

人 民 邮 电 出 版 社

E. F. VANCE

Senior Research Engineer, SRI International

COUPLING TO  
SHIELDED CABLES

A WILEY-INTERSCIENCE PUBLICATION

JOHN WILEY AND SONS / NEW YORK/

LONDON / SYDNEY / TORONTO

内 容 提 要

各种外界由磁场对电子设备的影响已日趋突出。本书较全面地介绍了外界电磁场对屏蔽电缆（指同轴线对以及含有金属护层的各种电缆，既有架空也有地下电缆）的影响。书中对电磁波沿土壤的传播特性有较详细的叙述，对整管屏蔽体、编织屏蔽体及多层屏蔽体的屏蔽作用都作了精辟深入的分析。除提供了理论计算公式外，还有大量的图表、曲线及计算数据。对脉冲场影响作了详尽的论述，是一本研究电磁脉冲影响较好的参考书。

本书可供从事电磁兼容及信息传输系统防护的科技人员和电缆干线设计人员以及电缆载波设备的维护人员使用。

电磁场对屏蔽电缆的影响

〔美〕爱·弗·万斯 著

高攸纲 吕英华 译

高攸纲 校

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32

1988年4月河北第一版

印张：6 页数：96

1988年4月河北第1次印刷

字数：133千字

印数：1—2 500册

ISBN7115—03549-0/TN054

定价：1.20元

## 前 言

数字设备和集成电路已被广泛采用。但是它们对由雷电、电力开关等原因所引起的瞬变过程特别敏感，这样就使得人们对有屏蔽的电缆更加关心了。设计这类敏感电路时，会遇到由于雷电等天然源或无线电、雷达等人造源所引起的干扰影响或损坏设备的问题。此外，由于核爆炸而引起的电磁脉冲也能引起这类影响。

近年来，上述这些问题又重新引起人们对屏蔽电缆课题的关心，出现了一些关于电磁场对电缆心线及金属护层影响的高水平理论和实验方面的论文。尽管已经有了大量的新资料，但仍然没有一本能够满足设计者对这方面课题需要的论著。为满足这方面的需求，笔者撰写了这本著作。

由于本书主要是写给设计人员的，所以作者尽量把理论分析的结果进一步化成有利于数值计算的形式。在可能情况下，作者都画出了归一化图表，使读者很容易利用这些图表去确定频率响应或瞬变过程。此外，书中还尽可能地给出可用以估算电缆上感应电流和电压峰值的近似公式。第三章和第四章中关于架空和地下电缆电磁场影响的资料是以桑德(文献15)早期工作所求得的低频近似理论为基础的。虽然已经导出了适用于高频情况下的精确公式，此处则仍然采用较简单的低频近似结果。这样做首先是因为从这些公式可以很容易得到精确度已足够的估算值，其次是因为大多数地下电缆都具有柱形(管状)屏蔽，因而可阻止高频进入缆心；最后则是因为对未屏蔽的主要架空电缆来讲，由于供电网和电子设备间的电气导线所产生的

电感和绝缘损耗对高频有一定的滤波作用。此外，主要是在弱导电地段（例如砂质土壤）情况下才会涉及到高频限制问题。因此绝大多数有金属外护层的电缆或靠近金属接地设备的电缆都可按第三章中所用的传输线理论法作精确的分析。

第五章采用了人们已经熟悉的转移阻抗和转移导纳的概念来描述电缆屏蔽；而不采用屏蔽效果的概念，转移阻抗和转移导纳比屏蔽系数更直接地表达了电缆的屏蔽特性。屏蔽系数与终端阻抗及测量设备的情况有关。作者采用了转移导纳的概念而未用电荷转移频率的概念，这是因为转移导纳的概念更适于用来分析传输线的问题。虽然大部分屏蔽电缆的问题都可以用传输线的方法来处理，这里还是给出了转移导纳与其它耦合参量之间的关系（例如，转移导纳与电荷转移频率之间的关系）。

本书的筹备工作得到斯坦福研究所及其它组织中许多同仁的帮助，作者特此表示感谢。书中大部分资料的原始准备工作都是在华盛顿美国国防部核动力研究所领导下进行的。

爱·弗·万斯

1977年12月

## 译 序

随着电子设备的广泛应用，各种外界电磁场对它们的影响已日趋突出。本书全面介绍了外界电磁场对屏蔽电缆的影响，既包括影响的理论计算部分，也包含了测试方法，对脉冲场影响作了详尽的论述，是一本研究雷电、高压输电线、交流电气铁道接触网、核爆炸等电磁脉冲影响较好的参考书。

书名所指屏蔽电缆实际上是指同轴线对以及含有金属护层的各种电缆，既包括架空电缆，也包括地下电缆。书中对电磁波沿土壤的传播特性有较详细的叙述，对整管屏蔽体、编织屏蔽体及多层屏蔽体的屏蔽作用都作了精辟深入的分析。

书中除提供理论计算公式外，还有大量的图表曲线及计算数据，可供工程技术人员在工作中参考使用。

本书可供从事电磁兼容问题及信息传输系统防护的科技人员及研究生使用，对于大专院校师生、电缆干线设计人员以及电缆载波设备的维护技术人员也很有参考价值。

译者在翻译本书的过程中，除按英文原本进行翻译外，并对照该书的俄文译本进行了核对补充，译文如有不妥之处，欢迎读者批评指正。

第一、二、三章由吕英华同志翻译；第四、五章由高攸纳同志翻译。

译 者

# 目 录

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| <b>第一章 通过电缆引进的干扰</b> .....   | ( 1 )  |
| § 1.1 地表面附近的电磁场 .....        | ( 3 )  |
| § 1.2 外界电磁场作用下电缆中的感应电流 ..... | ( 4 )  |
| § 1.3 电缆屏蔽和连接器上的电磁场影响 .....  | ( 6 )  |
| § 1.4 感应电压在电缆心线上的分布 .....    | ( 8 )  |
| <b>第二章 电磁波与土壤的相互作用</b> ..... | ( 10 ) |
| § 2.1 土壤的电气特性 .....          | ( 11 ) |
| 一、土壤导电率 .....                | ( 11 ) |
| 二、土壤的介电系数 .....              | ( 12 ) |
| 三、土壤导磁率 .....                | ( 15 ) |
| 四、土壤参数的测定 .....              | ( 17 ) |
| § 2.2 电磁波在土壤中的传播参数 .....     | ( 18 ) |
| § 2.3 电磁波的反射及电磁波沿地面的传播 ..... | ( 19 ) |
| § 2.4 地面以上的电场 .....          | ( 21 ) |
| § 2.5 地中电场 .....             | ( 27 ) |
| <b>第三章 架空电缆</b> .....        | ( 31 ) |
| § 3.1 传输线公式 .....            | ( 32 ) |
| 一、有分布源的传输线 .....             | ( 32 ) |
| 二、传输线普遍公式 .....              | ( 35 ) |
| 三、纵向阻抗 .....                 | ( 40 ) |
| 四、横向导纳 .....                 | ( 41 ) |
| 五、特性阻抗和传输常数 .....            | ( 42 ) |

|                                     |               |
|-------------------------------------|---------------|
| (1) 以土壤为回流线的电缆 .....                | ( 42 )        |
| (2) 在金属表面上方的电缆 .....                | ( 46 )        |
| § 3.2 半无限长线路上的电流和电压 .....           | ( 48 )        |
| 一、全反射地面 .....                       | ( 49 )        |
| 二、大地导电率为有限值时所引入的修正 .....            | ( 55 )        |
| 三、半无限长线路上感应的开路电压 .....              | ( 60 )        |
| 四、架设高度很低的电缆 .....                   | ( 62 )        |
| § 3.3 有限长导线上的感应电压 .....             | ( 64 )        |
| § 3.4 垂直部件中的感应电流 .....              | ( 66 )        |
| 一、垂直部件顶端的感应电流 .....                 | ( 67 )        |
| 二、垂直部件底端的感应电流 .....                 | ( 70 )        |
| § 3.5 带有垂直部件的水平导体上的感应电流 .....       | ( 72 )        |
| <b>第四章 地下电缆 .....</b>               | <b>( 76 )</b> |
| § 4.1 地下电缆的传输常数及波阻抗 .....           | ( 76 )        |
| 一、单位长度的阻抗 .....                     | ( 77 )        |
| 二、单位长度的导纳 .....                     | ( 81 )        |
| 三、波阻抗及传输常数 .....                    | ( 84 )        |
| § 4.2 在脉冲场作用下地下电缆内感生电流的<br>计算 ..... | ( 86 )        |
| 一、当电缆电气上很长时在远离电缆终端各处的电<br>流 .....   | ( 86 )        |
| 二、深埋电缆内的电流 .....                    | ( 91 )        |
| 三、当电缆电气上很长时在未绝缘电缆的终端附近的<br>电流 ..... | ( 94 )        |
| § 4.3 有限长电缆 .....                   | ( 97 )        |
| 一、两端短路 .....                        | ( 97 )        |
| 二、两端开路 .....                        | ( 97 )        |

•)当线路衰减常数与线路长度的乘积大于1.5奈时,一般这种线路就叫电气上的长线路—译注。

|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| 三、有限长电缆内电流的计算 .....            | ( 102 )        |
| § 4.4 垂直导线的传输常数 .....          | ( 106 )        |
| 一、短接地棒的阻抗 .....                | ( 106 )        |
| 二、长接地棒的阻抗 .....                | ( 107 )        |
| 三、地下电缆的传输常数 .....              | ( 109 )        |
| <b>第五章 电磁场穿越电缆屏蔽体的影响 .....</b> | <b>( 112 )</b> |
| § 5.1 屏蔽电缆的研究 .....            | ( 113 )        |
| 一、等效电路 .....                   | ( 113 )        |
| 二、转移阻抗及转移导纳 .....              | ( 115 )        |
| § 5.2 管状屏蔽体 .....              | ( 116 )        |
| 一、转移阻抗 .....                   | ( 116 )        |
| 二、短电缆中的电压及电流 .....             | ( 121 )        |
| 三、地下电缆心线中的电流 .....             | ( 128 )        |
| 四、强磁屏蔽体的饱和 .....               | ( 129 )        |
| § 5.3 有漏泄的屏蔽体 .....            | ( 131 )        |
| 一、编织屏蔽体 .....                  | ( 131 )        |
| 二、由螺旋带或螺旋线制成的屏蔽体 .....         | ( 142 )        |
| § 5.4 内部电压及电流 .....            | ( 147 )        |
| 一、普遍公式 .....                   | ( 147 )        |
| 二、特殊情况的解 .....                 | ( 150 )        |
| 三、由缝隙耦合引起的方向效应 .....           | ( 159 )        |
| 四、由信号扩散引起的方向效应 .....           | ( 162 )        |
| § 5.5 屏蔽参数的测试 .....            | ( 164 )        |
| 一、转移阻抗与转移导纳 .....              | ( 164 )        |
| 二、屏蔽效果 .....                   | ( 166 )        |
| § 5.6 多层屏蔽体 .....              | ( 167 )        |
| 一、周期性进行连接的双层屏蔽体 .....          | ( 168 )        |
| 二、屏蔽体间相互绝缘的长电缆 .....           | ( 172 )        |

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| 三、多层屏蔽体 .....           | ( 173 ) |
| § 5.7 电气连接器及接头的漏泄 ..... | ( 174 ) |
| 一、连接器的耦合参数 .....        | ( 175 ) |
| 二、连接器转移阻抗的测试 .....      | ( 177 ) |
| <b>参考文献</b> .....       | ( 179 ) |

# 第一章 通过电缆引进的干扰

在以电能为动力或用电子控制的所有系统中，电缆都有十分重要的作用。我们用电缆向系统输送电能，用电缆传递指挥、控制和描述系统状态的信息。此外，还有像电缆一样会引进电磁干扰的一些其它导体。其中有自来水管、排水管、汽管、冷却系统管道、压缩空气管道、通风管道、燃气管道、电气接地系统的地网、电线管道等。

电缆以及上述各种导体对估算外界干扰源与系统的相互作用都是十分重要的因素。电力线以及长途通信电缆这类长距离电缆会成为外界电磁能的巨大收集器。这些电磁能传送到与电缆接口的终端设备中，就会在设备的小信号电路中产生不容许的干扰影响或造成元件损坏。对屏蔽不够好的地上系统来说，这些长电缆通常会成为引进干扰的主要途径。

飞机、导弹和建筑物内部的电缆以及建筑物之间、可移动设备之间的连接电缆都对系统的特性产生重要影响。这些电缆可能并不很长，也可能并不直接受外界电磁场的作用，但也会成为感应电流及电压通向敏感电路区的传播途径。大多数的电子设备都有封闭的金属机壳，则由于金属机壳有相当好的静电屏蔽作用，如没有外界电缆（包括接地线），电子设备就不会受外界电磁场的影响。可是一旦有了连接电缆，金属机壳外的强感应信号就被引进设备的内电路中。例如，将频率为60赫的电源用电缆与机器连接，电源线总是要与配线网连通的，而在配线网中由雷电或其它干扰源的作用则可感应出数百万伏的电

压或数千安的电流，其影响就可想而知了。

我们可以找到许多较为常见的例子。例如，飞机上的通信舱、导航舱、飞行控制舱的连接及点火控制系统之间的连接电缆都可能耦合进来由雷电或原子核爆炸脉冲感应的电流。此外，在雷达天线罩、轮舱、翼梢盖等处还可能有部分裸露电缆。因此，在大多数这类机舱中，通过电缆导体引入机舱的外界感应信号，成为唯一主要的外界干扰信号源。与此类似，在移动通信的地面基地系统中，飞行器上各子系统间的连接电缆，通常就成为飞行器内设备的主要感应干扰源。

为了减小对这些连接电缆导体的直接耦合，这些电缆（也包括长距离地下通信电缆）通常都带有屏蔽层。于是绝大部分的直接耦合电流只流过屏蔽层，而不流过在屏蔽体里面传输信号用的导体。但是，虽然采用了屏蔽电缆，在屏蔽体内的导体上还是有可能感应出不容忽视的较大感应电流。此外，用来连接设备部件或子系统的软电缆的屏蔽作用通常都随频率的增高而变差。所以，尽管在屏蔽电缆内的导体上的感应电流比电缆屏蔽层和电力线上的主体感应电流要小，我们仍有必要对它加以估算。

为了衡量电磁场对电缆心线产生影响后所引起的系统参数的变化，首先必须研究与电缆防卫度有关的问题。这就需要确定电缆周围媒质（如土壤）的物理特性及电气特性，同样，还需要确定沿电缆的轴向电场。根据场的数据和电缆特性就可以求出电缆的全部感应电流。如果是屏蔽电缆，还需要进一步求出在屏蔽体里面的导体上的感应电流及电压。

## § 1.1 地表面附近的电磁场

几乎在所有的实际问题中，入射波都要受到电缆周围环境的影响而发生一定变化。例如，电力线和地下通信电缆附近的场就受大地的影响，结果作用到电缆上的场就不仅仅是入射场而是某个合成场。对架空传输线来讲，合成场是入射电场与地面反射场之和。对地下电缆的情况来讲，合成场是土壤中的透射波的电场，即去掉空气与大地交界面上的反射场之后所剩余的电场。对敷设极深的地下电缆来讲，这个场由于在土壤中传播，还要进一步减弱。

位于飞机、导弹、建筑物以及其它封闭环境中的电缆，作用场往往就是入射场的一部分，它们或经由开口处，如门、窗、接缝、裂缝等透入；或经由受外界场影响的导体引入；或经由外皮或器壁透入或传入。对飞机、导弹和具有抗扰结构的屏蔽建筑物来讲，主要途径是经由开口处透入或经由处于未屏蔽空间的导体引入。敷设在无屏蔽结构的建筑物（如木质结构建筑物）中的电缆，通常会受到经由墙壁传播进来的场的影响。

不管在什么情况中，计算电缆的重要步骤都是要确定作用于电缆上的场的大小。飞机或建筑物内部受影响的设备的几何位置往往相当复杂，而且随设备类型的不同还有很大变化。因此，我们找不到内部电场的普遍计算方法。对电力电缆和通信电缆这些处于户外的电缆来讲，只有空气和土壤的界面（或其它平面）等简单因素会影响入射场。而且通常正是这些较长的户外电缆中的感应电流及电压成为地面电子设备中产生干扰场的主要原因。所以，地面附近的场是十分重要的，也是可以计算的。

第二章专门研究空气和大地交界面处入射场与土壤的相互影响，对距交界面不同深度、不同土壤导电率、不同入射角的入射波在交界面上方及下方的场都进行了计算。此时，还对影响这些场数值的土壤电磁特性做了一定的研究。

## § 1.2 外界电磁场作用下 电缆中的感应电流

在与电磁场显著影响有关的大部分问题中，电缆总可作为传输线处理。架空电力及通信电缆都构成了一种传输线，其中架空电缆本身作为传输线的一个导体，而大地则是另一导体。敷设在地下并带有绝缘外皮的电缆与电缆周围的土壤构成了同轴传输线。当绝缘层厚度趋于零的极限情况时，可看成裸电缆。所以，地下裸电缆同样也可看作传输线。

在外界电磁场对电缆影响的问题中，采用传输线法是工程上非常重要的观念。这是因为首先它可用一维变量分析电缆问题（否则需求解二维或三维的经典电磁场边值问题），其次它在大多数情况下几乎对所有的电缆结构都能给出足够的计算精度。

当把在轴上某点受外界电场  $E$  作用的电缆看成传输线时，电缆每米长度都会感应出  $E/2Z_0$  的电流增量，也就相当于在该点串入一个低内阻的电压源  $E(V/m)$ 。跨接在电压源上的阻抗是传输特性阻抗  $Z_0$  的两倍——电压源每一边的阻抗都是  $Z_0$ 。这时从  $E$  的作用点发出两个量值为  $E/2Z_0$  的电流波和两个量值为  $E_0/2$  的电压波。一组电流波和电压波沿着电缆一个方向传播，另一组电流波和电压波则沿相反方向传播。因为整段电缆

都受电场的影响，所以电缆中总的感应电流等于电缆上所有点的感应电流增量之和（当然要适当地考虑波的传播和电缆终端反射所用的时间）。所以计算电缆的感应电流时，重要的是决定电缆轴向的电场分布（即没有电缆时的“开路”电场）、电缆的特性阻抗及其传输特性（如衰减及传播速度）。

地下电缆的特性阻抗往往很小（几个欧姆），这是因为电缆导体非常靠近电流回线（土壤）。正由于这个原因，加之土壤又不是良导体，就使得电流沿地下电缆传输时受到很大的衰减。虽然在其它情况下低阻抗意味着会产生较大的感应电流，但由于空气与大地分界面的强反射作用，使加在电缆上的电场比入射场小很多，于是就只有较小的电场作用在低阻抗上。地下电缆上流过的电流遭受较大的衰减，就使得电缆上各点的感应电流基本上只由该点附近的条件决定，而由远处传输来的感应电流在沿电缆传输的过程中已被损耗殆尽了。

外界电磁场对地中电缆影响问题的分析表明，在地下长电缆上的感应电流近似正比于土壤中的电流密度 $\sigma E$ 和半径为土壤集肤深度 $\delta$ 的圆面积的乘积。即电缆上流过的电流总是相当于流过 $\delta$ 为半径的土壤圆柱的电流，它只占总电流的一部分（通常是 $1/10$ ）。土壤的集肤深度和土壤中的场强都与土壤导电率有关，这种依赖关系表现为使得 $I\sqrt{\sigma}$ 值保持恒定。因此，土壤的导电率越大，地下电缆上的感应电流就越小。

地面上的架空线（例如架在杆上的电力线）有较大的特性阻抗（几百欧姆），但在地面反射波到达之前，架空线会承受全部入射场的作用。此外，由于大体积的土壤是相当好的电流回路，所以架空线中传输的电流所受衰减相当小。于是其中的感应电流能传输到较远处。架空线中各点的感应电流就可能含有从距离相当远处传输来的感应电流。因此，架空线虽然特性阻

抗较大，但其中的感应电流却可能比地下电缆中的还要大，特别是波的入射方向与电缆轴线的夹角比较小时更是如此。

当电缆敷设在导电性能很好（设为金属）的表面以上时，电缆中感应电流的最大值（峰值）为 $2E_0h/Z_0$ ；式中 $E_0$ 是入射场强的峰值， $h$ 是电缆在地面上的架设高度， $Z_0$ 是架空线的特性阻抗。当入射场为 $50\text{kV/m}$ 时，在良导电地面上架高为10米的电缆中可感应出幅值达数千安的电流。如果同样的电缆架设在弱导电土壤的地面上时，由于地面反射波对入射波的抵消作用不大，电缆中感应的峰值电流可以比前者大出很多倍。此时，由弱导电土壤所引起的感应电流与土壤导电率的平方根成反比，并与地下电缆中的感应电流波形相同（但幅值不同）。

### § 1.3 电缆屏蔽和连接器上的电磁场影响

在弱电回路中、在高频传输线中、在心线需要机械保护的场合下以及在高压电缆需要减低电位梯度的情况下，都广泛运用屏蔽电缆。屏蔽电缆中的全部感应电流只有一部分流入由屏蔽体所包住的心线中，其余则集中在屏蔽层内。采用屏蔽电缆减少干扰就是要使绝大部分干扰电流流过屏蔽层，而在屏蔽体里面的心线上只有很小的感应电流和电压。感应电流在屏蔽层和心线上的分配比例随频率和屏蔽体类型而改变。

计算导体中全部感应电流的传输线普遍理论也可用来分析屏蔽电缆内心线中的感应电流和电压。在屏蔽电缆内作用在心线中的感应电压分布可以通过屏蔽层的转移阻抗与屏蔽层内流过的电流的乘积来求得，而不采用前面在讨论外界电磁场对电

缆影响的问题时所用的求解入射场的方法。转移阻抗由内、外电路共有的互电阻和互电抗（漏导）组成。由编织网做成的电缆屏蔽体不具备100%的投影重叠部分，这种情况下内导体与外屏蔽回路之间就有漏电容。泄漏的存在可认为出现了分布电流源，这个电流源的大小则等于外屏蔽的电压与漏电容容纳之积。

根据屏蔽特性，可以将实际中采用的电缆屏蔽分为两大类：没有孔隙、裂缝、开口的管状屏蔽以及有上述缺陷的屏蔽。整铅管、硬钢管（接头密实）形式的管状屏蔽对高频信号有相当大的衰减作用。在某个频率时屏蔽层厚度刚好达到一个集肤深度（通常小于1兆赫）。高于此频率，衰减将变得很大，并且随频率的增长，衰减几乎按指数规律增加。此外，管状屏蔽体还消除了在心线与屏蔽体返回电流的外回路之间的漏电容。

其它种类屏蔽，例如编织网、绕包带、软管等等都有漏电感。当频率超过1兆赫时，这就会增大与内部心线的耦合。在这些屏蔽体中多数还有漏电容，这种经过漏电容的耦合也随频率增高而加大。

在通信同轴电缆以及抗干扰用的编织网屏蔽体中具有 $0.1-1nH/m$ 量级的漏电感。即当频率为10兆赫时1安的电流流过屏蔽，在电缆内将产生每米6-60mV的电压。单层绕包带屏蔽和螺纹形软管具有较大的漏电感，往往可达数 $\mu H/m$ 。然而，带重叠接缝的纵包带屏蔽以及有两层反向绕包的包带屏蔽在漏电感参量方面则可与好的编织网屏蔽相媲美。

改善编织网屏蔽高频参数的方法是采用两层或多层屏蔽。每增加一层屏蔽都能使通过屏蔽的干扰影响减小20-30dB。

连接系统的活动部件和子系统的屏蔽电缆通常都有插头与

子系统机台的插座配套。这样，连接器就构成电缆屏蔽的一部分，于是经过连接器漏泄就会在心线上产生感应电流和电压。电缆连接器的屏蔽特性由于结构和连接器表面修整情况不同而有显著的变化。采用有足够屏蔽效果的连接器一般在屏蔽回路中只引入数毫欧以下的电阻以及数十微微亨的漏电感。如电缆不很短（不小于几米长），这种连接器引入的漏泄比电缆屏蔽的总漏泄要小得多。如果屏蔽电缆采用了连接器，而连接器又不具备良好的屏蔽特性，则往往会引入很大的电阻和漏电感。为了防蚀这种连接器有的还做了绝缘阳极化抛光，但在屏蔽电缆系统中使用了这种连接器实际上却抵消了屏蔽电缆减小干扰的作用。一种陈旧的接线方法是将电缆屏蔽接到一根软线上，然后经过连接器馈到子系统机架的接地点。这同样会给屏蔽回路带来很大的漏电感（达到数十毫微亨）。鉴于电缆屏蔽体这种接地法的屏蔽特性不好，现在它已不再推广，为此，目前广泛将屏蔽体与连接器插座部分的外壳沿周围全部连接起来。

## § 1.4 感应电压在电缆心线上的分布

由电缆屏蔽中流过的电流在多心屏蔽电缆的心线上引起的感应电压基本上是同相的。即电缆内的所有心线都受到电流的相同影响。如果电缆内的所有回路都是对称回路，在对同相分量具有无限抑制的设备中双线回路又都终接了对称负载，那么在心线上感应电压就没有什么作用。然而，许多高频回路，如同轴电缆的高频回路，本来就是不对称的，终端设备的输入阻抗也不一定是对称的，而且甚至通过精细的设计，同相分量抑制指标最大也不超过80dB。由于电缆心线不平衡、负载不对称、绝缘变压器及平衡放大器中同相分量抑制能力有限，因而