

中华人民共和国国家标准

电气装置安装工程
电缆线路施工及验收规范

GB 50168 - 2006

条文说明

目 次

1	总 则	(41)
2	术 语	(42)
3	电缆及附件的运输与贮存保管	(43)
4	电缆线路附属设施和构筑物的施工	(45)
4.1	电缆导管的加工及敷设	(45)
4.2	电缆支架的配制与安装	(47)
4.3	电缆线路其他防护设施与构筑物的施工	(48)
5	电缆的敷设	(50)
5.1	一般规定	(50)
5.2	直埋电缆的敷设	(55)
5.3	电缆导管内电缆的敷设	(56)
5.4	电缆构筑物中电缆的敷设	(57)
5.5	桥梁上电缆的敷设	(58)
5.6	水底电缆的敷设	(58)
5.7	电缆的架空敷设	(61)
6	电缆附件的安装	(62)
6.1	一般规定和准备工作	(62)
6.2	安装要求	(64)
7	电缆线路防火阻燃设施施工	(66)
8	工程交接验收	(68)

1 总 则

1.0.1 本条说明了制定本规范的目的。

1.0.2~1.0.4 目前我国已大量使用 500kV 电缆,第 1.0.2~1.0.4条规定了本规范的适用电压等级范围和内容。对于特殊用途的电缆,如矿用、船用、冶金及化工等用的电缆,其结构、性能、安装场所均有其特殊性,本规范不可能都给予明文规定,因此提出“尚应符合专业规程的有关规定”。

1.0.5 本条强调电缆线路采用的电缆及附件,均应为符合国家现行标准及相关产品标准的合格产品。

1.0.6 本规范是以质量标准 and 主要工艺要求为主的,现行的安全技术规程只是一般性规定,二者对于专业性的施工都不可能面面俱到,规定得非常齐全;同时由于电缆工业的发展,新的施工工艺及施工方法不断采用,施工环境也各不相同。因此,要求除应遵守本规范及现行各种安全技术规程的规定外,对重要的施工工序、施工方法,还应制定出切实可行的安全技术措施。

1.0.7 对电缆及附件安装所用的钢制紧固件,根据现有条件和市场供应情况,除地脚螺栓外,应采用热镀锌制品,从而保证防腐蚀要求。地脚螺栓可按设计要求自行加工或采购成品。

热镀锌为目前常用镀锌工艺,尤其是对钢制螺栓使用热镀锌比电镀锌和喷镀更为广泛、实用,效果也好。考虑到技术发展,也允许采用性能等同热镀锌的其他制品。

1.0.8 本条为增加的内容。强调对有抗干扰要求的电缆线路,应按设计要求采取抗干扰措施。

2 术 语

本章为原标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168—92 附录一内容的修改补充。为便于理解和使用,增加了电缆、电缆分接箱和电缆导管[保护管]的内容。

3 电缆及附件的运输与贮存保管

3.0.1、3.0.2 对电缆及其附件的运输、保管进行了原则规定,没有要求具体运输方法,因为各地、各部门运输工具、道路及施工经验不同,不强调用同一种运输方法。但不论用何种方法运输,均要确保不损坏箱体外表面以及箱内部件。

3.0.3 盘装电缆在运输和滚动前应检查其盘的牢固性。因为从出厂到工地、从工地至各使用场所是经过多次滚动和倒运,若运输和滚动方式不当或电缆盘质量不好,以致盘变形松散,会引起电缆损坏或油管破裂。对充油电缆油管的保护,应在运输滚动过程中检查是否漏油,压力油箱是否固定牢固,压力指示是否符合要求等。否则电缆因漏油、压力降低会造成电缆受潮以致不能使用。

3.0.4 电缆及其附件到达现场后,除应按一般常规要求进行检查外,对充油电缆由于施工单位较少或没施工过,因此要求电缆及其附件(压力油箱、油管、阀门和压力表)符合要求且完好无损。

充油电缆附件完好无损表现为压力油箱油管无裂纹、油无渗透漏,油压及其表计指示符合正常压力;阀门关闭灵活,且应在开启位置,使压力油箱与电缆油路相通;电缆本体油无渗漏,封存端密封良好。强调了附件部件应齐全,材质质量应符合产品技术要求。

3.0.5 要求电缆本体、附件及有关材料的存放、保管原则上应符合产品贮存保管要求。

1 为方便电缆的使用,存放时应按电压等级、规格等分类存放,盘间留有通道以便人员或运输工具通过。为保证电缆在存放时的质量,存放场所应地基坚实且易于排水,电缆盘应完好而不腐烂。

2 电缆终端瓷套,无论存放于室内、室外,都易受外部机械损伤而使瓷件遭受破损,严重的致使报废,因此要求所有瓷件在存放时,尤其是大型瓷套,都应有防机械损伤的措施(放于原包装箱内;用泡沫塑料、草袋、木料等遮盖、围包,牢固保护)。

3 电缆终端头和接头浸于油中部件、材料都采用防潮包装,如充油电缆终端前沿和接头浸于油中部件、环氧树脂部件等,一般用塑料袋密封包装;电容饼、绕包的绝缘纸浸油用容器密封运输。因此它们到现场后,应检查其密封情况,并存放在干燥的室内保管,以防止贮运过程中密封破坏而受潮。

4 防火涂料、包带、堵料等防火材料在施工经验尚不成熟时,其贮存保管一定要严格按厂家的产品技术性能要求(包装、温度、时间、环境等)保管、存放,否则会使材料失效、报废。

5 电缆桥架暂时不能安装时,在保存场所一定要分类轻码轻放。在有腐蚀的环境,还应有防腐蚀的措施。一经发现有变形和防腐层损坏,应及时处理后再行存放。

3.0.6 对保管期限作了一般规定。

3.0.7 电缆在保管期间,有可能出现电缆盘变形、盘上标志模糊、电缆封端渗透漏、钢铠锈蚀等,此时应视其发生缺陷的部位和程度及时处理并做好记载,以保证电缆质量的完好性。对充油电缆,由于其充油的特殊性,在检查时,应记录油压、环境温度和封端情况,有条件时可加装油压报警装置,以便及时发现漏油。当油压降至零时,电缆内部易进气,应及时进行处理。但进行处理时应注意,若在处理前对其滚动,会使空气和水分在电缆内部窜动,给处理带来麻烦,故在未处理前严禁滚动。

4 电缆线路附属设施和构筑物的施工

4.1 电缆导管的加工及敷设

4.1.1 本条提出了对电缆管的基本要求。强调了目前广泛采用的塑料电缆管应有满足电缆线路敷设条件所需保护性能的品质证明文件。目前仍然使用的电缆管的种类有:钢管、铸铁管、硬质聚氯乙烯管、陶土管、混凝土管、石棉水泥管等。其中铸铁管、陶土管、混凝土管、石棉水泥管用作排管,有些供电部门也采用硬质聚氯乙烯管作为短距离的排管。

硬质聚氯乙烯管因质地较脆,根据《硬聚氯乙烯管材》SG 78和《塑料管道工程设计与施工》中的要求,硬质聚氯乙烯管在敷设时的温度不宜低于 0°C ,在使用过程不受碰撞的情况下,可不受此限制。最高使用温度不应超过 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。在易受机械碰撞的地方不宜使用。

4.1.2 对本条的规定说明如下:

1 管口打去棱角、毛刺是为了防止在穿电缆时划伤电缆。有时管口做成喇叭形也是必要的,可以减小直埋管在沉陷时管口处对电缆的剪切力。

2 电缆管在弯制时,如弯扁程度过大,将减小电缆管的有效管径,造成穿设电缆困难。

3 对电缆管进行防腐处理是为了增加使用寿命。强调了无防腐措施的金属电缆管应在外表涂防腐漆。

4.1.4 在敷设电缆管时应尽量减少弯头。有些工程如发电厂厂房内,由于各种原因一根电缆管往往有多个弯头。考虑到上述情况,本条规定“弯头不应超过3个,直角弯不应超过2个”,当实际施工中不能满足要求时,可采用内径较大的管子或适当部位设置

拉线盒,以利电缆的穿设。

4.1.5 借鉴国外电缆敷设的经验,目前国内逐渐采用电缆桥架和明管敷设电缆。如某工程,由电缆桥架上引出的电缆都采用明管穿设。在我国钢铁企业厂房内也多有采用穿管敷设的。明敷管用卡子固定较为美观,且在需要拆卸时方便拆卸。电缆管的支持点间的距离当有设计时应按照设计,无设计时不应超过本条的数值。

硬质聚氯乙烯管的热膨胀系数约为 $80 \times 10^{-6} \text{ m/m}$,比钢管大 5~7 倍,如一根 30m 长的管子,当其温度改变 40°C 时,则其长度变化为: $0.08 \times 30 \times 40 = 96 \text{ mm}$ 。

因此,沿建筑结构表面敷设时,要考虑温度变化引起的伸缩(当管路有弯曲部分时有一定的补偿作用)。根据原建工部《安装标准图集》中的规定,建议管路直线部分超过 30m 时,宜每隔 30m 加装一个伸缩节。

补充了非金属类电缆管在敷设时宜采用预制的支架固定,支架间距不宜超过 2m 的具体要求。

4.1.6 要求地基坚实、平整是为排管敷设后不沉陷,以保证敷设后的电缆安全运行。

本条第一款中在人行道下面敷设时,承受压力小,受外力作用的可能性也较小,且地下管线较多,故埋设深度可要求浅些。

4.1.7 钢管的连接采用短管套接时,施工简单方便,采用管接头螺纹连接则较美观。无论采用哪一种方式均应保证牢固、密封。要求短管和管接头的长度不应小于电缆管外径的 2.2 倍,是为了保证电缆连接后的强度,这是根据施工单位的意见确定的。

金属电缆管直接对焊可能在接缝内部出现疤痕,穿电缆时会损伤电缆,故要求不宜直接对焊。

硬质塑料管采用短管套接或插接时,在接触面上均需涂以胶合剂,以保证连接牢固可靠、密封良好。

4.1.9 为避免在电缆敷设后焊接地线时烧坏电缆,故要求先焊接地线。有丝扣的管接头处用跳线焊接是为了接地可靠。

4.2 电缆支架的配制与安装

4.2.1 第1、2款的要求是一般性规定,旨在使制作的电缆支架牢固、整齐、美观。在现场批量制作普通角钢电缆支架时,可事先做出模具。

许多地方电缆隧(沟)道内空气潮湿、积水,有时支架浸泡在水中,致使电缆支架腐蚀严重,强度降低。因此在制作普通钢制电缆支架时,应焊接牢固,并应做良好的防腐处理。

4.2.2 本条修改依据《电力工程电缆设计规范》GB 50217 第5.5.2条。中性点经消弧线圈接地系统,电压等级 50/66kV 的 66kV 电缆,比照 110kV 执行。

为便于电缆的敷设和抽换,在确定电缆支架的层间距离时应加以验算,保证在同一支架上敷设多根电缆时,能够进行里外移动和更换电缆。

4.2.3 普通型电缆支架的固定一般直接焊接在预埋铁件上。

电缆桥架中支吊架的固定方式有:①直接焊接在预埋件上;②先将底座固定在预埋件上或用膨胀螺栓固定,再将支吊架固定于底座上。实际施工中应按设计要求固定,以保证安全可靠。

本条对电缆支架(包括普通型电缆支架和桥架的支吊架)安装位置的误差提出了要求,主要是从美观上考虑。桥架的支吊架位置纵向偏差过大可能会使安装后的梯架(托盘)在支吊点悬空而不能与支吊架直接接触。横向偏差过大可能会使相邻梯架(托盘)错位而无法连接或安装后的电缆桥架不直,影响美观。因此对桥架支吊架的位置误差应严格控制。

电缆支架最上层和最下层至沟顶、屋顶或沟底、地面的距离,参考《电力工程电缆设计规范》GB 50217,加入了对电缆桥架的一

般要求。

4.2.5 采用桥架敷设电缆,在电力、化工、冶金等企业已广为应用。电缆桥架的优点是制作工厂化、系列化,质量容易控制,安装方便,安装后的电缆桥架美观整齐。

电缆桥架的种类有:钢制电缆桥架、铝合金制电缆桥架和玻璃钢(玻璃纤维增强塑料,简称玻璃钢)制电缆桥架。最常用的是钢制电缆桥架,铝合金和玻璃钢电缆桥架在个别工程中也有应用。

中国工程建设标准化协会已制定出钢制电缆桥架标准,在使用钢制电缆桥架时,应采用符合标准的产品,以保证电缆桥架的质量和使用寿命。

4.2.6 铝合金制托架与钢制支吊架直接接触时会产生电化学腐蚀,为避免铝合金托架的腐蚀,较为简便的方法是在铝合金托架和钢制支吊架间加绝缘衬垫。可利用电缆上剥下来的塑料护套切割而成。

4.2.7 本条参考《电力工程电缆设计规范》GB 50217 制定。钢的线膨胀系数为 $0.000012/^\circ\text{C}$, 铝合金的线膨胀系数约为 $0.000024/^\circ\text{C}$ 。当钢制电缆桥架的长度为 30m 时,如果安装时与运行后的最大温差按 50°C 计,则电缆桥架的长度变化为: $0.000012 \times 50 \times 30\text{m} = 18\text{mm}$ 。因此施工时应按规定设置伸缩缝。伸缩缝处采用伸缩连接板连接时,一般不必考虑伸缩缝的距离。厂家定型的伸缩连接板连接后的伸缩距离均能补偿桥架由于环境温度变化而引起的热胀冷缩。

4.2.9 为避免电缆发生故障时危及人身安全,电缆支架(包括桥架)均应良好接地,较长时还应根据设计进行多点接地。

4.3 电缆线路其他防护设施与构筑物的施工

4.3.1 与电缆线路安装有关的建筑物、构筑物工程的施工质量除应符合国家现行有关规范的规定外,还应满足电缆施工要求。其

中包括预埋件的施工质量,电缆敷设前沟道的清洁和安全保障,电缆敷设后防损坏、防水浸设施等按工序要求施工的工作。否则建筑工程质量不能保证,也影响电缆施工。

4.3.2 对电缆分接箱、箱式变基础及位置提出基本要求。

4.3.3 为保证电缆线路长期可靠运行,规定了电缆工作井的尺寸应满足电缆最小弯曲半径的要求,而不能使电缆过分弯曲。

5 电缆的敷设

5.1 一般规定

5.1.1 在敷设前应把电缆所经过的通道进行一次检查,防止影响电缆施工。

护套外有挤包导电层或石墨涂层的聚氯乙烯和聚乙烯护套电缆,方便了敷设前对外护套的检测,据以判断护套绝缘状况。

本条第四款要求保持的充油电缆油压是为了防止敷设时压偏电缆。

由于电缆放线架放置不稳,钢轴的强度和电缆盘的重量不配套,常常引起电缆盘翻倒事故。为了保证施工人员的安全和电缆施工质量,对本条第5款的要求应予重视。

电缆中间接头的事故率在电缆故障中占较大比例,电缆中间接头往往是在施工中没有根据电缆长度合理安排敷设造成的。故此增加了合理安排每盘电缆的要求。

电缆盘应有可靠的制动措施,在紧急情况下迅速停止放缆。使用履带输送机敷设电缆时,卷扬机和履带输送机之间必须有联动控制装置。

5.1.3 在三相四线制系统中,如用三芯电缆另加一根导线,当三相系统不平衡时,相当于单芯电缆的运行状态,在金属护套和铠装中,由于电磁感应将产生感应电压和感应电流而发热,造成电能损失。对于裸铠装电缆,还会加速金属护套和铠装层的腐蚀。

5.1.4 在设计时,一般来说并联使用的电缆型号、路径长度都是相同的,即使型号不同,也会考虑到电流分配问题,以满足实际运行的要求。本条的规定旨在考虑施工现场因工期紧、电缆货不全等问题,敷设并联使用的电缆时采用不同型号的电缆代用,可能造

成一根电缆过载而另一根电缆负荷不足影响运行安全的现象。因为绝缘类型不同的电缆,其线芯最高允许运行温度也不同,同材质、同规格而绝缘种类不同的电缆其允许载流量也不同。因此在施工时如采用不同型号的电缆代用。在敷设时长度也应尽量相同,以免因负荷不按比例分配而影响运行安全。

5.1.5 电缆敷设时不可能笔直,各处均会有大小不同的蛇形或波浪形,完全能够补偿在各种运行环境温度下因热胀冷缩引起的长度变化。因此,只要求在可能的情况下,终端头和接头附近留有备用长度,为故障时的检修提供方便。对于电缆外径较大、通道狭窄无法预留备用段者,本规范不作硬性规定。

高压电缆的伸缩问题在产品结构和施工设计中有所考虑。

5.1.6 本条参照《电力工程电缆设计规范》GB 50217 修订。

5.1.7 本条参照相应产品的现行国家标准《塑料绝缘控制电缆》GB 9330、《额定电压 35kV 及以下铜芯、铝芯纸绝缘电力电缆》GB 12976、《额定电压 1kV($U_m = 1.2kV$)到 35kV($U_m = 40.5kV$)挤包绝缘电力电缆及附件》GB/T 12706、《额定电压 110kV 交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件》GB/T 11017、《额定电压 220kV($U_m = 252kV$)交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件》GB/T 18890和《交流 330kV 及以下油纸绝缘自容式充油电缆及附件》GB 9326 的规定而修订。靠近连接盒和终端的电缆的最小弯曲半径还可以小 2 倍,但需小心控制,如采用成型导板。

为了便于记忆,对上述标准中的有些数据作了归整或采取上述标准中电缆装盘时的盘轴直径与电缆外径的比值。在施工时电缆的弯曲半径不应小于本条的规定,以保证不损伤电缆和投运后的安全。

5.1.8 表 5.1.8 的数据是参照《粘性油浸纸绝缘电力电缆》JB 2926 而制定的。

适用于高落差的电缆有橡皮和塑料绝缘电缆、不滴流纸绝缘电缆和纵向铠装的高落差充油电缆。

5.1.9 电缆从盘的上端引出可以减少电缆碰地的机会,且人工敷设时便于施工人员拖拽。实际放电缆时都是这样做的。

5.1.10 本条规定了机械敷设电缆时的牵引强度要求,机械敷设电缆的牵引方式一般有牵引头和钢丝网套两种。采用牵引头牵引电缆是将牵引头与电缆线芯固定在一起,受力者为线芯;采用钢丝网套时是电缆护套受力。

实际施工中有采用钢丝网套牵引塑料电缆的敷设方式,因此本条参照《高压充油电缆施工工艺规程》规定了塑料护套的允许牵引强度。

充油电缆的最大牵引力是参照《高压电缆线路》而制定的。我国生产的充油电缆油道直径一般为12mm,使油道变形的最大牵引力约为27kN,为防止牵引力过大造成电缆油道变形损坏电缆,除应接受力部分允许牵引强度确定最大牵引力之外,还不应超过27kN。

5.1.11 机械化敷设电缆的速度过快会出现下列问题:①电缆容易脱出滑轮;②造成侧压力过大损伤电缆;③拉力过大超过允许牵引强度。所以在机械化敷设电缆时,应将敷设速度控制在一定范围内,高压电缆敷设速度应适当放慢。日本三菱电缆公司的110kV XLPE 电缆的技术文件规定为6~10m/min。

5.1.12 在敷设路径落差较大或弯曲较多的场所,用机械敷设大截面特别是35kV及以上电缆,如施工前不按多种方案计算电缆各点所受的拉力和侧压力,很可能在施工中超过允许而损伤电缆。电缆所受的拉力和侧压力与电缆盘架设的位置、电缆牵引方向和电缆穿管材料的摩擦系数等因素有关。

5.1.13 盘在卷扬机滚筒上的钢丝绳放开牵引电缆时,钢丝绳本身存在着扭力,如直接牵引牵引头或钢丝网套,会将此扭力传递到电缆上,使电缆受到不必要的附加应力。

防捻器是一种两端可以自由转动的装置,敷设电缆时将防捻器加在牵引钢缆和牵引头或钢丝网套之间,使钢缆的扭力不致传

到电缆上。

5.1.14 本条参照水利部编制的《高压充油电缆施工工艺规程》和《高压电缆线路》而制定。充油电缆的油道是中空的,敷设时虽然保持一定的油压,但如转弯处侧压力过大,也会使油道变形损伤电缆。另外,高压单芯电缆的外护层有绝缘要求,其材质一般是聚氯乙烯和聚乙烯,当侧压力超过 3kN/m 时,有可能将护层压坏,这是不允许的。因此在施工前应计算电缆上各点所受的侧压力,使其在敷设过程中不超过规定的数值以保证电缆敷设质量和安全。

5.1.15 对本条的规定说明如下:

1 在塑料电缆的使用中,有些人认为不怕水,电缆两端即使不密封,电缆内进入一些水分也不要紧,这种观点是错误的。塑料电缆进水后,在试验时一般不会发现问题,即使线芯进水,进行直流耐压和泄漏电流试验时也不会发现影响电缆使用的问题。但是高压交联聚乙烯电缆线芯进水后,在长期运行中会出现水树枝现象,即线芯内的水分呈树枝状进入塑料绝缘内,从而使这些地方成为薄弱环节。据有关科研人员介绍,塑料绝缘电缆线芯进水后,一般运行 $6\sim 10$ 年即显现出由此而造成的危害。此外高压交联聚乙烯电缆接头在模塑成形加热时,线芯中的水汽会进入辐照交联聚乙烯带的层间,形成气泡,影响接头质量。

塑料护套电缆,当护套内进水后,会引起内铠装锈蚀。所以为了保证电缆的施工质量和使用寿命,塑料电缆两端也应做好防潮密封。

2 充油电缆在切断前,先在被分割的一端接上压力油箱,切断后两端均可用压力油箱的油分别冲洗切断口,并排出封端内的空气和杂质。

在连接油管路时,可用压力油排除管内的空气,并在有压力的情况下进行管路连接,以免接头内积气。

充油电缆的切断口所抬起的高度,只要高于其两侧电缆的外径,电缆内就不易进气。

5.1.16 本条参照《粘性油浸纸绝缘金属套电力电缆》JB 2926、《不滴流油浸纸绝缘金属套电力电缆》JB 2927、《交流 330kV 及以下油纸绝缘自容式充油电缆及附件》GB 9326、《橡皮和塑料绝缘控制电缆、橡皮绝缘电力电缆》JB 678~679 和《聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆》JB 1579 而制定。对照相应产品的现行国家标准《塑料绝缘控制电缆》GB 9330、《额定电压 35kV 及以下铜芯、铝芯纸绝缘电力电缆》GB 12976、《额定电压 1kV ($U_m = 1.2kV$) 到 35kV ($U_m = 40.5kV$) 挤包绝缘电力电缆及附件》GB/T 12706、《额定电压 110kV 交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件》GB/T 11017、《额定电压 220kV ($U_m = 252kV$) 交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件》GB/T 18890 和《交流 330kV 及以下油纸绝缘自容式充油电缆及附件》GB 9326 的规定,仍然可以按本条规定施工。

当施工现场的温度不能满足要求时,应采取适当的措施,避免损伤电缆,如采取加热法或躲开寒冷期敷设等。

一般有如下加热方法:

1 用提高周围空气温度的方法加热。当温度为 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 时,需 72h;如温度为 25°C ,则需 24~36h;

2 用电流通过电缆导体的方法加热,加热电流不得大于电缆的额定电流,加热后电缆的表面温度应根据各地的气候条件决定,但不得低于 5°C 。

经烘热的电缆应尽快敷设,敷设前放置的时间一般不超过 1h。当电缆冷至低于表 5.1.16 中所列的环境温度时,不宜弯曲。

5.1.21 沿电气化铁路或有电气化铁路通过的桥梁上敷设的电缆,由于电缆两端的金属护层是接地的,故此有地下杂散电流通过,并在其上产生电势;而电缆支架和桥梁构架是直接接地的,其电位与地相同;电缆金属护套的电位和地电位可能不同。因此如果电缆金属护层不与支架或桥梁构架绝缘,就可能发生火花放电

现象,烧坏电缆金属护层而发生事故。

在钢铁企业的厂区内,由于杂散电流较大,也存在这样的问题,应引起注意。

5.1.22 本条的规定有两个目的:一是防止小动物进入损坏电缆和电气设备;二是起到堵烟堵火、防止火灾蔓延的作用。在以往的经验中,曾多次发生过蛇沿孔洞和管口进入电气设备造成短路以及老鼠咬坏电缆等造成的事故。发生电缆火灾事故时,火也会沿着这些地方进入配电室和控制室烧毁配电设备和控制设备,以往的火灾事故中不乏其例。

5.1.23 装有避雷针的照明灯塔(包括烟囱照明),其照明电缆引下后,不能直接进入电缆沟,避免高压反击,造成人身及设备事故。《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169 中有明文规定,应遵照执行。

5.2 直埋电缆的敷设

5.2.1 在电缆线路通过的地段,有时不可避免地存在本条所列有损于电缆的因素,只要采取一些相应措施如穿管、铺砂、筑槽、毒土处理等,或采用适当的电缆,即可使电缆免于损坏。

5.2.2 对本条的规定说明如下:

1 电缆穿越农田时,由于深翻土地、挖排水沟和拖拉机耕地等原因,有可能损伤电缆。因此敷设在农田中的电缆埋设深度不应小于1m。

2 东北地区的冻土层厚达2~3m,要求埋在冻土层以下有困难。施工时在电缆上下各铺以100mm厚的河砂,还有用混凝土或砖块在沟底砌一浅槽,电缆放于槽内,槽内填充河砂,上面再盖以混凝土板或砖块。这样可防止电缆在运行中受到损坏。

5.2.5 对于直埋电缆,铺砂好还是铺软土好,有不同的看法。在南方水位较高的地区,铺砂比铺软土的电缆易受腐蚀。在水位较低的北方地区,因砂松软、渗透性好,电缆经常处于干燥的环境中,

从挖出的电缆看,周围的砂总是干的,不怕冻、腐蚀性小。因此采用砂还是软土,应根据各地区的情况而定。

混凝土保护板对防止机械损伤效果较好,有条件者应首先采用。

5.2.6 本条规定了直埋电缆方位标志的设置要求,以便于电缆检修时查找和防止外来机械损伤。

5.2.7 在直埋电缆回填土前,应进行中间检查验收,如电缆上下是否铺砂或软土、盖板是否齐全等,以保证电缆敷设质量。

5.3 电缆导管内电缆的敷设

5.3.2 某变电所的电流互感器引下线曾因保护管下部弯曲段内积水而致电缆冻坏。因此电缆保护管在垂直敷设时,其弯角一般应大于 90° ,避免因积水而冻坏电缆。

室外垂直敷设的电缆保护管,经常受到雨水浸蚀。据反映,这部分电缆和钢管腐蚀相当严重,电缆被锈在钢管里,拉都拉不出来。因此有的单位把保护管沿轴线割成两个半圆,或用 $2 \sim 2.5\text{mm}$ 厚的铁板加工成两个半圆后用卡子固定,雨水顺着缝隙渗到外面使电缆不受影响,运行多年来,情况良好。这对于室外爬杆敷设的电缆,施工方便,电缆和管子均不易腐蚀。

5.3.3 为了确保电缆能顺利穿管并不损伤电缆护层,在电缆敷设前疏通管路并清除杂物是必要的。疏通时可用直径不小于 0.85 倍管孔直径、长度约 600mm 的钢管来回疏通,再用与管孔等直径的钢丝刷清除管内杂物。

5.3.4 目前,无论国内设计的工程还是引进工程,都有一根管敷设多根电缆的情况。原来一般要求一根管道只敷设一根电力电缆,可敷设多根控制电缆。鉴于目前的实际情况,本条规定“穿入管中电缆的数量应符合设计要求”。对于交流单芯电力电缆,因电磁感应会在钢管中产生损耗,从而对电缆的运行产生影响,故要求“交流单芯电缆不得单独穿入钢管内”。

5.4 电缆构筑物中电缆的敷设

5.4.1 电力电缆与控制电缆分开排列显得越来越重要。原因有二:一是在发电厂或其他大型企业中,由于机组容量和自动化程度的提高,电缆数量增多,控制电缆的抗干扰要求也日益严格,电力电缆与控制电缆敷设在一起,会产生对控制电缆的干扰,造成控制设备误动作。二是电力电缆发生火灾后波及控制电缆,使控制设备不能及时作出反应,事故进一步扩大,造成巨大损失,修复困难。

电缆在支架上的上下排列顺序,根据我国惯例,都是按电压等级的高低、电力电缆和控制电缆、强电和弱电电缆的顺序自上而下排列。但随着高电压和大截面电缆的增多,特别是城市供电系统,电缆外径一般均较大,当电缆从支架上引出或进入电气盘柜,有时弯曲困难,并难以满足电缆最小允许弯曲半径的要求。这时允许将高压电缆放在下面,同时电缆的放置也较方便。国外引进工程中也有从下而上的排列顺序,与从上而下的排列顺序没有原则性的差别。

5.4.2 多根并列敷设的电力电缆间距对电缆载流量有较大影响,对于不同的间距,设计中对载流量的修正有所考虑。因此在敷设施工时,电缆间的间距应符合设计要求。

5.4.3 在电缆隧道中,多芯电缆安装在金属支架上,一般可以不作机械固定,但单芯电缆则必须固定。因发生短路故障时,由于电动力作用,单芯电缆之间所产生的相互排斥力,可能导致很长一段电缆从支架上移位,以致引起电缆损伤。

5.4.4 本条主要是考虑到电缆的散热和防火问题。位于锅炉看火孔和制粉系统防爆门前面的电缆,容易因有火孔喷火和防爆门爆炸而被引燃。在火灾事故调查中曾发现过此类问题。施工组织设计时应加以注意。

5.4.5 本条也是考虑电缆的防火问题,电缆的麻护层属易燃物,

当因外部的或内部的原因被引燃时,很容易使火灾蔓延。

目前,电缆的防腐外护层一般都是聚氯乙烯护套,防腐效果比麻护层好,电缆产品标准中也已淘汰麻护层电缆。但考虑到各地物资供应部门可能还有库存,施工中还可能会遇到这种电缆,这时电缆的敷设应按本条规定执行。

5.4.6 据调查了解,电缆沟中积灰积水现象很普遍,电缆常常浸泡在水中,灰粉覆盖电缆,给电缆的安全运行种下了潜在危机。即使盖好盖板,也难免进入水、汽、油、灰。某电厂曾因升压站电流互感器爆炸后,油沿盖板缝隙流入电缆沟造成电缆火灾事故,造成巨大损失。因此在施工时对本条的规定应给予重视。

5.5 桥梁上电缆的敷设

5.5.1 敷设于木桥上的电缆穿在铁管中,一方面能加强电缆的机械保护,另一方面能避免因电缆绝缘击穿,短路故障电弧损坏木桥或引起火灾。

对钢结构或钢筋混凝土结构的桥梁,放在人行道下或穿在耐火材料的管内能确保电缆和桥梁的安全。

电缆避免太阳直射是为了不降低电缆的输送容量和避免电缆护层加速老化。

5.5.3 根据电缆长期运行经验,敷设在桥梁上的电缆,如不采取防振措施,会使电缆长期受振动,造成电缆护层疲劳龟裂、加速老化。

5.6 水底电缆的敷设

5.6.1 水底电缆应按跨越长度订货。大长度水底电缆,当超出制造厂的制造能力时,由制造厂制作工厂软接头;由于某种原因分盘交货时,可按施工方案,先接成软接头,再进行敷设。

现有水底电缆线路上的软接头,已有了很好的运行记录。

5.6.2、5.6.3 水底电缆的敷设,要求平放在河床上,如电缆悬离

河床,长期受水流冲刷会磨损电缆,敷设在河床稳定和河岸很少冲刷的地方,能避免产生电缆悬离河床而损坏电缆。

在码头港湾等经常停船处,船只抛锚和航道疏通都可能损坏电缆,为确保电缆安全运行,必须采取可靠的保护措施,有条件时尽可能深埋敷设。

5.6.4 水底电缆自水底捞起加装接头后,再放入水底。电缆放入水底的位置,比曾在水底的位置向上游或下游位移 1 倍水深,相邻两条电缆在打捞时,如潮流相反,两根电缆在水底可能交叉重叠。为避免此种现象,其间距至少应有 2 倍水深。

其间距应按水底挖泥边坡、挖泥位置控制的偏差和安全距离等因素决定。不同类型的埋设手段,各有其不同的作业间距。深埋电缆之间的距离,应保证在一条电缆施工时不损坏另一条已安装的深埋电缆。

5.6.5 对引到岸上部分电缆加强机械保护,主要是为避免在高水位受到锚害及撑篙的机械损伤。在低水位时,这部分电缆可能露出水面,要避免电缆裸露而受到损伤。

5.6.7 由于在岸边的水底电缆受水流冲刷易发生位移,岸边接头的导体连接是薄弱环节,如不装设锚定固定装置,会使接头受到拉力而拉脱连接导体,造成断线故障。

5.6.8 由于水底电缆敷设的环境和条件错综复杂,施工技术要求高,施工前必须进行组织设计,确定敷设方法,制定施工方案,选择符合要求的敷设船只,组织足够的施工人员,配备完备的机具、设备和仪器。

5.6.9 对于能够采用盘装的水底电缆,在水域不太宽,而且流速小的河道上施工,可将电缆盘放在岸上,将电缆浮悬在水面上,由对岸钢缆牵引敷设;在江面宽、流速大、航行船频繁处施工,应将电缆盘放在敷设船上,边航行边敷设。

电缆在河底拖拉不仅会损伤电缆护层,甚至会因拉力过大使电缆铠装退扭并拉断导线,因此敷设中是不允许的。

5.6.10 不能将整条电缆装在一个电缆盘上的电缆,电缆只能先散装圈绕在适当的敷设船内,一般宜在制造厂码头装运直接至现场敷设,避免中间过驳。

电缆的圈绕方向,应根据铠装的绕包方向,电缆经圈绕或放出后,铠装完整紧密。为了消除电缆在圈入或放出时因旋转而产生的剩余扭力,防止敷设时打扭,电缆放出时必须经过具有足够退扭高度的放线架、滑轮、刹车至入水槽,再敷设至水底。敷设的牵引方式,根据不同情况可采用拖轮绑拖或钢缆牵引。

5.6.12 为了减少敷设船受潮流、潮差产生水流和风力的影响产生航线偏差和便于目测船位,随时观察岸上导标,及时纠正航线,确保按设计路径敷设电缆,因此要求按本条文规定的气象条件进行施工。

5.6.13 水底电缆敷设要特别注意防止电缆打扭和打圈损伤电缆造成事故。敷设船的放线架保持适当的退扭高度是为消除电缆放出时因旋转而产生的剩余应力,避免电缆入水时打扭或打圈子。

水底电缆敷设过程中始终要保持一定的张力。一旦张力为零,由于电缆铠装的扭应力,会造成电缆打扭。电缆敷设中靠控制入水角控制电缆张力。电缆敷设张力近似计算公式如下:

$$T=W \cdot D(1-\cos\theta)$$

式中 T ——敷设张力;

W ——电缆的水中重量;

D ——水深;

θ ——入水角。

应根据水深,电缆重量和需要的敷设张力确定敷设时控制入水角的范围。入水角过大会使电缆打圈,入水角过小敷设时拉力过大,可能超过电缆允许拉力而损坏电缆。敷设速度控制在 20~30m/min 比较容易控制敷设张力和确保施工安全。一般用钢缆牵引敷设船能控制在上述速度,但用拖轮或自航船牵引,采用上述

速度就不能有良好的舵效,不能有效地控制航向,因此拖轮或自航船敷设速度一般在 3~5 节(1 节=30m/min)左右,才能有效控制航向。

5.6.14 为了使水底电缆敷设能有效、及时地控制在设计路径范围内,并使电缆的敷设长度符合设计要求,两岸设立导标便于目测船位和用仪器进行校核。

5.6.15 水底电缆登陆、船身转向、甩出余线是水底电缆敷设中最易打扭的施工环节,余线入水时必须始终保持张力,余线应顺潮流入水。逆流入水易使电缆失去张力、打扭。船身在转向时,要求敷设船不能后退或原地打转。

将余线全部浮托在水面上,既能减小牵引电缆的牵引力,又便于将电缆按设计路径放入水底。

5.7 电缆的架空敷设

5.7.1 对于较短且不便直埋的电缆可采用架空敷设。电缆的架空敷设是指电缆固定在建筑物支架上或电杆上的敷设方式。架空电缆悬吊点或固定的间距,按照一般规定施工。

5.7.2 架空电缆与公路、铁路、架空线路交叉跨越时最小允许距离是参照《66kV 以下架空电力线路设计规范》GB 50061 的相应规定制定的。

5.7.4 对于采用架空敷设的电缆,应考虑当受阳光直射时,架空敷设的电缆载流量将减小;一般情况宜按小一规格截面的电缆载流量使用,必要时还应核实选择满足载流量需要的电缆。

6 电缆附件的安装

6.1 一般规定和准备工作

6.1.1 电缆终端和接头一般是在电缆敷设就位后现场制作,要求施工人员对电缆及其终端和接头的结构、所用材料应有一定的了解,有时还应具备某种操作技巧才能确保安装质量。当前新材料、新结构、新工艺发展迅速,电缆终端和接头技术日益更新,因此要求制作电缆终端和接头时应由熟悉工艺的人员参加或指导。

6.1.2 电缆终端和接头的种类和型式较多,结构、材料不同,要求的操作技术也各有特点。本规范只提出基本要求和主要的质量标准,具体执行时除应遵守本规范外,还应按有关工艺进行制作,确保安装质量。

三芯电缆中间接头处,电缆的铠装、金属屏蔽层应各自有良好的电气连接并相互绝缘,在电缆的终端头处,电缆的铠装、金属屏蔽层分别引出接地线。这样连接便于通过试验检验外护套和内衬层绝缘情况、测量金属屏蔽层直流电阻,进而判断电缆进水情况。预防性试验规程中对试验有详细要求。

高压单芯电缆的金属护套,应按交叉互联或单点互联的设计和规定实施连接和接地。

6.1.3 制作电缆终端和接头一般是在现场对电缆绝缘进行处理,并以某种方式附加绝缘材料。施工现场的环境条件如温度、湿度、尘埃等因素直接影响绝缘处理效果,随着电压等级的提高,这方面的要求也愈来愈严格。考虑到施工现场条件复杂,一般情况下不作硬性规定。因此条文中仅对 6kV 及以上电缆室外制作终端和接头的环境在原则上提出了应予以注意的问题和处理方法,对 110kV 及以上电缆终端和接头的制作环境给予了明确规定。

6.1.4 电缆线路已经发展到采用 500kV 电压等级。其中各电压等级均出版了相应的国际和(或)国家产品标准。本条列出了相关标准名称与代号。未注明年号是为了强调应采用符合最新有效版本标准要求的产品。

考虑到了电缆终端和接头的品种繁多,特别是橡塑绝缘电缆及其附件发展较快,为帮助现场人员正确合理地选择,提出了几项基本原则。

橡塑绝缘电缆常用的终端和接头型式有自粘带绕包型、热缩型、预制型、冷收缩型、模塑型、弹性树脂浇注型等。简介如下:

绕包型是用自粘性橡胶带绕包制作的电缆终端和接头。

热缩型是由热收缩管件如各种热收缩管材料、热收缩分支套、雨裙等和配套用胶在现场加热收缩组合成的电缆终端和接头。

预制型是由橡胶模制的一些部件如应力锥、绝缘套(一般将雨裙预制在一起)及配合的其他绝缘件与构件等组成,或直接做成一体件。现场套装在电缆末端构成的电缆终端和接头。

冷收缩型是用高弹性橡胶模制成的,使用预制型的一些部件组成一体,由扩张部件预先将高弹性橡胶件扩张好,套装在现场按制作工艺标准制成的电缆终端(或中间接头)的半成品上,即完成制作。安装更为便捷和避免橡胶件内界面受划伤。

弹性树脂浇注型是用热塑性弹性体树脂现场成型的电缆终端和接头。

油浸纸绝缘电缆常用的传统型式如壳体灌注型、环氧树脂型,由于沥青、环氧树脂、电缆油等与橡塑绝缘材料不相容(两种材料的硬度、膨胀系数、粘接性等性能指标相差较大),一般不适合用于橡塑绝缘电缆,应予以注意。

6.1.5 选择绝缘材料用于制作电缆终端和接头时,对用于橡塑绝缘电缆的材料应选用弹性较大的材料,确保附加绝缘与电缆本体绝缘有良好接触,如自粘性橡胶带、热收缩制品和硅橡胶、乙丙橡胶制品等;而用于油纸电缆终端和接头的材料常用的有黑玻璃丝

带、聚氯乙烯带、聚四氟乙烯带、环氧浇铸剂等。

6.1.6 电缆线芯的连接是电缆终端和接头的重要组成部分,连接金具、压接钳及其模具的选用直接影响连接质量。橡塑绝缘电缆线芯一般为圆形紧压线芯,与其配套的连接金具已经标准化,但在选择金具时仍应特别予以注意选择规格正确的合格产品,确保连接质量,避免运行中发生过热现象。

6.1.7 控制电缆的芯线为单股线,连接后牢固性较差。根据以往的运行经验,应尽量避免接头。

6.1.8 塑料绝缘电缆内部有水时运行将导致绝缘内部产生水树,会严重地影响使用寿命,因此应尽量避免,特别是防止从电缆端头进水。判断橡塑绝缘电缆是否受潮进水,尚无简单可靠的方法,只限于直观检查是否有水的一些迹象,如线芯内有无水迹,铜屏蔽带有无腐蚀、外屏蔽有无附着水珠等迹象。对端部有水的电缆段应酌情采取措施,可能时应割除受潮电缆段。

6.1.9 接地线的截面应按电缆线路的接地电流大小而定,但实际工程中往往缺乏这方面的资料,表中推荐值为通常选用值。橡塑绝缘电缆的接地线应使用镀锡编织线,便于锡焊和引出。

6.2 安装要求

6.2.1 由于塑料绝缘电缆材料密实、硬度大,有时半导体屏蔽层与绝缘层粘附紧密,而当前专用工具尚不完善普及,造成剥切困难,易损伤线芯和保留绝缘层的外表面,应特别注意。

6.2.2 为确保充油电缆线路施工质量,提出了接头、低位终端、高位终端的施工顺序。

6.2.3 提出了制作中、低压电缆终端和接头必须采取的措施。由于电缆及其附件种类繁多,具体施工方法和措施应遵循工艺导则。6kV及以上电缆在屏蔽或金属护套端部电场集中,场强较高,必须采取有效措施减缓电场集中。常用方法有胀铅,制作应力锥,施加应力带、应力管等措施,均有效。

6.2.4 高压交联聚乙烯电缆加热矫直有两个作用。一是利用加热来加速交联聚乙烯沿导体轴向的“绝缘回缩”，使制造过程中存留在材料内部的热应力得到释放，从而减少安装后在接头处产生气隙的可能性；二是消除电缆自然弯曲的影响。

6.2.5 三芯油纸电缆终端和接头的制作关键是部分保留统包绝缘，扳弯线芯时不得损伤纸绝缘，绕包附加绝缘、灌注填充绝缘材料时应尽量消除线芯分支处的气隙。

6.2.6 为了确保制作充油电缆终端和接头的施工质量，包绕附加绝缘时应保持一定油量不间断地从绝缘内部渗出，避免潮气侵入和减少包绕时的外来污染，因此不应全关闭压力油箱。渗出的油及时排出，可提高终端内油质质量。

6.2.8 三芯电力电缆接头两侧电缆的金属屏蔽层和铠装层不得中断，避免非正常运行时产生感应电热而发生放电的危险。

6.2.9 三芯塑料绝缘电缆日趋普遍，其铜带屏蔽和钢铠在塑料护套之内，端部必须良好接地。否则当三相电流不平衡时，铠装层因感应电势可能产生放电现象，严重时可能烧毁护层。因此钢铠也必须良好接地。铜屏蔽和钢铠可分别接地，便于试验检查护层，亦可同时接地。

6.2.11 运行经验表明，中、低压电缆终端和接头故障大部分是由于密封不良、潮气侵入绝缘造成，电缆终端和接头的堵漏密封是确保质量的另一关键。塑料护套的采用日趋普遍，其密封处理最好同时采用两种以上方法，效果最佳，如用胶粘剂密封后外包自粘橡胶带绑扎包紧。

7 电缆线路防火阻燃设施施工

7.0.1 电缆火灾不但直接烧损了大量电缆和设备,而且停电修复的时间很长,严重影响工农业生产和人民生活用电,直接和间接造成的损失都很大。因此电缆的防火及阻燃显得越来越重要。

造成电缆火灾事故的原因不外乎外部火灾引燃电缆和电缆本身事故造成电缆着火。因此除保证电缆敷设和电缆附件安装质量外,在施工中应按照设计做好防止外部因素引起电缆着火和电缆着火后防止延燃的措施。

7.0.2 本条列举了目前常用的防止电缆着火和延燃的措施,这几种措施对电缆的防火及阻燃都很重要。具体工程中采用哪些措施,应按照设计要求。

7.0.3 本条对防火阻燃材料出厂时应具备的质量资料作出了规定,以保证工程中防火阻燃材料的质量。

7.0.4 为了保证产品质量,达到防火效果,本条提出了按设计要求和材料使用工艺编制施工措施的要求。同时,列出了材料质量和外观检查时应满足的基本要求。

7.0.5 电缆防火涂料属饰面型防火材料,外观为油漆状混合漆,它在火焰或热辐射作用下能迅速膨胀发泡,形成较为结实和致密的海绵状隔热泡沫层,阻止火焰在电缆可燃绝缘层上传播蔓延。目前,工程中使用的电缆防火涂料型号较多,如各型氨基膨胀防火涂料、过氧乙烯基防火涂料等,各产品的施工工艺如涂刷次数或厚度、间隔时间等不尽相同,因此应严格按涂料的施工工艺说明施工,以保证其防火阻燃效果。

7.0.6 本条提出了防火包带的绕包要求,绕包时一般为半重叠方式。绕包后绑扎是为使包带在电缆上紧密、不松脱。

7.0.7 对于较大的电缆贯穿孔洞如电缆贯穿楼板处等,采用防火堵料封堵时,应根据实际情况,用耐火材料加工成具有一定强度的衬板托防火堵料,保证封堵后牢固并便于更换电缆时拆装。封堵密实无孔隙以有效地堵烟堵火。同时,本条还对电缆竖井封堵强度及有机堵料和无机堵料封堵后的外观提出了要求。

7.0.8 实验证明采用防火门的阻火墙构成防火隔离段时,防火门严密、孔洞封堵,能够有效地阻火。当阻火墙一侧发生火灾时,另一侧电缆的温升很低,远不足使电缆着火。无防火门的阻火墙因可以通风,火灾可能蔓延至另一侧,因此在阻火墙两侧应施加防火包带或防火涂料。

8 工程交接验收

8.0.1 在电缆线路工程验收时,应检查电缆本体、附件及其有关辅助设施质量。

1 电缆规格一般按设计订货,但因供货不足或其他原因不能满足要求时,现场也有“以大代小”或用其他型式代替,此时一定要以设计的修改通知作为依据,否则不能验收。

标志牌的内容各异,花样很多。为统一起见,在验收时,应符合第 5.1.19 条第 3 款的要求,且不允许错装、漏装。

2 充油电缆的系统是保证施工质量的关键,要求供油管路不应渗漏。其渗漏检测靠油压表计指示,因此油压表一定要完好并经校验合格。报警压力指示值符合要求,压力接点动作可靠,报警系统宜经模拟试验符合设计。

3 为保证电缆线路的安全运行,要求其辅助设施,如电缆沟盖板齐全,沟道内无杂物障碍、积水,照明线路及灯具齐全完好,通风机运转良好、风道畅通。

4 防火措施包括阻燃电缆的选型,防火包带、涂料的类型、绕包及部位应符合设计及施工工艺要求,封堵材料的使用及封堵应严密。

电缆的防火由于实际经验尚不多,验收时主要以设计和产品使用时工艺要求为准。

8.0.3 电缆线路施工过程中的各项记录非常重要,是质量控制的主要手段之一。本条列举了施工过程中主要应做好记录的环节。