

爆炸性危险环境常用电缆的选型及应用

汪晓波

(河南省电气防爆安全重点实验室,河南 南阳 473008)

[关键词] 爆炸;危险环境;电缆选型

[摘要] 对爆炸危险环境中常用电缆使用情况进行分析,介绍电缆的使用和发展状况,为正确地选择电缆及研发相关连接装置和过渡装置寻找可行的途径。

[中图分类号] TM246

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-9118(2008)03-0010-05

Selection and Application of Cables in Explosive Environment

WANG Xiao-bo

(Henan Key Lab for Electric Explosion Protection Safety, Henan Nanyang 473008)

Key words: Explosion; hazardous environment; cable

Abstract: By analysis of service condition of cables in common use in explosive environment, the author introduces the development and application of cable in such condition at present. It gives a helpful for corrective selection of cables and developing some linkage units or adopters related to cables.

0 引言

2008年开年的一场雨雪冰冻灾害对大电网的安全构成巨大威胁。究其原因,主要是输电线路设计时导线覆冰荷载大多按10 mm冰厚计算。湖南地区覆冰严重,其不同地域取15 mm、20 mm甚至更大的厚度。但今年冰冻雨雪天气引起的导线覆冰厚度,已远远超出此设计取值,导致导线、金具、铁塔等都不能承受如此之重的覆冰荷载而最终发生破坏,如导线断股、断线,金具脱落、断裂,铁塔倒伏、局部受损等。从这件具有代表性的事例中,我们可以看到电缆选型的重要性,任何的疏忽大意都会带来意想不到的严重后果。

事实上,在我们的日常工作中经常会遇到电缆的选型问题,如选择什么样的电缆,怎样确定电缆的规格、外径等等。尽管我们在电缆选型上考虑了许多因素,并且留有余量,但由于诸多原因,往往导致我们选择的电缆仍存在着许多不尽如人意的地方。为此,如何可靠地选择电线电缆,尤其是在爆炸危险环境条件下使用的电线电缆,并确

保电缆的安全使用,成为我们日益关注的焦点。

1 爆炸危险场所对电缆的要求

由于爆炸危险场所涉及人身和财产安全,在该场所引发的事故会带来重大社会影响,因此,在爆炸危险场所如何选择、使用和安装电缆,历来都受到相关部门的关注。有关部门制订了许多相关标准和规程,用以指导人们正确选型、使用和安装。同时又制定了一些有效的安全措施,避免电缆由于选择、敷设不当等原因引起爆炸危险。

基于电缆线路在运行中常受到自身和外界诸多不利条件的影响,如电缆线路过负荷,接地或短路;电缆意外断裂,虫害、自然灾害以及强腐蚀性物质腐蚀等。这些不利条件产生的电火花、弧光或危险温度,是引发易燃易爆物质燃烧与爆炸事故的主要原因。为避免或减少上述不利条件产生的爆炸危险,通常规定在爆炸危险场所使用的电缆应能满足下列要求:

(1) 电缆的选择安装和使用应能满足现场环境及相关防爆标准的要求;

- (2) 电缆应便于敷设,利于安装使用和维护;
- (3) 电缆应耐用,有一定的机械强度、耐腐蚀性、阻燃性、抗灾害等综合性能;
- (4) 电缆应便于更换和升级,具有广泛的应用空间和扩展空间。

2 几种常用电缆介绍

2.1 危险场所常用软电缆

(1) 普通橡胶护套软电缆

以通用橡套软电缆为常用,牌号为 YZW 或 YCW。BXF 电缆也可选用。

(2) 普通氯丁护套软电缆

该类电缆多为船用电缆 CDY31、CDY32、CF32、CY32 或电机引接线 JEF、JEFM、JEYH、JHXG。控制电缆中以 KXF 或 KXHF 为常用。

(3) 加厚橡胶护套软电缆

普通橡胶护套软电缆的双层护套结构。

(4) 与加厚橡胶护套软电缆耐用结构相当的塑料绝缘电缆为 BVN90、BVV、RVVP、RVVP₁、RVP-90 或 AVP-90 电缆中的一种或几种。也可为一些常用的电力电缆。

(5) 加厚氯丁护套软电缆

为普通氯丁护套软电缆的双层护套结构。

2.2 铠装电缆

YJY42、YJV42 等电缆。这类电缆有增强电缆强度、免遭机械损伤及老鼠咬伤的作用,同时大多铠装材料是由高导磁率的钢带或钢丝构成,对抗低频干扰十分有益。通过对铠装层的正确接地,可以提高电缆的防雷性能。

2.3 本安系统用控制电缆

ia - K2YV(EX)、ia - K2YV(EX)R、ia - K3YV(EX)、ia - K2YV(EX)R 电缆,具有分布参数小、抗外界干扰和线间串扰等优点。

2.4 通信系统用控制电缆

可能为 HEBQ33、HYA33、HYAT33 电缆。

3 电缆选型的几种计算方法

3.1 常用的计算方法

通常按安全电流(长期允许载流量)选择电缆。当环境温度变化时或电缆要求的工作温度变化时,允许载流量应乘以温度校正系数。按安全电流选择电缆截面,可以保证电缆工作时,电缆的发热温度不超过其最高允许温度。如果线路较长或线路有重载启动的电动机时,则必须校核电压

降是否超过允许值。

3.2 其他计算方法

- (1) 按发热条件选择导线和电缆截面;
- (2) 按允许电压损失选择导线和电缆截面;
- (3) 按机械强度选择导线和电缆截面;
- (4) 按经济电流密度选择导线和电缆截面。

按上述四种方法选择电缆,根据设计经验一般采用三种方式:

① 对 10 kV 以下的高压线路及低压动力线路,通常先按发热条件选择导线或电缆截面,再校验电压损失和机械强度。

② 对低压照明线路,通常先按允许电压损失选择导线或电缆截面,再校验发热条件和机械强度。

③ 对 35 kV 及以上的高压线路和 35 kV 以下长距离大电流线路,通常先按经济电流密度选择导线或电缆截面,再校验电压损失、发热条件和机械强度。

4 电缆选型的一些具体规定

4.1 常用电缆的选型规定

(1) 导体允许载流量,不应小于熔断器熔体额定电流的 1.25 倍,和自动开关长延时过电流脱扣器整定电流的 1.25 倍。

(2) 引向电压为 1 000 V 以下鼠笼型感应电动机支线的长期允许载流量,不应小于电动机额定电流的 1.25 倍。

4.2 本安型电缆的选型规定

(1) 当本质安全系统电路的导体与其他非本质安全系统电路的导体接触时,应采取适当预防措施。不应使接触点处产生电弧或电流增大、产生静电或电磁感应。

(2) 连接导线采用铜导线,引燃温度为 T1 ~ T4 组时,其导线截面与最大允许电流应符合表 1 的规定。

表 1 铜导线截面最大允许电流表

导线截面 S/mm ²	最大允许电流 I/A
0.017	1.0
0.03	1.65
0.09	3.3
0.19	5.0
0.28	6.6
0.44	8.3

(3) 导线绝缘的耐压强度应为 2 倍额定电压

最低为 500 V。

4.3 接地电缆的选型规定

新的防爆标准对接地电缆外径的选择没有规定,但防爆标准的老版本或一些电器设备标准都可以找到这方面的规定。下面为接地电缆自动控制选择的具体要求:

(1) 爆炸危险环境内的电气设备与接地线的连接,宜采用多股软绞线,其铜线最小截面面积不得小于 4 mm^2 。

(2) 按有关电力设备接地设计技术规程规定,不需要接地的下列部分在爆炸性气体环境内仍应进行接地:

① 在不良导电地面处,交流额定电压为 380 V 及以下和直流额定电压为 440 V 及以下的电气设备正常不带电的金属外壳;

② 在干燥环境,交流额定电压为 127 V 及以下,直流电压为 110 V 及以下的电气设备正常不带电的金属外壳;

③ 安装在已接地的金属结构上的电气设备。

(3) 在爆炸危险环境内,电气设备的金属外壳应可靠接地。爆炸性气体环境 1 区内的所有电气设备以及爆炸性气体环境 2 区内除照明灯具以外的其他电气设备,应采用专门的接地线。该接地线若与相线敷设在同一保护管内时,应具有与相线相等的绝缘。此时爆炸性气体环境的金属管线、电缆的金属包皮等,只能作为辅助接地线。爆炸性气体环境 2 区内的照明灯具,可利用有可靠电气连接的金属管线系统作为接地线,但不得利用输送易燃物质的管道。

(4) 接地干线应在爆炸危险区域不同方向不少于两处与接地体连接。

(5) 电气设备的接地装置与防止直接雷击的独立避雷针的接地装置应分开设置,与装在建筑物上防止直接雷击的避雷针的接地装置可合并设置;与防雷电感应的接地装置亦可合并设置。接地电阻值应取其中最低值。

(6) 本质安全电路的接地

本质安全电路应为下列之一:

① 与地绝缘;或

② 连接在等电位导线上的一点,如果该等电位导线分布在本质安全电路安装的场所内。安装方式应按照电路的功能要求并且与制造厂的说明一致来选择。

如果一个电路与各自只有一个接地点的一些

分回路进行电流隔离,则允许网路有一个以上的对地连接。

如果电路与地绝缘,要特别注意静电放电引起的危险。通过 $0.2 \sim 1 \text{ M}\Omega$ 电阻接地,例如用于耗散静电电荷,此方法不视为接地。

由于安全原因,例如在安装设有电流隔离的安全栅时,本质安全电路须接地。从功能要求需要与地连接,也可以接地,例如焊接的热电偶。如果本质安全设备不能承受 GB 3836.4 规定的 500 V 对地介电强度试验,可假定设备接地。

本质安全电路中,没有电流隔离安全栅(例如齐纳栅),接地端子应:

① 与等电位系统连接应尽量短些,或

② 对于 TN-S 系统,整体接地点与主电源供电接地点连接阻抗应不大于 1Ω 。该要求可通过与开关室内接地排或单独接地排实现。使用的导体应绝缘,以防止故障电流在金属部件流动时导体能对外接触(例如控制板框架)流入地面。危险大时应有机械保护。接地导体截面积应为:

至少两根导体,每个都能连接负载最大可能电流。截面积至少每个为 1.5 mm^2 铜导体;或至少一根导体,截面积最小为 4 mm^2 铜导体。

如果接地导体不能承受与安全栅输入端子相连的供电系统预期短路电流,那么应增加接地导体面积或使用附加导体。

5 电缆设计安装时应注意的问题

按照有关防爆标准规定,选择的电缆必须满足下列要求:

(1) 电气线路应在爆炸危险性较小的环境或远离释放源的地方敷设。

(2) 敷设电气线路的沟道、电缆或钢管,所穿过的不同区域之间墙或楼板处的孔洞,应采用非燃性材料严密堵塞。

(3) 当电气线路沿输送易燃气体或液体的管道栈桥敷设时,应符合下列要求:

① 沿危险程度较低的管道一侧;

② 当易燃物质比空气重时,在管道上方;比空气轻时,在管道的下方。

(4) 敷设电气线路时宜避开可能受到机械损伤、振动、腐蚀以及可能受热的地方,不能避开时,应采取预防措施。

(5) 在爆炸性气体环境内,低压电力、照明线路用的绝缘导线和电缆的额定电压,必须不低于

工作电压,且不应低于 500 V。工作中性线的绝缘的额定电压应与相线电压相等,并应在同一护套或管子内敷设。

(6) 在 1 区内单相网络中的相线及中性线均应装设短路保护,并使用双极开关同时切断相线及中性线。

(7) 在 1 区内应采用铜芯电缆;在 2 区内宜采用铜芯电缆,当采用铝芯电缆时,与电气设备的连接应有可靠的铜铝过渡接头等措施。

(8) 选用电缆时应考虑环境腐蚀、鼠类和白蚁危害以及周围环境温度及用电设备进线盒方式等因素。在架空桥架敷设时宜采用阻燃电缆。

(9) 对 3~10 kV 电缆线路,宜装设零序电流保护,在 1 区内保护装置宜动作于跳闸;在 2 区内宜作用于信号。

(10) 1 000 V 以下钢管配线,1 区场所必须选用不小于 2.5 mm^2 的铜芯线。2 区场所电力用线必须选用不小于 2.5 mm^2 的铜芯线,2 区场所照明和控制用线必须选用不小于 1.5 mm^2 的铜芯线。2 区场所电力用线也可选用不小于 4 mm^2 的铝芯线,照明用线也可选用不小于 2.5 mm^2 的铝芯线。

(11) 明设塑料护套电缆,当其敷设方式采用能防止机械损伤的电缆槽板、托盘或桥架方式时,可采用非铠装电缆。

(12) 在易燃物质比空气轻且不存在会受鼠、虫等损害情形时,在 2 区电缆沟内敷设的电缆可采用非铠装电缆。

(13) 手提式和/或移动式设备应使用含有加厚的氯丁橡胶或其他与之等效的合成橡胶护套电缆、含有加厚的坚韧橡胶护套的电缆或含有同等坚固结构护套的电缆。导线横截面积最小为 1.0 mm^2 。如需要电气保护导线,应与其他导线绝缘方式相同,并且应与其他导线并入电源电缆护套中。

对地电压不超过 250 V、额定电流不超过 6 A 的手提式电气设备,可以采用普通橡套电缆、普通的氯丁橡胶护套电缆,或具有同等耐用结构的电缆。对于承受强机械力作用的手提式或移动式电气设备,例如:手灯、脚踏开关、桶式喷雾泵则不允许采用这些电缆。

对手提式或移动式电气设备,如果电缆中使用金属柔韧性铠装或屏蔽,则铠装或屏蔽不应单独作为保护导线使用。

6 电缆应用的新趋势和应变措施

6.1 超导电缆的应用

超导电缆与常规电缆相比,具有明显的优势:

(1) 损耗低、节省能源。超导电缆采用在液氮汽化温度下(约 $-196 \text{ }^\circ\text{C}$)无电阻地传输大电流,导体损耗不足常规电缆的 1/10,加上制冷的能量损耗,其运行总损耗也仅为常规电缆的 50%~60%。

(2) 容量大。同样截面的超导电缆的电流输送能力是常规电缆的 3~5 倍。

(3) 节约材料。具有同样传输能力的超导电缆与常规电缆相比,使用较少的金属和绝缘材料。

(4) 无污染。超导电缆没有造成环境污染的可能性,而充油常规电缆存在着漏油污染环境的危险;另外,超导电缆还具有低噪音的特性。

超导电缆的应用还使长距离直流输电技术变得容易和经济。用于直流输电,超导电缆会使电网线损降低 70% 以上,显示出更好的经济效益。由于超导电缆传输电力的能力是传统常规电缆的 3~5 倍,所以使用超导电缆还可以节约输电系统的占地面积和空间,节省大量宝贵的土地资源,相应地保护了生态环境

中国第一组实用超导电缆的顺利并网运行,表明我国超导电缆的技术已趋于成熟,对我国的电力系统的发展具有深远的影响。超导电缆在我国电网干线及输电瓶颈线路的应用,将有利于提高电网的安全性和可靠性。在长距离大容量输电时,超导电缆在系统综合性能上具有无可比拟的优势,从长远上将根本解决我国“西电东送”等长距离大容量输电问题。近期内,高温超导电缆在下面几个方面有可能很快显示出优势:

(1) 城市密集居住区、摩天大厦,常规电缆容量不够,没有更大电缆的空间;

(2) 金属冶炼设备等大电流、短距离、小空间的应用中;

(3) 电站和变电站内大电流传输母线;

(4) 电力需求迅猛发展的大城市,要求的供电容量不断扩大,由于城市的拥挤和开挖成本高昂,无法扩大电缆铺设范围,借助超导电缆,可以在原有的管道内更换,使供电容量提高 3~5 倍。

6.2 高速光纤和铜芯电缆、带状光缆的应用

信息高速公路工程的发展需要带状光缆,高速光纤和铜芯电缆目前在家庭或办公室内应用较

广,这些光纤和电缆在工业通讯报警领域也有应用。

6.3 低烟低卤、低烟无卤阻燃电缆的应用

主要用于地铁、隧道、石油平台、船舶、电站对电缆阻燃特性要求高的场合。由于电缆的无卤低烟、低卤低烟特性,当火灾发生时,蔓延速度慢,烟浓度低,可见度高,有害气体释放量小,便于人员撤离。燃烧气体的腐蚀性小,也避免了对仪器设备的损害。低卤、无卤的特性,使得电缆材料在耐老化和耐紫外线及其他辐照性能大大提高,从而延长电缆的使用寿命。

6.4 核电站电缆的应用

核电站电缆分布在核站的核岛、常规岛和BOP各部分,用于电力传输、控制、计算机、仪表等,一座核站所需电缆的种类基本与火电站相同。但由于核电站电缆对无卤、低烟、低毒等技术性能要求十分严格,我国目前仅能生产制造核岛外围电线电缆,其余目前大多只能依赖进口。核电站用电缆具有良好的市场发展前景,该类电缆为国家重点发展电缆之一。

6.5 高阻燃电缆的应用

目前,国内大量生产的阻燃电缆多为C级、B级,A级尚处于发展之中。

6.6 汽车和船舶配用电缆的应用

这类电缆的发展趋势是耐高温、耐油脂、耐霉菌、耐盐雾、高阻燃、薄壁型和屏蔽型。用于运输爆炸危险物质的交通工具,其电缆线的使用情况应值得我们注意。

6.7 铜包铝线和铜包钢线的应用

为了降低成本和节约用铜而生产的电缆,早在六、七十年代就已经问世。这类导线主要应用于高频和射频的通信系统,在其他领域的应用还有待于相关技术的进一步突破。

6.8 射孔电缆、加热电缆和超声波采油电缆的应用

广泛使用于石油化工部门,需求量正在逐日增加,应用前景看好。

6.9 矿物绝缘电缆的应用

该类电缆尽管有国家标准,但生产企业较少,有待于进一步推广应用。

6.10 国内市场目前仍有很大的需求空间

八大经济增长点,为电线电缆行业快速发展带来了机遇和动力。长江三峡水电站及西部水电站的建设,西电东送和全国统一电网的形成,给架空线和电力电缆发展带来机遇;电信工业继续大力发展,将促进通信电缆及光缆的持续发展;建筑业在21世纪初成为我国的支柱产业,给建筑用线及其电气装备用线缆带来较大商机;汽车工业成为我国新的经济增长点,使汽车用线及漆包线获得快速发展;我国铁路装备水平的提升,为电气化机车铜合金接触线、机车车辆用线、绕组线、专用光缆、数据传输电缆等提供了市场;船舶工业的发展将给船用电缆带来商机,同时船用电缆的更新换代也将提速。随着农村电网改造工程的结束,我国将进入主干电网、城市电网的建设高峰期。西电东送、水电站、电站的建设以及电信工业的发展,也将给电线电缆业带来新的机遇。

目前,国内市场急需发展的产品品种是:特种架空线、核电站电缆、低烟无卤阻燃电缆、汽车用配线、高阻燃电缆、智能化大楼用宽频带、局部网电缆、光纤复合架空地线、带状光缆、110 kV及以上高压交联电缆附件、潜油泵电缆和高性能绕组线等。

6.11 应变措施

在防爆标准的制订或修订时,应针对电缆的相关要求,及时补充或修改,如电缆的品种型号、使用维护和安装措施、参数的匹配等。

在设计选型时,应注意淘汰过时的电缆品种,采用新品种。

呼吁有关部门,在制定电缆标准时,将电缆外径限定在更小的变动范围内。

及时跟踪和了解相关电缆的发展趋势,根据需要研制符合有关电缆需要的连接装置和过渡装置。

《电气防爆》杂志欢迎业内人士赐稿!

投稿热线:0377-63258545 邮箱:dqfb@china-ex.com