



This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

(ITU) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجزاء الضوئي بالمسح تصوير نتاج (PDF) الإلكترونية النسخة هذه والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلأً.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.



国 际 电 信 联 盟

**CCITT**

国 际 电 报 电 话 咨 询 委 员 会

蓝 皮 书

---

卷 IX

## 干扰的防护

K系列建议

## 电缆及外线设备的其他部件的结构、 安装和防护

L系列建议

---



第 九 次 全 体 会 议

1988年11月14—25日 墨尔本



国际电信联盟

**CCITT**

国际电报电话咨询委员会

蓝皮书

---

卷 IX

## 干扰的防护

K系列建议

## 电缆及外线设备的其他部件的结构、 安装和防护

L系列建议

---



第九次全体会议

1988年11月14—25日 墨尔本

1989年 日内瓦

ISBN 92-61-03745-3

© ITU

中国印刷

**CCITT 图书目录**  
**第九次全体会议 (1988 年)**

**蓝 皮 书**

**卷 I**

- 卷 I . 1      — 全会会议记录和报告  
                  研究组及研究课题一览表
- 卷 I . 2      — 意见和决议  
                  关于 CCITT 的组织和工作程序的建议 (A 系列)
- 卷 I . 3      — 术语和定义 缩略语和首字母缩写词 关于措词含义的建议 (B 系列) 和综合电信统计的建议 (C 系列)
- 卷 I . 4      — 蓝皮书索引

**卷 II**

- 卷 II . 1     — 一般资费原则 — 国际电信业务的资费和帐务 D 系列建议 (第 III 研究组)
- 卷 II . 2     — 电话网和 ISDN — 运营、编号、选路和移动业务 建议 E. 100-E. 333 (第 II 研究组)
- 卷 II . 3     — 电话网和 ISDN — 服务质量、网络管理和话务工程 建议 E. 401-E. 880 (第 II 研究组)
- 卷 II . 4     — 电报业务和移动业务 — 运营和服务质量 建议 F. 1-F. 140 (第 I 研究组)
- 卷 II . 5     — 远程信息处理业务、数据传输业务和会议电信业务 — 运营和服务质量 建议 F. 160-F. 353、F. 600、F. 601、F. 710-F. 730 (第 I 研究组)
- 卷 II . 6     — 报文处理和查号业务 — 运营和服务的限定 建议 F. 400-F. 422、F. 500 (第 I 研究组)

**卷 III**

- 卷 III . 1    — 国际电话连接和电路的一般特性 建议 G. 100-G. 181 (第 XII 和 XV 研究组)

- 卷 III . 2 — 国际模拟载波系统 建议 G. 211-G. 544 (第 XV 研究组)
- 卷 III . 3 — 传输媒质 — 特性 建议 G. 601-G. 654 (第 XV 研究组)
- 卷 III . 4 — 数字传输系统的概况；终端设备 建议 G. 700-G. 795 (第 XV 和第 XVII 研究组)
- 卷 III . 5 — 数字网、数字段和数字线路系统 建议 G. 801-G. 956 (第 XV 和第 XVII 研究组)
- 卷 III . 6 — 非话信号的线路传输 声音节目和电视信号的传输 H 和 J 系列建议 (第 XV 研究组)
- 卷 III . 7 — 综合业务数字网 (ISDN) — 一般结构和服务能力 建议 I. 110-I. 257 (第 XVII 研究组)
- 卷 III . 8 — 综合业务数字网 (ISDN) — 全网概貌和功能、ISDN 用户—网络接口 建议 I. 310-I. 470 (第 XVII 研究组)
- 卷 III . 9 — 综合业务数字网 (ISDN) — 网间接口和维护原则 建议 I. 500-I. 605 (第 XVII 研究组)

## 卷 IV

- 卷 IV . 1 — 一般维护原则：国际传输系统和电话电路的维护 建议 M. 10-M. 782 (第 IV 研究组)
- 卷 IV . 2 — 国际电报、相片传真和租用电路的维护 国际公用电话网的维护 海事卫星和数据传输系统的维护 建议 M. 800-M. 1375 (第 IV 研究组)
- 卷 IV . 3 — 国际声音节目和电视传输电路的维护 N 系列建议 (第 IV 研究组)
- 卷 IV . 4 — 测量设备技术规程 O 系列建议 (第 IV 研究组)
- 卷 V — 电话传输质量 P 系列建议 (第 XII 研究组)

## 卷 VI

- 卷 VI . 1 — 电话交换和信令的一般建议 ISDN 中服务的功能和信息流 增补 建议 Q. 1-Q. 118 (乙) (第 XI 研究组)
- 卷 VI . 2 — 四号和五号信令系统技术规程 建议 Q. 120-Q. 180 (第 XI 研究组)
- 卷 VI . 3 — 六号信令系统技术规程 建议 Q. 251-Q. 300 (第 XI 研究组)
- 卷 VI . 4 — R1 和 R2 信令系统技术规程 建议 Q. 310-Q. 490 (第 XI 研究组)
- 卷 VI . 5 — 综合数字网和模拟—数字混合网中的数字本地、转接、组合交换机和国际交换机 增补 建议 Q. 500-Q. 554 (第 XI 研究组)
- 卷 VI . 6 — 各信令系统之间的配合 建议 Q. 601-Q. 699 (第 XI 研究组)
- 卷 VI . 7 — 七号信令系统技术规程 建议 Q. 700-Q. 716 (第 XI 研究组)
- 卷 VI . 8 — 七号信令系统技术规程 建议 Q. 721-Q. 766 (第 XI 研究组)
- 卷 VI . 9 — 七号信令系统技术规程 建议 Q. 771-Q. 795 (第 XI 研究组)
- 卷 VI . 10 — 一号数字用户信令系统 (DSS 1) 数据链路层 建议 Q. 920-Q. 921 (第 XI 研究组)
- 卷 VI . 11 — 一号数字用户信令系统 (DSS 1) 网络层、用户—网路管理 建议 Q. 930-Q. 940 (第 XI 研究组)

- 卷 VI. 12 — 公用陆地移动网 与 ISDN 和 PSTN 的互通 建议 Q. 1000-Q. 1032 (第 XI 研究组)  
卷 VI. 13 — 公用陆地移动网 移动应用部分和接口 建议 Q. 1051-Q. 1063 (第 XI 研究组)  
卷 VI. 14 — 与卫星移动通信系统的互通 建议 Q. 1100-Q. 1152 (第 XI 研究组)

## 卷 VII

- 卷 VII. 1 — 电报传输 R 系列建议 电报业务终端设备 S 系列建议 (第 IX 研究组)  
卷 VII. 2 — 电报交换 U 系列建议 (第 IX 研究组)  
卷 VII. 3 — 远程信息处理业务的终端设备和协议 建议 T. 0-T. 63 (第 VIII 研究组)  
卷 VII. 4 — 智能用户电报各建议中的一致性测试规程 建议 T. 64 (第 VIII 研究组)  
卷 VII. 5 — 远程信息处理业务的终端设备和协议 建议 T. 65-T. 101, T. 150-T. 390 (第 VIII 研究组)  
卷 VII. 6 — 远程信息处理业务的终端设备和协议 建议 T. 400-T. 418 (第 VIII 研究组)  
卷 VII. 7 — 远程信息处理业务的终端设备和协议 建议 T. 431-T. 564 (第 VIII 研究组)

## 卷 VIII

- 卷 VIII. 1 — 电话网上的数据通信 V 系列建议 (第 XVII 研究组)  
卷 VIII. 2 — 数据通信网：业务和设施，接口 建议 X. 1-X. 32 (第 VII 研究组)  
卷 VIII. 3 — 数据通信网：传输，信令和交换，网络概貌，维护和管理安排 建议 X. 40-X. 181 (第 VII 研究组)  
卷 VIII. 4 — 数据通信网：开放系统互连 (OSI) — 模型和记法表示，服务限定 建议 X. 200-X. 219 (第 VII 研究组)  
卷 VIII. 5 — 数据通信网：开放系统互连 (OSI) — 协议技术规程，一致性测试 建议 X. 220-X. 290 (第 VII 研究组)  
卷 VIII. 6 — 数据通信网：网间互通，移动数据传输系统，网间管理 建议 X. 300-X. 370 (第 VII 研究组)  
卷 VIII. 7 — 数据通信网：报文处理系统 建议 X. 400-X. 420 (第 VII 研究组)  
卷 VIII. 8 — 数据通信网：号码簿 建议 X. 500-X. 521 (第 VII 研究组)
- 卷 IX — 干扰的防护 K 系列建议 (第 V 研究组) 电缆及外线设备的其他部件的结构、安装和防护 L 系列建议 (第 VI 研究组)

## 卷 X

- 卷 X. 1 — 功能规格和描述语言 (SDL) 使用形式描述方法 (FDT) 的标准 建议 Z. 100 和附件 A、B、C 和 E 建议 Z. 110 (第 X 研究组)  
卷 X. 2 — 建议 Z. 100 的附件 D：SDL 用户指南 (第 X 研究组)

- 卷 X . 3      — 建议 Z. 100 的附件 F. 1: SDL 形式定义 介绍 (第 X 研究组)
  - 卷 X . 4      — 建议 Z. 100 的附件 F. 2: SDL 形式定义 静态语义学 (第 X 研究组)
  - 卷 X . 5      — 建议 Z. 100 的附件 F. 3: SDL 形式定义 动态语义学 (第 X 研究组)
  - 卷 X . 6      — CCITT 高级语言 (CHILL)    建议 Z. 200 (第 X 研究组)
  - 卷 X . 7      — 人机语言 (MML)    建议 Z. 301-Z. 341 (第 X 研究组)
-

## 兰皮书第IX卷目录

### 第 I 部分 — K 系列建议

#### 干扰的防护

| 建议号                                   | 页   |
|---------------------------------------|-----|
| K. 1 电缆中音频电话线的接地                      | 3   |
| K. 2 邻近电力线路对中继器远供系统干扰的防护              | 4   |
| K. 3 注入配电网的音频信号所引起的干扰                 | 4   |
| K. 4 对信令的干扰                           | 4   |
| K. 5 电力配电线路与通信线路合用电杆                  | 5   |
| K. 6 交越时的预防措施                         | 5   |
| K. 7 音响冲击的防护                          | 7   |
| K. 8 土壤中通信电缆与电力装置接地系统间的隔距             | 7   |
| K. 9 通信人员和设备对邻近电力牵引线路产生的高地电位影响的防护     | 11  |
| K. 10 电信装置的对地不平衡                      | 12  |
| K. 11 过电压和过电流防护的原则                    | 19  |
| K. 12 电信装置保护用气体放电管的特性                 | 27  |
| K. 13 塑料绝缘电缆中的感应电压                    | 40  |
| K. 14 塑料护套电缆的金属屏蔽层的制备                 | 41  |
| K. 15 远供系统和线路中继器对雷电和邻近电力线路引起的干扰的防护    | 47  |
| K. 16 电力线路对同轴线对通信系统中远供中继器磁感应影响的简化计算方法 | 50  |
| K. 17 为检验防外界干扰的装置在固体器件远供中继器上的试验       | 72  |
| K. 18 电信线路中无线电广播感应电压的计算和降低干扰的方法       | 82  |
| K. 19 通信电缆与电力电缆同沟和同隧道敷设               | 99  |
| K. 20 电信交换设备耐过电压和过电流的能力               | 100 |
| K. 21 用户终端耐过电压和过电流的能力                 | 109 |
| K. 22 连接到 ISDN T/S 总线的设备的耐过电压能力       | 115 |
| K. 23 ISDN 基本用户网络的感应噪声类型和噪声电压参数的描述    | 118 |
| K. 24 测量通信线对上的射频感应噪声的方法               | 122 |
| K. 25 光缆的防雷                           | 123 |
| K. 26 电力线路和电气化铁道馈电线路对电信线路危害影响的防护      | 126 |

### 第 II 部分 — L 系列建议

#### 通信电缆、光缆和其他外部设备的结构、安装和保护

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| L. 1 在公共网络中通信电缆的结构、安装和保护 | 129 |
| L. 2 木杆的浸渍               | 129 |

|       |                               |     |
|-------|-------------------------------|-----|
| L. 3  | 电缆的铠装 .....                   | 130 |
| L. 4  | 电缆及光缆的铝护套 .....               | 132 |
| L. 5  | 用铅或铝以外的其它金属制成的电缆护套 .....      | 135 |
| L. 6  | 电缆气压维护的方法 .....               | 136 |
| L. 7  | 联合阴极保护的应用 .....               | 137 |
| L. 8  | 交流电流引起的腐蚀 .....               | 138 |
| L. 9  | 电缆导线的终端方法 .....               | 139 |
| L. 10 | 管道、隧道、架空和直埋用的光缆 .....         | 142 |
| L. 11 | 管线和通信电缆合用隧道以及地下管道设计的标准化 ..... | 150 |

---

## 卷 首 说 明

- 1 1989~1992 研究期内,每个研究组受委托研究的课题,见有关研究组的一号文件。
- 2 本卷中所用“主管部门”一词,是电信主管部门和经认可的私营机构两者的简称。

## 第 I 部 分

K 系列建议

干 扰 的 防 护



**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

# 干扰的防护<sup>①</sup>

## 建议 K.1

### 电缆中音频电话线的接地

(新德里, 1960)

#### 引言

目前的技术水平, 已能将各种音频回路对护套的电容在电缆制造时就做得非常平衡。

在回路无不平衡接地的情况下, 这种电容平衡已足够适应需要。

另一方面, 每个接地, 即使表面上是平衡的, 有可能使每个接地的回路会涉及到电感和电组的不平衡。

电缆导线间的介质强度明显地低于导线与护套间的介质强度。因此, 当电缆受到严重感应时, 这些导线中的某些导线接地将引起隔离导线的介质发生击穿的危险。

当加感电缆遭受高的感应电动势时, 由于存在接地将有电流流过, 该电流值在某些情况下可能超过使加感线圈磁特性不至于劣化的极限值。

基于上述原因, CCITT 作出以下一致的建议:

除变压器的所有线路绕组在电缆一端或两端用低阻抗连接线固定地接到护套之外, 音频回路的任何一点不应再接地。

总的来说, 与电缆内的长途线路连接的装置(电话或电报)上的任一点, 最好不接地。

然而, 由于特殊原因, 如果直接与音频回路相接的装置必须接地, 应采取以下预防措施:

- a) 采用不会使回路对地的平衡和回路对邻近回路的平衡受到影响的接地方式。
- b) 电缆中所有其它导线与接地的回路导线间的击穿电压, 必须明显高于邻近电力线路在这些导线与接地回路导线间所感应的最高电压。
- c) 与电缆相接的装置为电报装置时, 也有必要遵守 CCITT 关于电话与电报共存条件的建议(H 系列建议)。

① 见 CCITT 手册《关于电力线路和电气化铁道馈电线路对电信线路危害影响的防护导则》, ITU, 日内瓦, 1988 年(也见建议 K.26)。

## 建 议 K. 2

### 邻近电力线路对中继器远供系统干扰的防护

(新德里, 1960)

为了避免邻近的电力线路通过磁感应或电阻耦合而干扰中继器的远供工作, CCITT 建议: 在设计中继器远供系统时, 应尽可能使流通远供电流的环路(包括与它相连的单元)对护套和地保持平衡。

## 建 议 K. 3

### 注入配电网的音频信号所引起的干扰

(新德里, 1960)

当电力部门因遥控系统运行的需要, 将音频信号注入配电网时, 这种信号会对邻近的电信线路发生干扰。

要完成这种干扰的计算, 可应用《导则》中的公式, 并找出这些音频信号的等效干扰电压值和等效干扰电流值。

## 建 议 K. 4

### 对信令的干扰

(日内瓦, 1964)

为了降低邻近的交流或直流电力线路对架空明线通信线路、架空电缆或地下电缆中的电信线路或综合电信线路上的直流信令或工频交流信令的干扰, 在有可能出现或已发现存在这种干扰的情况下, 均应进行研究, 采取下述的一种或几种方法:

- 开发和使用改进的通信系统:
  - a) 这种系统在所有情况下, 甚至在切换操作期间, 其信令回路始终保持对地平衡(见[1]);
  - b) 这种系统除对地平衡外, 还能避免由直接或间接接地而引起的纵向电流在该系统中产生干扰;
- 选择电话交换局接地的位置, 要使它们尽可能远离电力牵引线以及电力系统的接地电极;
- 采取降低感应电流的措施(使用屏蔽系数小的电话电缆, 在单相牵引线路上安装吸流变压器等), 以利用现有的信令系统;
- 电信回路中使用中和变压器或有源降压系统, 以补偿感应电压所产生的电流;
- 采用对干扰频率电流呈现高阻抗的调谐电路。

注—《关于电力线路和电气化铁道馈电线路对电信线路危害影响的防护导则》中曾提到,电信线路感应电压的极限值为60V。这一极限值只涉及人身的安全,不应该把它作为对信令系统保证无干扰的极限值。正如[2]中所指出的,很低的电压就可使不平衡信令系统产生这种干扰。

## 参 考 文 献

- [1] CCITT manual *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electric power and electrified railway lines*, Vol. IX, ITU, Geneva, 1988.
- [2] *Ibid.*, Vol. VI.

## 建 议 K.5

### 电力配电线路与电信线路合用杆

(日内瓦,1964)

对于希望架空明线或架空电缆电信线路与电力线路合用同一个支撑物的主管部门,当其国家法律和规章允许这样架设时,建议作如下的一般考虑:

- 1) 主管部门与电力部门将从合用杆而取得经济利益和美观的效果。
- 2) 尽管采用了合适的联合架设方式,但与普通架设方式相比,在电信线路上操作的人员和与它相连接的通信设备遭受危险的可能性有所增加。因此要求对在这种线路上工作的人员进行专门的训练,特别是当电力线路为高压线路时更应该这样做。
- 3) 应当遵守《导则》中有关危险、干扰及人身安全的规定(见[1])。
- 4) 合用杆时,为了明确责任,主管部门与电力部门之间最好签订专门的正式协议。
- 5) 如果在短段线路上(1 km左右)合用杆,在大多数情况下,采用若干简单的预防措施就足以保证静电和电磁感应干扰限制在容许范围内。

## 参 考 文 献

- [1] CCITT manual *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electric power and electrified railway lines*, Vol. II, ITU, Geneva, 1988.

## 建 议 K.6

### 交越时的预防措施

(日内瓦,1964)

## 引言

架空电信线路与架空电力线路交越时,对人身和设备会产生危险。

许多国家的主管部门已制订了各种有关交越方案的国家规程。有时这些规定不尽一致,使这些方案的有效性稍有差别。

考虑到各个国家现阶段达到的技术水平和所取得的经验,CCITT似有可能提出一个会最有效的交越方案的建议。在此基础上,相关国家可能起草或修订它们的规程。

为此,当架空电信线路必须与电力线路交越时,建议采用下述两种方法中的一种,即将交越处的架空电信线路改成地下电缆,或者保留架空。

## 1 电信线路改成地下电缆

这一种方法不一定总是可推荐的,这是因为当电力线路的一根导线断裂时,地下电缆就可能处于高地电位的区域内。这时,如果电缆的金属护套是裸露的,就会产生危险。电力线路的电压越高、电缆长度越短、土壤电阻率越高,危险性就越大。电缆附近的电力线铁塔上发生接地故障时,也会产生这种危险。

如果环境条件要求将架空电信线路改成电缆时,必须在交越处采取特殊预防措施。例如:

- 在电缆金属护套上加绝缘防护层;
- 采用全塑护套电缆。

## 2 电信线路保留架空

一般不推荐使用保护线或支架将架空电信线路与电力线路隔开的办法。

在任何情况下,不论环境条件如何,电信和电力导线间的最小垂直距离必须符合国家规程。

此外,还可采用多种方法来减少危险:

2.1 在交越处使用公共支撑物,如有必要,电信线路的绝缘子应具有较高的击穿电压。

2.2 使导线绝缘,最好是使电信导线绝缘,应使这样的绝缘能适当地与现有条件相适应。

2.3 加强交越处电力线路的结构强度,以使其断裂的危险减至最小。

## 3 采用§ 2.1、§ 2.2和§ 2.3中各种交越方案的条件

这些方法的使用首先取决于电力线路的电压。由于所提出的问题的特殊性,以下考虑的电压范围未涉及国际电工委员会(IEC)标准。

### 3.1 电压为600 V 或低于600 V 的系统

使用§ 2.1和/或§ 2.2的方案。

### 3.2 电压为60 kV 或60 kV 以上的系统

(特别是[1]中所指的“高可靠性”系统)

如有必要,使用§ 2.3的方案。

### 3.3 中等电压的系统

对于电压为600 V 至60 kV 范围的系统,由于电压的多样性,线路机械特性以及所用的施工方法的不同,不可能提出确切的建议。

然而,除某些特殊场合需与相关业务部门密切合作进行严格的审查外,仍有可能采用上述的一个或几个方案。

## 参 考 文 献

- [1] CCITT manual *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electric power and electrified railway lines*, Vol. VI, ITU, Geneva, 1988.

## 建 议 K.7

### 音响冲击的防护

(日内瓦, 1964; 马拉加-托雷莫里诺斯修订, 1984)

在某些不利环境条件下, 由于线路遭受电磁干扰影响, 在正常地与该线路导线相连接的电话机端子上可能产生突发的瞬时电压, 其瞬时幅值相当高, 例如1 kV左右。

如果在通话期间出现这种电压, 它易使耳机中产生极强的声压, 以致危及人耳和神经系统。

当电话线路的两根导线上接有避雷器而且不能同时动作时, 产生这种突发冲击的可能性最大, 导致电话机中有补偿电流流过。因此, CCITT建议: 当高感应电压引起不能容忍的音响冲击时, 要使用音响冲击防护装置进行防护, 特别是在装有真空避雷器的线路上(见《导则》第I/6章, 第16页)。

例如, 这种装置由两个并联而极性相反的整流管或其它半导体器件组成, 直接与受话器相并联。

对于新近设计的电话机, 通过确保电路(在发生危险电压的线路的入口端与耳机本身之间)具有合适的特性来消除受话器中易于发生的突发电压冲击。

此外, 还建议所提出的装置, 在与用户系统相连的设备发生误动或不正常启动而将异常电信号施加至用户系统的条件下, 应当限制由此而引起的用户听觉不适。

采用的音响冲击防护装置应该:

- 与设备的技术要求相适应;
- 便于性能检验;
- 对电话传输质量无明显的损伤。

为了达到上述目的, 特提出如下建议:

- 1) 特殊装置所占的空间应该很小, 以便能安装在用户或话务员的受话器盒中;
- 2) 在装置使用时所遇到的温度和湿度条件下, 电性能应无重大变化;
- 3) 按照CCITT建议P.36的各项规定来检验其有效性。

## 建 议 K.8

### 土壤中通信电缆与电力装置接地系统间的隔距

(马德普拉塔, 1968; 墨尔本修订, 1988)

#### 引言

如果金属护套上无绝缘层的一条直埋通信电缆位于高压接地系统的附近, 当高压系统万一发生接地故障时, 地电位升高(EPR)的一部分将通过电阻性耦合而转移至通信系统。

根据 CCITT 和 CIGRE<sup>①</sup>的文件[1—3],承认高压电力装置引起的地电位升高是一种对通信系统产生危险干扰和对工作人员构成危害的根源。

电力装置附近的地电位升高,可以根据《导则》[1](见卷Ⅱ和卷Ⅲ)中所提出的方法进行计算,对于涉及配电开关站接地系统时,特别要这样做。

本建议的目标是,在缺乏地电位升高的现场测量值或计算值的情况下,对如何确定直埋通信电缆与电力装置接地系统间的安全距离提出实用指导。

## 1 范围

电力系统接地故障所产生的地中电流,会使该故障电流流出和流入大地处的地电位升高。电位升的数值及其延伸范围取决于故障电流等级,接地电阻,土壤电阻率和接地装置的布局。接地故障的持续时间则取决于电网的类型。

本建议给出下列资料:

- a) 可能发生地电位升高的位置;
- b) 不同类型电力网的地电位升高的持续时间;
- c) 通信电缆与电力装置间的“安全隔距”;
- d) 如果安全隔距不能达到时需采取的措施。

## 2 总的考虑

需推荐的电力装置接地系统与通信电缆间在土壤中的最小隔距与下列因素有关:

- 电力网类型;
- 故障电流等级;
- 电力接地系统;
- 土壤电阻率;
- 当地的条件。

## 3 电力网的类型

电力网按照中性点的接地方式来分类。接地系统会影响故障电流的等级与持续时间,并因而影响地电位升高。

### 3.1 中性点直接接地或经低阻抗接地的电力网

接地故障电流大,故障将在短时间内由继电保护系统予以切除。

### 3.2 中性点经消弧线圈接地的电力网

接地故障电流小,通常每个绕组不超过100 A。接地故障时间比较短。

这种电力网可以装有延迟跳闸装置,以切除持久性的接地故障。

<sup>①</sup> CIGRE 国际高压大电力系统会议。

### **3.3 中性点对地绝缘的电力网**

接地故障电流一般比较小,但故障持续时间可能很长。大范围的电力网中可能引起很大的容性故障电流。

如果这种电力网装有自动的故障切除装置,故障持续时间将缩短到中等程度。

## **4 可能发生地电位升高的位置**

### **4.1 发电站和变电站**

在发电站和变电站发生地电位升高的可能性最大。电站的大小,与电站相连接的电力线路的数量和结构以及接地布局等都是影响地电位升高的等级和区域的因素。正如参考文献[4]中所指出的那样,接地装置的布局及结构与规程、规模大小、年代、目的和位置有关。如果引入电站的电力线路装有地线,则它们将与电站的接地系统相连接。

### **4.2 电力线路杆塔**

设有塔脚电极的电力线路会遭受由电力系统中的接地故障电流和雷电流所引起的地电位升高。如果电力线路装有地线,则这些地线一般接至杆塔接地电极上。当电力线路装有地线时,出现高地电位升的概率减小。

## **5 地电位升高的数值**

地电位升高的数值取决于电力系统的电压、电力线路的结构、故障电流等级和接地电阻值。

## **6 地电位升高的区域**

地电位升高是相对于远处中性大地的地电位来度量的。接地系统附近的地电位升高区域与土壤电阻率、接地电极的布局和其它当地的条件有关,其变化范围为数十米乃至数千米。更详细的资料见参考文献[5]。市区内的地电位升高区域小于乡村可能产生的地电位升高区域。只有电位高于参考文献[1]中规定值的地电位升高区域才被认为有危险。地电位升高区域的测量和计算由配电部门进行。

## **7 地电位升高的持续时间**

接地故障以及由此而产生的地电位升高的持续时间取决于电力网的类型。

### **7.1 中性点直接接地或经低阻抗接地的电力网**

接地故障持续时间一般小于0.2-0.5 s。

### **7.2 中性点经消弧线圈接地的电力网**

接地故障持续时间通常小于0.8 s,但在某些情况下,有可能持续数秒。这种电力网可以装有延迟为数秒的跳闸装置,以切除持久性的接地故障。

### 7.3 中性点绝缘的电力网

接地故障持续时间可能相当长,一直持续到发生另一个接地故障为止。

如果这种电力网装有自动的故障切除装置,其故障时间可能与§ 7.1的一样短。

### 8 直埋通信电缆与电力接地系统间在土壤中的最小隔距

高压接地系统附近的地电位升高可以通过计算来估计,计算时假定接地电极为理想电极,而且地电位升高区域内具有均匀的土壤电阻率。实际上,要精确计算由高压接地系统转移到邻近通信电缆上的电位是不可能的。然而,在离高压接地系统足够远处向该接地系统馈送一电流,可以在电缆护套与设置于中性电位区内的辅助电极间测出电压。所得测量结果必须对实际接地故障电流按比例地进行修正(对于铠装电缆,其修正系数则是非线性的,与电缆铁磁屏蔽的磁特性有关)。当缺少有关地电位升高的其它经验、现场测量或计算值时,直接与土壤接触的普通金属护套通信电缆与高压电力接地系统间在土壤中的最小隔距应遵照表1/K. 8 的数值。

表1/K. 8

通信电缆与高压接地系统在土壤中的隔距(m),  
超过表中所列隔距时,不再进行计算或测量。

| 大地电阻率                     | 电力网系统类型           |                       | 位置 |
|---------------------------|-------------------|-----------------------|----|
|                           | 中性点绝缘或<br>经消弧线圈接地 | 中性点直接接地               |    |
| 小于50 $\Omega \cdot m$     | 2                 | 5                     | 市区 |
|                           | 5                 | 10                    | 乡村 |
| 50-500 $\Omega \cdot m$   | 5                 | 10                    | 市区 |
|                           | 10                | 20                    | 乡村 |
| 500-5000 $\Omega \cdot m$ | 10                | 50                    | 市区 |
|                           | 20                | 100                   | 乡村 |
| 大于5000 $\Omega \cdot m$   | 10                | 50                    | 市区 |
|                           | 20                | 100~200 <sup>a)</sup> | 乡村 |

<sup>a)</sup> 在土壤条件特别差的地区,即大地电阻率大于10000  $\Omega \cdot m$  时,隔距为200 m。

注1 — 表中的值通常适用于标称电压等于或高于132 kV 的线路和装置。

注2 — 未包括电力设施遭受雷电冲击时所引起的危险。在高雷暴地区,可能需要考虑§ 9的方法。

注3 — 对于杆塔接地,如果电力线路装有地线,可使用小得多的隔距。

注4 — 这些数值没有考虑地电位升高区域内对电信线路操作人员引起的危险,因此需考虑采取附加措施或预防措施。

## 9 避免地电位升高所引起危险的措施

为避免地电位升高所引起危险的影响,基本的方法是增加通信电缆与电力接地系统间的距离。如果当地的条件不允许保持足够的距离以避免地电位升高所引起的危险,应对电缆进行绝缘,例如将电缆放在绝缘塑料管中。

当地电位升高的值特别高,或地电位升高区域相当大时,可用光缆或无线接力系统代替金属电缆。

## 参 考 文 献

- [1] CCITT manual *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electrified power and electrified railway lines*, Vols. II and III, ITU, Geneva, 1988.
- [2] CCITT Study Group V – Contribution No. 61/1979.
- [3] CIGRE No. 36-04/1970 – Ground potential rise and telecommunication lines.
- [4] ELECTRA No. 71/1980 Station grounding – Safety and interference aspects.
- [5] ELECTRA No. 60/1978 – Zone of influence of ground potential rise.

## 建 议 K. 9

### 通信人员和设备对邻近电力牵引线路产生的高地电位影响的防护

(马德普拉塔, 1968)

#### 1 概述

从技术上讲,人员和设备对电气化铁道影响的预防措施随许多因素而异。其主要因素有:

- 大地电阻率;
- 馈电线路设备(轨道电路)。尽管铁路安全装置需要这种设备,但它不让铁道附近的金属构件系统地接至铁轨;
- 所需保护装置的特性。对于交流电力牵引系统而言,吸流变压器的存在与否在一定程度上会影响保护装置的特性;
- 接触网系统的绝缘等级。它也会影响保护装置的特性,特别是在相当低的低压电力系统,例如1500 V 直流线路的情况下;
- 出现过电压时,为链接金属构件与铁轨但并不形成固定连接而推荐的方法(经由火花间隙实施连接是一种方法)。

#### 2 交流电力牵引线路

在没有设置安全装置的条件下,建议将邻近的金属构件(例如,离牵引线路一定距离内的所有金属构件)与铁轨连接。在设有安全装置时,要实施这种连接是不可能的。

如果这些构件不能与铁轨连接,则建议将它们接至电阻足够小的接地电极上。

### 3 直流电力牵引线路

保护措施还应考虑到有必要避免发生电解腐蚀的危险。这些措施包括：仅仅将对地绝缘足够高的金属构件与铁轨相接或通过火花间隙将它们链接起来，或者对用于支承具有适当绝缘的接触网系统或工作电压足够低的线路的金属构件，既不接铁轨也不接地。

### 4 通信电缆

对于新安装的电缆，建议铁道附近的电缆应在变电站的入口处或整座金属桥梁上具有绝缘强度尽可能高的塑料外护层，以达到防止电缆与这些构件相接触的要求。

另一方面，如果金属护套电缆已经埋设，则至少在大车站的情况下将电缆护套接至铁轨，可能是一种好办法。

### 5 电力牵引线附近的邮电通信装置应满足的条件

保护这种装置的主要预防措施如下：

- 将它们安放在危险区域之外；
- 加屏蔽；
- 用绝缘部件代替金属部件，尤其是电缆护套或电缆外护层，或者在中继器箱体结构中。

注 — 上述建议只是根据技术上的考虑而提出的，还必须对每种情况仔细加以权衡。因此，每一个主管部门在实施时当然应遵守本国的法规和规程。

## 建 议 K. 10

### 电信装置的对地不平衡

(马德普拉塔, 1968; 马拉加-托雷莫里诺斯修订, 1984)

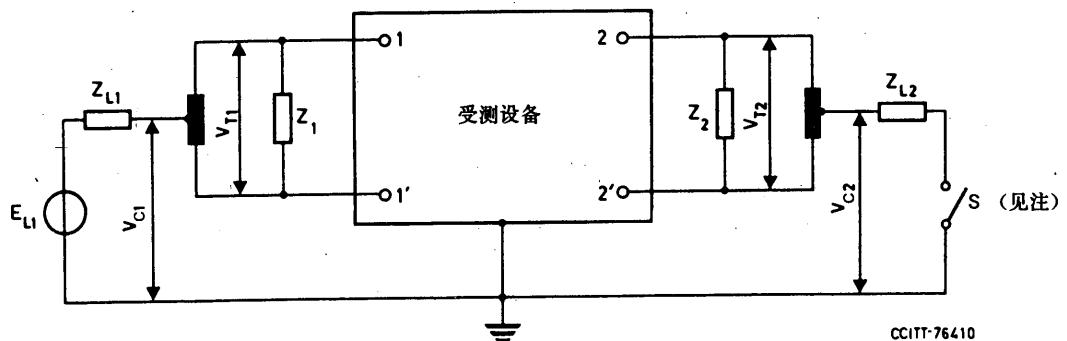
#### 1 通信设备的对地不平衡

为了使通信设备和与它们相连的线路保持适当的平衡，建议通信装置的不平衡纵向转换损耗(LCL)最小允许值应为40 dB(300至600 Hz)和46 dB(600至3400 Hz)。这是一般的最小值，并不排除CCITT的其它建议中为特殊需要而引用较高最小值的可能性<sup>①</sup>。

测量通信设备的不平衡应采用图1/K. 10中所示的试验装置。

不平衡的术语、定义及其测量均以建议 G. 117和建议 O. 121为依据。

<sup>①</sup> 特别是参见建议 Q. 45，也见课题13/V[1]的进一步研究结果。



CCITT-76410

注 - 在进行一般测量和规定限制值时, 开关S应闭合。然而, 对于某些设备, 例如建议Q.45中所指的设备, 可能需要规定开关S处于闭合和断开两种状态下的纵向转换传递损耗(LCTL)的限制值。

图1/K. 10

### 试验布局

在音频范围内, 应使用  $Z_{L1} = Z_1/4, Z_{L2} = Z_2/4$  的规定(参见建议 Q. 45 和建议 O. 121, § 3. 2)。

要规定以下两项:

- 纵向转换损耗(LCL)(适用于单端口和双端口网络):

$$20 \log_{10} \left| \frac{E_{L1}}{V_{T1}} \right| \text{ dB}$$

- 纵向转换传递损耗(LCTL)(仅适用于双端口网络):

$$20 \log_{10} \left| \frac{E_{L1}}{V_{T2}} \right| \text{ dB}$$

## 2 电信线路的对地不平衡

对一条长线路进行测试时, 应使用与图1/K. 10基本上相同的测试电路与术语。然而, 纵向感应和不平衡都是沿线路分布的。因此, 纵向转换损耗和纵向转换传递损耗不仅要由固有参数来确定, 而且还要根据导线对地/护套电压的分布来确定。为了得到实际情况下不平衡的影响, 建议进行两种测试, 其一是施加导线对护套固定极性的电压(即电压施加在终端, 见表1/K. 10), 其二是在中点改变导线对护套电压的极性(即在中点施加电压, 见表2/K. 10)。

根据上述这些测试而得出的结论, 列于表3/K. 10中。

表1/K. 10

当纵向通道在一端施加电压时线路  
不平衡测试结果

| 受试线路         |   |   |              |
|--------------|---|---|--------------|
| 端口1          | 端口2   |   |              |
| 终端           | 测试项目  | 测试项目  | 终端           |
| <br>$E_{L1}$ | 纵向转换损耗  | 纵向转换传递损耗  | <br>断开       |
|              | $20 \log_{10} \left  \frac{E_{L1}}{V_{T1}^c} \right $ | $20 \log_{10} \left  \frac{E_{L1}}{V_{T2}^c} \right $ | <br>$S_2$    |
| <br>$S_1$    | $20 \log_{10} \left  \frac{E_{L1}}{V_{T1}^c} \right $ | $20 \log_{10} \left  \frac{E_{L1}}{V_{T2}^c} \right $ | <br>闭合       |
|              | 纵向转换传递损耗  | 纵向转换损耗  | <br>$E_{L2}$ |
| <br>$S_1$    | $20 \log_{10} \left  \frac{E_{L2}}{V_{T1}^c} \right $ | $20 \log_{10} \left  \frac{E_{L2}}{V_{T2}^c} \right $ | <br>$E_{L2}$ |
|              | $20 \log_{10} \left  \frac{E_{L2}}{V_{T1}^c} \right $ | $20 \log_{10} \left  \frac{E_{L2}}{V_{T2}^c} \right $ |              |

CCITT-76420

注1 - 下标 o 和 c 分别表示开关 S 处于断开和闭合状态。

注2 -  $V_{C1}$  和  $V_{C2}$  之值可大概指出导线对地/护套电压的分布情况。

表2/K. 10  
在纵向通道中央段落施加电压时线路  
不平衡的测试结果

| 试验号 | 端口1 |   | 端口2   |          |
|-----|-----|---|---|----------|
|     | 终端  | 纵向转换损耗  | 纵向转换损耗  | 终端       |
| 1   | 断开  | $20 \log_{10} \left  \frac{E_L}{V_{T1}^{\infty}} \right $ | $20 \log_{10} \left  \frac{E_L}{V_{T2}^{\infty}} \right $ | $S_2$ 断开 |
| 2   | 闭合  | $20 \log_{10} \left  \frac{E_L}{V_{T1}^{cc}} \right $     | $20 \log_{10} \left  \frac{E_L}{V_{T2}^{cc}} \right $     | $S_2$ 闭合 |
| 3   | 断开  | $20 \log_{10} \left  \frac{E_L}{V_{T1}^{\infty}} \right $ | $20 \log_{10} \left  \frac{E_L}{V_{T2}^{\infty}} \right $ | $S_2$ 闭合 |
| 4   | 闭合  | $20 \log_{10} \left  \frac{E_L}{V_{T1}^{cc}} \right $     | $20 \log_{10} \left  \frac{E_L}{V_{T2}^{cc}} \right $     | $S_2$ 断开 |

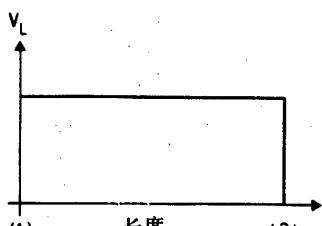
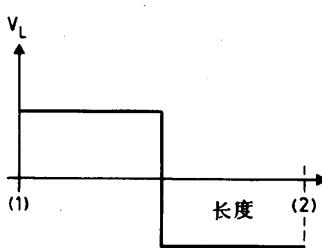
CCITT-76430

注1 - 下标o和c 分别表示开关S 处于断开和闭合状态。

注2 -  $V_{C1}$  和  $V_{C2}$  之值可大概指出导线对地/护套电压的分布情况。

表3/K. 10

## 确定线路对地不平衡的测试过程

| 测量状态  | 所研究的特性   |
|---|--|
| <p>在终端施加的电动势<br/>(见表1/K. 10)</p>  <p>导线对护套电压极性不变</p>           | <p>线路自身的固有不平衡度:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 通常在线路上测得的最高横向电压</li> <li>- 沿线不平衡的分布 (通过互换发送器和接收器进行测试)</li> <li>- 确定具有异常大的不平衡的线路段</li> </ul>                     |
| <p>在线路中点施加的电动势<br/>(见表2/K. 10)</p>  <p>导线对护套电压的极性在中点发生变化</p> | <p>线路上沿线导线对护套电压分布所产生的影响:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 测得与实际情况更为一致的横向电压</li> <li>- 改变导线对护套电压的极性所引起的补偿作用</li> <li>- 通过与其它导线对护套电压分布测试结果相比较, 说明不平继的极性</li> </ul> |

CCITT-76440

注 — 如果用开关将纵向通道闭合, 则模拟了与线路相接对地为低阻抗的终端设备的影响。

## 附 件 A

(附于建议 K. 10)

## 计算通信线路横向电压的例子

## A. 1 概述

参考文献[2]例举了若干有关纵向电压与由它转换成的横向电压之间的关系的计算值。本附件为该文稿的摘录, 它为建议 K. 10 中所提出的线路测试建议的应用提供背景资料。

表 A-1/K. 10 中汇总了一些最重要的结果。这些结果是在直径为 0.9 mm 纸绝缘铜芯线、星绞四线组并具有等效互电容为 34 nF/km 的对称线对条件下计算的。在计算过程中, 只模拟了电容不平衡。

## A. 2 导线对护套的电压

导线对护套(或大地)电压的分布(参见表 A-1/K. 10 的第2栏, 为简单起见, 其中假定纵向通道的总电压源为 100 V), 基本上取决于:

- 纵向电压源的位置(见表 A-1/K. 10 的第1栏), 以及
- 纵向通道的终端(见表 A-1/K. 10 的第3栏)。

根据表 A-1/K. 10 中第2栏所示的图形, 下列趋势值得引起注意:

- a) 当电动势施加于纵向通道的某一终端时, 导线对护套电压趋向于沿线路均匀分布而且极性相同。当开关 S 闭合时, 电压就减小(把第2栏第1行的实线与虚线相比较)。
- b) 当电动势施加于线路的中间段落, 例如集中在中点或者电动势均匀分布时, 则该线路每个半段上的导线对地电压, 其大小相等但极性相反(见第2行和第3行中的虚线)。如果终端的开关只有一个闭合, 则分布的对称性受到扰乱(见第2行和第3行的实线)。随着线路长度和频率的增加, 终端开关“断开/闭合”与终端开关“闭合/闭合”这两种位置的电压分布之差异趋于减小。

## A. 3 纵向转换损耗

纵向转换损耗和纵向转换传递损耗(定义见表1/K. 10 和表2/K. 10)基本上取决于以下因素:

- 导线对护套电压的分布, 见 § A. 2, 以及
- 电容不平衡的数值及其分布。

对于第二个因素, 已研究了三种情况。在表 A-1/K. 10 中, 这三种情况以单侧、完全、均衡和具有附加不平衡的均衡来表示。单侧均匀的  $\Delta C = 600 \text{ nF/km}$  倾向于模拟实际上不存在的最坏的情况。完全均衡的线路(每隔 0.5 km 作一次交叉)从来也不可能达到。

关于纵向转换损耗值的大小, 可以根据这样的事实来解释: 如果某一不平衡的位置与导线对地电压高的位置相一致, 则由电容不平衡引起的横向电压较高。如果后一段线路的不平衡方向和导线对地电压的极性与前一段线路的相同, 则后一段线路的不平衡将趋于增大其横向电压。然而, 如果它们中的任一个反向, 则总的横向电压变得较低。

就均衡良好的线路而言, 纵向转换损耗值较高, 而且在很大程度上与电动势的位置和终端开关的位置无关(见表 A-1/K. 10 中的第5栏)。

如果纵向转换损耗值随开关 S 的打开而明显地增加, 而且与供电方向有关, 则估计有局部不平衡存在(见表 A-1/K. 10 中的第6栏)。

电容不平衡的单侧特性可能使纵向转换损耗值较低(即小于 60 dB, 见表 A-1/K. 10 的第4栏)。建议 K. 10 § 2 中所规定的测试方法就属于这种情况, 它会使纵向转换损耗比实际的电力线路感应情况下真实值要高得多。在这种情况下, 用表2/K. 10 中所给出的方法可以测得较为真实的数值。

表 A-1/K. 10

## 导线对地电压和纵向转换损耗的示例

(电缆长度: 10 km; 频率: 800 Hz; 电容不平衡:  $\Delta C = 600 \text{ PF/km}$ )

| 感应电动势的位置   | 导线对地电压的分布                                   | 纵向通道终端的终接情况<br>(开关位置)                                | 纵向转换损耗 dB     |       |                  |       |       |       |       |       |
|------------|---|--|---------------|-------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            |   |  | $\Delta C$ 一侧 |       | $\Delta C$ 的分布特性 |       | 完全均衡  |       |       |       |
| R (1)      | R (2)                                       | R (1)  | S (2)         | R (1) | S (2)            | R (1) | S (2) | R (1) | S (2) |       |
| 1 在终端 S(1) | <p>(+) 情况1<br/>60<br/>40<br/>20<br/>R S</p> | <p>情况1 断开 S 150Ω<br/>情况2 闭合 S 150Ω 150Ω</p>          | 49            | 49    | 101              | 101   | 77    | 84    |       |       |
|            |   |  | 53            | 53    | 112              | 102   | 83    | 90    |       |       |
| 2 在中点      | <p>(-) 情况3<br/>60<br/>40<br/>20<br/>R S</p> | <p>情况3 断开 S2 150Ω 闭合 S1<br/>情况4 闭合 S2 150Ω 闭合 S1</p> | 57            | 58    | 96               | 100   | 78    | 84    |       |       |
|            |   |  | 70            | 70    | 100              | 99    | 83    | 88    |       |       |
| 3 均匀       | <p>(-) 情况5<br/>60<br/>40<br/>20<br/>R S</p> | <p>情况5 断开 S2 150Ω 闭合 S1<br/>情况6 闭合 S2 150Ω 闭合 S1</p> | 57            | 58    | 95               | 102   | 78    | 84    |       |       |
|            |   |  | 74            | 74    | 99               | 101   | 83    | 88    |       |       |
| 第 1 栏      |   | 第 2 栏  |               | 第 3 栏 |                  | 第 4 栏 |       | 第 5 栏 |       | 第 6 栏 |

线路上的不平衡主要是电容不平衡。但是，电阻(纵向电阻 R)不平衡偶尔也是重要的。正如前面所指出的那样，当开关 S<sub>2</sub>断开时，线路对地不平衡(电容 C)的影响变得突出。如果开关 S<sub>2</sub>(或表 2/K. 10 中的 S<sub>1</sub>和 S<sub>2</sub>)断开时，转换损耗保持不变(或者甚至减小)，这就说明纵向不平衡并不是引起线路不平衡的主要原因。另一方面，如果转换损耗增大，则纵向不平衡占主导地位。应该注意，尽管设置 Z<sub>L</sub> 和 S<sub>2</sub> 的目的是使试验者能区分线路的纵向不平衡与对地不平衡，但这一性能的效果取决于线路对地总电容(例如，线路的长度[3])所引起的线路对地阻抗。

## 参 考 文 献

- [1] CCITT Question 13/V *Unbalance of telephone installations.*
- [2] CCITT Contribution COM V-38, *Study of relation between unbalance and induced transverse voltages, 1981-1984* (Hungarian Administration).
- [3] IEEE Std 455 — 1976 *IEEE Standard test procedure for measuring longitudinal balance of telephone equipment operating in the voice band.* Published by IEEE, Inc., September 30, 1976.

## 建 议 K. 11

### 过电压和过电流防护的原则

(日内瓦, 1972; 马拉加-托雷莫里诺斯修订, 1984; 墨尔本修订, 1988)

#### 引言

现有的 CCITT 文件认为，雷电和邻近的电力装置发生故障是电信线路中产生危险干扰的根源，它可能会引起设备的损坏，导致业务中断并需进行修理或者甚至危及工作人员人身安全。

本建议的目标是提出一些原则，以使这种干扰的频次以及严重程度限制到对业务质量、运行成本和人身安全都照顾到的水平上。这些原则可适用于通信系统的所有部分。关于某些保护方法及系统中某些部分的更多细节要在各参考文献和建议 K. 5, K. 6, K. 9, K. 12, K. 15, K. 16, K. 17 中给出。有关干扰现象及保护技术方面的资料见参考文献[1]和[2](也见建议 K. 26)。

本建议主要涉及到市内交换机、本地环路设备和用户设备，但其内容可有更广泛的应用。

注 — 有些干扰现象出现的概率很小，或者持续时间极短(通常约为零点几秒)。在制订本建议时，对这类干扰期间防止设备功能中断的方法未加考虑。CCITT 正在继续研究这些方法。

#### 1 总的考虑

##### 1. 1 危险过电压和过电流的起源

###### 1. 1. 1 直接雷击

直接雷击会引起数千安的电流，沿导线或电缆流动，持续若干微秒。这可能发生物理损伤，而且数千伏的

过电压电涌会对线路设备和终端设备的电介质构成威胁。

#### 1.1.2 邻近的雷击

云对地或云对云间流动的雷电电流,会在雷击点附近的架空或地下线路中产生过电压。在大地电阻率高的地区,受影响的面积很大。

#### 1.1.3 电力线路(包括电力牵引系统在内)故障电流所产生的感应

电力系统发生接地故障时,沿电力线路将有很大的不平衡电流流动,使附近与它平行的电信线路上产生感应过电压。这种过电压的幅值可能上升到数千伏,依电力线路所使用的故障切除系统的不同,其持续时间在200至1000ms范围内(有时甚至更长)。

#### 1.1.4 与电力线路接触

当电力线路和电信线路受到当地自然灾害,如暴风雨,火灾的破坏时,或者在没有采用正常的隔离和绝缘等安全防范措施的情况下,电力线路与电信线路有可能发生接触。在正常配电电压为240V交流有效值的地区,对地过电压很少超过这个数值,但是在发现这种故障之前可能持续很长一段时间。在使用较高配电电压例如2kV的地区,如果发生故障,电力线路的保护设施通常能保证在短时间内将电压切断。过电压可能产生过大的电流沿线路流向交换机的接地点,会造成设备损坏和危及人身安全。

#### 1.1.5 地电位升高

电力系统的接地故障在土壤中所产生的电流会使故障点和电源接地电极附近的电位升高(也见建议K.9)。这种地电位可通过两个途径影响通信设备:

- a) 如果信令设备的接地电极埋设处土壤相对于远地的电位升高即使小到5V,也可能使信令系统误动作。这种低电压可能是由电力系统中的小故障引起的,这种小故障可能长期一直不能被检测出来。
- b) 较高的地电位升高能使受影响区域内的工作人员有危险,或者在极端情况下,地电位升高还足以将通信电缆的绝缘击穿,引起大范围的损坏。

### 1.2 保护方法

1.2.1 § 2中所述的有关线路的某些保护措施,其作用是降低其来源处的过电压和过电流值,从而减少对系统所有部分的危害。

1.2.2 § 2、§ 3和§ 4中所述的适用于系统特定部分的其它保护措施,可归纳成两类:

- 使用保护器件转移能量(例如放电间隙)或断开线路(例如熔丝),以阻止过大的能量到达易受害的部分;
- 使用具有适当介电强度、载流容量和阻抗的设备,使之能承受所施加的条件。

### 1.3 保护器件的类型

#### 1.3.1 碳或金属电极的空气隙保安器

这种保安器通常接在线路的每条导线与地之间,能限制保安器电极间出现的电压。这种保安器的价格便宜,但在反复动作后,其绝缘电阻会有可观的下降,因此需要经常更换。

### 1.3.2 气体放电管

放电管通常接在线路的每条导线与地之间,或者在三电极放电管时接在一对导线与地之间。为了满足系统的要求,可以对它们的特性规定一些精确的极限值。这种保护器是小型的,在频繁动作的情况下也不用管它。

关于气体放电管的详细要求可参见建议 K.12。

### 1.3.3 半导体保护器件

这种器件的使用方式与碳电极保安器或气体放电管相似,可保护设备免受低至1 V 的过电压的影响。这种器件系精密器件,响应快,但在电流过大时可能被损坏。

### 1.3.4 熔丝

熔丝串接在线路的每根导线上,当流过的电流过大时就熔断。简单的熔丝是一根均匀的可熔金属丝。慢动作熔丝包括一根大电流流过时迅速熔化的均匀金属丝和一个带有弹簧的可熔部件,此部件在长时间内有小电流流过时逐渐熔化直至熔断。典型的工作电流为:大电流为2A 而持续的小电流为250mA。熔丝动作后不应有持续的电弧。熔丝对雷电电涌不能起保护作用,而在经常有雷电电涌的地区,有必要设置额定电流大的(直至20A)熔丝,以免熔丝失效引起麻烦。这种熔丝可能对与电力线接触没有适当的保护。熔丝也可能是产生噪声和断线故障的根源。

### 1.3.5 热线圈

热线圈串接在线路的每根导线上,它可使线路断开或接地,或者即使线路断开又使线路接地。热线圈设有某种可熔部件,当500 mA 的典型电流值流过200 s 时就动作。

### 1.3.6 自复限流器件

熔丝和热线圈的缺点是,当它们动作时,就会使电路永久地中断,然后必须由人工去更换。某些可变阻抗器件是可以利用的,当过载电流流过而受热时其电阻增加至很高的数值。当过载电流消除后,这种器件的电阻将恢复到正常的低阻值。应该注意这些器件的响应时间和耐压能力。

## 1.4 残余影响

采取保护措施的根本目的在于保证由干扰引起的大部分电能不耗散在装置的易损部件中且不送达人身。然而,没有一种器件具有能理想地消除所有干扰电压或电流的特性,其理由如下:

### 1.4.1 残余过电压

应考虑到:

- a) 保护器件未起作用时的电压,因为它低于保护器件的动作电压;
- b) 在器件动作之前所通过的瞬变电压;
- c) 器件动作后所保持的残余电压;
- d) 器件动作时所产生的瞬变电压。

#### 1.4.2 横向电压

同一线对两根导线上的保护器件有可能不同时动作,因而可能产生横向脉冲。在某些情况下,特别是如果被保护设备的阻抗很低时,两个保护器中的一个动作可能阻止另一个保护器动作。因此,只要线路上存在纵向电压,横向电压就会继续存在。

#### 1.4.3 对电路正常工作的影响 — 协调设计

保护器件的动作电压与正常运行期间线路上所发生的最高电压之间应有足够的间隔。

同样,保护元件的正常特性(内阻抗)必须与装置的正常功能相适应,后者必须考虑前者可能存在。

#### 1.4.4 变态影响

保护器件可能使线路的一部分得到保护,而另一部分却被牺牲。例如,如果总配线架(MDF)的熔丝由于接触电力线路而熔断,当通信的接地被断开时,线路上的电压可能上升至电力线路的全电压。

同样地,由于某一个保护器动作,与设备相连的有关电路的等效内阻抗可能大大降低,于是产生可能造成损坏的环流。

#### 1.4.5 一次保护与二次保护的协调

为了保护敏感设备,有时有必要使用几种保护器件。例如,快速动作的小电流器件(如半导体)和稍慢动作的大电流器件(如气体放电管)。在这种情况下,必须采取几个步骤以保证在万一有持续的过电压时,小电流器件不会妨碍大电流器件的动作。这是因为假如这种情况一旦发生,小电流器件就可能被破坏,或者在互连布线中可能有过大的电流。

#### 1.4.6 温升

设计和安装保护部件时,应考虑使它们在动作时所引起的温升不致于破坏其特性或危及人身安全。

#### 1.4.7 电路可用性

当保护器件动作时,被保护电路的业务可能会临时中断或持久地中断。

#### 1.4.8 故障的后果

使用保护器件后,由于器件不可靠,会引起需要维修的问题。此外,保护器还可能会妨碍对某些线路和设备进行测试。

### 1.5 危险性的评估

#### 1.5.1 与过电压有关的通信系统性能取决于:

- 周围环境,即与系统相关的线路网中产生的过电压值及其概率;
- 线路网的构成方法,参见 § 2;
- 系统中设备的耐过电压能力;
- 所提供的保护器件;

— 为使保护器件动作而设置的接地系统的质量。

### 1.5.2 环境

在估计周围环境时,应考虑 § 1.1 中所提到的若干因素。

在不同的地点,由雷电引起的过电压的严重性有很大的差别。在高雷暴和高土壤电阻率地区,遭受直接雷击和邻近雷击的危险性增加。同时,由于雷电是大部分电力系统故障的原因,因此感应和地电位升高的影响也随着增加。另一方面,直埋金属设施如水管、铠装电缆等对电话电缆起屏蔽作用,大大降低了雷电或感应所产生的过电压。

- 在城市中心和雷暴活动少的地区,经验证明,其过电压很少超过保护器件的残余电压,这种环境称为“非暴露的”环境。建议 K. 20 和 K. 21 规定了用于“非暴露”环境中且无保护的设备应该进行的试验,这些试验说明了可以视为“非暴露”的最严重的环境。
- 所有其它环境均称为“暴露”环境。当然,这种环境条件的范围相当宽,其中包括某些只有采取所有可实用的保护措施才能取得满意的业务质量这样的异常暴露环境。

在出现感应电压和地电位升高的情况下,可根据参考文献[2]来计算过电压。其中还推荐了不同情况下的最大允许值。

### 1.5.3 故障的记录

过电压和过电流造成的危险只能凭经验作适当的估计。为此,建议用一种便于这项工作的格式来保存故障统计。应当分别记录过电压或过电流引起的故障与保护部件失效所引起的故障以及其它部件故障。

## 1.6 关于保护的决策

### 1.6.1 在考虑通信网应能承受的过电压等级时,将故障分为以下两类:

- 只影响系统一小部分的小故障。这类故障的发生应限制在主管部门可接受的范围内;
- 重大损坏、着火、交换机故障等。这类故障必须尽可能地完全避免。

建议 K. 20 中举例说明了允许发生小故障而不发生重大损坏的条件。同时,还希望单个保护器件失效不应引起重大损坏。

1.6.2 应特别注意对新型交换设备或用户设备的过电压和过电流保护,以保证这些设备在遭受过电压或过电流时不会因产生不能接受的故障而失去已改进设备的好处。这类设备对过电压、过电流本来就很敏感,而且当其损坏或误动时会使系统的大部分受到影响。

1.6.3 应该注意,使用不必要的保护器件进行过度保护,不仅不经济而且实际上还可能使系统性能恶化,因为器件本身有产生故障的倾向。

为了避免发生动作的保护器件对电信回路产生干扰,应考虑避雷器的点火电压值和个数。

1.6.4 根据上述考虑和按 § 1.5 所评估的危险性,应对系统所有部分所需提供的保护作出决定。在作决定时,也应考虑商业上的一些问题,诸如保护措施成本、维修费用、与用户的关系以及由其它原因所引起的故障率有关的过电压、过电流所致的故障频次。

应该明确作出这种决策的责任和保证为协调线路与设备而装备任何保护器件的责任。

设备生产厂家有必要向运营主管部门了解设备所需的耐过电压、过电流的条件,线路工程师有必要弄清楚将要接到线路上的设备的耐过电压、过电流能力。线路工程师还应根据线路保护的标准规定出与线路相接的设备可能会遇到的各种限制。在网的各个部分,诸如用户设备,线路和交换中心等的所有权可能归于不同的部门的情况下,可能需要按正式的手续进行这种协调,例如制定本地标准。在起草这些标准时,可参考建议

K. 20和K. 21中的指导意见。

## 2 线路的保护

### 2.1 除导线自身以外的保护措施

2.1.1 电信线路邻近的接地金属构件,例如电力线路或电气化铁道系统,能在一定程度上保护电信线路免受雷电的影响。有效的金属屏蔽,不论是电缆护套、电缆管道,还是避雷线,均可减少雷电电涌和电力线路感应的影响。在雷击危险严重的地区,时常采用具有多层屏蔽和高绝缘强度的特殊电缆。将所有金属构件连接在一起,可提供有效的保护。

2.1.2 通过协调电力线路与电信线路的设计与施工工作,可使电力线路引起的感应降低至最小的程度。在作为感应源的电力系统中安装地线和限流器,可降低感应的等级。

2.1.3 如果遵守协商同意的建造、隔距和绝缘的标准,则电力线路与电信线路间发生接触的可能性减少。但是,从经济上来考虑,采用合用电缆沟、电杆和管道,并采取合适的安全措施,往往有可能获得经济利益。(见建议K. 5和K. 6。)为了避免与电力线路相接触,采用高标准建造是特别重要的,因为一旦发生这种接触就很难避免由此产生的严重后果。

### 2.2 特种电缆

在可能产生高过电压的地方,可采用高绝缘强度的特殊电缆。

标准的塑料绝缘和塑料护套电缆的绝缘强度比纸绝缘铅护套电缆的高,适用于过去曾使用超厚绝缘层电缆的大部分环境。在与电力线路极为接近或平行接近长度相当长、电站周围的地电位升得高、或由于雷暴日多和土壤导电率低而极容易遭受雷击的地方,都可能值得使用加强绝缘的电缆。

使用特殊电缆的其它例子有:

- 能对电缆中的回路提供良好屏蔽的金属护套电缆;
- 电缆中含有接到易遭雷击的无线铁塔去的电路,并且它必须能耐受雷电电流而不致损坏;
- 为实现两段导电的电缆间的隔离所用的全介质(即无金属)光缆。

### 2.3 保护器件的使用

在下列情况下,最好要用保护器件:

2.3.1 与§2.1和§2.2所述的特殊结构相比,使用保护器件更为经济。在这种情况下,不能忽视保护器件的维修费用,这是因为保护器件必然需要一些维修开支,而特殊电缆、屏蔽等虽初始费用较高,但往往不需要继续花钱。

2.3.2 过电压或过电流可能不会损坏具有超厚绝缘的电缆本身,但电缆会将这种过电压或过电流引至网中的其它较易损的部分。此时,对较易损的电缆需要附加保护,特别是对维修费用高而且为很多用户服务的大容量地下电缆进行附加保护尤为重要。

2.3.3 电力线路或牵引线路故障引起的感应过电压,即使在使用了所有实用保护措施后仍可能超过《导则》规定的允许值。

## 2.4 保护器件的安装

2.4.1 为了保护导体的绝缘,将所有金属护套、屏蔽接在一起接地,并在导体与此接在一起的金属之间接入过电压放电器是有益的。这一技术尤其适用于高土壤电阻率地区,这样可避免昂贵的保护接地电极系统。

2.4.2 在使用保安器来减少电力线路故障电流在电信线路中所引起高感应电压的地方,所有导线均应在适当间隔和受影响线路段两端(或根据实际情况尽可能靠近这些点)上安装保安器。

2.4.3 为使地下电缆免受雷电电涌影响,可在地下电缆与架空线路的连接点上安装保护器件。总配线架(MDF)和用户终端所安装的保护器件减少了线路损坏的危险性,但它们的主要功能是保护绝缘强度比电缆低的部件,参见建议 K.20 和 K.21。

2.4.4 用于防雷的过电压保安器,应尽量缩短它与线路和地之间的连接线,以尽量减小线路与等电位连接点间的电涌电压。

## 2.5 工作计划

§1.5 和 §1.6 中的一般考虑适用于线路保护。建议在开始设计时,就竭尽全力根据环境确定线路所需采取的保护措施。对于一条起初只有不完善保护的线路来说,想要达到满意的可靠性标准可能相当困难而且花费很大。

## 2.6 建议采用的保护对策

在电信网中的线路频繁地或严重地受到电力线路故障或雷电所引起的骚扰的地方,应该在线路导线与地之间接入保护器件或采用合适的线路建造方法来限制这些线路相对于当地地电位的电压。

## 3 交换设备和传输设备的保护

### 3.1 设备外部采取保护措施的必要性

运营部门应考虑需要在设备外部安装保护设施的可能性,这时要注意下列各点:

3.1.1 在某些条件下,电信线路将会对设备起到一些保护作用,例如:

- 导线可能熔断,而切断过大电流;
- 导线绝缘可能击穿,而降低了过电压;
- 连接装置中空气间隙击穿,而降低过电压。

3.1.2 塑料绝缘电缆增高的强度,引起了增加过电压和过电流等级的作用,这是因为过电压和过电流可以在线路中流动并施加到设备上。对比之下,交换设备和传输设备中使用小型电子器件,更易受电扰动而损坏。

鉴于这些原因,在经常遭受严重扰动(雷电、电力线路、土壤导电率低)的地区,一般有必要在电缆导线与所接设备之间插入 §1.3 中所述的保护器件,最好装在总配线架上。这样,可避免总配线架至设备的电缆必须承载很大的过电流。

保护器件安装在总配线架(MDF)的线路侧,以便使 MDF 跳线区无需承载放电电流,同时,在与市电线路发生接触故障,而使串接保护器件断开线路时,也能尽量减小市电电压对 MDF 布线和端子板的影响。

3.1.3 在“暴露”较轻的地方,电扰动(过电压和过电流)具有幅值和频次都很小的这样一种统计特性,实际上其危险性不会比§1.4中所指出的“暴露”环境中由残余影响所引起的危险性更大。这样,保护器件就失去意义而且是一种不必要的浪费。

### 3.2 设备所需的最低电强度

在线路遭受外界影响且装有保护器件的地方,由于§1中所述的残余影响,会使设备中出现过电压和过电流。在外界影响较小的环境中,§3.1.3中所述的电扰动也会产生类似的影响。为此,设备必须设计成能耐受这些条件。关于设备应该具有的耐过电压、过电流能力的详细建议,见建议K.20。

### 3.3 交换状态的影响

因为在接通一次呼叫的各个阶段中,要求接至某一给定线路的设备改变其构成和互连状态。因此,重要的是不要只限于对单独的线路设备的保护进行研究。许多设备为所有线路所共用,而且当接至某一特定线路时,会受到电扰动影响。

如果,与线路相接的有效时间很短,当遭受影响的概率减小时,所提供的保护的效率可能受影响。另一方面,公用设备应该得到更好的保护,因为一旦它发生故障,会使交换局或该地区的工作性能产生较严重的劣化。

## 4 用户终端设备的保护

以上所述的有关交换设备的保护方法,往往也适用于用户设备。确定用户设备耐过电压、过电流能力的详细试验在建议K.21中给出。考虑以下几个特殊的问题也是适宜的。

### 4.1 “暴露”程度

基于§2.1中所述的大量邻近金属构件的屏蔽作用,与市区或工业区中的交换局附近的各种装置相接的线路通常很少遭受雷电电涌。

另一方面,与远离闹市区的装置相接的线路,由于其长度、缺乏保护环境、用户端使用架空结构以及土壤电阻率高等原因,很容易遭受雷电电涌。由于用户端的架空电缆的机械牢固性,使线路本身能够承载较高的过电压和过电流,因而用户终端所受的雷电电涌影响更为严重。

### 4.2 介电强度

希望与线路相接的导电部件和使用者易触及的所有部件间的绝缘要具有高的介电强度。

### 4.3 保安器的使用

在电话线路遭受频繁而严重的电力线路故障或雷电所致电扰动的地区,应在线路导线与接地端子间接入§1.3所述的保护器件,以限制线路导线相对于本地地电位的电压。

选择终端设备的介电强度时,要考虑保护器件的击穿电压以及保安器线路对接地的阻抗。

### 4.4 公用连接

在安装用户终端设备的地点,可能没有电阻小的接地体可用作过电压保安器接地,或者为获得一个电阻

适当小的接地体所花费的成本比其它装置的成本要高得多。而且，终端设备可能安装在接地系统附近，如在水管附近，或者在可从电力系统获得电源的地方。

为了使设备损坏和用户遭受高电压危险减少到最小的程度，即使接地电阻不够小，也应将所有接地系统、信令接地和电力系统中性点直接或经放电间隙连接在一起。虽然这种连接的费用可能昂贵，但它可解决为实现低阻接地所遇到的困难，是一种被广泛应用的方法。在有些国家中，与电力系统中性点相接是由国家规章来决定的，因此，应得到电力部门的许可。

#### 4.5 国家规章

许多国家已制订了有关保护电信设备用户的国家标准。这些标准既包含了接到市电电源引起的危险的防护，也包括了对电话线路上可能出现的各种情况的防护。

#### 4.6 维修用户装置的昂贵费用

修理受影响终端装置的费用，由于离维护中心有一定距离，运输耽搁，或许损坏严重等原因可能相当昂贵。而且，保护不充分是引起业务反复中断，导致业务质量显著降低，使用户不满意的原因。这就说明应对保护措施引起特别的注意。

### 参 考 文 献

- [1] CCITT manual *The protection of telecommunication lines and equipment against lightning discharges*, ITU, Geneva 1974, 1978.
- [2] CCITT *Directives concerning the protection of telecommunications lines against harmful effects from electric power and electrified railway lines*, ITU, Geneva, 1988.

### 建 议 K.12

## 电信装置保护用气体放电管的特性

(日内瓦, 1972; 马拉加-托雷莫里诺斯修订, 1984; 墨尔本修订, 1988)

### 引言

本建议提出了用于交换设备、用户线路和用户设备过电压防护的气体放电管需要满足的基本要求。试图用来协调气体放电管生产厂家、电信设备生产厂家或电信主管部门现行的或将来的规范。

本建议只规定了主要特性的最低要求。由于某些用户可能会遇到不同的环境或者有不同的运行条件、业务目标或经济的限制，因此，可对这些要求进行修改或补充更进一步的要求，使之适合于本地的条件。

本建议给出了有关限制电信线路过电压使用气体放电管的指导。

### 1 范围

#### 本建议

a) 给出了按照 CCITT 建议 K.11 为保护交换设备、用户线路及用户设备免遭过电压影响所使用的气

- 体放电管的特性；
- b) 涉及两电极或三电极气体放电管；
  - c) 未涉及放电管的安装及其对放电管特性的影响。所给出的特性只适用于按试验方法中所述的方式所安装的气体放电管；
  - d) 未涉及机械尺寸；
  - e) 未涉及质量保证要求；
  - f) 未涉及为了限制电力系统中的持续电流而与随电压变化的电阻器相串联的气体放电管；
  - g) 对用于高频或多路系统的气体放电管，可能是不够的。

## 2 定义

与气体放电管有关的一些术语的定义列于附录 I 中。附录 I 也包含了一些本建议中没有使用的术语。

## 3 环境条件

在储存期间，气体放电管应能耐受下列条件而无损坏：

- 温度：−40至+90°C；
- 相对湿度：直至95%。

亦请参见 § 7.5 和 § 7.7。

## 4 电特性

当气体放电管按照 § 5 进行试验时，应具有下列特性。

§ 4.1 至 § 4.5 适用于新的气体放电管，也适用于 § 4.6 中引述的进行寿命试验的放电管。

### 4.1 点火电压(见 § 5.1, § 5.2 以及图 1/K. 12, 2/K. 12 和 3/K. 12)

4.1.1 二极放电管的两个电极之间或三极放电管的每一个线路电极与接地电极之间的点火电压应在表 1/K. 12 中所限定的范围内。

表 1/K. 12

| 直流点火电压  |         |         | 最大冲激点火电压     |               |
|---------|---------|---------|--------------|---------------|
| 标称值 (V) | 最小值 (V) | 最大值 (V) | 在 100 V/μs 时 | 在 1000 V/μs 时 |
| 230     | 180     | 300     | 700          | 900           |
| 250/1   | 200     | 450     | 700          | 900           |
| 250/2   | 200     | 300     | 700          | 900           |
| 300     | 255     | 345     | 700          | 900           |
| 350/1   | 265     | 600     | 1000         | 1100          |
| 350/2   | 290     | 600     | 900          | 1000          |

4.1.2 三极放电管两个线路电极间的点火电压不应低于表1/K. 12中所列直流点火电压的最小值。

#### 4.2 保持电压(见§5.5及图4/K. 12和5/K. 12)

当各类放电管根据使用要求进行一种或几种下列试验时,其续流遮断时间应小于150 ms。

4.2.1 二极放电管应按等效于图4/K. 12中所示的电路进行试验,试验电路的元件值见表2/K. 12。

表2/K. 12

| 元件  | 试验1   | 试验2    | 试验3    |
|-----|-------|--------|--------|
| PS1 | 52 V  | 80 V   | 135 V  |
| R3  | 260 Ω | 330 Ω  | 1300 Ω |
| R2  | 注     | 150 Ω  | 150 Ω  |
| C1  | 注     | 100 nF | 100 nF |

注 — 在此项试验中,不用此元件。

4.2.2 三极放电管应按等效于图5/K. 12中所示的电路进行试验,电路的元件值见表3/K. 12。

表3/K. 12

| 元件               | 试验1   | 试验2    |                     | 试验3    |                     |
|------------------|-------|--------|---------------------|--------|---------------------|
| PS1              | 52 V  | 80 V   |                     | 135 V  |                     |
| PS2              | 0 V   | 0 V    |                     | 52 V   |                     |
| R3               | 260 Ω | 330 Ω  |                     | 1300 Ω |                     |
| R2               | a)    | 150 Ω  | 272 Ω <sup>b)</sup> | 150 Ω  | 272 Ω <sup>b)</sup> |
| C1               | a)    | 100 nF | 43 nF <sup>b)</sup> | 100 nF | 43 nF <sup>b)</sup> |
| R4 <sup>c)</sup> | 136 Ω | 136 Ω  |                     | 136 Ω  |                     |
| C2 <sup>c)</sup> | 83 nF | 83 nF  |                     | 83 nF  |                     |

a) 在此项试验中,不用此元件。

b) 可供选用的另一套数值。

c) 任选。

#### 4.3 绝缘电阻(见§5.3)

起始值不低于1000 MΩ。

#### 4.4 电容

不大于20 pF。

#### 4.5 三极放电管的横向冲激电压持续时间(见§5.9和图6/K.12)

放电时间差不超过200 ns。

#### 4.6 寿命试验(见§5.6, §5.7和§5.8)

应根据§4.6.1中所规定的放电管标称电流额定值,对放电管施加电流。每施加一次电流后,气体放电管应能满足§4.6.2的要求。在规定的电流施加次数完成之后,放电管应能满足§4.6.3的要求。

##### 4.6.1 试验电流

对只准备用于总配线架或其它经由电缆线对接至线路的类似位置上的气体放电管,应施加表4/K.12第2栏和第3栏所规定的电流。与架空明线线路直接相接的气体放电管,将由购买者标明为EXT放电管,而且应施加表4/K.12中第2、3和4栏的电流。

表4/K.12

| 标称电流<br>A<br>(1) | 交流15-62 Hz持续1 s |             | 冲激电流, 10/700,500 次,<br>或冲激电流10/1000,300 次 | 冲激电流8/10,10次<br>(仅用于EXT放电管)<br>kA 峰值<br>(5) |
|------------------|-----------------|-------------|---|---|
|                  | A rms<br>(2)    | 施加次数<br>(3) |   |   |
| 2.5              | 2.5             | 5           | 50  | 2.5   |
| 5                | 5               | 5           | 100                                       | 5   |
| 10               | 10              | 5           | 100                                       | 10  |
| 20               | 20              | 10          | 200                                       | 20  |

##### 4.6.2 寿命试验期间的要求

绝缘电阻:不低于10 MΩ。

直流和冲激点火电压:不高于§4.1中的相关数值。

##### 4.6.3 寿命试验结束后的要求

绝缘电阻:不低于100 MΩ(如果用户作特殊规定时为10 MΩ)。

直流和冲激点火电压:如§4.1中的规定。

保持电压:如§4.2中的规定。

## 5 试验方法

### 5.1 直流点火电压(见 § 4.1及图1/K. 12和图2/K. 12)

气体放电管在紧接试验之前,应至少在黑暗处放置24小时,并应在黑暗处施加电压,电压增加应该缓慢,使得点火电压与施加电压的上升率无关。常用的典型上升率为100 V/s,但是,如果能证明较高上升率时其点火电压无显著变化,也可使用较高的上升率。上升试验电压波形的容差如图1/K. 12中所示。这一电压是在发生器的开路端子间测得的电压。图1/K. 12中的  $U_{max}$  系高于气体放电管最大允许直流点火电压而低于气体放电管最小允许直流点火电压三倍值之间的任何电压。

试验应使用如图2/K. 12中所示的合适电路。对同一个气体放电管以任何一种极性进行试验时,重复试验的时间间隔应至少为15分钟。

三极气体放电管的每一对端子,应分别在另一个端子腾空的条件下进行试验。

注 — 图1/K. 12的用法可说明如下:

对于所有的  $U_{max}$  值和标称上升率做一块样板就可以了,只要这块样板的大小适合于波形显示而且波形的 U 和 T 刻度可以调节。这是由于 Y 轴上有标志为 O 和  $U_{max}$  的点,而在这两点间的适当地方标有  $0.2U_{max}$ ,而 X 轴上有标志为 O 和  $T_2$  的点,而在适当地方标有  $T_1 (= 0.2T_2), 0.9T_1, 1.1T_1, 0.9T_2, 1.1T_2$ 。X 和 Y 轴的零点不必一致,而且实际上也完全不必显示。

为了用样板去对照示波图,必须已知所研究的波形的  $U_{max}$  值和标称上升率。例如,考虑一个  $U_{max} = 750$  V, 标称上升速率为100 V/s 的波形,则可得:

$$0.2U_{max} = 150 \text{ V}, T_2 = 7.5 \text{ s}, T_1 = 1.5 \text{ s}.$$

用手拿样板对着波形,调整纵坐标刻度,使150 V 对准  $0.2U_{max}$ , 750 V 对准  $U_{max}$ 。用类似方法调整横座标刻度,使  $1.5 \text{ s} = T_1, 7.5 \text{ s} = T_2$ 。滑动样板,使示波图上的150 V 点位于观测窗的底部边界内,波形的其余部分直至750 V 必须在观测窗内。

### 5.2 冲激点火电压(见 § 4.1以及图1/K. 12和3/K. 12)

气体放电管紧接试验之前,应至少在黑暗处放置15分钟,并应在黑暗处进行试验。在开路试验端子上所测得的电压波形应具有根据 § 4.1选定的标称上升率,而且应在图1/K. 12中所示的极限范围之内。图3/K. 12为用标称上升率等于  $1.0 \text{ kV}/\mu\text{s}$  的冲激电压进行试验的推荐电路。

对同一个气体放电管以任意一种极性进行试验时,重复试验的时间间隔应至少为15分钟。

三极气体放电管的每一对端子,应分别在另一个端子腾空的条件下进行试验。

### 5.3 绝缘电阻(见 § 4.3)

气体放电管每个端子对其它每个端子间的绝缘电阻均应测量。测量时,所施加的电位至少为100 V,但不高于最小允许直流点火电压的90%。应对测量电源加以限制,使其短路电流在10 mA 以下。没有进行测量的三极放电管端子应该腾空。

### 5.4 电容(见 § 4.4)

气体放电管每个端子对其它每个端子间的电容均应测量。在测量三极放电管时,没有进行测量的端子应接至测量仪表的接地端子上。

## 5.5 保持试验(见 § 4.2)

### 5.5.1 二极气体放电管(见图4/K. 12)

应使用图4/K. 12所示的电路进行试验。图中的PS1、R2、R3和C1的数值，应根据每种试验条件按表2/K. 12进行选择。在被测气体放电管用短接线代替后进行测量时，由电涌发生器流来的电流应为100 A, 10/1000或10/700的冲激波形。流经气体放电管的冲激电流极性应与从PS1流来的电流极性相同。应当测量从两个方向流经气体放电管的续流遮断时间。应以每次不大于1分钟的间隔施加三次冲激，并测量每次冲激的续流遮断时间。

### 5.5.2 三极气体放电管(见图5/K. 12)

应使用图5/K. 12中所示的电路进行试验。电路元件值应根据表3/K. 12来选择。在被测气体放电管用短接线代替后进行测量时，同时地施加至气体放电管两个间隙的电流应为100 A, 10/1000或10/700的冲激波形。流经气体放电管的冲激电流极性应与从PS1和PS2流来的电流极性相同。

对于每一种试验条件，应测量两种极性冲激电流的续流遮断时间。每个方向应以每次不大于1分钟的间隔施加三次冲激，并测量每次冲激的续流遮断时间。

## 5.6 冲激寿命试验 — 对所有类型的气体放电管(见 § 4.6)

应使用新放电管进行试验，并根据放电管的标称电流按表4/K. 12第3栏的有关规定施加冲激电流。表中规定的试验次数的一半用一种极性进行，随后的另一半试验次数用相反的极性进行，或者试样中的一半放电管用一种极性，而另一半放电管用相反的极性进行试验。脉冲重复率应保证使气体放电管不会产生热积累。

冲击源的电压应比气体放电管最大冲激点火电压至少大50%。规定的冲激放电电流及其波形应在气体放电管用短接线代替后进行测量。对三极气体放电管而言，具有表4/K. 12第3栏中规定值的两个独立的冲激电流应同时从每个电极向公用电极放电。

为了确定气体放电管是否能满足 § 4.6.2的要求，在每通过一次冲激放电电流之后，应对气体放电管进行试验，如果经供货者和购买者商定，也可用较少的频次进行试验。

当所规定的施加冲激电流次数做完之后，应让放电管冷却至室温，并进行 § 4.6.3的试验。

## 5.7 冲击寿命 — 对EXT放电管的附加试验(参见 § 4.6)

与 § 5.6相同，但应施加表4/K. 12中第4栏的条件。

## 5.8 交流寿命 — 对所有类型放电管(参见 § 4.6)

应使用新放电管进行试验，并根据放电管的标称电流按表4/K. 12第2栏的规定施加交流电流。

各次施加电流的间隔时间应能不致引起放电管产生热积累。电流源的交流电压有效值应比气体放电管最大直流点火电压至少大50%。

规定的交流放电电流及其持续时间的测量应在气体放电管用短接线代替后进行。对三极气体放电管而言，具有表4/K. 12中规定值的两个交流放电电流应同时从每个电极向公用电极放电。

为了确定气体放电管是否能满足 § 4.6.2的要求，在每通过一次交流放电电流之后应对气体放电管进行试验。

当所规定的施加电流次数做完之后，应让放电管冷却至室温，并进行 § 4.6.3的试验。

## 5.9 横向冲激电压(见 § 4.5和图6/K.12)

当有效波前陡度为 $1\text{ kV}/\mu\text{s}$ 的冲激电流同时施加于两个放电间隙时,应测量横向电压的持续时间。测量可使用图6/K.12所示的电路。第一个间隙点火与第二个间隙点火的时间差已在§ 4.5中作了规定。

## 6 辐射

用于使放电间隙预电离的任何放射性物质的辐射,必须在生产厂家和用户所在国家颁发的防辐射规章中所允许的极限范围内。这一条款适用于单个的和成批的气体放电管(例如,为了运输、存储等而封装在纸板箱内的)。

含有放射性物质的气体放电管的供货者,应根据国际原子能机构(IAEA)的“放射性材料安全运输规则”和其它所有有关国际要求,提出下列事项的推荐意见:

- a) 每个包装内所装放电管的最大数量;
- b) 每次装运所装的最大数量;
- c) 可以存放在一起的最大数量;
- d) 其它存储要求;
- e) 操作者的安全预防措施及其要求;
- f) 废品处理的安排。

## 7 环境试验

### 7.1 端子的牢固性

如果国际电工委员会(IEC)标准68-2-21(1975)中有可应用的试验,用户应从中规定一种合适的试验。

### 7.2 焊接性能

焊接用的端子应符合 IEC 标准68-2-20(1979)的试验 Ta 方法1的要求。

### 7.3 耐焊接热的能力

含有焊接端子的气体放电管应能承受 IEC 标准68-2-20(1979)试验 Tb 方法1B 的试验。气体放电管复原后,应进行目力检查并证明无损坏迹象而且它的直流点火电压应在该放电管的极限范围内。

### 7.4 振动

气体放电管应能承受 IEC 标准68-2-6(1970),在 $10\sim500\text{ Hz}$ , $0.15\text{ mm}$ 位移振动90分钟而无损坏。用户可根据这个文件选择更为严厉的试验。试验终了后,放电管应无损坏痕迹而且符合§ 4.1和§ 4.3中所规定的直流点火电压和绝缘电阻的要求。

### 7.5 湿热循环

气体放电管应能承受 IEC 标准68-2-4试验 D 严厉等级 IV。试验终了后,放电管应符合§ 4.3中所规定的绝缘电阻要求。

### 7.6 密封

气体放电管应能通过 IEC 标准68-2-17(1978)的试验 Qk, 严厉等级600小时的微漏试验。试验用气体应为氦气。微漏率应小于 $10^{-7}\text{ bar}\cdot\text{cm}^3/\text{s}$ 。

然后,放电管应能通过试验 Qc 方法1的大漏试验。

## 7.7 低温

气体放电管应能承受 IEC 标准 68-2-1 试验 Aa，在 -40°C 持续 2 小时后无损坏。在 -40°C 时，放电管必须符合 § 4.1 中有关直流点火电压和冲激点火电压的要求。

## 8 标识

### 8.1 标志

放电管应按需要标有清晰而永久的标志，以保证购买者一看就了解以下内容：

- a) 生产厂家；
- b) 生产年份；
- c) 型号。

购买者可规定要使用于标记的各种代码。

### 8.2 文件

应该向购买者提供文件，使他能根据 § 8.1 的内容确定以下进一步的资料：

- a) 本建议中规定的全部特性；
- b) 放电管中所用的放射性物质名称或没有使用放射性物质的说明。

## 9 订货资料

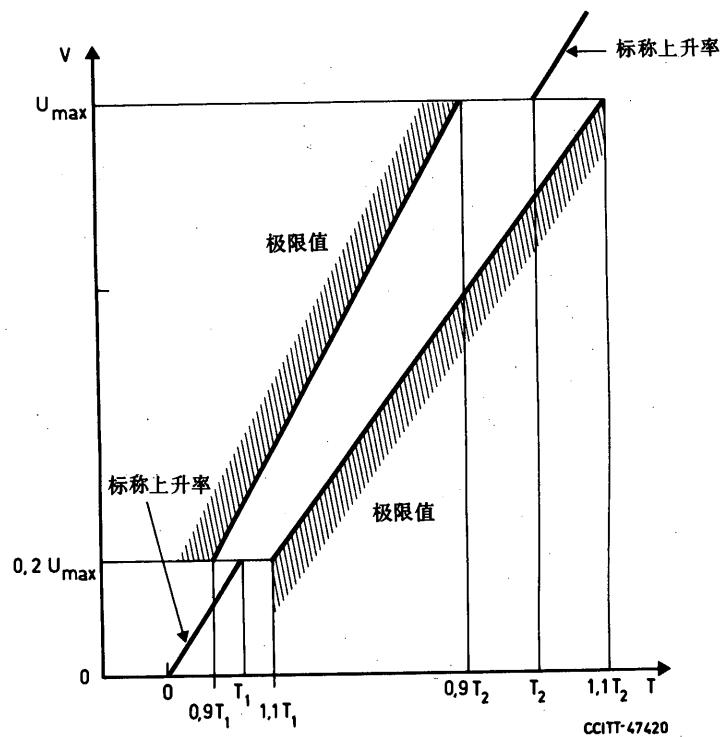
购买者应提供下列资料：

- a) 绘出所有尺寸、表面处理和端子细节的图纸（包括电极数量并注明接地电极）；
- b) 标称直流点火电压，根据 § 4.1.1 选定；
- c) 标称电流定额，根据 § 4.6.1 选定；
- d) 如果要求按表 4/K.12 第 4 栏进行试验，则标明 EXT；
- e) 根据 § 4.2 所要求的保持电压试验；
- f) 根据 § 8.1 所要求的标志代码；
- g) 端子的牢固性——§ 7.1 所要求的试验；
- h) 如有必要，提出破坏特性，包括失效方式（见注）
- i) 质量担保要求。

注 — 气体放电管中流过比 § 4.6.1 指出的电流值高得多的交流或冲激电流之后，可能被破坏，即它的电特性可能发生很大的变化。有可能产生以下两种情况：

- 1) 气体放电管实际上变成一个绝缘体，呈现介电强度比原来的高，也就是说，放电管变成开路。
- 2) 气体放电管成为一个有限阻值的电阻器，通常为低阻值，使线路不能正常工作，也就是说，放电管变成短路（从保护和维护的角度看，这种情况可能好些）。

本建议没有详细说明试验方法以及破坏电流的数值与持续时间之间的关系，也没有详细说明元件遭破坏后的状态。主管部门应该在自己的文件中包括这些方面的要求。

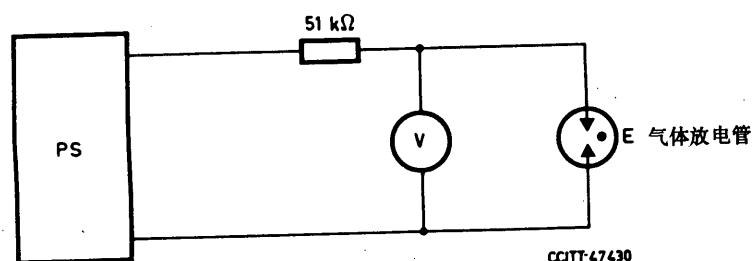


注 — 点火试验波形(未导通)必须在样板的极限范围内。

图1/K.12

#### 点火试验波形

(见 § 4.1, § 5.1 和 § 5.2)



PS： 可变电压源

注 — 应包括一些措施，以保证使气体放电管只放电一次。

图2/K.12

#### 直流点火电压试验电路

(见 § 4.1 和 § 5.1)

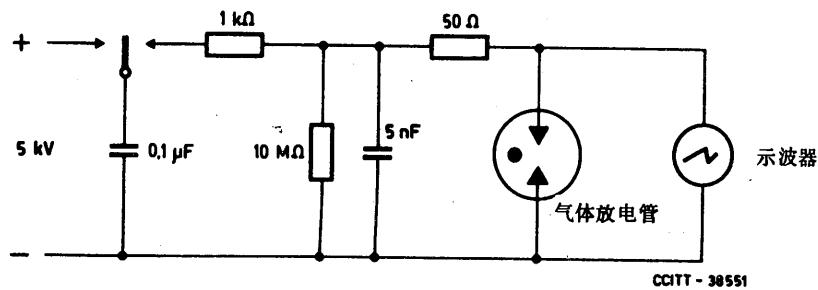
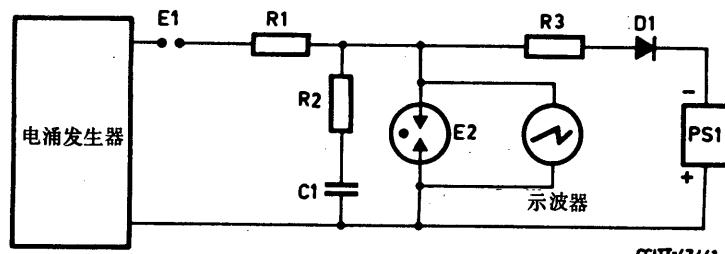


图3/K. 12

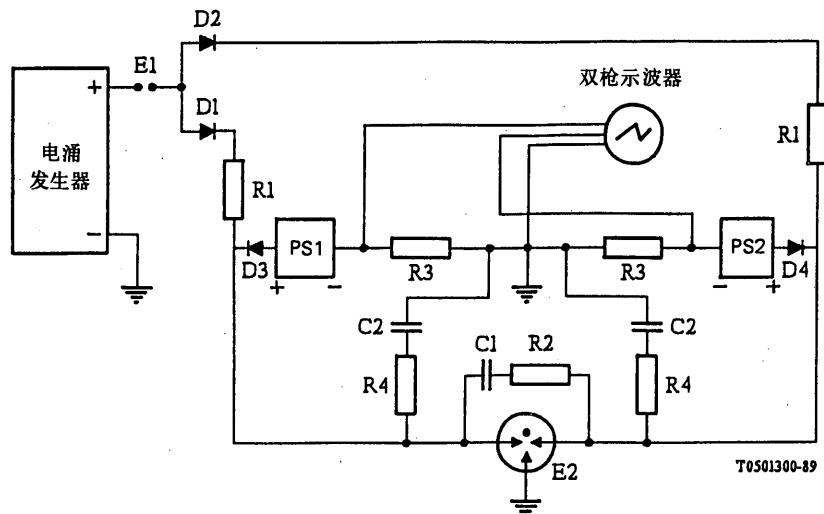
产生具有有效波前陡度为  $1 \text{ kV}/\mu\text{s}$  的冲激  
电压的试验电路(见 § 4. 1 和 § 5. 3)



**PS1:** 恒压直流电源或电池  
**E1 :** 隔离空气隙或等效器件  
**E2 :** 气体放电管  
**D1 :** 隔离二极管或其它隔离器件  
**R1 :** 冲激电流限流电阻或波形成形网络

图4/K. 12

二极气体放电管保持试验电路  
(见 § 4. 2. 1 和 § 5. 5. 1)



E1 隔离空气隙或等效器件  
 E2 气体放电管  
 PS1, PS2 电池或直流电源  
 R1 冲激电流限流电阻或波形成形网络

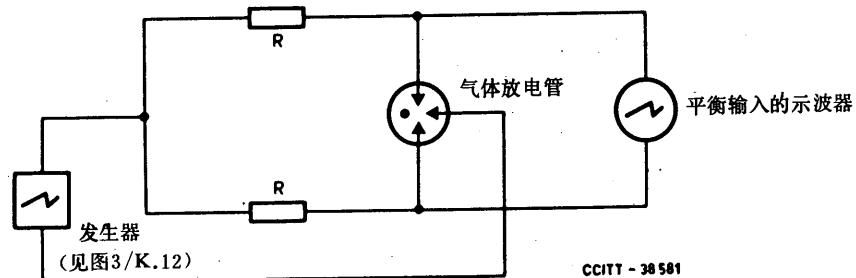
注1 —  $C_2$ 和 $R_4$ 可任选。

注2 — 当直流电源和冲激发生器的极性倒过来时，二极管D1至D4 的极性也都要倒过来。

图5/K. 12

### 三极气体放电管保持试验电路

(见 § 4.2.2 和 § 5.5.2)



R: 线路阻抗

图6/K. 12

### 横向冲激电压试验电路

(见 § 4.5 和 § 5.9)

## 附录 I

(附于建议 K. 12)

### 与气体放电管有关的术语的定义

#### I.1 弧光电流(arc current)

气体放电管点火后,当电路阻抗可以使大于辉光—弧光过渡电流值的电流流过时的电流。

#### I.2 弧光电压(arc voltage)

弧光电流流过期间,气体放电管端子间的电压。

#### I.3 击穿(breakdown)

参见“点火”。

#### I.4 续流遮断时间(current turnoff time)

气体放电管导通一段时间后,本身恢复到非导通状态所需的时间。

#### I.5 破坏特性(destruction characteristic)

放电电流值与气体放电管遭到机械性破坏(断裂,电极短路)之前电流流动时间之间的关系。对于 $1\mu s$ 和几ms之间的期间,它是基于冲激放电电流的,而对于0.1s和更长的期间它则是基于交流放电电流的。

#### I.6 放电电流(discharge current)

气体放电管点火时流过放电管的电流。

#### I.7 交流放电电流(discharge current,alternating)

流经气体放电管的近似正弦交流电流的有效值。

#### I.8 冲激放电电流(discharge current,impulse)

流经气体放电管的冲激电流的峰值。

#### I.9 放电电压(discharge voltage)

放电电流流过期间,出现在气体放电管两端子上的电压。亦称“残余电压”。

#### I.10 放电电压—电流特性(discharge voltage/current characteristic)

放电电压的最大值随放电电流的变化。

#### I.11 续流(follow current)

在放电电流流过期间及后续时间内,从所接电源流来的经过气体放电管的电流。

#### I.12 气体放电管(gas discharge tube)

密封于放电介质中(不处在大气压力下的空气中)的一个间隙或几个间隙,用于保护设备或人身或者设备及人身两者免受高瞬变电压的危害。亦称“气体管电涌放电器”。

### I.13 辉光电流(glow current)

气体放电管点火后,当放电电流受电路阻抗的限制而小于辉光—弧光过渡电流值时所流过的电流。

### I.14 辉光—弧光过渡电流(glow-to-arc transition current)

气体放电管由辉光放电过渡至弧光放电所需的电流。

### I.15 辉光电压(glow voltage)

辉光电流流过期间,气体放电管两端子上的电压。

### I.16 保持电压(holdover voltage)

在规定的电路条件下,气体放电管经一次电涌后,可望切除并恢复至高阻抗状态时放电管两端子上的最大直流电压。

### I.17 冲激点火电压—时间曲线(impulse spark-over voltage/time curve)

冲激点火电压与点火时间的关系曲线。

### I.18 冲激波形(impulse waveform)

如 IEC 出版物 60 中作为标准的,上升时间为  $x \mu s$ ,降至半值时间为  $y \mu s$  并以  $x/y$  表示的一个冲激波形。

### I.19 标称交流放电电流(nominal alternating discharge current)

在规定的时间内,放电管允许流过的频率为 15 Hz 至 62 Hz 的交流放电电流设计值。

### I.20 标称直流点火电压(nominal d. c. spark-over voltage)

由生产厂家规定的标称直流点火电压,用来标记气体放电管(型号标记)并且指出它在被保护设备的使用条件下的应用范围。直流点火电压的容差极限值也是对标称直流点火电压而言的。

### I.21 标称冲激放电电流(nominal impulse discharge current)

气体放电管额定的具有规定的电流—时间波形的冲激电流峰值。

### I.22 残余电压(residual voltage)

见“放电电压”。

### I.23 点火(spark-over)

气体放电管的放电间隙发生电击穿。也称为“击穿”。

### I.24 点火电压(spark-over voltage)

气体放电管两端子上所施加的使其发生点火的电压。

### I.25 交流点火电压(spark-over voltage, a. c.)

引起点火的频率为 15Hz 至 62Hz 的正弦电压(有效值)的最小值。

### I.26 直流点火电压(spark-over voltage, d. c.)

直流电压缓慢增加时使气体放电管发生点火的电压。

### I.27 冲激点火电压(spark-over voltage, impulse)

从施加给定波形的冲激起直至开始有电流流通的这段时间内,气体放电管两端子上出现的最高电压。

### I.28 横向电压(transverse voltage)

含有几个间隙的气体放电管,在有放电电流流过期间,接至通信回路两根导线上的两个间隙的放电电压之差值。

## 塑料绝缘电缆中的感应电压

(日内瓦, 1972)

根据文献[1], 当通信电缆附近的电力线路发生故障, 电缆内所有回路均终接有变压器时, 电缆导线上的允许感应纵向电压应不超过检验电缆绝缘强度时所用电压的60%, 用于检验电缆导线与护套间击穿强度所需的电压, 由各自的规范规定。对于纸绝缘导线, 允许感应纵向电压一般为1200V(有效值), 即2000V的60%。这种电压的发生频度和允许持续时间, 在《导则》中未作规定。为了使这种电压不危害线路维护人员, 必须遵守文献[2]中所提出的关于工作人员安全预防规则。

塑料绝缘电缆的介质强度比纸绝缘电缆高得多。而且, 在电缆敷设期间受机械应力之后仍能保持这个介质强度。因此, 电缆受到比该电缆的击穿电压足够低的感应纵向电动势时, 导线与金属护套的绝缘不会被击穿。如果感应电压保持在由各自规范所给定的电缆绝缘强度试验电压的60%以下, 就能保证有足够的安全余量。当然, 这一电压与击穿电压有关。

只要花费很少的额外费用, 套管和接头的介质强度就可以做到和导线与金属护套间的介质强度一样, 尽管变压器和终端设备在其介质强度不能达到有关条件的情况下, 必须适当地进行保护。

如果感应纵向电动势的来源系《导则》中所下定义的高可靠性电力线路, 则在通信电缆中发生持续时间极短的电压时, 工作人员在同一瞬间与线路接触的概率很小。在邻近电力线路可能感应出高电压的电话线上操作的维护人员, 若已采取安全预防措施, 则只有很轻微的危险。

对于回路终端没有终接变压器的电缆, 如果电涌电压已由于安装在回路两端的雷电保安器的动作而不能到达通信设备时, 也可以使用上述条件。

基于这些理由, CCITT一致认为:

1 有可能生产一种导线间和导线与金属护套间用高击穿强度塑料绝缘的通信电缆。当邻近电力线路发生故障时, 这种电缆的感应纵向电动势允许值应不超过检验绝缘强度时在导线与护套间所施加的试验电压的60%(该试验电压由各自的电缆规范规定, 与击穿电压有关), 但必须符合下列条件:

- a) 这种电缆中, 回路两端和分支点都终接有变压器或装有雷电保安器;
- b) 与这种电缆相连的设备、接头和电缆终端盒的介质强度至少等于导线与金属护套间的介质强度。当以上a)点所述变压器的绝缘强度不能满足所需条件时, 必须加装雷电保安器;
- c) 引起感应的电力线路必须满足文献[1]中关于高可靠性电力线路的条件;
- d) 在通信电缆上工作人员必须采取文献[2]中所规定的安全预防措施。

2 当这种电缆中的回路直接接到通信设备, 即没有接入变压器或雷电保安器, 同时又满足以上§1c)所规定的条件时, 最大允许感应纵向电动势应为650 V。

## 参 考 文 献

- [1] CCITT manual *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electric power and electrified railway lines*, Vol. VI, ITU, Geneva, 1988.
- [2] *Ibid.*, Vol. VII.

## 塑料护套电缆的金属屏蔽层的制备

(日内瓦, 1972; 马拉加-托雷莫里诺斯修订, 1984)

金属护套使电缆具有静电屏蔽和不同程度的磁屏蔽性能。塑料护套本质上就没有屏蔽性能。有些塑料护套电缆, 例如纸绝缘缆芯塑料护套电缆, 附有一层金属屏蔽作为挡水层。这种金属屏蔽层, 一般为铝带纵包形式, 其屏蔽特性与同等纵向导电率的非铁磁金属护套一样。但是, 金属带必须在其终端与电话交换局接地电极系统接在一起, 和/或象金属护套那样, 按惯例与沿途设置的接地体相连接。在接头处接续金属带时, 使用电阻很小的连接体也是很重要的。虽然金属带的屏蔽作用在50Hz时可能不大, 但频率增高至噪声干扰频率时, 其屏蔽作用就会相当可观了。电缆屏蔽层也能降低电力线路开关时产生的瞬变高频分量所引起的感应和雷击引起的感应瞬变; 随着热容量很小的小型化通信设备的增多, 这种瞬变感应电压的影响显得更为突出。

基于上述考虑以及塑料护套电缆的使用经验,

CCITT 建议注意以下诸点:

- 1 因为无屏蔽层的塑料护套用户配线电缆能满足交换局至用户的配线要求, 因此可用于无交流电气化铁道的地区。然而, 在电气化铁道附近, 特别是在机车中装有硅可控整流控制设备的电气化铁道附近, 必须始终考虑可能产生噪声干扰的危险。此外, 也要考虑工作频带与塑料护套中回路所用频带相同的无线电发射机可能引起的干扰。
- 2 主干电缆和中继电缆应含有铝带挡水层形成的屏蔽层。在无严重磁感应的地区, 当电缆屏蔽层的电导约为相同缆芯直径电缆的铅护套电导的一半时, 就会相当满意了。
- 3 如果塑料护套电缆屏蔽层的电导与常规铅护套电缆的电导相等, 则这种塑料护套电缆可用于与铅护套电缆适用的完全相同的感应环境中。
- 4 如果按以上 § 2 和 § 3 所制备的屏蔽层的作用仍不足以将邻近电力线路或电气化铁道引起的工频或谐波磁感应限制在允许值之内, 则可按下述方法改善屏蔽系数:
  4. 1 如有必要, 用重叠绕包钢带增加金属护套的电感;
  4. 2 在屏蔽层内装设附加金属带或金属线; 增加现有屏蔽层的电导。  
在装有硅可控整流器控制装置的电气化铁道附近存在噪声干扰危险时, 也有必要改善屏蔽作用。
- 5 屏蔽层必须与通信中心的接地电极系统相连接。用户电缆的远端应该与合适的接地体相连接。在接头处接续电缆屏蔽层时, 使用电阻很小的连接体也相当重要。
- 6 随着用电装置数量的增加以及由于采用新技术而引起谐波能级的增高, 可以预料, 干扰的影响将变得更坏。因此, 上述改善塑料护套电缆屏蔽作用的方法是非常有用的方法。

7 如果电缆必须埋设在有大气放电危险的区域内,提请注意金属屏蔽和电缆防雷结构的重要性以及将屏蔽层与其它构件进行连接的重要性(见文献[1]中所引用的手册)。

## 8 屏蔽系数

下述考虑能够相当精确地确定各种电缆(即使用塑料外护层)的工频屏蔽系数。特别是,这些考虑指出了用于实际的屏蔽系数如何随电缆使用条件的不同而变化。

### 8.1 概述

电缆金属屏蔽层所产生的屏蔽作用主要取决于以下各项:

- 感应电动势的频率。因此,从人员和装置安全的角度选择电缆时,这种电动势工频( $16\frac{2}{3}$  Hz, 50 Hz, 60 Hz)的限制是一个决定性的因素。另一方面,为了保护设备免受干扰也应考虑较高频率时的屏蔽系数。大幅度地降低工频感应电动势,就足以达到彻底的保护;
- 在用铁磁材料作屏蔽层时取决于单位长度感应电动势的大小。在某一给定单位长度感应电动势情况下,这种电缆的屏蔽效果最佳。因此,为降低高的单位长度感应电动势而设计的电缆就不可能实际用于防护低的单位长度感应电动势。屏蔽结构必须与单位长度感应电动势的大小相适应;
- 电缆金属屏蔽层的接地质量。屏蔽作用是由屏蔽层中所流过的电流值来确定的。因此,促使屏蔽层与大地之间产生电流流动的部件的电阻是决定性的。对于有绝缘塑料外护层的电缆,如果护套只在两端接地,则其接地电阻必须很小;而护套沿线路进行按间隔接地则是较可取的。当塑料外护层是导电的情况下,护套实际上就连续地接地了;
- 被保护链路的感应段长度。当感应段较长时,改善屏蔽效果比较容易。在这种情况下,长度的概念与所需的接地质量有关。

#### 8.1.1 屏蔽系数(符号的说明见附录 I )

在《导则》中,已对最常用的下列几种屏蔽系数下了定义:

- 标称屏蔽系数  $k_n$ (见图1/K. 14),这一屏蔽系数很容易在实验室中测定,并用来衡量屏蔽效果。

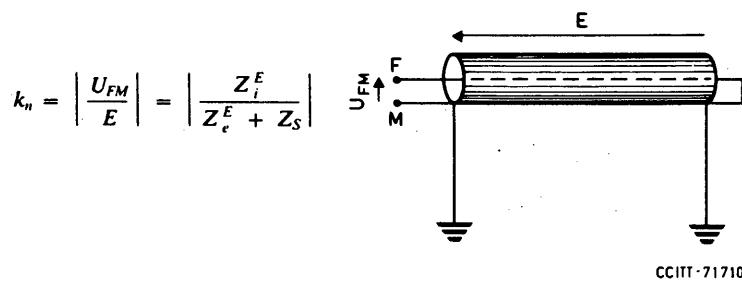


图1/K. 14

- 相对于远地的屏蔽系数  $k_{ff}$ (见图2/K. 14)。当用户线对的导线在终端经不含变压器的设备的某些部件接至中性大地时,为保证防止危险和干扰影响,必须考虑这种屏蔽系数。

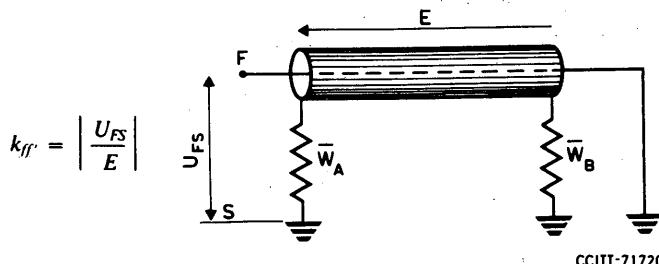


图2/K.14

相对于护套的屏蔽系数  $k_{fm}$ (见图3/K.14)。在只可能接触到屏蔽层接地的地方,必须考虑这种屏蔽系数。用于连接两个通信中心且其屏蔽层接至通信中心的接地体的电缆就属于这种情况。

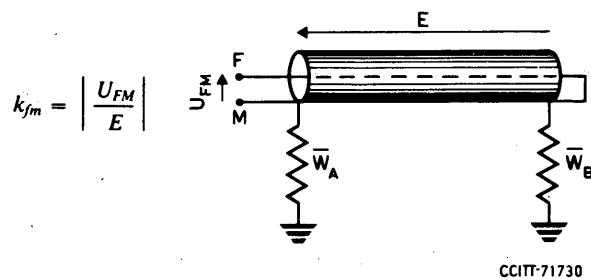


图3/K.14

《导则》中包括了各种环境条件下精确计算上述屏蔽系数的说明及其公式。另一方面,这些屏蔽系数也可以根据简单的表达式进行估算,往往也具有适当的精确度。这些表达式将按照电缆的外护层是绝缘的还是导电的而有所不同,所用的常数和变量见附录 I。

## 8.2 绝缘外护层电缆

电缆金属护套的外护层是由绝缘的塑料材料制成的。为了取得屏蔽效果,其护套必须在两端接地,而且尽可能在中间一些点上也接地。

### 8.2.1 屏蔽系数的计算

屏蔽系数可用下列表达式计算(也参见《导则》,第Ⅱ卷):

$$k_{ff'} = \left| \frac{Z_i^e L + \bar{W}_A + \bar{W}_B}{Z_e^e L + Z_s L + \bar{W}_A + \bar{W}_B} \right| \quad (8-1)$$

$$k_{fm} = \left| \frac{Z_i^e L}{Z_e^e L + Z_s L + \bar{W}_A + \bar{W}_B} \right| \quad (8-2)$$

严格地讲,这些表达式只有在护套仅在两端接地时才能使用。然而可以认为,在大多数条件下只有靠近两端的接地才对屏蔽效果有影响。于是,在有中间接地的条件下,用这些表达式也能求得较好的屏蔽系数近似值。

一般来说,中间接地的结果使  $k_{ff'}$  趋于改善,但相反地使  $k_{fm}$  变坏。

### 8.2.2 长度对屏蔽系数的影响

为使屏蔽系数  $k_{ff}$  与标称屏蔽系数  $k_n$  相接近, 对护套接地有一定要求, 当所需之接地很难实现时, 其链路可视为“短链路”; 在相反情况下, 其链路可视为“长链路”。

注—“链路”是指实际遭受感应的电缆长度。

#### 8.2.2.1 “长链路”

仔细分析式(8-1)和(8-2)可以发现, 很长链路的屏蔽系数  $k_{ff}$  和  $k_{fm}$  都接近于  $k_n$ 。当链路长度约超过

$$10 \frac{\overline{W}_A + \overline{W}_B}{Z_i^E}$$

时, 这一点是正确的。

在这种情况下, 可以使用无铠装电缆 ( $Z_e^E$  接近于  $Z_i^E$ ), 而且链路越长, 护套接地电阻值就可以越高。

在选择电缆时, 不必考虑这一点。由于所得的屏蔽效果十分相近, 可根据不同感应电动势所对应的标称屏蔽系数  $k_n$  曲线来确定。

#### 8.2.2.2 “短链路”

在这种情况下,  $Z_i^E L$  的大小与终端接地电阻之和  $\overline{W}_A + \overline{W}_B$  的大小在同一数量级内。屏蔽系数  $k_{ff}$  和  $k_{fm}$  可用式(8-1)和式(8-2)进行计算。

为了保护这种短链路, 必须使用铠装电缆。而且在护套外面使用高导磁率的材料, 以增加阻抗  $Z_e^E$ , 取得更好的屏蔽效果。

为了使用式(8-1)和式(8-2)估算  $k_{ff}$  和  $k_{fm}$ , 必须已知  $Z_e^E$  随护套电流而变化的曲线(图4/K. 14)。

然后, 根据链路两端的大地电阻率, 选定实际上能做到的接地电阻  $\overline{W}_A$  和  $\overline{W}_B$ , 再通过一系列简单的逐次近似, 估算出  $Z_e^E$ 。

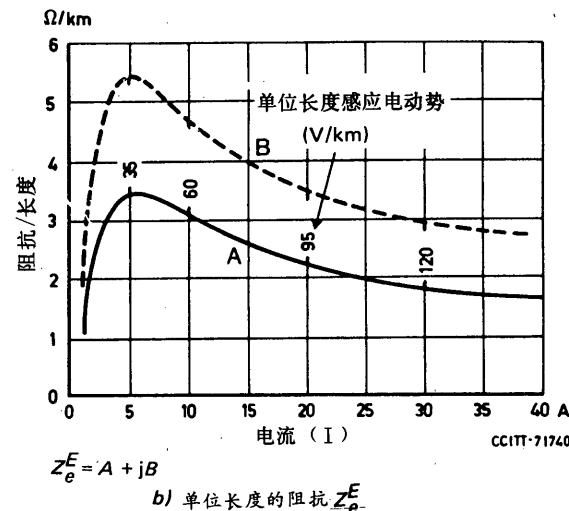
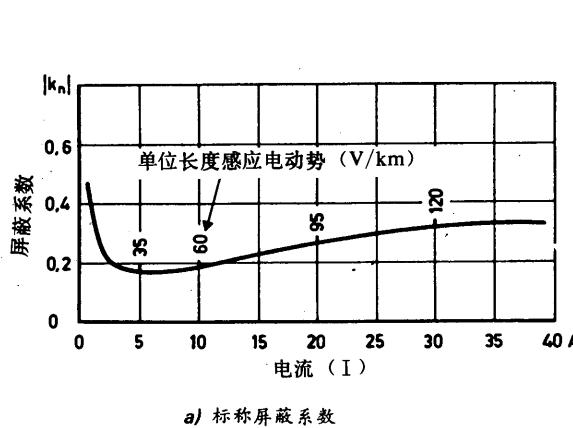


图4/K. 14

电缆参数(用于保护遭受通常由电力牵引线路  
引起的单位长度低感应电动势链路的例子)

### 8.3 有导电外护层的电缆

由导电的塑料材料制成的电缆金属护套的外护层,使护套与电缆周围的大地之间形成电的接触。

如果导电材料的电阻率(很容易得到 $50 \Omega \cdot m$ 之值)接近于周围大地的电阻率或更小,则除两端以外,护套不必在中间点再接地。

护套中沿链路的电流是变化的,特别是在终端附近变化更大,而在中间部分的护套电流保持在十分接近于  $I_M = e/(Z_e^k + Z_s)$  的值,此值相当于护套如果完全接地(即零电阻接地)时护套中所流过的电流。

于是,为了计算屏蔽系数  $k_{ff}$ ,我们可用一条其长度等于链路长度在每一端缩短长度  $l$ (令  $|P|l=1$ )而且护套两端均以零电阻接地的电缆来等效地替代这条电缆。

这就意味着,长度为  $L-2l$  的这段较短的电缆具有标称屏蔽系数。

于是,可以利用下面的表达式近似地估算  $k_{ff}$  值:

$$k_{ff} = k_n \left(1 - \frac{2l}{L}\right) + \frac{2l}{L} \quad (8-3)$$

使用同样的方法, $k_{fm}$  可表示为:

$$k_{fm} = k_n \left(1 - \frac{2l}{L}\right)$$

在金属护套接地很好的情况下,不能使用式(8-3)计算。这种链路可视为“长链路”,因而  $k_{ff} = k_{fm} = k_n$ 。

计算所需的参数包括电缆参数  $Z_e^k, Z_i^k$ , 单位长度感应电动势和单位长度护套对地导纳  $Y$ , 导纳  $Y$  可根据大地电阻率在1 S 至10 S 之间取值(如果缺乏有关的接地质量资料,应取1S)。

#### 8.3.1 长度对屏蔽系数的影响

上述有关绝缘外护层电缆的分析也适用于导电外护层电缆的情况。

#### 8.3.2 “长链路”

屏蔽系数近似地等于  $k_n$ 。根据所要求的效果,电缆可以加铠装或不加铠装。

#### 8.3.3 “短链路”

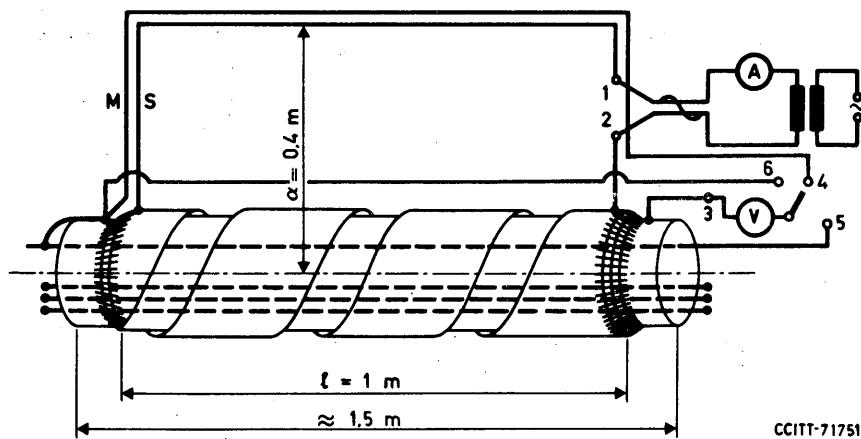
屏蔽系数  $k_{ff}$  可以根据式(8-3)进行估算。在大多数情况下,电缆应加铠装。

### 8.4 电缆参数的确定

如果标称屏蔽系数和单位长度阻抗  $Z_e^k$  能够按照《导则》第XII章 § 3.3.3.4 中所述的电路进行测量,则单位长度阻抗  $Z_e^k$  可用下列方法确定之:

- 根据测量所得的参数  $I, U_{\infty}$  和  $U_{\infty}$  所画的相量图进行计算;
- 或者在电缆护套外面放置一条导线,其一端与护套相接,测量这条导线的另一端点与参考点3之间的电压  $U_{\infty}$ (图5/K.14)。

对于某些由数层非铁磁高导电材料构成屏蔽层的电缆,可用同轴型测量装置更为近似地测量这些参数。



$$k_n = \frac{U_{oi}}{U_{oe}} = \frac{U_{53}}{U_{43}}$$

$$Z_i^E = \frac{U_{oi}}{I \cdot l} = \frac{U_{53}}{I \cdot l}$$

$$Z_e^E = \frac{U_{oe}}{I \cdot l} = \frac{U_{63}}{I \cdot l}$$

图5/K. 14

电缆参数的测量

## 附录 I

(附于建议 K. 14)

### 建议 K. 14 中所用的符号

- $Z_b^E$ : 有外部回归路时单位长度的内阻抗。工频时, 其值近似等于单位长度直流电阻。
- $Z_e^E$ : 有外部回归路时单位长度的外阻抗。
- $Z_s$ : 单位长度大地回归路的阻抗。
- $Y$ : 护套-大地回路的单位长度的导纳。
- $P$ : 护套-大地回路的传播常数。
- $K$ : 护套-大地回路的特性阻抗。
- $\overline{W}_A, \overline{W}_B$ : 护套两端的接地阻抗值。
- $L$ : 遭受感应链路的长度。
- $e$ : 单位长度感应电动势。
- $E$ : 总感应电动势。
- $I$ : 流经护套的电流。

## 参 考 文 献

- [1] CCITT manual *The protection of telecommunication lines and equipment against lightning discharges*, Chapter 4, § 2.1, ITU, Geneva, 1974, 1978.

### 建 议 K. 15

## 远供系统和线路中继器对雷电和邻近电力 线路引起的干扰的防护

(日内瓦, 1972)

### 初步建议

为了尽量降低外界源对中继器远供的干扰, CCITT 建议: 中继器供电系统的布局应当尽可能使供电电流所流通的回路(包括连接至该回路的各个单元)对护套和对地都保持平衡, 而且供电电流所流通的回路对纵向电流不致提供低阻抗通道。

### 引言

通信设备中含有仅能承受中等过电压的部件, 特别是半导体器件(晶体管等)时, 需要对两端可能出现的过电压采取保护措施。这是因为即使过电压仅稍稍超过工作电压, 仍能扰乱这些部件的功能, 甚至将它们损坏。

此外, 含有中继器的回路, 它的功能会被电力线路所感应的电动势所扰乱, 这取决于这些电力线路的运行方式; 甚至在电力线路没有故障时, 也会产生扰乱。

直接与电信线路的导线相连接的设备, 它的部件, 特别是半导体器件可能被损坏。这是因为这些导线, 不论在电缆内还是在架空明线线上, 都会遭受外界源引起的过电压, 例如由电力线路引起的磁感应或大气放电。

在电信线上每隔一定距离所接入的中继器就属于这类设备。因为远供是经由用于传输的电缆或架空明线的导线实现的, 过电压会到达半导体器件的端子上而把它们损坏。如果采用保护器件或采用合适的电路设计, 以便将各敏感点的过电压限制到允许的数值或完全消除这种过电压, 则可避免这种情况。

所需的保护措施部分地取决于下列诸点:

- 可能产生的电动势值;
- 线路的结构, 特别是在使用电缆线对时;
- 同轴线对的外导体相对于电缆金属护套所作的布局(浮动电位或接地);
- 供电的类型(直流或交流)。

如果用于供电的导线上所产生的过电压是由邻近电力线路磁感应引起的。我们可先用《导则》指出的计算方法估算它们的值。然后, 再进行附加计算, 以找出所需的保护措施。

如果过电压是由大气放电引起的, 其值只能粗略地计算。所以, 必须对有关设备中所提供的保护按最现实的可能条件进行试验。

以下所推荐的措施是符合上述要求的, 但由于技术仍在发展之中, 这些措施就不能认为是完善的; 然而, 它们将使这种系统的制造者和使用者获得高度的保护。

## 1 计算方法

1.1 《导则》[1]从原理上阐明了怎样计算远供回路内所感应的纵向电动势。这个计算方法适用于电力线路正常工作和有故障时的两种情况。

1.2 同轴线对中感应电压和感应电流的附加计算,是在按 § 1.1所述的资料计算纵向电动势的基础上进行的。这种计算,最好参考建议 K. 16。(也见参考文献[2]。)

1.3 估算远供回路内由大气放电所产生的电压和电流(短冲激的峰值)时,应参考文献[3]中所引用的手册。(也见参考文献[4]。)

## 2 过电压的极限值

### 2.1 电磁感应产生的纵向电压

当材料(电缆、导线、设备)承受更高电压的能力有疑问时,原则上必须不超过文献[5]中所指出的感应纵向电压的限制值。然而,如果已对导线和与之相连的设备绝缘的介电强度进行过检验,证明没有击穿的危险,则可以允许高一些的限制值(见参考文献[5])。

如果远供设备使导线相对于电缆金属护套或地的电位固定不变地提高到某一高电位,则必须记住感应电压是叠加于供电电压上的(见参考文献[5])。

### 2.2 大气放电产生的过电压

冲激电压的极限值主要取决于导线和接至导线上的设备绝缘的介电强度,除非已采取了使过电压限制在击穿电压值以下的附加保护措施(例如在系统内)。含有半导体器件的设备端子上的允许极限值取决于这些器件的特性。

## 3 保护措施

### 3.1 过电压保护

保护措施的设计,应当对各种过电压源(磁感应,大气放电等)都能起作用。

#### 3.1.1 电缆导线的保护

如果 § 2.1 和 § 2.2 所指出的极限值已被超过,则应当采用适当的保护措施。例如,在安装新设备时,可以选用介电强度高的绝缘。也可选用屏蔽系数好的电缆。此外,还可以用雷电保安器或其它限压装置来限制电压。在后一种情况下,必须保证过电压一旦消失,雷电保安器就停止工作,并保证供电导线重新继续正常工作。其它的一些保护措施也可采用。

在综合电缆中,有一些线对用于供电,因此最好从整体考虑,协调所有导线的保护措施,以排除对电缆的有害影响。

#### 3.1.2 中继器的保护

中继器的输入端和输出端以及远供回路都要提供保护。

建议在制造时就把保护装置安装在固体器件中继器内,以阻止有破坏性的过电压幅度到达敏感元件,例如半导体器件的端子上。

当采用雷电保护器来限制过电压时,必须记住某些幅度小于动作电压的过电压仍然足以损坏设备中的一些元件,例如器件的半导体结,晶体管等。所以,最好用其它保护器件与雷电保安器联合使用,诸如齐纳二极管和滤波器(设备内部可能已经有这种滤波器),以提供内部保护。在设备内部的这些部件的组合,系设备的组成部分,并提供了保护。这样,不论哪种过电压或多大的过电压,都能逐级降低到足够低的数值,以不致产生任何损伤。

同轴对外导体处于浮动电位与外导体接地相比较,前者在保护中继器免受电力线路或牵引线路所引起的长期感应电压时,可能需要较少的器件和较低的费用。另一方面,由于内导体用于供电,其电位升得相当高,当外导体接地时,同轴对线路上的工作人员在发生偶然外导体碰触内导体的情况时可受到更好的保护。每种系统都各有优缺点,因此要根据运行要求进行选择。

### 3.2 电缆内存在长期感应的扰动电压时保证设备满意工作的措施

当电缆导线存在由电力线路或牵引线路引起的长期感应扰动电压和电流时,必须采取措施以保证中继器能正常工作。这是指没有产生故障而引起干扰的电力线路。感应电压和电流可用§1.1所指出的计算方法来估算。

## 4 固体器件远供中继器的试验

### 4.1 概述

试验条件最好尽可能地接近于模拟真实条件。它们必须不但模拟正常工作条件,而且还要模拟意外的情况,例如一根正常时为绝缘的导线偶然与电缆金属护套或地相接触的情况。

### 4.2 冲激电压试验

在用冲激电压和电流进行试验时,建议参考建议K.17所提供的资料。关于波形的幅度,仅使其增加到最大值是不够的,还必须用小于保护器件阈值电压(例如雷电保安器的点火电压)的任何电压幅度进行试验。这样,才能确定保护器件(例如二极管)防护低幅度高能量过电压的有效性。

采用雷电保安器时,必须保证它们的点火电压小于导线与设备底板之间的绝缘强度,以免击穿。

### 4.3 交流电压试验

当中继器用对称线对或外导体对地(或对金属护套)绝缘的同轴线对供电时,最好用交流电压进行试验,以保证对地的绝缘强度高于《导则》所容许的磁感应电压值。

为了检查雷电保安器点火时中继器以及远供通道的性能,应当把建议K.17所述的交流电流施加到这个通道的端子上。

在可能存在长期感应电压,例如由电气化铁道牵引线路的交流电流而引起长期感应电压的系统中,必须在供电电流上叠加一个交流电流,其频率和强度与供电段内当感应电压值为文献[5]中规定值的条件下所产生的电流频率( $50\text{ Hz}, 60\text{ Hz}, 16\frac{2}{3}\text{ Hz}$ )和强度相一致。当流过感应电流时,交流声调制必须小到能获得第XV研究组第11研究课题对路由段所建议的数值。

## 参 考 文 献

- [1] CCITT manual *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electric power and electrified railway lines*, Vol. II, ITU, Geneva, 1988.
- [2] KEMP, (J.), SILCOOK, (H. W.), STEWARD, (C. J.): Power frequency induction on coaxial cables with application to transistorized systems, *Electrical Communication*, Vol. 40, No. 2, pp. 255-266, 1965.
- [3] CCITT manual *The protection of telecommunication lines and equipment against lightning discharges*, ITU, Geneva, 1974, 1978.
- [4] KEMP, (J.): Estimating voltage surges on buried coaxial cables struck by lightning, *Electrical Communication*, Vol. 40, No. 3, pp. 381-385, 1965.
- [5] CCITT manual *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electric power and electrified railway lines*, Vol. VI, ITU, Geneva, 1988.

## 建 议 K. 16

# 电力线路对同轴线对通信系统中远供中继 器磁感应影响的简化计算方法

(日内瓦, 1972)

## 1 概述

参考文献[1]中概论了磁感应的各种可能情况,以及与电力线路全部接近或部分接近路由上的感应电压与电流随位置变化的计算方法。本建议给出关于如何寻求一个等效电路的一般资料,这种等效电路能快速估算在任何接近段长度和接近位置的电缆导线上的最大电压与最大电流。等效电路的集总电容和转移阻抗必须合理的选择。这里,只需要两组参数,取决于接近段的长度是短于或等于,还是大于供电段长度的一半。将文献[1]中的复杂公式转化为简化计算公式的方法在附件 A 中作了说明。

为了检验这个通用等效电路的可用性,在附件 B 中,根据文献[1]进行数字计算时所用的一些接近段数据,用等效电路计算了外导体处于浮动电位时,在电缆导线中所感应的电压及电流的最大值,并列入图表中。可以看出,附件 B 中所述的计算过程对实用来说已具有足够精确的结果。

附件 C 指出了同轴管的外导体在两终端和中继器都接地时,等效电路应该如何改变。

参考文献[2]叙述了一种类似的计算方法,用于计算电力线路对外导体绝缘的同轴通信系统的磁感应影响。

## 2 等效电路的优点

在上述两篇文献所给出的精确公式中,所用的参数之一是电缆中的感应纵向电压。这可用一般的方法来计算(见 CCITT 的《导则》)。

一旦已知这个电压,就能根据精确公式进行精确的数字计算求得各种感应电压和电流。但是,只有当所

用的基本参数在限定的精确度时,得出的结果才能接近于真实值。然而,经验证明,因为某些无法精确定的参数(譬如土壤的有效导电率)起相当大的作用,导致计算的精确度不高。

鉴于计算作为参考量用的感应纵向电压的不精确性难以避免,在以后的计算过程中,所附加的最大误差为20%左右是许可的。因此,精确公式在所有应用情况下就能明显地得以简化(因为在实际情况下,总能大致保持 $\Gamma \cdot l \leq 2$ 和 $\bar{\Gamma} \cdot l \leq 2$ ),而且可以对每种情况作出相应的等效电路。(这里, $\Gamma$ 和 $\bar{\Gamma}$ 分别为电缆护套—外导体回路和外导体—内导体回路的传播常数。)

### 3 问题的提出

对于下列各种感应情况,可以考虑下列等效电路:

- 1) 外导体接地,均匀感应;
- 2) 外导体处于浮动电位,均匀感应(见图 A-1/K. 16);
- 3) 外导体接地,路由中央有一个短的部分接近段;
- 4) 外导体处于浮动电位,路由中央有一个短的部分接近段(见图 A-2/K. 16)。

在实际应用中,用一个等效电路要比用四个方便得多。而且,如果根据文献[1]可以作出一个通用的不变的等效电路,甚至在供电段中遭受感应的部分接近段为任意选定的情况下,也能提供关于电缆中最大电压和最大电流的足够精确的资料,这也是很好的。

如附件 A 所示,这样的等效电路可以借助附件 A 的图 A-1/K. 16 和 A-2/K. 16 中所示的电路图得到。这个电路如图2/K. 16中所示。

### 4 所用的参数与符号

基于总的假设,即外导体处于浮动电位(不与电缆护套或接地系统相连)的供电段,在任意位置的某一段落与电力线路接近,就能给出以下的图1/K. 16。图中指出了惯用的符号。

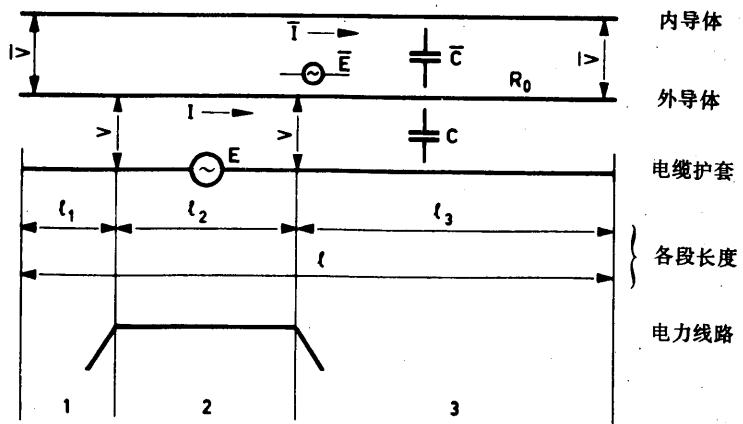
符号上面没有短划的符号 E, C, V, I 表示与电缆护套—外导体回路有关的参数;而有短划的符号  $\bar{E}$ ,  $\bar{C}$ ,  $\bar{V}$ ,  $\bar{I}$  则是与外导体—内导体回路有关的参数。

### 5 通用等效电路

根据附件 A 的推证,我们就能确定一个通用等效电路,如图2/K. 16中所示。

对于供电段均匀地受到磁感应或在中央短段上部分地受到磁感应的所有长途通信系统,这个等效电路提供了图1/K. 16的两个回路中所感应的电压和电流的最大值,其精度约为10%。这个电路用于其它接近情况时,必须预料到其对理论值会有20%左右的偏差。鉴于在确定感应纵向电压 E 时存在着不可靠性,而且因为这样做能迅速估计出各种状态,因此,在实用中这种偏差是可以容许的。



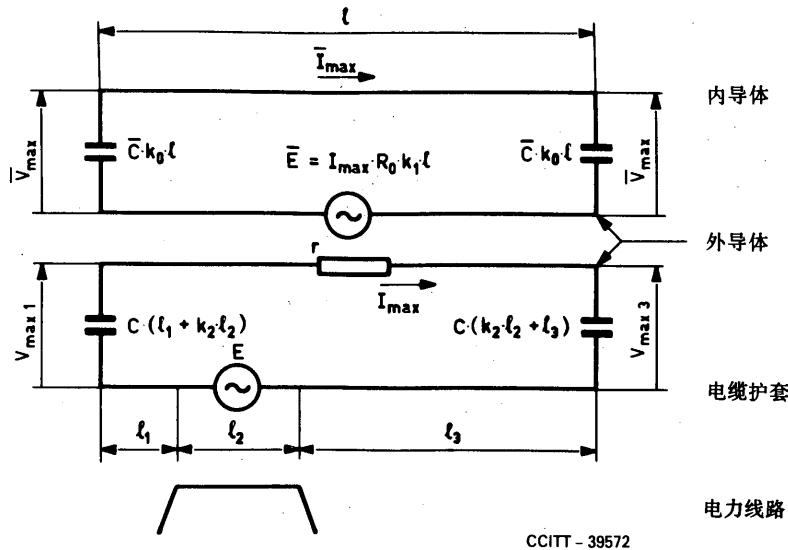


CCITT - 38620

|                          |  |
|--------------------------|--|
| $E$                      | = 电缆中感应的纵向电压, V  |
| $\bar{E}$                | = 同轴管中的纵向电压, V   |
| $l_1, l_3$               | = 接近段长度, km  |
| $l_2$                    | = 非接近段长度, km   |
| $l$                      | = 供电段长度, km, $l = l_1 + l_2 + l_3$   |
| $V, \bar{V}, I, \bar{I}$ | = 待确定的电压和电流的最大值  |
| $C, \bar{C}$             | = 单位长度的有效电容, F/km  |
| 其中                       |  |
| $C$                      | $= \frac{C_{os} \cdot l_s + C'_{os}}{l_s} \text{ 和 } \bar{C} = \frac{C_{io} \cdot l_s + C_f}{l_s}$ |
| $C_{os}$                 | = 外导体与电缆护套之间单位长度的电容, F/km  |
| $C'_{os}$                | = 中继器处外导体与电缆护套之间的电容(如果有的话), F  |
| $C_{io}$                 | = 内外导体间单位长度的电容, F/km   |
| $C_f$                    | = 中继器电源分隔滤波器中供电通道与外导体之间所有电容的总和, F  |
| $l_s$                    | = 中继段长度, km  |
| $Z_t$                    | = 电缆护套-外导体回路与外导体-内导体回路间单位长度的有效转移阻抗, $\Omega / \text{km}$   |
| $R_0$                    | = 外导体单位长度的电阻, $\Omega / \text{km}$   |
| $R_i$                    | = 内导体单位长度的电阻与相当于方向滤波器电阻按每km计的电阻值之和, $\Omega / \text{km}$   |

图1/K. 16

### 回路示意图



CCITT - 39572

| 参数 $k$ 之值                 |                |               |               |
|---------------------------|----------------|---------------|---------------|
| 对于 $l_2 \leq \frac{l}{2}$ | $k_0$          | $k_1$         | $k_2$         |
|                           | $\frac{1}{3}$  | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{3}$ |
| 对于 $l_2 > \frac{l}{2}$    | $\frac{5}{16}$ | $\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{4}$ |

注 — 电阻  $r$  只有在外导体接地时才考虑 (见附件 C)。

图2/K. 16

### 等 效 电 路

以下的讨论将有助于解释简化电路图：

- 1) 真实传输线的所有参数都假定为集中的,这对于一段两端开路的短线,相当于50 Hz 的波长时是可以接受的。
- 2) 除构成回路间的转移阻抗外,电路中没有考虑导线的电阻,而是用系数  $k_1$  进行加权。 $k_1$  取决于接近段的长度,而且  $k_1 < 1$ 。这就意味着图2/K. 16中所示的电路,在供电段两端实际上是开路的(对50 Hz 感应电流而言)。事实上可能不是这样,特别是在供电设备中如果含有滤波器和用于固定内导体对地电位的平衡装置的时候。此时,内导体—外导体回路终接有一个大容量的电容器,这种电容器必须加到图2/K. 16的两端与  $Ck_0l$  相并联。在这种情况下,内导体的纵向电阻就不能忽略,实例见附件 C。
- 3) 电容  $C_1$  和  $C_3$  相当于非接近段的精确终端;接近段的电容用系数  $k_2$  进行加权。 $k_2$  取决于接近段的长度,而且  $2k_2 < 1$ 。
- 4) 简化电路图就在护套—外导体回路中产生不对称电压。可以用来确定两端的最大值。图3/K. 16为适用于实际的整个供电段上电压和电流分布的概念。接近段以外的电压变化很小,而中点附近的电压为零。接近段中点附近的电流最大;因为当外导体处于浮动电位时回路两端开路,所以两端的电流显然为零。

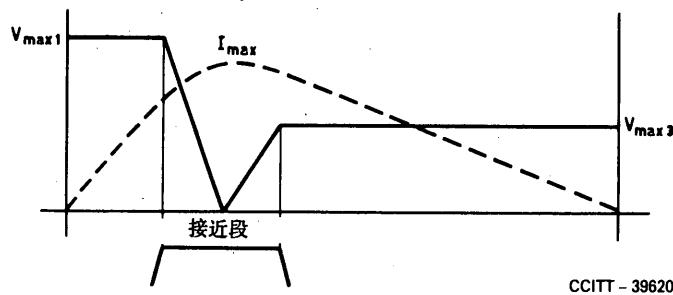


图3/K. 16

整个远供段护套一外导体回路中电压和电流的分布

- 5) 另一方面, 在内导体—外导体回路内电压和电流要对称得多。电容用系数  $k_0$  进行加权,  $k_0$  取决于接近段的长度, 而且  $2k_0 < 1$ 。
- 6) 用简化电路图可以计算内导体—外导体回路内的最大电压和电流, 其方法与4)所述的相同。由于回路的特性不同, 这些数值可能比护套—外导体回路中的低得多。图4/K. 16为适合于实用的整个远供段上电压和电流分布的概念。两个最大电压是对称的, 而零电压和最大电流总是在远供段的中点附近, 而且与接近段的位置无关。

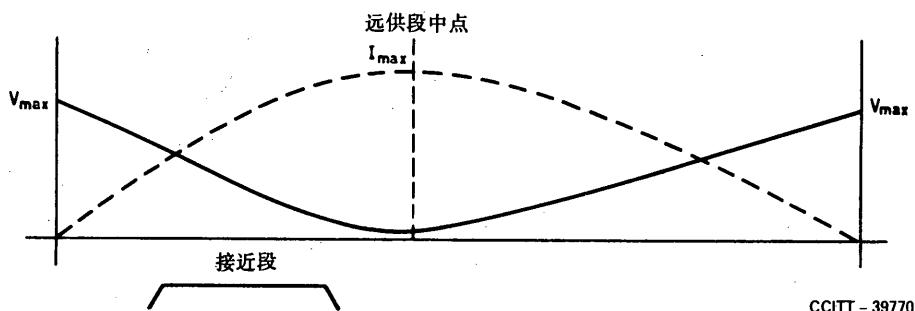


图4/K. 16

整个远供段内导体一外导体回路中电压和电流的分布

## 附 件 A

(附于建议 K. 16)

### 通用等效电路所用参数的论证

#### A. 1 普遍情况

文献[1]给出了含有复数传输参数的两个所论回路的方程组。

这些方程式可用来求得各回路两端开路时问题的全解。这些公式包含许多复数变量的双曲线函数项, 不便实际应用。有必要采取若干近似步骤, 以取得可用于初步计算的相当简单的电路图。

## A. 2 第一步 — 对称接近时的精确计算

将普遍公式应用于图 A-1/K. 16 和 A-2/K. 16 中所示的两种对称接近情况；在第一种情况下，接近段等于整个远供段长度，而在第二种情况下，接近段局限于远供段中央的一个短段。根据计算所绘制的曲线载于文献[1]中，同时也可参见本建议的图 B-1/K. 16。

## A. 3 第二步 — 对称接近时的简化电路

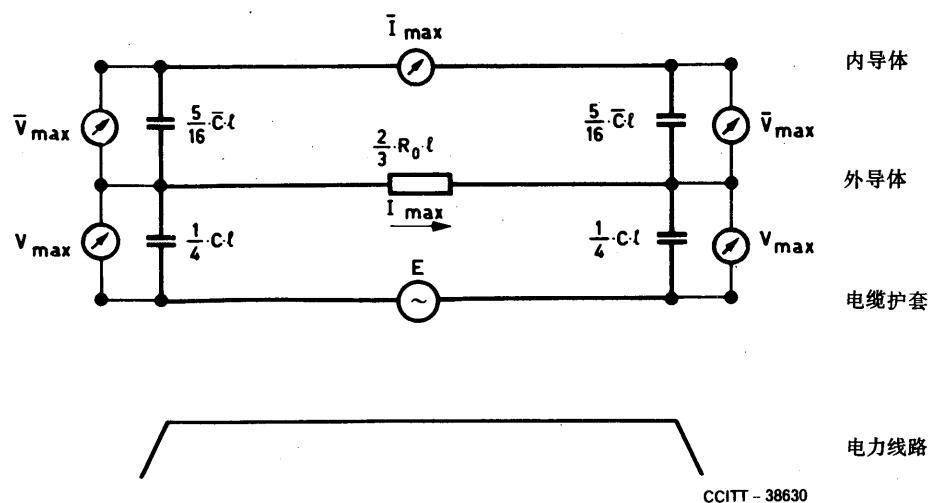
考虑到电特性上短长度的线路，其二次传播参数的相角接近于 $\pm 45^\circ$ ，这就可以用电容器和集总电阻来代替分布元件，如图 A-1/K. 16 和图 A-2/K. 16 中所示。诸如  $\frac{5}{16}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$  等系数是从复数双曲线函数项的级数展开式中得到的。

图 A-1/K. 16 和图 A-2/K. 16 中的等效电路可用来计算两种对称接近情况下的最大电压和最大电流。由于这两种情况都是非常特殊的，我们应当同时考虑任何长度的不对称接近的普遍情况，这就是下一步所研究的主题。

## A. 4 第三步 — 普遍情况时的简化电路

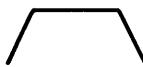
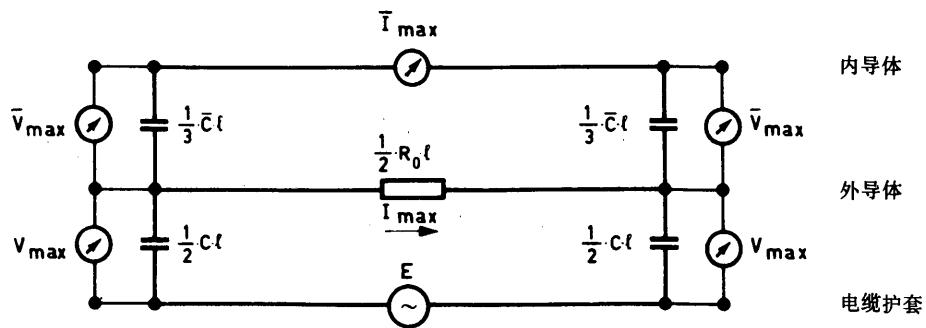
### A. 4. 1 电缆护套 — 外导体回路

在长度为  $l_2$  的接近段 2 中，电缆护套—外导体回路可看成为其两端分别终接相邻非接近段 1 和 3 的线路电容的均匀受感应双线接近线路。



$$\begin{aligned} E &= \text{电缆中感应的纵向电压, } V \\ R_0 &= \text{外导体电阻, } \Omega / \text{km} \\ l &= \text{供电段长度} \end{aligned}$$

图 A-1/K. 16  
供电段均匀受感应情况



CCITT - 38640

$$E = \text{电缆中感应的纵向电压, V}$$

$$R_0 = \text{外导体电阻, } \Omega / \text{km}$$

$$l = \text{供电段长度}$$

图 A-2/K. 16

#### 供电段中央的短段受感应的情况

如果接近段2比非接近段1和3长得多, 即  $l_2 \gg \frac{l}{2}$ , 电流和电压的分布主要取决于接近段本身, 而且几乎或完全对接近段的中点对称。此时, 图 A-1/K. 16 中所示均匀受感应双线线路的有效电容值可介入接近段2的电路中。因此, 对于  $l_2 \gg \frac{l}{2}$ , 就得到图 A-3/K. 16 中所示的电路图。

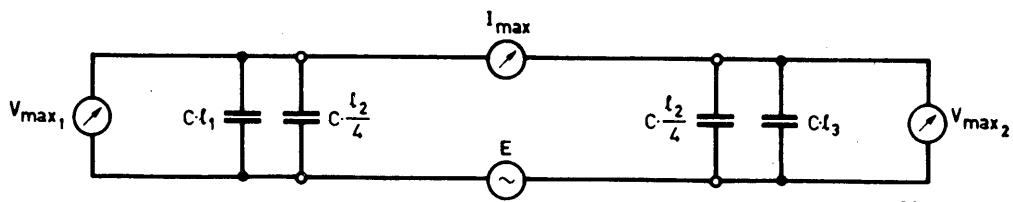


图 A-3/K. 16

#### 长接近段时的电缆护套—外导体回路

然而, 当接近段比非接近段短得多, 即  $l_2 \ll \frac{l}{2}$  时, 电流和电压的分布主要取决于接近段两端的导纳。感应电流最大值的位置移向与长度较长的非接近段相接的接近段一端。当接近段2直接位于供电段的始端或末端(即分别为  $l_1 = 0$  或  $l_3 = 0$ )时, 电流最大值的位置移动得最多。在这种极端情况下,  $l_2$  的情况趋近于一条一端短路的均匀受感应的双线线路。

因此, 将用图 A-4/K. 16 所示的等效电路来确定最大感应电流。

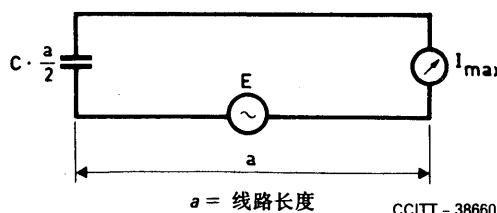


图 A-4/K. 16

#### 一端短路的线路

这个电路图是由图 A-1/K. 16 中电路的一半得来的, 即图 A-1/K. 16 所示的长度为  $l = 2a$ , 均匀受感应而且两端开路的线路在路由中点进行短接时得到的。这种短接并不会改变各种条件。

然而, 在所考虑的极端情况下, 接近段 2 的终端并不短路, 而是终接了一个有限的导纳(分别为  $\omega Cl_3$  和  $\omega Cl_1$ ), 在部分接近段的等效电路中, 与接近段 2 有关的有效集总电容  $C \cdot \frac{l_2}{x}$  必须在下列范围内:

$$\text{在延长段较短的一端: } C \cdot \frac{l_2}{4} < C \cdot \frac{l_2}{x} < C \cdot \frac{l_2}{2};$$

$$\text{在另一端: } C \cdot \frac{l_2}{4} > C \cdot \frac{l_2}{x} > 0.$$

正如下面将要证明的, 在每一端假定  $x = 3$  是一种折衷的方案, 它对所有位置的短接近段都能给出满意的结果。于是, 对于  $l_2 \leqslant \frac{l}{2}$  就可得到图 A-5/K. 16 中所示的电路图。

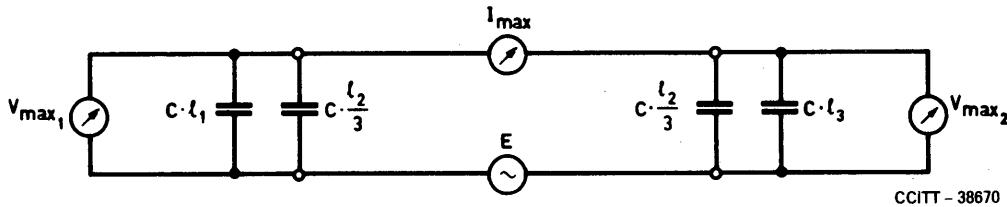


图 A-5/K. 16

短接近段时的电缆护套—外导体回路

#### A. 4. 2 有效转移阻抗<sup>①</sup>

电缆护套—外导体回路中流动的电流  $I$  在同轴系统外导体电阻的两端产生一纵向电压  $\bar{E}$ 。此电流  $I$  在接近段内具有最大值, 而且在路由的两端下降到零。根据简化公式导出的等效电路中含有  $I$  的最大值  $I_{max}$  和一个有效电阻。在等效电路方法中已引入了这种有效电阻。一旦已知这个电阻和电流时, 就可以计算  $\bar{E}$ 。用  $Z_t \cdot l$  表示的有效电阻称为有效转移阻抗, 它代替了电阻  $R_0 \cdot l$ 。 $\bar{E}$  的值由后式给出:  $\bar{E} = I_{max} \cdot Z_t \cdot l$ 。

整个供电段均匀受感应时, 如图 A-1/K. 16 所示, 所用的转移阻抗之值为:

$$Z_t \cdot l = \frac{2}{3} \cdot R_0 \cdot l$$

当电流  $I$  沿路由的变化与均匀受感应时的变化极其类似时, 即  $l_2 \gg \frac{l}{2}$  时, 也可应用这个值。

对于位于供电段中央短的部分接近段(见图 A-2/K. 16), 必须用  $Z_t \cdot l = \frac{1}{2} \cdot R_0 \cdot l$  作为转移阻抗。

当短的部分接近段位于供电段的始端或末端时, 也可用同样的数值。这可以从供电段中点有部分接近段的等效电路中以  $2l$  代替  $l$  得以证明。

因此, 可以认为, 作为初步的近似, 这个数值不会有多大的变化, 甚至在短接近段处于任意位置时也是如此。

于是, 等效电路中的转移阻抗就有下列数值:

$$\text{当 } l_2 \gg \frac{l}{2} \text{ 时, } Z_t \cdot l = \frac{2}{3} R_0 \cdot l$$

$$\text{当 } l_2 \ll \frac{l}{2} \text{ 时, } Z_t \cdot l = \frac{1}{2} R_0 \cdot l$$

<sup>①</sup> 转移阻抗也常称为金属电缆护套的耦合阻抗。

### A. 4.3 外导体—内导体回路

在外导体—内导体回路内, 纵向电压  $\bar{E}$  扩展到整个供电段上, 甚至在部分接近时也是这样。从附件 B 中的数字可推断, 内外导体间的电压  $\bar{V}$  的最小值, 在对称接近的情况下正好出现在路由的中点, 而在不对称接近的所有情况下(甚至很短的接近段位于供电段始端或末端时), 则在路由中点的附近。所以, 不论接近段的长度或位置如何, 若假定纵向电压场强  $\bar{E}/l$  是对称分布的, 则计算所得的同轴线对中电流和电压值不会有很大的变化。

根据这个假定, 由对称接近时的图 A-1/K. 16 和图 A-2/K. 16 导出的图 A-6/K. 16 中的电路, 一般也可通用于任何接近情况。

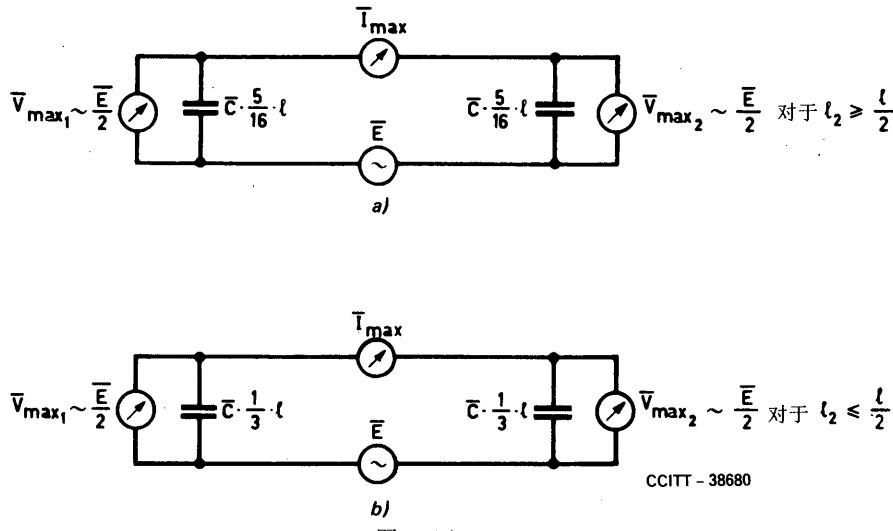


图 A-6/K. 16  
a) 长接近段    b) 短接近段

### A. 5 附件 A 的结论

根据图 A-3/K. 16 至图 A-6/K. 16 的电路图, 就可以建立一个通用等效电路, 其中电容与转移阻抗的数值将按照接近段的长度而定, 即按照  $l_2 \gg \frac{l}{2}$  还是  $l_2 \ll \frac{l}{2}$  而定。

数字计算的例子可证明, 即使在  $l_2 \ll \frac{l}{2}$  时所用的参数仍可一直沿用到  $l_2 = \frac{l}{2}$ , 照样能取得满意的结果。因此, 如果我们用

$$l_2 > \frac{l}{2} \text{ 代替 } l_2 \gg \frac{l}{2}$$

$$l_2 \leq \frac{l}{2} \text{ 代替 } l_2 \ll \frac{l}{2}$$

于是可以用两组参数来包括所有的接近情况, 而交界处的误差仍在容许限度内。

由以上推导所得的通用等效电路示于本建议的图2/K. 16中。

**附 件 B**  
 (附于建议 K. 16)  
**外导体处于浮动电位时精确计算和  
 简化计算的实例**

为了检查在任意选取的部分接近情况下等效电路的可用性,用等效电路计算了电压和电流的最大值。计算时采用了文献[1]中精确计算时所用的一些接近情况。其计算结果标在由该文献复制的相应曲线图中。

对比计算时所用小同轴300路系统的数值如下:

$$C = 0.12 \mu\text{F}/\text{km}; R_0 = 6.2 \Omega/\text{km}; \bar{C} = 0.2 \mu\text{F}/\text{km}; l = 64 \text{ km}$$

本附件的图 B-1/K. 16至图 B-5/K. 16的各曲线,精确地绘出300路通信系统中所感应的电压和电流。这些图是根据文献[1]复制的,除选定纵向电压  $E = 1000 \text{ V}$  来取代  $2000 \text{ V}$  作参考量外,与图4/K. 16和附件 A 的图 A-1/K. 16至 A-3/K. 16相对应。用等效电路计算所得的最大值近似值用黑点标于图内。在所有情况下,都与用精确计算所得的数值满意地相符。

计算举例(以图 B-4/K. 16为例)

一个64 km 长的小同轴300路系统,假定在第12 km 至第20 km 之间与电力线路接近,其外导体处于浮动电位。假定电缆内的纵向电压为100 V,50 Hz,估算出现在电缆内的电压和电流的最大值。

这里,  $l_1 = 12 \text{ km}$ ,  $l_2 = 16 \text{ km}$ ,  $l_3 = 36 \text{ km}$ ,  $\frac{l}{2} = 32 \text{ km}$ 。因为  $l_2 < \frac{l}{2}$ ,故必须在图2/K. 16的等效电路中应用下列参数:  $k_0 = \frac{1}{3}$ ,  $k_1 = \frac{1}{2}$ ,  $k_2 = \frac{1}{3}$ 。其它的给定参数为:  $\bar{C} = 0.2 \mu\text{F}/\text{km}$ ,  $R_0 = 6.2 \Omega/\text{km}$ ,  $C = 0.12 \mu\text{F}/\text{km}$ 。

计算过程如下:

$$\begin{aligned}
 Cl_1 &= 0.12 \times 12 \\
 &= 1.44 \mu\text{F}
 \end{aligned}
 \quad
 \begin{aligned}
 Ck_2 l_2 &= 0.12 \times \frac{1}{3} \times 16 \\
 &= 0.64 \mu\text{F}
 \end{aligned}
 \quad
 \begin{aligned}
 Cl_3 &= 0.12 \times 36 \\
 &= 4.32 \mu\text{F}
 \end{aligned}$$

+ +  
 2.08  $\mu\text{F}$                           4.96  $\mu\text{F}$

$\frac{1}{\omega C}$  at 50 Hz:      1530  $\Omega$       +      640  $\Omega$       =      2170  $\Omega$

$$\begin{aligned}
 I_{\max} &= \frac{1000 \text{ V}}{2170 \Omega} = 0.461 \text{ A} \\
 &\quad \swarrow \quad \searrow \quad \searrow \\
 &\quad \times \quad \times \quad \times \\
 1530 \Omega &= V_{\max_1} = 705 \text{ V} \\
 640 \Omega &= V_{\max_2} = 295 \text{ V} \\
 198.5 \Omega &= \bar{E} = 91.6 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} R_0 l = \frac{1}{2} \times 6.2 \times 64 = 198.5 \Omega$$

$$\frac{1}{2} \bar{E} \approx \bar{V}_{\max_1} \approx \bar{V}_{\max_2} = 45.8 \text{ V}$$

$$\frac{1}{3} \omega \bar{C} l = \frac{1}{3} \times 314 \times 0.2 \times 10^{-6} \times 64 = 1.34 \times 10^{-3} \text{ mhos}$$

$$\bar{I}_{\max} = 1.34 \times 10^{-3} \times 45.8 = 61.5 \text{ mA}$$

表 B-1/K. 16  
 等效电路确定的最大值与精确计算结果的比较  
 (根据图 B-4/K. 16 的数值)

| 最大值              | 精确计算    | 等效电路计算  | 相对于精确计算的偏差 |
|------------------|---------|---------|------------|
| $V_{max1}$       | 685 V   | 705 V   | +2.9 %     |
| $V_{max2}$       | 315 V   | 295 V   | -6.3 %     |
| $I_{max}$        | 0.455 A | 0.461 A | +1.3 %     |
| $\bar{V}_{max1}$ | 48 V    | 45.8 V  | -4.6 %     |
| $\bar{V}_{max2}$ | 37.5 V  | 45.8 V  | +22 %      |
| $\bar{I}_{max}$  | 55 mA   | 61.5 mA | +11.8 %    |

从表 B-1/K. 16 的比较可以证明,除  $\bar{V}_{max2}$  之值以外,相对于精确计算的所有偏差都保持在12%以下,而且用等效电路所得的数值多半大于精确值。 $\bar{V}_{max2}$  出现22%的偏差实际上并不重要,因为它是两个  $\bar{V}$  的最大值中较小的一个。

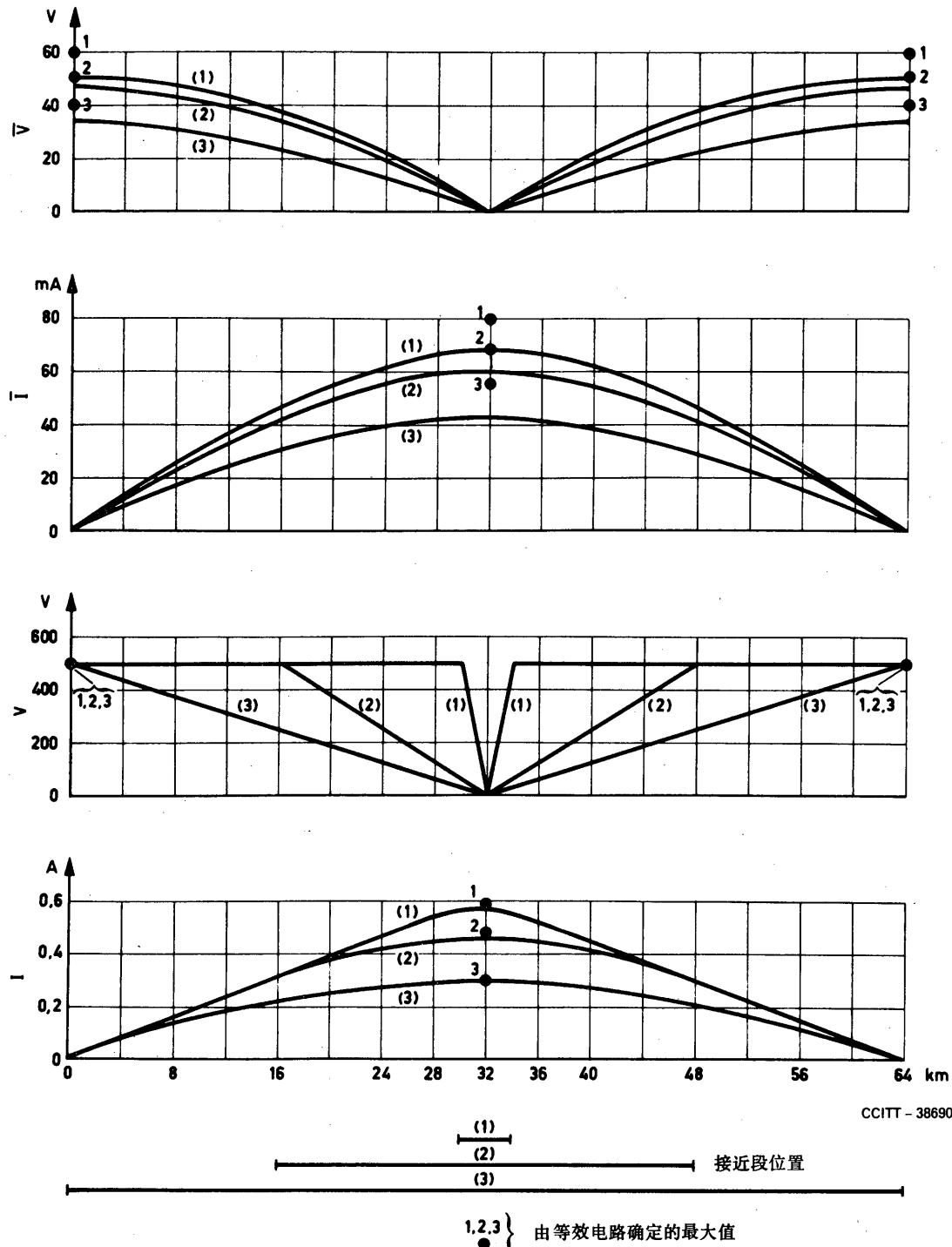


图 B-1/K. 16

对称接近时,300路系统沿线的电压和电流  
(同轴管外导体处于浮动电位)接近段感应电压:1000 V

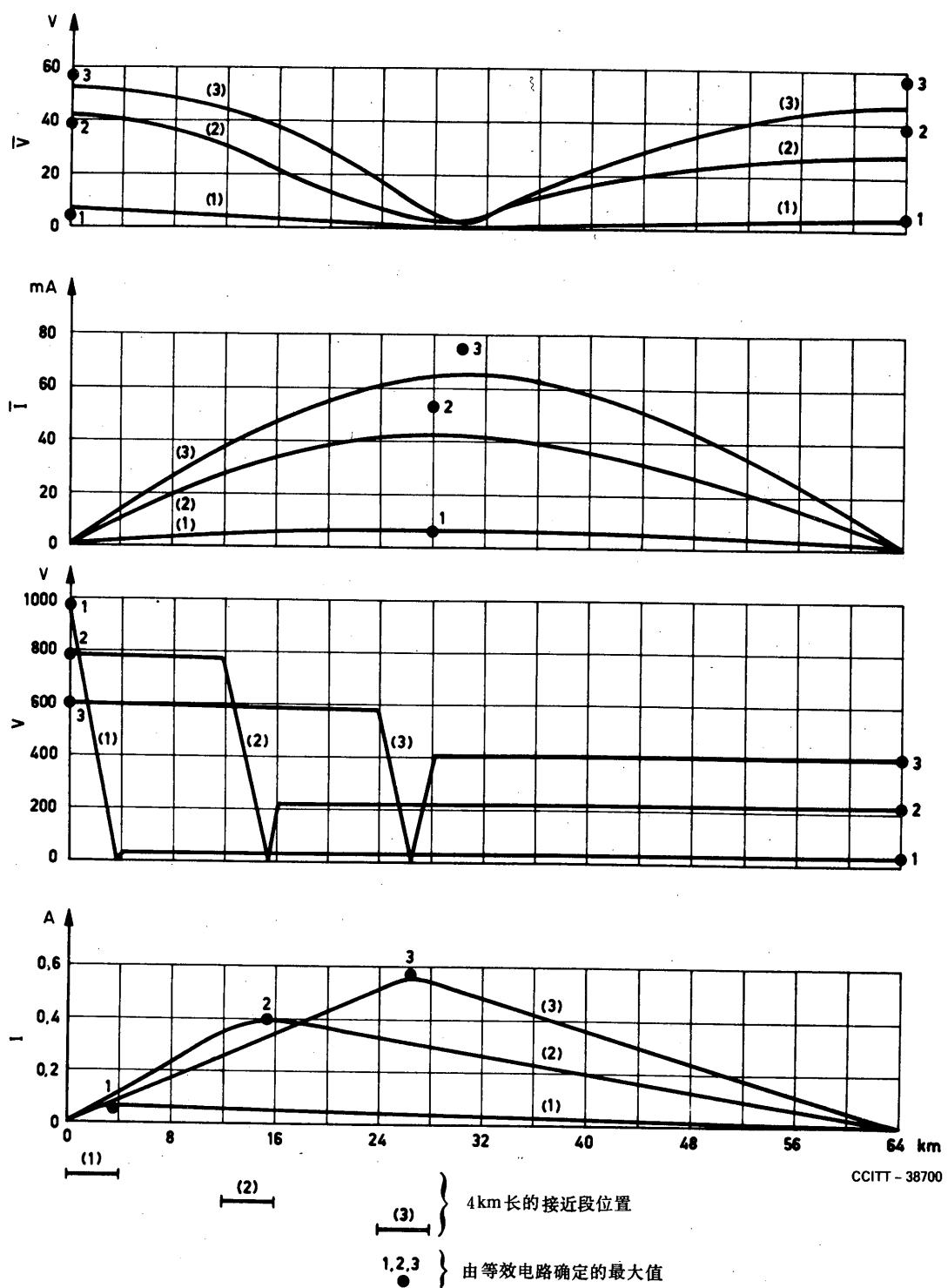


图 B-2/K. 16

不对称接近时, 300路系统沿线的电压和电流(同轴线对外导体处于浮动电位)

接近段感应电压: 1000 V 接近段长度: 4 km

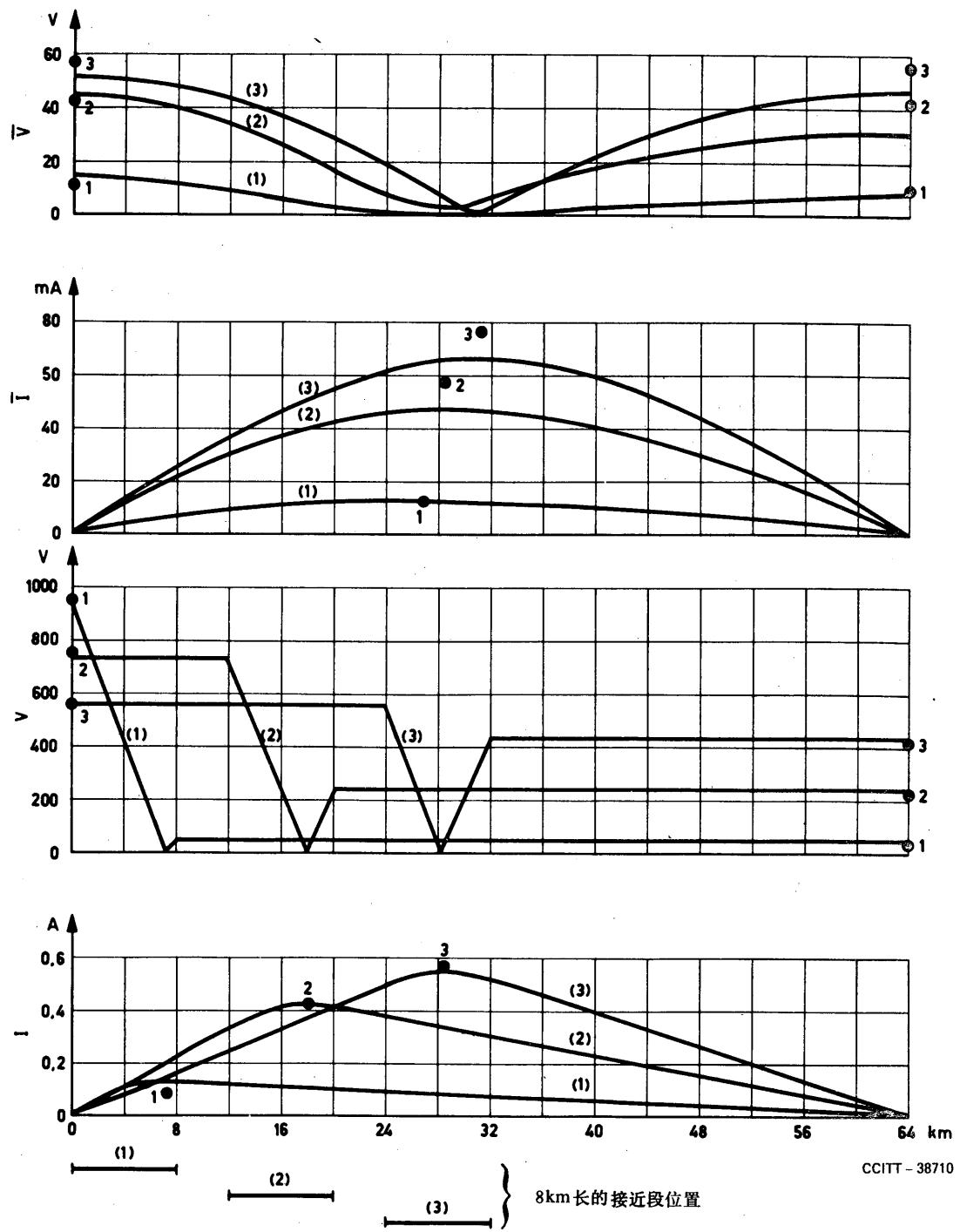


图 B-3/K. 16

不对称接近时,300路系统沿线的电压和电流(同轴线对外导体处于浮动电位)

接近段长度:8 km 接近段感应电压:1000 V

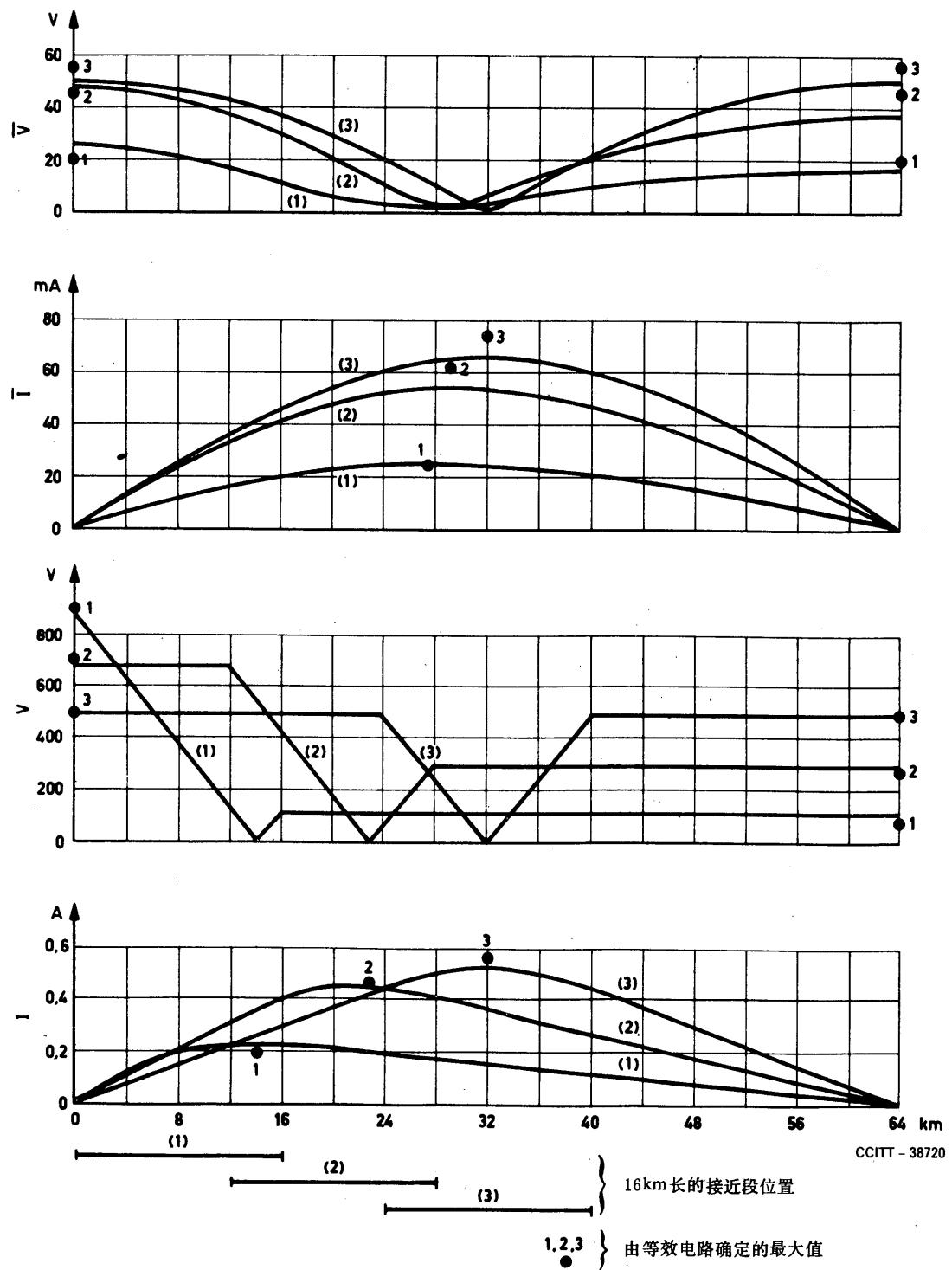


图 B-4/K. 16

不对称接近时, 300路系统沿线的电压和电流(同轴线对外导体处于浮动电位)  
接近段长度: 16 km 接近段感应电压: 1000 V

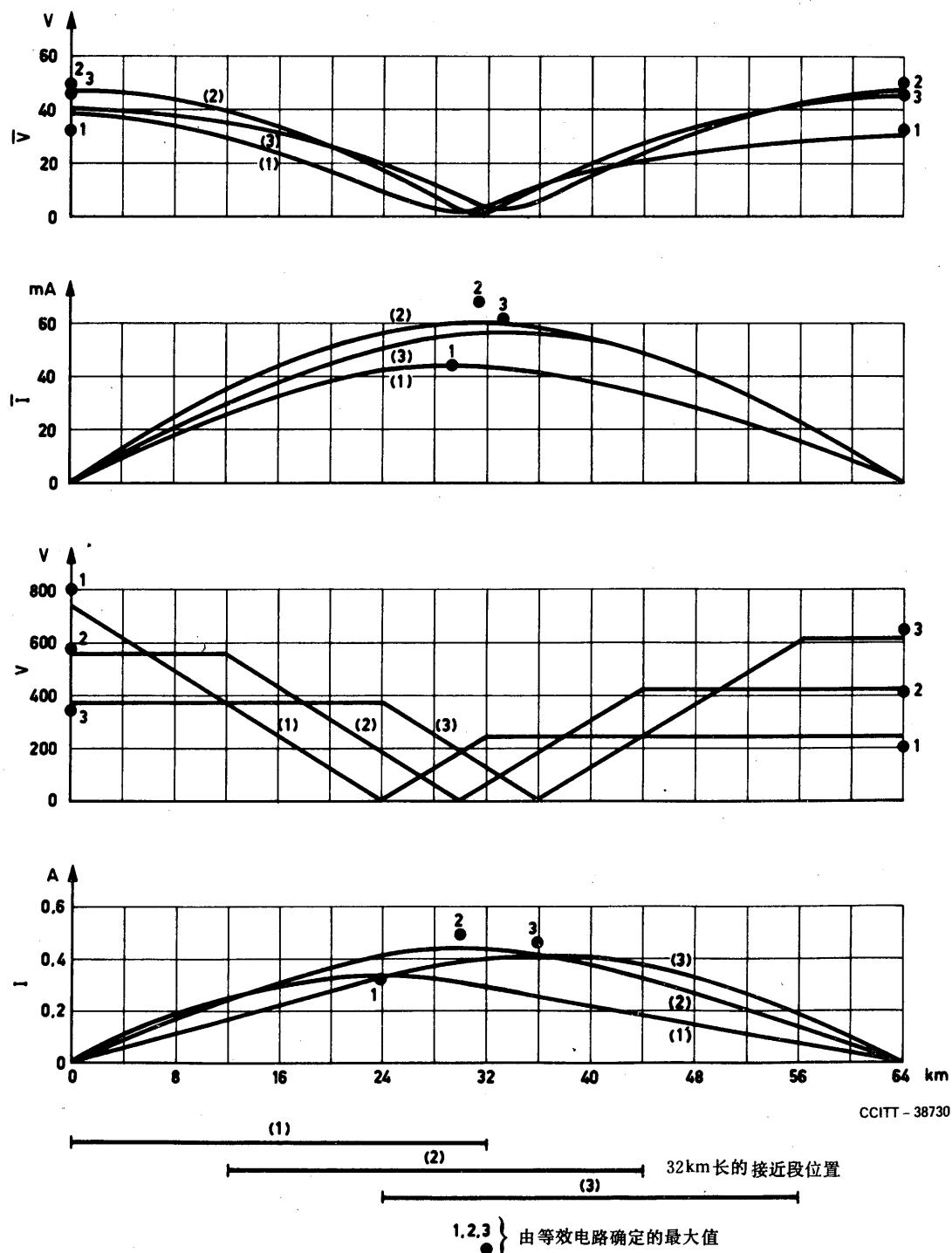


图 B-5/K. 16

不对称接近时,300路系统沿线的电压和电流(同轴线对外导体处于浮动电位)  
接近段长度:32 km 接近段感应电压:1000 V

## 附 件 C

(附于建议 K. 16)

### 外导体接地时精确计算和简化 计算的实例

#### C. 1 当内导体处于稳定电位, 弱去耦

外导体接地而内导体接有小容量的接地去耦电容器而处于稳定电位时, 在等效电路中只需考虑模拟外导体—内导体回路的那部分, 并用电容  $\bar{C}$  代替  $C$ 。代表转移阻抗的电阻  $k_1 R_0 l$  也取消。在这种情况下, 通用电路图就简化为图 C-1/K. 16。

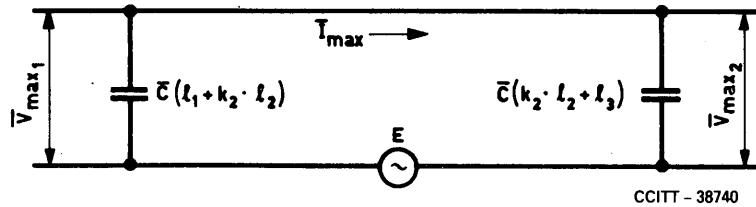


图 C-1/K. 16

长接近段时的内导体—外导体回路

#### C. 2 当内导体在供电站内经由低阻抗接地时

在这种情况下, 通用电路就简化为图 C-2/K. 16 所示的电路图。

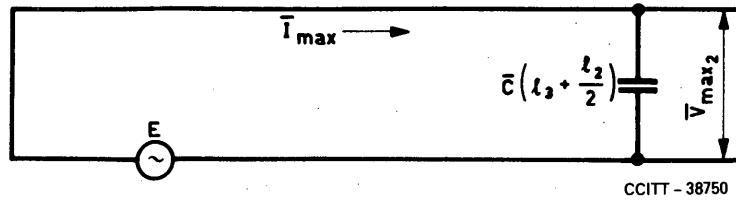


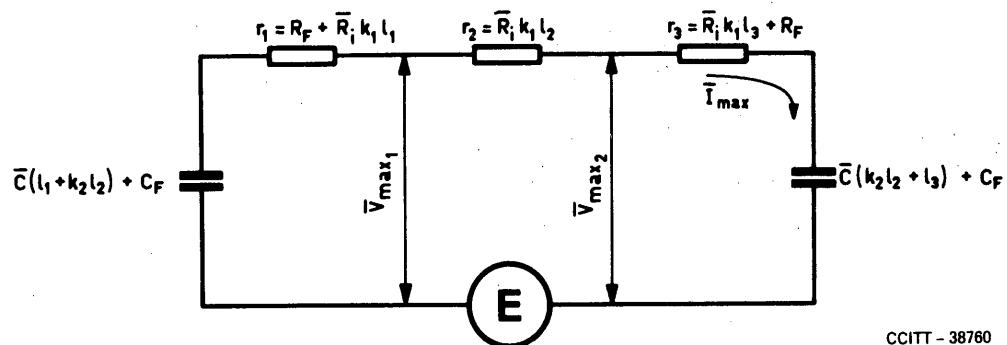
图 C-2/K. 16

一端短路的线路

#### C. 3 当内导体处于稳定电位, 强去耦

外导体接地而内导体接有大容量的接地去耦电容器(数  $\mu\text{F}$ )而处于稳定电位时, 简化电路图 C-1/K. 16 已不能满足, 必须考虑同轴线对内导体的电阻(可能还有中继器供电回路中串联的电阻)。

为了保证这种修改后的等效电路的有效性, 用一个代表真实运行条件的例子进行计算。这个系统仍然为 300 路小同轴系统。此次包含一个长 66 km 的回路, 而  $\bar{C} = 0.11 \mu\text{F}/\text{km}$ ,  $R_i = 17 \Omega/\text{km}$ , 稳压供电系统的去耦阻抗相当于一个 50  $\Omega$  的电阻  $R_f$  串联一个 15  $\mu\text{F}$  的电容  $C_f$ 。电路图示于图 C-3/K. 16 中。



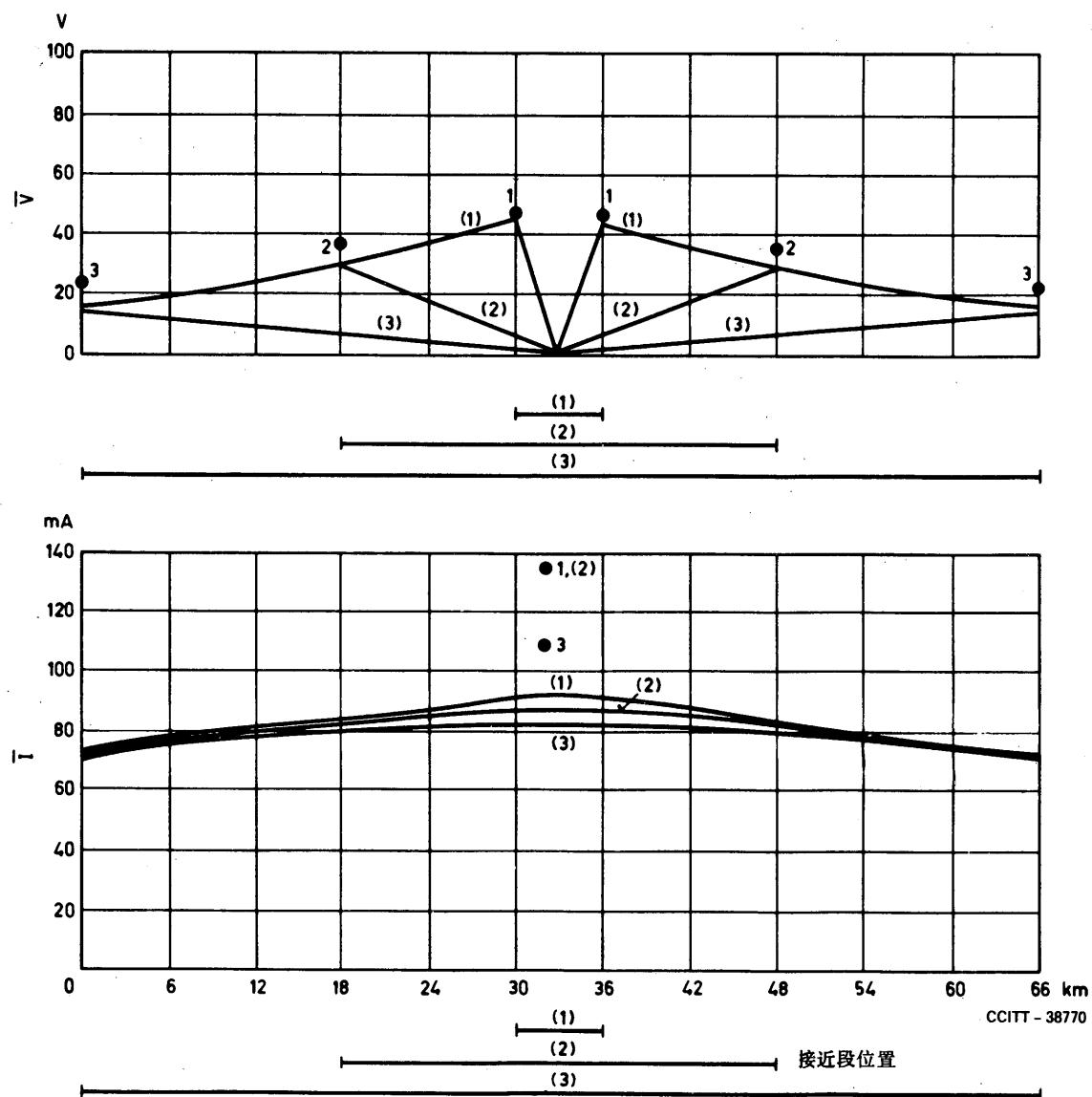
CCITT - 38760

注 -  $\bar{R}_i$  为内导体每千米的电阻加上以每千米电阻表示的所有中继器方向滤波器的总电阻。

图 C-3/K. 16

同轴线对外导体接地而内导体有一个强去耦的  
稳压供电时的等效电路

感应电压是这样假定的：即在计及了电缆的屏蔽系数后，所考虑的干扰电压为100 V（如果电压不能被限制到这个数值，要采用其它办法，例如使外导体再回到浮动电位）。在考虑了电缆护套及接地的外导体的综合屏蔽系数之后，感应电压  $E$  为100 V 时，电压和电流的精确数值见图 C-4/K. 16至图 C-7/K. 16。在这些图中，还用黑点标出了根据图 C-3/K. 16所示的等效电路的计算结果，两种计算结果相当一致。

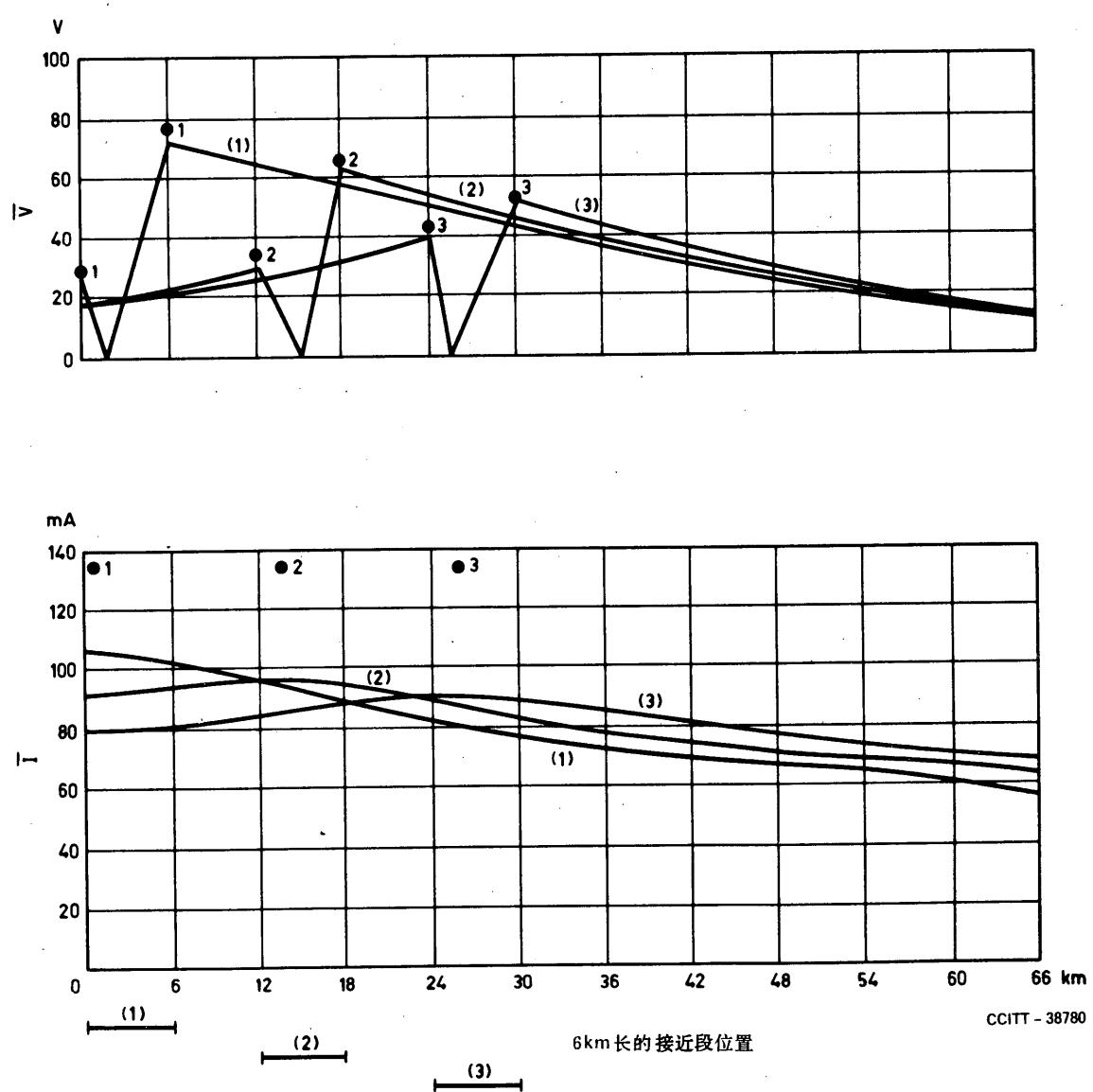


1, 2, 3 } 由等效电路确定的最大值

接近段长度: 6 km, 30 km 或 66 km  
 感应电压 : 100 V

图 C-4/K. 16

对称接近时, 300路系统沿路由的电压和电流(同轴线对外导体接地)  
 接近段长度: 6 km、30 km 或 66 km 感应电压: 100 V

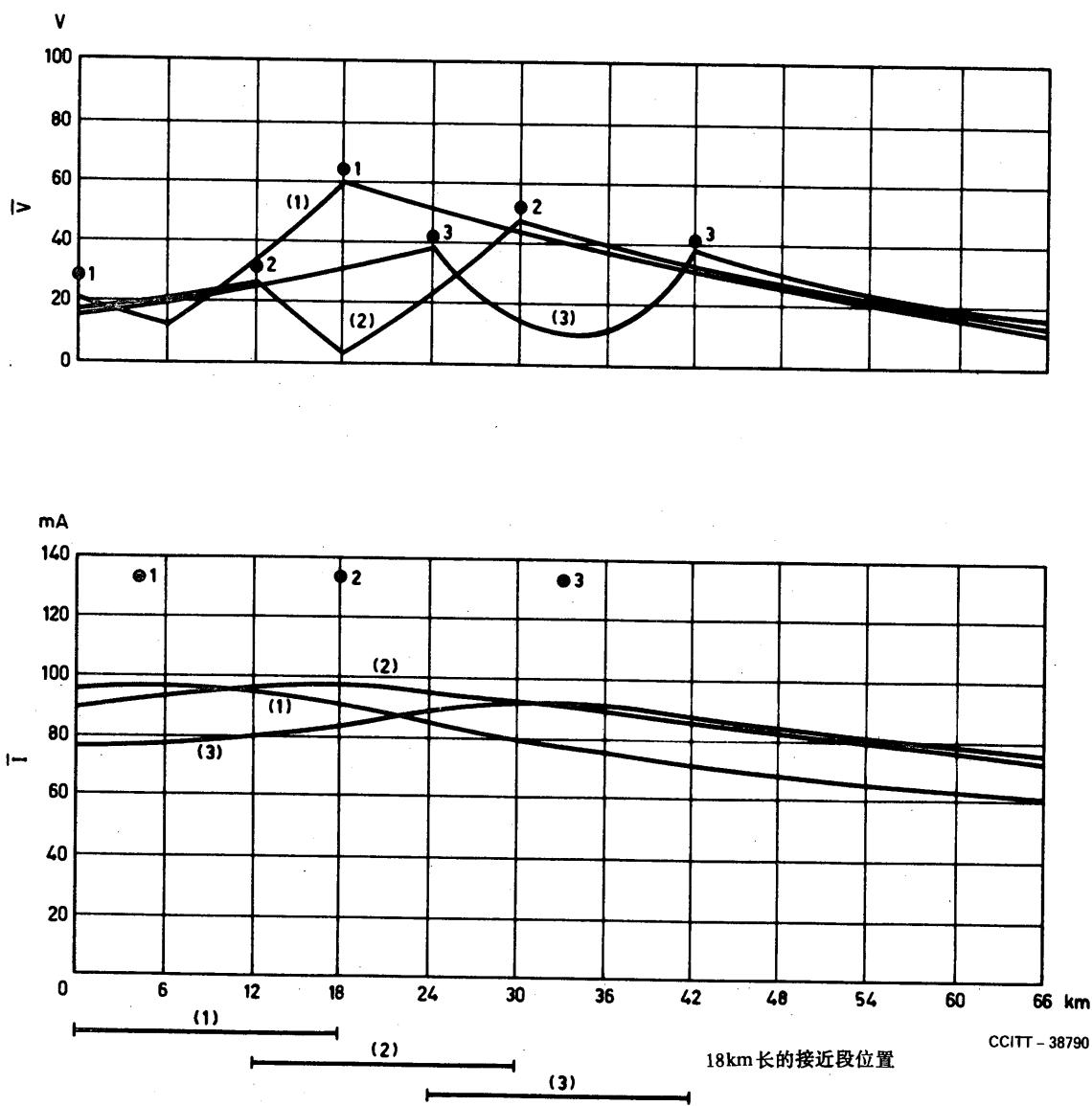


1, 2, 3 } 由等效电路确定的最大值

接近段长度: 6 km  
感应电压 : 100 V

图 C-5/K. 16

不对称接近时, 300路系统沿路由的电压和电流(同轴线对外导体接地)  
接近段长度: 6 km 感应电压: 100 V

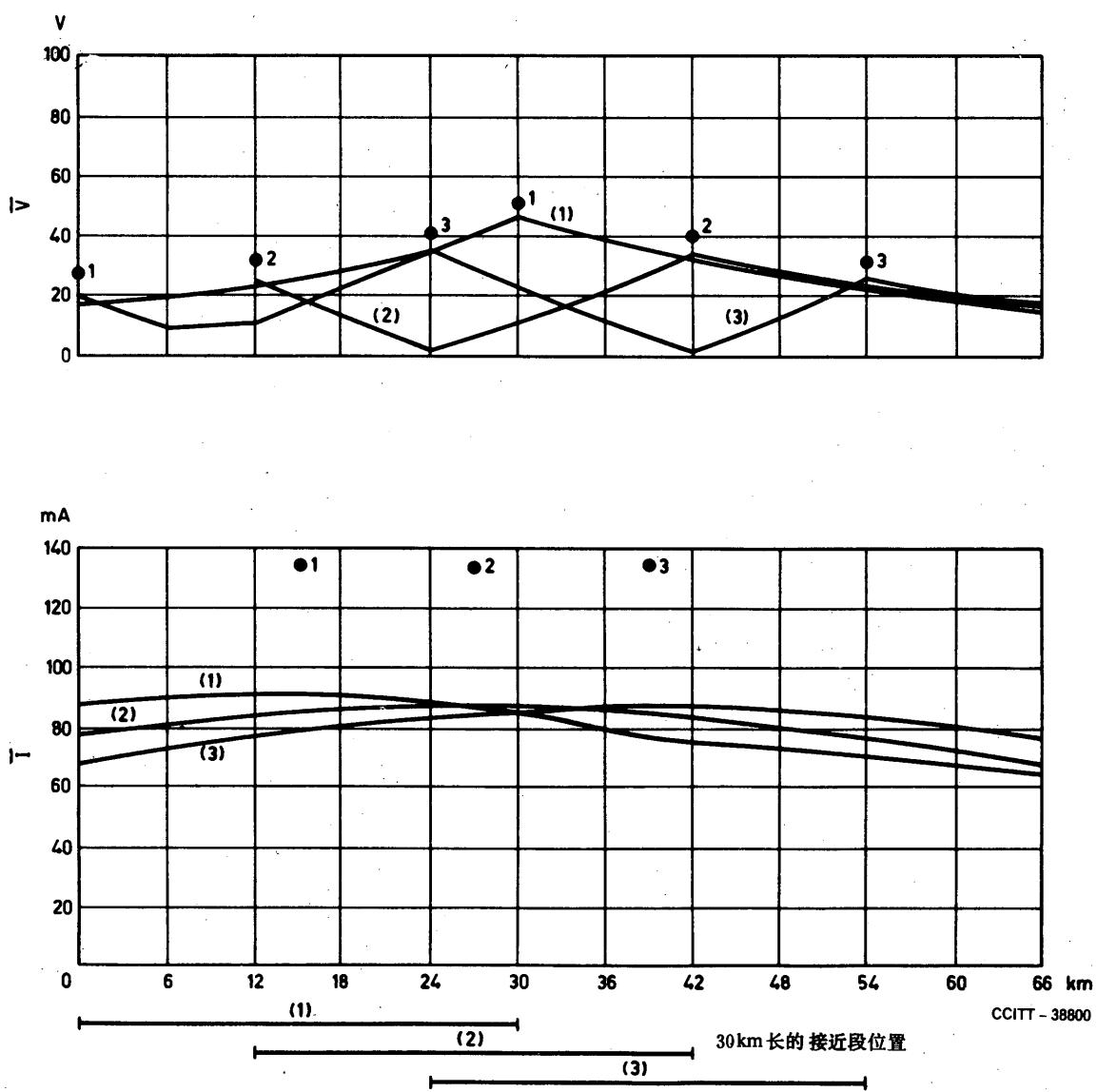


1, 2, 3 } 由等效电路确定的最大值

接近段长度: 18 km  
感应电压 : 100 V

图 C-6/K. 16

不对称接近时, 300路系统沿路由的电压和电流(同轴线对外导体接地)  
接近段长度: 18 km 感应电压: 100 V



1, 2, 3 } 由等效电路确定的最大值

接近段长度 : 30 km  
感应电压 : 100 V

图 C-7/K. 16

不对称接近时, 300路系统沿路由的电压和电流(同轴线对外导体接地)

接近段长度 : 30 km 感应电压 : 100 V

## 参 考 文 献

- [1] KEMP (J.), SILCOOK (H.W.), STEWARD (C.J.): Power frequency induction on coaxial cables with application to transistorized systems, *Electrical Communication*, Vol. 40, No. 2, pp. 255-266, 1965.
- [2] SALZMANN (W.), VOGEL (W.): Berechnung der Starkstrombeeinflussung von Nachrichtenkabeln mit Koaxialpaaren und isolierten Außenleitern (Calculation of power current interference in telecommunication cables with coaxial pairs and insulated outer conductors), *Signal und Draht* 57, No. 12, pp. 205-211, 1965.

## 文 献 目 录

KEMP (J.): Estimating voltage surges on buried coaxial cables struck by lightning, *Electrical Communication*, Vol. 40, No. 3, pp. 381-385, 1965.

POPP (E.): Lightning protection of line repeaters, *Conference Proceedings, ICC 68 of the IEEE*, pp. 169-174.

## 建 议 K. 17<sup>①,②</sup>

### 为检验防外界干扰的装置在固体器件 远供中继器上的试验

(日内瓦, 1976; 马拉加-托雷莫里诺斯修订, 1984; 墨尔本修订, 1988)

#### 1 引言

1.1 正如建议 K. 15 § 4.1 所指出的, 试验条件最好尽可能模拟真实条件。因为某些主管部门可能会遇到不同的环境, 或有不同的业务目标或经济的限制, 这些试验可加以改变, 以适应他们的当地条件。

如果对环境情况不了解, 则应采用本建议中所给出的规定。

1.2 本建议中给出的所有试验都不应对被试中继器的特性引起任何显著的改变。

特别是, 这一点适用于:

- a) 供电回路的电流和电压;
- b) 增益-频率特性;
- c) 总噪声;
- d) 比特差错率。

试验包括以下两种:

- 原型样机试验;
- 验收试验。

① 也见建议 K. 15 和建议 K. 16。

② 建议 K. 17 中规定的试验, 也可用类似的方式应用于终端设备, 例如本地供电中继器, 电源分隔滤波器、供电设备, 因为这些设备遭受影响的途径与中间中继器相同。

这些试验是为了检验所有用于保护固体器件中继器的各种装置的有效性。这些装置包括与中继器结合成一体的或装在中继器所在地外部的保护器件。

### 1.3 原型样机试验

进行原型样机试验的目的是为了检验中继器设计和保护元件在严厉环境下的有效性。

在决定应当采用什么保护措施时,应当考虑固体器件中继器输入端和输出端可能产生的最危险电动势容限,甚至在很少发生这种电动势的地方也要这样考虑。

当输入(或输出)端装有雷电保安器的固体器件中继器遭受冲激电压时,在从零到雷电保安器击穿这段时间内能抵达部件的残余能量,除其它一些因素外,还取决于冲激波的波前陡度。

原型样机试验时,这个残余能量应与实际中可能预料到的最坏情况时的一样大。

选择适当陡度和幅值的冲激波就能保证实现这一要求。然而,为了得到中继器对整个冲激波的响应,还必须附加一个以前已叙述过的试验,即建议中继器要遭受幅度小于雷电保安器点火电压的冲激。

### 1.4 验收试验

这些试验是在设备组装后进行的,以检验保护器件是否正常工作。这些试验通常没有原型样机试验那么严格,以避免某些部件产生不能用任何试验检查出来的劣化。但是,用户可规定一些较为严格的试验来适应特殊的实际情况。

用户可决定这些试验是在每个设备上还是抽样进行。

注一 在某些情况下,用户可能认为值得进行一些附加试验以适应他们自己的特殊需要。下面没有给出这种试验。

## 2 试验方法

### 2.1 中继器对雷电引起的过电压保护的试验方法(冲激试验)

可采用图1/K. 17中介绍的那种类型试验装置进行试验。元件  $C_2$  和  $R_3$  之值列于表1/K. 17中。电容器  $C_1$  应能承受其值等于表1/K. 17中给出的峰值电压的充电电压。

注一 当进行对称(平衡)线对或微同轴线对的放大器试验时,考虑到对称线对线路和微同轴线对线路的导线电阻与同轴电缆线路的导线电阻比起来要高一些,应利用  $R_3$  将试验设备的短路电流限制到合适的数值。

表1/K. 17中给出的波形符合文献[1]中的定义(电压和波形是指电压发生器无负载时的电压和波形)。

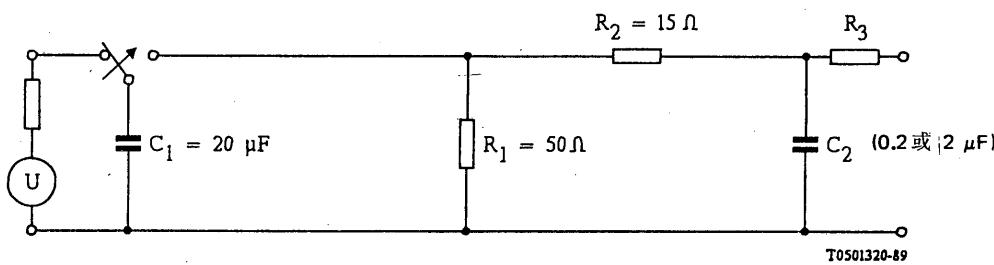


图1/K. 17

冲激发生器电路图

表1/K. 17  
用于试验的波形特性

|                  | 同轴线对中继器<br>(≥ 1.2/4.4 mm) |                    |              |                    | 对称线对中继器                        |            |                                |            | 微同轴线对中继器<br>(0.7/2.9 mm) |                    |              |                    |
|------------------|---------------------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|------------|--------------------------|--------------------|--------------|--------------------|
|                  | 原型样机试验                    |                    | 验收试验         |                    | 原型样机试验                         |            | 验收试验                           |            | 原型样机试验                   |                    | 验收试验         |                    |
|                  | 试验 1<br>试验 2              | 试验 3 <sup>a)</sup> | 试验 1<br>试验 2 | 试验 3 <sup>a)</sup> | 试验 1<br>试验 1a<br>试验 2<br>试验 2a | 试验 3       | 试验 1<br>试验 1a<br>试验 2<br>试验 2a | 试验 3       | 试验 1<br>试验 2             | 试验 3 <sup>a)</sup> | 试验 1<br>试验 2 | 试验 3 <sup>a)</sup> |
| 栏号               | (1)                       | (2)                | (3)          | (4)                | (5)                            | (6)        | (7)                            | (8)        | (9)                      | (10)               | (11)         | (12)               |
| 波形 <sup>b)</sup> | 10/700                    | 10/700             | 100/700      | 100/700            | 10/700                         | 10/700     | 100/700                        | 100/700    | 10/700                   | 10/700             | 100/700      | 100/700            |
| 负荷               | 0.1<br>库仑                 | max. 0.1<br>库仑     | 0.06<br>库仑   | max. 0.06<br>库仑    | 0.03<br>库仑                     | 0.03<br>库仑 | 0.03<br>库仑                     | 0.03<br>库仑 | 0.1<br>库仑                | max. 0.1<br>库仑     | 0.06<br>库仑   | max. 0.06<br>库仑    |
| 峰值电压             | 5 kV                      | 5 kV               | 3 kV         | 3 kV               | 1.5 kV                         | 1.5 kV     | 1.5 kV                         | 1.5 kV     | 5 kV                     | 5 kV               | 3 kV         | 3 kV               |
| 短路电流             | 333 A                     |                    | 200 A        |                    | 37.5 A                         |            | 37.5 A                         |            | 125 A                    |                    | 75 A         |                    |
| 供电回路中的峰值电流       |                           | 50 A               |              | 50 A               |                                | 37.5 A     |                                | 37.5 A     |                          | 50 A               |              | 50 A               |
| C <sub>2</sub>   | 0.2 μF                    | 0.2 μF             | 2 μF         | 2 μF               | 0.2 μF                         | 0.2 μF     | 2 μF                           | 2 μF       | 0.2 μF                   | 0.2 μF             | 2 μF         | 2 μF               |
| R <sub>3</sub>   | c)                        | c)                 | c)           | c)                 | 25 Ω                           | 25 Ω       | 25 Ω                           | 25 Ω       | 25 Ω                     | 25 Ω               | 25 Ω         | 25 Ω               |
| 脉冲次数             | 10                        | 10                 | 2            | 2                  | 10                             | 10         | 2                              | 2          | 10                       | 10                 | 2            | 2                  |

<sup>a)</sup> 对于同轴线对中继器的试验3, 峰值电压可降低到不致引起50A以上的电流值。

<sup>b)</sup> 粗略值(也见本建议§2.1的注)。

<sup>c)</sup> 电阻R<sub>3</sub>(0-2.5Ω)可以引入, 以防止振荡放电。如果调整C<sub>2</sub>和R<sub>2</sub>后可在接负载的条件下保持这个波形, R<sub>3</sub>可大于2.5Ω。

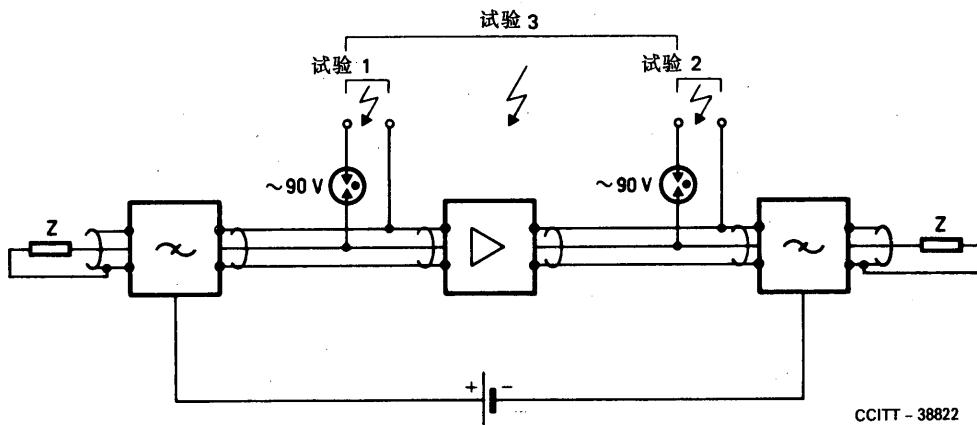
进行试验时,依次相续的脉冲的极性应相反,相邻脉冲间的间隔为1分钟。在不同情况下施加到每个试验点的脉冲次数列在表1/K. 17的最下面一行。冲激波应施加在以下各点:

- 试验1:在中继器的输入端,输出端用它的特性阻抗终接;
- 试验1a:在对称线对中继器的各输入端子与常规接地的导电外壳之间;
- 试验2:在中继器的输出端,输入端用它的特性阻抗终接;
- 试验2a:在对称线对中继器的各输出端子与常规接地的导电外壳之间;
- 试验3:当为同轴线对中继器时,在输入侧内导体与输出侧内导体间(纵向);在对称线对中继器时,施加于供电回路的各端子上。

有避雷器保护的而且装在对称电缆上的设备,受交流电力线路或牵引线路感应时,可以用交流电流进行试验,施加时间0.5秒。电流的强度和频率与实际上可能遇到的交流电流相当,但不应超过10 A(有效值)。

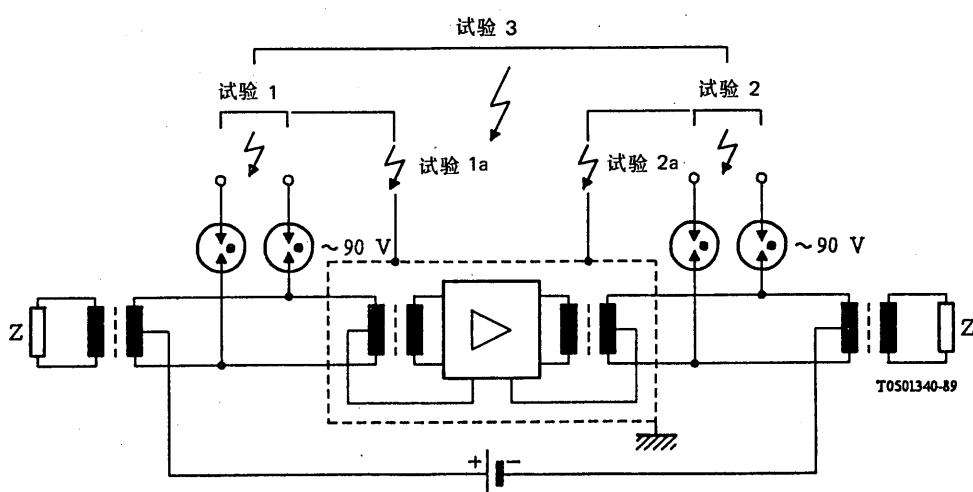
进行试验1、1a、2和2a时应向中继器供电,试验3时则不供电。

图2/K. 17(用于同轴线对中继器)和图3/K. 17(用于对称线对中继器)的电路布置对进行这些试验可能会有帮助。为了将冲激发生器耦合到中继器上,可使用点火电压约为90 V的雷电保安器,分别示于图2/K. 17或图3/K. 17中。



注 — Z 的数值应进行选择,使之与受试系统相符。

图2/K. 17  
同轴电缆远供中继器的冲激电压试验电路例子



注 — Z 的数值应进行选择,使之与受试系统相符。

图3/K. 17  
对称电缆远供中继器的冲激电压试验电路例子

## 2.2 中继器对电力线路故障引起的交流感应保护的试验方法

### 2.2.1 在中继器输入和输出端上的交流试验

交变电动势(电源频率为 $16\frac{2}{3}$ , 25, 50或60 Hz)施加在:

- 中继器两输入端子上, 输出端用2倍特性阻抗终接;
- 中继器两输出端子上, 输入端用2倍特性阻抗终接。

电动势源的数值, 持续时间和内阻抗应能代表当地的条件(这个试验仅规定用于同轴线对中继器)。

### 2.2.2 在中继器供电通道端子上的交流试验

将适当频率和大小的交变电流馈送到供电通道的端子上。

如果由于供电所引起的附加作用可以略去, 则在按§2.2规定进行试验时, 应不供电。然而, 如果这种作用不能忽略, 则在交流试验时应模拟最高供电电压等级。

## 2.3 中继器对电力线路引起的长期感应纵向电动势骚扰防护的试验方法

为在长期感应电压的情况下满意地运行(参见建议 K.15 的§3.2), 正如建议 K.15 §4.3 所规定的那样, 中继器的交流声调制特性应符合第 XIV 研究组提出的关于路由段的各项建议。而且, 当中继器与一个典型供电回路连接时, 在下列条件下应能运行, 其传输特性不发生明显的变化(例如, 见文献[2]中所引用的建议):

- a) 适当频率( $50\text{ Hz}$ ,  $16\frac{2}{3}\text{ Hz}$ 等)的交流电压施加到:

- i) 信号各输入端子, 或
- ii) 信号各输出端子。

连接到试验电路的各点上, 交流电压源的阻抗不应显著影响这个回路的传输-频率特性。

- b) 在中继器供电电流上叠加一个适当频率的交变电流。

在 a) 中所规定的试验应根据长期感应电动势的极限值, 采用 $60\text{ V}$ 或 $150\text{ V}$ (见文献[3])。在 b) 中规定的试验应采用相当于 $60\text{ V}$ 或 $150\text{ V}$ 电动势时按照建议 K.16 并假设最不利的情况下所计算出来的电流值。

## 3 各种不同情况下进行的试验

### 3.1 同轴线对中继器的试验条件

以下的试验适用于外导体与金属电缆护套连接的情况, 其中包括正常时处于浮动电位的外导体偶然与金属护套接触的情况。

#### 3.1.1 原型样机试验

##### 3.1.1.1 在中继器输入端子和输出端子上的试验

###### 3.1.1.1.1 冲激试验

这些试验应在表1/K.17第1栏中所列条件下进行。

如果中继器的保护是由装在输入端和输出端的箝型器件(例如雷电保安器)来实施的, 而在上面的试验条件下它们未被击穿, 则电容器  $C_1$  的充电电压应逐渐增加(但不应超过 $7\text{ kV}^{\circledR}$ )直至它们被击穿。

<sup>①</sup> 如果对微同轴线对中继器进行试验, 最大峰值电压应不超过 $5\text{ kV}$ 。

如果在7 kV时，保安器不击穿，或者进行原型样机试验的中继器没有雷电保安器，上面提及的波形可能是不合适的。当电路跨接一个有适当击穿电压的火花间隙时，上面提到的试验发生器能产生一个模拟电缆击穿的脉冲波形。在装有雷电保安器的地方，且在上述试验条件下如果它们被击穿，则电容器  $C_1$  的充电电压应逐渐降低直至它们不被击穿为止。

### 3.1.1.1.2 交流试验<sup>①</sup>

一个能在150欧电阻两端产生1200 V(均方根值)，持续时间为0.5秒的电压应施加在：

- 中继器的输入端，输出端用150 欧电阻终接；
- 中继器的输出端，输入端用150 欧电阻终接。

这个电压源的阻抗应能使回路流过8~10 A之间的任一电流。

这个电压源的电动势，当它的负载为150 欧的电阻时，在负载电阻两端出现至少为1200 V(均方根值)的电压。适用于50 Hz 频率的试验电路例子示于图4/K. 17中。

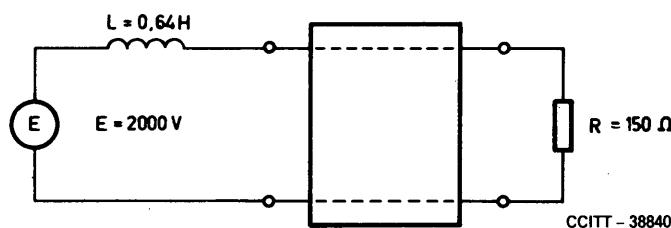


图4/K. 17

50 Hz 交流试验的试验电路例子

### 3.1.1.1.3 长期交流感应电压试验

这些试验应按照以上 § 2.3 进行。

### 3.1.1.2 在中继器供电回路端子上的试验

#### 3.1.1.2.1 冲激试验

这些试验应在表1/K. 17第2栏的条件下进行。

在这个试验中，电容器  $C_1$  可以充电到5 kV，或当供电回路内的峰值电流能达到50 A时，则可充电到低一些的电压。

#### 3.1.1.2.2 交流试验

这些试验包括在供电回路中通以交流电流，其强度和频率应与实际上可能遇到的交流电流相当。电流施加时间应为0.5秒，但电流不应超过10 A(有效值)。

#### 3.1.1.2.3 长期交流感应电压试验

这些试验应按以上 § 2.3 进行。

### 3.1.2 验收试验

#### 3.1.2.1 在中继器输入端子和输出端子上的试验

<sup>①</sup> 本建议的这一部分在进一步研究和试验后可能修改。如果某一主管部门从当地条件出发认为这些值要求太高时，可规定较低的值。

这些试验应按照表1/K. 17第3栏中所列条件进行。

### 3.1.2.2 在中继器供电回路端子上的试验

这些试验应按照表1/K. 17第4栏所列条件进行。在这个试验中,电容  $C_1$  可以充电到3 kV,或当供电回路的峰值电流能达到50 A 时,则充电到低一些的电压。

## 3.2 对称线对中继器的试验条件

### 3.2.1 原型样机试验

#### 3.2.1.1 在中继器输入端和输出端上的试验

##### 3.2.1.1.1 冲激试验

这些试验应使用具有表1/K. 17第5栏所列特性的波形进行。

如果对称线对的介质强度比纸绝缘线对的介质强度高,最好使用比表1/K. 17中所示值高一些的峰值电压。

在装有雷电保安器的地方,且在上述试验条件下如果它们被击穿,则电容器  $C_1$  的充电电压应逐渐降低直至它们不被击穿为止。

注 — 当雷电保安器装在中继器输入和输出端子与机壳之间时,在进行横向电压试验前,应将一个端子与机壳连接,以模拟雷电保安器的击穿情况。

##### 3.2.1.1.2 交流试验

对交流试验不作规定。

#### 3.2.1.2 在中继器供电回路端子上的试验

##### 3.2.1.2.1 冲激试验

这些试验应按照表1/K. 17第6栏所列条件进行。

##### 3.2.1.2.2 交流试验

这些试验是在供电回路通以交流电流,其强度和频率应与在实际中可能遇到的交流电流相当。电流应施加0.5秒。

如果中继器所在的环境,不会发生电力线路所感应的能产生纵向电流的纵向电动势时,可不作这些试验。

##### 3.2.1.2.3 长期交流感应电压试验

这些试验应按照以上 § 2.3 进行。

## 3.2.2 验收试验

### 3.2.2.1 在中继器输入端子和输出端子上的试验

这些试验应按照表1/K. 17第7栏所列条件进行。

### 3.2.2.2 在中继器供电回路端子上的试验

这些试验应按照表1/K. 17第8栏所列条件进行。

## 3.3 用于光纤传输系统的再生器和远供电源的试验条件

下列的各种试验适用于所有类型的再生器。

从原理上讲,有两种类型的再生器:机箱处在浮动电位的再生器和机箱接到本地地线的再生器。再生器也可以经由单独的直流变换器来供电。对本建议而言,这些独立的单元也可以认为是一个“再生器”。

### 3.3.1 原型样机试验

#### 3.3.1.1 冲激试验

这些试验应在表2/K. 17第1栏中所列的条件下进行。

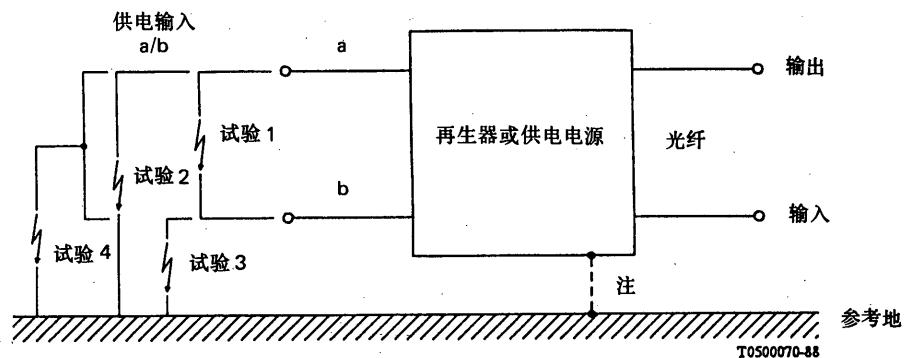
试验应按图5/K. 17中所指出那样施加到设备上:

- 试验1: 供电通道的 a 端子与 b 端子之间;
- 试验2: 供电通道的 a 端子与参考地之间;
- 试验3: 供电通道的 b 端子与参考地之间;
- 试验4: 供电通道的 a 和 b 端子与参考地之间。

试验时,机箱的接地应与实际所用的相同。

表2/K. 17  
用于光纤系统冲激试验的波形特性

| 冲激试验                         |                              |              |
|------------------------------|------------------------------|--------------|
|                              | 原型样机试验                       | 验收试验         |
| 试验 1<br>试验 2<br>试验 3<br>试验 4 | 试验 1<br>试验 2<br>试验 3<br>试验 4 | 试验 1<br>试验 4 |
| 栏号                           | (1)                          | (2)          |
| 波形                           | 10/700                       | 100/700      |
| 负荷                           | 0.1 库仑                       | 0.06 库仑      |
| 峰值电压                         | 5 kV                         | 3 kV         |
| 短路电流                         | 333 A                        | 200 A        |
| $C_2$                        | $0.2 \mu F$                  | $2 \mu F$    |
| $R_3$                        | $2.5 \Omega$                 | $2.5 \Omega$ |
| 脉冲次数                         | 10                           | 2            |



注 — 接地线 (如果实际上存在的话)。

图5/K. 17

冲激试验用的电路布置

### 3.3.1.2 交流试验

#### 3.3.1.2.1 短时间交流感应

这些试验应在表3/K. 17中所列的条件下进行。

试验1、2、3和4应按图5/K. 17所指出的以及§ 3.3.1.1中所说明的那样施加到设备上。

#### 3.3.1.2.2 长时间交流感应

这些试验应按§ 2.3b)进行。在试验期间，设备应该在比特差错率没有明显增加的情况下运行。

表3/K. 17

光纤系统交流试验用电流和电压

| 交流试验 |                        |                             |
|------|------------------------|-----------------------------|
|      | 试验 1                   | 试验 2<br>试验 3<br>试验 4        |
| 电压   |                        | 1200 V <sub>r.m.s.</sub>    |
| 电流   | 10 A <sub>r.m.s.</sub> | max. 10 A <sub>r.m.s.</sub> |
| 持续时间 | 0.5 s                  | 0.5 s                       |
| 试验次数 | 1                      | 1                           |

### 3.3.1.3 对供电通道中所感应的快速瞬变的抗扰性能试验

为了保证再生器对供电通道中所产生的瞬变有足够的保护,可以进行这些试验。

这些试验应按图6/K.17中所指出那样施加到设备上。

试验时,应使用 IEC 出版物 801—4 所规定的发生器。当试验电压直至 1 kV 时,模拟的信号传输不应受到严重干扰。如果供电通道没有足够的屏蔽而且预计有电力系统开关操作所引起的干扰时,建议进行这种试验。

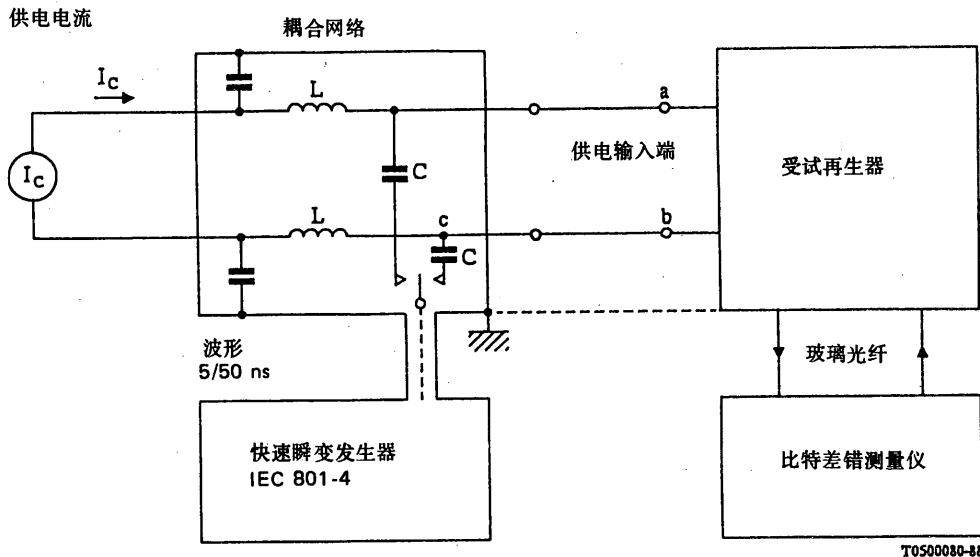


图6/K.17  
光纤系统再生器抗快速瞬变的试验

### 3.3.2 验收试验

只按表2/K.17第2栏所列条件进行冲激试验。

必须考虑 § 1.4 中所给出的意见来进行试验1和试验4。

## 参 考 文 献

- [1] IEC publication No. 60-2 *High-voltage test techniques, Part 2: Test procedures*, Geneva, 1973.
- [2] CCITT Recommendation *Unwanted modulation and phase jitter*, Rec. G.229, § 1.3.
- [3] CCITT manual *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electric power and electrified railway lines*, Vol. VI, ITU, Geneva, 1988.

## 电信线路中无线电广播感应电压 的计算和降低干扰的方法

(日内瓦, 1980; 马拉加-托雷莫里诺斯修订, 1984;  
墨尔本修订, 1988)

### 1 引言

地下电缆回路因无线电波而产生感应干扰的现象虽然很少发现, 但已有许多架空明线、架空电缆或建筑物内电缆中的回路受到这种干扰的例子。

音频回路上所发生的干扰, 是由于感应的无线电波经过电话机内的非线性元件或导线接头形成的金属氧化层的检波和解调而引起的。这种干扰多半是可懂噪声, 而且在离发射功率大于数十千瓦的无线电台5km处仍可能发生。

在载波或视频传输回路上, 当无线电波的频率在传输系统工作频率范围以内时, 感应的无线电波将损害回路的性能。在电话信道中, 这种干扰通常为不可懂的单频音, 使传输系统的信噪比(SNR)降低。这种干扰可能发生在无线电台周围很宽的区域内。关于视频传输回路受干扰的报道, 目前只有几个, 但是, 可以预料, 随着今后视频传输业务的增加, 这种干扰将成为一个严重的问题。

无线电频率的电流烧伤外部设施维护人员的事例是难得发生的。据报道, 这种问题仅在特别靠近无线电台天线时才发生。

### 2 干扰分析

在无线电波引起感应电压的理论分析中, 假设了以下条件:

- 大地电阻率是均匀和一致的。
- 电缆或导线架设在距地面有一固定高度的一条直线上。
- 电缆的屏蔽层在两端接地。
- 无线电波电场的强度和入射角是恒定不变的, 而且沿电缆的相位变化是均匀的。
- 无线电波最初是垂直极化的。但它在沿地表面传播时, 由于大地的有限导电率而产生了水平分量。

理论分析所用的常数和变量见附件 A。

2.1 对于无金属屏蔽层的电信线路, 无线电波电场的水平分量作为电动势直接作用在电信线路上。当回路存在对地阻抗不平衡时, 此感应电动势在终端引起感应噪声。在无金属屏蔽层的电信线路终端的感应纵向电

压由式(B-1)和式(B-2)给出。

2.2 对于有金属屏蔽层的电信电缆,以无线电波电场的水平分量作为电动势,会在电缆金属屏蔽层与地构成的地归回路上产生感应电流。屏蔽层中的电流通过导线与屏蔽层间的转移阻抗,便在导线上产生一感应电动势。这个电动势依回路对金属屏蔽层(或地)的不平衡程度就会在电缆的导线回路中引起干扰。

在有金属屏蔽层的通信电缆终端的感应纵向电压由式(B-3)和式(B-4)给出。参考文献[1]中已证明,用这些公式计算所得的值与测量值是一致的。

2.3 附件B中的公式很复杂,并且涉及许多参数。因此,用以下简化公式估算最大感应纵向电压是有用的。

$$V_2(o) \text{ dB} [\approx V_2(l)] = 20 \log_{10} V_2(o) \\ = 20 \log_{10} \frac{PE_v(\cos\theta) Z_k}{4Z_{01}} - 30 \log_{10} f - 20 \log_{10} \alpha_{20} + 300 \quad (2-1)$$

式中:

$$l \geq \frac{1.5\beta_0}{f \cdot \beta_2} \times 10^8 \quad (2-2)$$

$$20 \Omega < |Z_{1R}|, |Z_{1L}| \leq |Z_{01}| \quad (2-3)$$

$$\gamma_2 = \alpha_2 + j\beta_2$$

$$\alpha_2 = \alpha_{20} \sqrt{f} \times 10^{-3} (\text{dB/km})$$

$\alpha_{20}$ —1 MHz时的衰减系数(dB/km)

$f$ —无线电波频率(Hz)。

其它常数和变量见附件A。

公式(2-1)所给出的以dB为单位(0 dB = 0.775 V)的最大感应纵向电压,系基于以下考虑而得到的:

当电缆长度

$$l = \frac{1.5\beta_0}{f \cdot \beta_2} \times 10^8$$

时,用附件B中的公式计算的感应纵向电压到达第一个峰值,而且接着出现一系列的峰值。它的最大值发生在沿电缆长度

$$l \geq \frac{1.5\beta_0}{f \cdot \beta_2} \times 10^8$$

上最先出现的若干峰值中的某一个峰值的地方。

感应纵向电压,由于感应无线电波沿线路有衰减,在最先出现的若干峰值中的某一个峰值的地方达到最大值(图3/K. 18)。

用式(2-1)代替附件B的完整公式后所带来的误差详见附件C。

2.4 如果线路的路由很复杂,需将线路分成若干小段,而且按式(B-1)至(B-4)估算每一小段的感应纵向电压。然后,考虑所含线路的传输特性和边界条件,将计算所得的各小段感应纵向电压组合起来,以得到总感应电压。

当简化公式(2-1)用于复杂路由时,可以把线路当作直线来估算最大感应纵向电压。计算应从离无线电

台最近的一点开始，并采用最小的无线电波入射角。

2.5 当无线电波电场强度已进行过现场测量时，则此测量值可代入式(2-1)中的  $E_v$ 。

当没有测量值时，无线电波电场强度  $E_v$  可根据离无线电台的距离和无线电台的发射功率，用式(2-4)计算(见文献[2])。

$$E_v = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{1.5 P Z_0}{2\pi}} \quad (2-4)$$

式中：

$P$  — 无线电台发射功率(W)；

$r$  — 离无线电台的距离(m)；

$Z_0$  — 自由空间的固有阻抗( $\approx 377\Omega$ )

图1/K. 18表示不同  $P$  值时按式(2-4)求得的  $E_v$  值。

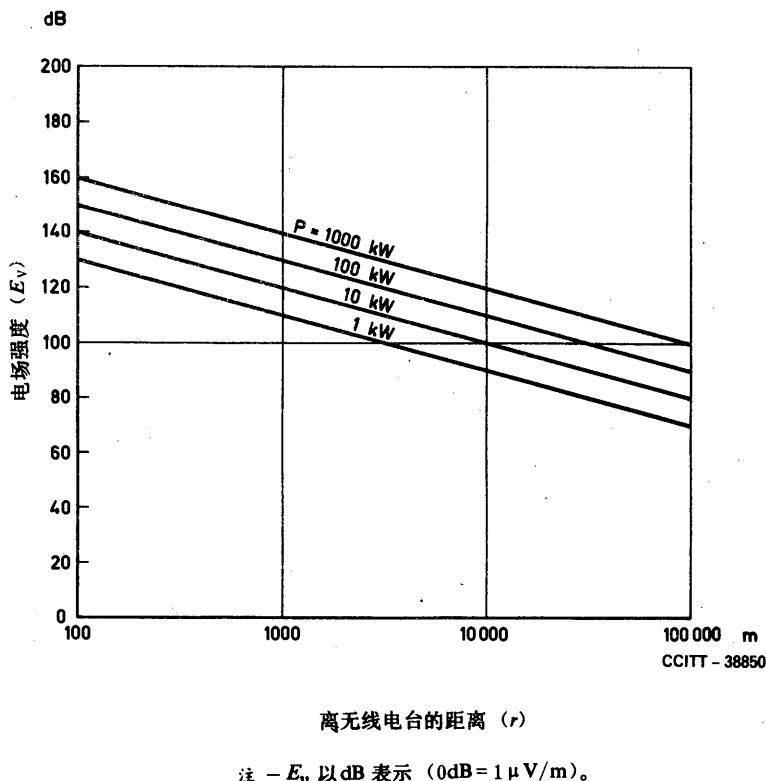


图1/K. 18

无线电波的电场强度与离无线电台  
距离的关系

2.6 无线电波射向电信线路的入射角，会随具体情况而变化。

当电信线路安装在空旷地区时，其入射角可用测量值，或者可用根据无线电台与电信线路的相对位置而求得的计算值。

电信线路安装在能阻碍无线电波传播的设施附近时，其入射角可取零度并承受最严厉的条件。

2.7 图2/K. 18中所示的通信电缆终端的感应纵向电压，可用下面的简化方法估算。

将图2/K. 18中所给出的参数  $P$ ,  $f$ ,  $\alpha_{20}$ ,  $\beta_2$  和  $\theta$  与  $E_v$  及  $Z_k$  的计算值一起代入式(2-1)和式(2-2)，得到以下

结果：

$$V_2(0) \approx V_2(l) = -35.0 \text{ dB}$$
$$l \geq 210 \text{ m}$$

另外,以最严厉的值  $\theta = 0^\circ$ 代入,得到以下结果:

$$V_2(0) \approx V_2(l) = -32.0 \text{ dB}$$
$$l \geq 210 \text{ m}$$

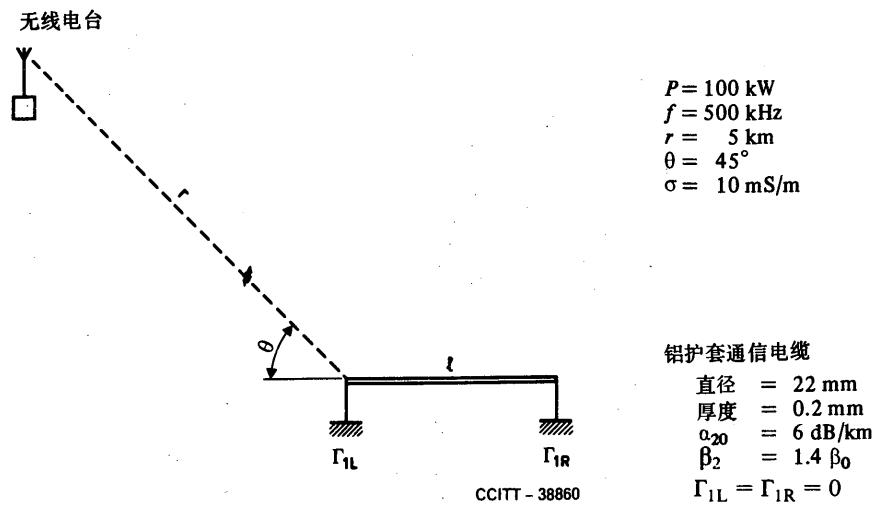


图2/K. 18

无线电台与电信线路的相对位置

在图3/K. 18中,这种用简化方法所得的结果与用附件 B 中所述的更精确的方法所得的结果作了比较。图中示出  $V_2$ 与电缆长度的关系。显然,对于可能遇到的最严重干扰,用简化方法计算是合适的。

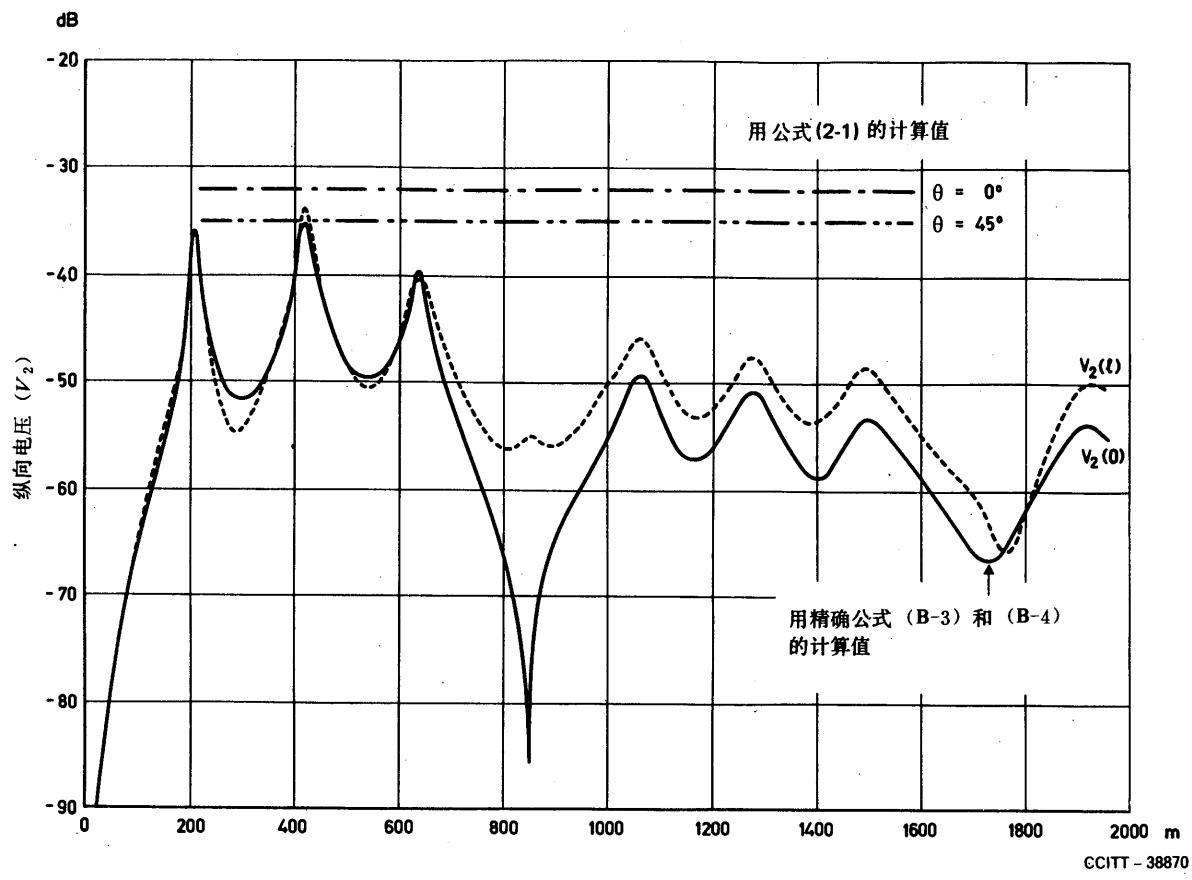


图3/K. 18

图2/K. 18中所示电缆终端的感应纵向电压的计算结果

2.8 由于回路对金属屏蔽层(或地)的不平衡产生的横向电压,会引起噪声。如以 $\lambda$ 表示横向电压与纵向电压之比,则噪声电平可用计算或测量的感应纵向电压求得:

$$V = \lambda \cdot V_2$$

式中:

$V_2$ [ $V_2(0)$ 或 $V_2(l)$ ]为纵向回路两端开路条件下两端的纵向电压;

$V$ [ $V(0)$ 或 $V(l)$ ]为回路两端终接特性阻抗时两端的横向电压。

例如,在图2/K. 18中所示的情况下,而且 $\lambda = -40$  dB,则噪声电平 $V$ 的计算结果如下:

(在此情况下, $V_2 = -35$  dB( $0$  dB =  $0.775$  V),

$$V = -35 - 40 \text{ dB} = -75 \text{ dB}$$

### 3 降低干扰的措施

为了使干扰降低到最小的程度,可采取以下措施:

3.1 为降低对音频回路的干扰,可在输入端或在电话机上的导线与地之间,接入一个 $0.01 \sim 0.05 \mu\text{F}$ 的电容器,将无线电波感应电流旁路。

3.2 为降低对载波和视频传输系统的干扰,可采取下列措施:

3.2.1 电缆中应具有适当的屏蔽层,例如电缆四周厚度为0.2 mm的铝屏蔽层,可降低干扰约70 dB。当大地导电率小于0.1 S/m时,铝屏蔽层两端的接地电阻应小于 $|Z_0| \Omega$ 。如果屏蔽层的厚度增加到1.0 mm,降低效果可进一步改善50~60 dB。

3.2.2 在电缆终端和电缆接头处的导线周围应使用金属屏蔽层完全屏蔽起来。

注一 如将金属屏蔽层去掉30 cm,即使金属屏蔽层仍作了导电连接,感应电压将增加30 dB左右。在电缆终端的金属屏蔽层甚至只去掉5 cm,感应电压将增加10 dB左右。

3.2.3 在易受无线电波干扰的地段,应当用地下电缆或改变电缆的路由。

3.2.4 应缩短各中继器之间的距离,以对该系统提供可以接受的信噪比(SNR)。

3.2.5 应改善终端设备和中继器在无线电波频段的对地导纳不平衡。

3.2.6 应使用传输系统的预加重电平调节装置。

3.3 为了降低对维护人员的感应危险电压,在感应区段上以适当的间隔将一个电容器接入导线与地之间,将感应电流旁路。

在这种情况下,必须仔细选择合适的电容器,使它对传输频率的衰减最小,又能对无线电波频率进行有效的接地。还应注意防止来自导线上的过电压损坏该电容器。

## 附 件 A

(附于建议 K. 18)

### 建议 K. 18 中所用的常数和变量

A.1 当无线电波电场沿地表面传播时,其水平分量与垂直分量之比 P 为:

$$P = \frac{E_h}{E_v} = \left| \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r - j \frac{\sigma}{\omega \epsilon_0}}} \right| \approx \sqrt{\frac{\omega \epsilon_0}{\sigma}} \quad (\text{A-1})$$

式中:

$E_h$  — 无线电波电场强度的水平分量(V/m);

$E_v$  — 无线电波电场强度的垂直分量(V/m);

$\epsilon_r$  — 大地介电常数;

$\epsilon_0$  — 自由空间介电常数(F/m);

$Z_0$  — 自由空间固有阻抗( $\Omega$ );

$\beta_0$  — 自由空间相位常数(rad/m);

$\sigma$  — 大地导电率(S/m);

$\omega$  — 无线电波角频率(rad/s);

$f$  — 无线电波频率(Hz)。

A. 2 电缆护套的金属屏蔽层的转移阻抗  $Z_k$  为：

$$Z_k = \frac{Kt}{\sinh Kt} \cdot R_{dc} \quad \Omega/m \quad (A-2)$$

式中：

$R_{dc}$  — 金属屏蔽层单位长度的直流电阻 ( $\Omega/m$ )；

$$K = \sqrt{j\omega\mu g}$$

$\mu$  — 金属屏蔽层的导磁率 ( $H/m$ )；

$g$  — 金属屏蔽层的导电率 ( $S/m$ )；

$t$  — 金属屏蔽层的厚度 (m)。

A. 3 有关的符号，见图 A-1/K. 18。

$\theta$  — 无线电波对电信线路的入射角 (rad)；

$l$  — 电缆长度 (m)；

$x$  — 从电缆终端到靠近无线电台处沿电缆的距离 (m)；

$Z_{01}$  — 大地回归回路的特性阻抗 ( $\Omega$ )；

$\gamma_1$  — 大地回归回路的传播常数 ( $1/m$ )；

$Z_{02}$  — 纵向回路的特性阻抗 ( $\Omega$ )；

$\gamma_2$  — 纵向回路的传播常数 ( $1/m$ )；

$Z_{1L}, Z_{1R}$  — 大地回归回路的终端阻抗 ( $\Omega$ )；

$Z_{2L}, Z_{2R}$  — 纵向回路的终端阻抗 ( $\Omega$ )；

$\Gamma_{1L}$  — 在  $x = 0$  点大地回归回路的电流反射系数， $\Gamma_{1L} = \frac{Z_{01} - Z_{1L}}{Z_{01} + Z_{1L}}$ ；

$\Gamma_{1R}$  — 在  $x = l$  点大地回归回路的电流反射系数， $\Gamma_{1R} = \frac{Z_{01} - Z_{1R}}{Z_{01} + Z_{1R}}$ ；

$\Gamma_{2L}$  — 在  $x = 0$  点纵向回路的电流反射系数， $\Gamma_{2L} = \frac{Z_{02} - Z_{2L}}{Z_{02} + Z_{2L}}$ ；

$\Gamma_{2R}$  — 在  $x = l$  点纵向回路的电流反射系数， $\Gamma_{2R} = \frac{Z_{02} - Z_{2R}}{Z_{02} + Z_{2R}}$ ；

$V_{10}(x)$  — 两端匹配时的大地回归回路电压；

$V_{1L}(x)$  — 在  $x = 0$  点失配时的大地回归回路电压；

$V_{1R}(x)$  — 在  $x = l$  点失配时的大地回归回路电压；

$V_{20}(x)$  — 两端匹配时的纵向回路电压；

$V_{2L}(x)$  — 在  $x = 0$  点失配时的纵向回路电压；

$V_{2R}(x)$  — 在  $x = l$  点失配时的纵向回路电压。

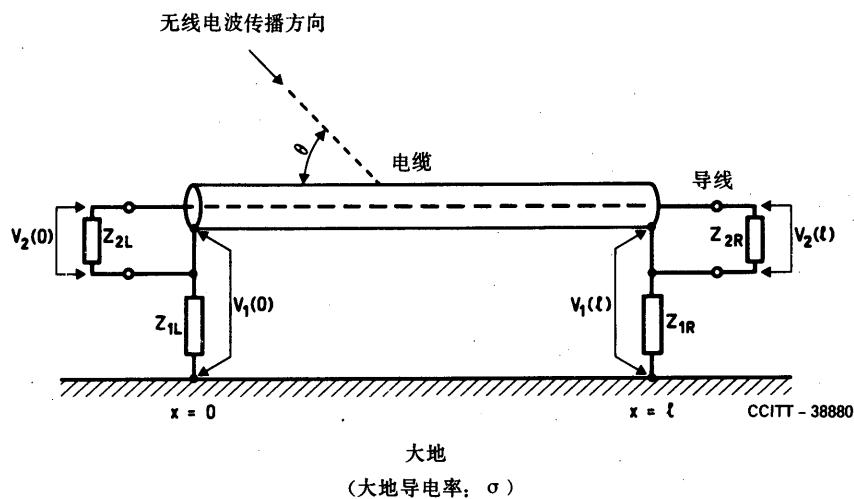


图 A-1/K. 18

大地回归回路的终端( $Z_{1L}, Z_{1R}$ )  
和纵向电路的终端( $Z_{2L}, Z_{2R}$ )

## 附 件 B

(附于建议 K. 18)

### 感应纵向电压的计算

#### B. 1 无金属屏蔽层的电信线路

无金属屏蔽层电信线路两端的纵向电压由式(B-1)和式(B-2)给出。

在最靠近无线电台端的感应纵向电压：

$$\left. \begin{aligned}
 V_1(0) &= V_{10}(0) + V_{1L}(0) + V_{1R}(0) \\
 V_{10}(0) &= -\frac{PE_V \cos \theta}{2} \frac{1 - e^{-(\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta)l}}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta} \\
 V_{1L}(0) &= \frac{-\Gamma_{1L} [1 - \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l}]}{1 - \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l}} V_{10}(0) \\
 V_{1R}(0) &= \frac{-\Gamma_{1R} e^{-\gamma_1 l} [1 - \Gamma_{1L}]}{1 - \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l}} V_{10}(l)
 \end{aligned} \right\} \quad (B-1)$$

离无线电台最远端的感应纵向电压：

$$V_1(l) = V_{10}(l) + V_{1L}(l) + V_{1R}(l)$$

$$\left. \begin{aligned} V_{10}(l) &= \frac{PE_V \cos \theta}{2} e^{-j\beta_0 \cos \theta l} \frac{1 - e^{-(\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta)l}}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta} \\ V_{1L}(l) &= \frac{-\Gamma_{1L} e^{-\gamma_1 l} [1 - \Gamma_{1R}]}{1 - \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l}} V_{10}(0) \\ V_{1R}(l) &= \frac{-\Gamma_{1R} [1 - \Gamma_{1L} e^{-2\gamma_1 l}]}{1 - \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l}} V_{10}(l) \end{aligned} \right\} \quad (B-2)$$

式中的常数和变量见附件 A。

## B. 2 有金属屏蔽层的电信线路

有金属屏蔽层的电信电缆两端的感应纵向电压由式(B-3)和(B-4)给出。

在最靠近无线电台端的感应纵向电压：

$$V_2(0) = V_{20}(0) + V_{2L}(0) + V_{2R}(0)$$

$$\left. \begin{aligned} V_{20}(0) &= -\frac{PE_V(\cos \theta) Z_K}{4 Z_{01}} \left[ \left\{ \frac{1}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta} + \frac{1}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta} \right\} \cdot \right. \\ &\quad \left. \frac{1 - e^{-(\gamma_2 + j\beta_0 \cos \theta)l}}{\gamma_2 + j\beta_0 \cos \theta} + \left\{ -\frac{1}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta} + \frac{1}{1 - \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l}} \cdot \right. \right. \\ &\quad \left. \left( \Gamma_{1L} \frac{1 - e^{-(\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta)l}}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta} + \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-j\beta_0 \cos \theta l} e^{-\gamma_1 l} \cdot \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \frac{1 - e^{-(\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta)l}}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta} \right\} \frac{1 - e^{-(\gamma_2 + \gamma_1)l}}{\gamma_2 + \gamma_1} + \left\{ -\frac{e^{-(\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta)l}}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta} + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{1}{1 - \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l}} \left( \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l} \frac{1 - e^{-(\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta)l}}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta} + \right. \right. \right. \end{aligned} \right\} \quad (B-3)$$

$$\left. \begin{aligned} &\quad \left. + \Gamma_{1R} e^{-j\beta_0 (\cos \theta) l} e^{-\gamma_1 l} \frac{1 - e^{-(\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta)l}}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta} \right\} \frac{1 - e^{-(\gamma_2 - \gamma_1)l}}{\gamma_2 - \gamma_1} \Big] \\ V_{2L}(0) &= \frac{-\Gamma_{2L} [1 - \Gamma_{2R} e^{-2\gamma_2 l}]}{1 - \Gamma_{2L} \Gamma_{2R} e^{-2\gamma_2 l}} V_{20}(0) \end{aligned} \right\}$$

$$V_{2R}(0) = \frac{-\Gamma_{2R} e^{-\gamma_2 l} [1 - \Gamma_{2L}]}{1 - \Gamma_{2L} \Gamma_{2R} e^{-2\gamma_2 l}} V_{20}(l)$$

离无线电台最远端的感应纵向电压：

$$V_2(l) = V_{20}(l) + V_{2L}(l) + V_{2R}(l)$$

$$\begin{aligned}
 V_{20}(l) &= \frac{PE_V \cos \theta Z_K}{4 Z_{01}} \left[ \left\{ \frac{1}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta} + \frac{1}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta} \right\} \cdot \right. \\
 &\quad \cdot \frac{1 - e^{-(\gamma_2 - j\beta_0 \cos \theta)l}}{\gamma_2 - j\beta_0 \cos \theta} e^{-j\beta_0 \cos \theta l} + \left\{ -\frac{1}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta} + \right. \\
 &\quad + \frac{1}{1 - \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l}} \left( \Gamma_{1L} \frac{1 - e^{-(\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta)l}}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta} + \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-j\beta_0 \cos \theta l} \cdot \right. \\
 &\quad \cdot e^{-\gamma_1 l} \frac{1 - e^{-(\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta)l}}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta} \left. \right\} \frac{1 - e^{-(\gamma_2 - \gamma_1)l}}{\gamma_2 - \gamma_1} e^{-\gamma_1 l} + \\
 &\quad + \left\{ -\frac{e^{-(\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta)l}}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta} + \frac{1}{1 - \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l}} \left( \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l} \cdot \right. \right. \\
 &\quad \cdot \frac{1 - e^{-(\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta)l}}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta} + \Gamma_{1R} e^{-j\beta_0 \cos \theta l} e^{-\gamma_1 l} \frac{1 - e^{-(\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta)l}}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta} \left. \right\} \cdot \\
 &\quad \left. \frac{1 - e^{-(\gamma_2 + \gamma_1)l}}{\gamma_2 + \gamma_1} e^{\gamma_1 l} \right] \\
 V_{2L}(l) &= \frac{-\Gamma_{2L} e^{-\gamma_2 l} [1 - \Gamma_{2R}]}{1 - \Gamma_{2L} \Gamma_{2R} e^{-2\gamma_2 l}} V_{20}(0) \\
 V_{2R}(l) &= \frac{-\Gamma_{2R} [1 - \Gamma_{2L} e^{-2\gamma_2 l}]}{1 - \Gamma_{2L} \Gamma_{2R} e^{-2\gamma_2 l}} V_{20}(l)
 \end{aligned} \tag{B-4}$$

以上式中的常数和变量如附件 A 中所示。

### 附 件 C (附于建议 K. 18) 使用简化公式(2-1)所引起的误差

简化公式(2-1)可用于： $3 \text{dB/km} \leq \alpha_{20} \leq 30 \text{dB/km}$ ,  $1.2 \beta_0 \leq \beta_{20} \leq 3 \beta_0$ ,  $500 \text{kHz} \leq f \leq 1.6 \text{MHz}$ ,  $10 \text{mm} \leq d \leq 50 \text{mm}$ ,  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ ,  $0.1 \text{mS/m} \leq \sigma \leq 500 \text{mS/m}$  和  $-1 \leq \Gamma \leq 1$ 。这些条件似有可能适用于架空电缆。

用简化公式(2-1)代替附件 B 中更精确的方法所引起的误差, 主要取决于  $\sigma$  和  $\Gamma$ , 而不是其它参数。图 C-1/K. 18 为一例子。表 C-1/K. 18 中列出的误差, 相应于图 C-2/K. 18 中的  $\sigma, \Gamma$  的范围。因为  $|Z_1| \leq Z_{01}$  是容易实现的, 所以这里只考虑了  $\Gamma_1 \geq 0$  的范围。图 C-2/K. 18 中的(I)区是一般情况, 而(II)区和(IV)区是少有的, (III)区是难以实现的。在误差大的范围(例如 II、III 和 IV 区)内, 或者当电缆太短, 不能满足式(2-2)的要求时, 最好用附件 B 的精确方法计算。

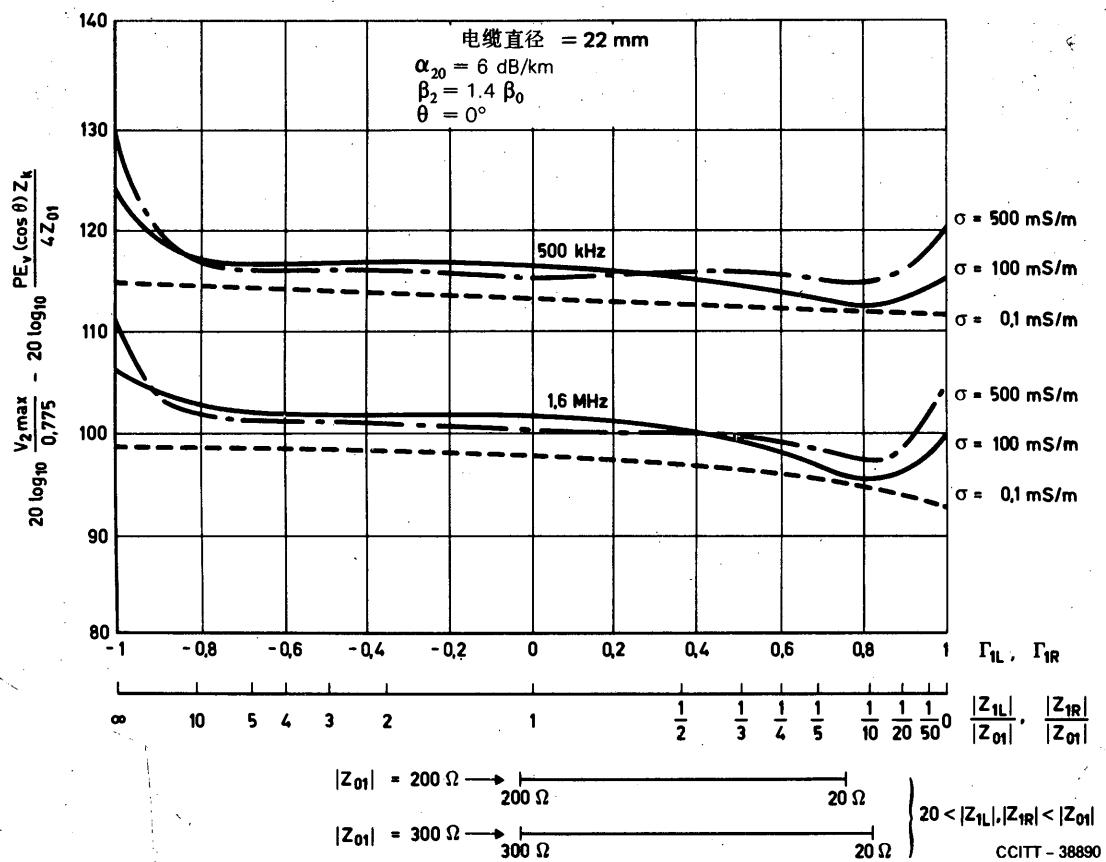


图 C-1/K. 18

感应纵向电压与  $\sigma, \Gamma$  的关系举例

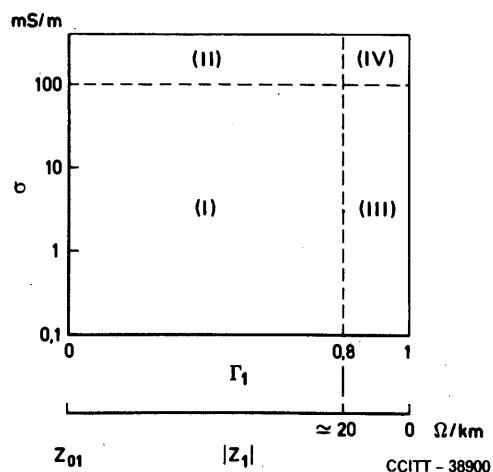


图 C-2/K. 18

$\sigma$  和  $\Gamma$  的范围

表 C-1/K. 18

用简化公式(2-1)与用附件 B 的精确方法相比时的误差

| 范围           | 误差         |
|--------------|------------|
| (I) (一般情况)   | $\pm 5$ dB |
| (II) (少有情况)  | $\pm 8$ dB |
| (III) (少有情况) | -5 + 15 dB |
| (IV) (少有情况)  | -5 + 23 dB |

## 附 件 D

(附于建议 K. 18)

### 电信线路环境对无线电波场强测量的影响

(根据日本电报电话公司—NTT 的报告)

当无线电波电场强度不受电信线路的环境影响时,其场强可以采用理论计算值(见图 D-1/K. 18)。

另一方面,无线电波对电信线路的入射角,可能受许多因素的影响,因而难以估算出准确的数值。然而,在空旷地区,无线电波对电信线路的入射角的测量值与根据无线电台与电信线路的相对位置进行计算所得之值很一致(见图 D-2/K. 18)。

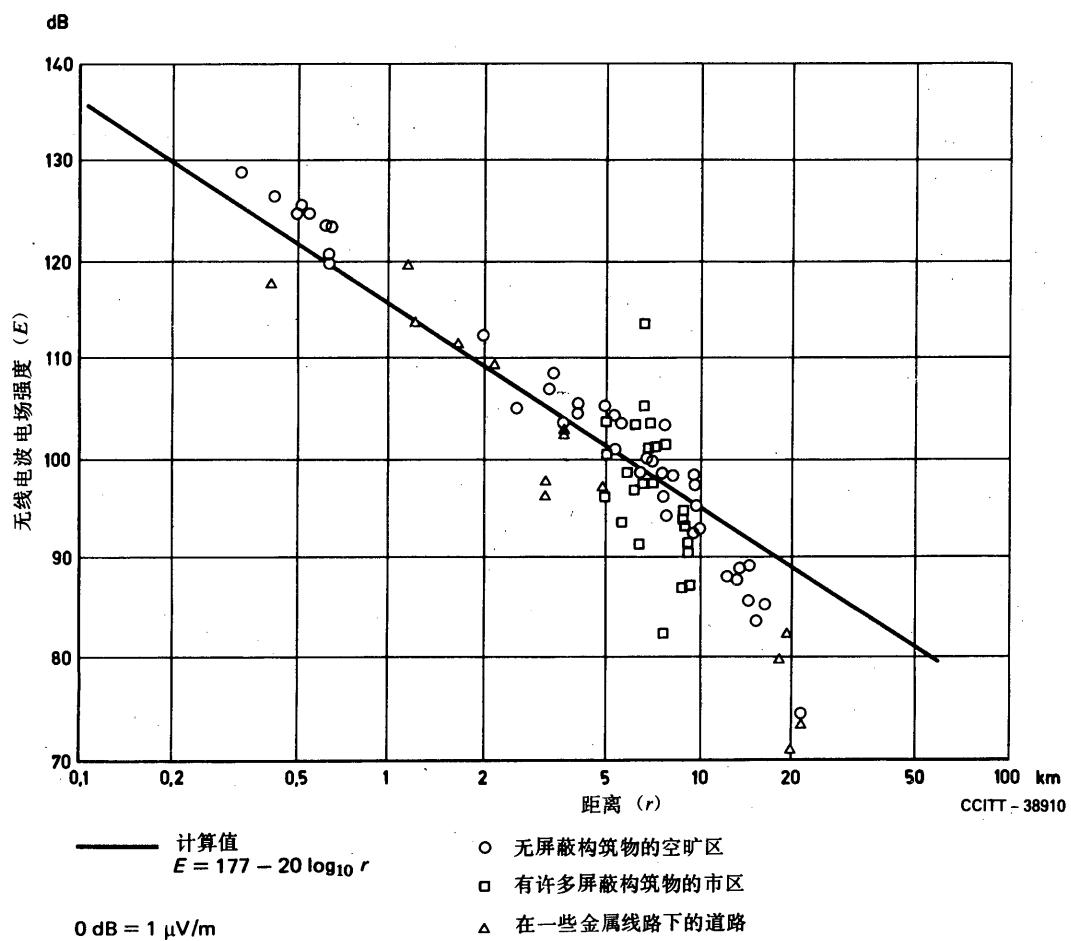


图 D-1/K. 18  
无线电波电场强度与对无线电台距离的关系

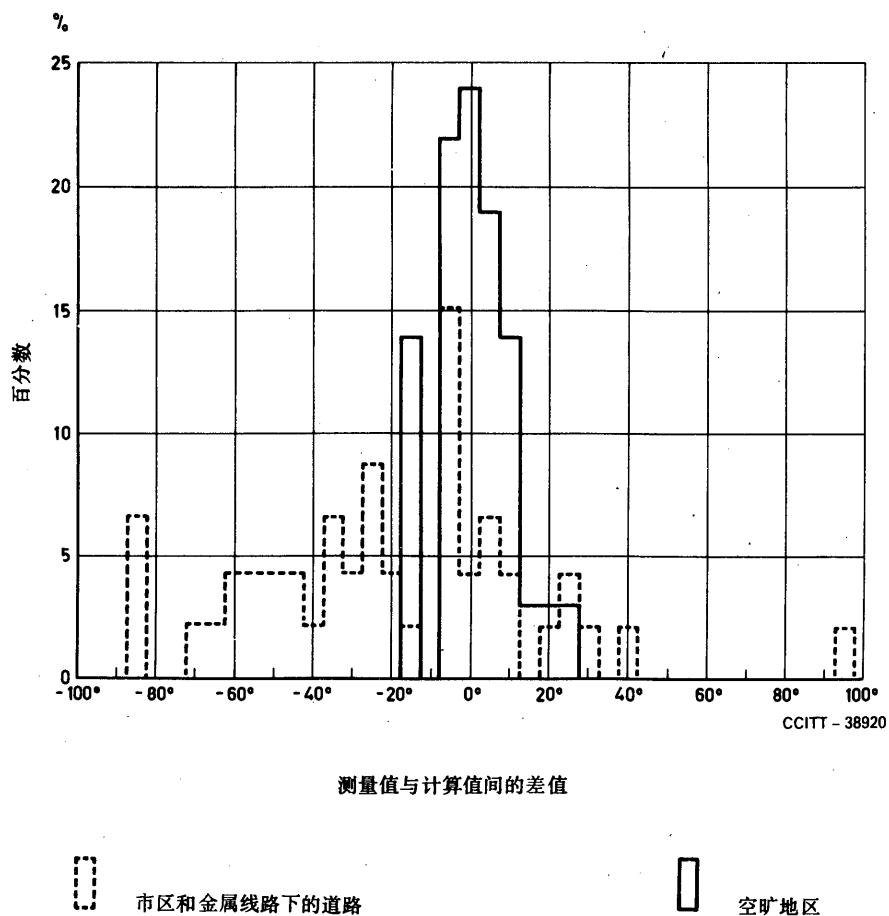


图 D-2/K. 18  
无线电波对通信线路的入射角的测量值与计算值差值的直方图

## 附 件 E

(附于建议 K. 18)

### 横向感应电压与纵向感应电压之比值 $\lambda$ 的例子

(根据日本电报电话公司[NTT]的报告)

无线电波在架空电缆上感应的纵向电压和横向电压(噪声电压)已在现场进行了测量。

根据实测的纵向电压  $V_2$  和横向电压  $V$ , 图 E-1/K. 18 指出了  $\lambda$  值,  $\lambda = V - V_2$  dB。

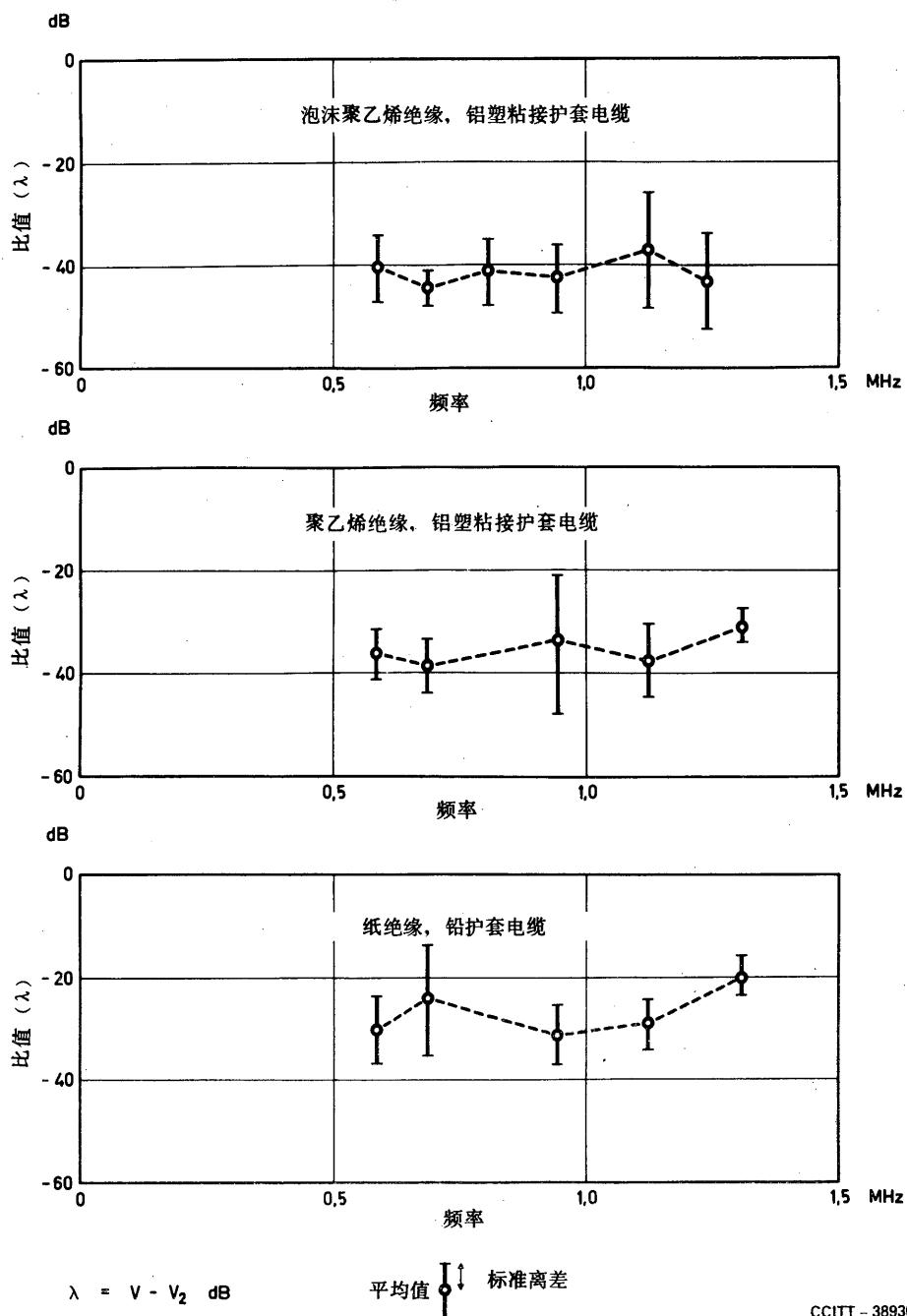


图 E-1/K. 18

比值  $\lambda$  的例子

## 附 件 F

(附于建议 K. 18)

### 各国无线电波的干扰和对抗措施的例子

(根据特别报告人提交给第 V 研究组 1978 年会议的报告)

表 F-1/K. 18 汇总了已搜集到的无线电波对电信系统的感应干扰及其对抗措施的例子。

无线电波对直埋电缆或地下电缆回路的感应干扰现象很少发现。

表 F-1/K. 18  
无线电波的感应干扰和对抗措施

| 回路种类                 | 无线电波感应源                     |       | 受影响范围<br>电场强度   | 受干扰的<br>电路条件  | 干扰                                       | 对抗措施   |
|----------------------|-----------------------------|-------|---|---|--|--|
|                      | 频率                          | 功率    |   |   |  |  |
| 音频回路                 | 低频(LF)<br>中频(MF)<br>(主要是广播) | 数十 kW | 直到距无线电台 5 km(若干 V/m)  | — 架空电缆(有或无金属屏蔽层的塑料护套电缆、铅护套电缆)<br>— 架空明线                                       | 广播节目解调为可懂噪声, 有时为听不懂的噪声                   | — 在电话机输入端接入电容器<br><br>— 换成有金属屏蔽层的电缆<br><br>— 屏蔽用户引入线<br><br>— 在回路中接入扼流线圈   |
| 高频回路<br>例如载波<br>传输回路 | 低频(LF)<br>中频(MF)<br>主要是中频   | 数 kW  | — 直到数十 km<br><br>— 对用户载波系统而言, 据报道可达 1000 km 左右 (0.03 ~ 1.8 v/m) | — 主要是有金属屏蔽层的架空电缆(对称线对、同轴线对)<br><br>— 大楼内的布电线缆(在复用系统与天线间、在各解调级间)<br><br>— 架空明线 | 在已解调的电话信道中为单频率的单音或听不懂的噪声, 使传输系统中的 SNR 降低 | — 改善电缆和布电线缆等的屏蔽效果<br><br>— 改善电缆护套、中继器、终端设备等的接地<br><br>— 采用直埋电缆或地下电缆<br>— 改变电缆路由<br><br>— 提高信号电平、缩短中继站间的距离<br><br>— 对线对导线的对地导纳不平衡进行补偿<br><br>— 在架空明线载波电路的终端加入压缩扩张器<br><br>— 在载波电路上安装具有足够平衡度的纵向扼流圈 |
| 射频发<br>热作用           | 中频<br>(MF<br>广播)            | —     | 直接靠近无线电台天线  | — 架空明线<br><br>— 用户引入线   | 射频烧伤                                     | — 在导线与地间接入电容器  |

## 附 件 G

(附于建议 K. 18)

### 无线电波对中继站同轴布线电缆的干扰及其对抗措施

#### G. 1 受影响的传输系统与干扰

中继站中的载波传输系统,由于无线电波发射,已有受到干扰的例子。

当感应的无线电波的频率落在传输频带内时,会在已解调电话信道中发生单音或听不懂的噪声。这种干扰是由中继站中的同轴电缆外导体或屏蔽层中的感应电流引起的。

无线电波干扰频率主要是中频(MF)和高频(HF)(1~15 MHz 左右)。

#### G. 2 电场强度

当中继站建筑物外的电场强度超过 $100 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  或站内电场强度超过 $80 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  时,会发生无线电波干扰。

建筑物对场强的衰减取决于建筑物的结构类型。就混凝土建筑物而言,例如在1~15 MHz 时其衰减可能为 $20\sim30 \text{ dB}$ 。

建筑物内的电场强度是不均匀的,而且已发现有较大的变化,约为 $20\sim30 \text{ dB}$ 。

#### G. 3 对抗措施

最有效的保护措施之一就是改善同轴电缆的屏蔽。同轴电缆的屏蔽效果与它的转移阻抗  $Z_t$  有关,而且,采用较低转移阻抗的同轴电缆是有效的。例如已使用高导磁金属材料屏蔽的同轴电缆(在1 MHz 时,例如  $Z_t \approx 0.01 \text{ m}\Omega/\text{m}$ )和三层编织屏蔽的同轴电缆(在1 MHz 时,例如  $Z_t \approx 0.1 \text{ m}\Omega/\text{m}$ )。又如,用三层编织同轴电缆代替二层编织同轴电缆,可以降低干扰 $15\sim20 \text{ dB}$ 。

中继站电缆与设备间用低转移阻抗进行连接,以及中继站采用良好的接地装置也可得到好处。

### 参 考 文 献

- [1] SATO (T.), NAKAHIRA (M.), KOJIMA (N.): Radio wave interference in overhead communication cables, *Proceedings of the 22nd IWCS*, 1973.
- [2] SCHULZ (E.), VOGEL (W.): Beeinflussung von Trägerfrequenz-Nachrichtensystemen durch hochfrequente Beeinflussungsquellen, *ETZ-A*, Bd. 85, H. 20, 1964.

## 通信电缆与电力电缆同沟和同隧道敷设

(日内瓦, 1980)

### 1 概述

通信电缆与电力电缆在适当的条件下合用电缆沟和隧道, 可能有如下的优点:

- 降低总费用;
- 安装地下设施的可用空间得到更有效地利用;
- 道路路面铺设工作量减少, 因而耽误交通较少;
- 电力电缆和通信电缆的间距能更确切地得以保证。

### 2 电气安全

如果电力电缆与通信电缆不容易区分开, 则应加清楚的标志。

电力电缆一般应比通信电缆埋得深些。

电力电缆与通信电缆间应隔开合适的距离, 取决于:

- a) 电力电缆的电压;
- b) 电力电缆的类型;
- c) 通信电缆的类型;
- d) 分隔材料的特性。

最小隔距往往在国家标准中规定。

在下列条件下, 国家标准可能允许减少隔距:

- 低压运行并有同心的中性线的电力电缆, 而且通信电缆具有接地的铠装层; 或
- 电缆间用混凝土填充物或类似材料隔开。

假如高压电力电缆对手工挖掘的人员会产生危险, 应当用适当的材料(砖、混凝土等)将其覆盖。

### 3 电磁感应

为了避免电力电缆对通信电缆产生难以容许的极大危险和干扰, 必须遵守《导则》的规定。在以下情况下, 尤会产生这种影响:

- a) 属于中性点直接接地的电网的电力电缆;
- b) 电力线路的各相导线在分开的电缆内(如三相单芯电缆); 或
- c) 电力线路中电流的谐波含量高。

在以下情况下, 预计不会产生危险和干扰影响:

- 电力电缆在正常条件下工作, 以及三相单芯电缆的各相电缆作了适当的排列和换位的情况下; 或
- 线路的平行长度相当短(例如几百米)。

电力电缆系统的各相导线作正确的排列和换位对于降低电磁感应是有效的。

隧道中的其它金属导体(例如金属管线、钢筋混凝土)一般有降低感应纵向电压的作用。这种屏蔽系数的值在很大程度上取决于隧道中各种装置的布局和隧道的结构, 因此只能根据各自的情况来确定。

## 4 其它危险

合用电缆沟和隧道,使电信工作人员遭受其它危险的机会可能增加,诸如:

- 挖掘时挖中电力电缆;
- 在隧道内工作时,进出困难和隔离问题。
- 如果在合用的隧道中有煤气管,由于漏气会产生爆炸;
- 隧道中积存污浊空气。

在联合工作协议中,应包括克服上述危险的合适的安全工作方法。

## 5 应用时的限制

成功地合用电缆沟和隧道,需要所有相关部门进行有纪律的协作。每个部门的义务和责任应当明确规定。为了克服地下空间的限制,而且有利于日后电缆的维护,可能需要采取特别的措施。在联合建设工作开始之前就应对这些特别措施取得一致的意见。

## 建 议 K. 20

# 电信交换设备耐过电压和过电流的能力

(马拉加-托雷莫里诺斯, 1984)

## 1 概述

本建议试图建立电信交换设备耐过电压和过电流能力的基本试验方法与标准。阅读时,应结合 CCITT 手册:《电信线路和设备的防雷》和建议 K. 11,后者涉及到有关保护的经济和技术方面的一般问题。当本地区环境特殊和技术发展时,这些方法可能变更。

## 2 范围

本建议适用于电话交换局和类似的电信交换中心,并主要涉及要应用到欲与2线用户线路相连接的点上的试验条件。对于具有较复杂电路的端口或话务较集中的地方(例如中继线和多路电路),可根据本建议或其它一些认为合适的建议如 K. 15 和 K. 17 来测试。

本建议所述的试验为典型试验,虽然它们适用于完整的交换中心,但在研究、设计工作期间也可应用到设备的单个部件上。试验时必须考虑被试单元中或其它地方的所有交换条件,因为这些条件可能影响试验结果。

## 3 过电压和过电流条件

本建议中所述的过电压和过电流包括:

- 线路设施或线路设施附近遭雷击所引起的电涌(符合本建议的设备不一定必需耐受严厉的直接雷击);
- 来自邻近电力线路或铁道系统的短时间交流感应电压,通常发生在这些线路或系统有故障时;
- 电信线路与电力线路间发生直接接触,通常具有低电压特性。

应当承认，在某些情况下，如果若干线路同时产生过电压和过电流，且在公共布线或部件中产生大电流时，仍有可能发生问题。本建议没有涉及这种条件。本建议也没有包括大地电位升高问题，CCITT 正在研究之中。

#### 4 耐过电压、过电流的等级

4.1 只包括两种耐过电压、过电流等级：一种是适用于过电压、过电流都很低的“非暴露”环境的低等级。另一种是适用于“暴露”环境的高等级。考虑到在更为“暴露”的环境中，可在总配线架(MDF)上或设备以外的其它地方进行保护。

4.2 没有包括极端的条件。在相当“隐蔽”的环境中，耐过电压、过电流能力低于本建议规定的设备有可能满意地运行。另一方面，在特别“暴露”环境中，甚至可能需要耐过电压、过电流能力高于规定值的设备。同样，设备本身的耐过电压、过电流能力和外部保护可能会有其它一些组合情况。例如，某种设备甚至在“非暴露”环境中也需要保护，而另一种设备在“暴露”环境中无需外部保护也可满意地运行。虽然，本建议中只说明了两种耐过电压、过电流能力，但这已经概括了目前的大部分需要。

4.3 各主管部门要对特定交换中心所处的环境进行分类，这时应考虑业务方针、经济、技术等因素。建议 K. 11 给出了有助于作出此种决定的资料。

4.4 表1/K. 20中的试验条件和电压值，反映了“非暴露”环境中的线路预计会出现的条件。

4.5 表2/K. 20中的试验条件和电压值，模拟了“暴露”环境对由总配线架保安器进行保护的设备的影响，并构成了附加要求，以确保与外部保护相适应及在更严厉的环境中的正常功能。线路上很可能会产生更高的电压，但由于总配线架保安器动作，对设备的影响不会更厉害。

4.6 满足“暴露”环境要求的设备，既可用于“暴露”环境，也可用于“非暴露”环境。但是，仅满足“非暴露”环境要求的设备只能用于“非暴露”环境。

#### 5 交换设备的边界

由于设备有各种不同类型的变化，有必要将每个交换机看作为一个“黑盒子”，它有 A、B 和地三个端子。某些保护器件很可能已装入设备内，或者分布在它的线路板等部件上，或者接在它的端子上。为了便于试验，希望生产厂家确定“黑盒子”的边界，并把所含的任何保护器件看作为该交换机的一个不可改变的部分。

#### 6 试验条件

下列条件适用于 § 8 中规定的所有试验：

- 6.1 所有试验均为型式试验。
- 6.2 生产厂家应标识要在设备上进行试验的输入端，并用字母 A、B 和地作标记。
- 6.3 设备应在任何持续时间足够长的运行状态下进行试验。
- 6.4 在拟使用的温度和湿度范围内，设备应能通过 § 8 的试验。



6.5 在进行“暴露”环境下的试验时,通常的做法是在总配架上用气体放电管之类的电涌保安器来保护用户线路。应当承认,在大多数情况下,有必要安装一些这类保护器件,以对付高电涌电流。而当这些保安器动作时,就使交换局的交换设备遭受到其它变化了的条件。因此,拟使用的外部保安器的特性,应由设备供货者与主管部门双方进行协商。特性在商定范围内的保安器应当用于表2/K. 12中所指定的地方。在完成每一种试验序列之后,可以换用一个新的保安器组。或者,某些主管部门也可以选择不用外部保安器,并修改施加电压值和持续时间,使向设备施加的条件能合理地与表2/K. 20中的条件下所预期发生的条件相同。

6.6 在已规定最高电压的所有情况下,如有必要证实设备将能耐受最高规定电压以下的任何电压的话,也应在较低的电压下进行试验。

6.7 每种试验的次数已列于有关表格中。两次试验的时间间隔应为1分钟。而在脉冲试验时,相邻脉冲的极性应相反。

6.8 进行电力线感应和电力线接触试验时,其频率应为所在国家交流供电或电气化铁道所用的频率。

## 7 允许的故障或损坏

故障或损坏有两个等级:

标准 A — 设备应能承受得起试验而无损坏或其它扰乱(如软件讹误或故障保护装置发生误动作),而且在试验之后,应在规定的范围内正常运行(当试验条件存在时,不要求能正常运行)。如经主管部门特许,试验可允许引起熔丝或其它器件动作,而在恢复正常运行之前必须将它们更换或使它们复原。

标准 B — 试验不应引起设备着火。发生的任何损坏或持久性的故障应局限于少量的外线接口电路。考虑到可能产生标准 B 的条件是很少的,因此,对它们进行彻底的保护是不经济的。

## 8 试验

### 8.1 概述

用于三种过电压或过电流状态的试验电路如下:

- 图1/K. 20:雷电电涌;
- 图2/K. 20:电力线路感应;
- 图3/K. 20:与电力线路接触。

注 — 在本建议的附件 A 中,对试验建议的某些考虑作了说明。设备的输入阻抗会改变此设备对雷电电涌的响应。为了解释这种影响,附件 A 中举例作了说明。为清楚起见,例中已指定了输入阻抗的数值,使之可以比较电路中各点的瞬时电压值。这些数值仅用于说明问题,而不是本建议的组成部分。

### 8.2 “非暴露”环境

用于“非暴露”环境中无外部保护的设备应按照表1/K. 20进行试验。

### 8.3 “暴露”环境

用于“暴露”环境的设备,既应通过表1/K. 20所述的试验,也应通过表2/K. 20中所述的试验。

表1/K. 20  
用于“非暴露”环境的试验条件和电压

| 序号 | 试验      | 试验端子            | 试验电路  | 最高试验电压和持续时间  | 试验次数             | 接受标准        |
|----|---------|-----------------|---|--|------------------|-------------|
| 1  | 雷电电涌模拟  | A 与 E 间<br>B 接地 | 图 1a)/K.20  | $U_{c(\max)} = 1 \text{ kV}$<br>见注1                          | 10               | § 7,<br>标准A |
|    |         | B 与 E 间<br>A 接地 | 图 1a)/K.20  | $U_{c(\max)} = 1 \text{ kV}$<br>见注1                          | 10               |             |
|    |         | A + B 与 E 间     | 图 1b)/K.20  | $U_{c(\max)} = 1 \text{ kV}$<br>见注1                          | 10               |             |
| 2  | 电力线路感应  | A + B 与 E 间     | 图 2/K.20<br>$R_1 = R_2 = 600 \Omega$<br>$S_2$ 不动作<br>在 $S_1$ 动作和 $S_1$ 不动作时进行试验 | $U_{ac(\max)} = 300 \text{ V}_{\text{rms}}$<br>200 ms<br>见注2 | $S_1$ 每个位置时各 5 次 | § 7,<br>标准A |
| 3  | 与电力线路接触 | A + B 与 E 间     | 图 3/K.20<br>开关S 处在每个位置时都要进行试验<br>见注3  | $U_{ac(\max)} = 220 \text{ V}_{\text{rms}}$<br>15 min<br>见注2 | $S$ 每个位置时各 1 次   | § 7,<br>标准B |

注1 — 主管部门可以规定一个较低的  $U_{c(\max)}$  值。

注2 — 主管部门可以规定较低的  $U_{c(\max)}$  值，并改变试验持续时间，以满足本地区的要求（例如本地的市电电压）。

注3 — 在进行这些试验期间，热线圈、熔丝、熔丝缆等可留在电路中。

表2/K. 20  
用于“暴露”环境的试验条件和电压

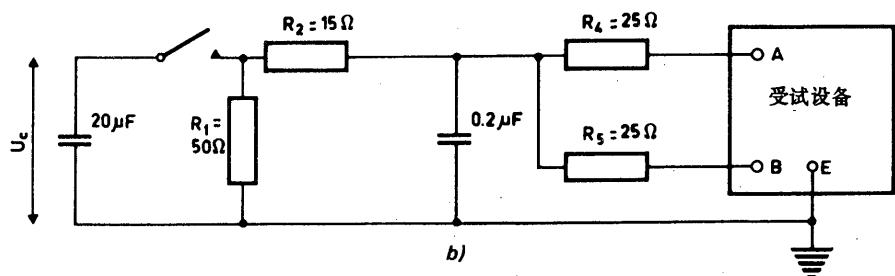
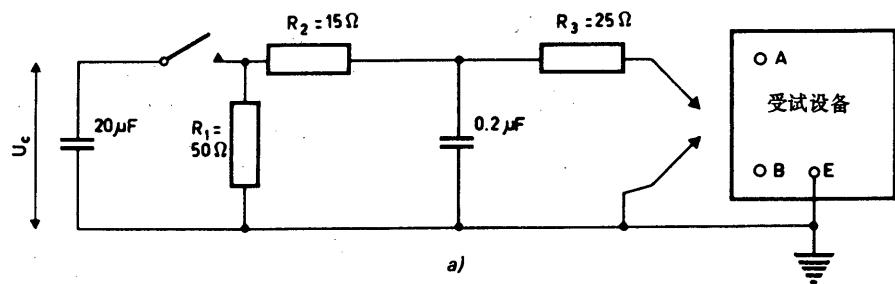
| 序号       | 试验     | 试验端子            | 试验电路   | 最高试验电压和持续时   | 试验次数 | 附加保护<br>(见 § 6.5) | 接受标准        |
|----------|--------|-----------------|--|--|------|-------------------|-------------|
| 1        | 雷电电涌模拟 | A 与 E 间<br>B 接地 | 图 1a)/K.20                                       | $U_{c(\max)} = 1 \text{ kV}$<br>见注1                          | 10   | 没有                | § 7,<br>标准A |
|          |        | B 与 E 间<br>A 接地 | 图 1a)/K.20                                       | $U_{c(\max)} = 1 \text{ kV}$<br>见注1                          | 10   | 没有                |             |
|          |        | A + B 与 E<br>间  | 图 1b)/K.20                                       | $U_{c(\max)} = 1 \text{ kV}$<br>见注1                          | 10   | 没有                |             |
| 2        | 雷电电涌模拟 | A 与 E 间<br>B 接地 | 图 1b)/K.20                                       | $U_{c(\max)} = 4 \text{ kV}$<br>见注2                          | 10   | 双方同意的<br>“一次保护”   | § 7,<br>标准A |
|          |        | B 与 E 间<br>A 接地 | 图 1a)/K.20                                       | $U_{c(\max)} = 4 \text{ kV}$<br>见注2                          | 10   | 双方同意的<br>“一次保护”   |             |
|          |        | A + B 与 E<br>间  | 图 1b)/K.20                                       | $U_{c(\max)} = 4 \text{ kV}$<br>见注2                          | 10   | 双方同意的<br>“一次保护”   |             |
| 3<br>(a) | 电力线路感应 | A + B 与 E<br>间  | 图 2/K.20<br>$R_1 = R_2 = 600 \Omega$<br>$S_2$ 动作 | $U_{ac(\max)} = 300 \text{ V}_{\text{rms}}$<br>200 ms<br>见注3 | 5    | 双方同意的<br>“一次保护”   | § 7,<br>标准A |
| 3<br>(b) | 电力线路感应 | A + B 与 E<br>间  | 图 2/K.20<br>$R_1 = R_2 = 200 \Omega$<br>$S_2$ 动作 | 见注4  | 1    | 双方同意的<br>“一次保护”   | § 7,<br>标准B |

注1 — 当双方同意的一次保护的最高冲激点火电压低于1kV时,主管部门可降低 $U_{c(\max)}$ 值。

注2 — 主管部门可改变 $U_{c(\max)}$ , 以满足本地区的要求。

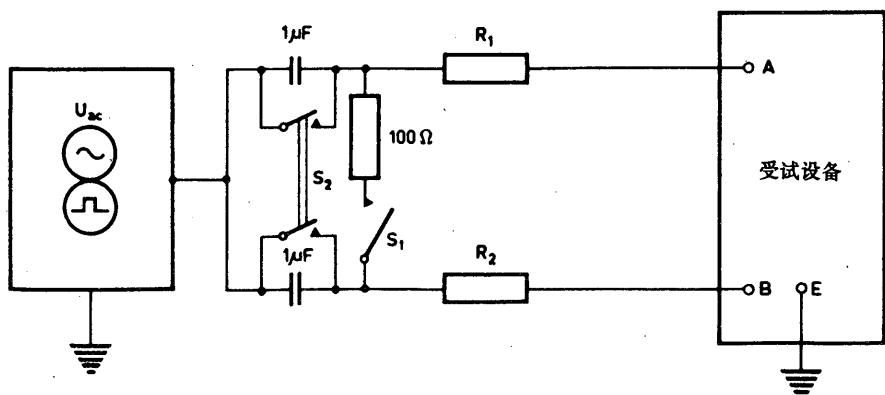
注3 — 主管部门可采用较低的 $U_{c(\max)}$ 值, 并改变施加电压的持续时间。

注4 — 电压和持续时间应按照CCITT的《导则》或主管部门可能规定的其它极限值。



CCITT-57252

图1/K. 20



CCITT-57262

图2/K. 20

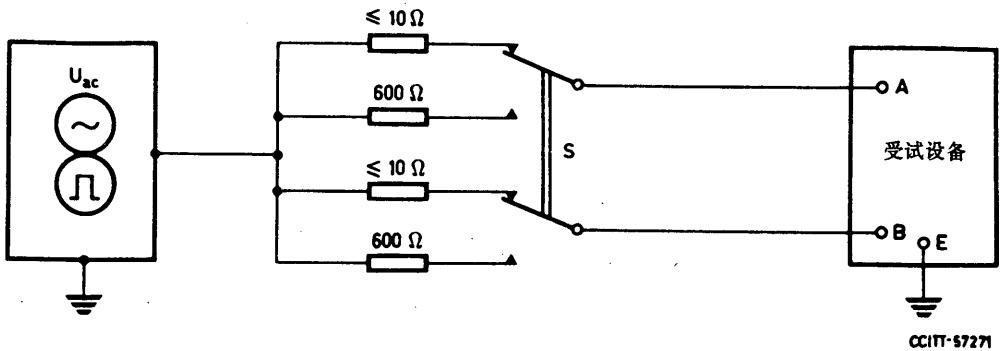


图3/K. 20

## 附 件 A

(附于建议 K. 20)

### 关于试验条件的说明

#### A. 1 雷电电涌

##### A. 1. 1 模拟电路的动作情况

图 A-1/K. 20画出了图1/K. 20中的试验发生器与一个作为举例的交换电路相连接的情况,该交换电路的总配线架上装有“一次保护”,而交换设备本身装有“二次保护”。除图1/K. 20的试验发生器外,所有电路布局和元件值纯粹是为了解释而选定的,不能作为一些推荐的做法。

当充电电压逐步升高时,图 A-1/K. 20电路中各点的电压和电流如图 A-2/K. 20中所示。

对于  $U_c = 0 \sim 300 \text{ V}$  时,电流只流经设备中的  $100 \Omega$  的电阻。

当  $U_c = 300 \text{ V}$  时,“二次保护”动作,电流  $I_r$  更迅速地增加。

当  $U_c = 2385 \text{ V}$  时,“一次保护”两端的电压  $U$  升到本例中的  $U_s = 700 \text{ V}$ ,  $I_r$  达到它的最大值  $3 \text{ A}$ 。

当  $U_c = 2385 \text{ V}$  时,“一次保护”动作,其后总电流更迅速地增加,在  $U_c = 4 \text{ kV}$  时达  $100 \text{ A}$ 。然而,电压  $U$  降到一个较低的值,流入设备的电流  $I_r$  也降到一个很低的值,并且实际上变成与  $U_c$  无关。

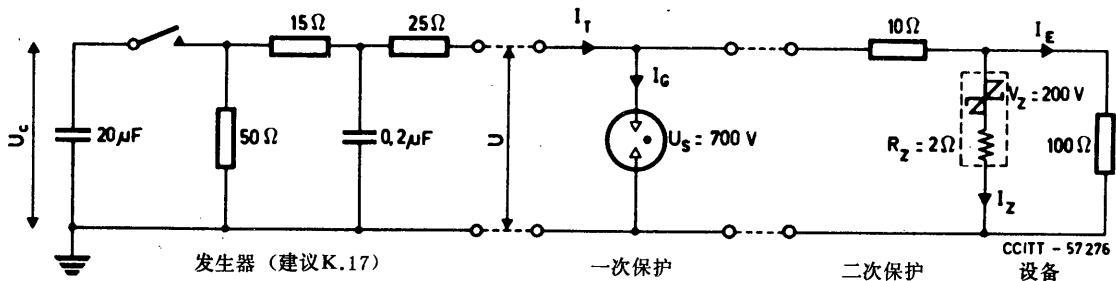
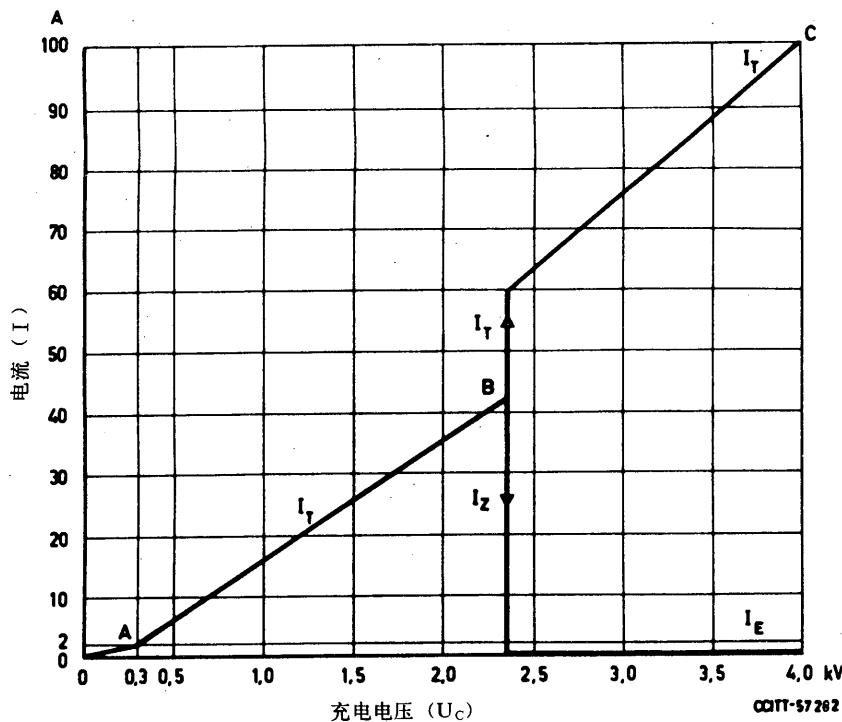


图 A-1/K. 20



图中各点的电压和电流值

| 图中的点           | $U_c$ | $U$ | $I_T$ | $I_G$ | $I_Z$ | $I_E$ |
|----------------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|
|                | (V)   | (A) |       |       |       |       |
| A : 二次保护动作     | 300   | 200 | 2     | 0     | 0     | 2     |
| B : 在气体放电管放电前  | 2385  | 700 | 42    | 0     | 39    | 3     |
| B : 气体放电管开始放电后 | 2385  | 30  | 59    | 59    | 0     | 0.3   |
| C : $U_c$ 最大值  | 4000  | 30  | 100   | 100   | 0     | 0.3   |

图 A-2/K. 20

### A. 1.2 保护器件的作用

当  $U = U_s$  时，“一次保护”动作，因而有以下两个作用：

- 限制了施加在设备上的最大电压，从而限制了设备必须承受的与设备内阻有关的最大电流值；
- 使电压  $U$  和电流  $I$  产生非常迅速的变化，这种变化通过电感性或电容性耦合会到达交换设备中的那些不明显地遭受线路电压的敏感部件上。

根据上述理由，主管部门和设备提供者应该对该使用的“一次保护”进行协商，而在试验时要为设备使用者提供这种保护或模拟这种保护。试验时应考虑这种保护元件的容差。

### A. 2 电力线路感应

感应电压很可能更多地发生在长的线路上，而且一般情况下，在用户线路没有提供低阻接地的地方，感应电压可看作一个由  $600 \Omega$  导线电阻和  $1\mu F$  线路对地电容串联而成的高阻抗源，如图 A-3/K. 20 中所示。表 2/K. 20 中的试验 3(a) 和试验 3(b) 分别代表为长线路和短线路提出的典型要求，但它们不一定是为极端条件而

准备的。图 A-3/K. 20 中所示的气体放电管只装在遭受感应的线路上。这种气体放电管在图 2/K. 20 中用  $S_2$  代表，而电话机则用  $S_1$  代表。

CCITT《导则》允许普通电力线路引起的最高感应电压为 430 V，高可靠性电力线路引起的最高感应电压为 650 V。但是，大多数主管部门期望，除处于“暴露”环境的线路外，此电压要在 300 V 以下。

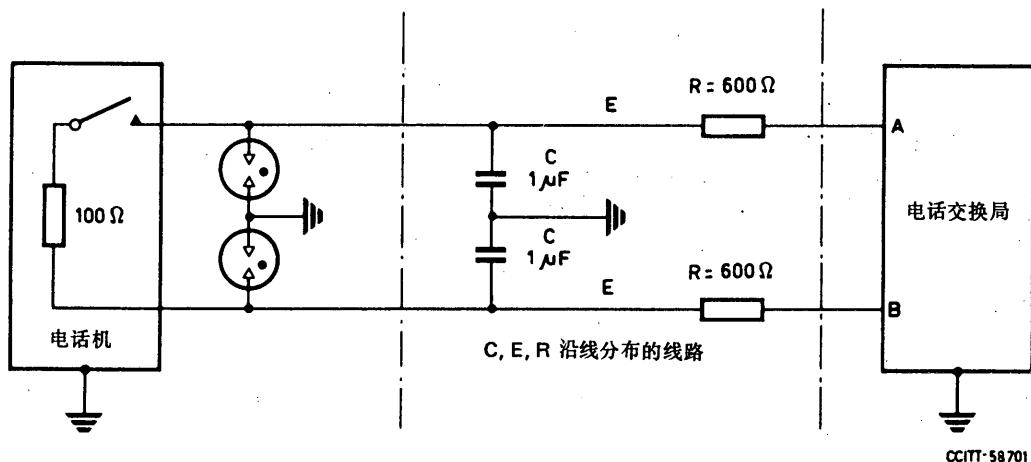


图 A-3/K. 20

### A. 3 与电力线路接触

由于电信网的线路或电缆故障、有故障的或未被批准的用户设备以及其它原因，可能与市电电力线直接接触。这种接触可能不会使电力系统的断路器动作。直接接触而引起的交流电流使得进行有效的保护非常困难而且造价昂贵。因为这种事件很少发生，所以不要求设备承受由直接接触产生的过电压和过电流，允许在一定程度上产生一些故障。

对设备产生危害的两种特殊情况可能发生：

- 在交换局附近发生接触故障，那里电缆回路和交换终端的合成阻抗低，产生的电流大。这种条件在图 A-4/K. 20 的试验中用 220 V 电源经 10 Ω 电阻来模拟。
- 在离交换局最远的地方发生接触故障，那里电缆回路和交换终端的合成阻抗高，产生一个小而有害的持续电流。这种条件在图 A-4/K. 20 的试验中用 220 V 经 600 Ω 电阻来模拟。

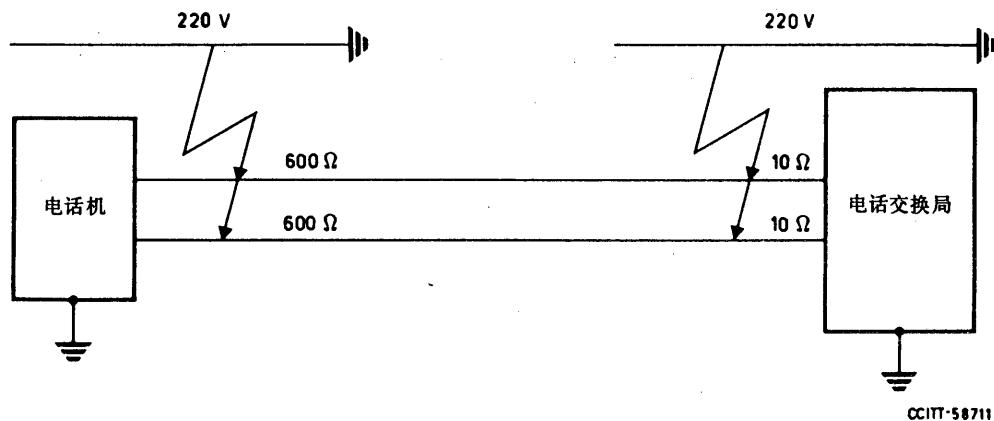


图 A-4/K. 20

## 用户终端耐过电压和过电流的能力

(墨尔本, 1988)

### 引言

CCITT 第 V 研究组制定本建议, 是为了满足使用或设计用户设备的主管部门和生产厂家的迫切需要。请读者注意, CCITT 正在进一步研究下列题目:

- 地电位升高;
- 电的快速瞬变;
- 市电端口与电信端口之间壁垒的各种运行试验;
- 高频电力电压的电涌;
- 市电电压的短时中断。

当这些研究工作完成之后, 本建议可能有所扩充。

### 1 建议的目的

当本地用户线路与现代电信设备相连时, 在偶然的情况下, 这些线路上所产生的过电压或过电流可能使设备遭到损坏。这些情况的产生概率及量值随许多因素, 例如地理、气候、建筑方法、屏蔽效应等而变化。在市电电源中由静电放电或瞬变电涌所引起的过电压或过电流电涌, 也可能损坏设备或使它误动。本建议试图建立基本的试验方法, 其细节可能变更以适应特殊的局部环境, 而且有助于预测遭受这些过电压或过电流的设备的安全性。

在现有的建议中, 叙述了应当施加于用金属线直接接至平衡线对的设备的试验。关于与同轴电缆和光缆相连接的设备的进一步研究正在进行中。

建议中假定在“暴露”区内, 设备的外面装有线路保安器。各主管部门将独立地决定各自的保护对策。在作出这种决断时, 应遵照建议 K. 11 中的指导意见, 而且应考虑与设备相连接的线路路由以及它的位置。

### 2 范围

本建议主要涉及台式设备。建议 K. 20 涉及由中央电池组供电的交换设备。对于更复杂的用户设备, 各主管部门应选用认为合适的建议 K. 20 或 K. 21。

建议只涉及典型试验。考虑到在试验一个复杂的用户设备时的困难, 建议的注意力集中于在电信线路和市电电源的输入端要做的一系列试验。这些试验应在设备正常使用期间任何选择的阶段中进行。

因为设备既可能用于“暴露”环境, 也可能用于“非暴露”环境, 因此, 应在装有线路保安器和不装线路保安器的条件下进行试验。

对于雷电电涌的试验而言, 假设电力系统接地端子与电信设备接地之间电的连接能够实现。对不可能这样做的情况下的特殊试验要求, 正在进行研究。

电力线感应试验只应用于纵向影响, 横向电涌的试验要求正在进一步研究。

关于地电位升高, 如电力线路系统故障时可能引起地电位升高的一些问题, 目前没有包括在建议中, 但正在进行研究。

本建议也还没有包括电的快速瞬变要求, 正在研究电信线路和市电线路的试验要求。

本建议主要是涉及设备的可靠性,尽管它能提供一定程度的安全性,但它本身对完全保护使用者是不够充分的。应当遵循使用设备的国家有关用电安全的国家标准。此外,本建议不打算确定设备是否会对被连接的电信网产生危害影响。低频感应电压或射频干扰对设备的干扰没有被包括在内。

### 3 过电压和过电流的条件

本建议包括的过电压或过电流有下列几方面:

- 线路设施或其附近遭直接雷击或间接雷击所引起的电涌;
- 邻近的电力线路或电气化铁道系统引起的50/60 Hz 短时间感应电压,通常发生在这些线路或系统出现故障时;
- 电信线路与电力线路间的直接接触,通常具有低电压特性;
- 接触设备的使用者或邻近的别的设施所产生的静电放电;
- 向设备供电的市电电源上的瞬变电涌。

### 4 设备的边界

由于设备的多样化,有必要将每个单元视为一个有三个或更多端子 A、B 等和 E(地)的“黑盒子”。设备内可能已装有某些保护器件,例如分布在线路板上或接在内部端子上。为便于试验,希望生产厂家规定“黑盒子”的边界,并把设备内所含的任何保护器件看作为该设备的一个不可改变的部分。在备有辅助通信引线,例如接至一个延伸部分或作为信令接地的地方,这些引线应看成为增加了待试端子的数目,例如 A、B、C、D 等和 E(地)。

### 5 试验条件

除另有说明外,下列一般条件适用于 § 7、§ 8 和 § 9 中所规定的所有试验:

- 1) 所有试验均为典型试验。
- 2) 要在设备上进行试验的输入端,应由生产厂家加以标识,并标出 A、B、C、D 等以及 E(地)。
- 3) 在进行 § 7 和 § 9 所规定的试验时,对使用期间人员有可能接触的那些部分要用金属箔将其包住,并将金属箔接到接地端子 E 上。
- 4) 设备应在任何持续时间足够长的工作状态下进行试验。
- 5) 设备应在其使用的温度和湿度范围内通过 § 7 和 § 9 中所列的试验。
- 6) 表1/K. 21中的某些试验需要附加双方同意的“一次保护”。目前,常用电涌保安器如气体放电管来保护受影响的用户线路。人们认识到,在大多数情况下,为了对付高电涌电流,有必要安装一些这类保护器件,而且当这些保安器动作时,使用户设备遭受到其它已变化了的条件。因此,拟使用的外部保安器的特性应由设备供货方与主管部门双方进行协商。当进行装有外部保安器的试验时,采用本建议所包括试验的主管部门,可随意选择这种保安器,其特性在这些指定器件可接受的范围内。  
特性在商定范围内的保安器应当用于表1/K. 21所指定的地方。在完成每一种试验序列后,可以换用一个新的保安器组。或者,某些主管部门也可以选择不用外部保安器,并修改施加电压值和持续时间,使向设备所施加的条件能合理地与表1/K. 21的条件下所预期发生的条件相同。

- 7) 在已规定最高电压的所有情况下,如有必要证实设备将能耐受最高规定值以下的任何电压的话,也应在较低的电压下进行试验。
- 8) 每种试验应当进行的次数列于表1/K. 21中。两次试验的时间间隔应为1分钟,而在脉冲试验时,相邻脉冲的极性应相反。
- 9) 电力线路感应和与电力线路接触试验,应当在所在国家交流供电线或电气化铁道所用的频率上进行。

## 6 允许的故障或损坏

故障或损坏有两个等级:

- 标准 A — 设备将能承得起试验而无损坏或其它扰乱(如软件出错或故障保护装置发生误动作),而且在试验之后,应在规定的范围内正常运行。当试验条件存在时,不要求能正常运行。  
如经主管部门特许,试验可允许引起熔丝或其它器件动作,而在恢复正常运行之前必将它们更换或使它们复原。
- 标准 B — 试验不应引起设备着火。发生的任何损坏或持久性的故障应局限于少量的外线接口电路。

考虑到可能产生标准 B 的条件是很少有的,因此,对它们进行彻底的保护是不经济的。

## 7 关于雷电电涌、电力线路感应和与电力线路接触的试验

用于三种过电压或过电流条件的试验电路如下:

- 图1/K. 21: 雷电电涌;
- 图2/K. 21: 电力线路感应;
- 图3/K. 21: 与电力线路接触。

设备应按表1/K. 21进行试验。

## 8 静电放电试验

应遵循 IEC 出版物801-2[1]的要求。当设备按 IEC 出版物801-2的严厉等级2和4进行试验时,应满足本建议的标准 A。选定这两个严厉等级是因为严厉等级 2 的上升时间比严厉等级 4 的上升时间快得多。这个快速上升时间可能耦合进入敏感电路而产生误动作,而且需要估价由于软件出错而引起的误动,而不是能量耗散。

然而,当主管部门认为合适时,可以使用替代的试验严厉等级。此外,主管部门也可以选择将标准 A 的条件放松到一个限制的范围内。

## 9 关于用市电电源供电的设备的试验

由市电电源供电的设备应进行下列试验,以保证设备能适当地耐受因雷击或其它原因,如带负载开关操作,在电力导体上所引起的高电压电涌。

受测设备应在电源正常供电条件下进行试验,而且试验时要模拟每种足够长时间的运行状态下的条件来使设备终接电信线路。

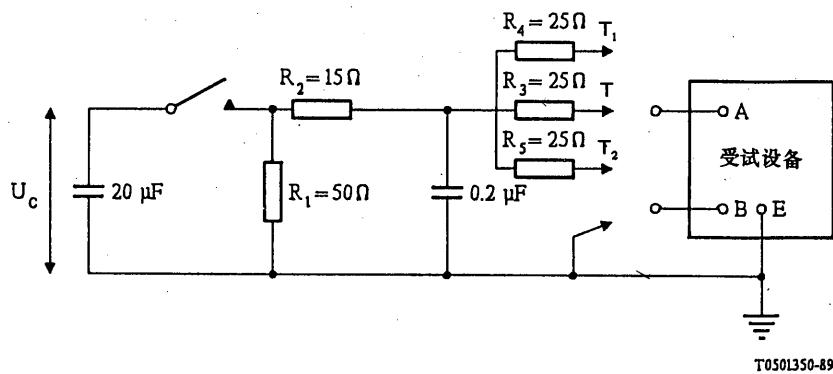


图1/K. 21  
雷电电涌的试验电路

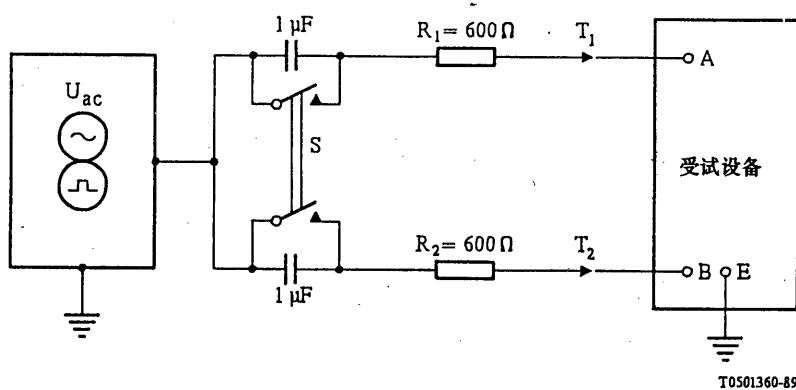


图2/K. 21  
电力线路感应的试验电路

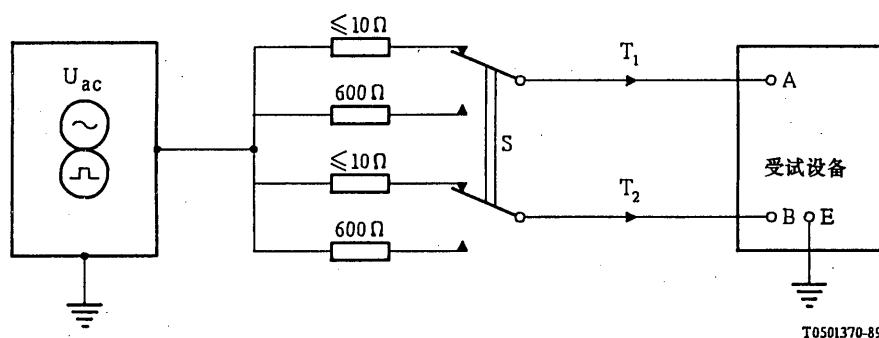


图3/K. 21  
与电力线路接触的试验电路

表1/K. 21

| 序号 | 试验      | 端子接法                                     | 试验电路                              | 最高试验电压和持续时间  | 试验次数         | 附加保护<br>[见§ 5<br>的6)] | 接受标准<br>(见§ 6) |
|----|---------|--|-----------------------------------|--|--------------|-----------------------|----------------|
| 1  | 雷电电涌模拟  | T 依次与A、B等相连接，其它设备端子接地 (注1)               | 图 1/K.21                          | $U_c = 1.0 \text{ kV}$<br>(注2)                                   | 10           | 无                     | 标准A            |
|    |         |  |                                   | $U_c = 4 \text{ kV}$<br>(注3)                                     | 10           | 双方同意的“一次保护”           | 标准A            |
|    |         | T <sub>1</sub> 接 A<br>T <sub>2</sub> 接 B | 图 1/K.21                          | $U_c = 1.5 \text{ kV}$<br>(注2)                                   | 10           | 无                     | 标准A            |
|    |         |  |                                   | $U_c = 4 \text{ kV}$<br>(注3)                                     | 10           | 双方同意的“一次保护”           | 标准A            |
| 2  | 电力线路感应  | T <sub>1</sub> 接 A<br>T <sub>2</sub> 接 B | 图 2/K.21<br>S 不动作                 | 对于 200 ms<br>$U_{ac(max)} = 300 \text{ V}_{\text{rms}}$<br>(注4)  | 5            | 无                     | 标准A            |
|    |         |  | 图 2/K.21<br>S 动作                  | (注5)   | 1            | 双方同意的“一次保护”           | 标准B            |
| 3  | 与电力线路接触 | T <sub>1</sub> 接 A<br>T <sub>2</sub> 接 B | 图 3/K.21<br>开关S 在每个位置上都要进行试验 (注6) | 对于 15 min<br>$U_{ac(max)} = 230 \text{ V}_{\text{rms}}$<br>(见注4) | 在S 的每个位置上各1次 | 无                     | 标准B            |

注1 — 在进行试验时，接地可能妨碍正常工作条件的建立。在这种情况下，应该采用变通的试验程序（如用低压火花间隙或其它变通方法接地），以满足这个试验的要求。

注2 — 为适应当地情况，例如为了避免使用保安器或与常规所用保安器的冲激点火电压相协调，主管部门可选择其它的 $U_{C(max)}$ 值。

注3 — 主管部门可改变 $U_{C(max)}$ 值，以满足本地区的要求。

注4 — 主管部门可规定较低的 $U_{ac(max)}$ 值，并可改变试验的持续时间，以满足本地区的要求（例如本地的市电电压）。

注5 — 电压和持续时间应按照CCITT的《导则》或主管部门可能规定的其它极限值。

注6 — 在进行这些试验期间，熔丝、熔丝缆等可留在电路中。布线中传导的电流应不会引起设备所在房屋着火的危险。

对于不符合以下 a) 的设备,当按照以下 b) 进行试验,将电涌施加在相线、中线和设备的保护接地端子间时,应满足本建议的标准 A 的要求。

a) 绝缘配合

IEC 出版物 664[2] 叙述了用市电电源供电的设备(包括电信设备)的过电压种类与供电网中所产生的过电压的关系。预计大多数用户设备将在 11 类过电压条件下安装,它的市电电源端的最大电涌电压为 2.5 kV(峰值)。考虑这一事实和某些关于大气污染(如灰尘)以及绝缘质量等其它假定,IEC 664 向 IEC 标准委员会提出了关于设备间隔和蠕动距离在协调方面的指导意见,使设备在寿命期内可期望具有适当的性能。

IEC 664 中的指导意见已被纳入 IEC 出版物 950[3]。在以下 c) 所述的各种情况下,采用 IEC 950 设计和试验的绝缘间隔的电信设备不必再进行本建议中所述的更进一步的试验。

b) 无绝缘配合

在不依靠绝缘配合的情况下,设备应按参考文献[3]至[5]中所规定的进行试验。

c) 异常过电压

在电扰动的幅度异常大或只是大于试验所采用值的情况下,建议在终端设备外采取附加保护措施,例如:

- 介质强度比市电电源进线高(或 10 kV 左右)的电源变压器;
- 过电压限制器件,诸如避雷器、空气隙、非线性电阻器等;
- 综合使用以上两种措施。

注 1 — 对 9a) 的情况而言,有一个国家的经验已经证明,CCITT 建议 K. 17 的发生器可用 10/700  $\mu$ s 的波形和  $40 \Omega$  的内阻抗来代替。 $V_c(\max) = 2.5 \text{ kV}$  保证了工作于标称电压为 230/400 V 的低压配电系统的负载级接口上的设备具有满意的性能。

注 2 — 要注意的是与市电端子和电信线路端子之间电的隔离有关的安全事项。这些一般都有国家规章进行规定,必须遵守各自国家的这些规章。

## 参 考 文 献

- [1] IEC publication 801-2, *Electromagnetic compatibility for industrial-process measurement and control equipment, Part 2: Electrostatic discharge requirements*, Geneva, 1984.
- [2] IEC publication 664 *Insulation co-ordination within low-voltage systems including clearances and creepage distances for equipment*, Geneva, 1980.
- [3] IEC publication 950 *Safety of information technology equipment including electrical business equipment*, Geneva, 1986.
- [4] ANSI/IEEE Standard C 62.41, *IEEE guide for surge voltages in low-voltage AC power circuits*, New York, 1980.
- [5] CENELEC ENV 41003 *Particular requirements for information technology equipment when connected to a telecommunication network*, Brussels, 1988.

## 连接到 ISDN T/S 总线的设备的耐过电压能力

(墨尔本, 1988)

### 1 概述

本建议的目的是建立与内部的 ISDN T/S 总线相连接的电信设备耐电能力的基本试验方法和标准。当评价直接与电信网相连接的设备的耐电能力时, 应遵循建议 K. 21。

### 2 范围

本建议涉及试图接到 ISDN 装置中 4 线 T/S 总线的任何终端设备。假定在电信网和 T/S 总线之间已在网络终端配备了合适的隔离。而且假定 S 总线不接地, 例如没有使用具有非线性特性的接地的电压限制器件。在上述这些假定不能成立的情况下, 应遵循建议 K. 21。

### 3 过电压和过电流的条件

本建议包括的过电压和过电流有下列几方面:

- 雷击电信线路或装有设备的大楼时所引起的电涌;
- 接触设备的使用者或邻近设施所产生的静电放电;
- 向设备供电的市电电源上的雷电瞬变电涌。

### 4 设备的边界

由于设备的多样化, 有必要将每个单元视为一个有三个或更多端子 A、B、……等的“黑盒子”。设备内可能已经装有某些保护器件, 例如分布在线路板上或接在内部端子上。为便于试验, 希望生产厂家规定“黑盒子”的边界, 并把设备内所含的任何保护器件看作为该设备的一个不可改变的部分。

### 5 试验条件

下列一般条件适用:

- 1) 所有试验均为典型试验。
- 2) 要在设备上进行试验的输入端, 应由生产厂家加以标识, 并标出 A、B、……等。
- 3) 在只进行 § 7 和 § 9 的试验时, 对使用期间人员有可能接触的部分要用金属箔将其包住, 并将金属箔(如果有的话)与接地端子相连。
- 4) 设备应在每一种持续时间足够长的工作状态下进行试验。
- 5) 设备应在其使用的温度和湿度范围内通过 § 7 和 § 9 中所列的试验。
- 6) 在已规定最大电压的所有情况下, 如果有必要证实设备能承受最大规定电压以下的任何电压, 设备也应在较低的电压下进行试验。

## 6 试验结果

设备应承受所有试验而没有损坏或其它故障,例如软件出错,故障保护设施误动等,而且在试验之后应能在规定的范围内正常运行。当试验条件存在时,不要求正确运行。

如经主管部门特许,试验可允许引起熔丝或其它器件动作,而在恢复正常运行之前必须将它们更换或使它们复原。

## 7 电涌试验

### 7.1 试验电路

可以使用三种可替换的试验电路:

- 开路电压波形为 $1.2/50 \mu\text{s}$ 和短路电流波形为 $8/20 \mu\text{s}$ 的电涌发生器;
- 开路电压波形和短路电流波形为 $2/10 \mu\text{s}$ 的电涌发生器;
- 开路电压波形为 $1.2/50 \mu\text{s}$ 和相应的短路电流波形的电涌发生器。图1/K. 22为典型试验电路。由电涌发生器提供的短路电流应在100 A左右。

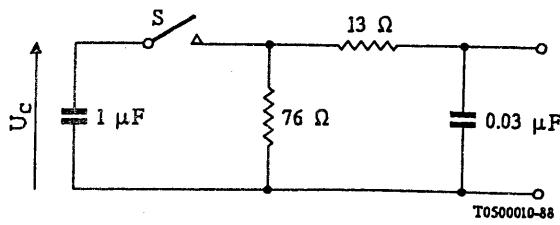


图1/K. 22

典型的电涌发生器电路(见§ 7.1)

### 7.2 试验

电涌发生器的开路电压应为1 kV。电涌发生器应经过图2/K. 22所示的电路接至受试设备。应用正负交替的极性,进行10次试验。

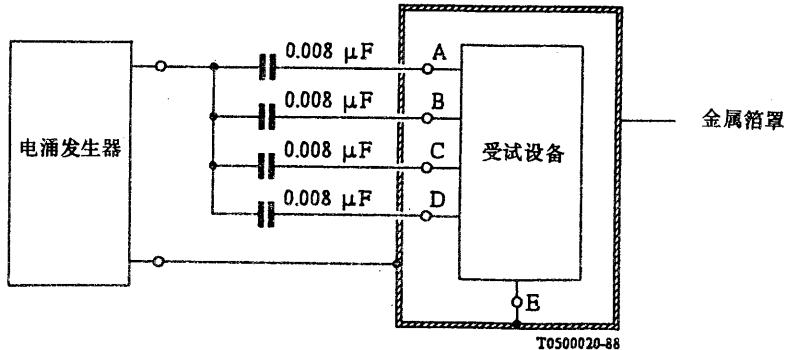


图2/K. 22

电涌发生器与受试设备的连接(见§ 7.2)

## 8 静电放电试验

当设备按 IEC 出版物 801-2[1] 的严厉等级 2 和 4 进行试验时, 应满足该出版物提出的要求。选用两个严厉等级的目的在于保证设备在快速的上升时间和高试验电压条件下进行试验。

## 9 关于用市电电源供电的设备的试验

由市电电源供电的设备应进行下列试验, 以保证设备能适当地耐受因雷击或其它原因(如带负载开关操作)在电力导体上所引起的高电压电涌。

受测设备应在电源正常供电和模拟每种足够长时间的运行状态下的条件使设备终接电信线路的情况下进行试验。

对于不符合以下 a) 的设备, 当按照以下 b) 进行试验, 将电涌加在相线、中线和设备的保护接地端子间时, 应满足本建议 § 6 的要求。

### a) 绝缘配合

IEC 出版物 664[2] 叙述了用市电电源供电的设备(包括电信设备)的过电压种类与电网中所产生的过电压的关系。预计大多数用户设备将安装在 11 类过电压条件下, 它的市电电源端的最大电涌电压为 2.5 kV(峰值)。考虑这一事实和某些关于大气污染(如灰尘)以及绝缘质量等其它假定, IEC 664 向 IEC 标准委员会提出了关于设备间隔和蠕动距离的协调方面的指导意见, 使设备在寿命期内可期望具有适当的性能。

IEC 664 中的指导意见已纳入 IEC 出版物 950[3] 中。在以下 c) 中所述的各种情况下, 采用 IEC 950 设计和试验的绝缘间隔的电信设备不必再进行本建议中所述的更进一步的试验。

### b) 无绝缘配合

在不依靠绝缘配合的情况下, 设备应按参考文献[3]至[5]中所规定的进行试验。

### c) 异常过电压

在电扰动的幅度异常大或只是大于试验所采用值的情况下, 建议在终端设备外采取附加保护措施, 例如:

- 介质强度比市电电源进线高(10 kV 左右)的电源变压器;
- 过电压限制器件, 诸如避雷器、空气隙、非线性电阻器等;
- 综合使用以上两种措施。

注 1 — 对 a) 的情况而言, 有一个国家的经验已经证明, CCITT 建议 K. 17 的发生器可用 10/700  $\mu$ s 的波形和  $40 \Omega$  的内阻抗来代替。 $V_c(\max) = 2.5$  kV 的试验电压保证了工作于标称电压为 230/400 V 的低压配线系统的负载级接口上的设备具有满意的性能。

注 2 — 要注意与市电端子和电信线路端子之间的电气壁垒有关的安全事项。这些一般都有国家规章进行规定, 必须遵守各自国家的这些规章。

注 3 — 读者要注意, CCITT 正在进一步研究下列题目:

- 地电位升高;
- 电的快速瞬变;
- 市电端口与电信端口之间壁垒的各种运行试验;
- 高频市电电压电涌;
- 市电电压的短时中断。

当这些研究工作完成之后, 本建议可能有所扩充。

## 参 考 文 献

- [1] IEC publication 801-2 *Electromagnetic compatibility for industrial-process measurement and control equipment, Part 2 : Electric discharge requirements*, Geneva, 1984.
- [2] IEC publication 664 *Insulation coordination within low-voltage systems including clearances and creepage distances for equipment*, Geneva, 1980.
- [3] IEC publication 950 *Safety of information technology equipment including electrical business equipment*, Geneva, 1986.
- [4] ANSI/IEEE Standard C 62.41 *IEEE guide for surge voltages in low-voltage AC power circuits*, New York, 1980.
- [5] CENELEC ENV 41003 *Particular requirements for information technology equipment when connected to a telecommunications network*, Brussels, 1988.

建 议 K. 23

## ISDN 基本用户网络的感应噪声类型 和噪声电压参数的描述

(墨尔本, 1988)

### 1 本建议的目的

CCITT 第 V 研究组制定本建议, 是为了满足主管部门, 生产厂家和用户的迫切需要。他们在设计和使用 ISDN 时, 应当估算设备对感应噪声的抗扰性。

本建议对能使传输质量劣化和使设备误动的感应噪声类型进行了划分, 并提出了应该估算的噪声电压参数。

### 2 范围

本建议包括电缆线对(包括住宅室内线)上感应噪声电压所引起的设备性能劣化。这些感应电压是由电缆外面的感应源或其它电信系统产生的。然而, 本建议不包括电缆传输特性(如串音特性)而引起的干扰。

本建议考虑了在用户室内金属线对的 ISDN 接口上的感应噪声电压特性。本建议所包括的接口位置是 S 和 T 接口(见建议 I. 430)以及 NT1 的两线接口。

构成 S/T 总线的电信线路可能局限于一幢房屋或把两幢分开的房屋连接起来。连接用的电信线路可以是架空的, 也可以是地下的。

### 3 影响 ISDN 的感应噪声类型

#### 3.1 电压模式

应考虑两种电压模式: 纵向电压和横向电压。图1/K. 23说明了感应在电信线路中的纵向电压和横向电压的定义。

当设备接口处出现纵向电压时, 可能会使设备误动。横向电压是由于传输线路和输入终端设备阻抗不平衡而从纵向电压转换而来的, 与感应源直接耦合也能感应横向电压。横向电压可能会使传输质量降低。因此, 纵向电压和横向电压均应考虑(图2/K. 23)。

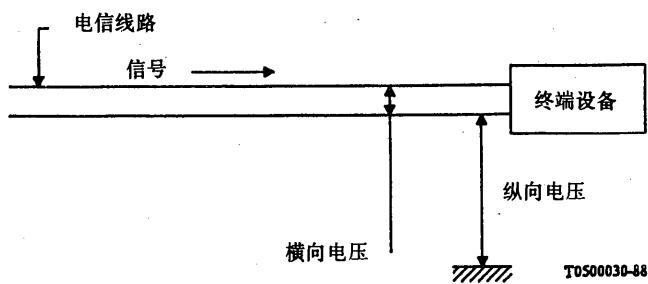


图1/K. 23

感应电压模式

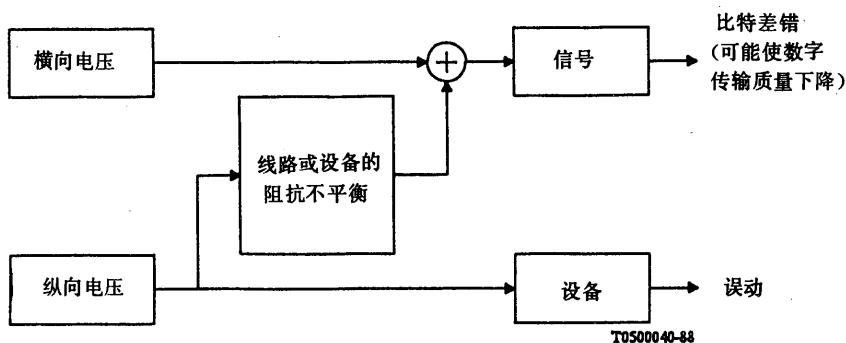


图2/K. 23

纵向电压和横向电压对数字传输线路的影响

### 3.2 感应噪声电压的波形

从波形分,感应噪声电压可分成连续噪声电压(如广播电波)和瞬变噪声电压(如开关噪声电压)。

连续噪声波形可以从频谱的各个分量中再现出来。连续噪声使信噪比(S/N)降低,可能导致误码率增加。

另一方面,瞬变噪声电压波形是由火花型波组成的。因为瞬变波的脉冲宽度比两个瞬变波间的持续时间短得多,每个瞬变波可按独立的波来处理。因此,为了估算数字传输质量,必须知道瞬变噪声电压超过判决电压的总时间。为了估算设备误动,应当考虑噪声波形的上述特点。

### 3.3 设备性能分类

以上所述的感应噪声对设备性能和传输质量有若干不同的功能影响,可分成下列几类:

- 1) 性能或功能没有损失;
- 2) 功能或性能暂时损失,但能自复;
- 3) 功能或性能暂时损失,需要进行操作或系统的复位;
- 4) 由于设备(部件)损坏或由于连续的干扰而产生的不能恢复的功能损失。

表1/K. 23列出了在传输线上产生感应电压的各种噪声源。同时也列出了上述1)至4)的设备性能和传输质量劣化的分类以及对各种噪声源需考虑的接口。

表1/K.23

感应噪声源分类, 需估算的波形, 需估算的干扰以及所涉及的线路接口

| 感应噪声源<br>(注1)   |                  | 需估算的波形         |      | 设备性能分类<br>(见 § 3.3) |   |   |   | 需考虑的接口 |           |
|-----------------|------------------|----------------|------|---------------------|---|---|---|--------|-----------|
|                 |                  | 连续噪声           | 瞬变噪声 | 1                   | 2 | 3 | 4 | 两线 NT  | S 和 T     |
| 外部感应噪声源         | 从辐射源耦合到电信线路      | ① 无线电广播        | X    |                     | X |   |   | X      | X         |
|                 |                  | ② 移动无线电收发      | X    |                     | X | X | X | X      | X         |
|                 |                  | ③ 电力线路<br>(室外) | X    | X                   | X | X | X | X      |           |
|                 |                  | ④ 电气化铁道        | X    | X                   | X | X | X | X      |           |
|                 |                  | ⑤ 雷电           |      | X                   | X | X | X | X      | X         |
|                 |                  | ⑥ 汽车引擎点火       |      | X                   | X | X | X | X      | X         |
|                 |                  | ⑦ 静电放电         |      | X                   | X | X | X | (注2)   | (注2)      |
| 电信系统中的<br>感应噪声源 | 从房屋内的交流电源耦合到电信线路 | ⑧ 用电器械的连续运行    | X    |                     | X |   |   | X      | X<br>(注3) |
|                 |                  | ⑨ 开关操作         |      | X                   | X | X | X | X      | X<br>(注3) |
|                 | ⑩ 模拟电信电路产生的冲激噪声  |                |      | X                   | X | X | X | X      | X         |
|                 | ⑪ 接触噪声(例如在接头处)   |                |      | X                   | X | X | X | X      | X         |

注1 — 这些噪声源中的某些源正在第V研究组的其它课题中进行研究。

注2 — 设备试验, 不考虑接口。

注3 — 试验NT和TE的市电输入端。

#### 4 应该估算的感应噪声电压参数

用各种感应噪声电压波的原始数据来估算传输质量和设备误动,其效率太低。因此,利用通过波形特性分析得出的几个参数来描述波形并建立标准测量方法和标准试验过程是有用的。这样就能有效地估算感应噪声电压对数字传输质量和设备误动的影响。

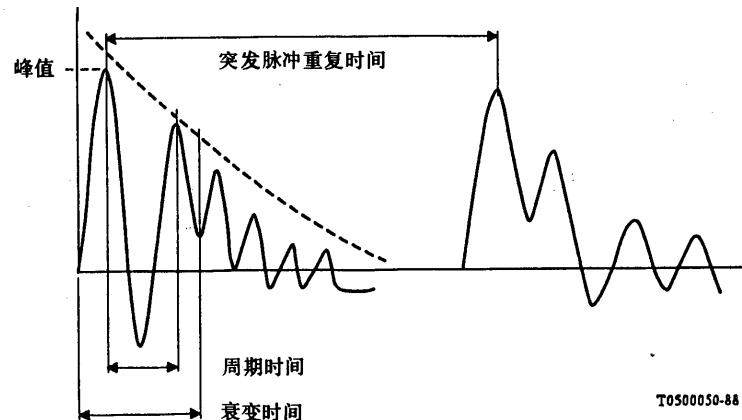
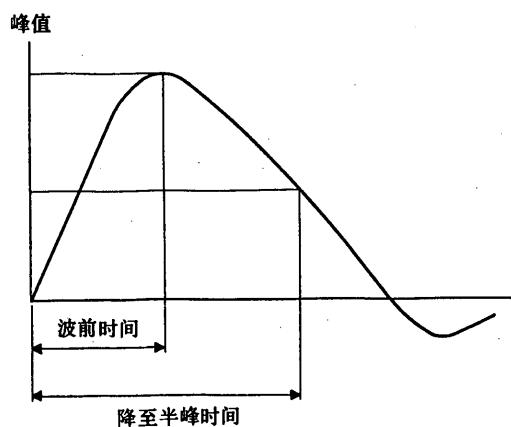
估算连续噪声电压时,应该用频谱幅度作为基本参数,因为根据这些幅度能再现其波形。瞬变噪声电压应该用幅度概率分布、频谱以及在时域中的波形参数(例如突发脉冲的峰值、周期、衰变时间、持续时间等)来估算。这些基本参数能用来设计瞬变噪声模拟器。

表2/K. 23列出了应该估算的一些感应噪声参数。

表2/K. 23  
应该估算的感应噪声电压参数

| 感应噪声波形类型<br>(注) |                           | 频域 |    | 时域 |      |            |      |      |              |            |
|-----------------|---------------------------|----|----|----|------|------------|------|------|--------------|------------|
|                 |                           | 幅度 | 频率 | 峰值 | 波前时间 | 降至半峰<br>时间 | 周期时间 | 衰变时间 | 突发脉冲<br>持续时间 | 幅度<br>概率分布 |
| 连续噪声<br>电压      | 窄带<br>①, ②                | ×  | ×  |    |      |            |      |      |              |            |
|                 | 宽带<br>③, ④                | ×  | ×  |    |      |            |      |      |              |            |
| 冲激噪声<br>电压      | I型<br>⑤, ⑦                | ×  | ×  | ×  | ×    | ×          |      |      |              | ×          |
|                 | II型<br>⑤, ⑥, ⑧<br>⑨, ⑩, ⑪ | ×  | ×  | ×  | ×    | ×          | ×    | ×    | ×            | ×          |

注 — 圆圈序号①~⑪对应于表1/K.23 中所给出的感应噪声源。



II型 — 重复的快速瞬变噪声

## 测量通信线对上的射频感应噪声的方法

(墨尔本, 1988)

### 1 本建议的目的

本建议试图使射频感应噪声的测量方法标准化。这些噪声可能使设备性能和传输质量劣化。感应噪声测量方法的标准化使得电信系统质量能实现国际标准化。

### 2 范围

本建议考虑了任何通信线对上的射频感应噪声测量方法。测量位置在电缆进入房屋的入口点和终端设备的接口点。

需考虑的频率范围为10 kHz 至 30 MHz。

注 — 在30 MHz 以上, 进行测量的技术问题尚未解决, 所以仍在研究中。

### 3 测量射频感应噪声电压的电路

#### 1) 测量的感应噪声电压模式

横向电压和纵向电压均应测量。

#### 2) 电信线路的测量条件

测量时, 应在测量端断开所有电信设备而接入测量终端网络。

##### i) 测量用终端网络

应在电缆进入用户房屋的入口点和终端设备点进行测量。测量时应使用图1/K. 24中所示的 T 网络。T 网络的纵向转换损耗(LCL)应至少比待测电缆的纵向转换损耗值高10 dB(例如, 60 dB 的电缆, 要求70 dB 的测量终端网络)。

注 —  $R_x$  和  $R_y$  的值正在考虑, 要求各主管部门和认可的私营机构(RPOA)用图1/K. 24中所指出的两组数值来进行测量。

##### ii) 参考接地点

可以使用两个参考接地点中的任意一个。按优先使用排列为:1)电缆的屏蔽或2)一次保护接地端子、保护接地或邻近的接地金属构件。因为参考接地点会影响测量结果, 应说明测量时所用的参考接地点。

注 — 测量横向电压时, 可能无需连接至参考点, 但必须仔细考虑测量设备对地的电容。为此, 可以使用电池供电的测量设备。当测量金属的横向电压时, 由市电供电的设备必须使用隔离变压器或平衡—不平衡变换终端网络。

##### iii) 在中心局内使用终端网络

在室内线(诸如 ISDN 的 S/T 接口线路)上测量时, 电缆的远端必须终接。然而, 在本地网络进入用户房屋的点上(诸如 ISDN 的 NT1的2线接口)进行测量时, 如果电缆长度超过1 km, 在远端终接是不重要的。在1 km 以下, 仍有可能在远端没有终接的情况下进行测量, 这要根据干扰信号的频率和本地网的构成来决定。

3) 检测器类型

检测器应具有无线电干扰特别委员会(CISPR)关于无线电测量仪器和测量方法规范(CISPR 出版物 No. 16, 1987)第1节中规定的基本特性。

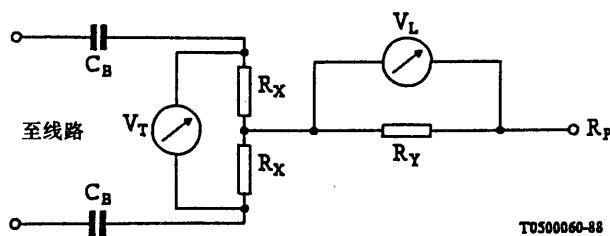
4) 测量的带宽

测量带宽应具有 CISPR 关于无线电测量仪器和测量方法规范(CISPR 出版物, No. 16, 1987)的第1节中所规定的基本特性。

对测量设备进行改进, 缩窄带宽并把合适的测量设备定为标准, 需要与 CISPR 协作进行进一步研究。

5) 测量设备的抗电场能力

试验设备应具有 CISPR 出版物 No. 16 规定的抗电磁场的能力。对于设备扩展使用于电场强度约 3 V/m 至 10 V/m 的地方, 应当提供适当的精度。



$$C_B > 5 \mu F$$

| $R_M (=2R_X)$<br>( $\Omega$ ) | $R_L (= [R_X/2] + R_Y)$<br>( $\Omega$ ) |
|-------------------------------|---|
| 135                           | 90                                      |
| 400                           | 150                                     |

$R_P$  参考接地点

图1/K. 24

射频感应噪声电压测量用终端网络

建 议 K. 25

## 光缆的防雷

(墨尔本, 1988)

1 引言

一般认为利用光纤通信可以免受电涌电流, 如雷电电涌的损害。然而, 不是所有光缆都完全是非金属的。光缆中在安装时提供抗拉强度用的加强元件, 挡潮层, 防啮齿动物护层或修理时用的通信设施都可能含有金属部件。这些部件都可能遭受雷击, 从而使光缆损坏。

如果有适当的绝缘将各个金属部件隔开, 而且光缆的设计考虑了能耐受雷击点的热和机械影响, 光缆损伤可降低到最小的程度。金属元件间的合适的介质强度可防止部件间发生重复起弧。

《电信线路和设备的防雷》手册[1]中所给出的有关电信线路防雷的一般资料,可以用于含金属部件的架空或直埋光缆。

本建议给出下列临时性的意见:

- 指导使用 CCITT 防雷手册[1]来估价光缆防雷的必要性(§ 2)以及选择防护措施,以便把雷电损伤减至最小(§ 3);
- 提出估价光缆抗电能力的试验方法(§ 3.4)。

本建议今后的工作在 § 5 进行叙述。

## 2 保护的必要性

对光缆是否需要防雷,取决于光纤损伤的年频次  $N_d$  以及其容许次数  $N_t$ 。

年损坏率能用 CCITT 防雷手册[1]第7章“电信系统因雷电放电而产生的击穿频次”来估算,也见以下 § 5。

光缆并不发生故障的最大雷电流即是 CCITT 防雷手册第7章公式中所指的允许电流,它是指“次要损伤”,即光缆中的介质击穿。

与产生“主要损伤”有关的允许电流可借助本建议以下 § 3.4 中所述的试验方法来估计。主要损伤是指不能进行传输或光缆防潮能力下降。

如果年损坏率  $N_d$  大于容许的故障次数  $N_t$ ,有必要采取保护措施,以减小  $N_d$ ,使损坏危险尽量减少。  
每个主管部门可以规定其容许故障次数。

## 3 保护措施

在 CCITT 防雷手册[1]的第5 和第6章中已指出了电信网用的保护器件与保护实践。

对于光缆,通常考虑采取下列保护措施:

### 3.1 正确连接光缆的挡潮层

一条光缆的金属挡潮层应该保持连续,即应该接通光缆沿线的所有接头、再生器等处的挡潮层。在光缆长度每一端的终端,金属挡潮层应该直接接地或通过避雷器接地。

### 3.2 在光缆上方使用屏蔽线

保护挡潮层的塑料外护层不因雷电放电而穿孔可能是重要的。如果由于雷击而使土壤相对远地的电位超过挡潮层的聚乙烯护层的击穿电压,就可能发生这种穿孔。

在光缆上方安装屏蔽线,将减少挡潮层的聚乙烯护层穿孔的可能性。

屏蔽线的效果是很可观的,可以根据 CCITT 防雷手册[1]第7章得出。

### 3.3 使用无金属光缆

这种光缆可能适用于雷区和电力线路感应严重的地区。虽然它能减少或防止由这些原因引起的损伤,但对于直埋光缆来说,应该考虑到这种光缆对潮气渗透的抗力较低,而且在今后维护工作中要确定光缆位置极为困难。

### 3.4 使用含金属部件但有合适的耐雷电电涌电流等级能力的光缆

这种光缆在雷暴时可以承载雷电流,但预计这种电流的通过不会产生介质击穿或传输劣化。已为这种光

缆设计了两种试验：其一是确定一般情况下是否具有适当的介质强度，其二是确定耐电涌电流阈值，以选择光缆。这两种试验如下：

#### — 介质强度试验

光缆中互相绝缘的一些金属部件应当成对地考虑。凡金属对间放电时会截断光纤或非金属挡潮层的地方，所有金属对都应进行试验。如果光缆有金属挡潮层，应在此挡潮层和所有与它绝缘的金属部件间进行附加试验。在介质强度试验时，可用交流或直流。对于交流试验，应将频率为50 Hz 或60 Hz 有效值为10 kV 的交流电压施加于金属对上，持续5秒。对于直流试验，应将20 kV 的直流电压施加于金属对上，持续5秒。试验结束后，光缆应无明显的介质击穿或传输劣化的迹象。

#### — 耐电涌电流能力试验

应将1米长的光缆试样浸入湿润的沙中。沙装在一只用硬的非导电材料制成长约0.75米的箱子中。沙应当是粒度为20~40目的二氧化硅沙，应完全用水浸透后将水排干。光缆试样应放入试验箱中，用湿沙在它的四周填实。放电电极应设在靠近试验箱中央的地方，离光缆试样约2.5~5.0 cm。光缆中的所有导电部件应在一端连接在一起构成一端子，并在这个端子与放电电极间施加试验电流。为了能使雷电流流过光缆试样并促使发生这一过程，外面的金属屏蔽或挡潮层外的绝缘外护层应开一条对着放电电极的小缝或洞。试验电流波形可以是单向波形或阻尼振荡波形，其波前为15 μs。阻尼振荡电流的波形的频率应在16~30 kHz 之间，其降至半峰值时间(波尾)应在50~80 μs 之间。单向电流波形的降至半峰值时间应在40~60 μs 之间。在施加幅值逐渐上升的放电电流之后，接着对试样的传输损耗或防潮能力的下降进行试验。这种试验确定了使光缆或传输质量劣化的电涌电流阈值，并帮助主管部门根据雷击损伤的经验来选择有适当可靠性的光缆。

### 4 光纤设备中远供电路的保护

如果远供电路，例如通过光缆供电的电路有可能产生电力线路或雷电的电扰动，宜对这种过电压进行防护。虽然，远供电路通常为对称线对，但远供设备的试验等级大致与同轴电缆的相同(见建议 K. 17)。

### 5 今后的工作

本建议叙述了在目前能得到证实的保护措施和计算方法。

关于光缆保护问题将进一步研究，并典型地包括以下两个方面：

- 对为使光缆和工作人员免受附近电力线路故障所感应的过电压危害的保护与防雷的保护进行协调。就电力线路而言，《导则》[2]所指出的电缆和人身保护的极限值以及预防措施也适用于含金属部件的光缆。也见第 V 研究组1988—1992研究期内的课题6/V。
- 光缆故障率的预测，也见第 V 研究组1988—1992研究期内的课题22/V，并将考虑文稿 COM V-58, 1987。

## 参 考 文 献

- [1] CCITT manual *The protection of telecommunication lines and equipment against lightning discharges*, ITU, Geneva, 1974, 1978.
- [2] CCITT manual *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electric power and electrified railway lines*, ITU, Geneva, 1988.

## 建 议 K. 26

### 电力线路和电气化铁道馈电线路对电信线路危害影响的防护

(墨尔本, 1988)

CCITT 注意到对电信设施有必要进行适当而可靠的保护, 使它们免受邻近电力线路或电气化铁道馈电线路所引起的危险和扰乱。这种危险和扰乱是由系统间的导电性、电容性或电感性耦合引起的。而且电信装置使用者或操作人员的安全需要得到保证。

为了满足这一需要, CCITT 已出版了《关于电力线路和电气化铁道馈电线路对电信线路危害影响的防护导则》, 日内瓦, 1988。它提供了关于估算可能出现的过电压或过电流以及推荐这些条件下的极限值的指南。《导则》也提出了关于测量过电压、过电流和有关参数的方法, 保护器件和保护方法及安全预防措施方面的意见。

《导则》(1988年版)由下列九卷组成:

- 第 I 卷—电信、电力和电气化铁道设施的设计、建设和运行原理
- 第 II 卷—实际情况下感应电压和感应电流的计算
- 第 III 卷—电容性、电感性和导电性耦合: 物理理论和计算方法
- 第 IV 卷—电气化铁道系统的感应电流和电压
- 第 V 卷—输电和配电系统的感应电流和电压
- 第 VI 卷—危险和扰乱
- 第 VII 卷—保护措施和安全预防措施
- 第 VIII 卷—保护器件
- 第 IX 卷—试验和测量仪器及方法

上述各卷在 CCITT 与国际高压大电力系统会议(CIGRE)及国际铁道联盟(UIC)的紧密合作下已经建立。

CCITT 建议, 当电信装置将可能受到邻近电力或电气化铁道线路的影响时, 请各主管部门遵循《导则》(1988年版)所给出的方法找到各自感兴趣的资料。

《导则》(1988年版)取代《关于电力线路对电信线路危害影响的防护导则》(日内瓦, 1963, 1965, 1974, 1978和1982修改补充)。

## **第Ⅱ部分**

### **L系列建议**

**通信电缆、光缆和其他外部设备  
的结构、安装和保护**



# 通信电缆、光缆和其他外部设备 的结构、安装和保护

## 建 议 L. 1

### 在公共网络中通信电缆 的结构、安装和保护

(墨尔本, 1988)

CCITT

#### 考虑到

- (a) 地下电缆故障的定位和这些故障的修理需要大笔费用;
- (b) 必须以最大的注意力来避免由于这些故障的发生而可能引起的通信业务中断;
- (c) 除了外界因素以外, 这些故障的发生主要取决于结构、安装和所应用的保护措施。

#### 一致建议

各主管部门在选用和安装电缆的时候, 务必遵照 CCITT 手册《公共网络外线设备技术》去做。

这本手册, 代替了 CCITT 关于在公共网络中, 通信电缆的结构、安装和保护的诸建议, ITU, 日内瓦, 1974 修订, 1977 和 1986 修改和补充。新手册由下列五个部分组成:

- 第 I 部分: 关于通信电缆结构的基础资料;
- 第 II 部分: 通信电缆及其支撑结构的安装和组合;
- 第 III 部分: 通信电缆的充气维护;
- 第 IV - A 部分: 通信电缆和附件的防蚀;
- 第 IV - B 部分: 通信电缆支撑物和地下结构防止其它危害的保护;
- 第 V 部分: 通信电缆的故障定位和修理。

## 建 议 L. 2

### 木杆的浸渍

CCITT 提请注意对支撑架空电信线路的木杆进行浸渍处理在经济上的重要性。

CCITT 已经发行了一本《架空电信线路支撑木杆的防腐》的手册, ITU, 1974, 日内瓦。以便对各国主管部, 特别是对那些网络尚未完全发展的国家主管部门, 提供一些有关浸渍处理的资料。

这本手册是以 1968~1972 由阿根廷主管部门草拟的第一稿为基础, 并根据澳大利亚、奥地利、智利、法国、意大利、德意志联邦共和国、联合王国和瑞士的主管部门所提供的资料进行修改和补充而成的。

## 电 缆 的 铠 装

(马德普那塔, 1968; 1988修改于墨尔本)

### 1 铠装的类型

1.1 铠装的最普通的形式是:

- a) 钢带铠装 — 在电缆护套外面,采用一层或几层具有短节距的螺旋叠包钢带所组成。
- b) 钢丝铠装 — 采用圆的、扁的或梯形的钢丝以相当大的节距螺旋绕包在电缆护套周围所组成。

1.2 为了结构上和机械上的原因,或者是为了防止腐蚀,这两种类型的铠装都与其它保护层(如黄麻、塑料)共同使用。

### 2 铠装的选择

在决定采用或不采用铠装以及在各种不同类型的结构中作选择时,应当很仔细地考虑当地的安装条件,例如:

- a) 电缆是敷设在管道中还是直接埋在土壤中;
- b) 电缆敷设在道路旁边的沟中还是在私有的土地上;
- c) 电缆护套采用什么样的材料;
- d) 在同一个路由上是否已经有或者可能敷设其它电缆;
- e) 土壤的性质:石质、沙质、有无腐蚀性;有无微生物存在;
- f) 沟的深度,在任何情况下不应小于50 cm,而对大电缆不应小于80 cm;
- g) 感应的危险性;
- h) 啮齿动物或昆虫侵袭的危险性;
- i) 对于雷电的暴露程度;
- j) 线路的容量及重要性是否值得采取特殊的措施,如果认为有必要,钢丝铠装能提供附加的保护,特别是在人孔里;
- k) 是否有需用大长度牵引的要求,例如穿越河底情况(因为这种情况不常有,不需要设想在陆上电缆中加入一根中心加强线的新设计)。

### 3 提供的保护

对于直接埋设在土壤中的电缆,铠装提供了防以下影响的保护而起到使电缆安全安装和运行可靠的作用:

- a) 由于石头和挖掘设备或工具引起的机械损伤;
- b) 啮齿动物或昆虫的侵袭;
- c) 化学的或电解的腐蚀;
- d) 大气放电的影响;
- e) 与电力线接近而引起的感应现象。

## 4 钢带铠装

为了防止由于尖的挖掘工具、石头的尖角等引起的损坏,最好用钢带铠装。钢带铠装对电缆内的回路提供磁屏蔽方面也是有用的,对于这种屏蔽,钢丝铠装的效果要差得多,因为经绕在电缆周围的钢丝之间的空隙大大降低了铠装护层和电缆内导线之间的磁耦合。

## 5 钢丝铠装

钢丝铠装使电缆有显著的附加抗伸强度,并且对于牵引应力高(大长度的牵引)或使用条件引起高应力的场合是有用的。例如存在大地下沉的采矿地区以及通过水中和泥塘内或引向深处的竖井内的电缆。

## 6 铠装的一般类型

铝或铅的金属护套电缆,最普遍采用的铠装类型是在几层浸渍纸和黄麻之间螺旋状绕包两层钢带,外面用黄麻绳或其他纤维保护。这种类型的铠装保证了在§3中所列的五种情况下都能得到充分的保护。

对于塑料护套电缆可以采用一种轻铠装,它由两层塑料(聚乙烯或聚氯乙烯)覆盖层之间的金属带(钢、铝或铜)形成。这种电缆设计主要用于防止上面3b)和3c)中提到的危险,并且在一定程度上也防止了3a)和3d)的危险。

## 7 干线电缆的铠装

长途电信网中的主干电缆,采用上述不透水的金属护套和常规的铠装来进行保护肯定是最好的。但是这种保护的代价是比较高的。

采用焊接薄钢带护套并用沥青混合物或塑料护套来防蚀能使电缆的成本降低。这种铠装可以防止上述3a)、b)、c)、d)的危险,但是保护程度较低;在钢护套内插入导体元件或铜带或铝带,可以获得一定程度防感应的效果。

## 8 铠装的直通连接

在长途电缆或类似的电缆上装有金属铠装的情况下,在接头点这些铠装层应有电的直接连接,以便获得最大的防大气放电和感应影响的保护效果。

在需要这类保护时,配线网路中的电缆金属铠装层也应当直通连接。

在电缆有金属铠装也有金属护套的情况下,金属铠装与护套在接续处或增音点电的直通连接可能也是必要的。为了消除铠装和金属护套之间的电位差,以及获得防止磁感应的最佳效果,就应该这样做。直接连接可能产生一些腐蚀问题,这通常将减小金属铠装层的寿命。

## 9 铠装的省用

在直埋电缆上如果有一层坚固的塑料护套(例如聚乙烯)的话,就可免用金属铠装。这样做的另一个先决条件是当地的土壤和敷设条件应当是有利的。

可以在电缆护套上挤一层聚酰胺(尼龙)外套(厚0.4~0.5 mm)来提供附加保护,光缆就是一个例子。当长距离牵引时,这层保护层作为一个耐磨的表面是很有利的。而且在一定程度上对轻微的机械危害也提供保护。

## 10 腐蚀的考虑 — 带有金属护套的电缆

钢带和钢丝铠装对于减缓金属护套腐蚀是有用的；主要是它们有助于保持它们下面的浸渍覆盖层处于良好的状态，从而保护金属护套不受透气程度不同的影响等等。

## 11 啮齿动物和昆虫的侵袭

啮齿动物和昆虫对直埋电缆的损害在一些地区可能是严重的。在这种地区，可能适宜利用某种类型的铠装保护，对于防止啮齿动物和/或昆虫侵袭的铠装保护的详细资料可参考在建议 L. 1 中提到的 CCITT 手册《公共网路外线设备技术》第 IV-B 部分的第 II 章。

## 12 热带国家的问题

在热带国家必须特别注意上述 § 6 和 § 7 以及微生物引起的危险。

通常，仅仅在以下的情况下，免用铠装才是安全的：

- 电缆敷设在管道中；
- 没有磁屏蔽的要求，或者电缆内由某种其它金属层提供了这种屏蔽的场合；
- 当不存在腐蚀危险的时候，或者电缆内为此目的而由其它保护层提供了这种防腐保护的场合。
- 当电缆直接埋设在均匀的并且不包含可能使电缆损坏的燧石或岩石的土壤中时，以及没有啮齿动物或昆虫侵袭危险的场合。

然而，即使在上述几种情况下，特殊的局部条件仍然可能使铠装成为必要的。

## 建 议 L. 4

# 电缆及光缆的铝护套

(日内瓦, 1972; 1976 修改于日内瓦; 1984 修改于  
马拉加-托雷莫理诺斯; 1988 修改于墨尔本)

## 1 概述

由于使用铝的工艺方面的进展，铝电缆护套的使用正在不断增长，它们有利的特性现在可以充分利用了。

这些特性包括：

- 低密度(几乎是铅的四分之一)；
- 机械强度远高于铅。因此，不但由于铝比铅轻而且因为厚度小于铅，而使这种护套较轻；
- 抗震性很强；
- 导电率高，因此可得到较好的屏蔽系数和对由大气来的过电压较有效的防护。

现在发现铝护套的坚硬性在敷设中并不引起任何额外的严重问题。

然而，由于铝比铅容易受电化学和电解腐蚀作用的危害，铝电缆护套和各制造长度的接头上(连接套管和其邻近的电缆段)要有 II 级(见[1])塑料外护层。

从上述可见,铝护套有许多性能比铅优越。所以铝护套电缆的广泛使用是可取的,至少铝护套电缆费用不比用铅增多,而且铝护套无论如何也能在更大程度上满足技术要求。在干线电缆上使用铝护套电缆是特别有利的。

## 2 铝护套的类型

### 2.1 挤压护套

这种类型的护套是直接在缆芯周围挤压上铝而得到的。压铝机可能是或不是“连续”型的。如果不是连续的,必须注意要保证在压制过程中断性所影响的区域内没有引起任何问题。

### 2.2 焊接护套

制造这种类型的护套是在缆芯周围加上一条纵向焊接的铝带。

### 2.3 护套材料的质量

为了使防蚀措施有效,对护套的质量必须特别小心。在使用纯铝的情况下,护套用铝的纯度应不劣于99.5%级,对于挤压护套或焊接护套都是这样。

### 2.4 护套形状和厚度的选择

护套经挤压和焊接后,会收缩于缆芯上(不是轧纹护套)或者用各种方法进行轧纹(轧纹护套)。

护套轧纹或不轧纹取决于缆芯的直径、敷设中的最小曲率半径和所用铝的机械特性(见[2])。作为粗略的指导,可以说,在缆芯直径大于40 mm时护套应轧纹。

如§1所述,铝护套的金属厚度通常小于铅护套。

推荐表1/L. 4中所列的厚度,虽然表中所列的数据对于挤压和焊接护套都适用。然而,挤压护套厚度不能小于0.9 mm,而焊接护套厚度不能大于1.4 mm,这是可以用现有的方法来焊接的最大厚度。

不排除采用小于表1/L. 4中所列的厚度,而相反,当同轴电缆无铠装时,必须增加所有护套的金属厚度来改进机械防护性能,增加的厚度可以大到约0.3 mm。

当然,在某些情况下可以采用与表1/L. 4中各值不同的数值(例如,要求非常好的屏蔽系数时)。

## 3 保护覆盖层

如上所述,因为铝用于地下环境时比铅易受腐蚀,应当按照文献[1]采用不透水的(Ⅱ级)的覆盖层,以保证对电缆护套以及电缆各制造长度的连接区(接续套管及其邻近的电缆段)的保护。

目前能采用两种类型的塑料作为保护覆盖层:

- a) 聚氯乙烯(PVC);
- b) 聚乙烯。

最好用聚乙烯,因为它的一般特性及对水气的低渗透性对铝提供更好的保护。

为了保证可能侵入保护层的潮气(例如,由于覆盖层上的一个缺陷)不致沿表面扩散而扩大腐蚀区,必须添加一层由胶粘带或合适的混合物组成的密封层。

密封层必须与铝粘合良好,特别是用PVC作覆盖层时,因为这种材料不象聚乙烯,挤出后并不紧贴在护套上。

在铝护套上的保护覆盖层应当完好,对于在盘上的电缆,一种形式的试验是测量覆盖层的绝缘电阻。

表1/L. 4  
推荐的厚度

| 缆芯直径 (mm) |    | 金属厚度 (mm) |                     |
|-----------|----|-----------|---------------------|
| 最小        | 最大 | 不轧纹的护套    | 轧纹的护套 <sup>a)</sup> |
| —         | 10 | 0.7 至 1.0 | 0.5 至 0.9           |
| 10        | 15 | 0.7 至 1.0 | 0.6 至 0.9           |
| 15        | 20 | 0.9 至 1.0 | 0.7 至 0.9           |
| 20        | 25 | 1.1       | 0.8 至 0.9           |
| 25        | 30 | 1.1 至 1.2 | 0.9                 |
| 30        | 35 | 1.1 至 1.3 | 0.9 至 1.0           |
| 35        | 40 | 1.1 至 1.4 | 1.1                 |
| 40        | 45 | 1.5       | 1.1 至 1.2           |
| 45        | 50 | 1.6       | 1.1 至 1.2           |
| 50        | 60 |           | 1.1 至 1.3           |
| 60        | 70 |           | 1.1 至 1.4           |
| 70        | 80 |           | 1.3 至 1.5           |

<sup>a)</sup> 如果要使轧纹护套得到和不轧纹护套近似同样的屏蔽系数，其厚度应与不轧纹护套相同。

在轧纹护套的情况下，沥青混合物必须把皱纹充分填满，以便与外面的覆盖层完全接触。

对密封层的有效性应当进行特别的试验。常用的试验是从铝护套试样上剥去一部分保护覆盖层并用外加电动势使它受到电解侵蚀。过了一些时间后，必须检查腐蚀是否局限于剥去保护覆盖层的地方。保护覆盖层的有效性可以用检查沥青混合物对铝护套以及塑料覆盖层的粘合力的试验来估计。

为了保证电缆敷设于雷击区时保护覆盖层的永久有效性(特别是关于避免由雷击放电引起的穿孔)应当考虑在[3]中所引手册给出的指示。

如果在制造过程中有必要对铝护套电缆的保护覆盖层进行试验的话，电火花检测或将电缆浸于水中的耐压试验方法是有效的。在施工与运行过程中，如果发现有可能使保护覆盖层损伤或者有可能使覆盖层的绝缘电阻下降的因素时，应进行试验并修复故障。

#### 4 铝护套的接续

对于铝护套来说，接续无疑要比铅护套更为困难，但这些困难已经因技术的改进而大大减小了。

有几种接续铝护套的方法：

- 用铅套管接续；
- 用铅环或铅锥体连接，它们是用一种正常的方法进行铅焊或用特殊的胶水固定在铝护套上，接着便可以焊到铅套管上；
- 用铝套管连接，这些铝套管用压力焊(爆炸、压力或冷焊)连接到铝护套上；
- 其它方法，包括应用胶粘带及环氧树脂膏。

连接铝护套的各种方法必须符合[4]中所提到的小册子中所推荐的各项条件。

对于承受显著的温度变化的铝护套电缆,由于电缆收缩而产生的张力不应由接头来承受,因为这会导致接头损坏,特别是不轧纹的护套。

## 5 阴极保护

铝护套的防蚀主要应依靠高质量的防蚀保护覆盖层。但是如果存在损伤保护覆盖层的严重危险性,特别是损伤后又难以修复达到原有的指标时,应采取牺牲阳极电化学保护之类的特别措施来保护铝护套。铝合金牺牲阴极具有单位重量的输出电流大,保护电位适当,料源丰富,制造方便等优点,是保护铝护套电缆的有效措施。试验表明,如果被保护的铝护套对地电位控制在-0.85V至-1.20V(相对Cu/CuSO<sub>4</sub>电极)以内时,可得到良好的保护效果。

## 6 光缆的铝护套

在没有特殊要求的情况下,光缆用铝护套可采用金属导体电缆用铝护套同样的材料和制造工艺。

### 参 考 文 献

- [1] CCITT manual *Outside plant technologies for public networks*, Part IV-A, Chapter III, § 1.2.2, ITU, Geneva 1988.
- [2] *Ibid.*, Part I, Chapter III, § 6.2.2.
- [3] CCITT manual *The protection of telecommunication lines and equipment against lightning discharges*, ITU, Geneva, 1974, 1978.
- [4] CCITT manual *Jointing of plastic-sheathed cables*, ITU, Geneva, 1978.

### 建 议 L. 5

## 用铅或铝以外的其它金属制成的电缆护套

(日内瓦, 1972)

### 1 金属护套电缆的类型

1.1 最常见的作为铅护套或者铝护套代用的金属护套就是皱纹钢护套。它是由一条长钢带形成包围缆芯的管子,采用适当的方法(惰性气体保护弧焊,工频或高频加热焊)沿纵缝焊接并轧纹而成。钢护套的外层保护是由包在一层或数层塑料带上并填满皱纹波谷的有特殊粘性的防蚀混合物所提供的。然后在混合物保护的钢的外面挤压一层塑料,形成平滑的外护层。

1.2 为了防止感应电流,可以在以上§ 1.1所述电缆的皱纹钢护套里面用铝带或钢带纵包或螺旋绕包或是用皱纹铜护套来代替皱纹钢护套。

## 2 结构

- 2.1 金属带包在缆芯周围做成长管,沿其纵缝焊接并进行轧纹。
- 2.2 未加保护的钢管特别容易受到腐蚀。因而通常用一层混合物提供保护,其中可能夹有塑料带使得皱纹中填满保护混合物。在这些混合物的外面,挤包聚乙烯或类似的Ⅱ级覆盖层(见[1])的外护层。
- 2.3 这种电缆通常是不需铠装的,但是在特殊情况下也可以采用。

## 3 应用

皱纹钢或皱纹铜护套电缆可适用于所有各种类型的电信电缆。影响其使用的主要考虑有下列几点:

- a) 考虑了一切因素(例如敷设费用,管道空间,电缆价格等),即使电缆的总直径比塑料护套、铅护套,不轧纹铝护套大,钢护套电信电缆可能比铅护套电缆更经济;
- b) 钢护套不易受到由公路或铁路运输震动而引起的损坏;
- c) 皱纹金属护套具有良好的易曲性能;
- d) 带有平滑外护层的皱纹金属护套在安装时操作容易;
- e) 可用同一类型的电缆直埋地下或引进管道;
- f) 这种护套能够抵抗中等的挤压应力,并且能够对石头或挖掘工具引起的大部分损伤提供保护;
- g) 如果电缆钢护套的塑料护层破损,可以料到快速的腐蚀。

## 参 考 文 献

- [1] CCITT manual *Outside plant technologies for public networks*, ITU, Geneva, 1988, Part IV-A, Chapter III, § 1.2.2.

## 建 议 L. 6

### 电缆气压维护的方法

(日内瓦,1972)

CCITT 提请注意,当电缆护套穿孔或损伤时采用保护措施防止潮气进入电信电缆,就可能使电信服务得到改善。为了确保在故障修理完毕前电路不致中断,CCITT 建议各主管部门要认识到遵循《电信电缆的气压维护》手册(ITU,日内瓦,1970)中所给出的建议的效用。

## 联合阴极保护的应用

(日内瓦, 1976)

### 1 概述

几个地下金属构筑物的联合阴极保护的意思就是借助于共同的保护装置来防止这些构筑物受腐蚀。

几个地下金属构筑物的联合保护系统是由这些构筑物之间的导电连接线和符合阴极保护与电流排流的要求设计的共同的保护装置所组成。

联合保护技术提高了埋设构筑物的可靠性,改善了阴极保护装置的效率,并且也节省了保护系统的总投资和维护费用。

### 2 应用联合阴极保护的条件

当不同的地下金属构筑物互相接近或交越的时候,以及在必须避免有保护的构筑物对附近未加保护的构筑物的有害影响的情况下,对这地下金属设备应用联合阴极保护是切实可行的办法,只要经济上合理,而且没有更好的办法来避免这种影响。被保护设备的阴极极化对附近的地下金属构筑物的有害影响发生在以下的情况下:

- a) 测得的电位比推荐值偏低或偏高;
- b) 附近的地下金属构筑物腐蚀的危险性增加。

在下列情况下能合理地应用电信电缆与其它构筑物的联合保护:

- a) 与附近地下构筑物的距离通常不超过50米;
- b) 埋设的地下设备互相交越;
- c) 阴极保护系统的地床或反应阳电极对附近的构筑物产生有害的影响。

当电力系统发生接地故障或短路时电信电缆的对地电位不超过当地或国家规定的安全规则的情况下,可以参照参考文献[1]来考虑电信电缆与电力电缆的联合保护。

联合保护设备应该保证被保护的构筑物的电位值在参考文献[1]所指出的数值范围以内。

在联合保护的情况下,可以采用自动控制阴极保护设备输出电流的装置。

### 3 导电连接的条件

用一种专用的连接线在被保护的构筑物之间进行导电连接。一般有直通的、带电阻器(用于限制电流)的和有极性的三种。

直通的连接线用于下列情况:

- a) 同类型的地下构筑物互相交越或接近;
- b) 不同类型的地下构筑物之间采用直通连接线时不致减小主要的阴极保护系统的效率。

当各构筑物的保护电位应当进行控制时,就应把带有控制电流的电阻器的连接线用于不同类型的构筑物。

有极性的连接线应用于下列情况:

- a) 用于排流和阴极保护的联合保护系统；
- b) 防止电流从各种管线流入电信设备；
- c) 阴极保护设备失效时的保护。

连接线不应当装在地下埋设构筑物和电力电缆和设备之间，除非是按照当地或国家的安全规则连接的，并且当电力系统发生故障时这样做仍是安全的。

#### 4 联合阴极保护装置性能的监测

联合阴极保护装置的性能应采用下列方法监测：

- a) 保护器件和保护设备的例行检查；
- b) 按照当地规定的规程，在联合阴极保护系统中所有设备上的保护设备接通和断开时，进行相互作用电位差的例行测量。

当在联合阴极保护系统上进行试验或改变的时候，建议参加联合阴极保护的那些地下构筑物的运营机构的代表要在场或取得其同意。

#### 参 考 文 献

- [1] CCITT manual *Outside plant technologies for public networks*, ITU, Geneva, 1988.

#### 建 议 L. 8

### 交流电流引起的腐蚀

(日内瓦, 1976)

实验室试验和工业装置的检查结果都表明杂散交流电流能够引起腐蚀。

然而，在铅皮上用失重法来比较直流电流和交流电流影响的另外一些试验则表明，交流电流引起的腐蚀比直流电流轻微得多。交流腐蚀以麻点的形状表现出来。

然而应该注意下面几点：

- 交流腐蚀是少见的，但当频率低于常用的50Hz 或60Hz 的市电频率时较容易发生。
- 土壤性质或金属表面的氧化物或污染物质可能引起整流作用。

还没有实际可行的办法弄清楚发生腐蚀时的电流密度和电压。常见的各个麻点，阳极和阴极作用发生在金属同一表面的事实，以及环境的化学特性的变化，使得在目前不可能得出临界电流密度的任何准确概念或定义。

看来下述的意见是合理的，即低电压的交流电流对钢或铅通常没有什么危险，但在某些情况下可能对铝产生腐蚀。

## 电缆导线的终端方法

(墨尔本, 1988)

### 1 概况

电缆导线终端安装在电缆网路内的各种地方。在这些地方, 各种终端的类型和终端器件的选用取决于特定的安装条件下的各种因素:

- 被终端的电缆和导线的类型;
- 终端的位置和目的;
- 所要求的终端数量和质量;
- 所包含的业务或传输链路的类型;
- 灵活性和保护方面的各种要求。

所有交换局、中继站(放大器或再生器)以及主要交接点的终端基本上都是采用绕线、焊接或绝缘移位连接(IDC)技术的“固定”型。

本地配线与用户终端利用“固定”的和“临时”(螺丝终端)的混合型方式, 根据它们各自的条件而定。在需要的地方可以装设过电压保护, 作为终端器的一个整体部分或者是分开的“附加”设备。

在电缆网内, 有两种终接电缆的方法, 通常称为直接法和间接法。

直接终端是指在特定电缆内的导线直接与终端相连而形成电缆回路的“端点”。例如, 电缆导线与终端直接耦合。

间接终端是指电缆导线通过一个包含预制的或制造好的装置而与端点终端相连结。

直接终端通常用在端点终端上。例如在交换局的总配线架(MDF)上和用户室内, 虽然有一些直接终端也运用在用户电缆配线区内。在大部分其余的中间的终端上(配线箱或配线柜, 干线载波电缆和同轴电缆用的中继箱和终端点)把利用带有预先终接好尾巴电缆的各种装置的间接终端接到主电缆中去。

终端装置的导电部分将用适当镀层的金属, 例如铜、黄铜或其它类似的合金来组成, 以抵抗腐蚀和其它环境影响, 并用接触、压接、焊接、或绕接来提供良好的导电连结。

各种绝缘材料(塑料挤出或树脂模注)提供金属组件的机械安装和电绝缘的方便。

### 2 终端的类型

#### 2.1 对称电缆导线的终端类型

##### 2.1.1 绕线型终端

在这种类型中, 将导线剥去绝缘并切断, 插入一个绕线工具中, 将其围绕在端子的周围。

##### 2.1.2 焊接型终端

在这种类型中, 将导线剥去绝缘并切断, 插入终端的槽中, 并进行焊接。

### 2.1.3 绕线加焊型终端

在这种类型中,在绕线后,导线再焊接到一个端子的有切口的端头上。

### 2.1.4 接线柱型终端

这种类型有以下几种形式:

- a) 用螺丝终端。导线绝缘层被剥除,切断并用螺丝刀由螺丝扣住。
- b) 用螺母终端。由一个包括几个垫圈和一个攻有螺纹的六角螺母带有螺纹的固定黄铜柱组成。导线被终接在垫圈之间。

### 2.1.5 绝缘移位连结(IDC)型终端

在这种类型中,通常用一种特殊的工具将导线装进并压入一个U型元件接触器之中。

这种U型元件有几种不同的形式,这种元件是最常用的终端类型。

### 2.1.6 空闲导线的终端

这种终端是用没有U型元件接触器的塑料连结器做的,用来保护在接线箱或接续导管内空闲的导线。

## 2.2 同轴导体的终端类型

### 2.2.1 连结器型

同轴线对是终端在装于一块金属薄片上的连结器中,以便接入终端设备的中继器外壳中。

连结器将硬的同轴管接到软同轴管上,而进入中继机外壳或交换局,并且本身带有气闭装置。

### 2.2.2 直接接头型

有时,空气绝缘同轴管和同轴软线可直接接续。

## 3 终端的应用

上述各种不同类型的终端,被用在各种不同的器件中和不同的位置上来终接不同用途的电缆,包括:总配线架,再生设备,分线箱,终端盒和用户宅内。

这些器件所呈现的一些物理特性在各个国家中大有不同。虽然它们的技术性能(即电的和环境的要求)是很类似的。

## 4 总配线架(MDF)终端装置的要求

对交换局总配线架终端装置的基本要求包括配备以下几项:

- 多对(通常100对)单元的外线电缆导线以及相关的交接跳线的固定终端;
- 电缆和交接跳线要容易终端,有必要时,还要容易重新终端;
- 用附加的或插入的气体三极管保安器进行过电压保护;
- 依靠插入或移去适当的装置来隔离电路;

- 在设备和线路侧,都能独立地接入电路和进行试验;
- 电路并联;
- 接地点或汇流条;
- 出局(O/G)与入局(I/C)电路终端能力之比至少为2;
- 多芯的线对接入连接器(插头和引线);
- 特殊电路的色标;
- 扇形编组条和跳线导引器;
- 永久性的电路识别编号;
- 良好的可见度。

#### 4.1 技术要求

终端器的设计、结构和使用的材料必须保证达40年的预期服务寿命,终端装置必须与原有的总配线架(MDF)的结构和使用习惯相适应,与原有的终端装置可互换,并且保持或增加每单位面积现有的电路密度。

应当要求线路侧的终端能终接现有的各种外线铜线电缆包括线径从0.32 mm 至0.9 mm 实心或泡沫形式的塑料绝缘导线。并要求设备侧的终端能终接现有的各种局内铜线电缆的导线。

在系统的寿命内,导线应当可能进行约100到200次可靠的重新终接,先终接较粗的导线要不应影响以后终接较细的导线。

终接外线电缆用的线路侧终端装置应当能进行外线电缆的安装与验收测试(自动同时经由总配线架终接接入100对或其它终接单元中的所有线对)。

终端设备应能够承受正常浓度的潮气、氯化钠、硫化氢、二氧化硫、氯化铵、蚁酸等的影响,这些东西是可能从外面扩散到建筑内的或在建筑物内产生的。

终端设备应期望在从-10 °C 到 50 °C (每天有15 °C 的波动)温度范围内满意地工作,上限温度应设想可达总时间的25%。设想年平均相对湿度为75%,而其最大值不超过95%。

除上述外,终端设备还要求满足下列各项试验要求:

- 冷;
- 干热;
- 湿热;
- 加速湿热;
- 震动;
- 贮存;
- 霉菌生长;
- 腐蚀试验;
- 端子的牢固性。

#### 4.2 安全要求

终端系统必须设计得安全可靠。为此,设计应注意:

- 要使无意的电接触和/或偶然的接错线的可能性减到最小;
- 采用含氧指数至少为28的塑料,并按照国际标准来确定;
- 采用在受热时不放出有害蒸气或烟雾的塑料;
- 避免出现尖角或刀口。

#### 4.3 电的要求

所有终端块都应具有适当的电特性,以尽量减少在终端器的安装、运行和维护过程中因电的缘故所产生

的对工作人员、用户和公众有伤害的危险。

如果必要,要对以下几项推荐一个适当的数值:

- 绝缘电阻;
- 耐压试验;
- 各对终端之间的电容。

## 5 对电缆终端器的要求

### 5.1 终端的电特性

大多数主管部门为终端器所规定的主要电特性有以下几项:

- 电介质强度;
- 绝缘电阻;
- 反射系数(仅对同轴电缆);
- 接触电阻。

这些特性,对于同轴线对终端,长途对称电缆终端和本地对称电缆终端都有所不同。

### 5.2 终端的环境要求

关于终端的环境要求应当考虑在部分防风雨地点稳定使用中至少有20年的现场运行的能力来规定,应当遵循下列几个方面的IEC标准。

- 温度循环,下限和上限温度;
- 温度变化;
- 湿热、稳定状态;
- 标准气候变化序列;
  - 1) 干热;
  - 2) 湿热循环;
  - 3) 寒冷;
  - 4) 湿热循环。
- 气密性;
- 冲击或震动。

## 建 议 L.10

## 管道、隧道、架空和直埋用的光缆

(墨尔本,1988)

### 引言

随着光缆技术新近的发展,通信光纤已经被运用到干线和用户网路、室内布线和海底线路。有各种类型的安装方式,如架空、管道、电缆隧道、直埋、室内或水底。因此,光缆极易受到各种自然的和人为的外部因素的影响。

为了使光缆能满足运行要求,需要规定光纤的机械和环境特性,并需定出合适的试验方法。

本建议对要在某些安装条件下使用的光缆提出建议。对于水底光缆和室内光缆的要求需要进一步研究。

## 1 范围

本建议:

- 涉及要在电信网中用于管道、隧道、直埋或架空安装的多模渐变折射率光纤光缆和单模光纤光缆;
- 涉及有关光缆的机械特性和环境特性。光纤的几何尺寸和传输性能,以及它们的试验方法应当符合G. 651和G. 652建议,它们分别给出了多模渐变折射率光纤和单模光纤的特性。
- 涉及从机械和环境的观点出发对光缆的各项基本考虑;
- 确认某些光缆中可能包含有一些金属元件,对于这类型的光缆应该参考《公共网路外线设备技术》手册(见建议L. 1)和其它的L系列建议;
- 建议光缆在运输和存放中应有光缆端头的密封与保护,如同在金属电缆上所常用的那样。如果接续元件已经在工厂装好,它们应得到充分的保护。
- 如果有要求的话,建议能把牵引设备装到光缆端上。

## 2 光纤和光缆的特性

### 2.1 机械特性

#### 2.1.1 光纤的微弯

由于光纤受到沿其长度上局部的侧压力而产生的在短距离上几微米的局部轴向位移的这种光纤的严重弯曲叫做微弯。它可能是由于制造或安装中的变形引起的,也可能是由于在运行过程中温度变化使光纤材料的尺寸变化引起的。

微弯能引起光损耗的增加。为了减小微弯损耗,在光纤成缆的时候,光缆安装的时候和安装以后应该消除沿光缆轴线作用的随机应力。

#### 2.1.2 光纤的大弯

光纤的大弯是光缆制造和安装以后所引起的光纤弯曲。

光纤的大弯能导致光损耗增大,如果曲率半径太小,光损耗就增大。

#### 2.1.3 光缆的弯曲

在安装的时候所遇到的动力作用下,光纤承受来自光缆张力和弯曲两种作用的应变,光缆中的增强元件和安装的弯曲半径必须进行选择,以限制这种联合的动力作用应变。光缆安装以后,光纤上残留的任何弯曲半径都必须足够地大,以限制大弯损耗或缩短光纤寿命的长期应变。

#### 2.1.4 抗张强度

光缆在制造和安装的时候,承受短时间的负荷,并且可能在运行中受到连续的静态负荷和/或周期性负荷的作用(例如温度变化)。特别是在架空运用的情况下,连续的负荷在光缆的整个寿命期间都可能存在。光缆的安装和/或不同的安装类型(例如架空)和/或不同的环境条件(例如风、冰)都会由拉伸、扭转和弯曲而产生光纤的应变。

过大的拉伸负荷会引起光纤损耗的增大,而且如果光缆得不到松弛,就将产生增大的残余应变。为了避免这种情况,不应超过由光缆的结构,特别是增强元件的设计所确定的最大抗张强度。

注1—当光缆在运行寿命期内承受永久的负载时,最好不要让光纤承受附加的应变。

注2—可以把架空光缆挂一根悬吊钢索上。在这种情况下,光缆的增强元件仅需设计得能支持制造和安装时所承受的负载就行了。

### 2.1.5 挤压和冲击

在光缆安装时和运行寿命期内,光缆可能会受到挤压和冲击的作用。

挤压和冲击可能增加光损耗(永久性的或在应力施加期间内的),而过大的应力可能导致光纤的破裂。

在自承式圆柱形架空光缆的情况下,光缆的结构应该能够承受压缩作用,以防止附加的光损耗。

### 2.1.6 光缆的扭转

在安装或运行时所遇到的动力作用下,光缆可能承受扭力,导致光纤的残余应变和/或护套损坏。如果有这种情况,光缆设计应当允许单位长度内有规定数目的光缆扭转而不致产生光损耗的增加和/或损伤护套。

## 2.2 环境条件

### 2.2.1 氢气

在有金属元件和潮气存在的情况下,可能产生氢气。氢气可能扩散到二氧化硅玻璃中而增加光损耗,建议由其组合部件在光缆中所产生的氢气的浓度应足够的低,使得在它的长期作用下,保证光缆损耗的增加在可以接受的范围内。

采用动态充气维护、吸氢材料、仔细地选择和设计(挡潮层护套)或取消金属部件等方法,使氢气所引起的光损耗的增加能够保持在一个可接受的限制值内。

### 2.2.2 潮气渗透

当潮气进入光缆护套,而存在于光缆缆芯中时,光纤的抗张强度将恶化,而至静态故障前的时间将缩短。为了确保光缆有满意的寿命,光纤长期应变的程度必须加以限制。

可以利用好几种材料来做成挡潮层以减小潮气的渗透率。另外一种方法是可采用填充的无金属光缆结构。

注—如果有要求,用一层纵包搭叠的金属箔可达到最小的透潮效果。一个连续的金属挡潮层对防止渗透是有效的。

### 2.2.3 水的侵入

如果光缆护套或接头套管发生损伤,水就要纵向侵入到光缆缆芯或护套之间,这种水的侵入与潮气产生相似的影响。因此水的纵向侵入应该限制到最小或者尽可能防止其发生。以下的各种方法,比如用混合物填充光缆缆芯,装设不连续的堵水塞或遇水会膨胀的带子,或对无填充的光缆充干燥空气等都可以用来防止水的侵入。

光缆中的水份可能结冰,在某些情况下,光纤会受挤压而导致光纤损耗的增加甚至可能引起光纤断裂。

## 2.2.4 雷电

包括有金属部件,比如传统的铜线线对或金属护套的光缆,易受到雷击的影响。

为了防止或限制雷击损伤到最小程度,应当考虑建议 K. 21 的有关内容。

在使用无金属光缆的时候,光缆应该填充,并且应当提供防止机械损伤和热损伤的保护。

## 2.2.5 生物损伤

光缆的尺寸小使它很容易受到啮齿动物的损伤。在不排除有啮齿动物的地方,应该提供金属保护层。进一步的资料应当参考“公共网路外线设备技术”手册中的第 VI-B 部分第 II 章的内容。

## 2.2.6 震动

当光缆安装在桥梁上的时候,它将受到各种低频的幅度比较大的震动,并随桥梁的结构以及交通密度的类型而变化。光缆应能承受这种震动而不产生故障,也不引起信号劣化。然而,在选择安装方法时应当特别小心从事。

地下光缆可能受到由于交通、铁道、打桩和爆破等操作所引起的震动,这时光缆再次应能承受由这些活动所产生的震动而不产生劣化现象。

为了认真地选择路由使这类问题减到最小,就要建立一个好的监视制度来发现这种活动。

## 2.2.7 温度变化

光缆在其服务寿命期限内,可能受到剧烈的温度变化。在这些情况下,光纤衰减的增加应不超过规定的限制值。

## 2.2.8 风

对于架空光缆,在风压的作用下可能由于拉伸、扭转和震动而产生光纤的应变。如果超过了所规定的光纤长期应变极限值的话,在光纤中诱生的动态和残余应变就可能导致光纤的断裂。

为了抑制在光纤上由于风压引起的应变,应该选择增强元件以便把这种应变限制到一个安全的水平上,而光缆的结构可能在机械上使光纤与护套分离而使光纤上的应变减至最小。另外一种方法是,为了抑制光纤上的应变,光缆可以绑扎到一根高强度的支承索上。

在架空光缆安装中,风压可能使光纤发生震动,对于8字形的与悬吊线的安装方式,可能发生整个杆档光缆的严重振荡。应把光缆设计和/或安装得在这些情况下也确保传输性能的稳定性。

## 2.2.9 雪和冰

对于架空光缆,由于雪的负载作用和/或冰包覆在光缆上所引起的张力会产生光纤应变。如果超过了所规定的光纤长期应变极限的话,诱生的光纤应变也可能引起过大的光损耗,并可能引起光纤断裂。

雪和/或冰从光缆上落下去时所引起的光缆震动可能在光纤中诱生动态应变,这可能使光纤断裂。

在雪和/或冰的负载下,风压的作用很容易使光纤的应变过大。

为了抑制光纤由雪的负载和/或结冰引起的应变,应该选择增强元件以便把这种应变限制到一个安全的水平,并且应把光缆的截面选择得使积雪的负载最小。另外一种方法是,为了抑制光纤上的应变,光缆可以绑扎到一根高强度的支承索上。

## 2.2.10 强电场

安装在高压电力线路上的无金属架空光缆对于这些电力线的电场影响是敏感的,它可能导致在光缆护套上产生譬如电晕放电,电弧放电和跟踪放电等现象。

为了避免损伤,可能必须根据其电场强度的大小来采用特殊的光缆护套材料。

## 3 光缆结构

### 3.1 光纤涂层

#### 3.1.1 一次涂层(预涂层)

石英光纤本身具有内在的高强度,但是它的强度因表面裂纹而减小。因此,当光纤拉成规定的尺寸以后,必须立即加一层预涂层。

光纤应当进行张力筛选试验。为了在服务条件下保证长期的可靠性,张力筛选试验应变可以按照光纤的允许应变和要求的寿命来规定。

为了进行光纤接续,应有可能从光纤上去掉预涂层而不损伤光纤,并且不需采用被认为有公害或危险的材料和方法。

光纤预涂层的成分(如果有要求时,可着色)应结合光纤接续方法所采用的本地光注入和光检测的要求加以考虑。

注1 — 预涂层的标称外径应当是250 μm。

注2 — 预涂光纤应该在等效于至少0.5%的应变下持续1秒钟进行筛选试验,试验方法应参照IEC出版物793-1[1]进行。对于架空光缆运用的情况下,考虑到大的温度变化和强风的作用,可能需要一个更高的筛选试验应变。

注3 — 需要进一步研究制订本地光注入和检测用的合适的试验方法。

#### 3.1.2 二次保护

对于光缆内的光纤应提供二次保护。

注1 — 二次保护的方法在《光缆的结构、安装、接续和保护》[2]手册中描述。

注2 — 当使用紧套的二次涂层时,光纤接续设备所用的本地光注入和光检测方法可能会有困难。

注3 — 为了限制轴向光纤应力,光纤和光缆之间的机械耦合应该减到最小。

#### 3.1.3 光纤的识别

光纤在光缆缆芯内应很容易地依靠颜色或位置来识别。如果采用着色的方法,各种颜色应能清晰地区别,并且在光缆服务的寿命期内在有其他材料存在时也有很好的不退色性能。

#### 3.1.4 接续性能

需要进一步研究来制订本地光注入和检测用的合适的试验方法。

### 3.2 光缆的缆芯

光缆缆芯的组成,特别是光纤的根数,它们的保护方法和标志、加强元件和金属单线或线对(如果有要求的话)的位置,都应清楚地规定。

### 3.3 增强元件

应把光缆设计得有足够的增强元件,以满足安装与服务的条件,使光纤不致承受过大的应变。

增强元件可以是金属的或非金属的,并且可以位于缆芯中和/或护套内。

例如,在无金属自承式架空光缆中增强元件可由置于内护套和外护套之间的一层芳酰胺丝组成,或者由放在8字形结构中的单根玻璃纤维增强索构成,为了设计这样的光缆需要了解杆距、垂度、风力和冰负载。

### 3.4 堵水材料

在缆芯中填充堵水材料是防止水进入光缆的一种方法。使用的任何材料应对人体无害。在光缆中的各种材料应该是相容的,特别是不应对光纤性能、或者对光纤的任何识别颜色有严重的影响。

此外,这种材料应该对霉菌无营养作用、不导电、均匀、并且不含污染物。

### 3.5 气阻

如果光缆要在运行时充入干燥的空气,那么应当规定气阻。

注一 这里的意思是只有当光缆按照《公共网路外线设备技术》手册第Ⅲ部分(见建议 L.1)所规定的标准允许气流通过时,才能对光缆充气。

### 3.6 护套

光缆缆芯应当用合适的护套包覆,这种护套应当适合于光缆在贮存、安装和运行中各种相关的环境和机械条件。护套可以是一个复合的结构,并且可能包括增强元件。

对光缆护套的考虑通常与金属导线电缆用的护套相同。从金属档潮层中产生的氢气量也应该给予考虑。应该说明光缆护套的最小可接受厚度,还应说明光缆外径的最大和最小容许值。

注1—最常用的一种护套材料就是聚乙烯。但是,在某些环境条件下,必须使光缆的可燃性减至最小,并限制发出气味、烟雾和腐蚀性产物,在这种情况下应当使用特殊的护套材料。

注2—对于安装在被化学污染过(酸、碳氢化合物等等)的土壤中的直埋光缆,可以采用特殊设计的组合护套。

注3—在架空光缆的情况下,外护套应该能够抵抗由于紫外线照射而引起的劣化。

### 3.7 铠装

当要求附加的抗强强度和防止外来损伤的保护时,在光缆护套外应当有铠装。

对光缆护套铠装的考虑通常与金属导线电缆用的铠装相同。然而必须考虑由腐蚀产生的氢气。应当记得光缆的各种优点,如重量轻和柔软,将因加铠装而减小。

对于无金属光缆的铠装可由芳酰胺丝、玻璃纤维增强索或捆扎带组成。

### 3.8 光缆的识别

如果要求用目力区分光缆和金属电缆时,可在光缆护套上加醒目的标志。

## 4 试验方法

### 4.1 机械特性的试验方法

本节推荐适合于验证光缆机械特性用的各种试验和试验方法。

#### 4.1.1 抗强强度

这项试验方法适用于安装在所有环境条件下的光缆。

测量是为了检查光缆的衰减与安装时光缆上承受的负载之间的函数关系的这种性能。

这项试验应按照 IEC 出版物 794-1-E1[3] 来进行。

光纤与光缆的机械去耦合程度可用光相移试验设备测量的光纤伸长,并加上光缆的伸长来决定。

这种方法,如果施加的张力在工作时的允许值之内,可以是非破坏性的。

#### 4.1.2 弯曲

这项试验方法适用于安装在所有环境条件下的光缆。

这项试验的目的是检查光缆围绕滑轮弯曲的能力,这个滑轮是用一根试验芯轴来模拟的。

这项试验应按照 IEC 出版物 794-1-E11[3] 来进行。

#### 4.1.3 张力下的弯曲(挠曲)

这项试验方法适用于安装在所有环境条件下的光缆。

这项试验需要进一步研究。

#### 4.1.4 挤压

这项试验方法适用于安装在所有环境条件下的光缆。

这项试验应按照 IEC 出版物 794-1-E3[3] 来进行。

#### 4.1.5 磨损

这项试验方法适用于安装在所有环境条件下的光缆。

这项试验需要进一步研究,目前在 IEC 出版物 794-1-E2[3] 中考虑。

#### 4.1.6 扭转

这项试验方法适用于安装在所有环境条件下的光缆。

这项试验应按照 IEC 出版物 794-1-E7[3] 来进行。

#### 4.1.7 冲击

这项试验方法适用于安装在所有环境条件下的光缆。

这项试验应按照 IEC 出版物 794-1-E4[3] 来进行。

### 4.2 环境特性的试验方法

本节推荐适合于验证光缆的各种环境特性用的各种试验和试验方法。

#### 4.2.1 温度循环

这项试验方法适用于安装在所有环境条件下的光缆。

试验是通过温度循环来检查光缆在贮存、运输和运行中出现的环境温度变化下光纤衰减的稳定性。

这项试验应按照 IEC 出版物 794-1-F1[3] 来进行。

注 — 对于架空自承式光缆，衰减的稳定性可以用规定的张力加在光缆样品上来进行测量。

#### 4.2.2 纵向水浸入

这项试验方法适用于安装在所有环境条件下的全填充户外光缆。目的是检查光缆内全部空隙是否都已连续地全部填充了混合物以防止水浸入光缆。

试验方法应按照 IEC 出版物 794-1-FS[3] 来进行。

#### 4.2.3 挡潮层

这项试验方法适用于安装在所有环境条件下的光缆。

这项试验适用于有纵包搭叠金属箔的光缆。透潮性可按照《公共网路外线设备技术》手册第 I 部分第 III 章内所描述的试验方法来进行试验。

#### 4.2.4 冰冻

这项试验方法适用于安装在所有环境条件下的光缆。

这个项目需要进一步研究，目前正在 IEC 出版物 794-1-F6[3] 中考虑。

#### 4.2.5 氢气

这项测试方法适用于安装在所有环境条件下的光缆。

对于成品光缆，需要确定一个合适的短期试验方法，使得工厂试验的结果能够预测氢气长期作用下光纤损耗增加的情况。

#### 4.2.6 核辐射

这项试验评定光缆是否适合于暴露在核辐射中。

这个项目需要进一步研究，目前正在 IEC 出版物 794-1-F7[3] 中考虑。

#### 4.2.7 震动(桥梁和地下光缆)

这项试验评定光缆是否适合于在桥梁上和地下使用。  
这个项目需要进一步研究。

#### 4.2.8 震动(架空光缆)

这项试验评定光缆是否适合于架空使用。  
这个项目需要进一步研究。

#### 4.2.9 抗紫外线性能

这项试验应用于架空光缆和评定光缆护套是否能承受紫外线照射。  
这个项目需要进一步研究。

#### 4.2.10 护套跟踪放电

这项试验应用于在高压电力线路上使用的架空光缆。  
这个项目需要进一步研究。

### 参 考 文 献

- [1] IEC publication 783-1 *Optical fibres, Part 1: Generic specifications*, Geneva, 1987.
- [2] CCITT manual *Construction, installation, jointing and protection of optical fibre cables*, ITU, Geneva, 1985.
- [3] IEC publication 794-1 *Optical fibre cables, Part 1: Generic specifications*, Geneva, 1987.

### 建 议 L.11

## 管线和通信电缆合用隧道 以及地下管道设计的标准化

(墨尔本, 1988)

CCITT

### 考 虑 到

- (a) 许多国家对于合用隧道感兴趣,而且已了解其优点、缺点以及它们所存在的特殊危险;
- (b) 各国对管理这种隧道的规则有很大的差别;
- (c) 合用隧道的重要性随着人口密度的增加和空地的减少(例如在大城市)而增加;

### 建 议

今后对这种装置感兴趣的主管部门应遵循本建议所述的规则。

## 1 总的考虑

管道隧道和沟道是包含一条或一般属于不同网路的多条管道的结构。可检查的隧道含有一个或多个通道,供初期安装工作及以后的控制、维护和修理之用。一条没有站立空间但是为爬行而设计的隧道,应至少有0.8米的净高度,管道通道可不进入。

以上原则适用于可检查的隧道,而照此类推也适用于只有爬行空间的隧道。

隧道可含有属于下列网路的管道:

- 公用天线;
- 电信;
- 电力;
- 煤气;
- 供水;
- 区域供暖;
- 管道运输(例如气压输送管);
- 排水。

## 2 路由规划

### 2.1 结构

确定隧道路由时必须考虑网路结构和它们的优先程度。

不同网路的输送管道的路由一般是不同的,这是因为生产点(例如发电厂、泵站或电话交换局)和从输送管道至一级分配管道间的中转点都不一致。另一方面,在人口稠密地区,一级分配管道与二级分配管道的路由的确时常相同,因此,宜把隧道建在包括一级和二级分配管道的干管之下。

### 2.2 选择准则

在沟道和隧道之间进行选择时,应该考虑以下因素。

#### 2.2.1 分配的安全度

高水平的分配安全度将取决于以下因素:

- 材料和接头的耐久性;
- 当发生故障时,能迅速测定其位置,容易进到故障点,并花最短的修复时间;
- 受外界影响小(例如由于第三方或地震所产生的破坏)。

放在隧道中的管道一般具有很高的耐久性,而且变坏的危险小,也可以迅速修复。

#### 2.2.2 第三方引起的危险和安装与修理引起的骚扰

应该考虑到安装和修理引起的骚扰(更改业务路由、噪声)和损坏管道的可能后果(水和火引起损坏)。

#### 2.2.3 经济上的考虑

经济上的考虑应该不仅包括建设和维护隧道的成本,而且包括由于避免了直埋管道的二次影响而在以后将得到的节约。二次影响是指一般由管道的安装、故障、修理和维护对当地居民、当地活动、车辆交通和周围环境所产生的各种影响。



#### 2.2.4 技术上的考虑

在选定沟道和隧道两种方法之前,应考虑以下因素:

- 管道、网路、尺寸(截面)、能力(容量)、材料、防腐蚀能力、数目、分配的优先次序、管道路由、与其他管道的兼容性、管道的状态、修理、大修、更换、备份、扩建、应急管道、临时性装置,与建筑物的连接;
- 道路、路宽、人行道宽度、绿化带、车辆密度、地面水的排放、地上建筑;
- 地下的土层、地质的类型、地下水位、现有的管道、现有的地下构筑物;
- 工作日程安排、工作的开始、工作的持续时间(若干阶段)、启用。

在规化管道时,应特别注意与建筑物的分支连接,只要已经备有必要的开口孔,就可以直接从隧道分支。另一个方法是沿隧道旁边埋设二级分配管道。

### 3 适用于隧道的建议

#### 3.1 划分阶段

应考虑下列阶段:

- 建设阶段;
- 运行阶段。

#### 3.2 一般建议

在建设阶段和运行阶段中,都应该注意以下要求:

- 管道部件放进隧道  
应当可能通过正常的进出口或特殊的开口孔放进所有部件。
- 电缆的牵引  
为有助于电缆安装,移位或拆除,隧道中的电缆应该布放在合适的技术容器内。
- 建筑附件  
为使建筑方便,特别是在大而重的管子的情况下,应在适当的地方装设紧固件。
- 隧道中管道部件的运输  
为在隧道中运输管道部件,应该提供必要的设备。
- 网络扩建用的预留设备  
由于网路将来很可能扩建,因此在隧道横截面设计中应在旁边预留出适当的空间。
- 管道四周的净空  
在隧道壁与管道之间以及各根管道间应按管道的直径成比例地留出足够的净空,以便维护、修理和分支。
- 环境温度  
在含有发热管道的隧道内,有可能产生高温。为了避免工作或检修期间危害工作人员的健康,应保持生理上能接受的环境条件。对于通信电缆,见 § 3.3.2。
- 管道、固定支架和设备附件的腐蚀  
固定支架和设备附件的使用寿命应与管道的寿命一样。高湿度可能产生冷凝,从而使未防锈的金属发生腐蚀。应按建议 L. 1 来考虑腐蚀的出现。金属部件(支柱、支架或支撑物)最好应用热镀锌钢制作。在某些情况下,可采用阴极保护。
- 震动  
有些管道对震动很敏感,在有些情况下,交通车辆可能产生震动,并在隧道内传播。

### 3.3 关于分配网路的意见

#### 3.3.1 公用天线

在要放置放大设备的地方,必须提供额外的空间。除此之外,公用天线电缆没有别的特殊要求。

#### 3.3.2 通信电缆

应当考虑下列各项要求:

— 离电力线路的距离

应该适用通信电缆离市电管道的最小隔距(见§5)。

— 对热负载的保护

由于通信电缆易受热负载的影响,因而必须考虑隧道内的热状态。这一点特别适用于光缆。

— 防腐蚀和防雷电

通信电缆一般应用金属护套或屏蔽来保护,这种保护可以适用,但是不要求也不允许使用公用接地电极。

— 对电干扰的保护

虽然,在一些情况下可以使用高屏蔽性能的电缆结构或过电压继电器,但在通常情况下没有必要采取特殊的措施。

— 对机械力的保护

金属屏蔽可以用来保护电缆使之免受机械力影响,如震动或冲击。在铅护套的情况下,应使用抗震的合金。

— 对外界影响的保护

塑料外护层电缆可用玻璃纤维或芳酰胺纤维加强层来防止啮齿动物啃伤。

可缩电缆接头可以提供抗地震的保护。

— 弯曲

由于电缆的曲率受到限制,布局设计中一定要考虑允许的曲率半径。

— 特别工作

由于必须比较经常地在电信设备上进行工作,特别是在套管上,因此应提供足够的工作空间(如凹室或小房间)。

#### 3.3.3 电力电缆

应当考虑下列各项要求

— 弯曲

适用于通信电缆相同的规则。

— 环境温度

电力电缆的负载容量除其它各参数外还取决于周围环境的温度,应该确定每种情况下的环境温度,使隧道的冷却与电缆负载容量之间达到理想的平衡。

#### 3.3.4 煤气

含有煤气管道的隧道应该通风(自然通风或人工通风)。伸缩套管应密封不漏气并设在单独的小室内。

#### 3.3.5 自来水

在选择隧道的布局或横面时,应该考虑特殊的水管部件的尺寸。输水管道可能需对气候的影响采取特别措施,以免温度过高或结冰。标称直径为150 mm 的管道可能产生特殊的问题,此时应该考虑以下因素:

- 温度升高  
隧道内温度的升高对饮用水的质量只有很少的影响。
- 管道内结冰  
可检查的隧道内的温度很少低于结冰温度,如果有结冰的危险时,应该采取适当措施以保护管道。
- 放水和排水  
放水和排放设施一般应设置在隧道外面。

### 3.3.6 区域供暖

应当考虑下列各项要求:

- 管道位置  
为便于安装,区域供暖管道(不包括隔热层)与隧道壁间的距离不应小于0.3m。
- 保温  
连续的隔热层将减少热损耗,而且有助于防止热水管道破裂时发生热冲击。
- 接续点与交叉点  
在接续点和交叉点应该遵守管道的允许曲率半径。
- 伸缩装置  
规划时应为伸缩装置留有足够的空间。

### 3.3.7 排水

应当考虑下列几方面:

- 概述  
在大多数情况下,排水管将自然排水,这意味着它们的标高和倾斜度只能在一定限度内与隧道布局相适应。
- 排水管与隧道之间的连接  
为了防止倒流,排水管与隧道之间不应该有开放的连接。

## 4 安全规划

### 4.1 安全的目标

应考虑有关安全的各个方面:

- 在隧道内工作的人员的安全;
- 隧道外面的人身和器材的安全;
- 分配管道的安全。

以上第一、二两点涉及到人身的安全。

分配管道的安全与人身安全无关,但是分配管道的重要性也不容忽视。这是因为它们不仅为一般的公众提供了方便,而且在某些场合下成为保障安全的重要因素。

### 4.2 安全规划

#### 4.2.1 建设安装阶段的安全

安全规划应遵照现行安全工作规则,应特别注意在封闭空间中施工的规则。在所有情况下,不应超过保险公司所规定的有害物质或蒸气的最大允许限度。

#### 4.2.2 运行阶段的安全

拥有设备的公司有责任颁发从开始运行起应遵守的事项的说明。

在维护或扩建时,应遵守为建设阶段所规定的安全措施。

应与消防队协商建立防火灾和灭火设施。

表 A-1/L. 11 和 A-2/L. 11 列出了运行阶段安全规划以及可能采取的预防措施的样板。

应根据安全规划,来制定适用于如 § 5 中所述的隧道建设的规则。

#### 4.3 需要考虑的特殊问题

必要时,应对安全问题作特殊研究,包括以下各点:

- 电信线路与高压线路或直流电气化铁道线路之间的干扰;
- 隧道设计;
- 通风;
- 防热;
- 排水;
- 电的装置;
- 煤气或火警检测系统。

### 5 结构

#### 5.1 横截面

##### 5.1.1 概述

管道的横截面由以下几部分构成:

- 管道和有关的附属设施,包括修理和维护所需的自由空间;
- 预留空间;
- 管道交叉和连接;
- 公务通道。

##### 5.1.2 管道位置

除装配要求以外,应适用以下规则:

###### — 通信电缆和天线电缆

应当遵守与电力线路之间的下列空间:

- 直至 1000 V 的低压: 0.3 m
- 低感应的高压: 0.3 m
- 高感应的高压(固定接地系统): 待定

###### — 电力线路管道

由托架或支架支撑的电缆,应考虑热和电磁的相互影响。

###### — 天燃气管道

应放置在隧道中尽可能高的位置,以防机械损伤。万一漏气,气体将聚集在顶部下面。

###### — 输水管道

应放置在隧道截面中尽可能低的位置,以便于安装和锚固。另一个原因是隧道地面的环境温度一般较低。

### 5.1.3 公务通道

为有助于自由安全地通过隧道,公务通道上不要设横跨梯阶。

通道的尺寸应遵循以下规则:

- 最小宽度: 0.7 m;
- 最小高度: 1.9 m;
- 通道中要放入的最大部件尺寸至少加上 0.2 m;
- 根据情况要增大尺寸,特别是在拐弯、交叉口和工作凹室处。

### 5.1.4 横向坡度

为了排水,应提供一个横向坡度。

### 5.1.5 隧道剖面的例子

图 B-1/L. 11 和 B-2/L. 11 分别表示圆形和长方形截面的隧道。图中指出了怎样在不同网路之间分配可利用的空间。

## 5.2 开口、进出口和隔板

### 5.2.1 设备用的开口

为了在隧道中进行安装和维护工作时放入最大件的设备,应该提供足够大的开口。这个开口应直接位于公务通道的上方。在建设期间有可能要提供另外的开口,但在运行前应将这些开口封死。应该提供运输车辆的进出口。

### 5.2.2 工作人员进出用的门

工作人员进出的地点应按照太平通道和报警设施而设置。一般来说,两个进出口间的距离应不超过 500 m。应该考虑在进出门之间设置紧急出口的可能性。

进出门应安排得不致阻塞,也不能让水或烟气进入。

放入设备用的开口和工作人员进出的门应该可以上锁,而且尽可能密闭。

### 5.2.3 隔板

应该仔细考虑横向隔板的布局,这些隔板与太平通道和出口相容。

### 5.2.4 运输设备和建筑附件用的设施

运行布局应沿公务通道提供设备运输设施(如行车)和建筑附件(如滑轮用的吊钩和安装用具的提升传动装置或锚栓)。

## 5.3 支撑和固定装置

### 5.3.1 需要考虑的负载

应当考虑下列各项要求

— 永久性负载

在运行规划中应说明永久性负载。

— 提升

一般来说,所有管道应该是装牢的,不致受提升力的影响。

— 地震影响

所有管道托架、支撑件或电缆架应按国家标准有能力抵抗地震的影响。

— 爆炸

隧道中的管道和其他部分可能受爆炸影响而强烈摇晃,如果安全规划已指出重要管道可能遭受这种过载,则应保证:

— 这种管道的运行不受破损或变形的影响;

— 不会产生位移,这种位移可能使重要供给管道脱离它们的支撑物或与隧道壁或建筑物的其它部分相碰撞。

使用防摇晃拉杆和合理地布置管道,可避免上述危险。这一方面也应听取专家的意见。

### 5.3.2 防腐蚀

由于各种装置的寿命很长(见§3.2),因此支撑物和拉杆的防腐蚀是相当重要的。

### 5.4 隧道和地面间的转换点

在隧道与地面的转换点,应适当考虑由于两种不同环境而可能引起的相对位移。

隧道出口点应尽可能密闭,以免气体或水渗入隧道。

### 5.5 关闭装置

应当适当地考虑把煤气、自来水、区域供暖和排水管道上的关闭装置放在隧道壁的任意一侧。应可能从外面操作所有关闭装置。

### 5.6 通风

#### 5.6.1 目标和规则

通风应符合以下目标:

— 环境

电力线路和供暖管道会释放热量。只要这种热量没有通过隧道管壁传递到周围地面,必须用通风来冷却。

受控制的通风也是一种降低空气湿度的手段,而且对有效防腐蚀也有好处。

— 安全

作为安全设计的一部分,通风的目的是为了减少爆炸的危险,阻止车辆排出的气体进入,以及将由熔焊或铜焊所产生的有害气体保持于允许的工作水平上。

#### 5.6.2 通风系统

通风系统有:

— 自然通风

自然通风是指由于温度和压力的不同所产生的气流。在许多情况下,自然通风将产生足够的空气流动。

— 机械通风

在用加压机械通风时,风扇将外界空气吹进隧道。除空气流通外,这还将导致压力增加,从而防止危险气体进入隧道。

### 5.6.3 自然通风与机械通风的选择

在通风系统间进行选择的标准是：

#### — 技术和安全标准

在下列情况下，一般需要机械通风。

- 当在隧道旁有可能漏气的旧的煤气管道时；
- 如果有害的或易燃的物质有可能进入隧道的危险时；

就运行安全而言，自然通风的优点之一是由于不依靠机械或电的部件，故不存在发生故障而使通风中断的危险。

#### — 技术环境标准

在浅的地下结构中，其壁与周围地面接触，隧道内部的温度变化被它周围的热惰性所抵消，这就是自然通风一般足以提供所要求的环境条件的原因。

#### — 防蚀

高湿度特别是冷凝作用将使管道和固定物的腐蚀速度加快。隧道中的高湿度来自：

- 水渗透过隧道壁；
- 放水或清扫时的水；
- 由通风装置从外界引入的湿热空气发生冷凝。

应该通过最短的路径把外界水份抽掉，从而避免形成高的相对湿度。如果机械通风开始把外界的湿热空气引入冷的隧道时，只要不过大地增加其它危险，就应该将机械通风关掉。

### 5.6.4 机械通风的容量

内部隔板的分布应当考虑到通风区

#### — 根据温度极限确定容量

温度极限一般根据生理上可接受的工作条件或根据电力管道的容量来确定。由于周围地层对热量转移的影响很大，加上构筑物的热效应，因此通风所产生的冷却作用比较小。外界地面温度产生的影响也很小。

#### — 根据煤气泄漏的可能性选择容量

假如煤气的聚集始终保持在最低爆炸极限以下并有足够的安全余度的话，机械通风的容量应能使在煤气体管道有少量漏气的可能时仍能正常进行。

### 5.6.5 通风系统的安装说明

在自然通风的情况下，空气入口的横截面将主要取决于所需的空气量。

应该考虑提供适当的出口，在发生事故或特殊工作时可安装移动式的抽风机（如消防队使用的）。

## 5.7 排水

### 5.7.1 目标和规则

排水的目标是排掉下列几种水份：

- 地下水和经隧道管壁渗透入隧道的水；
- 清扫隧道的水；
- 从水管放出的水；
- 来自区域供暖管道的水；
- 水管漏出的水；
- 冷凝水。

安全规划中应包括排放破裂管道漏出的水。

排水系统应该满足下列要求：

- 不应有煤气从隧道通向排水管；
- 不应有气味从管道通到隧道(应设阀门)。

#### 5.7.2 少量多余水的内部排水网路

排水系统应与建筑物的排水系统相似。如果只有少量的水，只要隧道有适当的倾斜度，就可以提供一条排水通道。

#### 5.7.3 排放破裂管道的水

如果管道破裂，通常的排水道往往不能将过多的水排掉，这可能是由于与隧道相接的排水管道的容量不够大之故。安全规划应确定由隧道排水系统与适当的筑堤和分流设施相结合而排出的水需要考虑什么样的数量。

#### 5.7.4 通过位于隧道底下的管子排水

这一系统使水通过重力作用被排掉。要特别注意防止倒流。

#### 5.7.5 将水排入位于隧道仰拱标高以上的管子

这种情况下，水必须从排水井中抽出。安全规划中应指出要一个还是几个泵。配备单独的应急排水时也应有同样的考虑。一台电动泵应辅以另外一个用不同的能源驱动的泵。一般要提供某种信号系统。

### 5.8 信号系统

#### 5.8.1 概述

只有当已经考虑了所有有效安全措施而仍感不充分时，才应当安装信号和告警系统。信号和告警系统应放在特殊的安全规划中，但是应记住这种设备的效果是有限的，而且维护费用昂贵。

#### 5.8.2 煤气告警系统

这种系统一旦检测出煤气与空气的危险混合物，即发岀告警信号(在进出口处发信号)。在装有通风系统的隧道内可以开动这系统来冲淡混合气体。应把信号系统调节到最迟在煤气浓度达到最低爆炸阀值的50%时发出告警。应保证系统在停电情况下仍然继续运行。所有的漏气都应该检测出来。检测器应按一定间隔设置，如有必要，还要安装在接头、阀门等上方。

在隧道直接与房屋连接的情况下，煤气检测器是必不可少的。建筑物的公务入口应该密封。如果没有安装固定的煤气检测系统或不能工作，则在进入隧道以前应使用便携仪表确认无爆炸或有毒气体存在。

#### 5.8.3 水灾害警系统

水灾害警系统应该包括设在各低点和排水井中的浮筒开关以及在不同平面上的浮筒，逐一地发出警报。

#### 5.8.4 火灾害警系统

应根据具体情况考虑是否需要火灾害警系统。

## 5.9 其它服务设施

### 5.9.1 电信系统

为了便于检查和修理,应该提供内部业务通信。选择时可根据隧道的长度,检查的频次和不同使用者的维护计划来确定。

### 5.9.2 电力供给

在隧道中可能必须使用防火的服务设备。

### 5.9.3 照明

隧道中一般应安装永久性的照明系统。也应提供独立的应急照明系统。

### 5.9.4 隧道清扫

一开始就应该考虑到用清扫机的可能性(通道宽度,水龙头)。

### 5.9.5 标志和信号

所有障碍物和安全设备都应有明显的标志(台阶、紧急出口:出口方向)。管道也应该用专用的显而易见的和耐久的标志来区别。在复杂的隧道系统中,应该提供路标,以使不熟悉布局的人找得到路。

### 5.9.6 使用规则

对进入管道参观的人,应制定安全规则,提请注意通信、安全和疏散设施。

## 6 在管线和电信电缆合用的隧道中的地下管道规划的标准化

### 6.1 引言

本节叙述合用沟道或隧道中的地下管道的图示法。

在合用隧道中地下管道的图示法,有几个国家已标准化,因此,在本建议中限于提出一般的表示法。有关网路的管理部门有责任更新平面图和文件。

平面图必须包括为了地下管道运行、维护和扩建所需的全部细节,以及为了在修理时保护与保持继续运行所需的全部细节。

### 6.2 术语

本建议中的“地下管道”一词系指把生产地与消耗点或排放点相连接的一种流体分配装置。它包括电力和电信电缆用的管线。

### 6.3 应用场合

地下管道平面图为总资料系统的一个组成部分。不论在公共区域还是在私人区域内,这些管道构成了分配、排放和环境保护的公共网路。

## 6.4 适用于地下管道平面图的一些规则

### 6.4.1 资料范围

为了使用者的利益,地下管线平面图必须包括关于下列几点的完整和最新的资料:

- 各种管道的特性;
- 管道位置及标高;
- 管道网路的连接。

### 6.4.2 特性

平面图必须包括为了地下管道运行、维护和扩建所需的全部细节,以及为了在修理时保护与保持继续运行所需的全部细节,它们必须与每种网路的特定性能相对应。

### 6.4.3 位置和标高

应有可能根据平面图精确地确定管道和管道组件的位置,并把它转移到其它文件之中,以及把它与官方勘测点毫不含糊地联系起来,测量必须按照现行的勘测规则进行。

### 6.4.4 网路连接

应有可能根据平面图确定管道如何与它们所属的网路相连接。通常要求提供总平面图和各种图纸。

## 6.5 基础平面图

### 6.5.1 特殊规则

基础平面图为地下管道平面图提供基本参考资料。其目的在于绘制出管道所在区域的平面布置图。

### 6.5.2 内容

基础平面图基本上包括以下资料:

- 固定点(三角测量点、基准点、标高点);
- 建筑红线,边界;
- 建筑物;
- 农作物的种类和边界。

## 6.6 管道或网路平面图

### 6.6.1 平面图的类型

网络平面图包括一个分配网络或排水网络的所有设备和遥控装置的各种参考资料。网络平面图有下列几种类型:

- 排水;
- 电力;
- 电信装置;
- 区域供暖;
- 煤气;

- 公用天线装置；
- 供水。

#### 6.6.2 特殊规则

每张管道或网路平面图必须满足有关网路的运行要求，应该适用以下规则：

- 必须包括法律所要求的全部资料；
- 对于管道，必须提供有关管道发展、建筑、运行和维护等方面的资料；
- 必须包括在故障或失灵情况下使用的说明；
- 必须向操作人员和第三方提供管道位置和标高的资料。

#### 6.6.3 内容

管道平面图一般包括下列数据：

几何数据

- 管道位置；
- 管道标高。

管道数据

- 输送的流体；
- 管理企业；
- 功能；
- 类型和内容；
- 剖面；
- 尺寸；
- 材料；
- 运行条件；
- 结构或管道部件；
- 标志。

辅助设备数据

- 保护装置。

#### 6.6.4 平面图的比例尺

比例尺的选择取决于管道的密度。如有可能，管道平面图的比例尺应与根据勘测绘制的基础平面图相对应。

根据区域内建筑物的密集程度，建议采用1:100、1:200、1:250或1:500的比例。

### 6.7 平面图的制备

#### 6.7.1 定义

所谓平面图和数据管理的准备就是指收集、更新、处理和显示有关地下管道的全部数据。任何地下管道的资料系统可用人工或计算机来进行处理。

#### 6.7.2 勘测

勘测的原则如下：

每当敷设或更改管道时，应勘测其位置，如果有必要还要勘测其标高。

如果挖出至今尚不清楚或位置不确切的管道，必须对这些管道进行勘测。这条规则也适用于借助检测而

定位的管道。

#### 6.7.3 定位的精度

管道定位所用的各点的精度必须符合土地测量规则。

#### 6.7.4 勘测方法

必须使用以下勘测方法中的一种：

- 极坐标；
- 直角坐标；
- 距离截点法；
- 延伸法。

#### 6.7.5 制备平面图的步骤

- 单张图的系统。基础平面图和管道数据应出现在同一图纸上，管道必须复制到基础平面图上。
- 多张可重迭的平面图系统。在这种系统中，各种级别的数据出现在单独的图页上，基础平面图、管道数据和网路数据可以作为不同的数据等级出现。

#### 6.7.6 表示方法

在图上用专用标准中所定的常规符号来表示出管道。

#### 6.7.7 书写

书写必须清楚明了和均匀，必须适合于缩小和复制。

### 6.8 数据处理系统的使用 — 一般分析

地下管道的大量数据需要收集、存储、更新、处理和复制，必须能将它们以不同的组合中提取出来。因此，宜使用计算机技术，因为这是建立一个地下管道综合资料系统的唯一途径。这一系统能满足各种要求。例如把分开的可重迭的平面图进行自动处理来合并不同级别的数据；也可用它提取各种各样的内容（如平面图、清单等）。

地下管道资料系统必须设计成一个连续的工作程序，包括在现场或在办公室的数据收集、存储和处理，以及打印出平面图和清单。

#### 6.9 保持平面图为最新的资料

##### 6.9.1 更新

除非对管道平面图不断地更新，否则就达不到预定的目的。应注意以下原则：

- 工作一旦完成，就必须立即收集与处理新的或更改的管道的数据；
- 基础平面图必须保持为最新的。

##### 6.9.2 局部数据的存取

在管道敷设完工至数据记入平面图之间的任何时间内，应有局部文件供磋商参考之用。

## 6.10 典型平面图

### 6.10.1 内容

附录 C 中的示范平面图绘出了分配管道线路和输送管道隧道。

### 6.10.2 图示法

隧道和管线应该根据管子内径按比例绘制。

### 6.10.3 管道的图示法

因为在隧道内通常悬挂、敷设或固定了许多的管道和电缆,因而不可能单独表示每一根管道。因此,可用隧道的剖面图表示,剖面图画在管线旁边,或画在另一张图纸上而指出它们的位置。

将分支、接头、支撑物和其它细节纳入平面图或专门的档案中。应当用常规的符号表示不同流体的分配管道。

## 附 件 A

(附于建议 L. 11)

表 A-1/L. 11  
防止外界危险的安全规划

| 危险             | 后果                   | 危险程度                               | 安全要求       | 可能采取的预防措施 <sup>a)</sup> |  |                         |
|----------------|----------------------|------------------------------------|------------|-------------------------|--|-------------------------|
|                |                      |                                    |            | 在危险源方面                  | 在施工期间  | 在运行期间                   |
| 从平行或交叉的管道中来的气体 | 爆炸、着火、窒息或中毒          | 很少发生,仅在管道破裂时才发生。其危害是广泛的(对人身、管道和隧道) | 与有负载的构筑物相同 | 密封或更换输气管道               | 密封隧道与地面间的管道出口<br>自然通风<br>强制通风(隧道加压)<br>用耐火隔板将隧道分隔为小段 | 进入隧道前测量气体浓度<br>定期检查气体浓度 |
| 从外面进来的水        | 有淹没可能,损坏管道           | 很少发生                               | 可靠的分配管道    | 防止大水                    | 适当放置的开口孔、密封门、防水门和盖板<br>所有管子都要装牢,不要被提起<br>有效的排水系统     | 监视系统                    |
| 不稳定的地基         | 管道破裂,特别是在隧道至地面间的转换点上 | 可预见的影响                             | 与有负载的构筑物相同 | 压实地基                    | 有挠性的固定物<br>管道转换点的合适设计                                | 用测量来进行监视                |

<sup>a)</sup>表中所列的预防措施不是包罗无遗的。

表 A-1/L. 11(续)

| 危险          | 后果                  | 危险程度               | 安全要求      | 可能采取的预防措施 <sup>a)</sup> |                      |       |
|-------------|---------------------|--------------------|-----------|-------------------------|----------------------|-------|
|             |                     |                    |           | 在危险源方面                  | 在施工期间                | 在运行期间 |
| 地震引起的震动     | 管道破裂,特别是在隧道至地面的转换点上 | 发生的概率随不同的地区而变化影响巨大 | 所有管道应继续运行 |                         | 抗震的固定物<br>对管道出口的特殊设计 |       |
| 武器、爆炸和冲击的影响 | 管道破裂                | 在战争期间可能导致严重的损害     | 所有管道应继续运行 |                         | 抗冲击的固定物<br>管道出口的合适设计 |       |
| 破坏行动        | 管道破裂、爆炸、着火          | 很少发生               | 所有管道应继续运行 |                         | 可加锁的入口点              | 控制进入  |

<sup>a)</sup>表中所列的预防措施不是包罗无遗的。

表 A-2/L.11

## 隧道管道中固有危险的安全设计

| 危险说明 |              | 后果                              | 危险程度                    | 安全要求                    | 可能采取的预防措施 <sup>a)</sup>                |                        |  |
|------|--------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|--|------------------------|--|
| 网路   | 危险           |                                 |                         |                         | 在危险源方面                                 | 在施工期间                  | 在运行期间  |
| 电力   | 着火、冒烟        | 人身伤害<br>管道破裂<br>电缆着火<br>蚀层和绝缘破坏 | 很少发生<br>危及人身和<br>大量材料损坏 | 对于人员,与有<br>负载的构筑物<br>相同 | 仔细敷设管道                                 | 用耐火隔板隔<br>开各个区段        | 火警系统   |
|      | 有毒的和腐蚀性的烟雾   | 人员中毒<br>损坏管道和金属部件               |                         |                         | 限制使用 PVC<br>涂覆的管道<br>不用 PVC 的电<br>缆固定物 |                        |  |
|      | 充油电缆漏油       | 污染地下水和<br>泉水                    | 很少发生<br>间接的导致<br>人员危险   | 对于人员,与有<br>负载的构筑物<br>相同 | 充油电缆放在<br>隧道内尽可能<br>高的地方               | 排油装置                   | 油压监视   |
| 煤气   | 由于漏气而引起爆炸和着火 | 人身伤害<br>管道破裂<br>损坏隧道            | 很少发生<br>危及人身<br>和大量材料损坏 | 对于人员,与有<br>负载的构筑物<br>相同 | 管道应使用钢管<br>而且应该检查焊接点                   | 自然通风<br>机械通风<br>防漏防火隔板 | 定期检查可能<br>的漏气<br>管道腐蚀检查<br>定期测量气体<br>浓度<br>每次检查时测<br>量气体浓度 |
|      | 有煤气,但未爆炸     | 窒息和中毒                           | 很少发生<br>人身伤害            |                         |  |                        |  |

<sup>a)</sup>表中所列的预防措施不是包罗无遗的。

表 A-2/L. 11(续)

| 危险说明 |                  | 后果                        | 危险程度            | 安全要求            | 可能采取的预防措施 <sup>a)</sup> |   |                                  |
|------|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|---|----------------------------------|
| 网路   | 危险               |                           |                 |                 | 在危险源方面                  | 在施工期间   | 在运行期间                            |
| 供水   | 由于管道破裂而使隧道泛滥     | 有淹没的可能损坏管道                | 很少发生危及人身及少量材料损坏 | 对于人员,与有负载的构筑物相同 | 仔细设计和安装施工               | 牢固的固定物<br>自动阀<br>有效的排水系统<br>所有管子应装牢,不致被向上的力提起 | 定期检查可能的漏泄<br>腐蚀检查<br>告警系统(带浮标开关) |
| 区域供暖 | 由于管道破裂或漏泄逸出蒸气或热水 | 人身伤害<br>管道破裂及快速温升引起管道其它损坏 | 很少发生大量损坏        | 对于人员,与有负载的构筑物相同 | 仔细安装管道                  | 在隧道末端设由外面控制的切断阀<br>遥控切断阀<br>隔板                | 告警系统                             |
| 排水   | 局部泛滥             | 管道损坏                      | 很少发生少量材料损坏      | 限制材料损坏          | 把管道放在最高水位上面             |   |                                  |
|      | 整条隧道泛滥           | 人身伤害和损坏材料                 | 很少发生            | 对于人员,与有负载的构筑物相同 | 密封的和可加锁的进出口及检查孔         | 管道应装牢,不致被向上的力提起                               |                                  |

<sup>a)</sup>表中所列的预防措施不是包罗无遗的。

## 附 件 B

(附于建议 L. 11)

### 隧道截面的例子

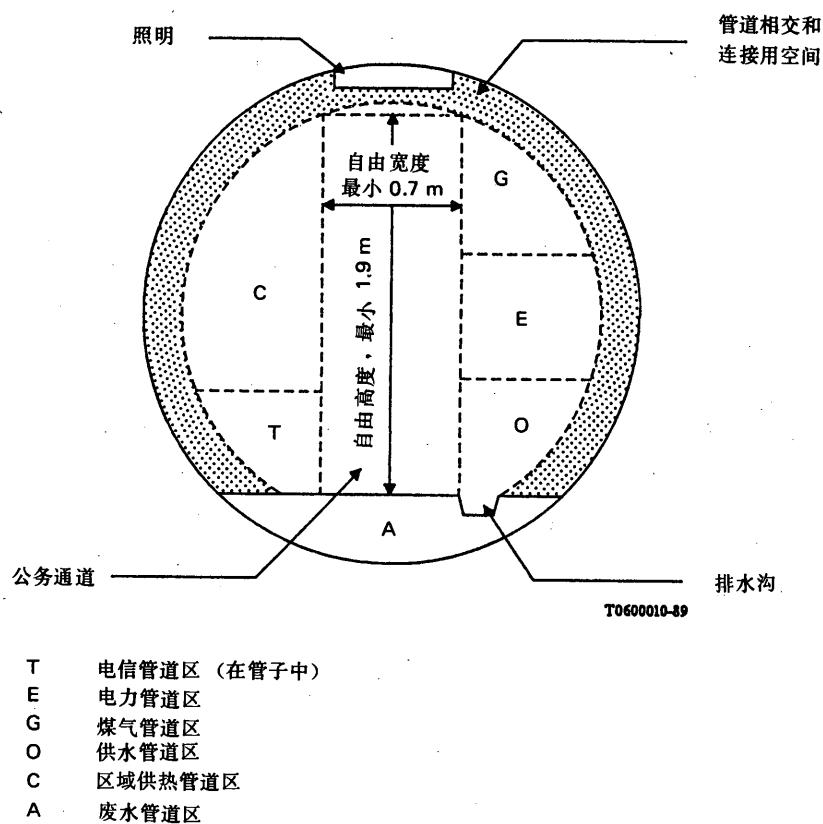
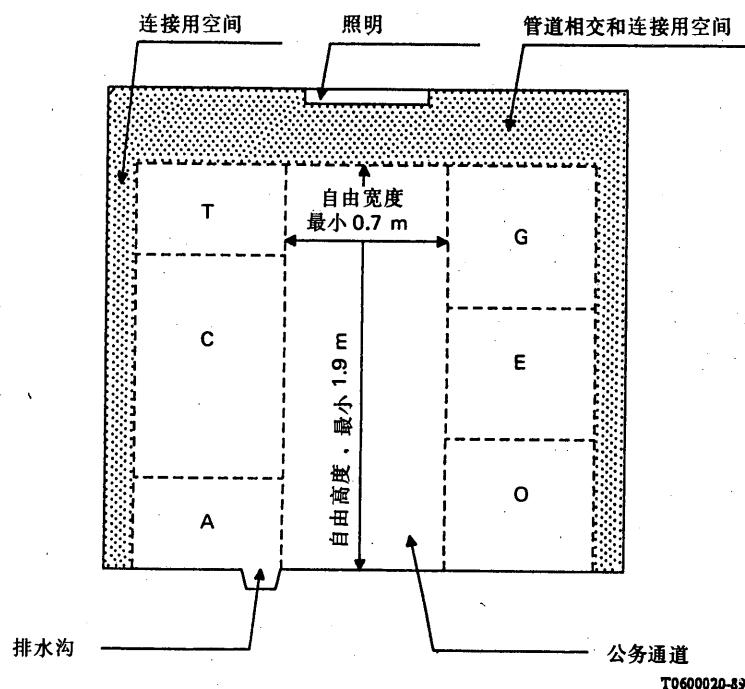


图 B-1/L. 11

圆形截面的例子



- T 电信管道区（暴露的电缆）  
 E 电力管道区  
 G 煤气管道区  
 O 供水管道区  
 C 区域供热管道区  
 A 废水管道区

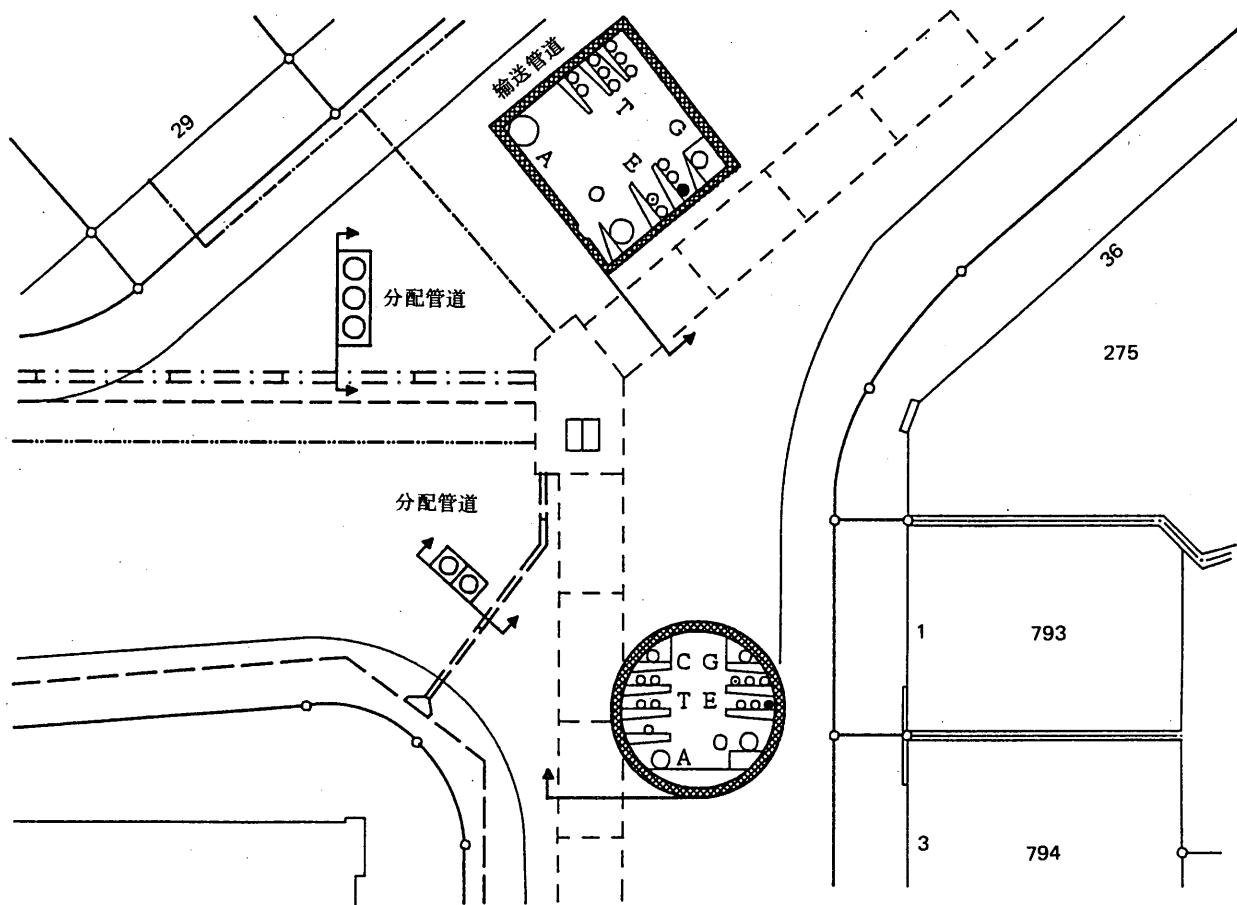
图 B-2/L. 11  
矩形截面的例子

## 附件 C

(附于建议 L. 11)

### 示范平面图

#### 典型规划



T0600030-89

#### 图例

- 结构部件或看不见的装置
- 可见的管道部件
- 取自土地登记处的资料  
(街道、小块土地、建筑物等)
- 要排放的水, A
- 电力, E
- 电信装置, T
- 煤气, G
- 区域供热, C
- 共用天线装置, V
- 供水, O

图 C-1/L. 11

### 示范平面图

中国印刷 ISBN 92-61-03745-3