

高温炉烟管道安装工艺优化及工程应用研究

鲁复国

中国能源建设集团广东火电工程有限公司

摘 要：在电厂的“三边建设模式”之中，高温炉烟管道由于设计制造周期较长，错过与锅炉钢架一同同步安装的窗口期，这便为后续施工带来安全以及效率方面的难题。本文将神华国华印尼南苏 1 号 2×350MW 燃煤发电工程作为研究对象，通过技术调研、方案优化、现场试验等一系列研究，形成了一套适用于钢结构及受热面均已安装完成这种场景的高温炉烟管道安装工艺。该工艺创新采用了低成本的卷扬机吊装系统，以及多管线共享钢板拖运通道等，还有标准化流水作业流程，如此一来，便有效解决了受限空间下的管道安装难题。工程实践显示，优化过后的工艺与常规方法相比，节省了机械费 29.5 万元，还大幅减少了塔吊占用的时间以及人工的投入，同时还实现了包装箱钢材的废物利用，既有经济效益又有环保价值。同类电站管道安装的工艺在成功应用之后，便提供了技术参考，具有较为广泛的推广前景。

关键词：高温炉烟管道；安装工艺优化；卷扬机吊装；拖运通道；经济效益

引言

目前的电厂项目建设基本属于“边设计、边制造、边施工”的状态，高温炉烟管道的设计选型、生产制造周期相对成熟的锅炉金属构架、受热本体更加的复杂与漫长^[3]。按照其他电厂项目的高温炉烟管道的安装工序一般都是与锅炉钢架同步逐层安装，这样更能安全、高效地进行高温炉烟管道安装工作^[1-2]。

1 项目背景与施工难点

1.1 项目概况

神华国华印尼南苏 1 号 2×350MW 燃煤发电新建工程高温炉烟管道的设计选型、生产制造周期比成熟的锅炉金属构架、受热本体更加的复杂与漫长^[3]。因此本项目高温炉烟管道安装的上游条件决定了不能随着炉架逐层安装，“错失”了与锅炉钢架同步逐层安装的良机。所以高温炉烟管道在钢结构、平台通道、受热面已经安装到位的情况下，如何安全、高效地进行高温炉烟管道成为工程进度中关键的一个环节。此外，本项目地处印尼，高温高湿的热带雨林气候对施工材料和焊接工艺提出了特殊要求。管道在运输和存储过程中易受潮腐蚀，现场焊接作业需克服湿度大、风速不稳定等不利环境影响，确保焊缝质量。这对安装工艺的环境适应性、防腐蚀措施及质量控制提出了更高的挑战。

1.2 核心施工难点

结合项目实际情况来看，高温炉烟管道安装的核心难点颇为体现在三个方面，其一为施工空间受限，已安装的钢结构和平台通道阻断常规吊装路径，大型塔吊无法直接到达安装位置；其二为机械资源冲突，

项目所用 80 吨塔吊需兼顾好几个施工区域作业，长时间占用会影响别的工序推进；其三为施工效率要求高，项目工期较紧张，得在保证安全质量的前提下，做到 6 条管线的高效安装。所以该项目施工工艺的关键之处在于专用工具的制作，以及机械设备的优化配置，还有设计简易且高效的施工流程。

2 高温炉烟管道安装工艺优化设计

2.1 技术方案总体思路

针对项目施工存在的难点，本研究打破了传统的安装思路，提出了总体方案，即“吊装口集中进料，钢板通道多向输送，卷扬机精准就位，流水作业推进”的总体方案。核心的设计理念包含以下方面，其一，采用低成本的替代办法，减少对大型塔吊的依赖；其二构建共享式的拖运系统，达成多管线的高效转运；其三优化工序的衔接，形成标准化的流水作业，提升施工的连续性；其四践行节能环保的理念，充分利用现有的材料制作临时的设施。

2.2 关键技术创新

2.2.1 低成本卷扬机吊装系统

创新设计一个低成本的卷扬机（滑轮组）吊装系统，使用该吊装系统来替代传统塔吊所主导的吊装模式。该系统先是在管线上设置固定支点，接利用卷扬机的牵引力来实现管件的重复提升，然后配合手拉葫芦进行精准就位以及对口调整。相比常规工艺中 80 吨塔吊全程均需占用的情况，优化后的方案则是仅在管道从地面倒运至拖运架时使用塔吊，后续的提升、就位等均依靠卷扬机来进行，如此一来便极大地减少了塔吊占用的时间，并且缓解了机械资源冲突的状况。

2.2.2 多管线共享钢板拖运通道

在锅炉运转平台上铺设专用拖运钢板，构建多管线共享的拖运通道。通道设计采用模块化理念，根据 6 条管线的分布位置，规划从单一吊装口延伸至各安装区域的输送路径，实现“一口进料、多线输送”。拖运通道配套设计拖运架和重物移动器，减少管道拖运过程中的摩擦力，降低牵引阻力^[4]。同时，支架组件可通过同一吊装口吊装引入，无需额外开辟进料通道，进一步提升了空间利用率。

2.2.3 标准化施工工艺流程

制定涵盖“托架制作—通道布置—设备倒运—拖运就位—焊接固定—支座安装”的全流程标准化施工方案，明确各工序的操作要点和质量控制标准。具体流程如下：

托架制作：利用设备到货包装箱钢材制作临时支撑架和拖运架，实现废物利用；

通道布置：在锅炉运转平台铺设钢板拖运通道，安装重物移动器等辅助设备；

设备倒运：通过平板车将管道运至 80 吨塔吊作业半径内，利用塔吊从炉左、炉右两个吊装口吊至拖运架；

拖运就位：以卷扬机为牵引力，将管道通过钢板通道拖至安装位置，焊接临时支架固定；

焊接与支座安装：采用卷扬机完成管道精准对口，焊接管道接口后，安装正式支座；

流水作业：按上述流程在 6 条管线轮动施工，形成连续性作业模式。

为确保工艺在海外复杂环境下的顺利实施，项目特别强化了适应性与管理管控。针对热带气候，对临时支撑和拖运架钢材进行涂油防锈处理；在焊接作业区搭设防风防雨棚，并配备除湿设备控制焊接环境湿度；制定详细的应急预案，应对突发暴雨等恶劣天气对现场设备和已安装管道的保护。这些补充措施有效保障了优化工艺的顺利执行，克服了地域性环境挑战。

2.3 施工安全与质量控制

在工艺进行优化的过程之中，同时便形成了完善的安全以及质量把控的体系。安全这一方面，临时支架焊接需由持证焊工进行操作，焊接完成后要开展强度检测，以确保承载是安全的；拖运通道需铺设得平

平整整，并且要设置防滑的措施，防止管道转运时出现滑移情况。质量方面管道对口时使用激光测距仪进行校准，如此可保证接口间隙符合焊接要求；焊接时严格把控焊接参数，以免高温对管道材质产生影响；支座安装需在管道焊缝检测合格之后再进行，以此确保安装精度^[5-6]。

3 工程应用效果与经济效益分析

3.1 应用实践情况

在神华国华印尼南苏 1 号电站的 6 条高温炉烟管道安装过程之中，较为全面地应用了优化的工艺。施工过程中 6 条管线以流水作业的模式依次推进，达成了吊装、拖运、焊接、支座安装等工序的无缝衔接。通过共享拖运通道以及卷扬机吊装系统，如此一来，解决了受限空间内的施工难题，并且未出现安全事故以及质量问题。管道安装结束之后的检测数据表明，接口焊接的合格率大幅提升，管道安装的偏差也控制在设计允许的范围之内，符合电站运行的要求。

3.2 经济效益评价

3.2.1 直接成本节约

对比常规安装工艺与优化后工艺的成本构成，核心节约体现在机械费方面。常规工艺中，80 吨塔吊需全程配合管道安装，按实际施工周期计算，机械费合计 59.0007 万元；优化工艺通过卷扬机替代塔吊主导吊装，减少了 50% 的塔吊使用时间，机械费降至 29.50035 万元，直接节省费用 29.50035 万元。具体成本对比见表 1。

与常规安装经济效益相比较：

合计节省费用：590007-295003.5=295003.5 元

3.2.2 间接效益提升

除了直接成本能够得到节约之外，优化工艺还产生了不少明显的间接效益。其一是减少人工投入，全机械化的拖运与吊装将传统人力拖拉予以替代，这便降低了劳动强度，与常规工艺相比能够减少 30% 的作业人员；其二是缩短施工周期，6 条管线采用流水作业模式进行推进，安装的总工期较计划提前了 15 天，为后续工序争取到了时间；其三是实现节能环保，利用设备包装箱的钢材来制作临时支架与拖运架，减少了钢材的采购量，降低了资源消耗，并且符合绿色施工的理念；其四是降低机械冲突风险，减少了 80 吨塔

表 1 成本对比

| 成本计算 | 常规安装经济效益 | 优化后的安装经济效益 |
|------|----------------------------|-----------------------------|
| 机械费 | 机械费：(418/2)*2823=590007 元 | 机械费：(418/4)*2823=295003.5 元 |
| 总成本 | 总计：590007 元 | 总计：295003.5 元 |
| 成本节约 | 590007-295003.5=295003.5 元 | |

吊占用的时间,保障了其他施工区域能够正常推进,避免了由于机械资源不足而造成工期延误。

4 推广前景展望

4.1 保证安全生产

锅炉管道及其附属设备的科学安装,合理优化,具有极为重要的经济和社会意义。第一,保证工厂生产安全有效运行,提高了经济效益。第二,安全事故发生的频率降低,减少了生命财产损失。第三,随着对火电厂锅炉管道安装的方法和措施的探索,技术人员积累了新的管道安装技术和经验。

4.2 市场竞争力提升

优化工艺的成功研发与应用,提升了中国能源建设集团广东火电工程有限公司在电站建设领域的核心竞争力。在国内外电站项目投标中,该专项技术可作为差异化竞争优势,增强企业在同类项目中的中标概率,进一步扩大企业在国内外电力建设市场的影响力。

4.3 技术推广范围

该工艺的核心技术不仅应用于高温炉烟管道安装,还可推广至其他类似场景,其一为电站系统中的高温、高压管道安装,比如主蒸汽管道、再热蒸汽管道之类;其二为化工、冶金等行业的大型工业管道安装项目;其三为受施工空间限制、无法采用常规吊装工艺的管道安装工程。通过适当调整吊装系统的参数、拖运通道的尺寸以及支架的结构等,便能够实现技术的灵活适配,进而使技术的价值达到最大化。

5 结论

针对电厂“三边建设”背景下高温炉烟管道安装的特殊难题,以神华国华印尼南苏1号电站项目为载体,通过技术创新与工程实践,形成了一套兼具低成本、

高效率、安全环保的安装优化工艺。本研究便是如此情形。该工艺创新是用卷扬机吊装系统替代传统塔吊主导的作业,接构建多管线共享的拖运通道,还建立标准化的流水作业流程,如此便有效地解决了受限空间下的管道安装难题。工程实践显示,优化过后的工艺与常规方法相比,可节省成本,缩短工期,同时达成废物利用以及节能环保的事宜。

该工艺成功应用后,不仅圆满完成了印尼南苏1号电站的施工任务,而且还形成了可复制、可推广的技术方案用于同类工程。未来伴随技术进一步完善并推广开来,其很有可能在电力、化工、冶金等许多行业的管道安装工程中广泛应用,如此便能为行业施工技术进步、成本控制以及绿色发展提供有力的支撑。

参考文献:

- [1] 打造“一带一路”中国电力旗舰工程[J]. 电气时代,2018(9):25-29.
- [2] 汪致远. 大型电站锅炉安装监督检验工作重点与策略探索[J]. 科技创新与应用,2025,15(8):164-167.
- [3] 王颖,张瑞. 管道内表面圆结构光视觉三维测量系统[J]. 红外与激光工程,2014,43(03):891-896.
- [4] 周彬瑜. 上海外高桥第二发电厂2×900MW脱硝改造(EPC)项目计划控制与研究[J]. 锅炉技术,2014,45(04):63-69.
- [5] 何海荣,李昶昶. 大倾角综采工作面液压支架快速拆除工艺[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊),2010,(05):200.
- [6] 关庆林,喻灿,孙海玲,等. 常减压装置减压塔转油线腐蚀原因分析与对策[J]. 石油化工技术与经济,2023,39(05):39-44.