

火电厂锅炉汽机本体设备及管道保温的施工工艺分析

石铁柱

内蒙古丰电能源发电有限责任公司 内蒙古 乌兰察布 012100

摘要: 火电厂锅炉、汽机本体及热力管道保温是机组节能降耗、安全稳定运行的关键工序。本文阐述保温施工核心原理、材料选型标准与各类设备工况特点,系统梳理施工前期准备、本体及管道保温、成品保护等核心工艺。深入剖析施工中保温层空鼓、保护层渗水、异形部位保温缺失等常见问题及成因,从全流程管控、工艺优化、技术升级等方面提出优化策略,为火电保温施工提质增效提供技术参考。

关键词: 火电厂; 锅炉汽机本体设备; 管道保温; 施工工艺

引言: 火电厂热力设备运行过程中热量损耗过大, 不仅会提升机组能耗成本, 还易引发设备局部过热、运行工况失衡等问题, 影响机组运行稳定性与使用寿命。保温施工作为火电工程建设的重要环节, 其施工质量直接决定设备隔热效果与机组节能水平。为规范保温施工流程、解决现场施工质量通病, 本文结合火电设备运行工况, 全面分析核心施工工艺, 排查施工隐患并制定优化措施, 助力提升保温工程施工质量与长效运行性能。

1 火电厂锅炉汽机本体及管道保温基础概述

1.1 保温施工核心原理与技术要求

(1) 保温施工核心原理: 火电厂锅炉、汽机及热力管道均为高温热力设备, 运行过程中会通过热传导、热对流、热辐射向外界散失大量热量。保温施工核心是在设备及管道外表面铺设低热导率、耐高温、隔热性能优异的专用保温材料, 构建稳定隔热防护层, 阻断热量向外传递, 有效降低设备散热损耗, 维持设备内部工况稳定, 同时减少外界环境对设备运行的干扰, 实现节能降耗与设备恒温保护的双重目标。(2) 核心技术要求: 保温结构需适配火电设备长期连续运行特性, 满足耐高温、抗老化、密封性强、机械强度高的基础要求。可适应设备启停、负荷调整带来的频繁温度波动, 有效抵御热胀冷缩影响, 杜绝保温层开裂、脱落、渗水、空鼓等质量问题。所有施工流程与结构参数均需严格契合火电节能施工规范, 保障保温系统长期稳定运行。

1.2 核心保温施工对象及工况特点

(1) 锅炉本体保温对象及工况: 主要包含炉膛、汽包、过热器、省煤器等核心承压换热设备。设备运行工况严苛, 整体运行温度高、热负荷随机组启停和负荷调节波动幅度大, 且设备结构错综复杂, 局部存在高温高压工况, 对保温层的耐温性和适配性要求极高。(2) 汽机本体保温对象及工况: 以汽轮机缸体、转子外壳、轴

承箱等核心设备为主。该类设备对运行精度要求严苛, 保温施工需保证结构平整致密、厚度均匀, 避免局部保温缺失或厚度不均引发局部过热, 防止机组振动超标、运行精度下降, 保障汽轮机组平稳高效运行。(3) 热力管道保温对象及工况: 涵盖主蒸汽管道、给水管道、疏水管道等各类热力管线。管道整体走向繁杂, 弯头、阀门、法兰、支座等异形构件数量多、节点复杂, 施工盲区多, 对施工精细化、贴合度要求极高, 需保障异形部位保温完整无死角^[1]。

1.3 常用保温材料选型及适配标准

(1) 主流保温材料类型: 火电施工常用保温材料包含岩棉、玻璃棉、硅酸铝纤维、复合保温板、聚氨酯保温材料等。各类材料性能差异显著, 分别具备不同的耐温区间、导热系数及密度参数, 可适配不同设备、不同温度工况的保温需求。(2) 材料选型适配原则: 严格依据设备运行最高温度、结构形态、现场环境湿度及运行工况, 匹配对应耐温等级、厚度、密度的保温材料。同时兼顾现场施工便利性、材料抗压抗裂性能, 保障保温结构长期使用的稳定性与隔热有效性。(3) 辅材选型标准: 保温施工配套辅材包含粘结剂、捆扎丝、防水保护层、密封胶等。辅材需与主材性能适配, 具备耐高温、抗腐蚀、密封性好的特性, 严格遵循行业选型标准, 保障保温层粘结牢固、密封严密, 提升整体保温结构的完整性与耐久性。

2 火电厂锅炉汽机本体设备及管道保温核心施工工艺

2.1 施工前期准备工艺

(1) 现场工况核查: 保温施工正式开展前, 需全面核查锅炉、汽机本体及热力管道的安装施工验收资料, 确认设备、管道安装工序全部合格, 无安装遗留问题。同时对施工基面进行精细化清理, 彻底清除设备表面的铁锈、油污、灰尘、氧化皮等杂质, 逐一排查基面

裂纹、凹陷、凹凸不平等缺陷,对超标缺陷提前整改处理,确保整体施工基面平整、干燥、洁净,为后续保温材料贴合施工提供良好基础条件。(2)材料与设备准备:严格依照专项施工方案及行业规范,逐一核对进场保温材料的规格、型号、耐温性能、厚度及密度参数,杜绝不合格材料进场。做好材料仓储管理工作,保温材料需分类堆放,落实防潮、防晒、防尘防护措施,避免材料受潮变质、性能衰减。同时提前调试切割机、捆扎机、找平工具、密封工具等施工机具,检查设备运行状态,确保机具性能完好,满足连续施工需求^[2]。(3)施工方案技术交底:结合锅炉、汽机及管道的结构差异、运行工况特点,细化各施工区域的施工流程、保温厚度标准、工艺控制参数及质量验收要求。面向全体施工人员开展全方位技术、安全交底工作,明确重难点施工部位的操作规范、质量通病及防控措施,落实施工人员岗位职责,确保所有施工人员熟练掌握施工工艺及安全作业要求。

2.2 本体设备保温施工工艺

(1)基层预处理工艺:针对锅炉、汽机本体粗糙、不平整的施工基面,采用专业打磨设备进行打磨找平处理,消除基面凸起、毛刺。对于设备表面存在的细小孔洞、缝隙、拼接缺口,使用专用耐高温密封材料进行填充抹平,保证基面整体平整密实,有效提升保温材料与设备基面的贴合度,避免出现贴合空隙影响保温效果。

(2)保温层铺设工艺:本体设备保温采用分层铺设、错缝拼接的标准化施工方式,严格按照设计标准控制单层保温材料厚度,分层错缝搭接,杜绝通缝、直缝问题。施工过程中实时把控拼接缝隙大小,均匀压实保温层,全程规避空鼓、松动、偏移、缝隙过大等质量问题,保障保温层整体均匀、密实、稳定。(3)固定与密封工艺:根据设备结构形态,采用捆扎、锚固、粘结相结合的复合固定方式,牢固固定保温层,防止保温层脱落、移位。重点针对设备边角、板材拼接缝、设备接口等薄弱部位开展专项密封处理,填充密封材料,封堵散热缝隙,全面提升本体设备保温结构的整体性与密闭性。

(4)保护层施工工艺:保温层施工验收合格后,开展保护层铺设作业。优先选用金属薄板或专用防水保护层材料,严格控制保护层搭接宽度,规范固定方式,确保保护层贴合紧密、平整顺滑。施工中保证面层无凸起、翘边、破损问题,形成有效的防水、防撞击防护体系,兼顾实用性 with 外观质量^[3]。

2.3 热力管道保温施工工艺

(1)直管段保温施工:管道直管段施工遵循精准

测量、规范下料、紧密贴合、分层固定的施工流程。施工前精准测量管道尺寸,根据参数标准精准裁切保温材料,铺设时保证材料与管道外壁紧密贴合。严格控制保温层整体厚度均匀一致,拼接位置严密压实,规范把控捆扎间距与固定力度,杜绝松动、偏位、缝隙超标等质量缺陷^[4]。(2)异形构件保温施工:针对管道弯头、三通、法兰、阀门等结构复杂的异形构件,采用专项定制施工工艺。根据异形构件外形精准下料,采取分片拼接、适配贴合的方式施工,针对构件衔接死角、缝隙位置重点填充密封,彻底消除保温盲区,保障异形部位保温结构完整,杜绝局部散热超标问题。(3)管道保护层施工:结合管道整体走向开展保护层施工,重点强化搭接位置的防水处理,规避雨水、潮气渗入。在弯头、变径等异形位置做好圆弧过渡施工,保证保护层顺滑贴合,避免出现积水凹槽、面层破损,有效提升管道保温结构的抗腐蚀、抗老化能力与整体耐久性。

2.4 施工收尾与成品保护工艺

(1)施工质量初整改:整体保温施工完成后,开展全方位、无死角质量自查工作,细致排查保温层空鼓、开裂、脱落、缝隙超标、厚度不均等各类质量问题。对排查出的缺陷部位逐一记录、分类整改,针对性开展修补、加固、密封处理,完成整改后二次复核,确保整体施工质量符合规范及设计标准。(2)现场成品保护:施工收尾阶段严格落实成品保护制度,严禁重物撞击、尖锐器物划伤保温及保护层结构。做好施工现场防潮、防污染防护措施,避免粉尘、污水、杂物污染保温面层。严禁在保温结构表面随意踩踏、开孔、凿改,最大程度保护成品完整性,保障保温工程长期稳定运行效果。

3 火电厂锅炉汽机本体设备及管道保温施工常见问题及质量控制优化措施

3.1 保温施工常见质量问题

(1)保温层缺陷问题:施工现场保温层极易出现各类结构性缺陷,主要包括整体厚度不均匀、板材拼接缝隙偏大、层间空鼓、贴合松动以及长期运行后分层脱落等情况。此类缺陷会直接破坏保温结构的完整性,大幅增加设备与管道的散热损耗,造成机组热效率下降、能耗超标,严重时会导致局部保温完全失效,影响机组稳定运行。(2)保护层施工缺陷:保护层作为保温系统的防护屏障,常出现搭接宽度不足、拼接密封不严、固定卡扣松动、圆弧位置变形塌陷等施工问题。在潮湿、温差交变的火电运行环境中,雨水、潮气易渗入保护层内部,引发保温材料受潮霉变、金属护层渗水生锈,逐步侵蚀整体结构,大幅缩短保温工程的使用寿命。(3)异

形部位施工隐患：管道阀门、法兰、三通、设备边角、支座等异形复杂部位是施工薄弱点，普遍存在保温裁切不规范、铺设贴合度差、覆盖范围不全的问题。易形成多处局部散热盲区，造成设备管道局部热损失超标，破坏整体保温均匀性，不利于机组能耗控制与设备安全运行。

3.2 问题成因深度分析

(1) 人员因素：部分现场施工人员专业技术水平参差不齐，对火电保温施工工艺标准、规范要求掌握不熟练，缺乏精细化施工理念。作业过程中存在凭经验施工、操作随意性大的问题，对缝隙密封、分层铺设等细节把控不到位，人为造成各类施工质量缺陷。(2) 工艺因素：通用施工方案针对性不足，针对异形构件、复杂设备部位的专项施工工艺不完善、不细化。关键施工工序管控流程不严格，分层铺设厚度、错缝拼接方式、密封处理标准等核心工艺落实不到位，导致薄弱部位质量隐患频发。(3) 材料与环境因素：部分工程存在保温材料选型与设备运行温度工况不匹配、进场材料质量不合格的情况，材料耐温、隔热、抗老化性能不达标。同时施工现场湿度偏高、昼夜温差波动大，易造成保温材料受潮变形、固化效果变差，直接影响保温施工成型质量。

3.3 全流程质量控制措施

(1) 施工前质量管控：严格执行材料进场检验制度，核对材料参数、质量证明文件，杜绝不合格材料投入使用。结合设备、管道结构特点优化专项施工方案，细化异形部位施工工艺。同时开展施工人员岗前技能培训和全方位技术、安全交底，统一施工标准。(2) 施工过程中管控：对基面清理预处理、保温层铺设、固定密封、保护层安装等关键工序实施全过程旁站监督。严格把控每层保温厚度、拼接缝隙、固定间距等工艺参数，及时纠正不规范操作，从源头规避质量缺陷。(3) 施工后验收管控：建立标准化专项验收体系，通过外观检查、厚度抽检、密封性测试、全面隐患排查等方式开展竣工验收。对保温不达标、存在缺陷的部位划定整改范围，限期返修并复检，确保施工质量完全符合规范要求^[5]。

3.4 施工工艺优化与改进策略

(1) 精细化工艺优化：针对异形构件、设备死角等薄弱区域制定定制化施工工艺，规范精准下料、分片拼接、圆弧适配、密封防水等操作标准。严格落实错缝铺设、分层压实工艺，彻底消除施工盲区，提升整体保温结构密封性与完整性。(2) 施工技术升级：积极引入机械化精准下料、模块化预制保温施工模式，降低人工操作误差，大幅提升施工精度与作业效率。同时推广高耐温、低导热、抗老化的新型复合保温材料，适配火电严苛运行工况。(3) 长效运维优化：建立完善的保温结构后期巡检与运维机制，定期排查保温层老化、开裂、脱落及保护层渗水生锈等问题。对受损部位及时修复补强，持续保障设备管道长期稳定的保温隔热效果，降低机组运行能耗。

结束语

火电厂锅炉汽机与管道保温施工工况复杂、细节管控要求严苛，施工质量直接影响机组能耗水平与运行安全。本文全面梳理了保温施工核心工艺，总结人员、材料、工艺等方面的质量影响因素，提出全过程质量管控、工艺精细化升级和后期运维优化等改进策略。严格落实各项优化措施，可有效规避施工质量缺陷，保障保温结构完整性与稳定性，助力火电厂实现节能增效与安全稳定运行目标。

参考文献

- [1] 赵家炜.火电厂锅炉汽机本体与压力管道的节能保温[J].清洗世界,2023,36(4):56-58.
- [2] 范阳红.火电厂锅炉汽机本体设备及管道保温的施工工艺分析[J].门窗,2022,15(14):241-244.
- [3] 颜亮.火电厂锅炉汽机本体设备及管道保温的施工工艺分析[J].科技与创新,2022,20(1):135-137.
- [4] 杜浩.火电厂汽机本体保温关键技术的应用[J].科技经济导刊,2024,26(22):86-91.
- [5] 李润丰.火电厂锅炉汽机本体设备及管道保温的施工工艺分析[J].科技创新与应用,2024,11(4):113-116.