I'm not a robot

来源：金环宇电缆发布日期：2019-12-25 10:33 YJV【全称】交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆 YJV电缆线中“YJV”代表着什么意思。其中“YJ”代表着的是交联聚乙烯绝缘，“V”代表着聚氯乙烯护套。综上所述，YJV电缆的名称应该叫做交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆。 YJV电缆线产品有着相当卓越的热机械性能，优异的电气性能以及耐化学腐蚀性能。除了这些还有着结构简单，重量轻，敷设不受落差限制等等诸多优点。 【芯数】线规格型号进行分类，按芯数分类的话：一般可以被分为单芯、2芯、3芯、4芯、5芯、3+1、3+2、4+1、预分支电缆等等诸多种类 【规格】1.5平方到240平方不等 【用途】适用于室内、电缆沟、管道、隧道等，也可埋在松散的土壤中，不能承受外力作用，一般为电路传输的主干道，额定电压为电力线路输配电用 YJV电缆型号 YJV YJLV 交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆 敷设于室内，隧道、电缆沟及管道中，也可埋在松散的土壤中，电缆能承受一定的敷设牵引 YJV 22 YJLV 22 交联聚乙烯绝缘钢带铠装氯乙烯护套电力电缆 适用于室内、隧道、电缆沟及地下直埋敷设，电缆能承受机械外力作用，但不能承受大的拉力 YJV 32 YJLV 32 交联聚乙烯绝缘细钢丝铠装聚氯乙烯护套电力电缆 适用于高落差区，电缆能承受机械外力和相当的拉力 YJV电缆线的产品执行标准为：《GB/T12706.2-2008 额定电压 1KV (Um=1.2KV)到35KV(Um=1.2KV)挤包绝缘电力电缆及附件》和《IEC60502-2:2005 额定电压1～30KV挤包绝缘电力电缆及附件》。 YJV电缆的使用特性是 (1) 工频的额定UO/U为0.6/1KV; (2) 电缆线导体允许的长期最高工作温度为90℃; (3) 在短路的时候(最长持续时间不可以超过5秒)电缆导体的最高温度不可以超过250℃; (4) 电缆线在敷设的时候环境温度应该不会低于0℃; (5) 电缆线的弯曲半径：不能小于电缆外径的15倍。 上一篇：耐火电缆规格型号用N还是NH 下一篇：YVJ电缆型号规格图片介绍 物料规格描述规则1.电阻材质/名称+阻值+误差+功率+封装尺寸规定:阻值(Ω/KΩ/MΩ)+误差(±/+/-)+功率(分数/整数)2.电容材质/名称+容值+耐压+误差+封装尺寸+耐温规定:容值(PF/UF/NF)+耐压+误差(±/+/-)3.电池名称+材质+电压值+容量+尺寸4.电位器名称+材质+阻值/特性+电流+误差+功率+封装尺寸5.IC型号+封装+制造商(品牌)+供应商+备注(代表烧录)6.指示灯发光二极管:名称+封装尺寸+颜色+耐压特性(因指示灯的范围较广,包括发光二极管,灯泡等等,所以我们将发光二极管做单独一项来说明)7.PCB开发部:型号+名称+文控编号工程部:型号+名称+颜色+材质+厚度+版本8.晶体管型号+名称+耐压+封装+放大倍数9.显示屏型号名称10.保险管型号+名称+耐压电流+特性+封装尺寸+材质11.振荡器型号+名称+材质+频率+误差+负载电容+封装尺寸12.跳线材质+尺寸13.螺丝规格尺寸+名称+表面处理(按国标申请)14.接插件名称+规格尺寸+材质15.电池接触片型号+名称+材质+表面处理16.马达名称+规格尺寸+偏心轮规格尺寸+品牌17.弹簧外径+长度+线径+圈数+旋向+表面处理18.塑胶开发一部:型号+名称+材料+颜色+文控编号(将上下(左右)壳分开申请编号)开发二部:型号+名称+材质+颜色+丝印喷油要求+净重+备注19.线材(包括引线/AC线/DC线/主插头线/漆包线/绝缘线)引线:型号+名称+规格+特性要求AC线(DC线/排线)型号+名称+特性要求漆包线(绝缘线)名称+直径+耐温等级+颜色20.套管尺寸规格+名称+耐温+颜色+安规要求21.泡沫型号+名称+泡沫名称或规格22.彩盒型号+名称+彩盒名称或规格23.标贴型号+名称+标贴名称或规格24.彩卡型号+名称+彩卡名称或规格25.卡通箱型号+名称+卡通箱名称或规格26.吸塑型号+名称+吸塑名称或规格27.说明书型号+名称+说明书名称或规格28.贴纸型号+名称+贴纸名称或规格29.胶袋型号+名称+胶袋名称或规格30.塑料名称牌号+防火等级31.半成品产品名称32.成品产品名称 上传于：2023-07-18 粉丝量：29 格式：XLS 页数：4 上传日期：2023-07-18 23:26:07 浏览次数：74 500积分 用阅读器打开 加入阅读清单 全文阅读已结束，下载本文需要使用

中华人民共和国国家标准 电力工程电缆设计标准 Standard for design of cables of electric power engineering GB 50217-2018 主编部门：中国电力企业联合会 批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部 施行日期：2018年9月1日 中华人民共和国住房和城乡建设部公告 第1827号 住房城乡建设部关于发布国家标准《电力工程电缆设计标准》的公告 现批准《电力工程电缆设计标准》为国家标准，编号为GB 50217-2018，自2018年9月1日起实施。其中，第5．1．9条为强制性条文，必须严格执行。原国家标准《电力工程电缆设计规范》GB 50217-2007同时废止。 本标准在住房城乡建设部门户网站(www．mohurd．gov．cn)公开，并由住房城乡建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。 中华人民共和国住房和城乡建设部 2018年2月8日 前言 本标准是根据住房城乡建设部《关于印发的通知》(建标[2014]189号)的要求，由中国电力企业联合会和中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司会同有关单位对《电力工程电缆设计规范》GB 50217-2007修订而成的。 本标准共分7章和8个附录，主要技术内容是：总则、术语、电缆型式与截面选择、电缆附件及附属设备的选择与配置、电缆敷设、电缆的支持与固定、电缆防火与阻止延燃等。 本标准修订的主要技术内容是： (1)修改了本标准的适用范围； (2)增加了核电厂常规岛及与生产有关的附属设施电缆敷设的有关规定； (3)修改了铜导体电缆、铝导体电缆的选用范围，增加了铝合金导体电缆的选用范围； (4)修改了交联聚乙烯绝缘电缆采用内、外半导电屏蔽层与绝缘层三层共挤工艺适用范围； (5)增加了1kV及以下电源中性点直接接地系统中，未配出中性导体或回路不需要中性导体引至受电设备时电缆芯数选择的规定； (6)增加了移动式电气设备电缆芯数的选择要求； (7)修改了10kV及以下的电力电缆经济电流截面选择计算公式，给出了部分绝缘类型电缆经济电流曲线； (8)增加了熔断器回路电缆最小热稳定截面校验的规定； (9)增加了计算电力电缆最大短路电流的短路点选择的规定； (10)修改了电力电缆金属屏蔽层有效截面计算用的最高温度取值； (11)修改了护层电压限制器工频感应过电压耐受时间。 本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。 本标准由住房城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中国电力企业联合会标准化管理中心负责日常管理，由中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，注意积累资料，随时将意见和建议反馈给中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司(地址：四川省成都市东风路18号，邮政编码：610021)，以供今后修订时参考。 本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人： 主编单位：中国电力企业联合会 中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司 参编单位：中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司 中广核工程有限公司 喜利得(中国)有限公司 中国能源建设集团新疆电力设计院有限公司 主要起草人：李国荣 胡振兴 彭勇 唐俊 王喆 杨东 齐春 杨毅伟 丁唯 乔楠 罗晓康 翟长春 李翔 李论涛 主要审查人：李淑芳 徐剑浩 杜小军 姚雯 张欢畅 王宗景 庞芝碧 叶凌 李标 周桂华 胡吉磊 罗志刚 丁杰 张振鹏 聂涛 廖宇 孔志达 王志强 1 总 则 1．0．1 为使电力工程电缆设计做到技术先进、经济合理、安全适用、便于施工和维护，制定本标准。 1．0．2 本标准适用于发电、输变电、配用电等新建、扩建、改建的电力工程中500kV及以下电力电缆和控制电缆的选择与敷设设计。 本标准不适用于下列环境：矿井井下；制造、适用或贮存火药、炸药和起爆药、引信及火工品生产等的环境；水、陆、空交通运输工具；核电厂核岛部分。 1．0．3 电力工程电缆设计除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。 2 术 语 2．0．1 阻燃电缆 flame retardant cables 具有规定的阻燃性能(如阻燃特性、烟密度、烟气毒性、耐腐蚀性)的电缆。 2．0．2 耐火电缆 fire resistive cables 具有规定的耐火性能(如线路完整性、烟密度、烟气毒性、耐腐蚀性)的电缆。 2．0．3 金属塑料复合阻水层 metallic-plastic composite water barrier 由铝或铅箔等薄金属套夹于塑料层中特制的复合带沿电缆纵向包围构成的阻水层。 2．0．4 热阻 thermal resistance 计算电缆载流量采取热网分析法，以一维散热过程的热欧姆法则所定义的物理量。 2．0．5 回流线 auxiliary ground wire 配置平行于高压交流单芯电力电缆线路、以两端接地使感应电流形成回路的导线。 2．0．6 直埋敷设 direct burying 电缆敷设入地下壕沟中沿沟底铺有垫层和电缆上铺有覆盖层，且加设保护板再埋齐地坪的敷设方式。 2．0．7 浅槽 channel 容纳电缆数量较少、未含支架的有盖槽式构筑物。 2．0．8 工作井 manhole 专用于安置电缆接头等附件或供牵拉电缆作业所需的有盖坑式电缆构筑物。 2．0．9 电缆构筑物 cable building 专供敷设电缆或安置附件的电缆沟、浅槽、排管、隧道、夹层、竖(斜)井和工作井等构筑物的统称。 2．0．10 挠性固定 slip fixing 使电缆随热胀冷缩可沿固定处轴向角度变化或稍有横向移动的固定方式。 2．0．11 刚性固定 rigid fixing 使电缆不随热胀冷缩发生位移的夹紧固定方式。 2．0．12 电缆蛇形敷设 snaking of cable 按定量参数要求减小电缆轴向热应力或有助自由伸缩量增大而使电缆呈蛇形状的敷设方式。 3 电缆型式与截面选择 3．1 电力电缆导体材质 3．1．1 用于下列情况的电力电缆，应采用铜导体： 1 电机励磁、重要电源、移动式电气设备等需保持连接具有高可靠性的回路； 2 振动场所、有爆炸危险或对铝有腐蚀等工作环境； 3 耐火电缆； 4 紧靠高温设备布置； 5 人员密集场所； 6 核电厂常规岛及与生产有关的附属设施。 3．1．2 除限于产品仅有铜导体和本标准第3．1．1条确定应选用铜导体外，电缆导体材质可选用铜导体、铝或铝合金导体。电压等级1kV以上的电缆不宜选用铝合金导体。 3．1．3 电缆导体结构和性能参数应符合现行国家标准《电工铜圆线》GB／T 3953、《电工圆铝线》GB／T 3955、《电缆的导体》GB／T 3956、《电缆导体用铝合金线》GB／T 30552等的规定。 3 电缆型式与截面选择 3．1 电力电缆导体材质 3．1．1 用于下列情况的电力电缆，应采用铜导体： 1 电机励磁、重要电源、移动式电气设备等需保持连接具有高可靠性的回路； 2 振动场所、有爆炸危险或对铝有腐蚀等工作环境； 3 耐火电缆； 4 紧靠高温设备布置； 5 人员密集场所； 6 核电厂常规岛及与生产有关的附属设施。 3．1．2 除限于产品仅有铜导体和本标准第3．1．1条确定应选用铜导体外，电缆导体材质可选用铜导体、铝或铝合金导体。电压等级1kV以上的电缆不宜选用铝合金导体。 3．1．3 电缆导体结构和性能参数应符合现行国家标准《电工铜圆线》GB／T 3953、《电工圆铝线》GB／T 3955、《电缆的导体》GB／T 3956、《电缆导体用铝合金线》GB／T 30552等的规定。 3．2 电力电缆绝缘水平 3．2．1 交流系统中电力电缆导体的相间额定电压不得低于使用回路的工作线电压。 3．2．2 交流系统中电力电缆导体与绝缘屏蔽或金属套之间额定电压选择应符合下列规定： 1 中性点直接接地或经低电阻接地系统，接地保护动作不超过1min切除故障时，不应低于100％的使用回路工作相电压； 2 对于单相接地故障可能超过1min的供电系统，不宜低于133％的使用回路工作相电压；在单相接地故障可能持续8h以上，或发电机回路等安全性要求较高时，宜采用173％的使用回路工作相电压。 3．2．3 交流系统中电缆的耐压水平应满足系统绝缘配合的要求。 3．2．4 直流输电电缆绝缘水平应能承受极性反向、直流与冲击叠加等的耐压考核；交联聚乙烯绝缘电缆应具有抑制空间电荷积聚及其形成局部高场强等适应直流电场运行的特性。 3．3 电力电缆绝缘类型 3．3．1 电力电缆绝缘类型选择应符合下列规定： 1 在符合工作电压、工作电流及其特征和环境条件下，电缆绝缘寿命不应小于预期使用寿命； 2 应根据运行可靠性、施工和维护方便性以及最高允许工作温度与造价等因素选择； 3 应符合电缆耐火与阻燃的要求； 4 应符合环境保护的要求。 3．3．2 常用电力电缆的绝缘类型选择应符合下列规定： 1 低压电缆宜选用交联聚乙烯或聚氯乙烯挤塑绝缘类型，当环境保护有要求时，不得选用聚氯乙烯绝缘电缆； 2 高压交流电缆宜选用交联聚乙烯绝缘类型，也可选用自容式充油电缆； 3 500kV交流海底电缆线路可选用自容式充油电缆或交联聚乙烯绝缘电缆； 4 高压直流输电电缆可选用不滴流浸渍纸绝缘、自容式充油类型和适用高压直流电缆的交联聚乙烯绝缘类型，不宜选用普通交联聚乙烯绝缘类型。 3．3．3 移动式电气设备等经常弯曲移动或有较高柔软性要求的回路应选用橡皮绝缘等电缆。 3．3．4 放射线作用场所应按绝缘类型要求，选用交联聚乙烯或乙丙橡皮绝缘等耐射线辐照强度的电缆。 3．3．5 60℃以上高温场所应按经受高温及其持续时间和绝缘类型要求，选用耐热聚氯乙烯、交联聚乙烯或乙丙橡皮绝缘等耐热型电缆；100℃以上高温环境宜选用矿物绝缘电缆。高温场所不宜选用普通聚氯乙烯绝缘电缆。 3．3．6 年最低温度在—15℃以下应按低温条件和绝缘类型要求，选用交联聚乙烯、聚乙烯、耐寒橡皮绝缘电缆。低温环境不宜选用聚氯乙烯绝缘电缆。 3．3．7 在人员密集场所或有低毒性要求的场所，应选用交联聚乙烯或乙丙橡皮等无卤绝缘电缆，不应选用聚氯乙烯绝缘电缆。 3．3．8 对6kV及以上的交联聚乙烯绝缘电缆，应选用内、外半导电屏蔽层与绝缘层三层共挤工艺特征的型式。 3．3．9 核电厂应选用交联聚乙烯或乙丙橡皮等低烟、无卤绝缘电缆。 3．3．10 敷设在核电厂常规岛及与生产有关的附属设施内的核安全级(1E级)电缆绝缘，应符合现行国家标准《核电站用1E级电缆 通用要求》GB／T 22577的有关规定。 3．4 电力电缆护层类型 3．4．1 电力电缆护层选择应符合下列规定： 1 交流系统单芯电力电缆，当需要增强电缆抗外力时，应选用非磁性金属铠装层，不得选用未经非磁性有效处理的钢制铠装； 2 在潮湿、含化学腐蚀环境或易受水浸泡的电缆，其金属套、加强层、铠装上应有聚乙烯外护层，水中电缆的粗钢丝铠装应有挤塑外护层； 3 在人员密集场所或有低毒性要求的场所，应选用聚乙烯或乙丙橡皮等无卤外护层，不应选用聚氯乙烯外护层； 4 核电厂用电缆应选用聚烯烃类低烟、无卤外护层； 5 除年最低温度在—15℃以下低温环境或药用化学液体浸泡场所，以及有低毒性要求的电缆挤塑外护层宜选用聚乙烯等低烟、无卤材料外，其他可选用聚氯乙烯外护层； 6 用在有水或化学液体浸泡场所的3kV～35kV重要回路或35kV以上的交联聚乙烯绝缘电缆，应具有符合使用要求的金属塑料复合阻水层、金属套等径向防水构造；海底电缆宜选用铅护套，也可选用铜护套作为径向防水措施； 7 外护套材料应与电缆最高允许工作温度相适应； 8 应符合电缆耐火与阻燃的要求。 3．4．2 自容式充油电缆加强层类型，当线路未设置塞止式接头时，最高与最低点之间高差应符合下列规定： 1 仅有铜带等径向加强层时，允许高差应为40m；当用于重要回路时，宜为30m； 2 径向和纵向均有铜带等加强层时，允许高差应为80m；当用于重要回路时，宜为60m。 3．4．3 直埋敷设时，电缆护层选择应符合下列规定： 1 电缆承受较大压力或有机械损伤危险时，应具有加强层或钢带铠装； 2 在流砂层、回填土地带等可能出现位移的土壤中，电缆应具有钢丝铠装； 3 白蚁严重危害地区用的挤塑电缆，应选用较高硬度的外护层，也可在普通外护层上挤包较高硬度的薄外护层，其材质可采用尼龙或特种聚烯烃共聚物等，也可采用金属套或钢带铠装； 4 除本条第1款～第3款规定的情况外，可选用不含铠装的外护层； 5 地下水位较高的地区，应选用聚乙烯外护层； 6 35kV以上高压交联聚乙烯绝缘电缆应具有防水结构。 3．4．4 空气中固定敷设时，电缆护层选择应符合下列规定： 1 在地下客运、商业设施等安全性要求高且鼠害严重的场所，塑料绝缘电缆应具有金属包带或钢带铠装； 2 电缆位于高落差的受力条件时，多芯电缆宜具有钢丝铠装，交流单芯电缆应符合本标准第3．4．1条第1款的规定； 3 敷设在桥架等支承较密集的电缆可不需要铠装； 4 当环境保护有要求时，不得采用聚氯乙烯外护层； 5 除应按本标准第3．4．1条第3款～第5款和本条第4款的规定，以及60℃以上高温场所应选用聚乙烯等耐热外护层的电缆外，其他宜选用聚氯乙烯外护层。 3．4．5 移动式电气设备等经常弯曲移动或有较高柔软性要求回路的电缆，应选用橡皮外护层。 3．4．6 放射线作用场所的电缆应具有适合耐受放射线辐照强度的聚氯乙烯、氯丁橡皮、氯磺化聚乙烯等外护层。 3．4．7 保护管中敷设的电缆应具有挤塑外护层。 3．4．8 水下敷设时，电缆护层选择应符合下列规定： 1 在沟渠、不通航小河等不需铠装层承受拉力的电缆可选用钢带铠装； 2 在江河、湖海中敷设的电缆，选用的钢丝铠装型式应满足受力条件；当敷设条件有机械损伤等防护要求时，可选用符合防护、耐蚀性增强要求的外护层； 3 海底电缆宜采用耐腐蚀性好的镀锌钢丝、不锈钢丝或铜铠装，不宜采用铝铠装。 3．4．9 路径通过不同敷设条件时，电缆护层选择宜符合下列规定： 1 线路总长度未超过电缆制造长度时，宜选用满足全线条件的同一种或差别小的一种以上型式； 2 线路总长度超过电缆制造长度时，可按相应区段分别选用不同型式。 3．4．10 敷设在核电厂常规岛及与生产有关的附属设施内的核安全级(1E级)电缆外护层，应符合现行国家标准《核电站用1E级电缆 通用要求》GB／T 22577的有关规定。 3．4．11 核电厂1kV以上电力电缆屏蔽设置要求应符合现行行业标准《核电厂电缆系统设计及安装准则》EJ／T 649的有关规定。 3．5 电力电缆芯数 3．5．1 1kV及以下电源中性点直接接地时，三相回路的电缆芯数选择应符合下列规定： 1 保护导体与受电设备的外露可导电部位连接接地时，应符合下列规定： 1)TN-C系统，保护导体与中性导体合用同一导体时，应选用4芯电缆； 2)TN-S系统，保护导体与中性导体各自独立时，宜选用5芯电缆；当满足本标准第5．1．16条的规定时，也可采用4芯电缆与另外紧靠相导体敷设的保护导体组成； 3)TN-S系统，未配出中性导体或回路不需要中性导体引至受电设备时，宜选用4芯电缆；当满足本标准第5．1．16条的规定时，也可采用3芯电缆与另外紧靠相导体敷设的保护导体组成。 2 TT系统，受电设备外露可导电部位的保护接地与电源系统中性点接地各自独立时，应选用4芯电缆；未配出中性导体或回路不需要中性导体引至受电设备时，宜选用3芯电缆。 3 TN系统，受电设备外露可导电部位可靠连接至分布在全厂、站内公用接地网时，固定安装且不需要中性导体的电动机等电气设备宜选用3芯电缆。 4 当相导体截面大于240mm2时，可选用单芯电缆，其回路的中性导体和保护导体的截面应符合本标准第3．6．9条和第3．6．10条的规定。 3．5．2 1kV及以下电源中性点直接接地时，单相回路的电缆芯数选择应符合下列规定： 1 保护导体与受电设备的外露可导电部位连接接地时，应符合下列规定： 1)TN-C系统，保护导体与中性导体合用同一导体时，应选用2芯电缆； 2)TN-S系统，保护导体与中性导体各自独立时，宜选用3芯电缆；当满足本标准第5．1．16条的规定时，也可采用2芯电缆与另外紧靠相导体敷设的保护导体组成。 2 TT系统，受电设备外露可导电部位的保护接地与电源系统中性点接地各自独立时，应选用2芯电缆。 3 TN系统，受电设备外露可导电部位可靠连接至分布在全厂、站内公用接地网时，固定安装的电气设备宜选用2芯电缆。 3．5．3 3kV～35kV三相供电回路的电缆芯数选择应符合下列规定： 1 工作电流较大的回路或电缆敷设于水下时，可选用单芯电缆； 2 除本条第1款规定的情况外，应选用3芯电缆；3芯电缆可选用普通统包型，也可选用3根单芯电缆绞合构造型。 3．5．4 110kV三相供电回路，除敷设于水下时可选用3芯外，宜选用单芯电缆。110kV以上三相供电回路宜选用单芯电缆。 3．5．5 移动式电气设备的单相电源电缆应选用3芯软橡胶电缆，三相三线制电源电缆应选用4芯软橡胶电缆，三相四线制电源电缆应选用5芯软橡胶电缆。 3．5．6 直流供电回路的电缆芯数选择应符合下列规定： 1 低压直流电源系统宜选用2芯电缆，也可选用单芯电缆；蓄电池组引出线为电缆时，宜选用单芯电缆，也可采用多芯电缆并联作为一极使用，蓄电池电缆的正极和负极不应共用1根电缆； 2 高压直流输电系统宜选用单芯电缆，在水下敷设时，也可选用2芯电缆。 3．6 电力电缆导体截面 3．6．1 电力电缆导体截面选择应符合下列规定： 1 最大工作电流作用下的电缆导体温度不得超过电缆绝缘最高允许值，持续工作回路的电缆导体工作温度应符合本标准附录A的规定； 2 最大短路电流和短路时间作用下的电缆导体温度应符合本标准附录A的规定； 3 最大工作电流作用下，连接回路的电压降不得超过该回路允许值； 4 10kV及以下电力电缆截面除应符合本条第1款～第3款的要求外，尚宜按电缆的初始投资与使用寿命期间的运行费用综合经济的原则选择；10kV及以下电力电缆经济电流截面选用方法和经济电流密度曲线宜符合本标准附录B的规定； 5 多芯电力电缆导体最小截面，铜导体不宜小于2．5mm2，铝导体不宜小于4mm2； 6 敷设于水下的电缆，当需导体承受拉力且较合理时，可按抗拉要求选择截面； 7 长距离电力电缆导体截面还应综合考虑输送的有功功率、电缆长度、高压并联电抗器补偿等因素确定。 3．6．2 10kV及以下常用电缆按100％持续工作电流确定电缆导体允许最小截面时，应符合本标准附录C和附录D的规定，其载流量应按敷设方式的影响，并按照下列主要使用条件差异影响计入校正系数： 1 环境温度差异； 2 直埋敷设时土壤热阻系数差异； 3 电缆多根并列的影响； 4 户外架空敷设无遮阳时的日照影响。 经校正后电缆载流量实际允许值应大于回路的工作电流。 3．6．3 除本标准第3．6．2条规定外，按100％持续工作电流确定电缆导体允许最小截面时，应经计算或测试验证，并应符合下列规定： 1 含有高次谐波负荷的供电回路电缆或中频负荷回路使用的非同轴电缆，应计入集肤效应和邻近效应增大等附加发热的影响； 2 交叉互联接地的高压交流单芯电力电缆，单元系统中三个区段不等长时，应计入金属套的附加损耗发热的影响； 3 敷设于保护管中的电缆应计入热阻影响，排管中不同孔位的电缆还应分别计入互热因素的影响； 4 敷设于耐火电缆槽盒中的电缆应计入包含该型材质及其盒体厚度、尺寸等因素对热阻增大的影响； 5 施加在电缆上的防火涂料、阻火包带等覆盖层厚度大于1．5mm时，应计入其热阻影响； 6 电缆沟内电缆埋砂且无经常性水分补充时，应按砂质情况选取大于2．0K·m／W的热阻系数计入电缆热阻增大的影响； 7 35kV及以上电缆载流量宜根据电缆使用环境条件，按现行行业标准《电缆载流量计算》JB／T 10181的规定计算。 3．6．4 电缆导体工作温度大于70℃的电缆，持续允许载流量计算应符合下列规定： 1 数量较多的该类电缆敷设于未装机械通风的隧道、竖井时，应计入对环境温升的影响； 2 电缆直埋敷设在干燥或潮湿土壤中，除实施换土处理能避免水分迁移的情况外，土壤热阻系数取值不宜小于2．0K·m／W。 3．6．5 电缆持续允许载流量的环境温度应按使用地区的气象温度多年平均值确定，并应符合表3．6．5的规定。 表3．6．5 电缆持续允许载流量的环境温度 注：*当属于本标准第3．6．4条第1款的情况时，不能直接采取仅加5℃。 3．6．6 通过不同散热区段的电缆导体截面选择，宜符合下列规定： 1 回路总长度未超过电缆制造长度时，宜符合下列规定： 1)重要回路，全长宜按其中散热最差区段条件选择同一截面； 2)非重要回路，可对大于10m区段散热条件按段选择截面，但每回路不宜多于3种规格； 3)水下电缆敷设有机械强度要求需增大截面时，回路全长可选同一截面。 2 回路总长度超过电缆制造长度时，宜按区段选择电缆导体截面。 3．6．7 对非熔断器保护回路，应按满足短路热稳定条件确定电缆导体允许最小截面，并应按照本标准附录E的规定计算。对熔断器保护的下列低压回路，可不校验电缆最小热稳定截面： 1 用限流熔断器或额定电流为60A以下的熔断器保护回路； 2 熔断体的额定电流不大于电缆额定载流量的2．5倍，且回路末端最小短路电流大于熔断体额定电流的5倍时。 3．6．8 选择短路电流计算条件应符合下列规定： 1 计算用系统接线应采用正常运行方式，且宜按工程建成后5年～10年发展规划。 2 短路点应选取在通过电缆回路最大短路电流可能发生处。对单电源回路，短路点宜符合下列规定： 1)对无电缆中间接头的回路，宜取在电缆末端，当电缆长度未超过200m时，也可取在电缆首端； 2)当电缆线路较长且有中间接头时，宜取在电缆线路第一个接头处。 3 宜按三相短路和单相接地短路计算，取其最大值。 4 当1kV及以下供电回路装有限流作用的保护电器时，该回路宜按限流后最大短路电流值校验。 5 短路电流的作用时间应取保护动作时间与断路器开断时间之和。对电动机、低压变压器等直馈线，保护动作时间应取主保护时间；对其他情况，宜取后备保护时间。 3．6．9 1kV及以下电源中性点直接接地时，三相四线制系统的电缆中性导体或保护接地中性导体截面不得小于按线路最大不平衡电流持续工作所需最小截面；有谐波电流影响的回路，应符合下列规定： 1 气体放电灯为主要负荷的回路，中性导体截面不宜小于相导体截面。 2 存在高次谐波电流时，计算中性导体的电流应计入谐波电流的效应。当中性导体电流大于相导体电流时，电缆相导体截面应按中性导体电流选择。当三相平衡系统中存在谐波，4芯或5芯电缆内中性导体与相导体材料相同和截面相等时，电缆载流量的降低系数应按表3．6．9的规定确定。 表3．6．9 电缆载流量的降低系数 注：1 当预计有显著(大于10%)的9次、12次等高次谐波存在时，可用一个较少的降低系数； 2 当在相与相之间存在大于50%的不平衡电流时，可用更小的降低系数。 3 除本条第1款、第2款规定的情况外，中性导体截面不宜小于50%的相导体截面。 3．6．10 1kV及以下电源中性点直接接地时，配置中性导体、保护接地中性导体或保护导体系统的电缆导体截面选择，应符合下列规定： 1 中性导体、保护接地中性导体截面应符合本标准第3．6．9条的规定。配电干线采用单芯电缆作保护接地中性导体时，导体截面应符合下列规定： 1)铜导体，不应小于10mm2； 2)铝导体，不应小于16mm2。 2 采用多芯电缆的干线，其中性导体和保护导体合一的铜导体截面不应小于2．5mm2。 3 保护导体截面应满足回路保护电器可靠动作的要求，并应符合表3．6．10-1的规定。 表3．6．10-1 按热稳定要求的保护导体允许最小截面(mm2) 注：S为电缆相导体截面。 4 电缆外的保护导体或不与电缆相导体共处于同一外护物的保护导体最小截面应符合表3．6．10-2的规定。 表3．6．10-2 保护导体允许最小截面(mm2) 3．6．11 交流供电回路由多根电缆并联组成时，各电缆宜等长，敷设方式宜一致，并应采用相同材质、相同截面的导体；具有金属套的电缆，金属材质和构造截面也应相同。 3．6．12 电力电缆金属屏蔽层的有效截面应满足在可能的短路电流作用下最高温度不超过外护层的短路最高允许温度。 3．6．13 敷设于水下的高压交联聚乙烯绝缘电缆应具有纵向阻水构造。 3．7 控制电缆及其金属屏蔽 3．7．1 控制电缆应采用铜导体。 3．7．2 控制电缆的额定电压不得低于所接回路的工作电压，宜选用450／750V。 3．7．3 控制电缆的绝缘类型和护层类型选择应符合敷设环境条件和环境保护的要求，并应符合本标准第3．3节和第3．4节的有关规定。 3．7．4 控制电缆芯数选择应符合下列规定： 1 控制、信号电缆应选用多芯电缆。当芯线截面为1．5mm2和2．5mm2时，电缆芯数不宜超过24芯。当芯线截面为4mm2和6mm2时，电缆芯数不宜超过10芯。 2 控制电缆宜留有备用芯线。备用芯线宜结合电缆长度、芯线截面及电缆敷设条件等因素综合考虑。 3 下列情况的回路，相互间不应合用同一根控制电缆： 1)交流电流和交流电压回路、交流和直流回路、强电和弱电回路； 2)低电平信号与高电平信号回路； 3)交流断路器双套跳闸线圈的控制回路以及分相操作的各相弱电控制回路。 4)由配电装置至继电器室的同一电压互感器的星形接线和开口三角形接线回路。 4 弱电回路的每一对往返导线应置于同一根控制电缆。 5 来自同一电流互感器二次绕组的三相导体及其中性导体应置于同一根控制电缆。 6 来自同一电压互感器星形接线二次绕组的三相导体及其中性导体应置于同一根控制电缆。来自同一电压互感器开口三角形接线二次绕组的2(或3)根导体应置于同一根控制电缆。 3．7．5 控制电缆截面选择应符合下列规定： 1 保护装置电流回路截面应使电流互感器误差不超过规定值； 2 继电保护及自动装置电压回路截面应按最大负荷时电缆的电压降不超过额定二次电压的3%； 3 控制回路截面应按保护最大负荷时控制电源母线至被控设备间连接电缆的电压降不应超过额定二次电压的10%； 4 强电控制回路截面不应小于1．5mm2，弱电控制回路截面不应小于0．5mm2； 5 测量回路电缆截面应符合现行国家标准《电力装置的电测量仪表装置设计规范》GB／T 50063的规定。3．7．6 控制电缆金属屏蔽选择应符合下列规定： 1 强电回路控制电缆，除位于高压配电装置或与高压电缆紧邻并行较长需抑制干扰外，可不含金属屏蔽； 2 弱电信号、控制回路的控制电缆，当位于存在干扰影响的环境又不具备有效抗干扰措施时，应具有金属屏蔽； 3 微机型继电保护及计算机监控系统二次回路的电缆应采用屏蔽电缆； 4 控制和保护设备的直流电源电缆应采用屏蔽电缆。 3．7．7 控制电缆金属屏蔽类型选择，应按可能的电气干扰影响采取综合抑制干扰措施，并应满足降低干扰或过电压的要求，同时应符合下列规定： 1 位于110kV及以上配电装置的弱电控制电缆宜选用总屏蔽或双层式总屏蔽。 2 用于集成电路、微机保护的电流、电压和信号接点的控制电缆应选用屏蔽电缆。 3 计算机监控系统信号回路控制电缆的屏蔽选择应符合下列规定： 1)开关量信号可选用总屏蔽； 2)高电平模拟信号宜选用对绞线芯总屏蔽，必要时也可选用对绞线芯分屏蔽； 3)低电平模拟信号或脉冲量信号宜选用对绞线芯分屏蔽，必要时也可选用对绞线芯分屏蔽复合总屏蔽。 4 其他情况，应按电磁感应、静电感应和地电位升高等影响因素，选用适宜的屏蔽型式。 5 电缆具有钢铠、金属套时，应充分利用其屏蔽功能。 3．7．8 控制电缆金属屏蔽的接地方式应符合下列规定： 1 计算机监控系统的模拟信号回路控制电缆屏蔽层不得构成两点或多点接地，应集中式一点接地。 2 集成电路、微机保护的电流、电压和信号的电缆屏蔽层应在开关安置场所与控制室同时接地；除本条第1款、第2款情况外的控制电缆屏蔽层，当电磁感应的干扰较大时，宜采用两点接地；静电感应的干扰较大时，可采用一点接地； 3 双重屏蔽或复合式总屏蔽宜对内、外屏蔽分别采用一点、两点接地； 4 两点接地选择，尚宜在暂态电流作用下屏蔽层不被烧熔； 5 不应使用电缆内的备用芯替代屏蔽层接地。 4 电缆附件及附属设备的选择与配置 4．1 一般规定 4．1．1 电缆终端的装置类型选择应符合下列规定： 1 电缆与六氟化硫全封闭电器直接相连时，应采用封闭式GIS终端； 2 电缆与高压变压器直接相连时，宜采用封闭式GIS终端，也可采用油浸终端； 3 电缆与电器相连且具有整体式插接功能时，应采用插拔式终端，66kV及以上电压等级电缆的GIS终端和油浸终端宜采用插拔式； 4 除本条第1款～第3款规定的情况外，电缆与其他电器或导体相连时，应采用敞开式终端。 4．1．2 电缆终端构造类型选择应按满足工程所需可靠性、安装与维护方便和经济合理等因素确定，并应符合下列规定： 1 与充油电缆相连的终端应耐受可能的最高工作油压； 2 与六氟化硫全封闭电器相连的GIS终端，其接口应相互配合；GIS终端应具有与SF6气体完全隔离的密封结构； 3 在易燃、易爆等不允许有火种场所的电缆终端应采用无明火作业的构造类型； 4 在人员密集场所、多雨且污秽或盐雾较重地区的电缆终端宜具有硅橡胶或复合式套管； 5 66kV～110kV交联聚乙烯绝缘电缆户外终端宜采用全干式预制型。 4．1．3 电缆终端绝缘特性选择应符合下列规定： 1 终端的额定电压及其绝缘水平不得低于所连接电缆额定电压及其要求的绝缘水平； 2 终端的外绝缘应符合安置处海拔高程、污秽环境条件所需爬电距离和空气间隙的要求。 4．1．4 电缆终端的机械强度应满足安置处引线拉力、风力和地震力作用的要求。 4．1．5 电缆接头的装置类型选择应符合下列规定： 1 自容式充油电缆线路高差超过本标准第3．4．2条的规定，且需分隔油路时，应采用塞止接头； 2 单芯电缆线路较长以交叉互联接地的隔断金属套连接部位，除可在金属套上实施有效隔断及绝缘处理的方式外，应采用绝缘接头； 3 电缆线路距离超过电缆制造长度，且除本条第2款情况外，应采用直通接头； 4 电缆线路分支接出的部位，除带分支主干电缆或在电缆网络中应设置有分支箱、环网柜等情况外，应采用Y型接头； 5 3芯与单芯电缆直接相连的部位应采用转换接头； 6 挤塑绝缘电缆与自容式充油电缆相连的部位应采用过渡接头。 4．1．6 电缆接头构造类型选择应根据工程可靠性、安装与维护方便和经济合理等因素确定，并应符合下列规定： 1 海底等水下电缆宜采用无接头的整根电缆；条件不允许时宜采用工厂接头；用于抢修的接头应恢复铠装层纵向连续且有足够的机械强度； 2 在可能有水浸泡的设置场所，3kV及以上交联聚乙烯绝缘电缆接头应具有外包防水层； 3 在不允许有火种的场所，电缆接头不得采用热缩型； 4 66kV～110kV交联聚乙烯绝缘电缆线路可靠性要求较高时，不宜采用包带型接头。 4．1．7 电缆接头的绝缘特性应符合下列规定： 1 接头的额定电压及其绝缘水平不得低于所连接电缆额定电压及其要求的绝缘水平； 2 绝缘接头的绝缘环两侧耐受电压不得低于所连接电缆护层绝缘水平的2倍。 4．1．8 电缆终端、接头布置应满足安装维修所需间距，并应符合电缆允许弯曲半径的伸缩节配置的要求，同时应符合下列规定： 1 终端支架构成方式应利于电缆及其组件的安装；大于1500A的工作电流时，支架构造宜具有防止横向磁路闭合等附加发热措施； 2 邻近电气化交通线路等对电缆金属套有侵蚀影响的地段，接头设置方式宜便于监察维护。 4．1．9 220kV及以上交联聚乙烯绝缘电缆采用的终端和接头应由该型终端和接头与电缆连成整体的预鉴定试验确认。 4．1．10 电力电缆金属套应直接接地。交流系统中3芯电缆的金属套应在电缆线路两终端和接头等部位实施直接接地。 4．1．11 交流单芯电力电缆金属套上应至少在一端直接接地，在任一非直接接地端的正常感应电势最大值应符合下列规定： 1 未采取能有效防止人员任意接触金属套的安全措施时，不得大于50V； 2 除本条第1款规定的情况外，不得大于300V； 3 交流系统单芯电缆金属套的正常感应电势宜按照本标准附录F的公式计算。 4．1．12 交流系统单芯电力电缆金属套接地方式选择应符合下列规定： 1 线路不长，且能满足本标准第4．1．11条要求时，应采取在线路一端或中央部位单点直接接地(图4．1．12-1)； 2 线路较长，单点直接接地方式无法满足本标准第4．1．11条的要求时，水下电缆、35kV及以下电缆或输送容量较小的35kV以上电缆，可采取在线路两端直接接地(图4．1．12-2)； 3 除本条第1款、第2款外的长线路，宜划分适当的单元，且在每个单元内按3个长度尽可能均等区段，应设置绝缘接头或实施电缆金属套的绝缘分隔，以交叉互联接地(图4．1．12-3)。 图4．1．12-1 线路一端或中央部位单点直接接地 1-电缆终端；2-中间接头；3-护层电压限制器 注：设置护层电压限制器适合35kV以上电缆，35kV及以下电缆需要时可设置。 图4．1．12-2 线路两端直接接地 1-电缆终端 图4．1．12-3 交叉互联接地 1-电缆终端；2-中间接头；3-绝缘接头；4-护层电压限制器 注：图中护层电压限制器配置示例按Y0接线。 4．1．13 交流系统单芯电力电缆及其附件的外护层绝缘等部位应设置过电压保护，并应符合下列规定： 1 35kV以上单芯电力电缆的外护层、电缆直连式GIS终端的绝缘筒，以及绝缘接头的金属套绝缘分隔部位，当其耐压水平低于可能的暂态过电压时，应添加保护措施，且宜符合下列规定： 1)单点直接接地的电缆线路，在其金属套电气通路的末端，应设置护层电压限制器； 2)交叉互联接地的电缆线路，每个绝缘接头应设置护层电压限制器。线路终端非直接接地时，该终端部位应设置护层电压限制器； 3)GIS终端的绝缘筒上，宜跨接护层电压限制器或电容器。 2 35kV及以下单芯电力电缆金属套单点直接接地，且有增强护层绝缘保护需要时，可在线路未接地的终端设置护层电压限制器。 3 电缆护层电压限制器持续电压应符合现行国家标准《交流金属氧化物避雷器的选择和使用导则》GB／T 28547的有关规定。 4．1．14 护层电压限制器参数选择应符合下列规定： 1 可能最大冲击电流作用下护层电压限制器的残压不得大于电缆护层的冲击耐压被1．4所除数值； 2 系统短路时产生的最大工频感应过电压作用下，在可能长的切除故障时间内，护层电压限制器应能耐受。切除故障时间应按2S计算； 3 可能最大冲击电流累积作用20次后，护层电压限制器不得损坏。 4．1．15 护层电压限制器的配置连接应符合下列规定： 1 护层电压限制器配置方式应按暂态过电压抑制效果、满足工频感应过电压下参数匹配、便于监察维护等因素综合确定，并应符合下列规定： 1)交叉互联线路中绝缘接头处护层电压限制器的配置及其连接，可选取桥形非接地△、Y0或桥形接地等三相接线方式； 2)交叉互联线路未接地的电缆终端、单点直接接地的电缆线路，宜采取Y0接线配置护层电压限制器。 2 护层电压限制器连接回路应符合下列规定： 1)连接线应尽量短，其截面应满足系统最大暂态电流通过时的热稳定要求； 2)连接回路的绝缘导线、隔离刀闸等装置的绝缘性能不得低于电缆外护层绝缘水平； 3)护层电压限制器接地箱的材质及其防护等级应满足其使用环境的要求。 4．1．16 交流系统110kV及以上单芯电缆金属套单点直接接地时，下列任一情况下，应沿电缆邻近设置平行回流线。 1 系统短路时电缆金属套产生的工频感应电压超过电缆护层绝缘耐受强度或护层电压限制器的工频耐压； 2 需抑制电缆对邻近弱电线路的电气干扰强度。 4．1．17 回流线的选择与设置应符合下列规定： 1 回流线的阻抗及其两端接地电阻应达到抑制电缆金属套工频感应过电压，并应使其截面满足最大暂态电流作用下的热稳定要求； 2 回流线的排列配置方式应保证电缆运行时在回流线上产生的损耗最小； 3 电缆线路任一终端设置在发电厂、变电站时，回流线应与电源中性导体接地的接地网连通。 4．1．18 110kV及以上高压电缆线路可设置在线温度监测装置。 4．1．19 采用金属套单点直接接地或交叉互联接地的110kV及以上高压交流电力电缆线路可设置护层环流在线监测装置。 4．1．20 高压交流电力电缆线路在线监测装置技术要求应符合现行行业标准《高压交流电缆在线监测系统通用技术规范》DL／T 1506的有关规定。 4 电缆附件及附属设备的选择与配置 4．1 一般规定 4．1．1 电缆终端的装置类型选择应符合下列规定： 1 电缆与六氟化硫全封闭电器直接相连时，应采用封闭式GIS终端； 2 电缆与高压变压器直接相连时，宜采用封闭式GIS终端，也可采用油浸终端； 3 电缆与电器相连且具有整体式插接功能时，应采用插拔式终端，66kV及以上电压等级电缆的GIS终端和油浸终端宜采用插拔式； 4 除本条第1款～第3款规定的情况外，电缆与其他电器或导体相连时，应采用敞开式终端。 4．1．2 电缆终端构造类型选择应按满足工程所需可靠性、安装与维护方便和经济合理等因素确定，并应符合下列规定： 1 与充油电缆相连的终端应耐受可能的最高工作油压； 2 与六氟化硫全封闭电器相连的GIS终端，其接口应相互配合；GIS终端应具有与SF6气体完全隔离的密封结构； 3 在易燃、易爆等不允许有火种场所的电缆终端应采用无明火作业的构造类型； 4 在人员密集场所、多雨且污秽或盐雾较重地区的电缆终端宜具有硅橡胶或复合式套管； 5 66kV～110kV交联聚乙烯绝缘电缆户外终端宜采用全干式预制型。 4．1．3 电缆终端绝缘特性选择应符合下列规定： 1 终端的额定电压及其绝缘水平不得低于所连接电缆额定电压及其要求的绝缘水平； 2 终端的外绝缘应符合安置处海拔高程、污秽环境条件所需爬电距离和空气间隙的要求。 4．1．4 电缆终端的机械强度应满足安置处引线拉力、风力和地震力作用的要求。 4．1．5 电缆接头的装置类型选择应符合下列规定： 1 自容式充油电缆线路高差超过本标准第3．4．2条的规定，且需分隔油路时，应采用塞止接头； 2 单芯电缆线路较长以交叉互联接地的隔断金属套连接部位，除可在金属套上实施有效隔断及绝缘处理的方式外，应采用绝缘接头； 3 电缆线路距离超过电缆制造长度，且除本条第2款情况外，应采用直通接头； 4 电缆线路分支接出的部位，除带分支主干电缆或在电缆网络中应设置有分支箱、环网柜等情况外，应采用Y型接头； 5 3芯与单芯电缆直接相连的部位应采用转换接头； 6 挤塑绝缘电缆与自容式充油电缆相连的部位应采用过渡接头。 4．1．6 电缆接头构造类型选择应根据工程可靠性、安装与维护方便和经济合理等因素确定，并应符合下列规定： 1 海底等水下电缆宜采用无接头的整根电缆；条件不允许时宜采用工厂接头；用于抢修的接头应恢复铠装层纵向连续且有足够的机械强度； 2 在可能有水浸泡的设置场所，3kV及以上交联聚乙烯绝缘电缆接头应具有外包防水层； 3 在不允许有火种的场所，电缆接头不得采用热缩型； 4 66kV～110kV交联聚乙烯绝缘电缆线路可靠性要求较高时，不宜采用包带型接头。 4．1．7 电缆接头的绝缘特性应符合下列规定： 1 接头的额定电压及其绝缘水平不得低于所连接电缆额定电压及其要求的绝缘水平； 2 绝缘接头的绝缘环两侧耐受电压不得低于所连接电缆护层绝缘水平的2倍。 4．1．8 电缆终端、接头布置应满足安装维修所需间距，并应符合电缆允许弯曲半径的伸缩节配置的要求，同时应符合下列规定： 1 终端支架构成方式应利于电缆及其组件的安装；大于1500A的工作电流时，支架构造宜具有防止横向磁路闭合等附加发热措施； 2 邻近电气化交通线路等对电缆金属套有侵蚀影响的地段，接头设置方式宜便于监察维护。 4．1．9 220kV及以上交联聚乙烯绝缘电缆采用的终端和接头应由该型终端和接头与电缆连成整体的预鉴定试验确认。 4．1．10 电力电缆金属套应直接接地。交流系统中3芯电缆的金属套应在电缆线路两终端和接头等部位实施直接接地。 4．1．11 交流单芯电力电缆金属套上应至少在一端直接接地，在任一非直接接地端的正常感应电势最大值应符合下列规定： 1 未采取能有效防止人员任意接触金属套的安全措施时，不得大于50V； 2 除本条第1款规定的情况外，不得大于300V； 3 交流系统单芯电缆金属套的正常感应电势宜按照本标准附录F的公式计算。 4．1．12 交流系统单芯电力电缆金属套接地方式选择应符合下列规定： 1 线路不长，且能满足本标准第4．1．11条要求时，应采取在线路一端或中央部位单点直接接地(图4．1．12-1)； 2 线路较长，单点直接接地方式无法满足本标准第4．1．11条的要求时，水下电缆、35kV及以下电缆或输送容量较小的35kV以上电缆，可采取在线路两端直接接地(图4．1．12-2)； 3 除本条第1款、第2款外的长线路，宜划分适当的单元，且在每个单元内按3个长度尽可能均等区段，应设置绝缘接头或实施电缆金属套的绝缘分隔，以交叉互联接地(图4．1．12-3)。 图4．1．12-1 线路一端或中央部位单点直接接地 1-电缆终端；2-中间接头；3-护层电压限制器 注：设置护层电压限制器适合35kV以上电缆，35kV及以下电缆需要时可设置。 图4．1．12-2 线路两端直接接地 1-电缆终端 图4．1．12-3 交叉互联接地 1-电缆终端；2-中间接头；3-绝缘接头；4-护层电压限制器 注：图中护层电压限制器配置示例按Y0接线。 4．1．13 交流系统单芯电力电缆及其附件的外护层绝缘等部位应设置过电压保护，并应符合下列规定： 1 35kV以上单芯电力电缆的外护层、电缆直连式GIS终端的绝缘筒，以及绝缘接头的金属套绝缘分隔部位，当其耐压水平低于可能的暂态过电压时，应添加保护措施，且宜符合下列规定： 1)单点直接接地的电缆线路，在其金属套电气通路的末端，应设置护层电压限制器； 2)交叉互联接地的电缆线路，每个绝缘接头应设置护层电压限制器。线路终端非直接接地时，该终端部位应设置护层电压限制器； 3)GIS终端的绝缘筒上，宜跨接护层电压限制器或电容器。 2 35kV及以下单芯电力电缆金属套单点直接接地，且有增强护层绝缘保护需要时，可在线路未接地的终端设置护层电压限制器。 3 电缆护层电压限制器持续电压应符合现行国家标准《交流金属氧化物避雷器的选择和使用导则》GB／T 28547的有关规定。 4．1．14 护层电压限制器参数选择应符合下列规定： 1 可能最大冲击电流作用下护层电压限制器的残压不得大于电缆护层的冲击耐压被1．4所除数值； 2 系统短路时产生的最大工频感应过电压作用下，在可能长的切除故障时间内，护层电压限制器应能耐受。切除故障时间应按2S计算； 3 可能最大冲击电流累积作用20次后，护层电压限制器不得损坏。 4．1．15 护层电压限制器的配置连接应符合下列规定： 1 护层电压限制器配置方式应按暂态过电压抑制效果、满足工频感应过电压下参数匹配、便于监察维护等因素综合确定，并应符合下列规定： 1)交叉互联线路中绝缘接头处护层电压限制器的配置及其连接，可选取桥形非接地△、Y0或桥形接地等三相接线方式； 2)交叉互联线路未接地的电缆终端、单点直接接地的电缆线路，宜采取Y0接线配置护层电压限制器。 2 护层电压限制器连接回路应符合下列规定： 1)连接线应尽量短，其截面应满足系统最大暂态电流通过时的热稳定要求； 2)连接回路的绝缘导线、隔离刀闸等装置的绝缘性能不得低于电缆外护层绝缘水平； 3)护层电压限制器接地箱的材质及其防护等级应满足其使用环境的要求。 4．1．16 交流系统110kV及以上单芯电缆金属套单点直接接地时，下列任一情况下，应沿电缆邻近设置平行回流线。 1 系统短路时电缆金属套产生的工频感应电压超过电缆护层绝缘耐受强度或护层电压限制器的工频耐压； 2 需抑制电缆对邻近弱电线路的电气干扰强度。 4．1．17 回流线的选择与设置应符合下列规定： 1 回流线的阻抗及其两端接地电阻应达到抑制电缆金属套工频感应过电压，并应使其截面满足最大暂态电流作用下的热稳定要求； 2 回流线的排列配置方式应保证电缆运行时在回流线上产生的损耗最小； 3 电缆线路任一终端设置在发电厂、变电站时，回流线应与电源中性导体接地的接地网连通。 4．1．18 110kV及以上高压电缆线路可设置在线温度监测装置。 4．1．19 采用金属套单点直接接地或交叉互联接地的110kV及以上高压交流电力电缆线路可设置护层环流在线监测装置。 4．1．20 高压交流电力电缆线路在线监测装置技术要求应符合现行行业标准《高压交流电缆在线监测系统通用技术规范》DL／T 1506的有关规定。 4．2 自容式充油电缆的供油系统 4．2．1 自容式充油电缆必须接有供油装置。供油装置应保证电缆工作油压变化符合下列规定： 1 冬季最低温度空载时，电缆线路最高部位油压不得小于允许最低工作油压； 2 夏季最高温度满载时，电缆线路最低部位油压不得大于允许最高工作油压； 3 夏季最高温度突增至额定满载时，电缆线路最低部位或供油装置区间长度一半部位的油压不宜大于允许最高暂态油压； 4 冬季最低温度从满载突然切除时，电缆线路最高部位或供油装置区间长度一半部位的油压不得小于允许最低工作油压。 4．2．2 自容式充油电缆允许最低工作油压必须满足维持电缆电气性能的要求；允许最高工作油压、暂态油压应满足电缆耐受机械强度要求，并应符合下列规定： 1 允许最低工作油压不得小于0．02MPa； 2 铅包、铜带径向加强层构成的电缆，允许最高工作油压不得大于0．4MPa；用于重要回路时，不宜大于0．3MPa； 3 铅包、铜带径向与纵向加强层构成的电缆，允许最高工作油压不得大于0．8MPa；用于重要回路时，不宜大于0．6MPa； 4 允许最高暂态油压可按1．5倍允许最高工作油压计算。 4．2．3 供油装置应保证供油量大于电缆需要供油量，并应符合下列规定： 1 供油装置可采用压力油箱。压力油箱供油量宜按夏季高温满载、冬季低温空载等电缆运行工况下油压变化条件确定； 2 电缆供油量应计入负荷电流和环境温度变化引起的电缆线路本体及其附件的油量变化总和； 3 供油装置的供油量宜有40%的裕度； 4 电缆线路一端供油且每相仅一台工作供油箱时，对重要回路应另设一台备用供油箱；当每相配有两台及以上工作供油箱时，可不设置备用供油箱。 4．2．4 供油箱的配置应符合下列规定： 1 宜按相分别配置； 2 一端供油方式且电缆线路两端有较大高差时，宜配置在较高地位的一端； 3 线路较长且一端供油无法满足允许暂态油压要求时，可配置在电缆线路两端或油路分段的两端。 4．2．5 供油系统及其布置应保证管路较短、部件数量紧凑，并应符合下列规定： 1 按相设置多台供油箱时，应并联连接； 2 供油管的管径不得小于电缆油道管径，宜选用含有塑料或橡皮绝缘护套的铜管； 3 供油管应经一段不低于电缆护层绝缘强度的耐油性绝缘管再与终端或塞止接头相连； 4 在可能发生不均匀沉降或位移的土质地方，供油箱与终端的基础应整体相连； 5 户外供油箱宜设置遮阳措施。环境温度低于供油箱最低允许工作温度时，应采取加热等改善措施。 4．2．6 供油系统应按相设置油压过低、过高越限报警功能的监察装置，并应保证油压事故信号可靠地传到运行值班处。 5 电缆敷设 5．1 一般规定 5．1．1 电缆的路径选择应符合下列规定： 1 应避免电缆遭受机械性外力、过热、腐蚀等危害； 2 满足安全要求条件下，应保证电缆路径最短； 3 应便于敷设、维护； 4 宜避开将要挖掘施工的地方； 5 充油电缆线路通过起伏地形时，应保证供油装置合理配置。 5．1．2 电缆在任何敷设方式及其全部路径条件的上下左右改变部位，均应满足电缆允许弯曲半径要求，并应符合电缆绝缘及其构造特性的要求。对自容式铅包充油电缆，其允许弯曲半径可按电缆外径的20倍计算。 5．1．3 同一通道内电缆数量较多时，若在同一侧的多层支架上敷设，应符合下列规定： 1 宜按电压等级由高至低的电力电缆、强电至弱电的控制和信号电缆、通信电缆“由上而下”的顺序排列；当水平通道中含有35kV以上高压电缆，或为满足引入柜盘的电缆符合允许弯曲半径要求时，宜按“由下而上”的顺序排列；在同一工程中或电缆通道延伸于不同工程的情况，均应按相同的上下排列顺序配置； 2 支架层数受通道空间限制时，35kV及以下的相邻电压级电力电缆可排列于同一层支架；少量1kV及以下电力电缆在采取防火分隔和有效抗干扰措施后，也可与强电控制、信号电缆配置在同一层支架上； 3 同一重要回路的工作与备用电缆应配置在不同层或不同侧的支架上，并应实行防火分隔。 5．1．4 同一层支架上电缆排列的配置宜符合下列规定： 1 控制和信号电缆可紧靠或多层叠置； 2 除交流系统用单芯电力电缆的同一回路可采取品字形(三叶形)配置外，对重要的同一回路多根电力电缆，不宜叠置； 3 除交流系统用单芯电缆情况外，电力电缆的相互间宜有1倍电缆外径的空隙。 5．1．5 交流系统用单芯电力电缆的相序配置及其相间距离应符合下列规定： 1 应满足电缆金属套的正常感应电压不超过允许值； 2 宜使按持续工作电流选择的电缆截面最小； 3 未呈品字形配置的单芯电力电缆，有两回线及以上配置在同一通路时，应计入相互影响； 4 当距离较长时，高压交流系统三相单芯电力电缆宜在适当位置进行换位，保持三相电抗相均等。 5．1．6 交流系统用单芯电力电缆与公用通信线路相距较近时，宜维持技术经济上有利的电缆路径，必要时可采取下列抑制感应电势的措施： 1 使电缆支架形成电气通路，且计入其他并行电缆抑制因素的影响； 2 对电缆隧道的钢筋混凝土结构实行钢筋网焊接连通； 3 沿电缆线路适当附加并行的金属屏蔽线或罩盒等。 5．1．7 明敷的电缆不宜平行敷设在热力管道的上部。电缆与管道之间无隔板防护时的允许最小净距，除城市公共场所应按现行国家标准《城市工程管线综合规划规范》GB 50289执行外，尚应符合表5．1．7的规定。 表5．1．7 电缆与管道之间无隔板防护时的允许最小净距(mm) 注：1 计及最小净距时，应从热力管道保温层外表面算起； 2 表中与热力管道之间的数值为无隔热措施时的最小净距。 5．1．8 抑制对弱电回路控制和信号电缆电气干扰强度措施，除应符合本标准第3．7．6条～第3．7．8条的规定外，还可采取下列措施： 1 与电力电缆并行敷设时，相互间距在可能范围内宜远离；对电压高、电流大的电力电缆，间距宜更远； 2 敷设于配电装置内的控制和信号电缆，与耦合电容器或电容式电压互感、避雷器或避雷针接地处的距离，宜在可能范围内远离； 3 沿控制和信号电缆可平行敷设屏蔽线，也可将电缆敷设于钢制管或盒中。 5．1．9 在隧道、沟、浅槽、竖井、夹层等封闭式电缆通道中，不得布置热力管道，严禁有可燃气体或可燃液体的管道穿越。 5．1．10 爆炸性气体环境敷设电缆应符合下列规定： 1 在可能范围宜保证电缆距爆炸释放源较远，敷设在爆炸危险较小的场所，并应符合下列规定： 1)可燃气体比空气重时，电缆宜埋地或在较高处架空敷设，且对非铠装电缆采取穿管或置于托盘、槽盒中等机械性保护； 2)可燃气体比空气轻时，电缆宜敷设在较低处的管、沟内； 3)采用电缆沟敷设时，电缆沟内应充砂。 2 电缆在空气中沿输送可燃气体的管道敷设时，宜配置在危险程度较低的管道一侧，并应符合下列规定： 1)可燃气体比空气重时，电缆宜配置在管道上方； 2)可燃气体比空气轻时，电缆宜配置在管道下方。 3 电缆及其管、沟穿过不同区域之间的墙、板孔洞处，应采用防火封堵材料严密堵塞。 4 电缆线路中不应有接头。 5 除本条第1款～第4款规定外，还应符合现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058的有关规定。 5．1．11 用于下列场所、部位的非铠装电缆，应采用具有机械强度的管或罩加以保护： 1 非电气人员经常活动场所的地坪以上2m内、地中引出的地坪以下0．3m深电缆区段； 2 可能有载重设备移经电缆上面的区段。 5．1．12 除架空绝缘型电缆外的非户外型电缆，户外使用时，宜采取罩、盖等遮阳措施。 5．1．13 电缆敷设在有周期性振动的场所时，应采取下列措施： 1 在支持电缆部位设置由橡胶等弹性材料制成的衬垫； 2 电缆蛇形敷设不满足伸缩变形要求时，应设置伸缩装置。 5．1．14 在有行人通过的地坪、堤坝、桥面、地下商业设施的路面，以及通行的隧洞中，电缆不得敞露敷设于地坪或楼梯走道上。 5．1．15 在工厂和建筑物的风道中，严禁电缆敞露式敷设。 5．1．16 1kV及以下电源中性点直接接地且配置独立分开的中性导体和保护导体构成的TN-S系统，采用独立于相导体和中性导体以外的电缆作保护导体时，同一回路的该两部分电缆敷设方式应符合下列规定： 1 在爆炸性气体环境中，应敷设在同一路径的同一结构管、沟或盒中； 2 除本条第1款规定的情况外，宜敷设在同一路径的同一构筑物中。 5．1．17 电缆的计算长度应包括实际路径长度与附加长度。附加长度宜计入下列因素： 1 电缆敷设路径地形等高差变化、伸缩节或迂回备用裕量； 2 35kV以上电缆蛇形敷设时的弯曲状影响增加量； 3 终端或接头制作所需剥截电缆的预留段、电缆引至设备或装置所需的长度。35kV及以下电缆敷设度量时的附加长度应符合本标准附录G的规定。 5．1．18 电缆的订货长度应符合下列规定： 1 长距离的电缆线路宜采用计算长度作为订货长度；对35kV以上单芯电缆，应按相计算；线路采取交叉互联等分段连接方式时，应按段开列； 2 对35kV及以下电缆用于非长距离时，宜计及整盘电缆中截取后不能利用其剩余段的因素，按计算长度计入5%～10%的裕量，作为同型号规格电缆的订货长度； 3 水下敷设电缆的每盘长度不宜小于水下段的敷设长度，有困难时可含有工厂制作的软接头。 5．1．19 核电厂安全级电路和相关电路与非安全级电路电缆通道应满足实体隔离的要求。 5 电缆敷设 5．1 一般规定 5．1．1 电缆的路径选择应符合下列规定： 1 应避免电缆遭受机械性外力、过热、腐蚀等危害； 2 满足安全要求条件下，应保证电缆路径最短； 3 应便于敷设、维护； 4 宜避开将要挖掘施工的地方； 5 充油电缆线路通过起伏地形时，应保证供油装置合理配置。 5．1．2 电缆在任何敷设方式及其全部路径条件的上下左右改变部位，均应满足电缆允许弯曲半径要求，并应符合电缆绝缘及其构造特性的要求。对自容式铅包充油电缆，其允许弯曲半径可按电缆外径的20倍计算。 5．1．3 同一通道内电缆数量较多时，若在同一侧的多层支架上敷设，应符合下列规定： 1 宜按电压等级由高至低的电力电缆、强电至弱电的控制和信号电缆、通信电缆“由上而下”的顺序排列；当水平通道中含有35kV以上高压电缆，或为满足引入柜盘的电缆符合允许弯曲半径要求时，宜按“由下而上”的顺序排列；在同一工程中或电缆通道延伸于不同工程的情况，均应按相同的上下排列顺序配置； 2 支架层数受通道空间限制时，35kV及以下的相邻电压级电力电缆可排列于同一层支架；少量1kV及以下电力电缆在采取防火分隔和有效抗干扰措施后，也可与强电控制、信号电缆配置在同一层支架上； 3 同一重要回路的工作与备用电缆应配置在不同层或不同侧的支架上，并应实行防火分隔。 5．1．4 同一层支架上电缆排列的配置宜符合下列规定： 1 控制和信号电缆可紧靠或多层叠置； 2 除交流系统用单芯电力电缆的同一回路可采取品字形(三叶形)配置外，对重要的同一回路多根电力电缆，不宜叠置； 3 除交流系统用单芯电缆情况外，电力电缆的相互间宜有1倍电缆外径的空隙。 5．1．5 交流系统用单芯电力电缆的相序配置及其相间距离应符合下列规定： 1 应满足电缆金属套的正常感应电压不超过允许值； 2 宜使按持续工作电流选择的电缆截面最小； 3 未呈品字形配置的单芯电力电缆，有两回线及以上配置在同一通路时，应计入相互影响； 4 当距离较长时，高压交流系统三相单芯电力电缆宜在适当位置进行换位，保持三相电抗相均等。 5．1．6 交流系统用单芯电力电缆与公用通信线路相距较近时，宜维持技术经济上有利的电缆路径，必要时可采取下列抑制感应电势的措施： 1 使电缆支架形成电气通路，且计入其他并行电缆抑制因素的影响； 2 对电缆隧道的钢筋混凝土结构实行钢筋网焊接连通； 3 沿电缆线路适当附加并行的金属屏蔽线或罩盒等。 5．1．7 明敷的电缆不宜平行敷设在热力管道的上部。电缆与管道之间无隔板防护时的允许最小净距，除城市公共场所应按现行国家标准《城市工程管线综合规划规范》GB 50289执行外，尚应符合表5．1．7的规定。 表5．1．7 电缆与管道之间无隔板防护时的允许最小净距(mm) 注：1 计及最小净距时，应从热力管道保温层外表面算起； 2 表中与热力管道之间的数值为无隔热措施时的最小净距。 5．1．8 抑制对弱电回路控制和信号电缆电气干扰强度措施，除应符合本标准第3．7．6条～第3．7．8条的规定外，还可采取下列措施： 1 与电力电缆并行敷设时，相互间距在可能范围内宜远离；对电压高、电流大的电力电缆，间距宜更远； 2 敷设于配电装置内的控制和信号电缆，与耦合电容器或电容式电压互感、避雷器或避雷针接地处的距离，宜在可能范围内远离； 3 沿控制和信号电缆可平行敷设屏蔽线，也可将电缆敷设于钢制管或盒中。 5．1．9 在隧道、沟、浅槽、竖井、夹层等封闭式电缆通道中，不得布置热力管道，严禁有可燃气体或可燃液体的管道穿越。 5．1．10 爆炸性气体环境敷设电缆应符合下列规定： 1 在可能范围宜保证电缆距爆炸释放源较远，敷设在爆炸危险较小的场所，并应符合下列规定： 1)可燃气体比空气重时，电缆宜埋地或在较高处架空敷设，且对非铠装电缆采取穿管或置于托盘、槽盒中等机械性保护； 2)可燃气体比空气轻时，电缆宜敷设在较低处的管、沟内； 3)采用电缆沟敷设时，电缆沟内应充砂。 2 电缆在空气中沿输送可燃气体的管道敷设时，宜配置在危险程度较低的管道一侧，并应符合下列规定： 1)可燃气体比空气重时，电缆宜配置在管道上方； 2)可燃气体比空气轻时，电缆宜配置在管道下方。 3 电缆及其管、沟穿过不同区域之间的墙、板孔洞处，应采用防火封堵材料严密堵塞。 4 电缆线路中不应有接头。 5 除本条第1款～第4款规定外，还应符合现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058的有关规定。 5．1．11 用于下列场所、部位的非铠装电缆，应采用具有机械强度的管或罩加以保护： 1 非电气人员经常活动场所的地坪以上2m内、地中引出的地坪以下0．3m深电缆区段； 2 可能有载重设备移经电缆上面的区段。 5．1．12 除架空绝缘型电缆外的非户外型电缆，户外使用时，宜采取罩、盖等遮阳措施。 5．1．13 电缆敷设在有周期性振动的场所时，应采取下列措施： 1 在支持电缆部位设置由橡胶等弹性材料制成的衬垫； 2 电缆蛇形敷设不满足伸缩变形要求时，应设置伸缩装置。 5．1．14 在有行人通过的地坪、堤坝、桥面、地下商业设施的路面，以及通行的隧洞中，电缆不得敞露敷设于地坪或楼梯走道上。 5．1．15 在工厂和建筑物的风道中，严禁电缆敞露式敷设。 5．1．16 1kV及以下电源中性点直接接地且配置独立分开的中性导体和保护导体构成的TN-S系统，采用独立于相导体和中性导体以外的电缆作保护导体时，同一回路的该两部分电缆敷设方式应符合下列规定： 1 在爆炸性气体环境中，应敷设在同一路径的同一结构管、沟或盒中； 2 除本条第1款规定的情况外，宜敷设在同一路径的同一构筑物中。 5．1．17 电缆的计算长度应包括实际路径长度与附加长度。附加长度宜计入下列因素： 1 电缆敷设路径地形等高差变化、伸缩节或迂回备用裕量； 2 35kV以上电缆蛇形敷设时的弯曲状影响增加量； 3 终端或接头制作所需剥截电缆的预留段、电缆引至设备或装置所需的长度。35kV及以下电缆敷设度量时的附加长度应符合本标准附录G的规定。 5．1．18 电缆的订货长度应符合下列规定： 1 长距离的电缆线路宜采用计算长度作为订货长度；对35kV以上单芯电缆，应按相计算；线路采取交叉互联等分段连接方式时，应按段开列； 2 对35kV及以下电缆用于非长距离时，宜计及整盘电缆中截取后不能利用其剩余段的因素，按计算长度计入5%～10%的裕量，作为同型号规格电缆的订货长度； 3 水下敷设电缆的每盘长度不宜小于水下段的敷设长度，有困难时可含有工厂制作的软接头。 5．1．19 核电厂安全级电路和相关电路与非安全级电路电缆通道应满足实体隔离的要求。 5．2 敷设方式选择 5．2．1 电缆敷设方式选择应视工程条件、环境特点和电缆类型、数量等因素，以及满足运行可靠、便于维护和技术经济合理的要求选择。 5．2．2 电缆直埋敷设方式选择应符合下列规定： 1 同一通路少于6根的35kV及以下电力电缆，在厂区通往远距离辅助设施或城郊等不易经常性开挖的地段，宜采用直埋；在城镇人行道下较易翻修情况或道路边缘，也可采用直埋； 2 厂区内地下管网较多的地段，可能有熔化金属、高温液体溢出的场所，待开发有较频繁开挖的地方，不宜采用直埋； 3 在化学腐蚀或杂散电流腐蚀的土壤范围内，不得采用直埋。 5．2．3 电缆穿管敷设方式选择应符合下列规定： 1 在有爆炸性环境明敷的电缆、露出地坪上需加以保护的电缆、地下电缆与道路及铁路交叉时，应采用穿管； 2 地下电缆通过房屋、广场的区段，以及电缆敷设在规划中将作为道路的地段时，宜采用穿管； 3 在地下管网较密的工厂区、城市道路狭窄且交通繁忙或道路挖掘困难的通道等电缆数量较多时，可采用穿管。 4 同一通道采用穿管敷设的电缆数量较多时，宜采用排管。 5．2．4 下列场所宜采用浅槽敷设方式： 1 地下水位较高的地方； 2 通道中电力电缆数量较少，且在不经常有载重车通过的户外配电装置等场所。 5．2．5 电缆沟敷设方式选择应符合下列规定： 1 在化学腐蚀液体或高温熔化金属溢流的场所，或在载重车辆频繁经过的地段，不得采用电缆沟； 2 经常有工业水溢流、可燃粉尘弥漫的厂房内，不宜采用电缆沟； 3 在厂区、建筑物内地下电缆数量较多但不需要采用隧道，城镇人行道开挖不便且电缆需分期敷设，同时不属于本条第1款、第2款规定的情况时，宜采用电缆沟； 4 处于爆炸、火灾环境中的电缆沟应充砂。 5．2．6 电缆隧道敷设方式选择应符合下列规定： 1 同一通道的地下电缆数量多，电缆沟不足以容纳时，应采用隧道； 2 同一通道的地下电缆数量较多，且位于有腐蚀性液体或经常有地面水溢流的场所，或含有35kV以上高压电缆以及穿越道路、铁路等地段，宜采用隧道； 3 受城镇地下通道条件限制或交通流量较大的道路下，与较多电缆沿同一路径有非高温的水、气和通信电缆管线共同配置时，可在公用性隧道中敷设电缆。 5．2．7 垂直走向的电缆宜沿墙、柱敷设，当数量较多，或含有35kV以上高压电缆时，应采用竖井。 5．2．8 电缆数量较多的控制室、继电保护室等处，宜在其下部设置电缆夹层。电缆数量较少时，也可采用有活动盖板的电缆层。 5．2．9 在地下水位较高的地方，化学腐蚀液体溢流的场所，厂房内应采用支持式架空敷设。建筑物或厂区不宜地下敷设时，可采用架空敷设。 5．2．10 明敷且不宜采用支持式架空敷设的地方，可采用悬挂式架空敷设。 5．2．11 通过河流、水库的电缆，无条件利用桥梁、堤坝敷设时，可采用水下敷设。 5．2．12 厂房内架空桥架敷设方式不宜设置检修通道，城市电缆线路架空桥架敷设方式可设置检修通道。 5．3 电缆直埋敷设 5．3．1 电缆直埋敷设的路径选择宜符合下列规定： 1 应避开含有酸、碱强腐蚀或杂散电流电化学腐蚀严重影响的地段； 2 无防护措施时，宜避开白蚁危害地带、热源影响和易遭外力损伤的区段。 5．3．2 电缆直埋敷设方式应符合下列规定： 1 电缆应敷设于壕沟里，并应沿电缆全长的上、下紧邻侧铺以厚度不小于100mm的软土或砂层； 2 沿电缆全长应覆盖宽度不小于电缆两侧各50mm的保护板，保护板宜采用混凝土； 3 城镇电缆直埋敷设时，宜在保护板上层铺设醒目标志带； 4 位于城郊或空旷地带，沿电缆路径的直线间隔100m、转弯处和接头部位，应竖立明显的方位标志或标桩； 5 当采用电缆穿波纹管敷设于壕沟时，应沿波纹管顶全长浇注厚度不小于100mm的素混凝土，宽度不应小于管外侧50mm，电缆可不含铠装。 5．3．3 电缆直埋敷设于非冻土地区时，埋置深度应符合下列规定： 1 电缆外皮至地下构筑物基础，不得小于0．3m； 2 电缆外皮至地面深度，不得小于0．7m；当敷设于耕地下时，应适当加深，且不宜小于1m。 5．3．4 电缆直埋敷设于冻土地区时，应埋入冻土层以下，当受条件限制时，应采取防止电缆受到损伤的措施。 5．3．5 直埋敷设的电缆不得平行敷设于地下管道的正上方或正下方。电缆与电缆、管道、道路、构筑物等之间允许最小距离应符合表5．3．5的规定。 表5．3．5 电缆与电缆、管道、道路、构筑物等之间允许最小距离(m) 注：①用隔板分隔或电缆穿管时不得小于0．25m； ②用隔板分隔或电缆穿管时不得小于0．1m； ③特殊情况时，减少值不得大于50%。 5．3．6 直埋敷设的电缆与铁路、道路交叉时，应穿保护管，保护范围应符合下列规定： 1 与铁路交叉时，保护管应超出路基面宽各1m，或者排水沟外0．5m。埋设深度不应低于路基面下1m； 2 与道路交叉时，保护管应超出道路边各1m，或者排水沟外0．5m。埋设深度不应低于路面下1m； 3 保护管应有不低于1%的排水坡度。 5．3．7 直埋敷设的电缆引入构筑物，在贯穿墙孔处应设置保护管，管口应实施阻水堵塞。 5．3．8 直埋敷设的电缆接头配置应符合下列规定： 1 接头与邻近电缆的净距不得小于0．25m； 2 并列电缆的接头位置宜相互错开，且净距不宜小于0．5m； 3 斜坡地形处的接头安置应呈水平状； 4 重要回路的电缆接头附近宜采用留有备用量方式敷设电缆。 5．3．9 直埋敷设的电缆回填土土质应对电缆外护层无腐蚀性。 5．4 电缆保护管敷设 5．4．1 电缆保护管内壁应光滑无毛刺，应满足机械强度和耐久性要求，且应符合下列规定： 1 采用穿管方式抑制对控制电缆的电气干扰时，应采用钢管； 2 交流单芯电缆以单根穿管时，不得采用未分隔磁路的钢管。 5．4．2 暴露在空气中的电缆保护管应符合下列规定： 1 防火或机械性要求高的场所宜采用钢管，并应采取涂漆、镀锌或包塑等适合环境耐久要求的防腐处理； 2 需要满足工程条件自熄性要求时，可采用阻燃型塑料管。部分埋入混凝土中等有耐冲击的使用场所，塑料管应具备相应承压能力，且宜采用可挠性的塑料管。 5．4．3 地中埋设的保护管应满足埋深下的抗压和耐环境腐蚀性的要求。管枕配置跨距宜按管路底部未均匀夯实时满足抗弯矩条件确定；在通过不均匀沉降的回填土地段或地震活动频发地区，管路纵向连接应采用可挠式管接头。 5．4．4 保护管管径与穿过电缆数量选择应符合下列规定： 1 每管宜只穿1根电缆。除发电厂、变电站等重要性场所外，对一台电动机所有回路或同一设备的低压电动机所有回路，可在每管合穿不多于3根电力电缆或多根控制电缆； 2 管的内径不宜小于电缆外径或多根电缆包络外径的1．5倍，排管的管孔内径不宜小于75mm。 5．4．5 单根保护管使用时，宜符合下列规定： 1 每根电缆保护管的弯头不宜超过3个，直角弯不宜超过2个； 2 地下埋管距地面深度不宜小于0．5m，距排水沟底不宜小于0．3m； 3 并列管相互间宜留有不小于20mm的空隙。 5．4．6 使用排管时，应符合下列规定： 1 管孔数量宜按发展预留适当备用； 2 导体工作温度相差大的电缆宜分别配置于适当间距的不同排管组； 3 管路顶部土壤覆盖厚度不宜小于0．5m； 4 管路应置于经整平夯实土层且有足以保持连续平直的垫块上，纵向排水坡度不宜小于0．2%； 5 管路纵向连接处的弯曲度应符合牵引电缆时不致损伤的要求； 6 管孔端口应采取防止损伤电缆的处理措施。 5．4．7 较长电缆管路中的下列部位应设置工作井： 1 电缆牵引张力限制的间距处。电缆穿管敷设时，允许最大管长的计算方法宜符合本标准附录H的规定； 2 电缆分支、接头处； 3 管路方向较大改变或电缆从排管转入直埋处； 4 管路坡度较大且需防止电缆滑落的必要加强固定处。 5．5 电缆沟敷设 5．5．1 电缆沟的尺寸应按满足全部容纳电缆的允许最小弯曲半径、施工作业与维护空间要求确定，电缆的配置应无碍安全运行，电缆沟内通道的净宽尺寸不宜小于表5．5．1的规定。 表5．5．1 电缆沟内通道的净宽尺寸(mm) 5．5．2 电缆支架、梯架或托盘的层间距离应满足能方便地敷设电缆及其固定、安置接头的要求，且在多根电缆同置于一层情况下，可更换或增设任一根电缆及其接头。电缆支架、梯架或托盘的层间距离最小值可按表5．5．2确定。 表5．5．2 电缆支架、梯架或托盘的层间距离最小值(mm) 注：h为槽盒外壳高度。 5．5．3 电缆支架、梯架或托盘的最上层、最下层布置尺寸应符合下列规定： 1 最上层支架距盖板的净距允许最小值应满足电缆引接至上侧柜盘时的允许弯曲半径要求，且不宜小于本标准表5．5．2的规定；采用梯架或托盘时，不宜小于本标准表5．5．2的规定再加80mm～150mm； 2 最下层支架、梯架或托盘距沟底垂直净距不宜小于100mm。 5．5．4 电缆沟应满足防止外部进水、渗水的要求，且应符合下列规定： 1 电缆沟底部低于地下水位、电缆沟与工业水管沟并行邻近时，宜加强电缆沟防水处理以及电缆穿隔密封的防水构造措施； 2 电缆沟与工业水管沟交叉时，电缆沟宜位于工业水管沟的上方； 3 室内电缆沟盖板宜与地坪齐平，室外电缆沟的沟壁宜高出地坪100mm。考虑排水时，可在电缆沟上分区段设置现浇钢筋混凝土渡水槽，也可采取电缆沟盖板低于地坪300mm，上面铺以细土或砂。 5．5．5 电缆沟应实现排水畅通，且应符合下列规定： 1 电缆沟的纵向排水坡度不应小于0．5%； 2 沿排水方向适当距离宜设置集水井及其泄水系统，必要时应实施机械排水。 5．5．6 电缆沟沟壁、盖板及其材质构成应满足承受荷载和适合环境耐久的要求。厂、站内可开启的沟盖板，单块重量不宜超过50kg。 5．5．7 靠近带油设备附近的电缆沟沟盖板应密封。 5．6 电缆隧道敷设 5．6．1 电缆隧道、工作井的尺寸应按满足全部容纳电缆的允许最小弯曲半径、施工作业与维护空间要求确定，电缆的配置应无碍安全运行，并应符合下列规定： 1 电缆隧道内通道的净高不宜小于1．9m；与其他管沟交叉的局部段，净高可降低，但不应小于1．4m； 2 工作井可采用封闭式或可开启式；封闭式工作井的净高不宜小于1．9m；井底部应低于最底层电缆保护管管底200mm，顶面应加盖板，且应至少高出地坪100mm；设置在绿化带时，井口应高于绿化带地面300mm，底板应设有集水坑，向集水坑泄水坡度不应小于0．3%； 3 电缆隧道、封闭式工作井内通道的净宽尺寸不宜小于表5．6．1的规定。 表5．6．1 电缆隧道、封闭式工作井内通道的净宽尺寸(mm) 5．6．2 电缆支架、梯架或托盘的层间距离及敷设要求应符合本标准第5．5．2条的规定。 5．6．3 电缆支架、梯架或托盘的最上层、最下层布置尺寸应符合下列规定： 1 最上层支架距隧道、封闭式工作井顶部的净距允许最小值应满足电缆引接至上侧柜盘时的允许弯曲半径要求，且不宜小于本标准表5．5．2的规定，采用梯架或托盘时，不宜小于本标准表5．5．2的规定再加80mm～150mm； 2 最下层支架、梯架或托盘距隧道、工作井底部净距不宜小于100mm。 5．6．4 电缆隧道、封闭式工作井应满足防止外部进水、渗水的要求，对电缆隧道、封闭式工作井底部低于地下水位以及电缆隧道和工业水管沟交叉时，宜加强电缆隧道、封闭式工作井的防水处理以及电缆穿隔密封的防水构造措施。 5．6．5 电缆隧道应实现排水畅通，且应符合下列规定： 1 电缆隧道的纵向排水坡度不应小于0．5%； 2 沿排水方向适当距离宜设置集水井及其泄水系统，必要时应实施机械排水； 3 电缆隧道底部沿纵向宜设置泄水边沟。 5．6．6 电缆隧道、封闭式工作井应设置安全孔，安全孔的设置应符合下列规定： 1 沿隧道纵长不应少于2个；在工业性厂区或变电站内隧道的安全孔间距不宜大于75m；在城镇公共区域开挖式隧道的安全孔间距不宜大于200m，非开挖式隧道的安全孔间距可适当增大，且宜根据隧道埋深和结合电缆敷设、通风、消防等综合确定； 隧道首末端无安全门时，宜在不大于5m处设置安全孔； 2 对封闭式工作井，应在顶盖板处设置2个安全孔；位于公共区域的工作井，安全孔井盖的设置宜使非专业人员难以启开； 3 安全孔至少应有一处适合安装机具和安置设备的搬

6　系原条文4．1．6修改条文。

1　海底电缆接头包括工厂制作的软接头和现场抢修用的抢修接头。工厂接头是在电缆制造过程中在电缆上制作的接头，海底电缆一般应采用连续生产制作的整根电缆，仅在工艺不能满足电缆制造长度要求时才允许有工厂接头。现场抢修用的接头是与工厂接头一样的软接头，其接头的电气和机械性能尽可能与电缆一致。

2　电力电缆，尤其是高压XLPE电缆的接头构造类型较多。接头的装置类型中直通接头与绝缘接头的基本构成相同，此类接头的使用广泛，就高压范围看，充油电缆接头构造几乎已定型，而XLPE电缆随着应用不断扩展和技术进步，其接头选用问题则愈益受到关注。

世界上66kV以上XLPE电缆直通接头的构造类型、特点及其主要应用概况，列示于表3。从不完全的调查所知，除了序号3、5、6等项外，列示的其他类型接头在我国66kV～220kV系统均有不同程度的应用，近年来，采用预制式接头已是较普遍趋向。

虽然66kV～110kV电缆线路原有的TJ多在正常运行，且还将继续，但对于TJ的应用问题，要看到以往采用它是由于接头的构造类型有限，其选择条件不像如今的多样化；TJ的可靠性受人为因素影响较大，是其本质弱点；既然可靠性相对较高的构造类型已不乏供选择，国产PMJ等也已问世，而TJ的应用电压不可能进入220kV级，其发展空间有限，再开发国产绕包机等缺乏实际意义，因此，对于工程设计限制选用TJ，有其积极意义。

表3　66kV及以上XLPE电缆接头构造类型和主要应用概况

4．1．9　系新增条文。

系原条文4．1．2第4款和4．1．6第4款合并条款。

4．1．10　系原条文4．1．9修改条文。

电力电缆的金属套直接接地，是保障人身安全所需，也有利于电缆安全运行。

交流系统中3芯电缆的金属套，在两终端等部位以不少于两点直接接地，正常运行时金属套不感生环流。而交流单芯电缆则要考虑正常运行的时金属套感生环流及其损耗发热影响，故另以第4．1．11条区分要求。

电力电缆的金属套为金属屏蔽层、金属套、金属铠装层的总称，对于既有金属屏蔽层又有金属套的单芯电缆，金属套的接地是指二者均连通接地。

4．1．11　系原条文4．1．10修改条文。

交流单芯电缆金属套的正常感应电势(ES)的推荐算法列于本标准附录F，适合包括并列双回电缆的常用配置方式，它引自日本东京电力公司饭冢喜八郎等编著《》，1994年第2版。以往虽有资料给出ES算法，或较烦琐，或仅列示出1回电缆，而并列双回是大多电缆线路工程的一般性情况，忽视相邻回路影响的ES算值，就比实际值偏小而欠安全。

1　50V是交流系统中人体接触带电设备装置的安全容许限值。它基于IEC 61936-1标准中所示人体安全容许电压50V～80V；IEC 61200-413标准按通过人体不危及生命安全的容许电流29mA(试验测定值为30mA～67mA)和人体电阻1725Ω计，推荐在带电接触时容许电压为50V。

2　本款为原标准条文，感应电势允许值在本标准2007版已在94版100V的基础上提升为300V，本次未作实质性修改，但仍需提示有关注意事项如下：

(1)随着高压电缆截面和负荷电流的日益增大，在较长距离电缆线路工程，受金属正常感应电势容许值(ESM)仅100V的制约，往往不仅不能采取单点接地，而且交叉互联接地需以较多单元，使得不长的电缆段就需设置绝缘接头。如500kV 1×2500mm2电缆通常三相直列式配置时，每隔约250m就需设置接头；若以品字形配置虽可增大距离，但在沟道中会使蛇形敷设施工困难，且支架的承受荷载过重、载流量较小以及安全性降低，因而靠限制电缆三相配置方式并非上策。

又基于超高压电缆的接头造价昂贵，且接头数量若多，不仅安装工作量大、工期长，且将影响运行可靠性降低，因而，近些年日本、欧洲在大幅度增加电缆制造长度的同时，还采取提升ESM的做法，以作为一揽子对策。如：日本中部电力公司海部线275kV 1×2500mm2 XLPE电缆23km长，实施5个交叉互联单元，平均4300m长单元的3个区间段中，最长段按电缆制造长度1800m考虑；福冈220kV 1×2000mm2 XLPE电缆线路2．8km长，若按以往电缆制造长度约500m，需实施2个交叉互联单元，现可采取1个交叉互联，其最长区段按电缆制造长度增加为1050m考虑，由于接头减少，工程总投资节省了5％；其他还有类似的工程实践，都具有ES达200V～300V的特点(参见《电气评论》，1997．7和《フジクラ技报》，1998．10等)。英国国家电网公司曾对已运行30年的21km长275kV电缆线路进行改造，研究了由原来的28个交叉互联单元缩减为7个，交叉互联单元段长度增至2955m～3099m，其中最大ES达214V；西班牙马德里地区400kV 1×2500mm2 XLPE电缆12．7km长输电干线，采取5个交叉互联单元，单元中最长区段按电缆制造长度850m考虑，ES达263V～317V，该线路于2004年建成运行(参见IEEE TPD，2003，Vol．18，No．3和Transmission＆Distribution World，2005，8)。

(2)原标准94版规定ESM≤100V，主要是参照日本1979年出版的《地中送电规程》(JEAC，6021)，该规程2000年修订版取消100V，改为在采取有效绝缘防护时不大于300V；着有绝缘防护用具或带电作业器具时不大于7000V(见《地中送电规程》JEAC 6021-2000)。此外，IEC的有关标准迄今未显示ESM值，然而在国际大电网会议(CIGRE)的有关专题论述中，曾涉及ESM的提升，20世纪70年代，当时一般按ESM为50V～65V的情况下，CIGRE有撰文提出，在人体不能任意接触的情况下，ESM可取60V～100V；2000年CIGRE的论述则提出ESM可取400V。美国电子电气工程师学会(IEEE)较早的标准《交流单相电缆金属层连接方式适用性以及电缆金属层感应电势和电流的计算导则》IEEE Std 575-1988规定：应以安全性限制ES，却未明示ESM值，只指出按通常电缆外护层的绝缘性，ESM可达300V但需以600V为限；该导则附录中还示出当时北美地区电缆工程实践的ES最大值：美国60V～90V，加拿大100V，均比同期欧洲广泛以65V的做法要高。最新IEEE Std 575-2014标准附录C载有部分国家取值情况，美国100V～200V，紧急负荷下为275V，至少有一条地下电缆系统在紧急负荷下为447V，加拿大300V～400V，荷兰400V，法国200V(最大未超过400V)，澳大利亚250V，日本200V。

(3)ESM超出50V时，不论是100V抑或300V，都属于人体不能任意接触需安全防护的范畴，这一电压终究不很高，在考虑工作人员万一可能带电接触，如电缆外护层破损有金属套裸露时，运行管理中可明确需着绝缘靴或设绝缘垫等；至于在终端或绝缘头有局部裸露金属，除了可设置警示牌外，对安置场所可采取埋设均压带或设置局部范围绝缘垫等措施。

(4)ESM值由100V提升至300V，对于电缆护层电压限制器的三相配置接线与参数匹配，有如下考虑：

1)由于金属套上电气通路远离直接接地点的ES值较以往可能增大3倍，在系统发生短路时该处的工频过电压Uov相应也将比以往情况增大3倍，为使装设于该处的护层电压限制器承受的Uov不致过高，可把三相接线由过去的Y0改为采取△或Y等，从而使作用于护层电压限制器的Uov可降至Y0时的1／倍或1／2倍或者更低。

2)护层电压限制器的残压Ur不得超出电缆外护层冲击过电压作用时的保护水平UL，其工频耐压UR应满足UR≥Uov，是其参数选择匹配原则。如果因Uov比以往显著增大而不再满足该关系式，其方法之一是添加阀片串联数来提高UR，但伴随着Ur会增大，需验核Ur≤UL是否仍满足。近年日本的工程为适应ESM提升，曾采用此方法实践，或有启迪性。

3)若上述1)、2)尚不足以适应，可促使开发更佳参数的护层电压限制器，也并不存在克服不了的技术障碍。

(5)提升ESM的积极意义是减免单芯电缆线路接头的配置，既降低工程造价和缩短工期，又有利于增强电缆线路系统的可靠性。电压等级越高，其效益越明显。此外，还将会促使我国生产厂家增大电缆制造长度，随之更有助于上述积极意义的体现。总之，我国经济形势持续高涨下，高压、超高压的大截面单芯电缆线路工程建设将不断发展，提升ESM仅每年投资节省费估计将超过百万元或千万元以上。

4．1．12　系原条文4．1．11修改条文。

本条系对电缆金属套的接地方式做原则性规定，对交流系统单芯电力电缆线路一端、中央部位单点直接接地以及交叉互联接地方式下电缆护层绝缘水平、护层电压限制器选择，还需根据电缆长度、电缆输送容量、雷电冲击电压、操作冲击电压、单相接地短路电流、电缆敷设方式、电缆本体参数、护层电压限制器参数等进行计算，确保护层电压限制器参数与外护层的绝缘水平配合，满足保护水平要求。

4．1．13　系原条文4．1．12修改条文。

单芯电力电缆及其接头的外护层和终端支座、绝缘接头的金属套绝缘分隔、GIS终端的绝缘筒这三个部位，冲击耐压指标在国内外标准有不尽全面的各自规定，现列于表4。

表4　国内外标准中载列单芯电缆及其附件的冲击耐压(kV)指标

为评估电缆系统上述部位可能作用的暂态过电压，可经由计算或测试两个途径，简述如下：

(1)按电缆连接特征的等价电路求算：

1)电缆与架空线直接相连的情况，外护层的雷电冲击过电压算法：

①首侧终端接地、电缆尾侧金属套开路端的冲击过电压USA的表达式：

式中：E——雷电进行波幅值(kV)；

Zo——架空线波阻抗(Ω)，一般为400Ω～600Ω；

Zc——电缆导体与金属套之间波阻抗(Ω)；

Zse——电缆金属套与大地之间波阻抗(Ω)；

R——金属套接地电阻(Ω)。

Zc、Zse——与电缆规格、型式和敷设方式有关，尤其后者影响差异较明显。理论计算值与实测值往往有较大差异，现从日本和国际大电网会议(CIGRE)文献中摘列部分Zc、Zse值，列于表5。

表5　部分单芯电缆Zc、Zse值

2)电缆直连GIS终端的绝缘筒，因断路器切合时产生操作过电压，具有约20MHz高频衰减振荡波和波头长0．1μs陡度的特征，该行波沿电缆导体侵入，在金属套感生暂态过电压的相关因素和等价电路，如图1所示，可得到绝缘筒间过电压(Uab)、电缆金属套对地过电压(Us)的表达式：

式中：E1——GIS的断路器切合过电压沿电缆导体进行波幅值(kV)；

Zcb——气体绝缘母线的导体与护层间波阻抗(Ω)；

Zcs——气体绝缘母线的护层与大地间波阻抗(Ω)；

L1、L2——气体绝缘母线和电缆的各自接地线感抗(Ω)；

C——两护层间的杂散电容(F)。

其余符号含义同上。

以上算法虽不复杂，然而在工程设计中要确定准确的有关参数，一般较难办。

图1　电缆直接GIS终端绝缘筒的暂态过电压计算用等价电路

(2)经由实际系统的测试结果评估。迄今所见，主要有日本报道过66kV及以上单芯电缆线路的系列实际测试，现摘列部分结果如下：

1)对于66kV～275kV电缆未设置护层电压限制器情况，自20世纪80年代起先后进行过10次以上测试，电缆线路金属套对地暂态过电压(Us)分别达45．6kV、100kV～219kV、90kV～246kV(相应额定电压级为66kV、154kV、275kV)，均已超出电缆外护层绝缘耐压水平。

此外，系列66kV～154kV电缆具有多个交叉互联单元的长线路测试数据，显示了电缆线路首端(雷电波侵入侧；若线路另一侧直连架空线，则存在两侧首端)起始1个～2个交叉互联单元的Us才有超过耐压值情况，其后的Us均在耐压水平以下。虽然如此，但日本对275kV及以上电缆线路所有的绝缘接头，均仍设置护层电压限制器以策安全。

2)66kV～275kV电缆直连GIS终端的绝缘筒，在3种不同条件电缆线路的测试结果，Uab分别达44．9kV、52．4kV、104．4kV、186．6kV(相应额定电压级为66kV、77kV、154kV、275kV)，均已超出耐压值，若在绝缘筒并联0．03μF电容或护层电压限制器，则测得Uab不超过6kV～14kV，证实有效(参见日本《电气学会技术报告》第366号(1991)、第527号(1994)等专题论述)。

(3)基于以上论述可进而就本条文内容解释：

1)单芯电缆的外护层等三个部位，在运行中承受可能的暂态过电压，如雷电波或断路器操作、系统短路时所产生，若作用幅值超出这些部位的耐压指标时，就应附加护层电压限制器保护，是作为原则要求。

2)因35kV以上电缆系统的Us实测有超出耐压值情况，又考虑通常对具体工程难以确切判明，为安全计就一般而论，均需实施过电压保护。如果有工程经实测或确切计算认为无须采取，则属“一般”之外。

3)35kV及以下单芯电缆以往多未装设护层电压限制器，经年运行尚未反映有过电压问题；而实测Us随额定电压由高至低有较大幅度变小的趋势，况且设置后若选用不当(如工频过电压的热损坏)也会带来弊病，故与35kV以上的对策宜有所区分。鉴于国内有的35kV电缆工程近也设置护层电压限制器，利于安全的积极意义，需引起重视，现综合都反映于条文中。

4)关于第1款第3项，首先需指出，我国迄今使用电缆直连GIS终端为国外引进产品，国内有关标准尚无GIS终端的绝缘筒耐压指标，现基于第1款第2项，并借鉴日本《地中送电规程》(JEAC 6021-2000)(如图2所示)拟定此对策。其次在用词上并未以“应”而取“宜”，是考虑到一旦若选用较高的耐压指标而确能耐受Uab时，保护措施或将免除。

图2　GIS终端绝缘筒及其接地和保护示意

(4)增加第3款。

电缆护层电压限制器正常运行时承受的由负载电流引起电缆护套感应电压只有几十伏，最大不超过300V，可忽略不计，采用单相接地短路电流引起的感应电压作为电压限制器的持续电压，这点与常规避雷器有区别，其持续运行电压的计算应满足现行国家标准《交流金属氧化物避雷器的选择和使用导则》GB／T 28547-2012的有关规定。

采取敷设回流线方式来降低工频感应过电压只是对单点接地或中点接地电缆线路有效。交叉互联接地的电缆线路本身不需要装设回流线，原因是电缆线路交叉互联的每一大段的两端接地，当线路发生单相接地短路时，如接地电流不通过大地，则每相的金属护层通过1／3的接地电流，此时的金属护套相当于回流线，而每一小段金属护套的对地电压也就是绝缘接头的对地电压，此电压只是单端接地线路加回流线时的1／3，同时电缆线路对临近的辅助电缆的感应电压也很小，因此，交叉互联接地的电缆线路不需再加回流线。

4．1．14　系原条文4．1．13修改条文。

现行的电缆用护层电压限制器(Sheath Voltage Limiter，SVL)主体为无间隙的氧化锌阀片，具有电压为电流函数的非线性变化特征，其特征参数含：①起始动作电压U1mA；②残压Ur；③一定时间内的工频耐压UAC.t。

1　雷电波侵入或断路器操作时产生的冲击感应过电压，使SVL动作形成的Ur，不致超过电缆护层绝缘耐受水平，是作为其功能的基本要素之一。Ur乘以1．4是计入绝缘配合系数。

2　电缆金属套相连的SVL，在系统正常运行时所承受几百伏内的电压下，具有很高的电阻性犹如对地隔断状态；当系统短路时产生的工频过电压(UOA.AC)在短路切除时间(tk)内不超出UAC.t时，则SVL能保持正常工作。

我国现行SVL用的串联阀片，显示有单个阀片的特性参数，其UAC.t按2s给出。日本66kV～275kV电缆系统用的整体SVL示出参数含有U1mA≥4．5kV，Ur≤14kV；另对SVL在工频过电压下是否出现热损坏的界定，曾基于系列试验归纳出电压、时间临界关系曲线，如tk为0．2s或2s时，不发生热破坏的相应临界工频电压为6．4kV或6kV(参见《电气评论》1997年7月号载“电力ケーブル防食层保护装置の适用基准”)。

就tk值的确定而论，不同电压级系统继电保护与断路器动作的可靠性统计显示了tk存在差别，如日本1984～1991年根据3大电力系统实际，按电压级500kV、275kV、154kV及以下，推荐tk相应为0．2s、0．4s、2s(见《电气学会技术报告》第527号，1994)；英国则按继电保护的第2级动作来择取tk(见G．F．Moore，Electric Cables Handbook，1997)，IEEE Std 575-2014中7．5条给出建议，为了满足断路器重合闸要求，tk按照继电保护最大动作时间的2倍考虑，按我国现行继电保护规范和部分运行统计，6kV线路后备保护时间约为1．45s，110kV线路后备保护最大时间约为1．9s，220kV～500kV后备保护最大时间约为1．5s，110kV及以下取2s与日本154kV基本相同，220kV和500kV则相对有较大裕度，与英国采用后备保护时间是一致的。若仍按原条文tk统一按5s以内计诚然偏安全，但考虑到正常感应电势提升至300V后(提升电压也是为了减少电缆接头和施工工程量，提高线路可靠性，见本标准第4．1．11条说明)，且随着电力系统容量规模越来越大，致使系统发生单相接地短路电流较过去有较大增加，增大的单相接地短路电流将会使金属套不接地端工频感应过电压UOV.AC值比以往会增大，给SVL的UAC.t选择可能带来困难，为了适应系统的这一较大变化，既满足SVL工频耐受过电压要求，又不至于采用缩短单点接地方式的电缆长度或缩短交叉互联每个电缆小段的长度来适应这一情况，进而减少了电缆中间接头数量和施工工程量，可提高线路运行可靠性，减少工程投资，故本次修订将“切除故障时间应按5s以内计算”改为“切除故障时间应按2s计算”。

根据护层电压限制器工频耐受电压时间特性，相同型号的护层电压限制器，因时间缩短，其工频耐受电压值相应增加。本次修订将tk改为2s后，对减少电缆工程投资具有积极意义。

4．1．15　系原条文4．1．14保留条文。

(1)单点接地方式电缆线路的SVL接线配置方式有Y0、Y或△。一般安置SVL的环境较潮湿，△法、Y法的SVL需保持对地绝缘性，且不及Y0法易于实施阀片的老化检测，故以往实践中多使用Y0法，且三相装一箱，其中每台SVL还配置连接片或隔离刀闸。又△法比Y0法的抑制过电压效果较好，但承受工频过电压却是Y0法的1．73倍；Y法则比Y0法的工频过电压稍低，它适合接地电阻大于0．2Ω情况。

(2)交叉互联电缆线路在绝缘接头部位，设置SVL的三相连接方式有多种提议，主要有4种方式：①Y0；②△或桥形不接地；③桥形接地；④△加Y0双重式。日本《地中送电规程》JEAC 6021-2000载有①～③示例，如图3所示。

图3　交叉互联线路设置护层电压限制器的三相接线方式

从暂态过电压保护效果看，按最佳到较差的方式顺序依次有④＞③＞②＞①；就方式②与方式③相比，如果保护回路一旦断线时，对地的暂态感应电势(Us)二者虽相当，但绝缘接头金属套绝缘分隔的跨接暂态感应电势(UAA)，方式②比方式③显著较高；就连接线长度影响而论，方式①的连接线比方式②、方式③长，一般达2m～10m或电缆直埋时可能更长，暂态冲击波沿连接的波阻产生压降，与SVL的Ur一起叠加作用之Us，前者就往往占有相当份额，而方式③跨接于绝缘接头的SVL以铜排连接时长度只有0．02m～0．2m。

从系统短路时产生UOV.AC所用于SVL的大小来看，方式①为方式②的1／，方式③为方式②的1／2。

从运行中定期需进行检测的方便性来看，带有隔离刀闸的Y0接线方式①就有其优点。

英国等欧洲电缆直埋线路曾广泛使用Y0接线，日本以往曾用Y0接线，近年则主要采取上述方式②、方式③，也有采取方式②与方式①联合方式。

(3)SVL连接回路的要求，除了从电气性协调一致考虑外，还从实际使用条件以及经验启迪所归纳，尤其是直埋电缆的环境。例如：英国直埋电缆线路设置的SVL箱，按可能处于1m深水中条件做防水密封；箱壳顶采取钟罩式；箱体采取铸铁或不锈钢；箱内绝缘支承用瓷质件；对同轴电缆引入处加密封套；部分空隙以沥青化合物充填等。国际大电网会议(CIGRE)的有关导则也强调箱体应密封防潮。又如我国工程实践，有的箱底胶木板在运行中受潮丧失绝缘性，同轴电缆未与它充分隔开时，进行绝缘检测易出现误判等。

在国内实际使用中，常发生接地箱漏水导致故障情况，不少工程中已将SVL箱的防护等级提高至IP65，工程设计时需引起重视。

4．1．16　系原条文4．1．15修改条文。

工程实践显示，一般在单点接地方式下设置回流线将使电缆线路的允许距离显著增长，对抑制电缆护层短路工频过电压UOV.AC效果较好。

如UOV.AC值增高超出SVL的UAC.t时，交叉互联接地具有的使SVL由△接法改变为Y0、桥形接地来降低UOV.AC之途径，对单点接地方式却不适应，需以回流线的设置来适应。

4．1．17　系原条文4．1．16修改条文。

110kV及以上交流系统中性点为直接接地，系统发生单相接地短路时，在金属套单点接地的电缆线路中沿金属套产生的UOV.AC有下列表达式：

式中：D——地中电流穿透深度(m)，当f＝50Hz时，D＝93．18，ρ为土壤电阻率(Ω·m)，通常为20～100；直埋取50～100；

R——金属套单点接地处的接地电阻(Ω)；

Rp和R1、R2——回流线电阻(Ω／km)及其两端的接地电阻(Ω)；

Rg——大地的漏电电阻(Ω／km)，Rg＝π2×f×10-4＝0．0493；

rp、rs——回流线导体、电缆金属套的平均半径(m)；

s——回流线至相邻最近一相电缆的距离(m)；

Ik——短路电流(kA)；

f——工作频率(Hz)；

l——电缆线路计算长度(km)；当SVL设置于线路中央或者设置于两侧终端而在线路中央直接接地时，l为两侧终端之间线路长度的一半。

运用式(7)～式(9)的一般结果显示：式(7)中R占相当份额，同一条件下有式(8)比式(7)式算值小，式(9)比式(8)算值较小因而比式(7)算值更小。由此，本条第3款和第1款的前一段得以释明，后一段则指系统短路时在回流线感生的暂态环流，按发热温升不致熔融导体是保持继续使用功能的最低要求，现以热稳定计是留有充分的安全裕度。

需指出，当电缆并非直埋或排管敷设而是在隧道、沟道中，则金属支架接地的连接线就具有一定程度的回流线功能。

4．1．18　系原条文4．1．17修改条文。

温度在线监测目前普遍采用的是基于分布式温度传感技术的电缆温度在线监测系统，该技术利用光时域反射原理、激光拉曼光谱原理，经波分复用器、光电检测器等对采集的温度信息进行放大并将温度信息实时地计算出来。在日本、欧洲及韩国等发达国家的电力公司，对于超过110kV的高压电缆均要求采用分布式测温设备。根据本标准《高压、超高压电力电缆及附件制造、使用和运行情况》调研报告，主要对高压、超高压电力电缆在线监测系统使用较多的广东、广西等进行了调研和统计，如表6所示。

表6　电缆线路在线监测类型情况统计表(台、套)

实际工程中，高压电缆在线监测根据电缆重要程度往往只装设了一种或两种。如国内某变电站线路工程，由于受变电站周边场地的制约，变电站侧3回110kV进线采用电缆线路与系统相连，每回电缆线路约0．6km。该段电缆线路全程采用电缆沟＋排管敷设方式。

电缆型式：单芯铜导体、交联聚乙烯绝缘，波纹铝护套、聚氯乙烯外护套电力电缆。电缆截面：1×630mm2。

该电缆线路设置一套分布式光纤测温系统实现对电缆线路的在线监测功能。分布式光纤测温系统由主机、传感光纤及其他配置组合而成，可连续测量、准确定位整条光纤所处空间各点的温度，通过光纤上的温度的变化来检测出光纤所处环境变化，当电缆温度超过报警限值时，发出报警信息，并显示报警点位置及温度。在掌握电缆全线的表面温度后，通过专用软件计算电缆线芯温度和电缆负载率，为线路调度提供依据。

总体结构图如图4所示。

图4　电缆线路在线监测总体结构图

分布式光纤测温及电缆载流量在线监测系统可实现以下主要功能：

(1)温度监测功能：具备实时监测记录电缆的全程不间断运行温度。

(2)温度监测和温度异常报警功能：通过对电缆表面温度、环境温度的监测，及时发现电缆运行过程中出现的问题以及运行电缆周围环境的突变，具备最高温度报警、温升速率报警、平均温度报警、系统故障报警、光纤断裂报警等功能，并能显示、记录测温数据、报警位置等信息。

(3)载流能力评估功能：能对测量的电缆温度数据进行分析，即根据电缆表面温度及其他相关数据计算出电缆导体运行温度，以及目前运行状态下电缆的最大稳态载流量，并生成相应的负荷曲线(含实时负荷曲线和最大允许的负荷曲线)。

(4)在紧急状态下载流能力评估功能：给定过载电流和过载时间可以计算出电缆的过载温度，给定过载电流和最高允许温度可以计算过载时间，给定过载时间和最高允许温度可计算最大允许过载电流。

(5)动态载流量分析功能(日负荷)：能对测量的电缆温度数据进行分析，即根据电缆表面温度、实时电流及其他相关数据实时计算出电缆导体温度；给出未来许用电流的预测，给定预设电流可以计算出电缆安全运行时间。

(6)海底电缆温度在线监测系统通过海缆自带的一根单模光纤或增设一根多模光纤实时监测长距离海缆的表面温度、导体温度及载流量，及时发现海缆过热点、异常点，保障海缆的安全运行，是海缆预防性维护的必要的基础设施，能够大幅降低海缆故障以后带来的昂贵的维护成本。

因此，鉴于目前在线温度监测装置制造水平不断提高，根据本标准《高压、超高压电力电缆及附件制造、使用和运行情况》调研报告情况和实际工程也有较多成熟的应用，且装设对电缆运行有一定的监测作用，对提高高压电缆线路运行管理水平有较好作用。

4．1．19　系原条文4．1．18修改条文。

110kV及以上高压电缆线路金属套通常采用单端接地或交叉互联接地，此时金属套内电流只有很小的电容电流或环流电流。若电缆金属套外护套发生破损接地，则会在金属套、接地线内产生明显较大的电流。该电流可能导致电缆温度升高，进而导致绝缘加快老化。高压电缆护层电流监测装置通过在电缆护层接地线上安装一套接地电流采集装置，实现对电缆接地电流的实时监控，一旦电缆发生故障，装置会马上发出报警，提示相关人员对电缆故障进行及时处理，可提高电缆运行的安全性。装置主要应用于交叉互联系统护层接地电流监测、保护接地线监测、直接接地线监测、GIS终端接地线监测等方面。装置直接采用电流互感器进行采样、监测。其原理示意图如图5、图6所示。

图6　交叉互联接地电缆、接地电流在线监测系统

4．1．20　系新增条文。

4　电缆附件及附属设备的选择与配置

4．1　一般规定

4．1．1　系原条文4．1．1修改条文。

3　根据国家能源局《防止电力生产事故的二十五项重点要求》(2014)第17．1．4条要求，66kV及以上电压等级电缆的GIS终端和油浸终端宜选择插拔式。

4．1．2　系原条文4．1．2修改条文。

电缆终端的构造类型，随电压等级、电缆绝缘类别、终端装置型式等有所差异。在同一电压级的特定绝缘电缆及其终端装置情况下，终端构造方式可能有多种类型。

66kV以上自容式充油电缆终端构造已基本定型且种类有限，然而XLPE电缆的终端构造类型较多，按照加工工艺和材料可以分为：

(1)热收缩附件：所用材料一般为聚乙烯及乙丙橡胶，采用应力管处理应力集中问题，轻便、安装容易，价格便宜，目前主要适用于中低压电缆系统。

(2)预制式附件：可分为整体预制式和组装预制式。

预制式终端的主要材料一般为硅橡胶或乙丙橡胶，采用应力锥处理应力集中问题。材料性能优良，安装便捷，价格较贵，主要用于中低压及高压系统。

整体预制式采用无模缝制造工艺，具有良好的耐气候、抗漏痕、抗电蚀能力和憎水性能，防污闪能力强，整个终端为全干式，安装位置、方向灵活，可倾斜安装。

组装预制式按照外绝缘型式分为瓷套式终端和复合绝缘终端，按照套管内是否有绝缘填充物又可分为湿式终端和干式终端，湿式终端内外绝缘之间填充绝缘油或绝缘气体，干式终端内外绝缘紧密贴合。

组装预制式还可按照电缆终端与设备连接类型分户外敞开式终端、SF6电缆终端(GIS终端)和油浸电缆终端(变压器终端)，干式终端按安装连接方式分为常规式、插入式和插拔式。

(3)冷缩式附件：一般采用硅橡胶材料，与预制式附件相比，除了材料性能优良、不动火、弹性好，安装更方便快捷，但价格较贵，一般适用于中低压电缆。

通过对国内外主要的高压、超高压电力电缆附件生产厂家进行的调研了解到，国外电缆厂家如：法国耐克森、日本VISCAS、日本JPS、法国Silec、ABB、意大利普瑞斯曼、德国南方公司由于起步较早，在110kV～500kV电缆附件制造方面已经具备了比较成熟的经验。国内已经具备了110kV、220kV电力电缆附件的制造能力，并且110kV、220kV电力电缆附件已基本实现了国产化，500kV电力电缆附件国产化率较低。户外式终端、GIS终端、变压器终端及中间接头的构造类型制造情况见表1、表2。

表1　电缆终端型式

表2　电缆中间接头

4　增加“人员密集场所”宜优先选用复合绝缘终端，是基于安全考虑，瓷套管具有脆性，若事故爆炸产生碎片可能危及人身设备安全。

4．1．5　系原条文4．1．5修改条文。

3　在275kV及以下单芯XLPE电缆线路，直接对电缆实施金属套开断并作绝缘处理，以减免绝缘接头的设置，为最近欧洲、日本开创的新方法。欧洲是在需要实施交叉互联的局部段，剥切其外护层、金属套和外半导电层，且对露出的该段绝缘层实施表面平滑打磨后，再进行绝缘增强和密封防水处理，形成等效于绝缘接头的功能；日本的方法不同之处只是不切剥外半导电层，从而不存在绝缘层表面的再处理(可参见《广东电缆技术》，2002，No．4)。我国在220kV XLPE电缆线路工程已如此实践。这种做法常被称为假绝缘接头。

4　带分支主干电缆(main cable with branches)(有称预分支电缆)是一种在主干电缆多个特定部位实施工厂化预制分支的特殊型式电缆，它的分支接头已被纳入该电缆整体，无须另选用Y形接头。

4．1．6　系原条文4．1．6修改条文。

1　海底电缆接头包括工厂制作的软接头和现场抢修用的抢修接头。工厂接头是在电缆制造过程中在电缆上制作的接头，海底电缆一般应采用连续生产制作的整根电缆，仅在工艺不能满足电缆制造长度要求时才允许有工厂接头。现场抢险用的接头是与工厂接头一样的软接头，其接头的电气和机械性能尽可能与电缆一致。

2　电力电缆，尤其是高压XLPE电缆的接头构造类型较多。接头的装置类型中直通接头与绝缘接头的基本构成相同，此类接头的使用广泛，就高压范围看，充油电缆接头构造几乎已定型，而XLPE电缆随着应用不断扩展和技术进步，其接头选用问题则愈益受到关注。

世界上66kV以上XLPE电缆直通接头的构造类型、特点及其主要应用概况，列示于表3。从不完全的调查所知，除了序号3、5、6等项外，列示的其他类型接头在我国66kV～220kV系统均有不同程度的应用，近年来，采用预制式接头已是较普遍趋向。

虽然66kV～110kV电缆线路原有的TJ多在正常运行，且还将继续，但对于TJ的应用问题，要看到以往采用它是由于接头的构造类型有限，其选择条件不像如今的多样化；TJ的可靠性受人为因素影响较大，是其本质弱点；既然可靠性相对较高的构造类型已不乏供选择，国产PMJ等也已问世，而TJ的应用电压不可能进入220kV级，其发展空间有限，再开发国产绕包机等缺乏实际意义，因此，对于工程设计限制选用TJ，有其积极意义。

表3　66kV及以上XLPE电缆接头构造类型和主要应用概况

4．1．9　系新增条文。

系原条文4．1．2第4款和4．1．6第4款合并条款。

4．1．10　系原条文4．1．9修改条文。

电力电缆的金属套直接接地，是保障人身安全所需，也有利于电缆安全运行。

交流系统中3芯电缆的金属套，在两终端等部位以不少于两点直接接地，正常运行时金属套不感生环流。而交流单芯电缆则要考虑正常运行的时金属套感生环流及其损耗发热影响，故另以第4．1．11条区分要求。

电力电缆的金属套为金属屏蔽层、金属套、金属铠装层的总称，对于既有金属屏蔽层又有金属套的单芯电缆，金属套的接地是指二者均连通接地。

4．1．11　系原条文4．1．10修改条文。

交流单芯电缆金属套的正常感应电势(ES)的推荐算法列于本标准附录F，适合包括并列双回电缆的常用配置方式，它引自日本东京电力公司饭冢喜八郎等编著《》，1994年第2版。以往虽有资料给出ES算法，或较烦琐，或仅列示出1回电缆，而并列双回是大多电缆线路工程的一般性情况，忽视相邻回路影响的ES算值，就比实际值偏小而欠安全。

1　50V是交流系统中人体接触带电设备装置的安全容许限值。它基于IEC 61936-1标准中所示人体安全容许电压50V～80V；IEC 61200-413标准按通过人体不危及生命安全的容许电流29mA(试验测定值为30mA～67mA)和人体电阻1725Ω计，推荐在带电接触时容许电压为50V。

2　本款为原标准条文，感应电势允许值在本标准2007版已在94版100V的基础上提升为300V，本次未作实质性修改，但仍需提示有关注意事项如下：

(1)随着高压电缆截面和负荷电流的日益增大，在较长距离电缆线路工程，受金属正常感应电势容许值(ESM)仅100V的制约，往往不仅不能采取单点接地，而且交叉互联接地需以较多单元，使得不长的电缆段就需设置绝缘接头。如500kV 1×2500mm2电缆通常三相直列式配置时，每隔约250m就需设置接头；若以品字形配置虽可增大距离，但在沟道中会使蛇形敷设施工困难，且支架的承受荷载过重、载流量较小以及安全性降低，因而靠限制电缆三相配置方式并非上策。

又基于超高压电缆的接头造价昂贵，且接头数量若多，不仅安装工作量大、工期长，且将影响运行可靠性降低，因而，近些年日本、欧洲在大幅度增加电缆制造长度的同时，还采取提升ESM的做法，以作为一揽子对策。如：日本中部电力公司海部线275kV 1×2500mm2 XLPE电缆23km长，实施5个交叉互联单元，平均4300m长单元的3个区间段中，最长段按电缆制造长度1800m考虑；福冈220kV 1×2000mm2 XLPE电缆线路2．8km长，若按以往电缆制造长度约500m，需实施2个交叉互联单元，现可采取1个交叉互联，其最长区段按电缆制造长度增加为1050m考虑，由于接头减少，工程总投资节省了5％；其他还有类似的工程实践，都具有ES达200V～300V的特点(参见《电气评论》，1997．7和《フジクラ技报》，1998．10等)。英国国家电网公司曾对已运行30年的21km长275kV电缆线路进行改造，研究了由原来的28个交叉互联单元缩减为7个，交叉互联单元段长度增至2955m～3099m，其中最大ES达214V；西班牙马德里地区400kV 1×2500mm2 XLPE电缆12．7km长输电干线，采取5个交叉互联单元，单元中最长区段按电缆制造长度850m考虑，ES达263V～317V，该线路于2004年建成运行(参见IEEE TPD，2003，Vol．18，No．3和Transmission＆Distribution World，2005，8)。

(2)原标准94版规定ESM≤100V，主要是参照日本1979年出版的《地中送电规程》(JEAC，6021)，该规程2000年修订版取消100V，改为在采取有效绝缘防护时不大于300V；着有绝缘防护用具或带电作业器具时不大于7000V(见《地中送电规程》JEAC 6021-2000)。此外，IEC的有关标准迄今未显示ESM值，然而在国际大电网会议(CIGRE)的有关专题论述中，曾涉及ESM的提升，20世纪70年代，当时一般按ESM为50V～65V的情况下，CIGRE有撰文提出，在人体不能任意接触的情况下，ESM可取60V～100V；2000年CIGRE的论述则提出ESM可取400V。美国电子电气工程师学会(IEEE)较早的标准《交流单相电缆金属层连接方式适用性以及电缆金属层感应电势和电流的计算导则》IEEE Std 575-1988规定：应以安全性限制ES，却未明示ESM值，只指出按通常电缆外护层的绝缘性，ESM可达300V但需以600V为限；该导则附录中还示出当时北美地区电缆工程实践的ES最大值：美国60V～90V，加拿大100V，均比同期欧洲广泛以65V的做法要高。最新IEEE Std 575-2014标准附录C载有部分国家取值情况，美国100V～200V，紧急负荷下为275V，至少有一条地下电缆系统在紧急负荷下为447V，加拿大300V～400V，荷兰400V，法国200V(最大未超过400V)，澳大利亚250V，日本200V。

(3)ESM超出50V时，不论是100V抑或300V，都属于人体不能任意接触需安全防护的范畴，这一电压终究不很高，在考虑工作人员万一可能带电接触，如电缆外护层破损有金属套裸露时，运行管理中可明确需着绝缘靴或设绝缘垫等；至于在终端或绝缘头有局部裸露金属，除了可设置警示牌外，对安置场所可采取埋设均压带或设置局部范围绝缘垫等措施。

(4)ESM值由100V提升至300V，对于电缆护层电压限制器的三相配置接线与参数匹配，有如下考虑：

1)由于金属套上电气通路远离直接接地点的ES值较以往可能增大3倍，在系统发生短路时该处的工频过电压Uov相应也将比以往情况增大3倍，为使装设于该处的护层电压限制器承受的Uov不致过高，可把三相接线由过去的Y0改为采取△或Y等，从而使作用于护层电压限制器的Uov可降至Y0时的1／倍或1／2倍或者更低。

2)护层电压限制器的残压Ur不得超出电缆外护层冲击过电压作用时的保护水平UL，其工频耐压UR应满足UR≥Uov，是其参数选择匹配原则。如果因Uov比以往显著增大而不再满足该关系式，其方法之一是添加阀片串联数来提高UR，但伴随着Ur会增大，需验核Ur≤UL是否仍满足。近年日本的工程为适应ESM提升，曾采用此方法实践，或有启迪性。

3)若上述1)、2)尚不足以适应，可促使开发更佳参数的护层电压限制器，也并不存在克服不了的技术障碍。

(5)提升ESM的积极意义是减免单芯电缆线路接头的配置，既降低工程造价和缩短工期，又有利于增强电缆线路系统的可靠性。电压等级越高，其效益越明显。此外，还将会促使我国生产厂家增大电缆制造长度，随之更有助于上述积极意义的体现。总之，我国经济形势持续高涨下，高压、超高压的大截面单芯电缆线路工程建设将不断发展，提升ESM仅每年投资节省费估计将超过百万元或千万元以上。

4．1．12　系原条文4．1．11修改条文。

本条系对电缆金属套的接地方式做原则性规定，对交流系统单芯电力电缆线路一端、中央部位单点直接接地以及交叉互联接地方式下电缆护层绝缘水平、护层电压限制器选择，还需根据电缆长度、电缆输送容量、雷电冲击电压、操作冲击电压、单相接地短路电流、电缆敷设方式、电缆本体参数、护层电压限制器参数等进行计算，确保护层电压限制器参数与外护层的绝缘水平配合，满足保护水平要求。

4．1．13　系原条文4．1．12修改条文。

单芯电力电缆及其接头的外护层和终端支座、绝缘接头的金属套绝缘分隔、GIS终端的绝缘筒这三个部位，冲击耐压指标在国内外标准有不尽全面的各自规定，现列于表4。

表4　国内外标准中载列单芯电缆及其附件的冲击耐压(kV)指标

为评估电缆系统上述部位可能作用的暂态过电压，可经由计算或测试两个途径，简述如下：

(1)按电缆连接特征的等价电路求算：

1)电缆与架空线直接相连的情况，外护层的雷电冲击过电压算法：

①首侧终端接地、电缆尾侧金属套开路端的冲击过电压USA的表达式：

式中：E——雷电进行波幅值(kV)；

Zo——架空线波阻抗(Ω)，一般为400Ω～600Ω；

Zc——电缆导体与金属套之间波阻抗(Ω)；

Zse——电缆金属套与大地之间波阻抗(Ω)；

R——金属套接地电阻(Ω)。

Zc、Zse——与电缆规格、型式和敷设方式有关，尤其后者影响差异较明显。理论计算值与实测值往往有较大差异，现从日本和国际大电网会议(CIGRE)文献中摘列部分Zc、Zse值，列于表5。

表5　部分单芯电缆Zc、Zse值

2)电缆直连GIS终端的绝缘筒，因断路器切合时产生操作过电压，具有约20MHz高频衰减振荡波和波头长0．1μs陡度的特征，该行波沿电缆导体侵入，在金属套感生暂态过电压的相关因素和等价电路，如图1所示，可得到绝缘筒间过电压(Uab)、电缆金属套对地过电压(Us)的表达式：

式中：E1——GIS的断路器切合过电压沿电缆导体进行波幅值(kV)；

Zcb——气体绝缘母线的导体与护层间波阻抗(Ω)；

Zcs——气体绝缘母线的护层与大地间波阻抗(Ω)；

L1、L2——气体绝缘母线和电缆的各自接地线感抗(Ω)；

C——两护层间的杂散电容(F)。

其余符号含义同上。

以上算法虽不复杂，然而在工程设计中要确定准确的有关参数，一般较难办。

图1　电缆直接GIS终端绝缘筒的暂态过电压计算用等价电路

(2)经由实际系统的测试结果评估。迄今所见，主要有日本报道过66kV及以上单芯电缆线路的系列实际测试，现摘列部分结果如下：

1)对于66kV～275kV电缆未设置护层电压限制器情况，自20世纪80年代起先后进行过10次以上测试，电缆线路金属套对地暂态过电压(Us)分别达45．6kV、100kV～219kV、90kV～246kV(相应额定电压级为66kV、154kV、275kV)，均已超出电缆外护层绝缘耐压水平。

此外，系列66kV～154kV电缆具有多个交叉互联单元的长线路测试数据，显示了电缆线路首端(雷电波侵入侧；若线路另一侧直连架空线，则存在两侧首端)起始1个～2个交叉互联单元的Us才有超过耐压值情况，其后的Us均在耐压水平以下。虽然如此，但日本对275kV及以上电缆线路所有的绝缘接头，均仍设置护层电压限制器以策安全。

2)66kV～275kV电缆直连GIS终端的绝缘筒，在3种不同条件电缆线路的测试结果，Uab分别达44．9kV、52．4kV、104．4kV、186．6kV(相应额定电压级为66kV、77kV、154kV、275kV)，均已超出耐压值，若在绝缘筒并联0．03μF电容或护层电压限制器，则测得Uab不超过6kV～14kV，证实有效(参见日本《电气学会技术报告》第366号(1991)、第527号(1994)等专题论述)。

(3)基于以上论述可进而就本条文内容解释：

1)单芯电缆的外护层等三个部位，在运行中承受可能的暂态过电压，如雷电波或断路器操作、系统短路时所产生，若作用幅值超出这些部位的耐压指标时，就应附加护层电压限制器保护，是作为原则要求。

2)因35kV以上电缆系统的Us实测有超出耐压值情况，又考虑通常对具体工程难以确切判明，为安全计就一般而论，均需实施过电压保护。如果有工程经实测或确切计算认为无须采取，则属“一般”之外。

3)35kV及以下单芯电缆以往多未装设护层电压限制器，经年运行尚未反映有过电压问题；而实测Us随额定电压由高至低有较大幅度变小的趋势，况且设置后若选用不当(如工频过电压的热损坏)也会带来弊病，故与35kV以上的对策宜有所区分。鉴于国内有的35kV电缆工程近也设置护层电压限制器，利于安全的积极意义，需引起重视，现综合都反映于条文中。

4)关于第1款第3项，首先需指出，我国迄今使用电缆直连GIS终端为国外引进产品，国内有关标准尚无GIS终端的绝缘筒耐压指标，现基于第1款第2项，并借鉴日本《地中送电规程》(JEAC 6021-2000)(如图2所示)拟定此对策。其次在用词上并未以“应”而取“宜”，是考虑到一旦若选用较高的耐压指标而确能耐受Uab时，保护措施或将免除。

图2　GIS终端绝缘筒及其接地和保护示意

(4)增加第3款。

电缆护层电压限制器正常运行时承受的由负载电流引起电缆护套感应电压只有几十伏，最大不超过300V，可忽略不计，采用单相接地短路电流引起的感应电压作为电压限制器的持续电压，这点与常规避雷器有区别，其持续运行电压的计算应满足现行国家标准《交流金属氧化物避雷器的选择和使用导则》GB／T 28547-2012的有关规定。

采取敷设回流线方式来降低工频感应过电压只是对单点接地或中点接地电缆线路有效。交叉互联接地的电缆线路本身不需要装设回流线，原因是电缆线路交叉互联的每一大段的两端接地，当线路发生单相接地短路时，如接地电流不通过大地，则每相的金属护层通过1／3的接地电流，此时的金属护套相当于回流线，而每一小段金属护套的对地电压也就是绝缘接头的对地电压，此电压只是单端接地线路加回流线时的1／3，同时电缆线路对临近的辅助电缆的感应电压也很小，因此，交叉互联接地的电缆线路不需再加回流线。

4．1．14　系原条文4．1．13修改条文。

现行的电缆用护层电压限制器(Sheath Voltage Limiter，SVL)主体为无间隙的氧化锌阀片，具有电压为电流函数的非线性变化特征，其特征参数含：①起始动作电压U1mA；②残压Ur；③一定时间内的工频耐压UAC.t。

1　雷电波侵入或断路器操作时产生的冲击感应过电压，使SVL动作形成的Ur，不致超过电缆护层绝缘耐受水平，是作为其功能的基本要素之一。Ur乘以1．4是计入绝缘配合系数。

2　电缆金属套相连的SVL，在系统正常运行时所承受几百伏内的电压下，具有很高的电阻性犹如对地隔断状态；当系统短路时产生的工频过电压(UOA.AC)在短路切除时间(tk)内不超出UAC.t时，则SVL能保持正常工作。

我国现行SVL用的串联阀片，显示有单个阀片的特性参数，其UAC.t按2s给出。日本66kV～275kV电缆系统用的整体SVL示出参数含有U1mA≥4．5kV，Ur≤14kV；另对SVL在工频过电压下是否出现热损坏的界定，曾基于系列试验归纳出电压、时间临界关系曲线，如tk为0．2s或2s时，不发生热破坏的相应临界工频电压为6．4kV或6kV(参见《电气评论》1997年7月号载“电力ケーブル防食层保护装置の适用基准”)。

就tk值的确定而论，不同电压级系统继电保护与断路器动作的可靠性统计显示了tk存在差别，如日本1984～1991年根据3大电力系统实际，按电压级500kV、275kV、154kV及以下，推荐tk相应为0．2s、0．4s、2s(见《电气学会技术报告》第527号，1994)；英国则按继电保护的第2级动作来择取tk(见G．F．Moore，Electric Cables Handbook，1997)，IEEE Std 575-2014中7．5条给出建议，为了满足断路器重合闸要求，tk按照继电保护最大动作时间的2倍考虑，按我国现行继电保护规范和部分运行统计，6kV线路后备保护时间约为1．45s，110kV线路后备保护最大时间约为1．9s，220kV～500kV后备保护最大时间约为1．5s，110kV及以下取2s与日本154kV基本相同，220kV和500kV则相对有较大裕度，与英国采用后备保护时间是一致的。若仍按原条文tk统一按5s以内计诚然偏安全，但考虑到正常感应电势提升至300V后(提升电压也是为了减少电缆接头和施工工程量，提高线路可靠性，见本标准第4．1．11条说明)，且随着电力系统容量规模越来越大，致使系统发生单相接地短路电流较过去有较大增加，增大的单相接地短路电流将会使金属套不接地端工频感应过电压UOV.AC值比以往会增大，给SVL的UAC.t选择可能带来困难，为了适应系统的这一较大变化，既满足SVL工频耐受过电压要求，又不至于采用缩短单点接地方式的电缆长度或缩短交叉互联每个电缆小段的长度来适应这一情况，进而减少了电缆中间接头数量和施工工程量，可提高线路运行可靠性，减少工程投资，故本次修订将“切除故障时间应按5s以内计算”改为“切除故障时间应按2s计算”。

根据护层电压限制器工频耐受电压时间特性，相同型号的护层电压限制器，因时间缩短，其工频耐受电压值相应增加。本次修订将tk改为2s后，对减少电缆工程投资具有积极意义。

4．1．15　系原条文4．1．14保留条文。

(1)单点接地方式电缆线路的SVL接线配置方式有Y0、Y或△。一般安置SVL的环境较潮湿，△法、Y法的SVL需保持对地绝缘性，且不及Y0法易于实施阀片的老化检测，故以往实践中多使用Y0法，且三相装一箱，其中每台SVL还配置连接片或隔离刀闸。又△法比Y0法的抑制过电压效果较好，但承受工频过电压却是Y0法的1．73倍；Y法则比Y0法的工频过电压稍低，它适合接地电阻大于0．2Ω情况。

(2)交叉互联电缆线路在绝缘接头部位，设置SVL的三相连接方式有多种提议，主要有4种方式：①Y0；②△或桥形不接地；③桥形接地；④△加Y0双重式。日本《地中送电规程》JEAC 6021-2000载有①～③示例，如图3所示。

图3　交叉互联线路设置护层电压限制器的三相接线方式

从暂态过电压保护效果看，按最佳到较差的方式顺序依次有④＞③＞②＞①；就方式②与方式③相比，如果保护回路一旦断线时，对地的暂态感应电势(Us)二者虽相当，但绝缘接头金属套绝缘分隔的跨接暂态感应电势(UAA)，方式②比方式③显著较高；就连接线长度影响而论，方式①的连接线比方式②、方式③长，一般达2m～10m或电缆直埋时可能更长，暂态冲击波沿连接的波阻产生压降，与SVL的Ur一起叠加作用之Us，前者就往往占有相当份额，而方式③跨接于绝缘接头的SVL以铜排连接时长度只有0．02m～0．2m。

从系统短路时产生UOV.AC所用于SVL的大小来看，方式①为方式②的1／，方式③为方式②的1／2。

从运行中定期需进行检测的方便性来看，带有隔离刀闸的Y0接线方式①就有其优点。

英国等欧洲电缆直埋线路曾广泛使用Y0接线，日本以往曾用Y0接线，近年则主要采取上述方式②、方式③，也有采取方式②与方式①联合方式。

(3)SVL连接回路的要求，除了从电气性协调一致考虑外，还从实际使用条件以及经验启迪所归纳，尤其是直埋电缆的环境。例如：英国直埋电缆线路设置的SVL箱，按可能处于1m深水中条件做防水密封；箱壳顶采取钟罩式；箱体采取铸铁或不锈钢；箱内绝缘支承用瓷质件；对同轴电缆引入处加密封套；部分空隙以沥青化合物充填等。国际大电网会议(CIGRE)的有关导则也强调箱体应密封防潮。又如我国工程实践，有的箱底胶木板在运行中受潮丧失绝缘性，同轴电缆未与它充分隔开时，进行绝缘检测易出现误判等。

在国内实际使用中，常发生接地箱漏水导致故障情况，不少工程中已将SVL箱的防护等级提高至IP65，工程设计时需引起重视。

4．1．16　系原条文4．1．15修改条文。

工程实践显示，一般在单点接地方式下设置回流线将使电缆线路的允许距离显著增长，对抑制电缆护层短路工频过电压UOV.AC效果较好。

如UOV.AC值增高超出SVL的UAC.t时，交叉互联接地具有的使SVL由△接法改变为Y0、桥形接地来降低UOV.AC之途径，对单点接地方式却不适应，需以回流线的设置来适应。

4．1．17　系原条文4．1．16修改条文。

110kV及以上交流系统中性点为直接接地，系统发生单相接地短路时，在金属套单点接地的电缆线路中沿金属套产生的UOV.AC有下列表达式：

式中：D——地中电流穿透深度(m)，当f＝50Hz时，D＝93．18，ρ为土壤电阻率(Ω·m)，通常为20～100；直埋取50～100；

R——金属套单点接地处的接地电阻(Ω)；

Rp和R1、R2——回流线电阻(Ω／km)及其两端的接地电阻(Ω)；

Rg——大地的漏电电阻(Ω／km)，Rg＝π2×f×10-4＝0．0493；

rp、rs——回流线导体、电缆金属套的平均半径(m)；

s——回流线至相邻最近一相电缆的距离(m)；

Ik——短路电流(kA)；

f——工作频率(Hz)；

l——电缆线路计算长度(km)；当SVL设置于线路中央或者设置于两侧终端而在线路中央直接接地时，l为两侧终端之间线路长度的一半。

运用式(7)～式(9)的一般结果显示：式(7)中R占相当份额，同一条件下有式(8)比式(7)式算值小，式(9)比式(8)算值较小因而比式(7)算值更小。由此，本条第3款和第1款的前一段得以释明，后一段则指系统短路时在回流线感生的暂态环流，按发热温升不致熔融导体是保持继续使用功能的最低要求，现以热稳定计是留有充分的安全裕度。

需指出，当电缆并非直埋或排管敷设而是在隧道、沟道中，则金属支架接地的连接线就具有一定程度的回流线功能。

4．1．18　系原条文4．1．17修改条文。

温度在线监测目前普遍采用的是基于分布式温度传感技术的电缆温度在线监测系统，该技术利用光时域反射原理、激光拉曼光谱原理，经波分复用器、光电检测器等对采集的温度信息进行放大并将温度信息实时地计算出来。在日本、欧洲及韩国等发达国家的电力公司，对于超过110kV的高压电缆均要求采用分布式测温设备。根据本标准《高压、超高压电力电缆及附件制造、使用和运行情况》调研报告，主要对高压、超高压电力电缆在线监测系统使用较多的广东、广西等进行了调研和统计，如表6所示。

表6　电缆线路在线监测类型情况统计表(台、套)

实际工程中，高压电缆在线监测根据电缆重要程度往往只装设了一种或两种。如国内某变电站线路工程，由于受变电站周边场地的制约，变电站侧3回110kV进线采用电缆线路与系统相连，每回电缆线路约0．6km。该段电缆线路全程采用电缆沟＋排管敷设方式。

电缆型式：单芯铜导体、交联聚乙烯绝缘，波纹铝护套、聚氯乙烯外护套电力电缆。电缆截面：1×630mm2。

该电缆线路设置一套分布式光纤测温系统实现对电缆线路的在线监测功能。分布式光纤测温系统由主机、传感光纤及其他配置组合而成，可连续测量、准确定位整条光纤所处空间各点的温度，通过光纤上的温度的变化来检测出光纤所处环境变化，当电缆温度超过报警限值时，发出报警信息，并显示报警点位置及温度。在掌握电缆全线的表面温度后，通过专用软件计算电缆线芯温度和电缆负载率，为线路调度提供依据。

总体结构图如图4所示。

图4　电缆线路在线监测总体结构图

分布式光纤测温及电缆载流量在线监测系统可实现以下主要功能：

(1)温度监测功能：具备实时监测记录电缆的全程不间断运行温度。

(2)温度监测和温度异常报警功能：通过对电缆表面温度、环境温度的监测，及时发现电缆运行过程中出现的问题以及运行电缆周围环境的突变，具备最高温度报警、温升速率报警、平均温度报警、系统故障报警、光纤断裂报警等功能，并能显示、记录测温数据、报警位置等信息。

(3)载流能力评估功能：能对测量的电缆温度数据进行分析，即根据电缆表面温度及其他相关数据计算出电缆导体运行温度，以及目前运行状态下电缆的最大稳态载流量，并生成相应的负荷曲线(含实时负荷曲线和最大允许的负荷曲线)。

(4)在紧急状态下载流能力评估功能：给定过载电流和过载时间可以计算出电缆的过载温度，给定过载电流和最高允许温度可以计算过载时间，给定过载时间和最高允许温度可计算最大允许过载电流。

(5)动态载流量分析功能(日负荷)：能对测量的电缆温度数据进行分析，即根据电缆表面温度、实时电流及其他相关数据实时计算出电缆导体温度；给出未来许用电流的预测，给定预设电流可以计算出电缆安全运行时间。

(6)海底电缆温度在线监测系统通过海缆自带的一根单模光纤或增设一根多模光纤实时监测长距离海缆的表面温度、导体温度及载流量，及时发现海缆过热点、异常点，保障海缆的安全运行，是海缆预防性维护的必要的基础设施，能够大幅降低海缆故障以后带来的昂贵的维护成本。

因此，鉴于目前在线温度监测装置制造水平不断提高，根据本标准《高压、超高压电力电缆及附件制造、使用和运行情况》调研报告情况和实际工程也有较多成熟的应用，且装设对电缆运行有一定的监测作用，对提高高压电缆线路运行管理水平有较好作用。

4．1．19　系原条文4．1．18修改条文。

110kV及以上高压电缆线路金属套通常采用单端接地或交叉互联接地，此时金属套内电流只有很小的电容电流或环流电流。若电缆金属套外护套发生破损接地，则会在金属套、接地线内产生明显较大的电流。该电流可能导致电缆温度升高，进而导致绝缘加快老化。高压电缆护层电流监测装置通过在电缆护层接地线上安装一套接地电流采集装置，实现对电缆接地电流的实时监控，一旦电缆发生故障，装置会马上发出报警，提示相关人员对电缆故障进行及时处理，可提高电缆运行的安全性。装置主要应用于交叉互联系统护层接地电流监测、保护接地线监测、直接接地线监测、GIS终端接地线监测等方面。装置直接采用电流互感器进行采样、监测。其原理示意图如图5、图6所示。

图6　交叉互联接地电缆、接地电流在线监测系统

4．1．20　系新增条文。

4．2　自容式充油电缆的供油系统

4．2．1～4．2．6　系原条文4．2．1～4．2．6保留条文。

5　电缆敷设

5．1　一般规定

5．1．3　系原条文5．1．3修改条文。

1　用词“应”改为“宜”，排列顺序并非一定要“由上而下”，与本款第2段条文用词协调一致。

2　当电缆通道受限或电缆数量较少时，无法另增设一层支架或者增设支架空置空间太多，造成材料浪费的情况下，可在1kV及以下电力电缆和强电控制电缆之间设置防火封堵板材或耐火电缆槽盒等防火分隔，并具有有效的防电气干扰措施(如采用屏蔽型控制电缆或者增加接地金属隔板等)，允许敷设在同一层支架上。

在火力发电厂工程中有采用少量低压电缆与强电控制电缆共用同一层桥架中间加金属隔板应用实例，未见有不良反映。

5．1．5　系原条文5．1．5修改条文。

交流三相单芯电力电缆线路，当距离较长时需要进行换位，以使三相电抗相等，避免各相负载电流分配不均衡。

5．1．9　系原条文5．1．9修改条文。

在电缆发生火灾时，无论是可燃气体、可燃液体还是易燃气体、易燃液体，均为燃烧物质，有明火时会迅速燃烧甚至发生爆炸事故，对电缆构筑物设施及人员构成严重的安全威胁，例如2016年6月18日，西安南郊某变电站发生火灾事故，因电缆沟失火导致其中一台主变故障起火，造成另外一台主变跳闸，同时波及330kV南郊某变电站＃3主变故障跳闸，造成南郊某变电站330kV停电。据事后分析，主要原因是电缆沟内35kV电缆中间接头故障，电缆沟内存在可燃气体引起爆炸。

“易燃”改为“可燃”，与现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058的有关规定一致。

5．1．10　系原条文5．1．10修改条文。

“易燃”改为“可燃”，与现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058的有关规定一致。

5．1．16　系原条文5．1．16修改条文。

1kV及以下电源中性点直接接地时，PE导体除可由多芯电缆中的导体构成，尚可由下列的一种或多种导体组成：

(1)与带电导体共用的外护物的绝缘的或裸露的导体；

(2)固定安装的裸露的或绝缘的导体；

(3)符合《低压电器装置　第5．54部分：电器设备的选择和安装　接地配置和保护导体》GB 16895．3-2017中543．2．2的a)和b)规定条件的金属的电缆护套、电缆屏蔽层、电缆铠装、金属编织物、同心导体、电缆的金属导管。

(4)当过电流保护器用作电击防护时，保护接地导体应合并到与带电导体组成同一的布线系统中，或放置在靠它们最近的地方。

5．1．19　系新增条文。

为降低核电厂非安全级电路对安全级电路和相关电路，以及冗余的安全级电路之间的相互影响，需要对其电缆通道进行实体隔离。

《压水堆核电厂电缆敷设和隔离准则》EJ 344-88第3．4条规定：“安全级线路冗余通道之间，分隔距离应尽可能大于6m，在难以实现处，有限制危害区最小分隔距离为垂直1．5m，水平1m；无危险区最小分隔距离为垂直方向1m，水平方向300mm”。《核电厂安全级电气设备和电路独立性准则》GB／T 13286-2008中也有明确规定，详见该准则第5．1．4节。

法国核电锅炉设备设计和建造规则协会出版的《法国核岛电气设备设计和建造规则》RCC-E-97中规定：“在某一个安全系列的电缆或相关电缆同另一个安全系列的电缆或相关电缆不能敷设在同一电缆托盘内”。我国引进法国技术的CPR1000机组对于电缆实体隔离原则一般在工程设计文件《核岛电缆敷设准则》中予以规定。台山核电EPR1700机组同样出版了Design　Procedure-DP 08．00-EPR Cabling Principles，详细规定了核电厂电缆隔离的具体要求。

5　电缆敷设

5．1　一般规定

5．1．3　系原条文5．1．3修改条文。

1　用词“应”改为“宜”，排列顺序并非一定要“由上而下”，与本款第2段条文用词协调一致。

2　当电缆通道受限或电缆数量较少时，无法另增设一层支架或者增设支架空置空间太多，造成材料浪费的情况下，可在1kV及以下电力电缆和强电控制电缆之间设置防火封堵板材或耐火电缆槽盒等防火分隔，并具有有效的防电气干扰措施(如采用屏蔽型控制电缆或者增加接地金属隔板等)，允许敷设在同一层支架上。

在火力发电厂工程中有采用少量低压电缆与强电控制电缆共用同一层桥架中间加金属隔板应用实例，未见有不良反映。

5．1．5　系原条文5．1．5修改条文。

交流三相单芯电力电缆线路，当距离较长时需要进行换位，以使三相电抗相等，避免各相负载电流分配不均衡。

5．1．9　系原条文5．1．9修改条文。

在电缆发生火灾时，无论是可燃气体、可燃液体还是易燃气体、易燃液体，均为燃烧物质，有明火时会迅速燃烧甚至发生爆炸事故，对电缆构筑物设施及人员构成严重的安全威胁，例如2016年6月18日，西安南郊某变电站发生火灾事故，因电缆沟失火导致其中一台主变故障起火，造成另外一台主变跳闸，同时波及330kV南郊某变电站＃3主变故障跳闸，造成南郊某变电站330kV停电。据事后分析，主要原因是电缆沟内35kV电缆中间接头故障，电缆沟内存在可燃气体引起爆炸。

“易燃”改为“可燃”，与现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058的有关规定一致。

5．1．10　系原条文5．1．10修改条文。

“易燃”改为“可燃”，与现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058的有关规定一致。

5．1．16　系原条文5．1．16修改条文。

1kV及以下电源中性点直接接地时，PE导体除可由多芯电缆中的导体构成，尚可由下列的一种或多种导体组成：

(1)与带电导体共用的外护物的绝缘的或裸露的导体；

(2)固定安装的裸露的或绝缘的导体；

(3)符合《低压电器装置　第5．54部分：电器设备的选择和安装　接地配置和保护导体》GB 16895．3-2017中543．2．2的a)和b)规定条件的金属的电缆护套、电缆屏蔽层、电缆铠装、金属编织物、同心导体、电缆的金属导管。

(4)当过电流保护器用作电击防护时，保护接地导体应合并到与带电导体组成同一的布线系统中，或放置在靠它们最近的地方。

5．1．19　系新增条文。

为降低核电厂非安全级电路对安全级电路和相关电路，以及冗余的安全级电路之间的相互影响，需要对其电缆通道进行实体隔离。

《压水堆核电厂电缆敷设和隔离准则》EJ 344-88第3．4条规定：“安全级线路冗余通道之间，分隔距离应尽可能大于6m，在难以实现处，有限制危害区最小分隔距离为垂直1．5m，水平1m；无危险区最小分隔距离为垂直方向1m，水平方向300mm”。《核电厂安全级电气设备和电路独立性准则》GB／T 13286-2008中也有明确规定，详见该准则第5．1．4节。

法国核电锅炉设备设计和建造规则协会出版的《法国核岛电气设备设计和建造规则》RCC-E-97中规定：“在某一个安全系列的电缆或相关电缆同另一个安全系列的电缆或相关电缆不能敷设在同一电缆托盘内”。我国引进法国技术的CPR1000机组对于电缆实体隔离原则一般在工程设计文件《核岛电缆敷设准则》中予以规定。台山核电EPR1700机组同样出版了Design　Procedure-DP 08．00-EPR Cabling Principles，详细规定了核电厂电缆隔离的具体要求。

5．2　敷设方式选择

5．2．3　系原条文5．2．3修改条文。第4款系原条文5．4．3条第2段条文纳入本条。

5．2．12　系原条文5．2．12保留条文。

发电厂等工业厂房采用的桥架是按较长耐久性做一次性防腐处理，又因电缆少有接头，故维修周期长，工作量少，而厂房具有管道布置密集、空间受限的特点，因此架空桥架不宜设置检修通道。但城市电缆线路较长，路径常处于交通繁忙且管线设施较多，或有立体交叉等复杂环境，加之有些桥架一次性防腐处理的耐久性时间不够长，又存在较多电缆接头，需有一定的维护工作量，以往电缆线路架空桥架却因缺乏检修通道，而在维护时阻碍正常交通，故作此规定。

5．3　电缆直埋敷设

5．3．3　系原条文5．3．3修改条文。

因行车道上也可能有重载汽车经过，就需按照本标准第3．3．6条直埋敷设电缆与道路交叉时情况考虑，需以穿管保护，故取消“行车道”，以策安全。

5．3．4　系原条文5．3．4修改条文。

与现行国家标准《电气装置安装工程　电缆线路施工及验收规范》GB 50168规定一致。

5．3．6　系原条文5．3．6修改条文。

根据现行行业标准《铁路路基设计规范》TB 10001，铁路路基断面分轨枕、道床、路肩等，路基断面为三角形路拱，由路基中心向两侧设4％的人字排水坡度，穿越铁路“路基”系指三角形具有4％人字排水坡度的路基面。因此，“路基”一词对铁路和道路而言，其含义是有所区别的，穿越铁路时埋管深度以铁路路基面为基准，而穿越道路时以道路路面为基准，因此，将穿越铁路、道路分别规定，并增加保护管埋设深度和管道排水坡度的要求。

“公路”用词改为“道路”，其含义更广，系指供各种无轨车辆和人通行的基础设施，按使用特点分为城市道路、公路、厂矿道路、林区道路及乡村道路等。故本标准其他原条文中“公路”均统一为“道路”。

5．4　电缆保护管敷设

5．4．3　系原条文5．4．3保留条文。

地中电缆保护管的耐受压力，除了覆盖土层的重量，在可能有汽车通行的地方(有的现虽无道路但并不能断定没有载重车经过)还需计入其影响。日本《地中送电规程》JEAC 6021-2000也如此规定，还给出有关计算数据：土层的单位体积重量为16kN／m3～18kN／m3(不含水分)或20kN／m3(含水分)；路面交通荷重(埋深不超过3m时，计入车辆急刹车时冲击力)为12kN／mm2～35．5kN／mm2(相应埋深由3m至1m变化)。其载重车总重按220kN或250kN，后轮重2×47．5kN或2×50kN，依55°分布角推算出均布荷载。

电缆保护管可使用钢管、塑料管、玻纤增强塑料(FRP)管等，由于FRP管强度较高，不像塑料管需以混凝土加固，可纵长以适当间距设置管枕来直接埋土敷设。现对管枕的允许最大间距示明确定原则，是基于实践的安全性考虑。它与日本同类应用FPR管的技术要求一样。

5．4．5　系原条文5．4．5修改条文。

根据设计和现场施工实践，电缆保护管弯头一般不会超过3个，当电缆路径复杂需要3个以上弯头时，可采用两段保护管。

将原条文第2款中与铁路交叉时保护管埋深合并至本标准第5．3．6条中。

5．5　电缆沟敷设

5．5．1　系原条文5．5．1修改条文。

电缆沟的宽、深尺寸的确定除需考虑全部容纳电缆的最小弯曲半径、安装维护方便的要求外，还需考虑安全运行的要求。表5．5．1保留原电缆沟的尺寸。

取消原条文表5．5．1中“注：*浅沟内可不设置支架，无需有通道”，此备注仅适合户内不易积水的浅沟，而对室外浅沟，可能存在排水不畅引起沟内长期积水，存在电缆长期浸泡在水中隐患。因此，对浅沟内无需通道，但仍需设置支架。

5．5．2　系原条文5．5．2修改条文。

本条规定电缆沟内的电缆支架或梯架、托盘的层间距离确定的原则要求，同样适用于电缆隧道、电缆夹层、电缆竖井、综合管廊等敷设要求。影响层间距离的主要因素有：

(1)高压单芯电缆呈品字形配置时，可能以铝合金制夹具固定，故对3根电缆外接圆的外径，需计入金具凸出的附加尺寸。

(2)接头一般比电缆外径粗，不同构造型式接头有一定差异，就高压XLPE电缆用整体橡胶预制式(简称PMJ或RMJ等)与组合预制式(即橡胶制应力锥与环氧树脂模制部件组装，简称PJ)相比，PJ约比PMJ粗100mm。如220kV 1×2000mm2 XLPE电缆外径约为138mm，PJ的外径约为360mm。此外，绝缘接头上直接以铜排跨接护层电压限制器时，又占有一定空间。

(3)电缆支架托臂通常为不等腰梯形断面，随着电缆外径越粗，其承受荷载就越重，则托臂的断面包含高度尺寸会相应较大。

(4)同一电压级电缆截面供选择的范围很大，像中压电缆一般有50mm2～1000mm2，高压有200mm2～2500mm2，故同级电缆的外径变化约1．5倍～1．7倍。

鉴于上述因素，如果没有前提限制，按电压等级来制订满足条文要求的层间距离值，就必然很大，这对使用电缆截面尚小、接头外径不大等情况，显然会导致构筑物尺寸很不经济合理。此外，日本《地中送电规程》JEAC 6021-2000虽未规定统一的层间距离允许值，但就各类使用条件(包含电压等级、某一电缆截面以下等)给出示例值以供参考(可参见《广东电缆技术》，2006，No．3)。

表5．5．2所列值并非适合各电压等级的全部截面电缆或所有接头，如有截面很大或接头外径很粗的情况，需要按条文要求的原则和电缆外径实际尺寸作调整。

5．5．3　系原条文5．5．3修改条文。

1　最上层支架距盖板的净距允许最小值，除了电缆引接上侧盘柜时满足最小弯曲半径要求以及电缆梯架和托盘外壳高度外，其他如电缆隧道、电缆夹层、电缆工作井等采用电缆支架的情况取消增加值80mm～150mm。理由如下：①参考国内电缆沟、电缆隧道典型安装图集，均取相邻支架的层间距离，工程实践没有反映有不良影响；②最上层电缆支架按照相邻支架层间距取值，不影响电缆的安装维护；③节省电缆构筑物断面尺寸，减少工程投资。

2　对电缆沟内电缆支架最下层支架距沟道底部的垂直最小净距值，是考虑到电缆沟排水不畅，引起沟内积水，电缆或支架可能浸泡在水中，导致电缆绝缘受损和支架腐蚀，因此适当提高最下层支架距沟底垂直净距对改善电缆和支架运行条件是有益的。净距值是指支架、梯架或托盘的托臂下沿至沟底部的距离。

5．5．4　系原条文5．5．4修改条文。

室内电缆沟盖板与地坪取齐，系考虑人行方便。在易于积灰且采用水冲洗清洁方式的厂房、车间内，一般不建议采用电缆沟敷设方式，若确实要限需采用电缆沟敷设方式，电缆沟盖板可略高于地面，并做好人行安全的防护措施。

室外电缆沟高出地坪可兼做操作走道，也是为了减少雨水进入电缆沟内，避免雨水夹带污水、泥沙等进入电缆沟影响电缆沟内排水系统，但同时也带来影响厂区排水问题，因此为兼顾厂区排水，可分区段在电缆沟上部设置现浇钢筋混凝土渡水槽，也可采用电缆沟盖板低于地坪300mm、上面铺以细土或砂的布置方式，这种方式相对于地面电缆沟而言，不影响厂区景观，但对运行维护不是太方便，也不利于电缆的散热，具体采用何种方式，可根据具体情况确定。

5．5．7　系新增条文。

为防止带油设备因事故漏油而侵入到电缆沟内，引起安全隐患，带油设备附近的电缆沟盖板应做好密封。

5．6　电缆隧道敷设

5．6．1　系原条文5．5．1修改条文。

电缆隧道和工作井内电缆配置需满足安全运行的基本要求，此外，电缆配置方式还可有进一步增强安全或提高运行经济性的其他考虑，诸如：①在工作井的管路接口引入的局部段，也以弧形敷设成伸缩节，使在热伸缩下避免电缆金属套出现疲劳应变超过允许值而导致的开裂；②在隧道等全长线路，每回单芯电缆各相以适当间距，组成品字或直角乃至平列式配置，有助于提高载流量；③2回及以上高压单芯电缆并列敷设情况，加大其并列间距可减少金属套涡流损耗，从而能提高载流量等。这都在一定程度上有导致空间尺寸增大趋向，随之可能增加工程造价增加，尤其地中长隧道较显著，因而同时需顾及投资增加因素，选择恰当的配置以获技术经济综合最佳。

电缆隧道和工作井内敷设施工与巡视维护作业，所需通道的宽、高空间允许最小尺寸，原标准的规定值获工程实践认同，予以保留，仅补充工作井的相关内容。

(1)城网电缆隧道深埋通常以地中推进的构建方式，且由于其空间尺寸较大，会导致工程造价很高，故考虑非开挖式比开挖式隧道的通道宽度宜紧凑些。日本《地中送电规程》JEAC 6021-2000规定：“考虑到隧道中施工与巡视维护活动的有限次数，通道宽度按正常步行姿势所需不小于700mm～800mm即可，高度则为不小于2000mm”。可借鉴作为非开挖式隧道引用。

(2)考虑到地中推进大口径管构建的隧道，一般在断面为圆形的下侧弓弦处设置步行地坪，故不再采取隧道净高而直接以通道净高论。

(3)隧道与其他管沟交叉的局部段，允许比人员通行高度降低的情况，不适用于长距离隧道，以策安全。

(4)工作井分为封闭式和可开启式，封闭式工作井因进人检修，其净高不宜小于1．9m。可开启式工作井井口，为了减少地面雨水进入，一般需伸出地面，工矿企业厂区的工作井井口顶面盖板四周边缘宜高出地坪100mm，市政道路绿化带内取300mm。

5．6．2～5．6．5　系原条文5．5．2～5．5．5修改条文。

保留原标准有关电缆隧道、封闭式工作井的内容。

5．6．6　系原条文5．5．7修改条文。

除第1款有局部调整外，基本为原条文规定。

1　考虑电缆隧道中巡检人员安全出口的需要，在工业性厂区或变电站内隧道的安全孔间距不应大于75m，与现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229规定一致，而城镇公共区域不宜设置过密间距的安全孔(门)，且结合一般电缆敷设与通风装置，200m左右设置较为合适，但对于非开挖式隧道，通常埋深可能达10m～50m，加以大口径管顶进的构建方式，其安全孔设置难度很大，不便对安全孔间距作硬性规定。

2　封闭式工作井当成安全孔供人进出时，在公共区域需要防止非专业人员可能随便进入。如日本《地中送电规程》JEAC 6021-2000就明确规定：“工作井的盖板应使得专业人员外的一般人不容易开启，以预防任意进入的危险，为此，不仅需盖板具有足够重的重量，而且需使用特殊的开启工具”。

3　敷设电缆用牵引机、电缆接头组装用机具、隧道内安置防噪声的大叶片风机、照明箱和控制箱等，其尺寸较大，安全孔(门)需有适合通过的尺寸。

4　安全孔设置合适的爬梯，是指一般为固定式，且在高差较大时宜有单侧或双侧的扶手栏杆，以保证人员安全。

5　隧道安全孔的出口设置在车辆通行道路上，将达不到安全效果，宜尽可能避免。

5．6．9　系新增条文。

城市电力电缆隧道的监测与控制设计等一般与工业性厂区或变电站内建设条件、环境条件有差异，其要求还应符合现行行业标准《电力电缆隧道设计规程》DL／T 5484的有关规定。

5．6．10　系新增条文。

城市综合管廊中电缆舱室的环境与安全监测与设备监控系统设计、检修通道净宽尺寸、逃生口设置等一般与工业性厂区或变电站内建设条件、环境条件有差异，其要求还应符合现行国家标准《城市综合管廊工程技术规范》GB 50838的有关规定。

5．7　电缆夹层敷设

5．7．1～5．7．3　系原条文5．5．1～5．5．3修改条文。

保留原条文有关电缆夹层的内容。

5．7．4、5．7．5　系新增条文。

5．8　电缆竖井敷设

5．8．2　系新增条文。

近年来，有较多火力发电厂逐渐采用钢制电缆竖井，在工厂加工制作，质量易得到保证，还具有现场安装方便、占用空间小、外观相对较好等优点，但成本略高。

5．8．3　系新增条文。

从消防安全考虑，办公楼及其他非生产性建筑物内，电缆垂直主通道应采用专用电缆竖井，不应与其他管线如消防、燃气、采暖通风等管线共用。

5．8．4　系新增条文。

在竖井内垂直敷设时，对于高压电力电缆由于电缆自重较大，对带皱纹金属套的电缆容易引起电缆导体与金属套之间的相对位移，因此，在设计选用和订货时应向制造厂提出防止导体与金属套之间发生相对位移的技术措施。

5．8．5　系新增条文。

电缆在竖井内垂直敷设时支架、梯架或托盘的层间距离和敷设要求，与电缆沟、电缆隧道要求相同，故应按照本标准第5．5．2条规定执行。

5．9　其他公用设施中敷设

5．9．4　系新增条文。

原标准表5．5．3中对在公共廊道中电缆支架无围栏防护时的最小净距要求。

5．9．5　系新增条文。

系原标准表5．5．3中厂房外电缆支架最下层距离要求不低于2m的规定。

5．9．6　系新增条文。

系原标准表5．5．3中厂房外电缆支架最下层距离要求。

在厂区内一般属于封闭管理区域，随着工矿企业管理水平的大幅提升，原条文对无车辆通过情况下，末区分是否有行人通过，规定电缆桥架最下层距地面最小净距为2．5m，该尺寸有些过高，必要性已不大，且在厂区内架空敷设的电缆构筑物，考虑遮阳和美观要求一般都采用电缆梯架或托盘敷设，对电缆有一定的防护作用，因此，对无车辆和无行人通过的情况下，采用落地布置，可以节省大量的土建构筑费用，在实际工程中已有不少应用实例，未见不良反映。同时，企业也需根据自身实际情况，加强电缆的防护工作，尽量避免电缆构筑物受到意外损伤。

5．10　水下敷设

5．10．2　系原条文5．7．2修改条文。

在通航水道等需防范外部机械力损伤的海底电缆，其保护方式并非单一的埋置于沟槽的保护方式，根据国外大量海底电缆工程经验以及我国第一条超高压交流500kV海底电缆工程——广东—海南联网工程经验，如有的海床坚硬，采用冲埋、挖沟、机械切割挖槽的方式几乎不可能或者施工代价太大，需采用加盖保护如抛砂石、混凝土盖板、石笼盖板等保护方式，也有为提高电缆抗破坏能力，采用加套管保护，如铸铁管保护。当采用铸铁管保护时，由于交流单芯电缆产生的交变磁场会引起磁性套管材料铁磁损耗，导致电缆发热，载流量下降，采用时需要校验电缆载流量。因此，海底电缆保护方式需根据海底风险程度、海床地质条件和施工难易程度等条件综合分析比较后确定合理的保护方案。

5．10．4　系原条文5．7．4保留条文。

为避免水下电缆与工业管道之间相互影响，便于施工和事故后修复的需要，根据水下电缆施工作业的复杂性，并参考前苏联《电气安装规程》的规定和国土资源部令第24号《海底电缆管道保护规定》中海港区内海底电缆管道保护区的范围取值，采取一定的间距，利于安全。

6　电缆的支持与固定

6．1　一般规定

6．1．2　系原条文6．1．2修改条文。

原标准表6．1．2中“35kV以上高压电缆”改为“35kV及以上高压电缆”，根据工程实践经验，35kV电缆自身强度满足水平支架间距1．5m和垂直支架间距3m的要求。与现行国家标准《电气装置安装工程　电缆线路施工及验收规范》GB 50168的规定一致。

6．2　电缆支架和桥架

6．2．4、6．2．5　系原条文6．2．4、6．2．5修改条文。

由于核电厂常规岛及与生产有关的附属设施内存在部分安全级电缆，为保证这部分电缆在厂址设计安全停堆地震(SSE)作用下保持功能完整，要求该部分电缆通道及其支架满足国家现行标准《核电厂的抗震设计与鉴定》HAD 102．02-1996、《核电厂抗震设计规范》GB 50267-97、《核电厂安全级电缆通道系统设计安装和鉴定准则》NB／T 20070-2012的相关要求。

6．2．7　系原条文6．2．7修改条文。

1　实践证明，屏蔽外部的电气干扰，采用无孔金属托盘加实体盖板能起到较好的效果。

2　在有易燃粉尘场所如火力发电厂的输煤系统，据反映，除桥架最上一层装设实体盖板外，以下其他各层仍然较容易积聚粉尘，另根据NFPA 850-2010版第7．8．3．2条的规定，易积聚煤粉和扩散溢油的电缆桥架应覆盖金属板。因此，本次修订为每层加装盖板，以策安全。

3　按照NFPA 850-2010版第7．8．3．2条的规定，如果存在潜在漏油问题，应避免使用实底电缆桥架，故高温、腐蚀性液体或油的溅落等需防护场所应采用有孔托盘，且每一层均装设实体盖板，既可增强防护措施，又可兼顾电缆的散热。

7　电缆防火与阻止延燃

7．0．1　系原条文7．0．1修改条文。

对原条文防火阻燃措施的一些名词叫法进行了统一和规范，如对电缆实施的防火分隔方式，主要含有防火封堵、防火墙、阻火段三种不同形式或叫法，习惯上，对盘柜孔洞、楼板孔、穿墙孔、电缆竖井的防火分隔方式采用“防火封堵”；对电缆沟、电缆隧道的防火分隔方式采用“防火墙”；对架空桥架的防火分隔方式采用“阻火段”。

7．0．2　系原条文7．0．2修改条文。

2　修改说明：①增加了架空桥架设置阻火段的要求；②随着我国社会经济的发展和对安全生产新的要求，即使一般回路的电缆沟内发生火灾，如不实施防火封堵，也可能造成火灾事故扩大，引起机组减负荷或停机，或造成财产损失，不限于仅仅在重要回路才实施防火分隔措施，因此本次修订取消“重要回路”用词；③关于长距离电缆沟、隧道及桥架防火分隔间距取值问题，本标准作为电力工程的一般共性要求，采纳了现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229、《电力设备典型消防规程》DL 5027、《城市电力电缆线路设计技术规定》DL／T 5221及《电力工程电缆防火封堵施工工艺导则》DL／T 5707相关条文的要求。

3　系新增条文。根据现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229-2006第11．3．2条、国家能源局《防止电力生产事故的二十五项重点要求》(2014)第2．2．4条和现行行业标准《电力设备典型消防规程》DL 5027-2015第10．5．12条的规定编制。

与动力电缆同通道敷设的控制电缆、通信光缆等少量电缆采用穿入阻燃管敷设较为方便，但工程中往往控制电缆较多，采用动力电缆和控制电缆之间设置层间防火封堵板材起到一定的防火分隔作用。

4　系新增条款。根据《电力工程电缆防火封堵施工工艺导则》DL／T 5707-2014第3．0．7条、《水利水电工程电缆设计规范》SL 344-2006第8．0．6条和《城市电力电缆线路设计技术规定》DL／T 5221-2016第9．3．1条的规定编制。

7．0．3　系原条文7．0．3修改条文。

1　防火封堵材料或系统一般不要求测试其承受荷载能力，像阻火包或防火泥这样的材料自身没有粘结性，无法受力，必须通过承托构件承托，在楼板、电缆竖井封堵中超过0．4m×0．4m的封堵孔洞，靠防火封堵板材自身强度是无法保证检修、巡视人员的人身安全的，因此，在楼板、竖井防火封堵结构中需要采取相应的承托件比如钢筋网、钢梁、承托板等，确保检修、巡视人员的安全。

4　建(构)筑物中电缆引至电气柜、盘或控制屏、台的开孔部位，电缆贯穿隔墙、楼板的孔洞，电缆沟、隧道的防火墙，电缆桥架的阻火段等采用的防火封堵材料，其最低耐火极限不应低于1．0h，同时还应与贯穿物部位构件的耐火极限要求一致，不同功能的建筑物耐火等级有所不同，如油浸变压器之间的防火墙耐火极限为3．0h，如该防火墙上有电缆孔洞穿越，其孔洞防火封堵的耐火极限也应为3．0h，具体可参见现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229、《建筑设计防火规范》GB 50016等的有关规定。现行国家标准《防火封堵材料》GB 23864-2009附录B中B．6条提出：试件试验结果的耐火性能并不能用于所有的结构形式。防火封堵组件的耐火性能会受到缝隙(环形间隙)宽度、深度、贯穿部位构件类型等诸多因素的影响，为了更安全、合理，应对与实际使用工况一致的防火封堵组件的耐火性能进行测试，该防火封堵组件的耐火性能应按照现行国家标准《防火封堵材料》GB 23864(或按照国际相关防火封堵测试标准)的规定测试合格。

7．0．5　系原条文7．0．5修改条文。

2　在地下变电站、地下客运或商业设施等人流密集场所，一旦发生电缆火灾事故，含卤素的电缆会释放大量有毒气体，对人员健康造成伤害，地下环境下产生的烟气和有毒气体也不利于消防灭火，因此，为保证人员的健康和有利于消防灭火，提高安全性，这些场所的电缆应选用低烟无卤阻燃电缆。这也与本标准第3．3．7条和第3．4．1条要求一致。

7．0．6　系原条文7．0．6修改条文。

第1款说明：

(1)原条文中有关阻燃电缆的国家标准《电缆在火焰条件下的燃烧试验　第3部分：成束电线或电缆的燃烧试验方法》GB／T 18380．3-2001已由现行国家标准《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验》GB／T 18380．31～36-2008替代(等同采用IEC 60332-3-10、21、22、23、24、25：2000版)，该系列标准分别对垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验的试验装置、A F／R类、A类、B类、C类、D类阻燃电缆试验要求作出了详细规定，对应标准如下：

1)《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验　第31部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验　试验装置》GB／T 18380．31；

2)《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验　第32部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验A F／R类》GB／T 18380．32；

3)《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验　第33部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验A类》GB／T 18380．33；

4)《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验　第34部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验B类》GB／T 18380．34；

5)《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验　第35部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验C类》GB／T 18380．35；

6)《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验　第36部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验D类》GB／T 18380．36。

(2)现行国家标准《阻燃和耐火电线电缆通则》GB／T 19666-2005对阻燃定义、燃烧特性代号、阻燃类别、成束阻燃性能要求、无卤性能、低烟特性等作了详细规定。产品代号：有卤阻燃A类(ZA)、有卤阻燃B类(ZB)、有卤阻燃C类(ZC)、有卤阻燃D类(ZD)和无卤低烟阻燃(WDZ，单根试验)、无卤低烟阻燃A类(WDZA)、无卤低烟阻燃B类(WDZB)、无卤低烟阻燃C类(WDZC)、无卤低烟阻燃D类(WDZD)。

(3)现行行业标准《阻燃及耐火电缆　塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级及要求　第1部分：阻燃电缆》GA 306．1-2007规定了塑料绝缘阻燃电缆的定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志及包装。阻燃级别及技术要求见表7。

表7　阻燃级别及技术要求

鉴于不同使用情况以及工程特点(如火灾概率、电缆数量、设计防火规范、安全性要求和投资等因素)的多样化，阻燃电缆的等级和类别不便由本标准统一规定，故本标准给出一般原则性技术规定，具体应根据行业特点，按照国家现行标准选择适合的阻燃电缆等级和类别。

(4)需注意的是，现行国家标准《电缆及光缆燃烧性能分级》GB 31247-2014是对电缆及光缆燃烧性能的最新分级标准，其中对A级，试验方法采用现行国家标准《建筑材料及制品的燃烧性能　燃烧热值的测定》GB／T 14402，以总热值PCS≤2．0MJ／kg为分级判据达到A级；对B1级和B2级，试验方法采用现行国家标准《电缆或光缆在受火条件下火焰蔓延、热释放和产烟特性的试验方法》GB／T 31248-2014(其中采用的试验装置符合现行国家标准《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验　第31部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验　试验装置》GB／T 18380．31-2008的规定)和《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验　第12部分：单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验　1kW预混合型火焰试验方法》GB／T 18380．12，供火时间均为1200s(即20min)，电缆及光缆燃烧性能等级见表8。

表8　电缆及光缆燃烧性能等级

电缆及光缆燃烧性能等级判据见表9。

表9　电缆及光缆燃烧性能等级判据

同时该标准还增加了附加分级，包括：①燃烧滴落物／微粒等级(d0、d1、d2)，依据《电缆或光缆在受火条件下火焰蔓延、热释放和产烟特性的试验方法》GB／T 31248-2014；②烟气毒性等级(t0、t1、t2)，依据《材料产烟毒性危险分级》GB／T 20285-2006。

现行国家标准《电缆及光缆燃烧性能分级》GB 31247分级标准中采用的试验标准《电缆或光缆在受火条件下火焰蔓延、热释放和产烟特性的试验方法》GB／T 31248-2014，是修改采用欧盟标准《电缆在受火条件下的通用试验方法　电缆在火焰传播试验中的热释放和产烟特性测试　试验装置、程序和结果》(英文版)EN 50399：2011，而现行行业标准《阻燃及耐火电缆　塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级和要求　第1部分：阻燃电缆》GA 306．1分级标准采用的试验标准《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验》GB／T 18380．31～36-2008，分别等同采用IEC 60332-3-10、21、22、23、24、25：2000版。

现行国家标准《电缆及光缆燃烧性能分级》GB 31247分级标准与现行行业标准《阻燃及耐火电缆　塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级和要求　第1部分：阻燃电缆》GA 306．1分级标准试验方法、供火时间和判据不同，两种阻燃电缆分级标准目前均有效，分别参照EN和IEC标准。鉴于目前制造、应用现实情况，本标准仍以《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验》GB／T 18380．31～36系列试验标准为基础的《阻燃及耐火电缆　塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级和要求　第1部分：阻燃电缆》GA 306．1标准进行分级，也可根据行业特点和工程需要，采用现行国家标准《电缆及光缆燃烧性能分级》GB 31247分级标准。

7．0．8　系原条文7．0．8修改条文。

在工程设计中往往由于节省占地和节省工程投资需要，场地空间经常受到限制，采取设置两个独立的电缆通道作为防火分隔措施是比较困难的或者根本无法实施，而采取在同一通道的两层或两侧，层间和两侧间设置防火封堵板材可起到防火分隔作用，在工程中也较容易实施，这种方式也与国家现行标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660和《电力设备典型消防规程》DL 5027相关条文规定一致。

按照《防火封堵材料》GB 23864-2009，各类防火封堵材料的耐火性能和隔热性能均有耐火极限1h、2h和3h产品。现行国家标准《耐火电缆槽盒》GB 29415对耐火电缆槽盒按耐火时间分4个级别分别为：F1级大于90min，F2级大于60min，F3级大于45min，F4级大于30min。

为安全起见，规范防火分隔做法，增加对耐火极限不应低于1h的要求。

7．0．9　系原条文7．0．9修改条文。

耐火电缆是具有规定的耐火性能(如线路完整性、烟密度、烟气毒性、耐腐蚀性)的电缆，与阻燃电缆有显著区别。耐火电缆有较好的耐燃烧特性，但造价较高。耐火电缆的标准如下：

(1)《阻燃和耐火电线电缆通则》GB／T 19666-2005；

(2)《在火焰条件下电缆或光缆的线路完整性试验　第11部分　试验装置——火焰温度不低于750℃的单独供火》GB／T 19216．11-2003(等同IEC 60331-11：1999)；

(3)《在火焰条件下电缆或光缆的线路完整性试验　第12部分　试验装置——火焰温度不低于830℃的供火并施加冲击》GB／T 19216．12-2008(等同IEC 60331-12：2002)；

(4)《在火焰条件下电缆或光缆的线路完整性试验　第21部分　试验步骤和要求——额定电压0．6／1．0kV及以下电缆》GB／T 19216．21-2003(等同IEC 60331-21：1999)；

(5)《阻燃及耐火电缆　塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级及要求　第2部分：耐火电缆》GA 306．2-2005。

现行行业标准《阻燃及耐火电缆　塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级及要求　第2部分：耐火电缆》GA 306．2-2007规定了塑料绝缘耐火电缆的定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志及包装。耐火性级别及技术要求见表10。

表10　耐火性级别及技术要求

《阻燃和耐火电线电缆通则》GB／T 19666-2005中对耐火定义、燃烧特性代号、耐火产品类别、耐火性能要求、无卤性能、低烟特性等做了详细规定。产品代号：有卤耐火(N，单根燃烧试验)、有卤阻燃A类耐火(ZAN)、有卤阻燃B类耐火(ZBN)、有卤阻燃C类耐火(ZCN)、有卤阻燃D类耐火(ZDN)和无卤低烟阻燃耐火(WDZN)、无卤低烟阻燃A类耐火(WDZAN)、无卤低烟阻燃B类耐火(WDZBN)、无卤低烟阻燃C类耐火(WDZCN)、无卤低烟阻燃D类耐火(WDZDN)。

7．0．14　系原条文7．0．15的修改条文。

将对防火分隔用的材料产品要求如“防火封堵材料不得对电缆有腐蚀和损害”从原条文第7．0．3条中移至本条。

7．0．15　系新增条文。

核电厂常规岛及其附属设施的电缆防火除满足本标准一般性规定外，还需满足现行国家标准《核电厂常规岛设计防火规范》GB 50745的有关规定。

附录A　常用电力电缆导体的最高允许温度

系原标准附录A。

(1)电力电缆的耐高温特性与作用时间密切相关，一般分：①长期持续；②短时应急过载；③短路暂态。世界上仅日本、美国的标准示出①～③相应最高允许温度θm、θme、θmk，迄今IEC标准中未曾示明θme，且本标准也尚未涉及②项，故仍只列示①、③。

(2)自容式充油电缆除以牛皮纸作层状绝缘基料外，国外近有用半合成(聚丙烯薄膜，即Polypropylene Laminated paper，简称PPLP)取代，我国也已具备这一制作能力。现所示普通型θm值比原标准提高，是根据GB 9326；半合成纸型θm值则参照日本JCS第168号E(1995)、美国AEIC CS4(1993)标准。它比法国275～400kV自容式电缆ES 109-5(1991)标准θm为90℃稍低。

(3)聚氯乙烯(PVC)绝缘电缆的θm示出值，是参考现行国家标准GB／T 12706。它称之为普通型，因另曾研制有耐热型，需有所区分。国外关于PVC电缆类型可能的θm范围，如加拿大有撰述认为可在60℃～105℃(参见IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation，2001，Vol．8，No．5)，日本JCS第168号E标准所示PVC电缆θm为60℃。

(4)交联聚乙烯(XLPE)绝缘电缆的θm示出值，依500kV及以下电缆制造标准GB／T 12706、GB／T 11017、GB／Z 18890．1～3和GB／T 22078．1～3。都取统一的90℃，是基于如下考虑：

XLPE电缆迄今运行有达40年以上，并未显示θm需比额定值有所降低后才能可靠工作。至于日本JCS第168号E(1995)标准中虽加注110kV以上XLPE电缆多使用θm为80℃，但从2001年IEC 62027标准公布推行后，国际上无一例外地都遵从该标准满足长达1年的预鉴定试验，因而再无须留有裕度。此外，按美国标准AEIC CS7(1993)对θm值选取要求：需在计算载流量所涉及电缆存在的全部热性能参数充分已知，确保θm不致超过时可采取90℃，否则应取比该温度降低10℃或其他适当值。借鉴已纳入本标准第3．6．1条的条文说明中提示，故无必要对本附录列示θm值打折扣。

国内外现行XLPE电缆的θm均为90℃，且仅此一种，但日本近年特别选用非交联时具有高熔点(128℃)的聚乙烯料，来研制θm达105℃的耐高温XLPE电缆，且包含接头等附件也能适应(参见《电气学会论文志B》Vol．123，No．12或《广东电缆技术》2004，No．2)，因而，或许今后将可能不止当今一种型式。故对所列XLPE电缆也注明属普通型。

(5)补充聚氯乙烯绝缘电缆截面大于300mm2时，导体短时暂态最高允许温度为140℃。

附录B　10kV及以下电力电缆经济电流截面选用方法和经济电流密度曲线

系在原标准附录B基础上修改，并增加了电力电缆的经济电流密度曲线，供参考使用。本附录电缆经济截面选用方法基于IEC 287-3-2《电力电缆经济截面的经济最佳化》标准。

电缆的经济电流密度是选择电缆的必要条件之一，对于选择电缆即而节省能源，改善环保，提高电力运行可靠性有着重要的技术经济意义。

导体的截面选择过小，将增加电能的损耗；选择的过大，则增加初投资。使用经济电流密度选择电缆的目的，就是在已知负荷的情况下，选择最经济的电缆截面。

在经济电流密度的两个表达式中，有以下几个参数：CI、A、YP、YS、P、i、b、a、N、R、Np、Nc、τ。参数中除i为国家规定的贷款利息外，其余的参数均要进行数据统计或调查研究。

经济电流密度计算公式中参数的确定：

(1)CI：电缆本体及安装成本(元)，由电缆材料费用和安装费两部分组成。电缆安装费中不包括电缆头制作及直埋电缆挖填土的费用。材料价格按照《电力建设工程装置性材料预算价格》(2013年版)统计，安装工程费包括直接费、间接费、利润、税金，安装定额按照《电力建设工程预算定额》(2013年版)统计，取费标准按照《火力发电工程建设预算编制与计算规定》(2013年版)地区为北京。同时，本次电缆本体及安装成本测算已经融入营改增部分调整，营改增部分相关调整执行相应如下两份文件：电力工程造价与定额管理总站文件定额[2016]9号关于发布电力工程计价依据适应营业税改增值税调整过渡实施方案的通知，执行电力工程造价与定额管理总站文件定额[2016]45号关于发布电力工程计价依据营业税改增值税估价表的通知。

(2)A：电缆投资中有一部分和电缆截面有关，这部分叫作成本的可变部分即为A。其数值是相邻截面电缆的投资差与截面差的比值，即是电缆截面与投资形成函数的曲线的斜率。单位为元／m·mm2。用公式表示如下：

A＝(截面S1导体的总投资—截面S2导体

的总投资)／(S1—S2)(元／m·mm2)　　对相同型号的电缆，随着截面积的变化A值变化的幅度不大，取其平均值作为计算数值。　　(3)YP、YS：YP为集肤效应系数，YS为临近效应系数。　　集肤效应系数YP与导体的直流电阻、截面积及材质有关，其函数表达式为：　　X＝1256／(R0·K1)，其中R0·K1为在工作温度下导体的直流电阻(Ω／m)。　　R0＝ρ20／S(Ω／m)为20℃下的直流电阻最大值。　　K1＝1＋α20(θm—20)为温度系数，其中θm为经验数值(见IEC 287-3-2)，取40℃。α20(铜)取0．00393，α20(铝)取0．00403。　　邻近效应系数YS的表达式为：　　式中：d——导体外径；　　s——导体中心距离；　　ρ20——20℃时电缆导体的电阻率(Ω·mm2／m)，铜芯为17．24×10-9Ω·mm2／m、铝芯为28．26×10-9Ω·mm2／m，计算时可分别取17．24和28．26。　　每种不同型号和材料的电缆，都可以求出各自对应截面的YP、YS值，因同种型号和材料的导体的YP、YS值随截面的变化波动不大，所以在计算中取其平均值。　　(4)P：根据IEC 287-3-2，P为电价，是在相关电压水平上千瓦·时的成本，也就是使用者的用电成本；D为供给电能损耗的额外供电容量成本，也就是两部制电价中的基本电价。　　我国现阶段实行的是“三段式”电价，即电价由上网电价、输配电价、销售电价组成。P值的选取同样应该根据使用对象的不同进行选取，对于使用本标准的三类用户，即发电企业、供电企业和电力用户，要分别进行讨论。对于发电企业可采用上网电价，对于供电企业可采用输配电价，对于电力用户可采用销售电价。　　我国现阶段的电价政策，对于发电企业实施单一制或两部制电价，电网的互供电价同样实行单一制电价，对于销售电价根据用户采用单一制或两部制电价。因此在D值的选取中，应该针对不同的电价标准，进行选取，对于单一制电价D值为0。由于不同地区，两部制电价体系中基本电价D值有较大差异，本标准附录B中，按照平均值取值为424元／(kW·年)。　　(5)i：贴现率(%)，可取全国现行的银行贷款利率，取6．4。　　(6)b：能源成本增长率(%)，根据IEC 287-3-2，取2%。　　(7)a：负荷增长率。我们在选择导体截面时所使用的负荷电流是在该导体截面允许的发热电流之内的，当负荷增长时，有可能会超过该截面允许的发热电流。考虑a的目的是预计负荷的增长而将导体截面留有一定的裕度。　　当使用经济电流密度选择导体截面时，往往选择的经济截面要比发热截面大很多，不存在负荷的增长使发热截面不满足要求的情况；同时，负荷增长率是随时间、空间不断变化的，很难确定其数值；根据灵敏度分析，a的波动对j的影响又很小，所以忽略不计。　　(8)N：经济寿命。采用导体的使用寿命。考虑某种导体从投入使用一直到使用寿命结束整个时间内的投资和运行费用的总和最小，而不是使用中的某个阶段。N取30年。　　(9)R：交流电阻，单位为Ω／m。计算公式为：　　式中：R0——20℃下的直流电阻；　　B——导体损耗系数，附录B经济电流密度曲线中，取值1．005；　　K1——温度系数。　　(10)NP：每回路相线数。本标准指三相回路，所以NP取3。　　(11)NC：传输同样型号和负荷值的回路数。考虑为独立的导体，NC取1。　　(12)τ：最大损耗的运行时间(h／a)，即相当于负荷始终保持为最大值，经过τ小时后，线路中的电能损耗与实际负荷在线路中引起的损耗相等。其表达式如下：　　式中：W0——视在功率；　　Wm——视在功率最大值。　　实际系统中负荷是随时间变化的，所以送电网络的功率损耗也随着负荷变化而变化。表示负荷随时间变化的曲线称之为负荷曲线。设计新电网时，负荷曲线是不知道的，同时负荷变化同很多因素有关，因此要准确预测某线路的τ值是相当困难的。特别是最大负荷损耗时间τ和视在功率(全电流)的负荷曲线有关，而一般负荷曲线都是用有功负荷表示，若要将有功负荷曲线改为视在功率负荷曲线就要知道每一时刻的功率因素，这就更困难了。目前可使用最大负荷利用小时数Tmax来近似求τ值。所谓最大负荷利用小时数，就是负荷始终等于最大负荷，经过Tmax小时后它所送出的电能恰好等于负荷的全年实际用电量。显然Tmax与τ的关系是由负荷曲线的形状和功率因素决定的。Tmax的表达式如下：　　式中：P——有功功率；　　Pm——有功功率的最大值。　　表11中，最大负荷利用小时数Tmax与最大负荷损耗小时数τ和cos的关系摘自《供用电技术》(中国科技大学出版社，1992年)，可参考使用，cos取值0．85。 表11　最大负荷利用小时数Tmax、最大负荷损耗小时数τ和cos 的关系 附录C　10kV及以下常用电力电缆100%持续允许载流量　　系原标准附录C。　　取消了原标准表C．0．1-1～2、表C．0．2-1～2和表C．0．3中已不常用的不滴流纸绝缘电缆。　　取消了原标准表C．0．2-1、表C．0．2-2中6kV 3芯聚氯乙烯绝缘电缆，并将原标准表C．0．2-1、表C．0．2-2中6kV 3芯交联聚乙烯绝缘电缆空气中和直埋敷设时的持续允许载流量数据合并为“表C．0．2 6kV 3芯交联聚乙烯绝缘电缆持续允许载流量”中。 附录D　敷设条件不同时电缆持续允许载流量的校正系数　　系原标准附录D。　　原标准条文及表D．0．1中35kV修改为10kV。　　表D．0．3中第一列和第二列中土壤热阻系数对应土壤分类特征，仅用于在缺乏实测土壤热阻系数时的粗略判断；　　表D．0．3中第三列中校正系数，仅适用于本标准附录C中表C．0．1-2采取土壤热阻系数为1．2K·m／W直埋敷设时1kV聚氯乙烯绝缘电缆载流量的校正。 附录E　按短路热稳定条件计算电缆导体允许最小截面的方法　　系原标准附录E。　　更正了铜、铝导体电阻率，铜芯为0．01724×10-4Ω·cm2／cm，铝芯为0．02826×10-4Ω·cm2／cm。 附录F　交流系统单芯电缆金属套的正常感应电势计算方法　　系原标准附录F。　　补充了表F．0．2ESO的表达式中第1行、第2行XS计算式。 附录G　35kV及以下电缆敷设度量时的附加长度　　系原标准附录G。 附录H　电缆穿管敷设时允许最大管长的计算方法　　系原标准附录H。　　表H．0．6中钢管的摩擦系数0．55有误，现与国家现行标准《城市电力电缆设计技术规定》DL／T 5221和《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168取值一致。　首页产品汽车电缆 应用 单芯 PVC对称导体 (type B) 薄壁线缆用于汽车，摩托车和高温下的电气设备。 结构 导体: Cu-ETP1 裸铜或镀锡铜导体符合 DIN EN13602 标准 绝缘: PVC 标准: ISO 6722 Class B 技术参数 工作温度: –40°C - 105°C 导体 绝缘 成缆 标称导体截面积 股数/直径 最大直径 20°C时的最大电阻值 最小绝缘厚度 最大外径 重量 mm2 No./mm (mm) mΩ/m (mm) mm kg/km 1x0.35 12/0.21 0.90 52.00/55.50 0.20 1.40 5 1x0.50 16/0.21 1.00 37.10/38.20 0.22 1.60 7 1x0.75 24/0.21 1.20 24.70/25.40 0.24 1.90 9 1x1.00 32/0.21 1.35 18.50/19.10 0.24 2.10 11 1x1.50 30/0.26 1.70 12.70/13.00 0.24 2.40 16 1x2.00 30/0.31 1.90 9.31/9.59 0.24 2.60 22 1x2.50 50/0.26 2.20 7.60/7.80 0.28 3.00 26 1x3.00 45/0.31 2.40 6.21/6.40 0.28 3.20 33 1x4.00 56/0.31 2.75 4.70/4.80 0.32 3.70 42 1x6.00 84/0.31 3.30 3.10/3.20 0.32 4.30 61 1x10.00 80/0.41 4.50 1.82/1.85 0.48 6.00 108 1x16.00 126/0.41 6.30 1.16/1.18 0.52 7.90 170 1x25.00 196/0.41 7.80 0.74/0.76 0.52 9.40 265 *注：此处未指定的其他配置，大小，颜色和长度可根据要求提供。