ICS 27.100
P 62
备案号：J433—2005

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL / T 5221 — 2005

城市电力电缆线路设计技术规定

Technical rule for design of urban power cables

2005-02-14 发布　　2005-06-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会　发布

目　次

前言 …… II
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 2
3　术语和定义 …… 3
4　总则 …… 5
5　电缆路径 …… 6
6　电缆敷设方式 …… 8
7　电缆结构选择 …… 17
8　电缆附件选择 …… 20
9　自容式充油电缆供油系统设计 …… 26
10　电缆金属护套或屏蔽层接地方式 …… 28
11　电缆支架和夹具的选择 …… 31
12　电缆隧道工艺设计 …… 32
13　电缆防火设计 …… 36
附录 A（规范性附录）　标准的用词说明 …… 39
附录 B（规范性附录）　牵引力和侧压力计算 …… 40
附录 C（资料性附录）　排管工井长度计算 …… 45
附录 D（资料性附录）　蛇形弧横向滑移量、热伸缩量和轴向力 …… 48
附录 E（资料性附录）　塑料护套的化学稳定性 …… 55
附录 F（规范性附录）　敷设条件不同时电缆允许持续载流量的校正系数 …… 57
附录 G（资料性附录）　全国各地区代表性城市八月份平均地温 …… 59
附录 H（规范性附录）　充油电缆需油量和暂态压力计算 …… 62
条文说明 …… 65

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

前　言

本标准是根据原国家经济贸易委员会《关于下达2002年度电力行业标准制定和修订计划的通知》（国经贸电力[2002]973号）的要求安排制定的。

为满足城市电缆线路建设发展和电力电缆线路设计的需要，特制定本标准。本标准用于规定我国交流220kV及以下城市电力电缆线路的主要设计技术要求。

本标准的附录A、B、F、H为规范性附录。

本标准的附录C、D、E、G为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电力规划设计标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准起草单位：上海电力设计院有限公司。

本标准主要起草人：龚尊、朱爱钧、李国征、史传卿、周德新。

1 范　　围

本标准规定了在城市新建、扩建 10kV～220kV 电力电缆线路的设计原则和技术要求。

本标准主要适用于新建、扩建的电压为 10kV～220kV 的城市电力电缆线路工程设计，其他电缆工程可参考本标准执行。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 50017 钢结构设计规范

JB/T 10181.1～10181.5 电缆载流量计算

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.0.1

直埋敷设 direct burying

把电缆放入开挖好的壕沟内，沿线在电缆上下铺设一定厚度的砂土或细土后盖上预制钢筋混凝土保护板，最后回填土，夯实与地面齐平的敷设方式。

3.0.2

排管 cable duct

按规划电缆根数开挖壕沟一次建成多孔管道的地下构筑物。

3.0.3

电缆沟 cable trough

封闭式不通行、盖板可开启的电缆构筑物，盖板与地坪相齐或稍有上下。

3.0.4

电缆隧道 cable tunnel

容纳电缆数量较多、有供安装和巡视的通道、全封闭型的电缆构筑物。

3.0.5

工作井（简称工井） manhole

供作业人员安装接头或牵引电缆用的构筑物。

3.0.6

金属护套或屏蔽层电压限制器 shield voltage limiter

接在金属护套或屏蔽层或交叉互联的金属屏蔽层，用以限制在系统暂态过程中金属屏护套式蔽层电压的装置。

3.0.7

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

压力箱　pressure tank

用于适应充油电缆中油体积变化的贮油箱。

3.0.8

需油量　oil demand

当电缆线路温度发生变化时，能确保电缆内的油压值在规定范围内持续运行所需的油量。

3.0.9

工作油压　normal oil pressure

能持续安全运行的油压值。

3.0.10

暂态油压　transient oil pressure

当电缆温度突然发生变化而出现的暂时性油压值。

3.0.11

蛇形敷设　snake laying

把电缆敷设成蛇形状，以吸收电缆线路热胀冷缩量。

3.0.12

伸缩弧　offset

在电缆线路局部地段，把电缆敷设成圆弧形。如设在排管管道两端的工井处，则用以吸收来自排管中的电缆热伸缩量；如设在大跨距的桥梁上，则用以吸收由于桥梁主体热伸缩引起的电缆伸缩量。

3.0.13

交叉互联　cross-bonding

相邻单元段电缆的金属护套或屏蔽层交叉连接，使每个金属护套或屏蔽层的连续回路依次包围三相导体的一种特殊互联方式。

3.0.14

包络径　circumscribed circle diameter

品字形排列3根电缆的外接圆直径。

4 总　　则

4.0.1　为适应城市电网电缆线路建设发展和高压电缆线路设计的需要，使城市电力电缆线路做到供电安全可靠、技术先进、经济合理、便于施工和检修维护，特编制本标准。

4.0.2　电缆线路工程设计必须符合国家的技术经济政策，符合城市规划发展的要求，积极慎重地采用新技术、新工艺，力求做到技术先进、经济合理、安全适用，便于施工和维护。

4.0.3　城市电缆线路工程的设计除应遵守本标准外，尚应符合国家现行的其他有关标准。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

5 电 缆 路 径

5.0.1 电缆线路路径应与城市总体规划相结合，应与各种管线和其他市政设施统一安排，且应征得城市规划部门认可。

5.0.2 电缆敷设路径应综合考虑路径长度、施工、运行和维修方便等因素，统筹兼顾，做到经济合理，安全适用。

5.0.3 供敷设电缆用的土建设施宜按电网远景规划并预留适当裕度一次建成。

5.0.4 供敷设电缆用的地下设施或直埋敷设的电缆不应平行设于其他管线的正上方或正下方。

5.0.5 电力电缆相互之间允许最小间距以及电力电缆与其他管线、构筑物基础等最小允许间距应符合表 5.0.5 的规定，如局部地段不符合规定者，应采取必要的保护措施。

表 5.0.5 电力电缆相互之间以及电力电缆与管道、构筑物等的允许最小间距

直埋电缆周围状况	允许最小间距 m	
	平行	交叉
电力电缆相互之间中心距	0.20	0.50[a]
与不同部门使用的电力电缆之间净距	0.50[a]	0.50[a]
与热力管及热力设备之间净距	2.00	0.50[a]
与煤气、输油管道及地下储油罐、储气罐之间净距	1.00	0.50[a]
与自来水以及其他管道之间净距	0.50	0.50[a]
与铁路路基之间净距	3.00	1.00
与建筑物基础之间净距	0.60	—

表 5.0.5（续）

直埋电缆周围状况	允许最小间距 m	
	平行	交叉
与配电线杆、路灯杆、电车拉线杆、架空通信杆之间中心距	1.00	—
与树木的主干中心距	0.70	—
与排水沟边之间净距	1.00	0.50
与公路边之间净距	1.50	1.00[a]
与弱电通信或信号电缆之间净距	按计算决定[b]	0.25

a 用隔板分隔或电缆穿管时净距可减小至一半。
b 电力电缆与弱电通信或信号电缆的允许最小净距需按电力系统单相接地短路电流和平行长度计算决定。

5.0.6 电缆跨越河流宜优先考虑利用城市交通桥梁或交通隧道敷设。

5.0.7 利用城市交通桥梁或交通隧道敷设电缆，应在不影响桥梁结构或隧道结构前提下，征得桥梁或隧道设计和管理部门认可。

5.0.8 在电缆敷设路径附近如无交通桥梁或交通隧道可利用者，则宜考虑采用非开挖技术敷设或建设电缆专用桥、专用隧道等。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

6 电缆敷设方式

6.1 一 般 规 定

6.1.1 任何方式敷设的电缆，无论在垂直、水平转向部位和电缆热伸缩部位以及蛇形弧部位的弯曲半径，不宜小于表 6.1.1 所规定的弯曲半径。

表 6.1.1 电缆敷设允许最小弯曲半径

电缆类型			允许最小弯曲半径	
			单芯	3 芯
交联聚乙烯绝缘电缆	≥66kV		20*D*	15*D*
	≤35kV		12*D*	10*D*
油浸纸绝缘电缆	铝包		30*D*	
	铅包	有铠装	20*D*	15*D*
		无铠装	20*D*	
注 1：*D* 表示电缆外径； 注 2：非本表范围电缆的最小弯曲半径宜按厂家建议值。				

6.1.2 电缆支架的层间垂直距离，应满足电缆能方便地敷设和固定，在多根电缆同层支架敷设时，有更换或增设任意电缆的可能，电缆支架之间最小净距不宜小于表 6.1.2 规定。

表 6.1.2 电缆支架的层间允许最小净距 mm

电缆类型及敷设特征		支架层间最小净距
控制电缆		120
电力电缆	电力电缆每层多于一根	2*d*+50
	电力电缆每层一根	*d*+50
	电力电缆三根品字型布置	2 *d*+50
	电缆敷设于槽盒内	*h*+80
注：*h* 表示槽盒外壳高度，*d* 表示电缆最大外径。		

6.1.3 在电缆沟、隧道或电缆夹层内安装的电缆支架离底板和顶板的净距不宜小于表 6.1.3 规定。

表 6.1.3 电缆支架离底板和顶板最小净距 mm

敷设方式	最下层垂直净距	最上层垂直净距
电缆沟	50～100	150～200
隧道或电缆夹层	50～100	100～150

6.1.4 电缆沟或隧道内通道净宽，不宜小于表 6.1.4 规定。

表 6.1.4 电缆沟隧道内通道净宽允许最小值 mm

电缆支架配置及通道特征	电缆沟深			电缆隧道
	≤600	600～1000	≥1000	
两侧支架	300	500	700	1000
单列支架与壁间通道	300	450	600	900

6.1.5 电缆线路的设计分段长度，除应满足电缆护层感应电压的允许值外，还要结合施工条件和施工机具等因素，使电缆敷设牵引力、侧压力不超过附录 B 的允许值。

6.1.6 不同敷设方式的电缆根数宜按表 6.1.6 选择。

表 6.1.6 敷设方式和规划电缆根数

敷设方式	规划敷设电缆根数
直埋	6 根及以下
排管或电缆沟	21 根及以下
隧道	16 根及以上

6.2 直 埋 敷 设

6.2.1 电缆的埋设深度应符合下列要求：

1 电缆表面距地面不应小于 0.7m，穿越农田时不应小于

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

1m。在引入建筑物、与地下建筑物交叉及绕过建筑物时可浅埋，但应采取保护措施。

2 电缆应埋在冻土层下，当条件受限制时，应采取防止电缆受到损坏的措施。

6.2.2 直埋于地下的电缆应在其上下铺设一定厚度的细土或黄砂，然后用预制钢筋混凝土板加以保护。也可把电缆放入预制钢筋混凝土槽盒内后填满砂或细土，然后盖上槽盒盖。为识别电缆走向，宜沿电缆敷设路径设置电缆标识。

6.2.3 直埋敷设电缆穿越城市交通道路和铁路路轨时，应采取保护措施。

6.2.4 在电缆线路路径上有可能使电缆受到机械性损伤、化学腐蚀、杂散电流腐蚀、白蚁、虫鼠等危害的地段，应采取相应的外护套或适当的保护措施。

6.3 排 管 敷 设

6.3.1 排管设计应符合下列规定：

1 排管所需孔数除按电网规划敷设电缆根数外，还需有适当备用孔供更新电缆用。

2 供敷设单芯电缆用的排管管材，应选用非磁性并符合环保要求的管材。供敷设 3 芯电缆用的排管管材，还可使用内壁光滑的钢筋混凝土管或镀锌钢管。

3 排管顶部土壤覆盖深度不宜小于 0.5m，且与电缆、管道（沟）及其他构筑物的交叉距离不宜小于表 5.0.5 的规定。

4 排管管径按下列规定选择：

1 孔敷设 1 根电缆用的管径宜符合下式要求：

$$D \geqslant 1.5d$$

式中：

d——电缆外径，mm；

D——管子内径，mm。

5 排管尽可能做成直线，如需避让障碍物时，可做成圆弧状排管，但圆弧半径不得小于 12m；如使用硬质管，则在两管镶接处的折角不得大于 2.5°。

6 排管通过地基稳定地段，如管子能承受土压和地面动负载者，可在管子镶接处用钢筋混凝土或支座做局部加固。通过地基不稳定地段的排管必须在两工井之间用钢筋混凝土做全线加固。

6.3.2 排管中的工井应符合下列规定：

1 在排管中设置工井的间距必须按敷设在同一道排管中重量最重，允许牵引力和允许侧压力最小的一根电缆计算决定。

2 工井长度应根据敷设在同一工井内最长的电缆接头以及能吸收来自排管内电缆的热伸缩量所需的伸缩弧尺寸决定，且伸缩弧的尺寸应满足电缆在寿命周期内电缆金属护套不出现疲劳现象。排管工井长度计算方法可参见附录 C。

3 工井净宽应根据安装在同一工井内直径最大的电缆接头和接头数量以及施工机具安置所需空间设计。工井净高应根据接头数量和接头之间净距离不小于 100mm 设计，且净高不宜小于 1.9m。

4 每座封闭式工井的顶板应设置直径不小于 700mm 人孔两个。

5 每座工井的底板应设有集水坑，向集水坑泄水坡度不应小于 0.3%。

6 每座工井内的两侧除需预埋供安装立柱支架等铁件外，在顶板和底板以及于排管接口部位，还需预埋供吊装电缆用的吊环以及供电缆敷设施工所需的拉环。

7 安装在工井内的金属构件皆应用镀锌扁钢与接地装置连接。每座工井应设接地装置，接地电阻不应大于 10Ω。

6.3.3 在工井内的接头和单芯电缆必须使用非磁性材料或经隔磁处理的夹具固定。

6.3.4 工井两端的排管孔口应封堵。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

6.3.5 在10%以上的斜坡排管中，应在标高较高一端的工井内设置防止电缆因热伸缩而滑落的构件。

6.4 隧 道 敷 设

6.4.1 电缆隧道净高不宜小于1900mm，与其他沟道交叉的局部段净高，不得小于1400mm或改为排管连接。

6.4.2 除控制电缆外，每档支架敷设的电缆不宜超过3根。

6.4.3 在隧道内110kV及以上的电缆，应按电缆的热伸缩量作蛇形敷设设计。其他电压等级的电缆可参照本标准。蛇形弧的横向滑移量、热伸缩量和轴向力参见附录D。

6.4.4 以蛇形敷设的电缆应在下列部位用金属夹具或绳索固定于支架上：

1 采用垂直蛇形应在每隔5～6个蛇形弧的顶部和靠近接头部位用金属夹具把电缆固定于支架上，其余部位应用具有足够强度的绳索绑扎于支架上。

2 采用水平蛇形敷设的电缆，应在每个蛇形弧弯曲部位用夹具把电缆固定于防火槽盒内或桥架上。

3 绑扎绳索强度应按受绑扎的单芯电缆当通过最大短路电流时所产生的电动力验算。

4 在坡度大于10%的斜坡隧道内，把电缆直接放在支架上（如采用垂直蛇形敷设）时，应在每个弧顶部位和靠近接头部位用夹具把电缆固定于支架上，以防电缆热伸缩时位移。

6.5 电 缆 沟 敷 设

6.5.1 电缆沟深度应按远景规划敷设电缆根数决定，但沟深不宜大于1.5m。

6.5.2 净深小于0.6m的电缆沟，可把电缆敷设在沟底板上，不设支架和施工通道。

6.5.3 敷设在电缆沟内的电缆，电缆固定和热伸缩对策方法，应

符合 6.4.3 和 6.4.4 的规定。

6.5.4 电缆沟应能实现排水畅通，且符合下列规定：

1 电缆沟的纵向排水坡度，不宜小于 0.3%；

2 沿排水方向在标高最低部位宜设集水坑。

6.6 桥 梁 敷 设

6.6.1 利用交通桥梁敷设电缆，应取得当地桥梁管理部门认可且应遵守下列规定：

1 在桥梁上敷设的电缆和附件等重量应在桥梁设计允许承载值之内。

2 电缆和附件的安装，不得有损于桥梁结构的稳定性。

3 在桥梁上敷设的电缆和附件，不得低于桥底距水面高度。

4 在桥梁上敷设的电缆和附件，不得有损于桥梁的外观。

6.6.2 在短跨距的桥梁人行道下敷设的电缆，除应符合 6.6.1 的规定外，还应遵守下列规定：

1 把电缆穿入内壁光滑、耐燃性良好的管子内或放入耐燃性能良好的槽盒内，以防外界火源危及电缆。在外来人员不可能接触到之处可裸露敷设，但应采取避免太阳直接照射的措施。

2 在桥墩两端或在桥梁伸缩间隙处，应设电缆伸缩弧，用以吸收来自桥梁或电缆本身热伸缩量。

6.6.3 在长跨距的桥桁内或桥梁人行道下敷设电缆，除应符合 6.6.1 的规定外，还应遵守下列规定：

1 在电缆上采取适当的防火措施，以防外界火源危及电缆。

2 在桥梁上敷设的电缆应考虑桥梁因受风力和车辆行驶时的震动而导致电缆金属护套出现疲劳的保护措施。

3 在桥梁上敷设的 110kV 及以上的大截面电缆，宜作蛇形敷设，用以吸收电缆本身的热伸缩量。

4 在桥梁的伸缩间隙部位的一端，应按桥桁最大伸缩长度设置电缆伸缩弧，用以吸收桥桁的热伸缩。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

5 在桥梁伸缩间隙处，宜把电缆放入能垂直、水平方向转动的万向铰链架内，用以吸收桥梁的挠角。

6.7 水 下 敷 设

6.7.1 水下电缆敷设路径的选择，应满足电缆不易受机械性损伤、能实施可靠防护、敷设作业方便、经济合理等要求，且符合下列规定：

1 流速较缓，水深较浅，河床平坦起伏角应不大于 20°，水底无岩礁和沉船等障碍物，无拖网渔船和投锚设网捕鱼作业的水域，且电缆登陆的岸边稳定性好。

2 水下电缆不得敷设在码头、渡口、疏浚挖泥、规划筑港地带和水工建筑物、工厂排污口、取水口近旁。

6.7.2 水下电缆应敷设于河床下，船舶通航的深水段埋深不宜浅于 2m，船舶不能通航的浅水段埋深不宜小于 0.5m。

6.7.3 水下电缆相互间严禁交叉、重叠。相邻电缆间距，应符合下列规定：

1 航道内电缆相互间距按施工机具、水流流速以及施工技术决定，一般不宜小于最大水深的 2 倍。引至岸边可适当缩小。

2 在非航道的流速未超过 1m/s 的河流中，同回路单芯电缆相互间距不得小于 0.5m，不同回路电缆间距不得小于 5m。

6.7.4 水下电缆与工业管道之间水平距离不宜小于 50m，受条件限制时，不宜小于 15m。

6.7.5 水下电缆与水下通信电缆之间水平距离不宜小于 50m。

6.7.6 水下电缆引至岸上的区段，宜采取迂回形式敷设以预留适当备用长度，并在岸边装设锚定装置。在浅水段宜把电缆放入保护盒内加以保护。

6.7.7 水下电缆穿越防汛堤穿越点的标高，不应小于当地的最大防汛水位的标高。

6.7.8 水下电缆的两岸，应按航标规范设置警告标志。

6.8 垂 直 敷 设

6.8.1 垂直敷设电缆，需按电缆重量以及由电缆的热伸缩而产生的轴向力来选择敷设方式和固定方式。

6.8.2 敷设方式和固定方式宜按下列情况选择：

1 高落差不大、电缆重量较轻时，宜采用直线敷设、顶部设夹具固定方式。电缆的热伸缩由底部弯曲处吸收。

2 电缆重量较大，由电缆的热伸缩所产生的轴向力不大的情况下，宜采用直线敷设、多点固定方式。固定间距需按电缆重量和由电缆热伸缩而产生的轴向力计算，夹具数量和安装位置计算可参见附录 D.4。

3 电缆重量大，由电缆的热伸缩所产生的轴向力较大的情况下，宜采用蛇形敷设，并在蛇形弧顶部添设能横向滑动的夹具。

6.9 电 缆 登 杆（塔）

6.9.1 电缆终端和架空线相连，可通过电缆登杆（塔）与架空线直接连接或经熔断器连接。

6.9.2 电缆登杆（塔）应设置电缆终端支架（或平台）、避雷器、接地箱及接地引下线。终端支架的定位尺寸必须确保电缆终端各相导体对接地部分和相间距离符合 8.4.1 的规定，并满足带电导体对地面的安全距离。

6.9.3 在电缆登杆（塔）处，凡露出地面部分的电缆应套入具有一定机械强度的保护管加以保护。露出地面的保护管总长不应小于 2.5m，单芯电缆应采用非磁性材料制成的保护管。

6.10 电 缆 终 端 站

6.10.1 110kV 及以上电缆与架空线路的连接，可采用电缆终端站方式，终端站的站址应征得城建规划部门认可，终端站的防护围墙高度应不小于 2.5m。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

6.10.2 电缆终端站内的电缆终端、避雷器、支持绝缘子等设施布置应符合 8.4 及表 8.4.1 的规定。

6.10.3 当架空避雷线保护角不能满足终端站保护要求时，宜增设避雷针。

6.10.4 终端站应设置接地装置，电缆终端及附属设施接地部分应与接地装置可靠连接。

7 电缆结构选择

7.1 一般规定

7.1.1 电缆的额定电压应按电缆导体与绝缘屏蔽层或金属护套之间的额定工频电压（U_0）、任何两相线之间的额定工频电压（U）、任何两相线之间的运行最高电压（U_m）以及每一导体与绝缘屏蔽层或金属护套之间的基准绝缘水平 *BIL* 选择，且应符合表 7.1.1 的规定。

表 7.1.1 电缆的额定电压值 kV

系统中性点	有效接地						非有效接地			
系统额定电压	10	20	35	66	110	220	10	20	35	66
U_0/U	6/10	12/20	21/35	38/66	64/110	127/220	8.7/10	18/20	26/35	50/66
U_m	11.5	23	42.5	76	126	252	11.5	23	42.5	76
BIL	75	125	200	325	550	1050	95	170	250	450
外护套冲击耐压	20	20	20	37.5	37.5	47.5	20	20	20	37.5

7.1.2 电力电缆绝缘结构应按下列规定选择：

1 220kV 交流电缆经过技术经济比较后可采用交联聚乙烯绝缘或自容式充油电缆。10kV～110kV 电缆应优先选用交联聚乙烯绝缘。

2 110kV 及以上交联聚乙烯绝缘电缆应采用绝缘层与导体屏蔽和绝缘屏蔽三层共挤干式交联工艺。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

3 用于 110kV 及以上的充油电缆应采用电缆绝缘油耐老化特性良好的烷基苯合成油结构。

7.2 绝缘屏蔽、金属护套、铠装、外护套选择

7.2.1 绝缘屏蔽或金属护套、铠装、外护套宜按表 7.2.1 选择。

表 7.2.1 绝缘屏蔽或金属护套、铠装、外护套的选择

敷设方式	电缆类型		绝缘屏蔽或金属护套	加强层或铠装	外护套
直埋	交联	35kV 及以下	软铜线或铜带	钢带（3 芯）非磁性金属带（单芯）	聚氯乙烯或聚乙烯
	充油或交联	66kV～220kV	铅或铝护套		
排管、隧道、电缆沟、竖井	充油	66kV～220kV	铅或铝护套	非磁性金属带	
	交联	10kV～220kV	35kV 及以下软铜线或铜带 66kV～220kV 铅或铝护套	—	
桥梁	交联	10kV～220kV	铝护套	—	
水底	充油或交联	10kV～220kV	铅护套	镀锌粗钢丝	塑料复合阻水层

7.2.2 在防火要求高的场所应采用含有阻燃剂的外护套。

7.2.3 有白蚁危害的场所应在非金属外护套外采用防白蚁护套。

7.2.4 有鼠害的场所宜在外护套外添加防鼠金属铠装，或采用硬质护套。

7.2.5 有化学溶液污染的场所应按其化学成分采用相应材质的外护套。塑料护套的化学稳定性见附录 E。

7.3 电 缆 导 体

7.3.1 电缆导体截面的选择应结合当地敷设环境，对 66kV 及以上电缆按 JB/T 10181 计算公式计算。35kV 及以下常用电缆可根

据制造厂提供的载流量结合当地敷设环境按附录 F 选用校正系数计算。

7.3.2 电缆导体最小截面的选择，应同时满足规划载流量和通过系统最大短路电流时热稳定的要求。

7.3.3 导体最高允许温度和敷设环境温度按表 7.3.3-1 和表 7.3.3-2 选择。

表 7.3.3-1 导体最高允许温度

电缆类型		正常运行时最高允许温度 ℃	通过短路电流最高允许温度 ℃
油浸纸绝缘电缆	10kV	60	250
	20kV～35kV	50	175
自容式充油		80	160
交联聚乙烯绝缘		90	250

表 7.3.3-2 敷设环境温度

敷设方式		环境温度选取原则
地下	直埋	距地面 0.5m 深当地的最热月的平均地温
	排管	距地面 0.8m 深当地的最热月的平均地温
空气	隧道（有通风）	通风设计温度
	隧道（无通风）或电缆沟	埋入地下平均深度的地温
	架空（有日照）	最热月的日最高气温平均值
水中	水下敷设	最热月的平均水温

7.3.4 全国各地区八月份的平均地温如缺乏当地气象部门实测记录资料者，可参考附录 G 选择。

7.3.5 水下敷设用的交联聚乙烯电缆，其导体除应符合 7.3.1～7.3.4 的规定外，还应选用在导体股线之间的空隙有纵向阻水功能的填充料的交联电缆。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

8 电缆附件选择

8.1 一 般 规 定

8.1.1 电缆附件的额定电压以 U_0/U（U_m）表示，它不得低于电缆的额定电压。

8.1.2 绝缘特性

1 电缆附件是将各种组件、部件和材料，按照一定设计工艺，在现场安装到电缆端部构成的，在绝缘结构上，它与电缆本体结合成不可分割的整体。

2 电缆附件设计时采用的每一导体与屏蔽或金属护套之间的雷电冲击耐受电压之峰值，即基准绝缘水平 *BIL*，应符合表 7.1.1 的规定。

3 户外电缆终端的外绝缘必须满足所设置环境条件（如污秽等级、海拔高度等）的要求，并有一个合适的泄漏比距。在一般环境条件下，外绝缘的泄漏比距不应小于 25mm/kV，并不低于架空线绝缘子串的泄漏比距。

4 绝缘接头的绝缘隔离板，应能承受所连电缆护层绝缘水平 2 倍的电压。

8.1.3 机械强度和机械保护

1 110kV 及以上高压电缆户外终端的机械强度应满足使用环境的风力和地震等级的要求，并能承受与它连接的导线上 2kN 的水平拉力。

2 直埋于土壤的接头宜加设保护盒。保护盒应作防腐处理并能承受路面荷载的压力。

8.2 电缆终端和接头装置类型

8.2.1 外露于空气中的电缆终端装置类型应按下列条件选择：

1 不受阳光直接照射和雨淋的室内环境应选用户内终端，受阳光直接照射和雨淋的室外环境应选用户外终端。

2 电缆与其他电气设备通过一段连接线相连时，应选用敞开式终端。110kV 及以上敞开式终端宜有以下配套部件：

1）防晕罩或屏蔽环；

2）终端与支架绝缘用的底座绝缘子。

8.2.2 不外露于空气中的电缆终端装置类型应按下列条件选择：

1 作电气设备高压出线接口时应选用设备终端，如与变压器直接连接的油浸式终端和用于中压电缆的可分离式连接器。

2 用于 SF_6 气体绝缘金属封闭组合电器直接相连时应选用 GIS 终端。

8.2.3 电缆接头装置类型的选择

电缆接头的装置类型有 7 种，在设计时应根据接头的用途按表 8.2.3 选择。

表 8.2.3 电缆接头的装置类型

名 称	用 途	应用举例
直通接头	连接两根电缆形成连续电路	同型号电缆连接
绝缘接头	将电缆的金属护套、接地屏蔽层和绝缘屏蔽在电气上断开	实行单芯电缆金属护套交叉互联接地的线路
塞止接头	将充油电缆线路的油道分隔成两段供油	线路较长或落差较大的充油电缆线路为分隔油段的中间连接
分支接头	将支线电缆连接至干线电缆	将 3～4 根电缆相互连接
过渡接头	连接两种不同类型绝缘材料、不同型式电缆	油纸与交联电缆或分铅型和屏蔽型电缆相互连接
转换接头	连接不同芯数电缆	三芯电缆与 3 根单芯电缆相互连接
软接头	接头制成后允许弯曲呈弧形状	水底电缆的厂制软接头和检修软接头

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

8.3 电缆终端和接头的结构型式

8.3.1 电缆终端结构型式的选择

电缆终端结构型式的选择，应满足电缆电压等级、绝缘类型、安装环境和设备可靠性要求，并符合经济合理原则。66kV 及以上电缆终端还应符合下列规定：

1 终端的结构型式与电缆所连接的电气设备的特点必须相适应，设备终端和 GIS 终端应具有符合要求的接口装置，其连接金具必须相互配合。

2 终端尾管必须有接地用接线端子。

3 充油电缆的 GIS 终端，应选用使电缆油和 SF_6 气体完全密封隔离的全密封结构。

4 充油电缆或其他带压力的终端，应能承受电缆允许的最高油压。

8.3.2 电缆接头结构型式的选择

8.3.2.1 电缆接头结构型式的选择

电缆接头结构应满足电缆电压等级、绝缘类型、安装环境和设备可靠性要求，并符合经济合理原则和下列规定：

1 电缆接头要把电缆的主要部分，如导体、导体屏蔽、绝缘、绝缘屏蔽、金属护套和外护层连接起来。电缆导体连接应有良好的导电性能和机械强度。具有钢丝铠装的电缆，必须维持钢丝铠装的纵向连续且具有足够的机械强度。

2 电缆接头应具有与电缆本身相同的绝缘强度和防潮密封性能，其密封套还应具有防腐蚀性能。

3 电缆接头中的铜导体之间一般宜采用压接方法连接。

8.3.2.2 电缆接头结构型式的选择

电缆接头的结构型式可按表 8.3.2.2 选择。

表 8.3.2.2 接头结构型式

电缆绝缘类型	电压等级 kV	结构型式	结构特征
油纸	10～35	金属套管式	以金属套管为盒体
自容式充油	66～220	成型纸卷绕包式	增绕绝缘采用成型纸卷
		三腔式塞止接头	两个环氧树脂套管连接处浇铸屏蔽电极和插座式连接金具
交联聚乙烯	10～35	绕包式	以自粘性橡胶带为增绕绝缘
		热缩式	以热缩管材现场套装，经加热收缩
		冷缩式	用弹性体材料经注射硫化扩张后，内衬螺旋状支撑物，施工时抽取支撑物收缩成型
		预制式	以合成橡胶材料工厂预制现场装配
		模塑式	以辐照聚乙烯带现场绕包，再以模具加热成型
	66～220	绕包式	以高压自粘性乙丙橡胶带绕包，铜套管外壳，灌注绝缘复合物
		整体预制式	主要部件是橡胶预制件，预制件内径与电缆外径要过盈配合，以确保界面间的足够压力
		组合预制式	以预制橡胶应力锥及预制环氧绝缘件在现场组装并采用弹簧机械紧压

8.4 电缆终端支架

8.4.1 终端支架的高度和间距

电缆终端支架的高度和间距，应使得电缆终端符合下述规定：

1 电缆终端的金属部件（含屏蔽罩）在不同相导体之间和各相导体对地之间的距离，符合表 8.4.1 室内外配电装置的安全净距；

2 户外电缆终端底座垂直于地面的安装高度一般应不小于2500mm。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

3 满足电缆弯曲半径的规定。

表 8.4.1 室内、外配电装置的安全净距 mm

运行电压 kV		10	20	35	66	110	220
室内	相—相	125	180	300	550	900	2000
	带电部位—地					850	1800
室外	相—相	200	300	400	650	1000	2000
	带电部位—地					900	1800

8.4.2 终端支架的机械强度

终端支架必须具有足够的机械强度，能支承终端的全部荷重和安装维修临时附加的负载（一般按 2kN 考虑），并符合 8.1.3 的规定。钢结构构件设计应符合 GB 50017 的规定。

8.4.3 终端支架的材料和结构

1 终端支架必须坚固耐用，符合工程防火和防腐蚀要求。以型钢制成的户外终端支架应热浸镀锌。

2 单芯电缆的终端支架不得构成铁磁回路。

3 终端支架必须与接地网可靠连接。

8.5 过 电 压 保 护

8.5.1 电缆线路的过电压保护

为防止电缆和附件的主绝缘遭受过电压损坏，应采取以下保护措施：

1 露天变电站内的电缆终端，必须在站内的避雷针或避雷线保护范围以内，以防止直击雷。

2 电缆线路与架空线相连的一端应装设避雷器。

3 电缆线路在下列情况下，应在两端分别装设避雷器：

1）电缆线路一端与架空线相连，而线路长度小于其冲击

特性长度；

2）电缆线路两端均与架空线相连。

4 电缆金属护套、铠装和电缆终端支架必须可靠接地。

8.5.2 避雷器的特性参数选择

保护电缆线路的避雷器的主要特性参数应符合下列规定：

1 冲击放电电压应低于被保护的电缆线路的绝缘水平，并留有一定裕度。

2 冲击电流通过避雷器时，两端子间的残压值应小于电缆线路的绝缘水平。

3 当雷电过电压侵袭电缆时，电缆上承受的电压为冲击放电电压和残压，两者之间数值较大者称为保护水平 U_P。电缆线路的 $BIL=$（120～130）%U_P。

4 避雷器的额定电压，对于 110kV 及以上中性点直接接地系统，额定电压取系统最大工作线电压的 80%；对于 66kV 及以下中性点不接地和经消弧线圈接地的系统，应分别取最大工作线电压的 110%和 100%。

8.5.3 电缆护层的过电压保护

实行单端接地和交叉互联接地的单芯电缆线路，为防止护层绝缘遭受过电压损坏，应按第 10.0.2 条规定安装金属护套或屏蔽层电压限制器。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

9 自容式充油电缆供油系统设计

9.0.1 供油装置的油吞吐量必须满足电缆在规定油压值范围内持续安全运行，且符合下列规定：

1 处于电缆线路中标高最高部位，在冬季最低温度、空载或停役状态下不得小于电缆所允许的最低工作油压。

2 处于电缆线路中标高最低部位，在夏季最高温度满载时不得大于电缆所允许的最高工作油压。

3 处于电缆线路中标高最低部位以及距供油装置最远部位，在夏季最高温度环境下，从空载突增至满载时不得大于电缆所允许的暂态油压。

4 处于电缆线路中标高最高部位以及距供油装置最远部位，在冬季最低温度环境下，突然切断满载负荷时不得小于电缆所允许的最低工作油压。

5 自容式充油电缆工作油压和暂态油压值规定如表 9.0.1 所示。

表 9.0.1 自容式充油电缆的工作油压和暂态油压

金属护套类型		允许工作油压 MPa		允许最高暂态油压 MPa
		最低	最高	
铅护套	有铜带径向加强	0.02	0.40	0.60
	有铜带径向和纵向加强	0.02	0.60	0.90
	无铜带加强	0.02	0.30	0.45
铝合金护套	110kV 及以下	0.02	0.60	1.10
	220kV	0.05	0.80	1.40

9.0.2 供油装置除应满足 9.0.1 所需油量外，还应给予 20%～

40%裕度。

9.0.3 供油装置应从施工方便、维修难易度以及投资经济等方面作综合考虑，其配置应符合下列规定：

1 单芯电缆宜按相分别配置。

2 一端供油方式的供油装置，宜设于标高较高的一端。

3 两端供油方式的供油装置，油容积较多的宜设于标高较高的一端，油容积较少的供油装置宜设于标高较低的一端。

4 供油装置应设有油压过高、过低的监视装置，且应使油压超限信号可靠地传到运行值班处。

5 供油装置的金属外壳应可靠接地。

9.0.4 供油装置的油管路应符合下列规定：

1 油管路不应有迂回，且零部件数量应紧凑。

2 由多台油箱组成的供油装置，油管路应用 T 型三通管支接。各支管路应设置压力阀。

3 油管应采用外被有塑料护套的铅管、铜管或不锈钢波纹管，管子内径不得小于电缆油道直径。

4 油管应通过油管绝缘管与电缆终端或塞止接头连接。油管绝缘管的耐冲击电压值规定为 50kV，且长时间能承受 1.7MPa 油压力。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

10 电缆金属护套或屏蔽层接地方式

10.0.1 电力电缆金属护套或屏蔽层必须按下列规定接地：

1 3芯电缆应在线路两终端直接接地，如在线路中有中间接头者，应在中间接头处另加设接地。

2 交流单芯电缆的金属护套或屏蔽层，在线路上至少有一点直接接地，且在金属护套或屏蔽层上任一点非接地处的正常感应电压，应符合下列规定：

1）未采取能防止人员任意接触金属护套或屏蔽层的安全措施时，在正常满负载情况下，不得大于50V。

2）采取能防止人员任意接触金属护套或屏蔽层的安全措施时，在正常满负载情况下，不得大于100V。

3 长距离单芯水底电缆线路应在两岸的接头处直接接地。

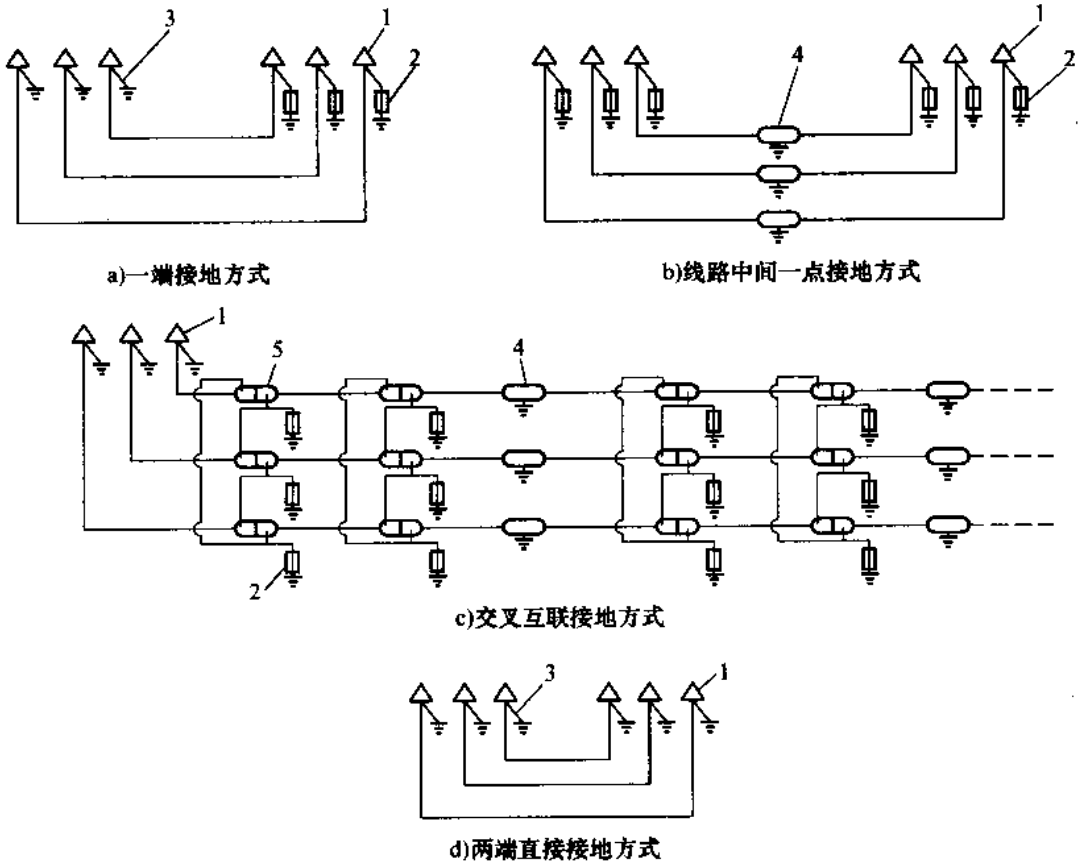
10.0.2 交流单芯电缆金属护套的接地方式，应按图10.0.2所示部位接地和设置金属护套或屏蔽层电压限制器。

1 线路不长，能满足本标准10.0.1的规定者，可采用线路一端直接接地方式。如在系统发生单相接地故障对临近弱电线路有干扰时，还需沿电缆线路平行敷设一根回流线，回流线的选择与设置应符合下列规定：

1）回流线的截面选择应按系统发生单相接地故障电流和持续时间来验算其稳定性；

2）回流线的排列布置方式，应使电缆正常工作时在回流线上产生的损耗最小。

2 线路稍长，一端接地不能满足本标准10.0.1的规定且无法分成三段组成交叉互联时，可采用线路中间一点接地方式，并按10.0.2中1的规定加设回流线。



a)一端接地方式

b)线路中间一点接地方式

c)交叉互联接地方式

d)两端直接接地方式

1—电缆终端头；2—金属屏蔽层电压限制器；3—直接接地；

4—中间接头；5—绝缘接头

图 10.0.2　金属屏蔽层电压限制器设置方式

3　线路较长，中间一点接地方式不能满足本标准 10.0.1 的规定时，宜使用绝缘接头将电缆的金属护套和绝缘屏蔽均匀分割成三段或三的倍数段，按图 10.0.2 所示采用交叉互联接地方式。

10.0.3　电缆金属屏蔽层电压限制器的特性应符合下列规定：

1　在系统可能的大冲击电流作用下的残压，不得大于电缆护层冲击耐受电压的$1/\sqrt{2}$。

2　可能最大工频过电压 5s 作用下，电缆金属屏蔽层电压限制器能够耐受。

3　可能最大冲击电流累计作用 20 次，电缆金属屏蔽层电压

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

限制器不被损坏。

4 电缆金属屏蔽层电压限制器的残工比一般选择在 2.0～3.0。

10.0.4 电压限制器与电缆金属护套的连接线应符合下列规定：

1 连接线应尽可能短，3m 之内可采用单芯塑料绝缘线，3m 以上宜采用同轴电缆。

2 连接线的绝缘水平不得小于电缆外护套的绝缘水平。

3 连接线截面应满足系统单相接地电流通过时的热稳定要求。

11 电缆支架和夹具的选择

11.0.1 电缆支架及其立柱应符合下列规定：

1 机械强度应能满足电缆及其附件荷重以及施工作业时附加荷重（一般按 1kN 考虑）的要求，并留有足够的裕度。

2 金属制的电缆支架应采取防腐措施。

3 表面光滑，无尖角和毛刺。

4 禁止采用易燃材料制作。

11.0.2 单芯电缆用的夹具，不得形成磁闭合回路，与电缆接触面应无毛刺，且应符合下列规定：

1 在紧邻终端、接头或转弯处部位的电缆上，应有不少于一处的刚性固定。

2 在垂直或斜坡上的高位侧，宜有不少于 2 处的刚性固定。

3 电缆蛇形敷设的每一节距部位，宜采用挠性固定。

11.0.3 电缆各支持点之间的距离，一般不宜大于表 11.0.3 规定。

表 11.0.3 电缆支架间的距离 mm

电缆种类	敷设方式	
	水平	垂直
中低压电缆	800	1500
35kV 及以上的高压电缆	1500	2000

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

12 电缆隧道工艺设计

12.1 一 般 要 求

12.1.1 电缆隧道路径和埋深必须符合电网规划和当地城市规划的要求，并与地下管线或构筑物等取得协调。

12.1.2 电缆隧道设计使用寿命和安全等级应符合国家现行有关规范。

12.1.3 电缆隧道应设置集水坑，为使积水能流向集水坑，在隧道底板设置的泄水沟纵向坡度不宜小于0.5%。

12.1.4 隧道安全口间距采用明挖法施工时一般宜取200m左右，采用暗挖法施工时宜根据施工条件、电缆敷设及通风、消防等综合考虑决定。露出地面部分的建筑设计应与当地市容景观协调。

12.1.5 作业人员进出口净尺寸一般应满足作业人员进出和敷设电缆作业所需空间。根据需要还应考虑下列附属设施安装空间：

1 电缆接头安装数量和接头施工机具或器材的搬入所需空间。

2 低压电源配电箱、通信温控设备安装所需空间。

3 进排风机安装所需空间。

12.1.6 电缆隧道最小弯曲半径，不小于表6.1.1所规定的弯曲半径。

12.1.7 电缆隧道纵向斜坡如超过10°，在人员通道部位应设防滑地坪或台阶。

12.1.8 电缆隧道与相邻地下构筑物最小间距应根据地质条件和相邻构筑物管理单位协商确定，且不得小于表12.1.8规定的数值。

表 12.1.8 电缆隧道与相邻地下构筑物最小间距

施工方法 / 具体情况	明挖	暗挖
隧道与地下构筑物平行间距	不小于 1.0m	不小于隧道外径
隧道与地下管线平行间距	不小于 1.0m	不小于隧道外径
隧道与地下管线交叉穿越间距	不小于 0.5m	不小于 1.0m

12.2 电缆隧道接口

12.2.1 电缆隧道与发电厂、变电站及电缆排管的接口应满足下列要求：

1 电缆敷设作业所需空间。

2 隧道接口处的预留孔应做好防水封堵。

3 隧道侧应按排管尺寸预留矩形孔。

4 与排管接口在隧道外侧部位应做好防止隧道与排管出现不均匀沉降的措施。

12.2.2 电缆隧道与直埋电缆的接口应满足下列要求：

1 在隧道内侧应做好防水措施。

2 在隧道外侧应做好防止隧道出现沉降的措施。

12.3 电缆隧道内附属设施

电缆隧道内附属设施应根据各地环境条件及运行需求来确定，一般应符合下列规定：

12.3.1 在隧道内的低压电源可采用三相四线式 380/220V 的电源，且应符合如下规定：

1 每个电源进线容量应满足该供电范围内全部设备同时投入时用电的需要。

2 电源进线箱可兼作隧道低压用电配电箱，在箱内除需安装计量电表、照明电源总开关和动力用电总开关外，还应设置单相

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

三眼插座和三相四线的四眼插座。

3 电源进线箱应安装在人员进出口处。

12.3.2 电缆隧道内的照明系统宜符合如下规定：

1 照明灯具应为防潮型，在隧道内人行通道上的平均照度不应小于 10 lx、最小照度不应小于 2 lx。

2 照明灯具的电源应由二路电源交叉供电。照明灯开关应采用双控开关。

3 照明灯线宜采用管子穿线方式，导线截面不应小于 1.5mm^2 硬铜导线。

12.3.3 电缆隧道内的永久性排水系统应符合如下规定：

1 在集水坑处设置的自动水位排水泵，其容量应按渗入隧道内的水量和排出扬程决定。

2 在集水坑内的积水应向邻近的城市下水道排放，且应在排水管的上端设置逆止阀。

12.3.4 电缆隧道内的通风系统可采用自然通风或机械通风形式，机械通风形式宜符合下列规定：

1 按隧道所需通风量选择进、排风机，但风速不宜超过 5m/s。进、排风机和进、排风孔应能在隧道内发出火警信号时自动关闭。

2 进、排风发出的噪声应符合国家环境保护要求。

3 在进、排风孔处应加设能防止小动物进入隧道内的金属网格。

12.3.5 电缆隧道内的消防设施应符合 13.3 的规定。

12.3.6 电缆隧道内的通信系统应符合如下规定：

1 电缆隧道内的通信系统应为固定式通信系统，电话应与值班室接通、信号应与通信网络接通。

2 隧道人员进出口或每一防火分隔区内应设置一个通信点。

12.3.7 电缆隧道内的接地系统应符合如下规定：

1 隧道内的接地系统应形成环型接地网，接地电阻允许最大

值不宜大于 10Ω。

2　隧道内的金属构件和固定式电器用具均应与接地网连通。接地网宜使用截面不小于 $40\times5mm^2$、经防腐处理的扁钢，在现场电焊搭接，不得使用螺栓搭接方法。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

13 电缆防火设计

13.1 阻燃电缆选用

敷设在电缆防火重要部位的电力电缆，应选用阻燃电缆。敷设在变、配电站及发电厂电缆通道或电缆夹层内，自终端起到站外第一只接头的一段电缆，宜选用阻燃电缆。

13.2 变电站电缆通道和电缆夹层的防火设计

13.2.1 电缆总体布置的规定

1 变电站二路及以上的进线电缆，宜分别布置在相互独立或有防火分隔的通道内。

2 变电站的出线电缆宜分流。出线电缆的通道数宜与主变台数相对应。

3 在电缆夹层中的电缆应理顺并逐根固定在电缆支架上，所有电缆走向按出线仓位顺序排列，电缆相互之间应保持一定间距，不得重叠，尽可能少交叉，如需交叉者，则应在交叉处用防火隔板隔开。

4 在电缆通道和电缆夹层内的电力电缆应有线路名称标识。

13.2.2 防火封堵

1 为了有效防止电缆因短路或外界火源造成电缆引燃或沿电缆延燃，应对电缆及其构筑物采取防火封堵分隔措施。

2 电缆穿越楼板、墙壁或盘柜孔洞以及管道两端时，应用防火堵料封堵。防火封堵材料应密实无气孔，封堵材料厚度不应小于 100mm。

13.2.3 电缆接头的表面阻燃处理

在电缆夹层中的电缆接头，应采用防火涂覆材料进行表面阻

燃处理，即在接头及其两侧 2m～3m 和相邻电缆上绕包氯丁橡胶为基的阻燃带或涂刷防火涂料，涂料总厚度应为 0.9mm～1.0mm。

13.3 电缆隧道、电缆沟和竖井的防火设计

对电缆可能着火导致严重事故的回路、易受外部影响波及火灾的电缆密集场所，应有适当的阻火分隔，并按工程的重要性、火灾概率及其特点和经济合理等因素，确定采取下列安全措施。

13.3.1 阻火分隔封堵

1 电缆隧道、电缆沟和竖井内除应符合 13.2.2 的规定外，在电缆竖井穿越楼板处、竖井和隧道或电缆沟（桥架）接口处，应采用防火包等材料封堵。

2 阻火分隔包括设置防火门、防火墙、耐火隔板与封闭式耐火槽盒。防火门、防火墙用于电缆隧道、电缆沟、电缆桥架以及上述通道分支处及出入口。耐火隔板用于电缆竖井和电缆层中电缆分隔。防火墙和耐火隔板的间隔距离应符合表 13.3.1 的规定。

封闭式耐火槽盒的接缝处和两端，应用阻火包带或防火堵料密封。

表 13.3.1 阻火分隔的间距

类别	地点		间隔 m
防火墙	电缆隧道	电厂、变电站内	100
		电厂、变电站外	200
	电缆沟、电缆桥架	电厂、变电站内	100
		厂区内	100
		厂区外	200
防火隔板	竖井	上、下层间距	7

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

13.3.2 在电缆隧道的进出口处和接头区内，宜设置消防器具、黄沙箱等一般消防设备。

13.3.3 火灾监控报警和固定灭火装置

在电缆进出线集中的隧道、电缆夹层和竖井中，如未全部采用阻燃电缆，为了把火灾事故限制在最小范围，尽量减小事故损失，可加设监控报警和固定自动灭火装置。

1 电缆隧道在每一阻火分隔区内宜设置温度过高和火情监测器，在隧道内发生异常情况时，应能及时把信息发至值班室。由温度过高监测器发出的信号应自动启动进、排风机，由火情监测器发出的信号应自动关闭进、排风机和进、排风孔。

2 在电缆进出线特别集中的隧道、电缆夹层和竖井中，可加设湿式自动喷水灭火、水喷雾灭火或气体灭火等固定灭火装置。

附 录 A
（规范性附录）
标 准 的 用 词 说 明

A.0.1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

（1）表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

（2）表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

（3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

附 录 B
（规范性附录）
牵引力和侧压力计算

牵引力和侧压力的计算公式见表 B.1～表 B.7。

表 B.1 牵引力计算公式

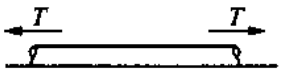
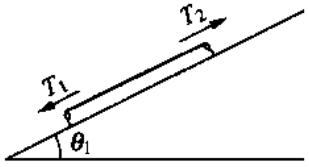
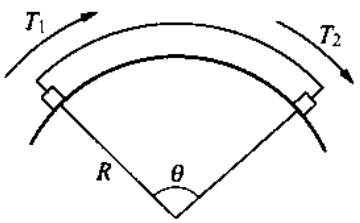
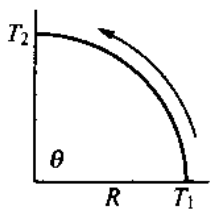
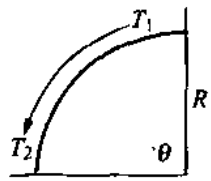
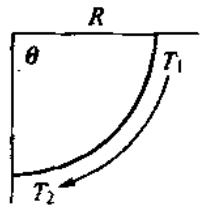
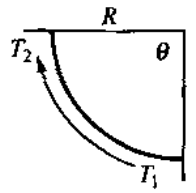
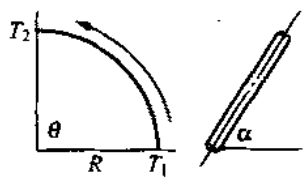
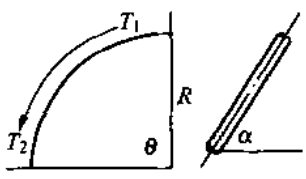
弯曲种类		示意图	牵引力计算
水平直线牵引			$T=\mu WL$ （B.1-1）
倾斜直线牵引			$T_1=WL（\mu\cos\theta_1+\sin\theta_1）$ （B.1-2） $T_2=WL（\mu\cos\theta_1-\sin\theta_1）$ （B.1-3）
水平弯曲牵引			布勒算式 $T_2=WR\sin h\left(\mu\theta+\sin h^{-1}\frac{T_1}{W_1R}\right)$ （B.1-4） 李芬堡算式 $T_2=T_1\cos h(\mu\theta)+\sqrt{T_1^2+(WR)^2}\sin h(\mu\theta)$ （B.1-5） 简易算式 $T_2=T_1e^{\mu\theta}$ （B.1-6）
垂直弯曲牵引	凸曲面		$T_2=\frac{WR}{1+\mu^2}[(1-\mu^2)\sin\theta'+2\mu(e^{\mu\theta}-\cos\theta)]+T_1e^{\mu\theta}$ （B.1-7） 当 $\theta=\frac{\pi}{2}$ 时， $T_2=\frac{WR}{1+\mu^2}\left[(1-\mu^2)+2\mu e^{\mu\frac{\pi}{2}}\right]+T_1e^{\mu\frac{\pi}{2}}$ （B.1-8）

表 B.1（续）

弯曲种类		示意图	牵引力计算
垂直弯曲牵引	凸曲面		$T_2=\frac{WR}{1+\mu^2}[2\mu\sin\theta-(1-\mu^2)\times(e^{\mu\theta}-\cos\theta)]+T_1e^{\mu\theta}$ （B.1-9） 当 $\theta=\frac{\pi}{2}$ 时， $T_2=\frac{WR}{1+\mu^2}\left[2\mu-(1-\mu^2)e^{\mu\frac{\pi}{2}}\right]+T_1e^{\mu\frac{\pi}{2}}$ （B.1-10）
	凹曲面		$T_2=T_1e^{\mu\theta}-\frac{WR}{1+\mu^2}[(1-\mu^2)\sin\theta+2\mu(e^{\mu\theta}-\cos\theta)]$ （B.1-11） 当 $\theta=\frac{\pi}{2}$ 时， $T_2=T_1e^{\mu\frac{\pi}{2}}\frac{WR}{1+\mu^2}\left[(1-\mu^2)+2\mu e^{\mu\frac{\pi}{2}}\right]$ （B.1-12）
			$T_2=T_1e^{\mu\theta}-\frac{WR}{1+\mu^2}[2\mu\sin\theta-(1-\mu^2)(e^{\mu\theta}-\cos\theta)]$ （B.1-13） 当 $\theta=\frac{\pi}{2}$ 时， $T_2=T_1e^{\mu\frac{\pi}{2}}-\frac{WR}{1+\mu^2}\left[2\mu-(1-\mu^2)e^{\mu\frac{\pi}{2}}\right]$ （B.1-14）
倾斜面上垂直牵引	凸曲面		$T_2=T_1e^{\mu\theta}+\frac{WR\sin\alpha}{1+\mu^2}[(1-\mu^2)\sin\theta+2\mu(e^{\mu\theta}-\cos\theta)]$ （B.1-15）
			$T_2=T_1e^{\mu\theta}+\frac{WR\sin\alpha}{1+\mu^2}[(1-\mu^2)(\cos\theta-e^{\mu\theta})-2\mu\sin\theta]$ （B.1-16）

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

表 B.1（续）

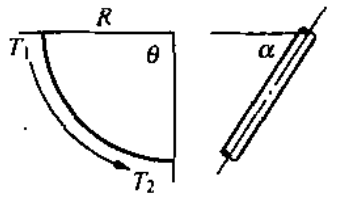
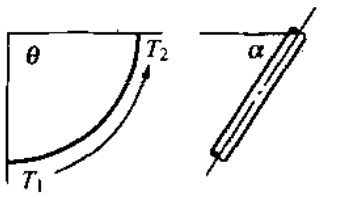
弯曲种类		示意图	牵引力计算
倾斜面上垂直牵引	凹曲面		$T_2 = T_1 e^{\mu\theta} + \frac{WR\sin\alpha}{1+\mu^2}[-(1-\mu^2)\sin\theta + 2\mu(\cos\theta - e^{\mu\theta})]$ （B.1-17）
			$T_2 = T_1 e^{\mu\theta} - \frac{WR\sin\alpha}{1+\mu^2}[(1+\mu^2) \times(\cos\theta - e^{\mu\theta}) + 2\mu\sin\theta]$ （B.1-18）

表 B.2　管道内弯曲侧压力计算公式

敷设方式	排列	侧压力计算式
1 孔 3 根	三角形	$P = \frac{TK_1}{2R}$ （B.2-1）
	摇篮形	$P = \frac{(3K_2 - 2)T}{3R}$ （B.2-2）
1 孔 1 根		$P = \frac{T}{R}$ （B.2-3）

表 B.3　重量增加系数 K_1，K_2 的计算公式

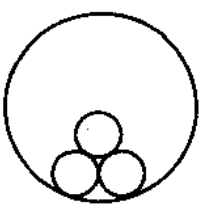
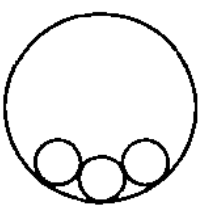
排列形式	 三角形	 摇篮形
重量增加系数	$K_1 = \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{d}{D-d}\right)^2}}$ （B.3-1）	$K_2 = 1 + \frac{4}{3}\left(\frac{d}{D-d}\right)^2$ （B.3-2）

表 B.1～表 B.3 式中：

T ——牵引力，N；

T_1 ——弯曲前的牵引力，N；

T_2 ——弯曲后的牵引力，N；

μ ——摩擦系数（见表 B.7）；

W ——电缆单位重量，N/m；

L ——电缆长度，m；

R ——电缆的弯曲半径，m；

θ_1 ——电缆作直线倾斜牵引时的倾斜角，rad；

θ ——弯曲部分的圆心角，rad；

α ——电缆弯曲部分的倾斜角，rad；

P ——侧压力，N 或 N/m；

D ——管道内径，mm；

d ——电缆外径，mm。

表 B.4　弯曲部位用滚轮或圆弧滑板敷设时的侧压力计算式

弯曲部位	侧压力计算式	敷设图示
滚轮	$P_1 = 2T\sin\frac{\theta}{2}$ （B.4-1） 式中，P_1 表示用滚轮时的侧压力，N	滚轮　T　电缆　P　θ　θ　R P——用滚轮或圆弧板时的侧压力； T——牵引力，N； θ——弯曲角，rad； R——弯曲半径，m。
圆弧滑板	$P_2 = \frac{T}{R}$ （B.4-2） 式中，P_2 表示用圆弧板时的侧压力，N/m	

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

表 B.5　不同电缆敷设方法的最大牵引力　　N/mm^2

牵引方式	牵引头		钢丝网套		
受力部位	铜芯	铝芯	铅套	铝套	塑料护套
允许牵引强度	70	40	10	20	7

表 B.6　电缆护层最大允许侧压力

电缆护层分类	滑动 （涂抹润滑油圆弧滑板或排管） kN/m	滚动 （每只滚轮） kN
铅护层	3.0	0.5
皱纹铝护层	3.0	2.0
无金属护层	3.0	1.0

表 B.7　不同管材的摩擦系数

敷设管材		摩擦系数
混凝土管	无水	0.4
	有水	0.3
	涂润滑油	0.3
钢管		0.2
塑料管、玻璃钢管		0.3
滚轮	弹子式轴承	0.1
	普通轴承	0.2

附 录 C
（资料性附录）
排管工井长度计算

C.1 排管工井长度计算

排管工井长度 S 计算示意图见图 C.1，计算公式如下：

$$S=\sqrt{4R_0C-C^2} \tag{C.1-1}$$

$$L=\sqrt{S^2+C^2} \tag{C.1-2}$$

$$B_0=R_0\left(1-\cos\frac{\theta_0}{2}\right) \tag{C.1-3}$$

$$B_1=\sqrt{\frac{mL}{\pi^2}+B_0^2} \tag{C.1-4}$$

$$R_1=\frac{L^2}{32B_1}+\frac{B_1}{2} \tag{C.1-5}$$

以上式中：

R_0——电缆允许最小弯曲半径（见表 6.1.1），m；

R_1——热伸长后电缆最小弯曲半径，m，参考值 $R_1\geqslant 0.8R_0$；

B_0——施工时伸缩弧弧幅，m；

B_1——温升后伸缩弧弧幅，m；

m——热伸缩量，m，当计算 R_1 时，t=25℃，用式（D.2-2）计算，L 为相邻工井间电缆距离。

以上式中未作说明符号全文见图 C.1。

电缆伸缩畸变量计算：

$$\varepsilon=\frac{2dmS}{(S^2+C^2)C} \tag{C.1-6}$$

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

式中：

ε——电缆伸缩畸变量，%；

d——电缆金属护层外径，m。

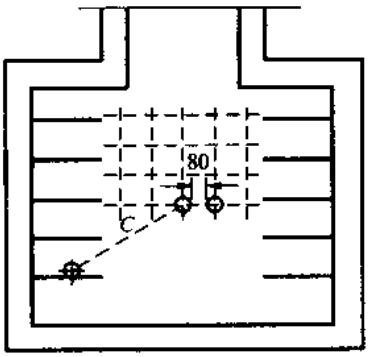
计算金属护套热应变时，取日夜温差变化。t=25℃，计算 m 值用式（D.2-1）或式（D.2-2）计算。

注 1：式（C.1-6）ε为日本电气技术规程介绍的 Bauer 简化公式，当 C 值较小时，可采用以下非简化公式：

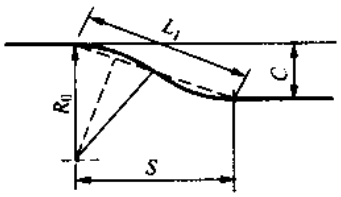
$$\varepsilon=\frac{2d(\sqrt{C^2+2Lm-m^2}-C)}{S^2+C^2+2d\sqrt{C^2+2Lm-m^2}}\ (\%) \qquad (C.1\text{-}7)$$

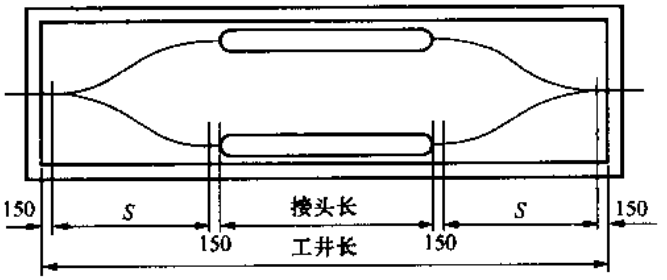
注 2：简化公式中当 C 值逐步缩小时，ε值逐渐增加。从实验确认 $C\leqslant\frac{S}{4}$ 时，调节效能减小。因此在工井中对位移 C 较小的电缆采用一个伸缩弧方式吸收排管中热伸缩量。伸缩弧弧幅 B 一般可取 0.1S，伸缩弧半径 $R\approx\frac{S^2}{8B}+\frac{B}{2}$。

注 3：计算时，先从已知 R_0 求得 S，R_1，再计算ε。ε值参考资料允许值为铅 0.1%，铅合金 0.15%，铝 0.3%。如果 R_1 或ε值超过允许值时，可适当放大 S，再进行计算。

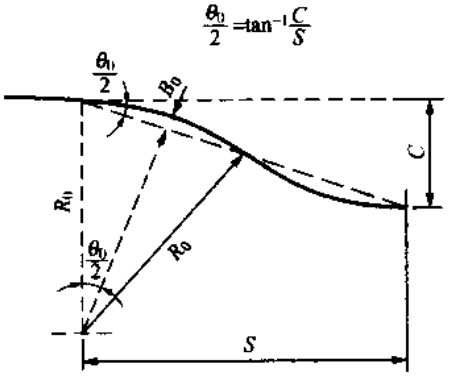


a)工井断面图

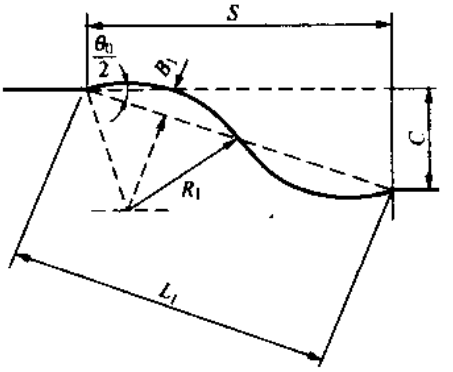




b)工井顶视图



c)施工时电缆布置图



d)温度上升电缆伸长后示意图

图 C.1　工井长度计算示意图

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

附 录 D
（资料性附录）
蛇形弧横向滑移量、热伸缩量和轴向力

D.1 蛇形弧横向滑移量的计算

蛇形弧横向滑移量的计算公式为：

$$n=\sqrt{B^2+1.6Lm}-B \qquad \text{(D.1-1)}$$

式中：

m——电缆热伸缩量，mm；

B——蛇形弧幅，mm；

L——半个蛇形长度，mm；

n——电缆横向滑移量，mm。

式（D.1-1）中各符号说明见图 D.1。

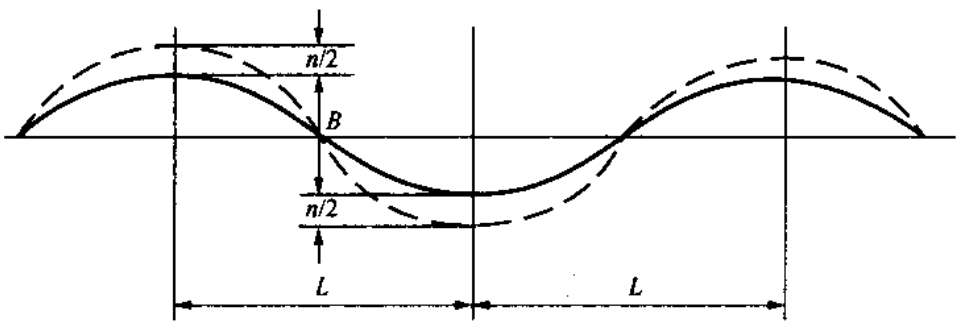


图 D.1 符号说明

D.2 热伸缩量的计算公式

当 $t\leqslant\frac{1}{AE\alpha}(\mu WL+2f)$ 时，热伸缩量 m 的计算公式为：

$$m=\frac{(AE\alpha t-2f)^2}{4\mu WEA} \qquad \text{(D.2-1)}$$

当 $t > \frac{1}{AE\alpha}(\mu WL + 2f)$ 时，m 的计算公式为：

$$m = \frac{L}{2}\left[\alpha t - \frac{1}{AE}\left(\frac{\mu WL}{2} + 2f\right)\right] \qquad \text{(D.2-2)}$$

上两式中：

t ——导体的温升，℃；

α——电缆的线膨胀系数，1/℃；

L——电缆长度，mm；

μ——摩擦系数；

W——电缆单位长度的重量，N/mm；

f ——电缆的反作用力，N；

A——导体截面，mm^2；

E——电缆的杨氏模量，N/mm^2。

蛇形弧轴向力计算用常数见表 D.1。

表 D.1　蛇形弧轴向力计算用常数

电缆类型	电缆的线膨胀系数 1/℃	电缆的反作用力 N	导体的温升 ℃	电缆的杨氏模量 N/mm^2
充油	16.5×10^{-6}	1000	单芯 55	50000
			3 芯 50	30000
交联	20.0×10^{-6}	1000	单芯 65	30000
			3 芯扭绞 60	5000

D.3　蛇形弧轴向力的计算公式

蛇形弧轴向力计算式见表 D.2。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

表 D.2　蛇形弧轴向力计算式

金属护套有无	原点校正值	敷设方式	温度下降时	温度上升时
有	—	水平蛇行	$+\frac{\mu WL^2}{2B}\times 0.8$　（D.3-1）	$-\frac{8EI}{B^2}\cdot\frac{\alpha t}{2}-\frac{8EI}{(B+n)^2}\cdot\frac{\alpha t}{2}$ $-\frac{\mu WL^2}{2(B+n)}\times 0.8$　（D.3-2）
		垂直蛇行	$+\frac{WL^2}{2B}\times 0.8$　（D.3-3）	$-\frac{8EI}{B^2}\cdot\frac{\alpha t}{2}-\frac{8EI}{(B+n)^2}\cdot\frac{\alpha t}{2}$ $+\frac{WL^2}{2(B+n)}\times 0.8$　（D.3-4）
无	$+\frac{8EI}{B^2}\cdot\frac{\alpha t}{2}$	水平蛇行	$+\frac{8EI}{B^2}\cdot\frac{\alpha t}{2}+\frac{\mu WL^2}{2B}\times 0.8$　（D.3-5）	$-\frac{8EI}{(B+n)^2}\cdot\frac{\alpha t}{2}-\frac{\mu WL^2}{2(B+n)}\times 0.8$　（D.3-6）
		垂直蛇行	$+\frac{8EI}{B^2}\cdot\frac{\alpha t}{2}+\frac{WL^2}{2B}\times 0.8$　（D.3-7）	$-\frac{8EI}{(B+n)^2}\cdot\frac{\alpha t}{2}+\frac{WL^2}{2(B+n)}\times 0.8$　（D.3-8）

注 1：+符号是拉伸力，–符号是压缩力。

注 2：式中：

W——电缆单位重量，N/mm；

EI——电缆抗弯刚性，N·mm^2；

n——电缆幅向滑移量，mm；

α——电缆线膨胀系数，1/℃；

B——蛇形幅宽，mm；

L——蛇形弧半个节距长度，mm；

t——温升，℃。

D.4　垂直敷设所需夹具数量和安装位置的计算

垂直敷设示意图见图 D.4。

D.4.1　垂直直线敷设顶部一点固定所需夹具计算：

$$N\geqslant\frac{LWS_f}{F}\qquad\text{（D.4.1-1）}$$

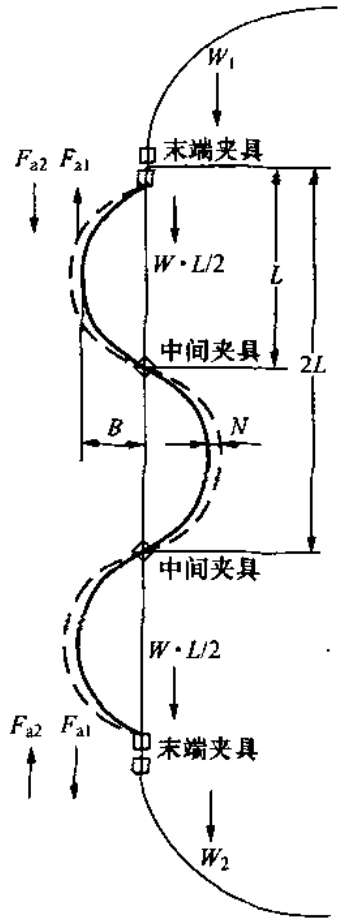


图 D.4　垂直敷设示意

式中：

N——所需夹具数量，只；

F——夹具对电缆的紧握力，N；

L——垂直部分电缆长度，m；

W——电缆单位长度重量，N/m；

S_f——安全系数，取≥4。

D.4.2　垂直直线敷设多点固定夹具安装间距计算：

$$L_1 \leqslant \frac{FS_f}{W} \qquad \text{(D.4.2-1)}$$

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

式中：

L_1——夹具安装间距，m；

F——夹具对电缆的紧握力，N；

W——电缆单位长度重量，N/m；

S_f——安全系数，取≥4。

D.4.3 垂直蛇行敷设所需夹具计算

1 上顶部位所需夹具

1）温度上升电缆伸长时：

$$N_1=(F_{a1}-WL/2-W_1)\,S_f/F \qquad \text{(D.4.3-1)}$$

2）温度下降电缆收缩时：

$$N_2=(F_{a2}+WL/2+W_1)\,S_f/F \qquad \text{(D.4.3-2)}$$

N_1，N_2两者取大的数值。

2 下底部位所需夹具

1）温度上升电缆伸长时：

$$N_3=(F_{a1}+WL/2+W_2)\,S_f/F \qquad \text{(D.4.3-3)}$$

2）温度下降电缆收缩时：

$$N_4=(F_{a2}-WL/2-W_2)\,S_f/F \qquad \text{(D.4.3-4)}$$

N_3，N_4两者取大的数值。

式（D.4.3-1）～式（D.4.3-4）中：

N_1～N_4——所需夹具数量，只；

F_{a1}——温度上升时蛇行弧的轴向力，N；

F_{a2}——温度下降时蛇行弧的轴向力，N；

W_1——上顶末端夹具分担的电缆重量，N；

W_2——下底末端夹具分担的电缆重量，N；

W——电缆单位长度重量，N/m；

L——一个蛇行弧两端的夹具间距，m；

F——夹具对电缆的紧握力，N；

S_f——安全系数，取≥4。

D.4.4 温度变化时电力电缆的轴向力和蛇行弧幅向的滑移量计算

1）温度上升电缆伸长时的轴向力 F_{a1} 为：

$$F_{a1}=+\frac{8EI}{(B+n)^2}\frac{\alpha t}{2} \qquad \text{(D.4.4-1)}$$

2）温度下降电缆收缩时的轴向力 F_{a2} 为：

$$F_{a2}=-\frac{8EI}{B^2}\frac{\alpha t}{2} \qquad \text{(D.4.4-2)}$$

3）滑移量：

$$n=\sqrt{B^2+1.6\alpha tL^2}-B \qquad \text{(D.4.4-3)}$$

以上式中：

n——向蛇行弧幅向的滑移量，mm；

B——蛇行弧幅宽，mm；

α——电缆的线膨胀系数，1/℃，对充油电缆，取 16.5×10^{-6}，对交联电缆，取 20.0×10^{-6}；

t——温升，℃；

EI——电缆弯曲刚性，$N\cdot mm^2$。

D.4.5 电缆抗弯刚性计算

1）充油铅护套电缆：

$$EI=251d_m^{3.5} \qquad \text{(D4.5-1)}$$

2）充油铝皱纹护套电缆：

$$EI=14.4d_s^{3.94} \qquad \text{(D4.5-2)}$$

3）交联电缆：

$$EI=E_c I_c+E_i I_i+E_m I_m \qquad \text{(D4.5-3)}$$

以上式中：

E_c——导体的杨氏模量，N/mm^2，一般取＞500；

E_i——绝缘层的杨氏模量，N/mm^2，一般取 400；

E_m——金属护套的杨氏模量，N/mm^2，铝护套取 10000～

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

13000；

I_c——导体断面次力矩，$I_c = \frac{\pi}{64} d_c^4$；（D4.5-4）

I_i——绝缘断面次力矩，$I_i = \frac{\pi}{64}(d_i^4 - d_c^4)$；（D4.5-5）

I_m——金属护套断面次力矩，$I_m = \frac{\pi}{8} d_m^3 \cdot t$；（D4.5-6）

d_c——导体外径，mm；
d_i——绝缘层外径，mm；
d_m——金属护套外径，mm；
d_s——金属护套平均外径，mm；
t——金属护套厚度，mm。

附 录 E
（资料性附录）
塑料护套的化学稳定性

表 E.1

药剂名称	聚氯乙烯	聚乙烯	氯丁橡胶	药剂名称	聚氯乙烯	聚乙烯	氯丁橡胶
丙酮	×	○	△	硅油	○	○	○
苯	×	○	×	氟利昂 12	○	○	○
四氯化碳	×	×	×	杂酚油	×	△	×
氯仿	×	×	×	甲酚	○	○	×
三氯乙烯	×	○	×	苯酚	○	○	△
甲苯	×	×	×	苯胺	○	○	×
二甲苯	×	×	×	苯二甲酸二辛脂	△	○	×
甲醇	○	○	○	醋酸乙烯	△	○	×
乙醇	○	○	○	沥青	○	○	○
环己烷	×	○	×	盐酸（10%）	◎	◎	◎
二硫化碳	△	△	×	盐酸（38%）	◎	◎	×
乙烯甘油脂	○	○	○	硫酸（10%）	◎	◎	◎
乙醚	×	△	×	浓硫酸（发烟）	×	×	×
甲醛	△	○	△	硝酸（10%）	◎	◎	×
甘油	○	○	○	浓硝酸（发烟）	△	×	×
己烷	△	○	△	醋酸（50%）	◎	○	○
石油醚	×	○	×	亚硫酸气	◎	○	○
轻质汽油	×	△	×	氨气	○	○	○
汽油	○	○	△	稀氨气	○	○	○
煤油	○	×	○	浓氨气	○	○	△
燃料油	×	×	×	氯气	×	×	×
石油	○	△	○	过氧化氢	○	○	×
润滑油	△	△	△	硫化氢	△	○	△

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

表 E.1（续）

药剂名称	聚氯乙烯	聚乙烯	氯丁橡胶	药剂名称	聚氯乙烯	聚乙烯	氯丁橡胶
润滑脂	△	△	△	稀过氧化钠	○	○	○
动物油	△	◎	△	食盐水	◎	◎	◎
植物油	○	○	○	海水	◎	◎	◎
变压器油	○	○	△	土壤	◎	◎	◎

注：◎表示完全或几乎不受侵蚀，实际上耐受；
○表示受到若干作用，在实用上问题不大；
△表示受到较大作用，不如避免使用；
×表示严重侵蚀，不可使用。

附 录 F
（规范性附录）
敷设条件不同时电缆允许持续载流量的校正系数

表 F.1 35kV 及以下电缆在不同环境温度时的载流量校正系数 K

缆芯最高工作温度 ℃	环境温度 ℃							
	空气中				土壤中			
	30	35	40	45	20	25	30	35
60	1.22	1.10	1.0	0.86	1.07	1.0	0.93	0.85
65	1.18	1.09	1.0	0.89	1.06	1.0	0.94	0.87
70	1.15	1.08	1.0	0.91	1.05	1.0	0.94	0.88
80	1.11	1.06	1.0	0.93	1.04	1.0	0.95	0.90
90	1.09	1.05	1.0	0.94	1.04	1.0	0.96	0.92

注：其他环境温度下载流量的校正系数 K 可按下式计算：

$$K=\sqrt{\frac{\theta_m-\theta_2}{\theta_m-\theta_1}} \qquad (F.1)$$

式中：

θ_m——缆芯最高工作温度，℃；

θ_1——对应于额定载流量的基准环境温度，℃，在空气中取 40℃，在土壤中取 25℃；

θ_2——实际环境温度，℃。

表 F.2 不同土壤热阻系数时电缆载流量的校正系数

土壤热阻系数 K·m/W	分类特征（土壤特征和雨量）	校正系数
0.8	土壤很潮湿，经常下雨。如湿度大于 9%的沙土；湿度大于 10%的沙—泥土等	1.05
1.2	土壤潮湿，规律性下雨。如湿度大于 7%但小于 9%的沙土；湿度为 12%～14%的沙—泥土等	1.0

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

表 F.2（续）

土壤热阻系数 K·m/W	分类特征（土壤特征和雨量）	校正系数
1.5	土壤较干燥，雨量不大。如湿度为 8%～12%的沙—泥土等	0.93
2.0	土壤干燥，少雨。如湿度大于 4%但小于 7%的沙土；湿度为 4%～8%的沙—泥土等	0.87
3.0	多石地层，非常干燥。如湿度小于 4%的沙土等	0.75
注：本表适用于缺乏实测土壤热阻系数时的粗略分类，对 110kV 及以上电压电缆线路工程，宜以实测方式确定土壤热阻系数。		

表 F.3 土中直埋多根并行敷设时电缆载流量的校正系数

根数		1	2	3	4	5	6
电缆之间净距 mm	100	1	0.9	0.85	0.80	0.78	0.75
	200	1	0.92	0.87	0.84	0.82	0.81
	300	1	0.93	0.90	0.87	0.86	0.85
注：本表不适用于三相交流系统中使用的单芯电力电缆。							

表 F.4 空气中单层多根并行敷设时电缆载流量的校正系数

并列根数		1	2	3	4	5	6
电缆中心距	$S=d$	1.00	0.90	0.85	0.82	0.81	0.80
	$S=2d$	1.00	1.00	0.98	0.95	0.93	0.90
	$S=3d$	1.00	1.00	1.00	0.98	0.97	0.96
注 1：S 为电缆中心间距离，d 为电缆外径。 注 2：本表按全部电缆具有相同外径条件制定，当并列敷设的电缆外径不同时，d 值可近似地取电缆外径的平均值。 注 3：本表不适用于三相交流系统中使用的单芯电力电缆。							

附 录 G
（资料性附录）
全国各地区代表性城市八月份平均地温

表 G.1 全国各地区代表性城市八月份平均地温 ℃

地区	地面下的深度 m				地区	地面下的深度 m			
	0.4	0.8	1.6	3.2		0.4	0.8	1.6	3.2
黑龙江					呼和浩特	20.1	18.7	14.2	9.5
哈尔滨	19.9	17.3	12.2	6.6	新疆				
鸡西	19.8	17.7	14.8	9.1	伊宁	23.4	21.0	17.5	14.1
海伦	18.7	16.6	10.0	3.8	乌鲁木齐	21.8	19.6	16.1	11.9
嫩江	15.8	10.6	3.9	—	吐鲁番	33.3	30.3	25.1	19.2
吉林					和田	25.7	23.8	20.9	16.4
长春	21.0	18.9	14.5	8.6	甘肃				
延吉	20.0	17.0	14.2	9.7	兰州	22.6	21.1	17.9	13.8
辽宁					平凉	19.3	17.8	15.4	—
抚顺	22.6	20.8	16.8	11.3	张掖	23.5	20.7	17.4	13.9
沈阳	22.8	20.7	17.2	12.4	宁夏				
鞍山	23.0	21.2	17.8	—	银川	22.4	20.9	17.3	12.6
丹东	23.2	21.2	18.2	13.5	石咀山	22.4	19.3	15.7	—
营口	23.7	21.7	17.8	—	青海				
内蒙					西宁	18.5	17.1	14.8	11.0
海拉尔	15.8	10.4	6.4	1.5	陕西				
通辽	21.5	18.7	13.7	9.0	延安	24.0	22.2	19.2	14.3
乌盟（集宁）	17.1	15.3	11.9	6.8	铜川	23.1	22.5	20.0	15.3

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

表 G.1（续）

地区	地面下的深度 m				地区	地面下的深度 m			
	0.4	0.8	1.6	3.2		0.4	0.8	1.6	3.2
西安	26.4	25.1	22.4	17.7	长汀	28.2	27.0	25.2	23.0
宝鸡	25.5	24.1	21.3	16.9	河南				
河北					郑州	26.7	25.3	22.6	18.3
北京	25.0	23.9	21.0	16.3	洛阳	27.4	26.0	23.4	18.2
天津	25.4	23.9	20.6	15.2	信阳	27.0	25.5	23.0	18.5
保定	25.6	24.1	21.1	16.3	湖北				
石家庄	26.9	25.6	23.5	18.1	汉口	28.5	25.5	23.0	18.5
邯郸	26.1	24.7	21.6	17.0	黄石	28.7	27.0	24.3	20.1
山西					湖南				
大同	22.4	20.9	18.2	12.6	长沙	29.4	27.9	25.1	20.9
太原	23.7	21.4	19.1	14.4	江西				
山东					南昌	31.0	29.2	26.0	21.9
济南	27.5	26.4	23.9	19.4	赣州	28.9	27.7	25.5	22.6
青岛	24.6	23.0	20.1	16.3	广西				
昌潍（潍县）	26.5	24.7	22.1	17.5	桂林	29.0	27.8	25.7	22.4
江苏					柳州	29.3	28.5	26.6	23.7
上海	27.6	25.9	22.9	18.2	广东				
南京	28.0	26.7	23.7	18.8	广州	30.8	29.1	27.8	25.5
徐州	27.1	25.4	22.2	17.2	韶关	29.6	28.4	26.3	23.4
安徽					汕头	29.7	29.0	27.6	25.1
宿县	27.2	25.6	22.4	18.1	海南				
浙江					海口	29.6	29.3	28.6	27.6
杭州	28.4	27.0	24.2	19.5	四川				
温州	28.5	27.1	24.1	20.5	成都	26.3	25.5	23.8	21.2
衡州	29.2	26.7	24.4	20.6	阿坝	15.1	13.9	12.8	9.7
福建					甘孜	17.1	16.5	14.9	11.6
建瓯	28.7	27.3	25.1	22.0	西昌	25.4	24.5	23.2	21.1

表 G.1（续）

地区	地面下的深度 m				地区	地面下的深度 m			
	0.4	0.8	1.6	3.2		0.4	0.8	1.6	3.2
云南					西藏				
昆明	22.0	21.2	19.8	17.4	索县（索宗）	13.3	12.6	10.6	7.4
华坪	25.6	25.6	25.1	—	昌都	18.9	18.2	16.3	14.1
贵州					拉萨	17.2	16.6	15.6	—
贵阳	24.9	23.9	22.2	19.6	日喀则	17.8	17.4	16.2	13.1
遵义	25.8	24.4	21.0	18.4					
注：本表摘自《火力发电厂采暖通风储存设计手册》，1979 年，水利电力出版社。									

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

附 录 H
（规范性附录）
充油电缆需油量和暂态压力计算

H.1 充油电缆需油量的计算

充油电缆需油量的计算见表 H.1-1。

表 H.1-1 充油电缆需油量的计算方法

计算内容	需油量 cm^3
1. 每相电缆因负载温升引起的需油量	$G_c=\left[\Delta\theta_c(e_0V_0+e_cV_c+e_{sp}V_{sp})+e_iV_i\left(\frac{\Delta\theta_sD_i^2-\Delta\theta_cD_c^2}{D_i^2-D_c^2}+\frac{\Delta\theta_c-\Delta\theta_s}{2\ln\frac{D_i}{D_c}}\right)-\Delta\theta_se_sV_s\right]L$ （H.1-1）
2. 每相电缆因季节性温差引起的需油量	$G_s=\Delta\theta_\alpha\ (e_0V_0+e_cV_c+e_{sp}V_{sp}+e_iV_i-e_sV_s)\ L$ （H.1-2）
3. 每只压力箱因季节性温差引起的需油量	$G_{PT}=\Delta\theta_\alpha e_0V_{PT}$ （H.1-3）
4. 两只终端头，因季节性温差引起的需油量	$G_T=2\Delta\theta_\alpha e_0V_{PT}$ （H.1-4）
5. 每相线路的连接盒，因季节性温差引起的需油量	$G_j=n_je_0V_j\ \Delta\theta_\alpha$ （H.1-5）
6. 每相线路因上述各种原因引起的总的需油量	$n_{pT}G=G_c+G_s+n_{pT}G_{pT}+G_T+G_j$ （H.1-6）

表 H.1-1（续）

式（H.1-1）～式（H.1-6）中：
L——每相电缆长度，cm；
e_0，e_c，e_{sp}，e_i，e_s——分别为绝缘油、导体、油道螺旋支撑管、纸绝缘体以及金属护套的体积膨胀系数（1/℃），详见表 H.1-2；
V_0，V_c，V_{sp}，V_i，V_s——分别为每厘米电缆的导体内油的、导体的、螺旋管的、绝缘的以及金属护套的体积，cm^3/cm；
$\Delta\theta_c$，$\Delta\theta_s$——电缆导体和金属护套的稳态温升，℃；
$\Delta\theta_0$——环境温度的季节性变化量，℃，注意此量对地下土壤和大气是不同的；
V_{pT}，V_T，V_j——每只压力箱、终端盒或连接盒内的油的体积，cm^3；
n_i——每相线路内的连接盒数；
n_{pT}——每相电缆所需压力箱数；
G——每只压力箱供油量，cm^3。

表 H.1-2 电缆常用材料的体积膨胀系数

材料名称	膨胀系数 1/℃	材料名称	膨胀系数 1/℃
铜	5×10^{-5}	油	75×10^{-5}
铝	7×10^{-5}	纸	10×10^{-5}
铅	8.5×10^{-5}	油浸纸绝缘	42.5×10^{-5}
钢	3.6×10^{-5}	不锈钢	3.0×10^{-5}

H.2 暂态油压计算

H.2.1 单端供油

1）线路任意点的暂态油压：

$$\Delta P_x = \pm abX\left(L-\frac{x}{2}\right)\times 0.098 \qquad \text{(H.2.1-1)}$$

2）$X=L$ 时：

$$\Delta P = \pm\frac{1}{2}abL^2\times 0.098 \qquad \text{(H.2.1-2)}$$

H.2.2 两端供油

1）线路任意点的暂态油压：

$$\Delta P_x = \pm\frac{1}{2}abX(L-X)\times 0.098 \qquad \text{(H.2.2-1)}$$

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

2） $X=\frac{L}{2}$时：

$$\Delta P_{0.5L}=\pm\frac{1}{8}abL^2\times0.098 \qquad \text{(H.2.2-2)}$$

式中：

ΔP_x ——暂态油压，MPa；

a ——需油率，$cm^3/(cm\cdot s)$；

b ——油道阻力，$g\cdot s/cm^6$；

X ——供油装置至任意点长度，cm；

L ——供油长度，cm。

H.2.3 需油率

$$a=a_0w=a_0(nI^2r_a+w_d) \qquad \text{(H.2.3)}$$

式中：

a ——需油率，$cm^3/(cm\cdot s)$；

a_0 ——单位长度电缆在单位时间内发生的热量而引起的绝缘油热胀冷缩量，$cm^3/(cm\cdot s\cdot W)$；

w ——单位长度电缆的发热量，W/cm；

n ——电缆芯数；

I ——负荷电流，A；

r_a ——切断负荷电流或投入负荷时导体的交流电阻，Ω/cm；

w_d——介质损耗，W。

H.2.4 油道阻力

$$b=0.815\frac{\eta}{n\pi r^4}\times10^{-7} \qquad \text{(H.2.4)}$$

式中：

b——油道阻力，$g\cdot s/cm^6$；

η——绝缘油粘度，Pa·s；

n——油道数；

r——油道内半径，cm。

城市电力电缆线路设计
技 术 规 定

条 文 说 明

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

目　　次

5　电缆路径……67
6　电缆敷设方式……68
7　电缆结构选择……74
8　电缆附件选择……77
9　自容式充油电缆供油系统设计……79
10　电缆金属护套或屏蔽层接地方式……81
11　电缆支架和夹具的选择……85
12　电缆隧道工艺设计……86
13　电缆防火设计……88

5 电 缆 路 径

5.0.1～5.0.2 如果城市缺乏对地下管线和其他市政设施的统一安排与总体规划，势必导致地下管线紊乱，给管线增设、更新、事故抢修带来困难。重复开挖路面，除了要支付高额的路面修复费外，还严重影响地面交通和市民生活等。为改变这样的被动局面，必须按电网规划向城市管理部门提出确保电缆敷设路径的要求。

5.0.3 为日后抢修、更新作业考虑。

5.0.5 直埋电缆相互间距最小中心距 0.2m，主要是按北京、天津、广州、武汉、上海等地实际敷设的最小间距而选定（北京 0.2m，上海 0.2m～0.22m）。因减小间距对电缆载流量影响较小（必要时可以通过计算确定间距），而对城市走廊影响较大。电缆间距取中心距而不取净距是方便设计计算载流量和走廊宽度。

直埋敷设电缆埋深规定为 0.7m～1.2m，一般都比建筑物基础浅，而且自开挖壕沟至回填土时间短。实践证明，直埋敷设电缆挖沟边对永久性的建筑物基础最小距离保持在 0.6m 以上，可以不做防止泥土塌方措施。

5.0.6 利用城市交通桥梁敷设电缆是最经济的一种敷设方式，如电缆需要从此岸敷设至对岸，在国外不分电压等级、电缆类型，首先考虑利用城市交通桥梁敷设。日本东京电力公司利用城市交通桥梁敷设电缆至今已有 90 多年经验，我国上海在 1914 年就利用跨越苏州河的外白渡桥敷设电缆至今也有 90 多年历史，迄今运行状况良好，没有出现过不良状况。但利用城市交通桥梁敷设电缆除应考虑桥梁承载力外，还应有适当的防火措施，例如选用阻燃外护套的电缆或把电缆敷设在防火槽盒内。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

6 电缆敷设方式

6.1 一 般 规 定

6.1.1 从电缆制造到出厂盘绕、现场施工以及运行等，电缆都会承受弯曲机械力，如多次过分弯曲必将给电缆绝缘和金属护套带来不良影响，例如绝缘纸和导体屏蔽或绝缘屏蔽起皱、撕裂、金属护套疲劳甚至出现裂纹。但关于电力电缆特别是交联电缆的最小允许弯曲半径，各国或国内各制造厂之间不一致，对电缆线路设计尤其是对排管工井设计带来困难。为此在本条文中根据国标和借鉴日本《电气技术基准调查委员会》于 1990 年在 IEC-60169 的基础上选用 77kV、150mm^2～2000mm^2 的交联电缆再次做过 5D～10D、180° 重复 5 次更苛刻的弯曲试验，证实弯曲试验后与弯曲前的工频耐压击穿值几乎无变化（参见日本《电气协同研究》1991 年第 47 卷第 3 号）。

6.1.4 与 GB50217《电力工程电缆设计手册》一致。鉴于暗挖施工工艺日益增多，为充分提高圆形断面利用率，借鉴日本经验，在满足施工及运行情况下，对暗挖法圆形断面通道净宽可适当减小至 800mm。在上海地区已有应用实例。

6.2 直 埋 敷 设

6.2.2 抗御外力损坏措施国内一般是采用预制钢筋混凝土板方法，而国外多采用预制钢筋混凝土槽盒方法，后者抗御外力损坏较前者好，但工程费用比前者高昂。可根据当地地下管线情况和路面开挖频度选择。

6.2.3 为减少开挖壕沟而影响铁路或道路交通需采取有效的保护措施。

6.3 排 管 敷 设

6.3.1 排管敷设

2 早期排管工程一般都采用价格低廉的石棉纤维水泥管作衬管，但由于石棉纤维水泥管耐机械冲击性差，运输过程以及现场施工都有一定数量受损作废弃物处理而影响环境。为保护环境，凡用有害于人体健康和污染环境的材料制成的管子（包括石棉纤维水泥管在内），规定禁止使用。

4 传统采用 1.5d 与 GB 50217 一致。上海地区 35kV 及 10kV 电缆排管孔径与穿管电缆根数存在以下敷设方式也可在工程中应用：

1）1 孔敷设 1 根电缆　　$D \geqslant d$+30mm

2）1 孔敷设同一回路 3 根单芯电缆

$$D \geqslant 2.16d+30\text{mm}$$

$$D \leqslant 2.85d$$

式中：

2.16d——3 根电缆包络径。

6 在整条排管中用混凝土局部加固，能加快工程进度节省投资，但在衬管镶接处是整道排管中最薄弱之处，仍应做好加固措施。

6.3.2 1000mm^2 以下的纸绝缘或充油电缆以往仅考虑在常温状态下按电缆允许最小弯曲半径稍加一定裕度来设计工井长度，但现在越来越多的工程都采用导体允许温度高达 90℃的交联电缆，由于电缆的伸缩量随温度升高而增大，因此供敷设交联电缆用的排管两端的工井长度，不但要考虑能吸收来自排管中的电缆伸缩量，还应考虑电缆在寿命期间内由于热循环导致电缆金属护套疲劳问题。

4 接头施工人员长时间在工井内作业时空气流通所需。

7 根据征求意见会上讨论明确，接地电阻取值统一为 10Ω。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

6.3.3 断开单芯电缆磁闭合回路，消除磁滞损耗。

6.3.4 防止水从排管流入工井。

6.3.5 使电缆热循环后能恢复至原位。

6.4 隧 道 敷 设

6.4.1 考虑头戴安全帽的工作人员在隧道内作业或巡视工作所需高度，但在旧城市建设隧道往往受阻于已有的其他管线或地下设施，在此情况下可在受阻局部地段缩小净高尺寸或改为排管方式。

6.4.2 为日后巡视及更换电缆提供方便。

6.4.3 电缆运行温度与停役温差大，特别是大截面的交联电缆可达 80℃～95℃，因此伸缩量和轴向力大。采取蛇形敷设能把电缆线路的热伸缩量分散到蛇形弧内，这样才能降低电缆夹具对电缆的紧握力和电缆线路向两端的伸缩量。

6.4.4 在坡度小于 10%的隧道按水平隧道蛇行敷设规定设置夹具。但在不设置夹具的部位应用具有足够强度的绳索绑扎于支架上，以防短路电缆电动力作用使电缆滑落。在坡度大于 10%的斜坡隧道内，如采用垂直蛇行敷设时，还应在每个蛇行弧顶添设夹具，以防电缆在热胀冷缩时滑动而位移。

6.5 电 缆 沟 敷 设

6.5.2 在净深小于 0.6m 以下的电缆沟敷设作业和接头施工都能在地面上进行，无需设置通道。

6.6 桥 梁 敷 设

6.6.3 汽车或轨道列车在桥梁行驶时以及桥梁受风压都会发生震动。但一般认为震动频率达到数赫以上，且通过无数次重复震动后才会给电缆带来不良影响。由风力、地震所产生的震动频率远小于电缆固有震动频率，可以忽略。1990 年“日本电气协同研究学会”在大鸣门跨海吊索桥上实测震动频率数据是：

汽车：（10～30）Hz

新干线列车：（5～8）Hz

风力或地震：1Hz 以下

同时也提出敷设在桥梁的电缆防震措施认为在固定夹具与电缆之间垫设防震橡胶，既简便又有效，但各只夹具安装间距应在2m 以下，这一措施已在大鸣门跨海吊索桥采纳。

根据公路工程设计标准，桥梁单（孔）跨距大于 100m，即称大跨距。又日本同行认为在桥梁伸缩缝大于 70mm（跨距在 100m 左右）时，需采取防伸缩对策。故本规定采用单跨距大于 100m，即称长跨距。

6.7 水 下 敷 设

6.7.1～6.7.2 规定了使水下电缆能在寿命期间内安全运行所需的水域条件。水底或河床有无岩礁、沉船以及河床平整度等，则要求设计前实地勘察，施工前进行处理，否则敷设在水下的电缆会出现悬空，受潮流冲击、震动与岩石等障碍物摩擦而损坏。船舶不可能靠近投锚的水域称为浅水区，主航道或船舶能投锚的水域称为深水区。锚的重量与入土深度如图 1 所示，该图摘自日本运输省港湾技术研究所的 No.215《投锚与入土深度试验》现场实测报告，可供参考。

6.7.3

1 是考虑作业投锚宽度和锚后船移走锚时，避免伤及相邻电缆以限制事故扩大的措施，同时也有利于事故抢修作业。

2 埋设于无大吨位船舶通航、流速小的河床下的电缆不会受潮流冲刷位移而出现相互交叉或重叠情况。

6.7.4 考虑水下电缆或工业管道事故抢修作业所需间距。

6.7.5 减少电力电缆对通信电缆电磁干扰影响。

6.7.6 浅滩受潮流冲刷标高不稳定时，可根据当地情况按表 1 所示留出适当长度，供日后运行中出现电缆外露时挖沟深埋时用。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

浅滩往往是石子多的区域，需按当地条件加以保护。

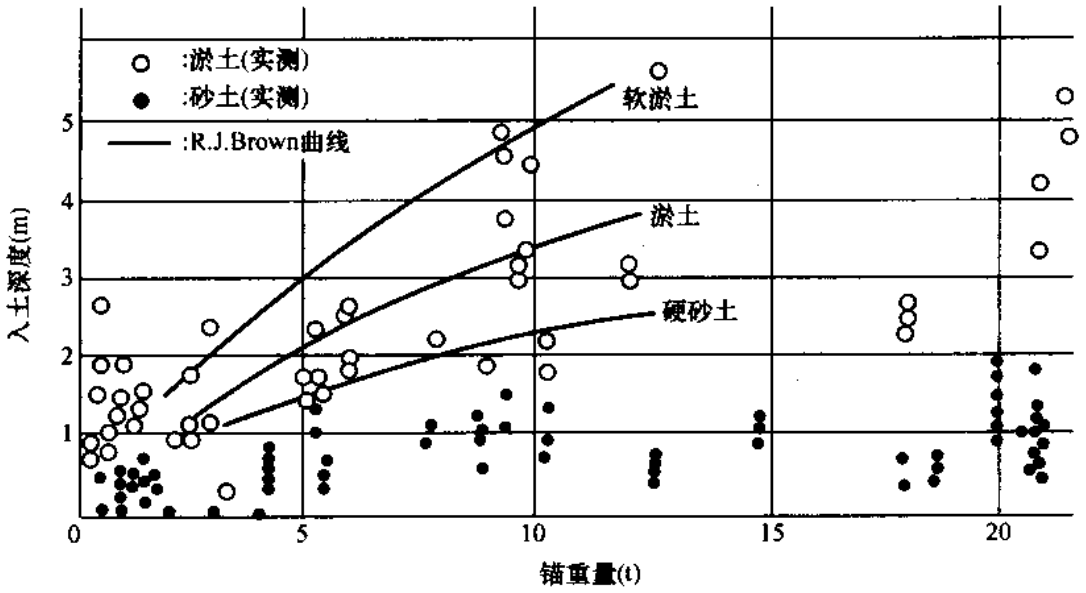


图 1　锚重量与入土深度

表 1　水下敷设电缆预留长度

敷设长度	预留长度/敷设长度（%）
1km 以下	7～10
1km～3km	5～7
3km 以上	3～5

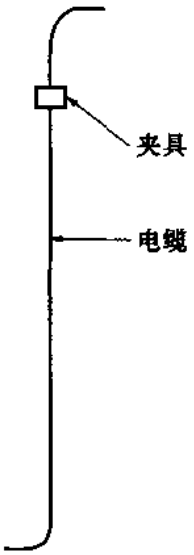
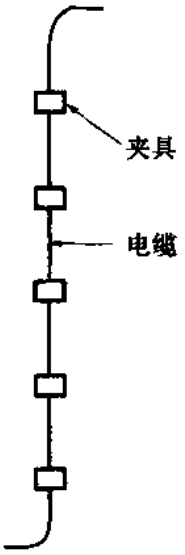
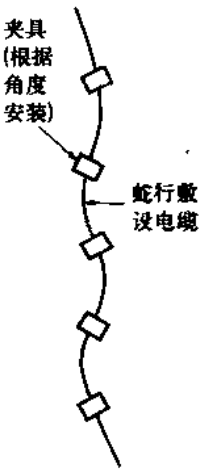
6.7.7　为保护防汛堤所规定的标高。

6.7.8　在水下电缆两端岸上按航标规范每岸设 4 块(两岸共 8 块)警告牌，以引起驾驶船舶人员注意，尽最大限度减少因船舶投锚损坏电缆。

6.8　垂　直　敷　设

6.8.1～6.8.2　按表 2 所示条件选择垂直敷设方式，计算电缆重量和伸缩量来决定固定夹具所需数量和安装位置，计算方法参照附录 D。

表 2　垂直敷设方式

敷设方式	直线敷设顶部一点固定方式	直线敷设多点固定方式	蛇行敷设多点固定方式
敷设图示			
适用场所	高差不大，电缆重量较轻，可采用顶部一点支持方式。电缆热伸缩由底部弯曲处吸收	电缆重量较重，但热伸缩轴向力不大每隔数米设一夹具能紧握电缆重量和热伸缩轴向力	热伸缩轴向力很大，用蛇行敷设来降低热伸缩轴向力

6.9　电缆登杆（塔）

不受高落差制约的交联电缆线路或附属设备较少的充油电缆线路，应优先考虑直接登杆（塔）方式。

6.10　电 缆 终 端 站

6.10.1　设置电缆终端站，一般应考虑如下事项：

1）条件：110kV 及以上的充油电缆线路，在附属设备（避雷器、供油设备如压力油箱）较多的情况下，难以在杆塔上或设平台安装时。

2）选址：终端站四周要设 2.5m 高的围墙，且应符合城市规划要求，与架空线连接的引下线与道路边线的水平距离应保持一定距离。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

7 电缆结构选择

7.1 一 般 规 定

7.1.1 我国 10kV～35kV 系统一般是中性点不接地或经消弧线圈接地，属非有效接地。当一相发生接地故障时，按规定还能在 8h 内不切断电源继续运行，但当一相发生接地故障时，健全两相对地电压即升高到线电压。过去有些工程仅按相对地选择电缆绝缘水平，因此在运行中当一相发生接地故障时，由于持续时间较长屡有发展至两相接地短路事故的情况。

7.1.2

1 交联聚乙烯绝缘电缆属干式绝缘类电缆，不存在绝缘油淌流干枯问题，因此不受高落差制约。绝缘性能稳定，且绝缘允许温度高，介质损耗小，国外已从 20 世纪 70 年代开始使用，我国也积累了 30 年左右运行经验，证实交联电缆可以取代传统的黏性油浸渍纸绝缘或自容式充油电缆。但随着使用电压等级的提高和敷设路径越来越长，所使用的 220kV 交联电缆特别是接头的造价要比充油电缆昂贵，且现场接头作业环境要求相当严格，为合理使用投资以及适应国内目前条件的需要，因此在条文中规定需通过技术经济比较后选用。

2 初期交联电缆制造工艺是采用 160N/cm^2～200N/cm^2 高温蒸汽交联工艺制造，经过了 2～3 年在电力系统通电运行后就频频发生绝缘击穿事故，究其原因就是在高温蒸汽交联过程绝缘层内混入了水分，投运后长期处于高电场作用，逐渐发展成树枝状老化而击穿。为此在国外已于 1970 年代中期就开始改用干式高温、高压交联工艺。现在是采用干式或辐射等高温、高压交联工艺制造高电压电力电缆，从而解决了水分混入绝缘层内的问题。

初期制造的交联电缆除有上述蒸汽交联问题外，绝缘层的内、外屏蔽是采用半导电带绕包的，因此在绝缘层界面就会形成空隙，长期在高电场作用下同样也会发展成树枝状而击穿。为消除界面空隙，国内、外电缆制造厂家曾经采用过半导电层与绝缘层共挤即两层共挤的制造工艺，虽然取得了一定效果，但仍然在绝缘屏蔽与绝缘层仍有界面空隙，最终发展成树枝状而击穿。为最大限度减少电缆击穿而导致停电事故，因此在本标准规定，凡属高压交联绝缘电缆都应选用干式交联、三层共挤制造工艺的电缆。

3 矿物油和烷基苯合成油其绝缘性能都是良好的，但矿物油长期在高电场和高温状态下与金属接触，特别是长期与铜接触会加速老化，而烷基苯合成油就没有这一缺点，因此国外凡电压220kV及以上的充油电缆都选用烷基苯绝缘油。

7.2 绝缘屏蔽、金属护套、铠装、外护套选择

7.2.1 为减小电压等级220kV及以上、输送容量大、导体截面大于1600mm^{2}的电缆对金属护套的损耗，鉴于国内的电缆制造厂家尚未开始生产不锈钢护套电缆，因之不作硬性规定。

7.2.2 敷设在隧道内、桥梁上以及对防火有特定要求场所的电缆，过去有的是在电缆外护套上绕包防火带或涂刷一层防火涂料作防火处理，这样做除了增加施工和日后运行维修工作量外，特别是防火涂料还会污染环境。

7.2.3 有白蚁危害的场所过去有的是沿电缆敷设路径撒布药剂，这些药剂含有毒性，随地下水流失而失效，同时还会对环境造成污染。防白蚁危害的方法有：①在外护套上再热挤塑一层约1mm厚的尼龙层；②在外护套热塑时掺入少量的狄氏剂、艾氏剂或氯母等。

7.2.5 为使电缆在寿命期间内安全运行免遭化学溶液或污染空气腐蚀而缩短寿命，在不同的污染环境下应选用不同的电缆外护套。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

7.3 电 缆 导 体

7.3.2 导体最小截面的选择取决于电缆绝缘材料的长期连续工作最高允许温度，以及在不大幅度缩短使用寿命的前提下通过短路电流最高允许温度和短时间过载时最高允许温度。导体最高允许温度各国的规定有差异，在已取得的经验和结合绝缘材料和电缆制造技术提高的基础上，并借鉴日本JCS-168标准，设定了10kV以上的电力电缆导体最高允许温度。

7.3.3 充油电缆最高允许温度与GB 50217—1994规定一致。使用低损耗或塑纸复合绝缘制造110kV～220kV电缆导体最高允许温度，我国尚无明确指标，为此暂不列入本规定。

对交联聚乙烯绝缘最高允许温度过去是按电压等级分成二种不同的最高允许温度。低于10kV（含10kV）为90℃，高于10kV为80℃。事实上，制造交联聚乙烯原料和分子结构都相同，为此规定凡属交联聚乙烯绝缘的电缆不论电压高低，统一规定最高允许温度为90℃。

7.3.5 当水下电缆由于某种原因损坏时，若在导体各股线之间的空隙没有阻水填充料时，水分将沿股线之间的空隙快速浸入电缆，甚至使整根电缆报废。

8 电缆附件选择

8.1 一 般 规 定

8.1.1 按 DL/T-401—2002《高压电缆选用导则》和我国机械行业标准 JB/T89—1996 定义，电力电缆及其附件的额定电压以 U_0/U（U_m）表示。其中，U_0 为电缆及附件设计所采用的导体对接地屏蔽或金属套间的工频电压，其值与系统相对地电压有关，但非相电压。在中性点有效接地系统，U_0 相当于系统相电压；在中性点非有效接地系统，U_0 则应高于系统相电压。在允许单相接地较长时间运行的中性点非有效接地系统，U_0 应取系统的线电压。

电力电缆标准规定，对电缆绝缘施加工频试验电压均以 U_0 的倍数表示。U_0 应按电力系统中性点接地方式和单相接地故障时非故障相电压升高，以及系统接地故障排除的时间合理选择。

8.3 电缆终端和接头的结构型式

8.3.1 GIS（SF_6）电缆终端是 GIS 组合电器进出电源的一种接口。按所接电缆型式不同，有充油电缆 SF_6 终端和交联聚乙烯电缆 SF_6 终端，其技术要求有所不同。高压充油电缆 SF_6 终端要求有严格防渗漏措施。

在充油电缆线路设计中，应选择“全密封”结构的 SF_6 终端，即应用浇铸在环氧树脂内的金属连接件（梅花式插座）与 GIS 连接，这种连接方式能把电缆油压与 GIS（SF_6）气压有效地隔绝，无需用油压高于气压的中油压充油电缆，可以用低油压的充油电缆与 GIS 连接，且其结构和现场安装工艺简便运行可靠，这是“全密封”的优点。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

8.4 电缆终端支架

8.4.1 电缆终端支架是电缆终端的支承装置。电缆终端端部的金属部件（含屏蔽罩），在不同相导体之间和各相导体对地之间的距离，要依赖于电缆终端支架。因此，必须对终端支架的高度、间距作出明确规定，同时终端支架必须具有对电缆终端及其临时荷重的承载能力，并有一定裕度。

表 8.4.1 室内、外配电装置的安全净距的数值，系引用 GBJ 149-1990《电气装置安装工程母线装置施工及验收规范》的规定。

8.5 过电压保护

8.5.1 当电缆线路 A 端接架空线时，根据脉冲波在电缆中的传播理论，脉冲波沿电缆长度方向各点电压是变化的。在电缆线路的 B 端要受到入射波与反射波的叠加作用。

脉冲波沿电缆长度传输、反射往返一次所用的时间为 $\tau_c = \frac{2L}{v}$。

式中，L 为电缆长度，v 为脉冲波在电缆中的传播速度。

当进入波 U_0 与 B 端的最大脉冲电压 $U_{(B)\,max}$ 相等时，其相应的电缆长度 L_0 称为脉冲波特性长度，或称为临界长度。

当电缆线路长度 $L<L_0$ 时，B 点的电压为入射波和多次反射波的叠加，可能高于进入波。为了安全起见，应当在 B 端加装避雷器保护。而当 $L>L_0$ 时，由于入射波、反射波波峰和波尾相叠加的原因，在电缆线路上可能受到的脉冲电压不会超过架空线上的最大脉冲电压，因此，只在 A 端装设避雷器即可。

9 自容式充油电缆供油系统设计

9.0.1 自容式充油电缆是靠带压力的绝缘油来填充或压缩绝缘纸间的空隙的。当油压低于允许值时，绝缘纸间的空隙增大，在此状态下如果把电缆投入运行，极容易发生局部放电甚至击穿。与此相反，如油压大于工作油压时，金属护套就要因长时间承受过大压力而疲劳甚至产生破裂。因此，供油装置的容量必须满足如下要求：电缆温度升高时能吸收来自线路的油量，电缆温度下降时能有足够的容量向线路补充油量，从而使电缆能保持在允许工作油压范围之内运行。

1 充油电缆线路允许最低油压值应取下列两种情况计算：

1）电缆线路中的相对标高最高部位是整个供油系统中工作油压最低部位。

2）供油系统的油压是随着电缆本体和环境温度的变化而变化的。温度越低，整个供油系统的油压值越低。因此允许最低工作油压值应取线路相对标高最高部位和冬季电缆处于停役状态时进行计算。

2 充油电缆线路允许最高油压值应取下列两种情况计算：

1）电缆线路中的相对标高最低部位是整个供油系统中工作油压最高部位。

2）供油系统的油压是随着电缆本体和环境温度的变化而变化的，温度越高，整个供油系统的油压值越高。因此允许最高工作油压值应取线路相对标高最低部位和夏季电缆处于满载状态时进行计算。

3 最大暂态油压升值出现于如下两个部位：

1）暂态油压是叠加于工作油压之上而出现的，因此电缆线路中的相对标高最低部位是工作油压最高部位，也

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

是暂态油压升的最高部位。

2）暂态油压升值与供油距离的平方成正比，距离越远，出现的油压升值越高。

因此最大暂态油压升值应取线路相对标高最低部位和距离最远部位计算。

4 最大暂态油压降值出现于如下两个部位：

1）电缆线路中的相对标高最高部位是工作油压最低部位。由于暂态油压降是从工作油压值的基础上开始出现，因此应按冬季电缆线路处于满载情况下突然被切断时来计算最大暂态油压降值。

2）暂态油压降与供油距离的平方成正比，距离越远处出现的暂态油压降也就越大，因此设计供油系统时应取线路相对标高最高和距供油系统最远的两个部位来计算最大暂态油压降值。

9.0.2 供油系统所需的裕油量取决于线路长度和当地道路交通等情况，但不宜少于20%。

9.0.3 当电缆线路发出“油压过低”或“油压过高”信号时便于判别。

2～3 利用高低差重力作用最大限度减少供油系统所需油量。

5 供油系统是电缆线路中的附属设备，其金属外壳应遵照国家颁布的DL/T 621—1997《交流电气装置的接地》实施接地。

9.0.4

1 简化管路、节省投资、便于维护。

2 便于更换其中一只的供油箱。

3 油管外覆层是加强其抗腐蚀，油管内径不得小于电缆本体油道内径，其目的在于减少油流的阻力。

4 油管绝缘接头的绝缘水平要大于电缆外护套的绝缘水平，并能长期承受1.7MPa的油压力。

10 电缆金属护套或屏蔽层接地方式

10.0.1

1 正常运行时的3芯电缆金属护套的感应电压几乎等于零，但在系统中发生短路时由于3相磁感应不平衡，就会在金属护套内出现很高的感应电压甚至将外护套绝缘击穿，因此3芯电缆的线路至少应在其两端实施直接接地。

3 在水底深处无法实施金属护套交叉互联。

10.0.2 单芯电缆的金属护套接地有如下要求：

1）电缆在满载运行状态下，金属护套的感应电压应满足第10.0.1条要求。

2）当系统发生故障时，在电缆金属护套上的感应电压不得超过电缆外护层对地的绝缘水平。

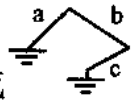
3）当系统发生故障时，能使故障电流流经电缆金属护套抵消或降低由电缆导体产生的磁场对临近弱电线路的干扰。

单芯电缆金属护套的接地方式，如10.0.2条中图10.0.2所示分为4种类型：

a）一端接地和中间一点接地方式：主要考虑电缆在满载运行状态下，在不接地的一端或中间接地方式的两端金属护套的感应电压不超过第10.0.1条规定值。由于金属护套的感应电压与电缆满载电流和线路长短成正比，因此一般都仅在截面小、距离仅为300m～500m之间的短线路使用。为确保系统发生故障时电缆外护层免遭击穿，因此要在一点接地方式和中间一点接地方式中的不接地部位设金属护套电压限制器。又由于在系统发生故障时，因故障电流不能通过电缆金属护

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

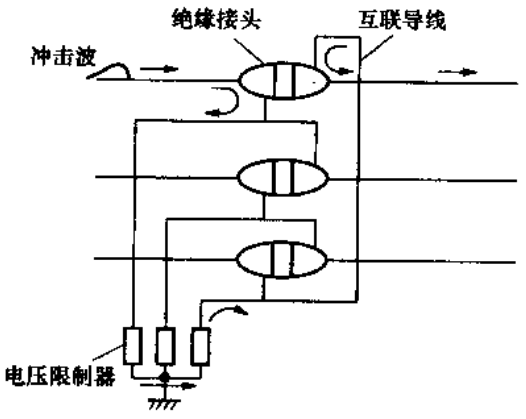
套来抵消或降低由电缆导体产生的磁场对临近弱电线路的干扰，为此在某些场合下还需沿电缆线路增加敷设 1 根回流线。

b）交叉互联接地方式适用于较长的电缆线路，且能把线路全长均匀地分割成 3 段或 3 的倍数段。使用绝缘接头（按 10.0.2 中图 10.0.2 所示）把电缆金属护套隔离，并使用互联导线把金属护套连接成 

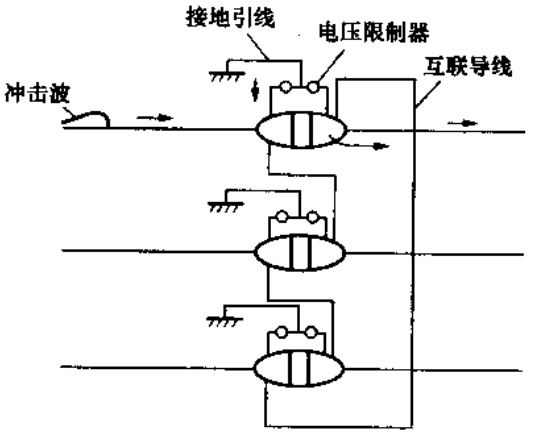
形后电缆线路在正常运行状态下流过 3 根单芯电缆金属护套的感应电流矢量和为零，即 $I=\dot{I}_a+\dot{I}_b+\dot{I}_c=0$，就能免除电缆负载能力受由流过金属护套的循环电流而发热影响。但当系统发生单相接地故障时，绝缘接头两端仍会出现很高的感应电压，为保护电缆外护层免遭击穿，因此需在绝缘接头部位设金属护套电压限制器。又由于在每个交叉互联段的两端是直接接地，当系统发生单相接地故障时，故障电流能通过电缆金属护套抵消或降低由电缆产生的磁场对周边弱电线路的干扰。

c）金属护套两端直接接地方式：因电缆线路在正常运行状态下，金属护套由循环电流流通而发热，影响电缆线路应有的负载能力，因此一般仅在 200m 以下的短线路或电缆负载能力十分富裕情况下才采用。而水下电缆线路因难以在水下增设接头而选用金属护套接地方式，所以水下电缆的金属护套一般都采用两端直接接地方式。

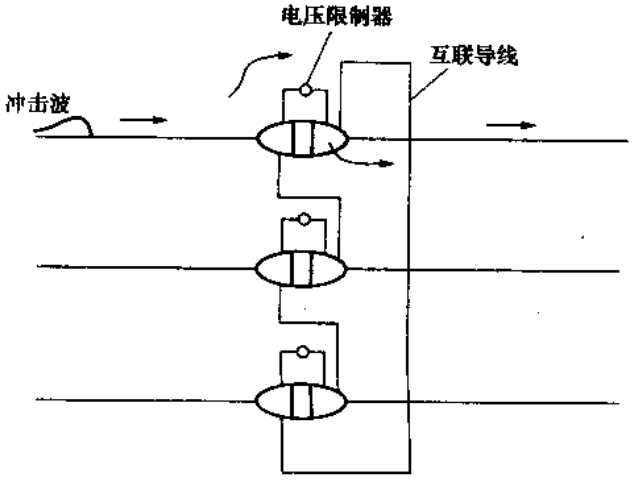
交叉互联在绝缘接头处设置金属护套电压限制器有如图 2 所示 3 种联结方式。



a)方式1, 电压限制器Y形联结接地



b)方式2, 电压限制器桥形联结接地



c)方式3, 电压限制器桥形联结不接地

图 2　金属护套电压限制器的联结方式

3 种联结方式的优缺点如表 3 所示。

表 3　3 种联结方式的优缺点

联结方式	优缺点
方式 1 电压限制器 Y 形联结接地	接线简单，3 相的电压限制器能集中装在一只箱子内，在线检测、更换方便，但冲击波侵入时有部分感应电流通过互联导线产生压降与阀片的残压迭加于绝缘接头的两端上。为降低其影响，因此互联导线应尽可能短或采用同轴电缆
方式 2 电压限制器桥形联结接地	冲击波侵入时在互联导线上产生的压降小于 Y 形联接方式。各相的电压限制器分别设在绝缘接头近旁，但接地引线较长，而且每只绝缘接头需用 2 只电压限制器

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

表 3（续）

联结方式	优缺点
方式 3 电压限制器桥形联结不接地	冲击波侵入时在互联导线上产生的压降小于 Y 形联结方式，各相的电压限制器可分别设在绝缘接头近旁，没有接地线且电压限制器每相设 1 只，但在系统短路时电压限制器两端的感应电压是上述两联结方式的 2 倍
注：国内外的电力电缆线路工程中多数是采用 Y 形联结经电压限制接地方式。	

1　路径较短的单芯电缆线路将其分割成 3 段采用交叉互联，如在技术上、经济上都不合适者，可采用单端接地另一端经金属护套电压限制器接地方式。但金属护套的感应电压必须符合本条文规定。

10.0.3　该类金属护层电压限制器是用氧化锌非线性电阻材料制造、组装而成的，属无放电间隙的过电压保护器，按本条文规定制造、组装的金属护层电压限制器，历经 20 多年运行经验证实能作为 110kV～220kV 单芯电缆金属护层电压限制器用。

11 电缆支架和夹具的选择

11.0.1 概括了基本使用性和安全、耐久性的原则要求。

11.0.2 使用非磁性铝合金夹具隔断磁环路，减少因单芯电缆而引起的涡流和磁滞损耗而导致电缆局部发热。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

12 电缆隧道工艺设计

12.1 一 般 要 求

12.1.1 地下设施随着城市发展而增多，为避免日后电缆隧道与城市规划管线或地面建筑发生矛盾改道带来巨额的经济损失，因此电缆隧道建设路径在设计阶段就应向城市总体规划提供信息，经城市规划部门认可后才能着手设计和施工建设。

12.1.2 容纳众多电缆的隧道是确保城市安全供电的重要环节，因此对隧道本体设计、电缆敷设设计以及投入运行后的管理各环节，都不允许有任何疏忽。

12.1.3 使隧道内渗漏水能自行流至集水坑内，及时向城市下水道排出。

12.1.4～12.1.5 隧道的进出口基于下列事项考虑：

1）换气自然通风主要考虑隧道内除臭，能经常保持与地面空气流通，工作人员进入隧道时可临时开启进、排风机，确保隧道内空气含氧量，不作为降温用。

2）隧道内超过 40℃的温度往往出现于夏季白天用电高峰时段，此时正是地面气温最高时刻，因此不能依靠送入地面空气来达到降低隧道内温度目的。因此国外多数采用水管冷却方式。

3）每隔 200m 左右设一进出口，既有利于在隧道用牵引机敷设电缆，又能因减少露出地面建筑面占用寸土如金的城市土地。

12.1.7 有利于作业人员通行。

12.1.8 平行最小间距的规定基于：

明挖施工：为防止泥土塌方打钢板桩所需最小间距。

暗挖施工：为防止泥土挤压而影响相邻的管线或构筑物安全所需最小间距。

交叉最小间距的规定基于：

明挖施工：为给其他管线交叉跨越预留空间。

暗挖施工：为防止泥土挤压影响构筑物安全和防止路面隆起或下沉。

12.3 电缆隧道内附属设施

12.3.1 考虑作业人员进入时同时开启照明、排风机和排水泵所需的用电量。

12.3.2

1 防范灯具受潮而短路，因之应采用防潮型灯具，并明确规定了在隧道内照度计算点的最小照度和平均照度。

2 为防范在隧道内的照明配线发生故障导致全隧道内失去照明的安全对策。

3 从机械强度考虑，照明配线用的塑料绝缘导线应为单股硬铜线，且截面不应小于 $1.5mm^2$。$1.5mm^2$ 的塑料绝缘导线工作电流为 14A，如不能满足照明负荷或降压要求者，则应选用大的导线截面。

12.3.3

1 渗入隧道内的水量取决于隧道接口施工质量，因此排水泵的容量在条文中未作规定，可待隧道建成或电缆敷设工程完工后选择排水泵容量。

2 隧道内含有泥沙的积水在集水坑经过沉淀后向城市下水道排放，是防止下水道淤塞的有效措施。为防止雨水或污水通过下水管向隧道倒灌，需在排水管的上端安装逆止阀。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

13 电缆防火设计

13.1 阻燃电缆选用

在电缆防火的重点部位应选用防火（阻燃）电缆。电缆防火的重点部位是指，电缆比较密集、电缆周围媒质是空气，当一根电缆因自身故障或外界火源被点燃时，可能引燃相邻电缆的场所，例如变配电站的电缆层、电缆沟、电缆桥架、电缆隧道和竖井等。

防火电缆是具有防火性能电缆的总称，它包括阻燃电缆和耐火电缆两类。阻燃电缆的特性是能阻滞、延缓火焰沿着其表面蔓延使火灾不扩大，其型号用 Z（Zuran）表示。耐火电缆的特性是在受到外部火焰以一定高温和时间作用的情况下，当施加额定电压时具有维持通电运行的功能，其型号以 N（Naihuo）表示。国产防火电缆有无卤（代号 W）、低卤（代号 D）和低烟（代号 D）等系列。其型号分别为：无卤低烟阻燃 WDZ，低卤低烟阻燃 DDZ，无卤低烟耐火 WDN，低卤低烟耐火 DDN 等。

13.2 防火封堵材料和用作电缆及接头表面阻燃处理的涂料及包带等耐火材料，必须具有合格的耐火性能，符合一定的耐火极限指标。材料自受火作用起到失去隔火作用的时间称为材料的耐火极限，电缆线路的耐火材料的耐火极限为 1h。

13.3.1 耐火槽盒和耐火隔板是以玻璃纤维为骨架，并以阻燃树脂或无机耐火材料压制而成的。耐火槽盒有捆扎式槽盒和整体式槽盒两种，前者是以钢质托架、耐火底板和盖板经捆扎组成。为适应电缆安装路径转角或倾斜位置，应设计各种特殊形状的槽盒经工厂加工制造。

电缆置于耐火槽盒中，有较可靠的窒息灭火和隔热效果。

13.3.3 固定灭火装置有湿式自动喷水灭火系统、水喷雾灭火系

统和气体灭火系统三种类型。

湿式自动喷水灭火系统是按适当间距和高度装置一定数量的喷头、自来水管道及报警控制装置的供水灭火系统。在非火灾情况下，管道内充满压力水，当发生火灾时，高温火焰或高温气流使定温的热敏元件动作开启喷头，使水流通过喷头实施自动灭火，同时，水流指示器在水的流动后送出电信号，启动水力警铃，发出火警信号。

水喷雾灭火系统由水雾喷头、管道系统、电磁阀、火灾探测器、报警控制装置、控制组件及供水设备组成。在非火灾情况下，水雾喷头与电磁阀之间的管道内是没有水的，当发生火灾时，火灾探测器感知到火灾信号，在发出报警的同时，输出控制信号启动电磁阀，使压力水经管道由水雾喷头形成雾状喷出，实施自动灭火。

气体灭火系统由若干只灭火剂罐、喷头、管路及启动控制装置组成，气体灭火系统的关键是选择合适的灭火剂。选用的灭火剂必须符合环境保护的规定。以前应用的卤代烷（即 1211、1301 灭火剂）根据环保要求将被禁止使用，应选用 CO_2 或其他新型灭火剂。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载