基于施工组织设计的大型输水管线工程全流程施工技术管控研究

陈 雯

（中国葛洲坝集团三峡建设工程有限公司，湖北 宜昌 443000）

摘 要 针对大型输水管线工程施工过程涉及工序复杂、协调要求高以及质量安全控制难度大的问题，本文以青岛市官路水库输配水工程原水输水管线一标段为研究对象，结合施工组织设计文件，分析工程特点、施工条件及关键技术环节，围绕施工部署、关键线路控制、管线主体施工、质量安全管理及信息化监测等内容构建全过程技术管控体系。结合深基坑开挖支护、降排水、大口径钢管安装、焊接控制、顶管施工及沉井施工等关键工序，提出适用于原水输水管线工程的组织优化与技术管理措施。研究结果表明，完善施工组织设计与动态管控机制能够提升施工过程协调水平，降低质量安全风险，提高管线建设的稳定性和可靠性，为类似大型水利输配水工程施工管理提供参考。

关键词 施工组织设计；原水输水管线；全过程管控；钢管安装；顶管施工

中图分类号：TU990.3 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.29.035

0 引言

随着城市供水保障需求持续提升，大型水库输配水工程建设规模不断扩大，管线施工面临线路长、工序多、环境条件复杂等管理难题。施工组织设计作为工程实施的重要依据，需要结合现场条件和关键施工环节开展系统规划，实现资源配置、进度控制、质量管理及安全防护的协同优化。本文以青岛市官路水库输配水工程原水输水管线一标段为研究对象，分析施工过程中的关键技术与管控措施，为类似输水管线工程建设提供技术参考。

1 基于施工组织设计的大型输水管线工程施工总体部署与关键线路管控

1.1 施工总平面布置与临时设施规划

青岛市官路水库输配水工程原水输水管线一标段工程施工范围为桩号 0+000 ～ 6+080，线路沿线地形以冲积平原为主，施工区域跨度较大，临时设施布置需要结合管线走向、交通条件和施工工序进行统筹规划。施工现场采用分区布置方式，将项目管理区、材料堆放区、机械停放区、钢管加工区及临时道路进行合理划分，减少运输交叉对管线施工的影响。钢管及管件运输需结合道路承载能力进行组织，堆放场地设置在地势较高且排水条件良好的区域，场地硬化厚度宜控制在 150 mm～200 mm 范围内，避免雨季条件下材料沉降和变形。施工供水、供电系统按照施工高峰负荷进行配置，临时用电采用三级配电体系，重点保障焊接设备、起重设备和注浆设备运行需求。针对沿线沟槽开挖形成的长距离作业面，设置移动式值班点和临时排水设施，使施工组织能够适应不同区段连续推进要求。

1.2 施工进度计划与关键线路分析

工程计划于 2025 年 5 月 20 日开工，2026 年 12 月 31 日完工，施工周期内需围绕管沟开挖、管道安装、焊接检测、回填恢复及附属工程形成连续施工链条。关键线路控制以原水输水管线主体施工为核心，将测量放线、沟槽开挖、基础处理、钢管安装、接口焊接、压力试验和土方回填作为主要控制节点。由于管线工程具有线路长、工作面分散的特点，施工进度计划采用分段流水方式组织，将整体线路划分为若干施工区段，利用平行作业降低单一区域施工等待时间。对于深基坑开挖和顶管穿越等受环境影响较大的工序，应预留技术准备和风险处理时间，避免因地下水变化、地质条件差异或交通协调问题影响总工期。施工过程中结合月计划、周计划和日任务分解，对关键节点完成情况进行动态调整，使施工资源配置与进度目标保持匹配。

1.3 资源调配与工序衔接策略

施工资源配置围绕管线连续施工需求展开，重点协调人员、机械设备及材料供应之间的关系。钢管安

作者简介：陈雯（1990-），女，本科，助理工程师，研究方向：工程技术管理。

装阶段需配置汽车吊、运输车辆、焊接设备及检测设备，形成运输、吊装、组对、焊接和检测的连续作业流程。针对直径219 mm无缝钢管安装要求，施工现场应提前组织管材进场检验，按照规格、型号和安装区段分类存放，减少二次搬运造成的效率损失。土方施工阶段结合沟槽开挖深度和地层条件配置挖掘机、装载机及运输车辆，保证开挖、外运和回填工序衔接顺畅。施工组织中应加强不同专业之间的信息协调，避免土建施工与管道安装、设备安装及信息化施工相互干扰。对于注浆、焊接和压力试验等技术要求较高的环节，应安排专业人员实施质量控制，使各工序按照既定施工逻辑逐步转换，提升整体施工效率和工程质量[1]。

2 基于施工组织设计的大型输水管线主体工程施工关键技术

2.1 深基坑开挖支护与降排水技术

青岛市官路水库输配水工程原水输水管线一标段工程施工区域地质条件具有一定复杂性，沿线主要分布第四系全新统冲积粉质黏土、淤泥质粉质黏土以及白垩系王氏群风化岩层，地下水类型以第四系孔隙潜水为主，水位受季节影响存在波动，局部区域地下水埋深较浅。管线沟槽开挖过程中，需结合不同地层条件确定开挖方式和支护措施，避免边坡失稳影响施工安全。对于粉质黏土及淤泥质土层区域，采用分层开挖方式控制土体扰动，单层开挖厚度宜控制在1.5 m～2.0 m范围内，并根据沟槽深度设置支护结构。开挖过程中利用全站仪和水准仪进行轴线及高程复核，使管槽中心线偏差控制在设计允许范围内。针对地下水影响明显区段，采用明沟排水与集水井降水相结合的方式，在沟槽两侧设置排水沟，将渗流水汇集至集水井后利用水泵外排，降低地下水对槽底承载性能的影响。对于软弱土层区域，应重点控制机械开挖深度，预留一定厚度人工清底层，避免扰动原状土结构。施工完成后及时开展基础验收和管底高程复测，使管道安装基础满足设计要求[2]。

2.2 大口径钢管安装与焊接质量控制

青岛市官路水库输配水工程原水输水管线一标段工程主体采用钢管结构，施工资料中明确采用直径219 mm无缝钢管，壁厚12 mm，钢管安装质量直接影响输水系统长期运行可靠性。钢管进场后应依据设计要求开展外观检查、尺寸复核和材质检验，重点核查管径、壁厚、钢级以及产品合格证明文件，未经检验合格的材料不得进入安装环节。管道运输过程中采用专用吊装设备进行装卸，避免钢管产生碰撞变形。管节安装前应完成沟槽基础处理和轴线复测，根据设计中心线调整钢管位置，利用吊车或钻机辅助完成下管作业，使管体保持稳定状态。钢管连接采用对焊方式，焊接位置设置衬管，衬管长度控制为300 mm，壁厚大于10 mm，以提高接口区域受力稳定性。焊接施工前需对坡口形式、焊接材料及焊接参数进行确认，控制焊接电流和层间温度，减少焊接变形和内部缺陷。

2.3 顶管施工与沉井下沉技术要点

青岛市官路水库输配水工程原水输水管线一标段工程施工涉及穿越道路及复杂地段的顶管作业，该工序对施工精度、设备控制和地层稳定性具有较高要求。顶管施工前需根据地质勘察资料分析穿越区域土层特征，结合第四系粉质黏土及局部风化岩分布情况确定顶进参数。施工过程中应建立测量控制系统，利用导向测量设备实时校核顶管轴线和高程变化，控制顶进过程中的方向偏移。顶管机推进时，应根据土层阻力调整顶力和推进速度，避免速度过快造成管节受力集中。对于地下水较丰富区域，应加强止水结构设置，防止泥水进入工作井影响设备运行。沉井施工作为顶管作业的重要配套环节，需要重点控制井体下沉过程中的垂直度和稳定性。沉井制作阶段应按照设计尺寸完成钢筋绑扎、模板安装和混凝土浇筑，混凝土结构达到规定强度后开展下沉施工。下沉过程中采用分层挖土方式，使井壁受力均匀，减少突沉和倾斜风险。当沉井下沉至设计标高附近时，应降低挖土速度，加强井体姿态监测，利用测量数据及时调整施工措施。沉井封底施工需控制混凝土浇筑连续性，减少渗漏通道形成，为后续顶管设备安装和管道连接提供稳定施工条件。在顶管及沉井施工过程中，应结合施工监测数据建立动态调整机制，对顶力变化、井体倾斜、地下水变化和周边沉降情况进行连续记录。施工区域如出现轴线偏移或沉降异常，应及时调整顶进参数和支护措施，避免影响周边道路及地下设施安全。该类非开挖施工技术能够减少地表扰动，提高复杂环境下管线敷设能力，对保障青岛市官路水库输配水工程原水输水管线一标段工程整体施工质量具有重要作用[3]。

3 基于施工组织设计的大型输水管线工程全流程施工质量安全与监测信息化管理

3.1 全过程质量控制与验收体系

青岛市官路水库输配水工程原水输水管线一标段工程施工质量控制应围绕管线实体质量和关键工序可靠性建立全过程管理体系，将施工准备、材料进场、工序实施、隐蔽验收及竣工检查纳入统一控制流程。钢管作为输水主体结构，其质量管理重点集中于材料性能、安装精度和接口连接质量。施工单位应对进场

钢管开展规格尺寸检查、外观缺陷检测和材质证明核验，重点检查直径 219 mm 无缝钢管壁厚 12 mm 是否满足设计要求，对存在变形、锈蚀或机械损伤的管材进行分类处理。管道安装阶段应结合测量放线结果控制中心线和高程，钢管垂直度控制不大于 1/200，轴线偏差控制在 10 mm 以内。焊接完成后需开展焊缝外观检查及质量检测，对坡口处理、焊接参数、焊材使用情况进行全过程记录，形成可追溯质量档案。沟槽回填前应组织隐蔽工程验收，对基础处理、管道连接、接口防腐以及附属设施安装情况进行检查。工程验收阶段按照分部工程、单位工程逐级开展质量评价，使施工过程中的质量问题能够在对应环节及时发现和处理，提高输水管线长期运行稳定性[4]。

3.2 危险源识别与安全防护措施

青岛市官路水库输配水工程原水输水管线一标段工程施工涉及深基坑开挖、起重吊装、钢管焊接、顶管施工、沉井作业以及临时用电等多类高风险环节，施工环境具有线路长、作业面分散和交叉施工频繁等特点，需要结合施工组织设计建立全过程风险识别与安全防控体系。施工前应依据工程地质条件、施工工艺及设备运行特点开展危险源辨识，形成风险清单并明确控制措施。在深基坑开挖过程中，主要风险来源于边坡失稳、地下水渗入、基坑变形以及机械设备碰撞等问题，施工区域应根据粉质黏土、淤泥质土等地层条件设置合理支护结构和排水措施，对边坡位移、沉降变化及地下水状态进行持续检查，发现异常情况及时调整施工方案。钢管吊装阶段应重点控制吊装半径、设备承载能力和作业区域安全距离，起重设备投入使用前需检查钢丝绳、吊具、制动装置及限位系统运行状态，严格执行吊装指挥和人员避让制度，防止管节摆动、滑移造成人员伤害或设备损坏。焊接施工过程中，应针对高温作业、临时用电和火灾风险设置专门防护区域，合理布置焊机、电缆及气瓶存放位置，作业区域配备灭火器材，并加强焊接人员安全培训和防护用品检查。顶管与沉井施工属于地下空间作业，受地质条件和地下水变化影响较大，应重点加强井内通风、气体检测、照明供电以及人员进出管理，对可能出现的缺氧、有害气体聚集、井壁变形和突发涌水等风险设置预警措施。临时用电管理应按照施工现场三级配电要求实施，对配电箱、线路敷设和漏电保护装置进行定期检查，减少用电故障引发的安全事故。施工现场安全管理应结合危险源动态变化开展日常巡查和专项检查，将风险识别、隐患整改、复查验证及资料归档纳入闭环管理流程，使安全防护措施与施工进度、工序转换和现场环境变化相匹配，为青岛市官路水库输配水工程原水输水管线一标段工程安全稳定实施提供保障。

3.3 施工监测与信息化管理平台

随着输水工程施工规模扩大，传统人工巡检方式已难以满足长距离管线施工的动态管理需求，青岛市官路水库输配水工程原水输水管线一标段工程施工可结合信息化技术建立监测管理平台，实现施工状态实时掌握。平台以施工进度、质量检测、安全监控和设备运行数据为主要信息来源，将现场测量数据、材料检验记录、隐蔽工程资料以及监测信息进行集中管理。针对深基坑和顶管施工区域，可布设位移监测点、沉降监测点以及地下水观测点，利用传感设备采集基坑变形和周边环境变化数据，当监测值接近控制范围时及时调整施工措施。钢管安装阶段可将焊缝检测结果、安装坐标和施工影像资料录入管理系统，形成工程质量电子档案。施工进度管理模块可结合计划节点和现场完成量进行比对，对管沟开挖、钢管安装、回填恢复等关键任务进行动态跟踪。信息化平台还能够实现项目管理人员、施工班组和监理单位之间的数据共享，提高现场决策效率，使施工组织设计中的进度控制、质量管理和安全要求落实到具体施工环节[5]。

4 结束语

青岛市官路水库输配水工程原水输水管线一标段工程施工过程具有线路长、工序复杂和协调要求高等特点，施工组织设计对资源配置、关键线路控制及技术实施具有重要指导作用。本文结合工程实际，围绕深基坑开挖支护、大口径钢管安装焊接、顶管施工与沉井下沉等关键环节，构建了涵盖质量、安全和信息化管理的全过程管控体系。实践表明，科学的施工部署与动态监测机制能够提升工程建设效率，降低施工风险，可为类似大型输水管线工程技术管理提供参考。

参考文献：

[1] 邓伟成. 大直径输水钢管安装技术分析[J]. 水上安全，2024(21):181-183.
[2] 江谊园，程雪如. 抽水蓄能电站超长斜井钢管安装与混凝土施工技术[J]. 电力勘测设计，2022(09):64-67,88.
[3] 蒲晓斌. 输水管道工程钢管安装施工技术探讨[J]. 建材发展导向，2022,20(16):154-156.
[4] 高卫军，李文远. 艾坝水库工程施工组织设计实例[M]. 武汉：湖北科学技术出版社，2022.
[5] 惠康.Civil 3D 在 JK 输水管线工程施工组织设计中的应用[J]. 广西水利水电，2020(03):53-56.