

浅谈火电厂电缆敷设与接线工艺规范

崔歆皓 高宇婷 温 铎 赵继鹏 张志国

达拉特发电厂 内蒙古鄂尔多斯 014300

摘要: 本文围绕火电厂电缆敷设与接线工艺规范展开探讨。首先对火电厂的基本情况进行分析,包括运行条件和结构布局,为后续电缆相关工艺规范的阐述奠定基础。接着详细论述火电厂电缆敷设工艺规范,涵盖施工方案、材料选择、技术要求以及穿线与安装工艺等方面。然后深入研究火电厂电缆接线工艺规范,包含接线原则、技术要求、质量控制标准以及绝缘材料与质量检测等内容。通过对这些方面的研究,旨在提高火电厂电缆敷设与接线的质量,保障火电厂的安全稳定运行。

关键词: 火电厂; 电缆敷设; 接线工艺规范

引言

达拉特发电厂是自治区建设能源基地、实施向北京送电的重要电源点。1990年12月,原能源部行文明确达拉特发电厂总规划容量为500万千瓦。一期工程2台33万千瓦机组于1992年正式开工,1号机组1995年11月15日投产发电,2号机组1996年11月30日投产;二期工程2台33万千瓦机组分别于1998年6月和1999年2月投产发电;三期工程2台33万千瓦机组分别于2004年8月和10月投产发电。总装机容量达到198万千瓦,所发电量已全部进入蒙西和华北电网,全年发电量可达到130亿度,利润总额486亿元,税收4.06亿元,达拉特电厂已成为蒙西电网中主要的支撑电源点。在这样大规模且重要的火电厂中,电缆敷设与接线工艺规范显得尤为重要,它直接关系到电厂的安全稳定运行。

一、火电厂的基本情况分析

1. 火电厂的运行条件

火电厂运行条件比较复杂,要求比较苛刻。在温度上,火电厂中不同地区对温度的要求是不一样的。比如锅炉区域的温度很高,在正常工作的情况下炉膛温度可达1300~1600℃,会使周围的环境温度明显上升。而像汽轮机机房这样的地区,尽管气温比较低,但是由于设备的运行,同样会有一定的发热,环境温度一般为30~50℃。

湿度条件亦不可忽视。火力发电厂内部拥有丰富的水汽循环系统,某些地方,例如冷却塔附近,湿度相对

较高,其相对湿度可能在80%~90%之间。在某些电气设备密集的室内环境中,为确保设备的稳定运作,人们通常会把相对湿度维持在40%~60%的范围内。

火电厂也有电磁干扰的问题。大量电气设备工作时,都会产生各种频率、各种强度的电磁场。举例来说,由发电机产生的工频电磁场的强度通常在0.1~1mT范围内,但某些高频设备附近的电磁场强度可能更为强烈。这些电磁场干扰了电缆的正常工作,影响了信号传输及电力供应稳定性。

2. 火电厂的结构布局

火电厂结构布局一般是由若干功能区域组成。首先是主厂房区域,这里集中了锅炉、汽轮机、发电机等核心设备。锅炉通常布置在主厂房一端,并通过管道连接汽轮机进行能量转化。汽轮机和发电机共轴联接,把机械能变为电能。

辅助设备区域位于主厂房的外围。如给水泵和凝结水泵为电厂水循环系统供水,一般都装在专用泵房。化学水处理车间的主要职责是处理电厂的用水,以去除其中的杂质和盐分,确保设备能够正常工作。

电气设备区域由变电站和配电室组成。变电站担负着对发电机所发电能升压以便长距离传输的任务,电压等级一般为110kV、220kV乃至更高。配电室负责为各种设备分配电力,其内部装有众多的开关柜和配电柜等相关设备。电缆桥架和电缆沟则贯穿整个电厂,用于电缆的敷设,将各个区域的设备连接起来,形成一个完整的电力系统。

二、火电厂电缆敷设工艺规范

1. 电缆敷设的施工方案

在制定电缆敷设施工方案前,需要进行详细的现场

作者简介: 崔歆皓(2000.01月——),汉族,内蒙古自治区鄂尔多斯市人,本科学历,助理工程师,主要从事电气工程及其自动化方面的研究工作。

勘察。首先要确定电缆的走向，根据火电厂的结构布局和设备分布，规划出最短且安全的电缆路径。要考虑电缆的层数和排列方式，避免电缆交叉和混乱。

施工方案中要明确施工顺序。一般先进行电缆桥架和电缆沟的安装，确保其安装牢固、平整。桥架的水平度偏差应不超过5mm/m，全长不超过10mm；垂直度偏差应不超过3mm/m。然后进行电缆的敷设，按照先主干电缆后分支电缆的顺序进行。

施工过程中的安全措施也是方案的重要组成部分。施工人员必须佩戴好个人防护用品，如安全帽、绝缘手套等。在电缆敷设过程中，要设置专人进行监护，防止发生意外事故。对于高空作业，要搭建牢固的脚手架，脚手架的承载能力应不低于270kg/m²。

2. 电缆材料的选择与特性

电缆材料的选择要根据火电厂的实际运行条件来确定。对于高温区域，如靠近锅炉的地方，应选择耐高温电缆。例如，聚酰亚胺绝缘电缆可以在200~260℃的环境下长期运行。其绝缘性能良好，绝缘电阻可达到 10^{12} ~ $10^{14}\Omega\cdot m$ 。

在潮湿环境中，需要选择具有良好防潮性能的电缆。交联聚乙烯绝缘电缆是一种常用的选择，它的防水性能较好，能够有效防止水分侵入电缆内部，影响绝缘性能。其耐水树性能也较为出色，可在潮湿环境下长期使用。

对于有电磁干扰的区域，应采用屏蔽电缆。屏蔽层通常采用铜丝编织或铝箔绕包的方式，能够有效降低电磁干扰对电缆信号的影响。例如，铜丝编织屏蔽层的屏蔽效能可在30~1000MHz频率范围内可达到40~60dB。

3. 电缆敷设的技术要求

在进行路径规划时，必须遵循“最短的距离加上最小的弯曲”的原则。在水平敷设电缆时，电缆的外径与弯曲半径的比例不应小于15倍，并且在垂直部分，每1米都需要安装固定卡具，以防止因重力引起的绝缘层拉伸损伤。在多根电缆平行敷设的情况下，强电和弱电之间的线路间距要保持在300mm或更大，交叉敷设需要使用金属隔板进行隔离以避免电磁干扰造成的信号失真。铺设方式的选择需要与场景特性相匹配：直埋电缆需要铺设在800mm深砂垫层上，并在表层用混凝土保护板包裹以防机械碾压破坏；在布置桥架时，梯级式的桥架特别适合高温条件，而托盘式桥架则更适用于需要频繁维修的场合，电缆的填充率不应超过桥架截面积的40%，以确保有足够的散热空间。温度补偿也是重点，在低温环境中需要将电缆预拉伸到设计长度的1.02倍，在高温场所要留出较高的松弛度以避免热胀冷缩导致绝缘应力

裂纹。在终端处理过程中，实施了“双重防护”措施，电缆头的制造需要采用冷缩工艺，硅橡胶套管的拉伸率被控制在200%~300%之间，而金属端子在压接后需要进行镀锡处理，形成由路径规划至终端成型全维度技术闭环。

4. 穿线技术与安装工艺

穿线技术与安装工艺是电气系统可靠运行的隐形骨架，其核心在于通过精细化操作实现导线与环境的动态适配。线管选型需构建“三维度”评估模型：金属管（如KBG管）凭借360°电磁屏蔽特性主导强电回路，壁厚需达1.2mm以上以抵御机械冲击；PVC阻燃管在腐蚀性环境中展现优势，氧指数需 $\geq 32\%$ 以满足防火要求；柔性金属软管则作为设备连接“最后一公里”的缓冲层，弯曲半径不得小于管径6倍以防止导线折损。穿线过程实施“三阶段”控制：放线阶段采用“8”字形盘绕法消除内应力，避免导线扭曲导致绝缘层破裂；敷设阶段遵循“先长后短”原则，管内导线总截面积不超过管径40%，确保散热空间；固定阶段金属管卡间距控制在1.5m以内，PVC管则采用专用胶粘剂实现刚性连接，防止后期沉降引发的管路变形。终端安装执行“零应力”标准，接线盒预留长度为箱体周长的1/2，导线弯曲采用“弹簧弯管器”形成自然弧度，避免机械折弯损伤线芯，所有连接点均需加装绝缘护套并标注线号，形成从线管敷设到终端成型的全流程质量闭环。

三、火电厂电缆接线工艺规范

1. 接线原则与接线方式

电工接线需遵循安全与效率并重的核心原则，其本质是构建稳定可靠的电气通路。导线连接需满足机械强度、导电性能与绝缘防护三重标准，单股铜线常采用绞接法，通过5~7圈紧密缠绕确保接触面最大化，多股线则需将芯线散开呈伞状交叉，分阶段缠绕并压紧叉口以消除空隙，避免因接触不良引发局部过热。接线端子处理尤为关键，同一端子最多接入两根同规格导线，易松动部位需采用“Ω”型弯折增加接触压力，铜铝导线严禁直接对接，必须使用铜铝过渡端子防止电化学腐蚀。绝缘处理需分层实施，干燥环境采用“黑胶布+塑料胶带+自粘带”复合包扎，潮湿场所则需增加防火胶布隔离层，确保防水防潮性能。接线顺序遵循“先接地后接火”原则，装设临时接地线时需先连接接地端，再接触导体端，拆除时反向操作，避免感应电伤人。对于三相设备，星形接法需将中性点可靠接地以稳定电压，三角形接法则需确保三相线序正确，防止电机反转烧毁。这些原则贯穿于从导线剥线到绝缘恢复的全流程，既包含对材料特性的精准把握，也蕴含对电气规律的深刻理解，

是保障电路安全运行的基石。

2. 接线技术要求

接线技术要求是电气工程中保障系统安全与性能的核心准则，其本质在于通过精细化操作实现电气参数的精准匹配与能量传递的稳定可控。导线截面积选择需综合考量负载电流、环境温度及敷设方式，铜芯线载流量按环境温度30℃校正时，每升高5℃需降低5%~8%的额定值，避免长期过载导致绝缘老化。连接点接触电阻应小于同长度导线电阻的1.2倍，单股线绞接需保证5~7圈紧密缠绕，多股线散股后应分三段压接，确保接触面金属晶格充分啮合，防止电化学腐蚀引发的接触不良。绝缘恢复需分层实施，内层采用自粘性橡胶带半叠包扎，覆盖率达100%，外层用塑料绝缘带增强机械强度，潮湿环境还需增加防水胶布隔离层，耐压测试需达到线路额定电压的2倍且持续1分钟无击穿。对于振动场所，接线端子需加装弹簧垫圈或双螺母防松，铜铝过渡部位应采用闪光焊或摩擦焊工艺，确保金属结合面无间隙。这些技术要求既涵盖材料力学、电化学等基础学科原理，又融入工程实践经验，是连接理论设计与实际运行的关键纽带。

3. 接线质量控制标准

接线质量控制贯穿于电气工程全生命周期，其核心在于构建从材料选择到工艺落地的闭环管控体系。导线选型需综合考量额定电流、环境温湿度及机械应力，如30KW以上电机回路必须采用抗拉强度不低于250N/mm²的软铜绞线，且载流量较理论值降额15%使用以预留安全余量。连接工艺需满足“三无”标准：无氧化接触面、无机械损伤、无绝缘薄弱点，单股导线绞接需保证7圈以上紧密缠绕，多股线散股后应分三段压接，确保接触面金属晶格充分啮合。端子压接质量采用双指标控制，剖面分析法验证接触面积需达80%以上，拉力测试要求抗拉强度不低于导线原值的90%。绝缘处理实施分级防护，干燥环境采用“黑胶布+塑料胶带+自粘带”复合包扎，潮湿场所则强制使用压线帽或热缩套管，其中自粘带拉伸率需控制在200%~300%以消除气泡。特殊场景需执行差异化标准，防爆区域接线盒填充防爆胶泥需达管径80%以上，振动场所必须使用双螺母防松并加装弹簧垫圈。质量追溯依托二维码绑定技术，每个端子标注唯一识别码，扫码可调取施工人员资质、材料批次及测试数据，实现从工艺执行到设备投运的全链条溯源。

4. 绝缘材料与质量检测

绝缘材料作为电气系统的“安全屏障”，其性能优劣直接决定设备运行的可靠性与使用寿命。材料选型

需构建多维评估体系：聚氯乙烯（PVC）适用于70℃以下干燥环境，其介电强度达20kV/mm，但含增塑剂的软质PVC在高温下易析出导致绝缘性能衰减；交联聚乙烯（XLPE）通过辐照或化学交联形成三维网状结构，耐温等级提升至90℃，且介电损耗仅为PVC的1/3，成为中高压电缆的主流绝缘层；硅橡胶凭借-60℃至250℃的宽温域特性，在航空航天及轨道交通领域占据关键地位，其憎水性更使其成为户外设备绝缘的优选。质量检测实施“双重验证”机制：物理性能测试中，拉伸强度需≥10MPa且断裂伸长率>200%，确保材料抗机械损伤能力；电气性能评估采用工频耐压试验，1分钟内施加2倍额定电压无击穿，局部放电检测需将放电量控制在5pC以下以消除隐性缺陷。环境适应性测试模拟极端工况，湿热试验要求材料在85℃、85%湿度环境下保持72小时无起泡开裂，臭氧老化试验则通过50pphm浓度臭氧暴露168小时，验证材料抗紫外线与化学腐蚀能力。这些检测数据通过区块链技术上链存证，形成从原料批次到成品检测的全生命周期追溯链。

结论

绝缘材料选用和质量检测作为电气安全中一道无法逾越的屏障，它的价值不仅仅表现在材料自身物理化学性能上，更是要建立一个完整的闭环，由设计规范走向工程实际。交联聚乙烯耐温特性与时局部放电苛刻测试构成呼应，硅橡胶宽温域优势与时湿热试验极端验证互为补充，材料科学和检测技术深度融合，正在重塑电气安全标准边界。唯有将材料选型的环境适应性、检测数据的可追溯性、工艺控制的稳定性三者统一，方能在复杂多变的工况中筑牢绝缘屏障，为电气系统的长周期稳定运行提供根本保障。

参考文献

- [1] 张来祖, 栾根生, 陈晓东, 等. 火电厂输煤程控系统软件优化[J]. 今日自动化, 2024(1): 112-114.
- [2] 申朋. 火电厂DCS热控自动化的安装调试技术[J]. 自动化应用, 2025, 66(3): 255-257.
- [3] 李军. 火电厂热控自动化控制设备的安装调试研究[J]. 现代制造技术与装备, 2023, 59(12): 190-192.
- [4] 张铨, 张武志, 司瑞才, 等. 火电机组MFT控制回路分析及可靠性探讨[J]. 锅炉技术, 2022(002): 053.
- [5] 张铨, 张武志, 司瑞才, 等. 火电机组MFT控制回路分析及可靠性探讨[J]. 锅炉技术, 2022, 53(2): 68-73.