

长距离 PCCP 管道安装关键施工技术应用

张汇文

中电建生态环境集团有限公司 广东 深圳 518000

摘要:长距离 PCCP 管道施工受地形、地质、水文等多重因素影响,易出现管线偏差、接口渗漏、管道破损等质量问题。本文围绕工程施工全流程,系统阐述前期准备、基础处理、精准安装、试压回填及特殊路段施工核心技术,梳理施工常见质量通病,制定针对性防控及安全进度保障措施。通过标准化工艺应用,有效解决长距离施工误差累积、密封失效等难题,提升管线施工质量与稳定性,可为同类工程提供技术参考。

关键词:长距离 PCCP 管道;安装关键施工技术;应用

引言:PCCP 管道凭借强度高、密封性好、耐久性优的优势,广泛应用于长距离输水、引水等市政水利工程。长距离管线施工线路跨度大、工况复杂,山地、河道、软土地基等复杂路段极易引发施工质量与安全隐患,对安装工艺、精度管控、地基处理提出极高要求。为保障管线施工质量与运行稳定性,本文结合实际工程场景,探究长距离 PCCP 管道核心施工技术与质量防控措施,规范施工流程,助力工程提质增效。

1 长距离 PCCP 管道施工前期准备与基础处理技术

1.1 施工前期勘察与方案编制

(1) 现场工况勘察。针对长距离 PCCP 管道线路开展全方位现场勘测,系统排查沿线地形地貌、地层土质、地质构造等基础条件,精准探明地下水水位、径流规律及分布特征。同时摸排沿线道路、建筑、管线、水利设施等周边构筑物分布,全面掌握现场施工环境,为后续施工规划提供精准数据支撑。(2) 施工重难点分析。重点梳理山地起伏、河道穿越、软土地基等复杂路段的施工难点,明确长距离施工中管线线性控制、跨区域施工衔接、复杂地质沉降、水体干扰等核心风险点,分析各类隐患对管道铺设、基础施工的影响,制定针对性风险防控思路^[1]。(3) 专项施工方案编制。结合工程现场实际工况与重难点分析结果,针对性编制管道安装、基坑开挖、地下水降水等专项施工方案,同步完善突发塌陷、积水、管材损坏等应急处置方案,细化施工流程、技术参数及管控标准,保障施工全过程规范可控。

1.2 管材进场检验与存放管理

(1) PCCP 管材质量进场检测。管材进场后开展全方位质量核验,细致检查管体外观有无裂缝、破损、脱落等缺陷,精准检测尺寸偏差是否符合规范,核验混凝土

强度、钢筒密封性及预应力结构完整性,杜绝不合格管材投入施工。(2) 配套配件检验。对橡胶止水圈、钢制管件、锚固配件等配套材料逐一筛查,检查配件规格、材质、密封性及耐磨性能,确保辅助配件与管材匹配,杜绝老化、变形、破损配件使用,保障管道连接密封稳固。(3) 管材规范存放与转运保护。结合长距离施工线路特点,制定沿线分区存放方案,选择平整、干燥、通风的场地堆放管材,做好遮挡防护,避免管材日晒老化、积水浸泡。转运过程中规范操作,严控磕碰、挤压问题,防止管材变形受损。

1.3 管道沟槽开挖与基础处理技术

(1) 沟槽精准开挖施工。严格按照设计参数控制沟槽开挖坡度、深度与宽度,适配长距离管道线性施工要求,全程做好轴线、高程监测,规避沟槽偏移、超挖、欠挖问题,保障沟槽规整统一,满足管道铺设标准。(2) 软基与不良地质基础处理。针对软土、松散土层等不良地质,采用换填垫层、分层夯实、注浆加固等工艺处理,彻底消除地基松软、沉降隐患,提升地基承载力与稳定性,为管道铺设提供坚实基础。(3) 沟槽降水与排水施工。根据地下水分布情况设置降水井、排水沟,持续开展沟槽降水排水作业,及时排出积水,有效防范地下水浸泡导致的基础软化、土体坍塌问题,始终保持施工基面干燥稳定。

2 长距离 PCCP 管道核心安装施工关键技术应用

2.1 管道吊装与对位安装技术

(1) 吊装设备选型与工况适配。长距离 PCCP 管道施工沿线场地条件复杂,需结合管材口径、重量及施工区段地形合理选型吊装设备,山地、狭窄路段选用小型灵活吊装机械,开阔平直路段采用大型吊装设备。同时

依据管线分段施工规划,制定标准化分段吊装方案,明确吊装作业区间、机械站位及作业半径,规避长距离施工中设备频繁转场、工况适配不足的问题,保障吊装作业安全高效推进。(2)管道精准对位工艺。针对长距离管线易出现误差累积的特点,采用全程测量跟踪对位工艺,依托加密测量控制点,逐节管控管道轴线与高程参数。安装过程中实时比对设计参数,动态调整管道位置,严格控制单节管道偏差值,杜绝局部偏差叠加放大,有效保障全线管线性平顺、衔接规整,满足长距离管道整体铺设精度要求^[2]。(3)临时固定与调平技术。在土方开挖过程中,严格控制开挖高层以保障后期管道安装的倾斜和偏移问题;在土方开挖后,经过地基承载力防止管道安装后发生不均匀沉降造成管道倾斜和偏移。开挖完成后,通过铺垫中粗砂来调整管道安装高层以及管道安装后使用中粗砂来稳定管道,防止管道发生偏移。通过多点均匀固定的方式,提升管道安装稳定性,避免后续对接、回填施工中管道位移、错位,为后续接口施工奠定坚实基础。

2.2 管道接口密封施工技术

(1)止水橡胶圈安装工艺。施工前严格检查橡胶止水圈外观质量,剔除老化、变形、破损配件。安装前彻底清理管道接口凹槽内杂物、积水与尘土,保持接触面洁净干燥。规范胶圈安放流程,均匀贴合槽体全程排查,杜绝胶圈扭曲、偏移、悬空及脱落问题,确保密封构件安装到位,从源头规避密封隐患。(2)管道对接顶推施工。针对大口径PCCP管道施工特性,采用匀速平稳的机械顶推方式,严格把控顶推力度与推进速度,杜绝过快、过猛顶推造成的胶圈挤压变形、管道端口破损问题。保证管道两端均匀受力,使接口逐步紧密贴合,适配长距离、大口径管线对接施工要求,保障接口连接稳定性^[3]。(3)接口间隙检测与微调。顶推完成后,采用专用检测工具全方位检测管道接口缝隙尺寸,对照施工规范核对间隙参数。针对局部间隙不均、贴合不严的位置进行精细微调,修正接口错位问题,保证整圈间隙均匀一致,有效提升管线接口密封性能,增强整体防渗、防漏能力。

2.3 管道试压与回填施工技术

(1)分段水压试验施工。结合长距离管线跨度大、隐患排查难的特点,采用分段水压试验模式,合理划分试压单元,避免整段试压压力不均、隐患定位困难。试压过程中稳步升压、稳压,细致排查每一处接口、管体部位,精准排查渗漏、接口松动、密封失效等问题,确认合格后方可进入后续施工。(2)合格后沟槽分层回

填。管道试压合格后开展沟槽回填作业,优先选用土质均匀、无硬块、无杂质的合格回填土。严格遵循分层回填、分层夯实原则,严控每层回填厚度与夯实密度,保证管道四周土体受力均匀,杜绝单侧受压、局部过载,有效避免管道变形、位移及结构受损。(3)回填后管线复核检测。回填施工完成后,再次对管线轴线、高程及整体平顺度进行复核检测,对比施工前后参数变化,排查回填压实过程中产生的微小位移与偏差。及时整改不合格部位,确保成型管线各项参数符合设计标准,保障整体施工成型质量^[4]。

2.4 特殊路段专项施工技术

(1)河道、跨路段管道安装技术。针对河道、道路跨越等复杂工况,制定专项防护与安装工艺,提前做好沟槽支护、水体导流及路面防护措施。优化吊装作业方案,严控吊装精度与稳定性,强化管道固定措施,抵御水流冲刷、车辆荷载扰动,规避特殊路段施工安全与质量风险。(2)长距离坡道管道施工技术。坡道地段易出现管道滑移、偏移问题,施工中优化管道安装顺序,遵循自下而上的安装原则,适配坡道地形特点。增设防滑固定支架与限位装置,强化管道临时固定与永久锚固效果,有效防止管道沿坡滑移、错位,保障坡道管线安装稳固。(3)新旧管道接驳施工技术。新旧管线接驳前精准测量对接端口参数,清理旧管接口老化、破损部位,修整接口尺寸。严格控制新管对位、顶推精度,规范止水密封施工流程,保证接驳接口紧密贴合、密封严实,实现管线平顺贯通,杜绝接驳位置渗漏、错位问题,保障管线运行稳定性。

3 施工质量通病防控与工程应用保障措施

3.1 长距离PCCP管道施工常见质量通病

(1)管道轴线、高程偏差超标问题。长距离PCCP管道分段施工、线路跨度大,易出现误差累积。主要原因为测量放线频次不足、控制点布设间距偏大、段落衔接精度较差,加之沟槽地基不均匀沉降、管道临时固定不牢,造成单节管道偏移,长距离叠加后引发轴线弯曲、高程偏差超标,影响管线整体平顺度。(2)接口渗漏、胶圈失效问题。作为管道运行高频隐患,其问题源于材料、工艺与环境多方面。止水胶圈材质不达标、老化变形,或安装扭曲贴合不严;管道顶推力度不均、接口间隙控制不当;接口接触面受沙尘、积水污染,均会造成密封失效,引发管道接口渗水、漏水病害。(3)管道破损、混凝土开裂问题。主要由施工操作不规范和地基稳定性不足导致。吊装吊点设置不合理、管体受力不均易造成磕碰破损;回填土质较差、夯实不均易使管道局部

过载受压;软基处理不到位引发后期不均匀沉降,拉扯管体结构,造成混凝土开裂、钢筒受损等结构病害。

3.2 质量通病针对性防控技术措施

(1) 管线线性精度控制措施。优化全程测量放线工艺,加密沿线测量控制点,采用分段放线、逐节校核的施工模式,杜绝长距离误差累积。每完成一段管道安装后及时复核轴线与高程,及时修正微小偏差,同时强化地基整平与管道临时固定工艺,避免施工过程中管位位移,保障全线管线线性平顺、精度达标。(2) 接口密封质量防控措施。建立胶圈验收、安装、复核全流程管控体系,进场严格筛查胶圈质量,安装前清理接口杂物与积水,规范胶圈安放流程,杜绝扭曲、脱落问题。严格控制管道顶推速度与力度,保证接口均匀贴合,施工完成后精准检测接口间隙,结合分段水压试验排查密封隐患,全方位杜绝接口渗漏问题。(3) 管道结构防护措施。规范管道吊装作业标准,科学选取吊点、平稳起吊,避免磕碰挤压。优化地基处理工艺,对软基、不良地质彻底加固换填,消除沉降隐患。严格执行分层对称回填、分层夯实工艺,严控回填厚度与压实度,杜绝单侧受压、硬物挤压管体,有效防止管道破损、混凝土开裂问题^[5]。

3.3 施工安全与进度保障措施

(1) 现场施工安全管控。针对吊装、沟槽开挖、临水高危作业制定专项安全管理制度,明确标准化操作规范。作业前开展安全技术交底,布设防护围挡、警示标识,做好沟槽支护、防坍塌、防坠落防护,严控吊装作业半径与人员站位,落实临水作业防溺水、防冲刷措施,全面规避现场施工安全风险。(2) 长距离施工进度管控。结合管线总长与现场工况合理划分施工区段,采用分段同步施工模式,优化开挖、安装、试压、回填各工序衔接,减少工序等待间隔。合理调配人员、设备与材料资源,保障管材、配件及时进场,解决长距离施工战线长、调度难的问题,有效提升整体施工效率、缩短工期。(3) 施工环境保障措施。建立常态化天气施工保障机制,雨天提前做好沟槽排水、基坑防护,避免雨水浸泡地基;高温天气落实人员防暑、管材防晒措施,防止胶圈、管材老化变形;低温天气做好防冻保温,规避低温导致的材料性能下降、施工质量不达标等问题,保

障全天候施工质量稳定。

3.4 工程应用效果分析

(1) 施工质量检测结果。通过全套防控技术应用,管线轴线、高程偏差均控制在规范允许范围内,无长距离误差累积问题。管道接口密封性能良好,分段水压试验全部合格,无渗漏隐患,地基沉降稳定,管体无开裂、破损现象,整体管线施工精度与结构稳定性大幅提升。(2) 技术应用经济效益。标准化施工与精准防控措施有效降低了管道渗漏、结构破损等质量病害,大幅减少后期返工、维修整改成本。同时优化工序衔接、分段施工模式有效提升施工效率,缩短项目建设周期,节约人工、设备租赁等施工成本,经济效益显著。(3) 技术推广应用价值。本次施工形成的勘察、安装、防控、保障一体化标准化工艺体系,有效解决了长距离 PCCP 管道施工误差累积、密封失效、结构破损等核心难题,工艺成熟、适用性强,可广泛应用于山地、河道、软基等复杂路段管线工程,具备极高的行业推广价值。

结束语

本文系统梳理长距离 PCCP 管道施工全链条关键技术,针对管线偏差、接口渗漏、结构破损等质量通病制定精准防控方案,完善施工安全、进度、环境保障体系。实践表明,整套标准化施工工艺可有效规避长距离施工各类隐患,保障管线安装精度与结构安全,降低工程运维成本。该技术体系适用性广、实操性强,有效解决复杂工况下的施工难题,具备良好的工程应用与行业推广价值。

参考文献

- [1] 王勇.长距离大直径 PCCP 输水管道安装关键施工技术与质量控制[J].水利水电技术,2025,56(4):132-138.
- [2] 刘军,赵阳.复杂地形下长距离 PCCP 管道精准安装施工工艺优化[J].人民黄河,2024,46(9):115-119.
- [3] 孙浩,周凯.PCCP 管道柔性接口安装施工技术 & 渗漏防控措施[J].给水排水,2024,50(6):102-106.
- [4] 李明远.长距离输水工程 PCCP 管道吊装对接施工关键技术研究[J].水利建设与管理,2023,43(8):45-49.
- [5] 张海波.深埋长距离 PCCP 管道施工难点及标准化安装工艺应用[J].中国农村水利水电,2023,13(5):156-160.