

丙烷脱氢装置高温管系施工技术研究

魏转运 王凌飞

东华能源（宁波）新材料有限公司 浙江 宁波 315812

摘要：本文聚焦于丙烷脱氢装置高温管系施工技术研究，旨在探讨在高温、高压及复杂工况下，如何确保管系施工的质量、安全与效率。通过对施工材料选择、焊接工艺优化、特殊支架设计、质量控制体系构建及施工环境管理等方面的深入研究，提出了一系列创新性的施工技术方案。这些方案不仅提高高温管系的稳定性和耐久性，还有效降低施工过程中的安全风险与环境影响，为丙烷脱氢装置的顺利运行提供坚实的技术支撑。本研究成果对于推动石化行业技术进步和可持续发展具有重要意义。

关键词：丙烷脱氢装置；高温管系；施工技术

1 丙烷脱氢装置高温管系概述

1.1 装置工艺流程简介

丙烷脱氢装置（PDH）主要存在两种主流工艺：UOP公司的Oleflex工艺和ABB公司的Lummus Catofin工艺。以UOP公司的Oleflex工艺专利技术为例，在压力大于0.1MPa、温度580~650℃、铂催化剂作用下进行丙烷脱氢、分离和精馏，得到聚合级丙烯产品。该工艺分为反应、回收和催化剂再生三部分。反应部分，丙烷原料与富含氢气的循环丙烷气混合，加热到反应器所需进口温度并在高选择性铂催化剂作用下反应生成丙烯。回收精馏部分，反应生成气经冷却、压缩、干燥，然后送到冷箱部分冷凝，气体分为循环气和纯净气，液体主要是丙烯和未反应丙烷混合物，送到下游精馏部分回收丙烯和再循环的丙烷。压缩工段，反应器排放料被冷凝然后压缩，产生的蒸气-冷凝物在低温回收闪蒸罐中分离。回收工段，冷凝的反应器排放料经干燥并送到脱乙烷塔以除去甲烷、乙烷和惰性气体。精制工段，脱乙烷塔底物料进入产品分离塔，塔顶可得到合格的丙烯。

1.2 高温管系特点

丙烷脱氢装置高温管系具有几个显著特点；第一、材质选择：高温管系通常采用进口高温合金钢管材，以提高管道的耐高温和抗腐蚀能力。这些管材具有优异的热稳定性和机械性能，能够在高温环境下长期稳定运行。第二、管道设计：高温管系的设计考虑了管道的膨胀系数和热应力问题。通过采用小口径、大壁厚的钢管，以及设置合理的膨胀节和支吊架，有效减少了管道的变形和应力集中现象。第三、施工技术：高温管系的施工技术要求高，包括精确的管道定位、预制、安装和焊接等环节。在焊接过程中，需要采用先进的焊接工艺

和设备，确保焊缝的质量和强度。还需要对管道进行严格的检测和试验，包括压力测试、渗漏检测和焊缝校检等，以确保管道满足使用要求。第四、保温与涂装：为了提高管道的保温性能和耐腐蚀能力，通常会对高温管系进行保温处理和涂装。保温层采用耐高温、导热系数低的材料，能够有效减少热量的损失和管道的温降。

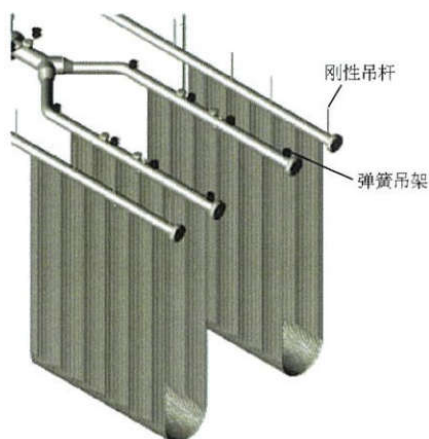
2 丙烷脱氢装置高温管系设计阶段

（1）在设计阶段，以加热炉集合管为核心的整个高温管系尤为关键。在考虑本身重力、物料等载荷的情况下，还应考虑膨胀位移与弹簧支吊架核定载荷的参数匹配。在设计规格中严格限制恒力弹簧标定荷载上下偏差控制在6%以内。并且要留给业主不少于10%-15%设定载荷的调整量。

（2）高温关系膨胀末端和关键位置要设置导向支架，且导向支架应与管线的摩擦要尽可能的小，或者采取在支架和管托之间放置镜面板等易于滑动的中间材料。设置导向支架应保证高温管系在各个工况以及风载荷下的稳定性，避免集合管的晃动引起炉管晃动。炉管的晃动可能会导致集合管根部应力过大焊缝开裂。

（3）整个高温管系并不建议全部设计成弹簧吊架，这样很容易造成管系失稳，而且现场安装调整管道水平度等难度极高。据此，在设计整个高温关系应力释放的过程中，要适当增加刚性吊架来保证管道系统的稳定。只要加热炉集合管水平度满足要求，应力控制得当，适用刚性吊架会大有裨益。

加热炉集合管系的热应力能够进行优化设计和安装后，进出反应器的高温管路的问题将不再对整个高温关系的设计安装产生致命的威胁，可通过应力报告分析、模型载荷分析等手段进行优化设置。



3 丙烷脱氢装置高温管系施工技术要求

3.1 施工前准备

在丙烷脱氢装置高温管系的施工前准备阶段，各项工作的周密组织和细致规划至关重要。首先，需要对施工图纸进行详细的审核，这包括检查图纸的完整性、准确性和一致性，确保图纸上的信息与实际施工要求相符。审核过程中，应特别注意管道的尺寸、材质、连接方式、支吊架位置等关键信息，确保后续施工的准确性。高温管系所使用的管材、管件、阀门等材料需严格按照设计要求进行检验和验收。同时还需对材料进行外观检查，确保无裂纹、夹渣、锈蚀等缺陷。施工队伍的专业素质和技能水平对高温管系的施工质量具有决定性影响，在施工前，需要对施工队伍进行严格的培训和考核。培训内容应包括高温管系的施工工艺、技术要求、安全规范等。施工场地的合理布置对于提高施工效率、保障施工安全具有重要意义，在施工前，需要对施工场地进行详细的规划和布置，包括确定材料的堆放位置、设备的安装位置、施工道路的走向等。在施工前，还需要进行技术交底工作，这包括向施工人员详细介绍施工图纸、技术要求、施工工艺、安全措施等，确保施工人员能够全面了解施工任务和要求，还需对施工过程中的关键节点和难点进行重点讲解和示范，提高施工人员的操作技能和应对能力。

3.2 高温管线预制与组装

高温管线的预制与组装是高温管系施工的重要环节。通过合理的预制和组装，可以提高施工效率，减少现场焊接工作量，降低施工成本。管线预制主要包括管材的切割、坡口加工、组对等工序，在切割管材时，应确保切割面的平整度和垂直度，避免产生裂纹和毛刺。坡口加工时，应根据焊接工艺要求选择合适的坡口形状和尺寸，确保焊接接头的质量和强度。组对时，应严格控制管道的对口间隙、错边量等参数，确保管道的直线

度和同轴度。组装过程中，应严格按照施工图纸和技术要求进行，应注意管道的膨胀方向和热应力分布，避免产生过大的变形和应力集中。组装完成后，应对管道进行严格的检验和测量，确保管道的尺寸、位置、标高等符合设计要求。还需对管道的清洁度和密封性进行检查，确保管道内部无杂物和泄漏现象。

3.3 焊接工艺与技术

焊接是高温管系施工中的关键环节。焊接材料的选择应根据管道的材质、厚度、工作环境等因素进行综合考虑。在选择焊接材料时，应确保焊接材料的强度、韧性、耐腐蚀性等性能与母材相匹配。还需考虑焊接材料的可焊性和经济性。焊接工艺的制定应根据焊接材料的种类、管道的规格、工作环境等因素进行综合考虑。在制定焊接工艺时，应明确焊接方法、焊接参数、预热温度、层间温度等关键要素。还需对焊接过程进行严格的控制和监测，确保焊接接头的质量和强度。在焊接过程中，应严格控制焊接参数和焊接质量。焊接参数包括焊接电流、电压、焊接速度等，应根据焊接工艺要求进行调节^[2]。焊接质量包括焊缝的外观质量、内部质量等，应通过目视检查、无损检测等手段进行检验，还需对焊接过程进行记录和追溯，确保焊接过程的可追溯性和可控性。焊后处理是焊接工作的重要组成部分，焊后处理包括焊缝的打磨、热处理、无损检测等工序。打磨焊缝可以去除焊缝表面的缺陷和氧化皮，提高焊缝的外观质量。

3.4 特殊支架与附件安装

高温管系的特殊支架与附件安装对于保证管道的稳定性和安全性具有重要意义。支架的设计与选型应根据管道的规格、材质、工作环境等因素进行综合考虑。在设计支架时，应明确支架的承载能力、刚度、稳定性等关键要素，还需考虑支架的安装方式和调整范围，确保支架能够满足管道在不同工况下的要求。附件的选择与安装应根据管道的用途和工作环境进行综合考虑。常见的附件包括阀门、法兰、补偿器等。在选择附件时，应确保附件的规格、材质、性能等符合设计要求。在安装附件时，应严格控制附件的安装位置和连接方式，确保附件的稳定性和密封性。在特殊支架与附件安装完成后，需要对管道进行调试和检验。调试过程中，应检查支架的承载能力和稳定性，确保支架能够满足管道在不同工况下的要求。检验过程中，应采用目视检查、无损检测等手段进行检验，确保管道的质量和安全性。

4 丙烷脱氢装置高温管系施工质量控制

4.1 质量控制体系建立

在丙烷脱氢装置高温管系的施工质量控制中，首要

任务是建立一套科学、全面、有效的质量控制体系。质量控制体系的建立始于质量目标的设定。这些目标应具体、可量化,并涵盖高温管系施工的全过程。为了确保质量目标的实现,需要制定一系列的质量管理制度。这些制度应包括材料检验与验收制度、施工过程质量控制制度、质量检查与验收制度、质量问题处理制度等。这些制度的制定和实施,可以确保施工过程中的每一个环节都有章可循,有据可查,从而提高施工质量的可控性和可追溯性。在质量控制体系中,明确各级人员的质量责任至关重要。这包括项目经理、技术负责人、质量检查员、施工人员等。通过明确责任,可以促使每个人员都对自己的工作负责,确保施工过程中的每一个环节都能得到有效控制。为了提高施工人员的质量意识和技能水平,还需要定期开展质量培训与教育。培训内容应包括质量标准、施工工艺、质量控制方法、质量问题预防与处理等。通过培训,可以使施工人员更加熟悉质量标准,掌握质量控制方法,提高施工过程中的质量控制能力^[3]。

4.2 施工过程质量控制

在建立了完善的质量控制体系后,就需要将这一体系贯穿于施工过程的始终,确保每一步都符合质量要求。在施工过程中,应严格控制材料的来源和质量。所有材料在进场前都应进行严格的检验和验收,确保其符合设计要求和相关标准。还应建立材料使用台账,对材料的领取、使用、剩余等进行详细记录,确保材料的可追溯性。施工过程中的工艺控制是确保高温管系质量的关键。这包括管道的切割、坡口加工、组对、焊接、热处理、无损检测等各个环节。在每一步施工过程中,都应严格按照既定的工艺要求和操作规程进行操作,确保施工质量的稳定性和可靠性。在施工过程中,定期对施工质量进行检查和记录。这包括焊缝的外观检查、尺寸测量、无损检测等。通过检查,可以及时发现施工过程中的质量问题,并采取措施进行整改,记录检查结果也有助于后续的质量验收和评估。

4.3 施工后质量验收

施工完成后,还需要进行质量验收工作,以确保高温管系的整体质量符合设计要求。在验收前,应制定详细的验收标准。这些标准应涵盖高温管系的各个方面,如管道的材质、尺寸、位置、焊缝质量等。验收过程

中,应严格按照既定的程序进行。这包括资料审查、现场检查、无损检测、功能测试等环节。验收完成后,应对验收结果进行评估。对于符合验收标准的高温管系,可以正式交付使用。对于存在质量问题的高温管系,应提出整改意见,并督促施工单位进行整改,直至达到验收标准为止。

5 丙烷脱氢装置高温管系施工安全与环境管理

丙烷脱氢装置高温管系施工安全与环境管理是确保项目顺利实施、保障人员安全及减少对环境影响的关链环节。在施工期间,必须严格遵守国家及地方的安全生产法律法规,同时执行严格的环境保护措施。安全方面,需建立健全的安全管理制度,包括但不限于安全教育培训、个人防护装备的正确使用、特种作业许可制度以及应急响应机制的建立^[4]。所有施工人员必须经过专业培训,熟悉高温作业的特殊安全要求,掌握紧急情况下的自救与互救技能。环境管理上,强调绿色施工理念,采取有效措施减少施工噪音、粉尘排放和废弃物产生,如设置隔音屏障、采用湿式作业法控制扬尘、实施垃圾分类与回收等。同时对可能产生的有害废弃物进行安全处置,确保施工活动对周围环境的影响降至最低。

结束语

综上所述,丙烷脱氢装置高温管系施工技术的研究是一项复杂而系统的工程,涉及材料科学、焊接技术、结构设计、质量控制及环境管理等多个领域。通过本文的研究,不仅深化对高温管系施工技术的理解,还提出了一系列切实可行的技术方案。未来,随着石化行业对高效、安全、环保要求的不断提高,将继续深化相关技术研究,推动丙烷脱氢装置高温管系施工技术的持续创新与发展,为行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]王春昌.国内丙烷脱氢制丙烯现状及发展[J].上海化工,2022,47(3):7073.
- [2]陈小宇.丙烷脱氢工艺发展趋势分析[J].炼油技术与工程,2020,50(11):913.
- [3]欧平.丙烷脱氢技术发展现状[J].石油化工,2022,51(7):823-830.
- [4]杨瑞云.丙烷催化脱氢制丙烯技术研究进展[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(06):164-166.