

Research on Key Technologies and Safety Management of Pipeline Installation Construction in Long-distance Pipeline Engineering

Jianlei Li

Sinopec Zhongyuan Oilfield Construction Engineering Co., Ltd., Puyang, Henan, 457000, China

Abstract

As an important component of energy transportation, the pipeline installation and construction of long-distance pipelines directly affect the quality and progress of the project. This study focuses on the key technologies and safety management measures during the installation of long-distance pipelines. It presents strict technical requirements for the entire installation process, from the preparation phase to pipeline laying and welding, and provides an in-depth analysis of critical construction technologies such as pipeline connection and crossing techniques. Additionally, the study emphasizes the establishment of a safety management system at the construction site and the protection measures for high-risk operations. Through discussing the development of a quality management system, standardized construction, and quality testing, the study ensures construction quality and the smooth progression of the project. By analyzing potential safety risks during construction, corresponding management strategies are proposed to safeguard the safety of construction personnel and enhance project execution effectiveness.

Keywords

Long-distance pipeline; Installation construction; Key technologies; Safety management; Quality control

长输管道工程管道安装施工关键技术与安全管理研究

李建磊

中石化中原油建工程有限公司, 中国·河南濮阳 457000

摘要

长输管道工程作为能源运输的重要组成部分,其管道安装施工的技术要求和安全管理直接影响工程的质量与进度。该研究重点探讨长输管道安装过程中的关键技术与安全管理措施。从管道安装的前期准备到铺设、焊接等技术环节,提出了严格的技术要求,并对管道连接、跨越技术等施工中的关键技术进行了深入分析。同时,研究还强调了施工现场安全管理体的建立与高风险作业的防护措施。通过探讨质量管理体系的建设、标准化施工及质量检测,确保施工质量与工程的顺利推进。通过详细分析施工中可能存在的安全风险,提出相应的管理对策,以保障施工人员的安全,提升项目的执行效果。

关键词

长输管道; 安装施工; 关键技术; 安全管理; 质量控制

1 引言

长输管道工程是现代能源传输体系的核心组成部分,承担着跨地区、跨行业的资源输送任务。随着经济的快速发展,对能源的需求不断增长,长输管道的建设与维护成为了关键的基础设施建设任务。然而,管道安装施工中涉及的技术复杂性与施工环境的特殊性,给工程实施带来了巨大的挑战。施工过程不仅要求严格遵守技术规范,确保管道的质量与稳定性,还需在施工过程中进行细致的安全管理,以避免各类风险事故的发生。近年来,随着科技的发展,机械化与

自动化技术逐渐应用于管道安装中,提升了施工效率与安全性,但也对施工人员的安全防护、质量控制等方面提出了更高的要求。因此,长输管道安装的关键技术与安全管理亟待深入研究与探索。

2 长输管道工程管道安装的技术要求

在长输管道安装的前期阶段,施工队伍需要进行详尽的现场勘查与评估。首先,施工团队需对地形、地质条件进行充分分析,确保选定的施工方案符合地质环境要求。对土壤性质、地下水位、气候条件等进行评估,为后续施工做好数据支持。同时,设备和材料的准备也是关键步骤,所有管道、焊接材料、检测工具必须符合国家标准,并确保运输、储存无损坏。施工前还应进行施工人员的安全培训与技

【作者简介】李建磊(1982—),男,中国山东沂水人,本科,助理工程师,从事长输管道工程施工技术研究。

术交底，确保每一位参与施工的人员都掌握相关技术要求和安全规程。此外，还需制定合理的施工计划，明确每个阶段的工期及质量要求，以确保管道安装的顺利进行。在管道的定位上，采用GPS定位系统与激光测量仪来提高准确性，并确保管道中心线的准确铺设。在施工过程中，还要保证管道之间的间距符合规定，避免管道因受压变形或引发其他潜在隐患。此外，管道与地面的接触部分需要进行保护处理，避免地面压力对管道产生不良影响。

3 长输管道安装施工中的关键技术

3.1 管道连接与接头技术

管道连接是长输管道安装中最为关键的技术之一，确保管道的密封性和稳定性是安装成功的前提。焊接连接是常用的技术，通过高温加热使管道两端的金属熔化后融合在一起。对于大口径管道，通常采用双面焊接，每道焊接的焊缝强度要求达到基管材强度的95%以上。实际施工中，大口径管道接头的焊接强度可达到540 MPa，并且采用无损检测（如X射线检测）对焊缝进行检查，确保没有裂纹、气孔或缺陷。一般情况下，管道的焊接接头长度不超过管道外径的两倍，确保焊接的完整性和密封性。对于高压或特殊气体输送管道，还需要在接头处使用高强度密封垫片，如聚四氟乙烯垫片，保证管道的密封性，避免气体或液体的泄漏。在管道焊接后，还需要进行严格的压力测试，测试压力一般为设计工作压力的1.5倍，确保管道连接无漏点、无泄漏^[1]。

3.2 管道安装中的机械化与自动化应用

管道安装中机械化和自动化技术的应用可以显著提高施工效率和准确性，减少人工操作的错误率。机械化铺设设备如履带式管道铺设机在施工现场的应用广泛，其铺设速度可达到每小时80米，能够适应复杂地形的需求。铺设过程中，机械化设备可以精确控制管道的铺设深度和坡度，误差控制在±5mm之内，确保管道的水平度和垂直度符合设计要求。在焊接过程中，自动焊接设备的应用也提高了施工效率，单台焊接机器人每小时可以完成约10米的焊接工作，每个焊接接头的焊缝深度可以控制在5mm以内，在管道铺设和焊接的过程中，误差控制在±1%的范围内，从而确保工程质量。通过机械化与自动化的结合，管道安装的效率得到了极大的提升，施工周期缩短了15%以上，尤其在大型项目中体现了明显的经济效益。

3.3 管道跨越技术与特殊地形施工技术

长输管道常常需要跨越复杂地形，如河流、山区、湿地等，这对施工技术提出了较高的要求。在河流跨越的施工中，采用沉管法和水平定向钻进法（HDD）两种技术。沉管法适用于水深较浅的河流，沉放管道的长度通常为500米至1000米，沉管深度要求达到20米至30米，以保证管道不会受到水流的冲刷。对于水深较大的河流，水平定向钻进法可以用于管道的穿越。HDD技术的钻进长度可达2000

米，最大钻进深度可达30米，这种方法能够避免开挖土方对河床生态的破坏，并能在不破坏周围环境的情况下完成管道安装。在山区跨越施工中，采用隧道穿越法，穿越长度一般为300米至500米。在这些特殊施工环境中，管道的防腐处理尤为重要。对于山区或湿地等区域，采用钢筋混凝土保护层或采用厚度为12mm至15mm的防腐涂层，以增强管道的抗压能力和防腐能力，确保管道在极端环境下的使用安全。对于滑坡区、地震带等高风险区域，还需进一步加强管道的抗震设计，管道的抗震设计荷载一般为500kN/m²，确保管道在地震发生时不发生位移或破裂^[2]。

4 长输管道安装施工的安全管理措施

4.1 施工安全管理体系的建立

长输管道施工安全管理体系的建立是保障施工过程中人员安全和施工质量的重要环节。首先，必须明确安全管理责任，制定详细的安全管理计划，并建立专门的安全管理组织。施工单位需配备专职安全员，负责现场的安全监督与管理，确保每一项操作符合安全标准。在此基础上，应制定风险评估与应急预案，每个施工阶段必须进行详细的安全检查，确保施工区域无安全隐患。统计数据显示，约70%的施工事故是由于现场安全管理不到位引起的，因此，定期的安全培训是十分必要的，每年应开展至少两次全面的安全培训，确保所有工作人员都掌握必要的安全操作规范。此外，要实施严格的安全监控，利用现代化设备对现场进行24小时监控，确保即时发现潜在安全隐患并采取措施解决。数据表明，强化安全管理和培训能有效降低事故发生率，施工项目事故发生率可降至0.5%以下，图1为长输管道安装施工的细化流程图。

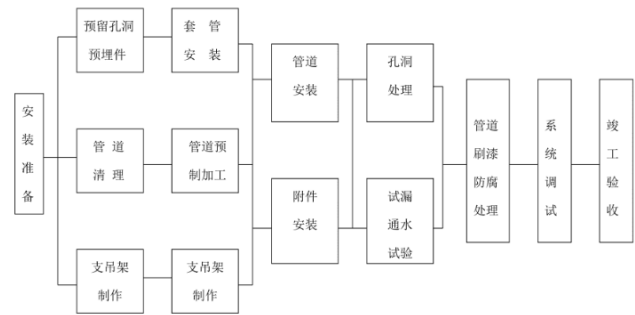


图1 长输管道安装施工的细化流程图

4.2 施工现场安全风险评估与管控

施工现场的安全风险评估与管控是长输管道施工中不可忽视的重要环节。施工单位需对施工环境进行全面的风险评估，识别可能存在的风险点，包括高处作业、施工设备操作、地下管线与电力线路等潜在危险。通过对历史数据的分析，结合实际施工环境，针对不同风险类别制定相应的安全防范措施。例如，在高处作业中，必须配备符合标准的安全带和防护网，确保施工人员的安全。根据相关数据，高处作

业 的 事 故 率 占 总 体 施 工 事 故 的 25%， 因 此 ， 采 取 有 效 的 安 全 防 护 措 施 至 关 重 要 。 此 外 ， 对 于 施 工 现 场 的 机 械 设 备 操 作 ， 必 须 确 保 设 备 定 期 检 查 和 维 护 ， 避 免 因 设 备 故 障 导 致 的 安 全 事 故 。 根 据 施 工 现 场 的 实 际 情 况 ， 制 定 详 尽 的 风 险 管 控 计 划 ， 并 确 保 每 一 项 作 业 前 都 经 过 安 全 检 查 ， 施 工 过 程 中 出 现 的 风 险 应 在 24 小 时 内 得 到 解 决 ， 减 少 安 全 隐 患 的 持 续 存 在 。

4.3 高风险作业的安全防护与管理

高 风 险 作 业 包 括 焊 接 、 吊 装 、 爆 破 等 施 工 环 节 ， 这 些 作 业 对 施 工 人 员 和 周 围 环 境 具 有 较 大 的 安 全 隐 患 ， 因 此 需 要 特 别 的 安 全 防 护 与 管 理 措 施 。 在 高 温 焊 接 作 业 中 ， 需 对 施 工 区 域 进 行 隔 离 ， 设 置 明 确 的 安 全 警 示 标 志 ， 并 确 保 操 作 人 员 佩 戴 全 套 防 护 装 备 。 统 计 数 据 表 明 ， 焊 接 作 业 事 故 约 占 总 施 工 事 故 的 18%， 主 要 由 火 花 飞 溅 或 设 备 故 障 引 发 ， 因 此 ， 确 保 焊 接 区 周 围 没 有 可 燃 物 ， 并 配 备 灭 火 器 材 ， 是 降 低 事 故 发 生 率 的 有 效 手 段 。 在 吊 装 作 业 中 ， 要 求 使 用 符 合 规 范 的 吊 装 设 备 ， 并 且 操 作 人 员 必 须 持 证 上 岗 。 吊 装 作 业 的 吊 点 荷 载 不 得 超 过 设 备 规 定 的 最 大 承 载 能 力 ， 且 吊 装 作 业 前 必 须 进 行 全 方 位 的 风 险 评 估 和 设 备 检 查 ， 确 保 吊 装 过 程 的 顺 利 进 行 。 此 外 ， 对 于 涉 及 高 压 气 体 或 化 学 物 质 的 作 业 ， 应 严 格 按 照 操 作 规 程 进 行 ， 并 配 置 合 适 的 应 急 救 援 设 备 和 人 员 。 通 过 有 效 的 防 护 措 施 与 严 格 的 作 业 管 理 ， 施 工 事 故 发 生 率 可 以 得 到 有 效 控 制 。

5 长输管道安装施工的质量控制

5.1 质量管理体系与标准化施工

长 输 管 道 施 工 的 质 量 管 理 体 系 是 确 保 工 程 质 量 符 合 设 计 要 求 和 规 范 的 重 要 保 障 。 施 工 单 位 必 须 按 照 国 家 标 准 和 行 业 标 准 建 立 完 整 的 质 量 管 理 体 系 ， 并 在 施 工 过 程 中 实 行 严 格 的 质 量 控 制 。 在 施 工 前 ， 要 对 所 有 施 工 人 员 进 行 质 量 管 理 培 训 ， 确 保 每 个 人 都 明 确 质 量 标 准 和 施 工 要 求 。 施 工 过 程 中 ， 所 有 工 序 必 须 严 格 按 照 施 工 规 范 执 行 ， 每 个 环 节 都 应 进 行 质 量 检 查 ， 特 别 是 在 焊 接 、 接 头 、 管 道 铺 设 等 关 键 环 节 ， 要 确 保 施 工 质 量 符 合 相 关 标 准 。 例 如 ， 管 道 焊 接 的 强 度 应 达 到 设 计 要 求 的 95% 以 上 ， 焊 缝 的 检 验 合 格 率 必 须 达 到 100%。 此 外 ， 还 需 通 过 抽 样 检 测 和 全 程 跟 踪 ， 确 保 施 工 材 料 和 设 备 符 合 质 量 要 求^[1]。

5.2 管道安装质量检测与验收

管 道 安 装 质 量 检 测 与 验 收 是 确 保 施 工 质 量 达 标 的 重 要 环 节 ， 所 有 施 工 完 成 的 管 道 需 进 行 严 格 的 质 量 检 测 与 验 收 。 常 见 的 质 量 检 测 方 法 包 括 焊 接 质 量 检 测 、 管 道 压 力 测 试 和 抗 压 强 度 测 试 。 焊 接 质 量 通 常 通 过 X 射 线 或 超 声 波 检 测 来 确 认 ， 确 保 焊 接 接 头 没 有 裂 纹 、 气 孔 等 缺 陷 。 管 道 的 压 力 测 试

通 常 以 设 计 工 作 压 力 的 1.5 倍 为 标 准 进 行 ， 持 续 48 小 时 ， 确 保 管 道 在 高 压 下 能 够 正 常 工 作 且 没 有 泄 漏 。 安 装 后 的 管 道 还 需 进 行 抗 压 强 度 测 试 ， 测 试 标 准 一 般 为 管 道 外 径 的 1.5 倍 ， 确 保 管 道 在 长 期 使 用 中 的 稳 定 性 。 此 外 ， 对 于 管 道 的 防 腐 层 ， 也 需 进 行 厚 度 测 量 和 防 腐 效 果 测 试 ， 确 保 防 腐 层 能 够 有 效 防 止 腐 蚀 。 通 过 严 格 的 质 量 检 测 与 验 收 流 程 ， 确 保 每 一 根 管 道 在 投 入 使 用 前 都 符 合 质 量 标 准 ， 确 保 工 程 的 长 期 安 全 运 行 。

5.3 质量事故分析与整改措施

在 长 输 管 道 施 工 过 程 中 ， 尽 管 采 取 了 严 格 的 质 量 管 理 措 施 ， 但 仍 可 能 发 生 一 些 质 量 事 故 。 常 见 的 质 量 问 题 包 括 焊 接 缺 陷 、 管 道 泄 漏 和 防 腐 层 破 损 等 。 发 生 质 量 事 故 后 ， 必 须 进 行 详 细 的 分 析 ， 找 出 问 题 的 根 本 原 因 ， 制 定 相 应 的 整 改 措 施 。 例 如 ， 焊 接 缺 陷 通 常 由 于 焊 接 工 艺 不 当 或 操 作 不 规 范 引 起 ， 对 于 这 种 情 况 ， 应 加 强 焊 接 操 作 人 员 的 培 训 ， 严 格 控 制 焊 接 参 数 ， 确 保 焊 接 工 艺 符 合 标 准 。 对 于 管 道 泄 漏 问 题 ， 应 检 查 管 道 接 头 的 密 封 性 ， 并 采 用 更 先 进 的 密 封 技 术 ， 如 使 用 更 高 强 度 的 密 封 垫 片 和 改 进 接 头 处 理 工 艺^[4]。 防 腐 层 破 损 的 原 因 可 能 是 施 工 过 程 中 操 作 不 当 或 材 料 质 量 问 题 ， 应 加 强 防 腐 层 施 工 质 量 的 检 查 ， 确 保 防 腐 层 的 厚 度 和 均 匀 性 符 合 要 求 。 通 过 对 质 量 事 故 的 详 细 分 析 和 及 时 整 改 ， 施 工 单 位 可 以 有 效 降 低 质 量 问 题 的 发 生 率 ， 并 提 升 施 工 质 量 的 整 体 水 平 。

6 结语

长 输 管 道 工 程 的 施 工 涉 及 多 个 技 术 环 节 ， 确 保 施 工 质 量 和 施 工 安 全 至 关 重 要 。 通 过 建 立 完 善 的 安 全 管 理 体 系 、 实 施 高 效 的 质 量 控 制 和 强 化 关 键 技 术 的 应 用 ， 可 以 有 效 保 障 施 工 的 顺 利 进 行 。 安 全 管 理 措 施 的 完 善 和 施 工 质 量 的 严 格 控 制 ， 不 仅 能 够 降 低 事 故 发 生 率 ， 还 能 提 高 管 道 工 程 的 整 体 质 量 和 可 靠 性 。 随 着 技 术 的 不 断 发 展 和 施 工 标 准 的 逐 步 完 善 ， 长 输 管 道 施 工 中 的 关 键 技 术 和 安 全 管 理 将 不 断 优 化 ， 推 动 整 个 行 业 向 更 高 的 标 准 发 展 。 未 来 ， 进 一 步 加 强 创 新 技 术 的 应 用 与 管 理 ， 将 为 长 输 管 道 工 程 的 建 设 提 供 更 加 坚 实 的 保 障 ， 并 促 进 能 源 行 业 的 可 持 续 发 展 。

参考文献

- [1] 姚 靖 飞 . 地 面 工 程 设 备 安 装 与 集 输 管 道 施 工 技 术 [J]. 中 国 石 油 和 化 工 标 准 与 质 量 , 2026, 46(02): 30-32.
- [2] 耿 迪 . 油 气 田 地 面 建 设 工 程 设 备 安 装 及 集 输 管 道 施 工 技 术 研 究 [J]. 石 油 和 化 工 设 备 , 2025, 28(10): 199-201.
- [3] 胡 荣 . 油 气 田 地 面 建 设 工 程 设 备 安 装 及 集 输 管 道 施 工 技 术 研 究 [J]. 中 国 石 油 和 化 工 标 准 与 质 量 , 2024, 44(03): 196-198.
- [4] 陈 丰 . 地 面 工 程 设 备 安 装 与 集 输 管 道 施 工 技 术 [J]. 化 学 工 程 与 装 备 , 2023, (12): 104-105.