

输水工程中的球墨铸铁管道安装技术要点分析

——以济源市城市水生态综合治理工程为例

张家豪

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450001

【摘要】：济源市城市水生态综合治理工程输水管道明埋段采用 K8 级 DN1600 球墨铸铁管，总长 5.26km。本文结合工程实际，系统梳理该管道安装技术要点，涵盖安装前准备（管沟处理、管材检验、设备材料准备）、粗砂垫层铺设、核心安装工艺（吊装、橡胶圈安装、对接、固定）、特殊部位（穿越河流、与阀门连接）处理及质量控制与验收等环节，强调关键操作规范，为同类输水工程的球墨铸铁管道施工提供技术参考，以保障工程安全稳定运行。

【关键词】：球墨铸铁管道；输水工程；安装技术；济源市；质量控制

DOI:10.12417/2811-0528.25.20.003

引言

济源市城市水生态综合治理工程通过提水泵站及输水管道循环利用河道基流，对改善区域水生态意义重大。其中 5.26km 明埋段采用的 K8 级 DN1600 球墨铸铁管，因强度高、韧性好、耐腐蚀成为输水工程优选，但安装质量直接影响工程寿命与安全性。鉴于此，本文基于该工程施工组织设计，从前期准备到竣工验收，详细阐述球墨铸铁管道安装全流程技术要点，旨在为施工实践提供实操指导，推动输水工程安装技术规范化的。

1 工程概况

1.1 管道设计参数

本工程明埋段采用 K8 级 DN1600 球墨铸铁管，单节长度 6m-9m，重量 5t；管道埋置深度 1.2m-4m，其中河道内埋深 2m-4m，管槽开挖底宽 4m；接口形式为柔性接口，采用三元乙丙橡胶圈密封，接口处设密封胶圈止水；基础处理方面，管道底部 120°范围内设 30cm 厚粗砂垫层，管底粗砂垫层厚 20cm。输水管道沿线共设置建筑物 74 座，包括排气阀门井 20 座、排水检修阀门井 2 座、控制阀门井 1 座、分水口阀门井 2 座、分水口流量计阀门井 2 座、镇墩 46 座，这些建筑物与管道安装紧密配合，需在施工中同步协调。

1.2 施工环境特征

管道沿蟒河、溱河右岸滩地铺设，途经织城、玉泉、沁园、天坛、济水、思礼及承留镇等村镇，部分段落穿越河道及不良地质区。施工区域地下水位较高，勘察期间地下水埋深 1.2~8.8m，水位高程 128.72~162.60m，与河水关系密切，随河水涨落变化，需提前采取管井降水措施，将地下水位降至管底以下 0.5m。管槽开挖涉及的土层主要为②低液限粘土（可塑为

主，局部软塑）和②1 级配不良砾（松散状），其中低液限粘土地层在开挖过程中易扰动，需控制开挖坡度（综合坡比 1:1），必要时设马道（宽度 2.0m）；级配不良砾层承载力较高，但需防止边坡坍塌，施工中需做好防排水工作。

2 安装前准备工作

2.1 管沟检查与处理

首先进行管沟验收，检查管沟底高程、平整度及直顺度，确保土弧基础符合设计要求，同时开挖接口工作坑，其长度为承口前 20cm、承口后承口长度加 20cm，深度 50cm，为接口操作提供足够空间。基底处理需根据地质情况采取针对性措施：若基底为软塑低液限粘土，采用换填或碎石挤淤处理，避免扰动导致承载力不足；若为级配不良砾层，可直接作为持力层，但严禁开挖过程中扰动原状土，必要时采用轻型井点降水辅助开挖。

2.2 管道及配件检验

对进场的球墨铸铁管道及配件由专职人员进行检查并做好记录：外观检查需保证内外壁平滑，无露筋、空鼓、蜂窝、脱皮、开裂等缺陷，管端无严重碰伤和掉角，承插口的内外径及椭圆度满足设计要求；核对管道的长度、管径、工作压力、允许覆土深度及合格证明，确保与出厂合格证书一致。橡胶圈进场验收需检查生产合格证明和出厂检验报告，确保橡胶圈表面细致无气孔、断裂、重皮、接缝扭曲和老化等劣质现象，规格与承口、插口匹配。

2.3 设备与材料准备

吊装设备根据管道重量及施工条件选用，常规段采用 50t 汽车吊，济钢段等不良地质区域或复杂地形采用 100t 履带吊，

履带吊对道路标准要求低，行走适应性强；吊具采用专用柔性吊具，避免吊装过程中损伤管道。辅助材料方面，准备植物性润滑剂（严禁使用油基润滑剂，以防腐蚀橡胶圈）、密封胶、粗砂（垫层用）等，其中粗砂需符合级配要求，含泥量 $\leq 5\%$ ，铺设前需过筛处理，去除杂质及大于5mm的颗粒。

3 粗砂垫层铺设技术

3.1 材料要求

采用中粗砂，粒径0.5-2mm，不含杂质、有机物及大于5mm的颗粒，铺设前必须经过过筛处理，以确保砂料颗粒均匀，满足垫层的承载要求。砂料的级配需符合设计规范，含泥量不得超过5%，避免因杂质过多影响垫层的压实效果和稳定性。

3.2 铺设工艺

砂料由自卸汽车直接运输至施工现场，沿管沟边缘路边堆放，再由人工配合装载机将砂料卸至管沟底部。铺设时严格按照设计厚度进行平铺，其中管底部分厚度为20cm，管道底部120°有效支撑角范围内需额外增加10cm厚度，确保管道受力均匀。铺设完成后，采用平板振捣器进行往复振捣，振捣次数以砂垫层干密度达到 $\geq 1.56\text{t/m}^3$ 为准，有效支撑角范围内的压实度需 $\geq 95\%$ 。待管道对接完毕后，针对管底两侧腋角处的粗砂，需采用人工捣实工具进行再次补夯，确保该区域压实度达到90%，防止管道因底部受力不均产生沉降。

3.3 注意事项

施工前必须先进行验槽，将管沟内的浮土、杂物彻底清理干净，并对基底进行平整处理，确保边坡稳定，避免施工过程中发生坍塌。分段施工时，相邻两段的接头处应做成斜坡，斜坡长度错开0.5-1.0m，且接头部位需充分捣实，防止出现沉降缝。施工过程中，需按规定设置干密度检查点，定期测定砂垫层的干密度，确保压实质量符合要求。铺筑垫层前，应根据砂料的干湿程度和现场气候条件适当洒水，使砂料保持最佳含水量（8-12%），以提高压实效率和效果。铺设过程中严禁混入石块、砖块等硬物，避免管道安装后因局部受力过大导致管壁损伤。

4 管道安装核心工艺

4.1 吊装作业

吊车沿管沟边缘布置，机身距沟边不得小于1m，防止因吊车荷载过大导致槽壁坍塌。吊装前需检查吊具的强度和完整性，确保其符合吊装要求；管道两端需系好牵引绳，由专人控制管道方向，避免吊装过程中碰撞沟壁或其他物体。吊装采用双点起吊法，吊点设置在距管端1/4处，确保管道受力平衡；起吊时缓慢操作，将管道平稳放入管沟，使其准确落座于砂垫

层上，避免因冲击导致基底扰动或管道自身损伤。吊装过程中，沟底不得有人员停留，确保施工安全。

4.2 橡胶圈安装

安装前，用干净抹布彻底清除承口内侧、插口外侧及橡胶圈表面的灰尘、杂物，确保密封面清洁无污物。在插口凹槽、承口内壁及橡胶圈表面均匀涂抹植物性润滑剂（严禁使用油基润滑剂，以防腐蚀橡胶圈）。将橡胶圈套入插口凹槽时，需用钢棒绕接口一周轻轻压实，使胶圈均匀贴合凹槽，确保无扭曲、翻转现象，保证密封面充分接触，为后续接口密封提供可靠保障。

4.3 管道对接

采用手扳葫芦外拉法进行管道对接，首先将待装管的插口与已安装管的承口精准对中，确保插口正对承口，圆周间隙均匀，偏差不得超过5mm。对接过程中，缓慢拉动葫芦，使插口逐步平稳进入承口，插入速度严格控制在 $\leq 0.5\text{m/min}$ ，避免因速度过快导致橡胶圈移位或接口损伤。插入过程中，管内作业人员需用专用挡块控制两管之间的安装间隙，使其保持在20-30mm范围内，同时注意避免承插口环发生碰撞，防止管口变形。安装完成后，立即用钢制测隙规检查密封橡胶圈是否完全嵌入承口凹槽，确认接口间隙符合规范要求（5-25mm），且无橡胶圈外露或凸起现象，确保接口密封性能可靠，无渗漏风险。

4.4 管道固定

管道就位并精准安装完成后，需立即对管道底部两侧腋角采用中粗砂进行回填，回填过程中用手持夯实器具逐层夯实，确保该区域压实度 $\geq 95\%$ ，使管道底部与砂垫层紧密结合，固定稳固，防止管道在后续施工中发生位移。为进一步增强管道稳定性，直线段每10m设置一个临时支墩，转弯处需增设固定支墩，支墩采用C25混凝土浇筑，混凝土浇筑过程中需振捣密实，确保强度达标。临时支墩及固定支墩需与管道紧密接触，起到有效支撑作用。待混凝土强度达到设计强度的75%后，方可拆除临时支撑，避免因过早拆除导致管道受力不均而产生偏移，确保管道在回填及运行过程中的结构稳定性。

5 特殊部位安装处理

5.1 穿越小型河流段

管道穿越小型河流段施工安排在非汛期（11月至次年4月），此阶段河流水量较小，便于施工组织。施工前需先完成河道导流及围堰施工：沿河道一侧开挖临时导流明渠，采用梯形断面，底宽2.0m、深1.5m，边坡1:1.5，槽内铺设防水彩条布防渗，确保水流顺利导流至明渠，不影响管道施工区域。在

管道两侧填筑临时围堰,堰顶宽3.5m、高1.5m,迎水坡及背水坡坡比均为1:1.5,迎水坡表面铺设0.5-1.0m编织袋粘土,并深入河底0.5m,形成稳固的挡水结构,确保管道施工处于干地作业条件。管道安装完成后,需立即回填至管顶1.5m,采用2t振动碾分层压实,每层厚度 $\leq 30\text{cm}$,压实度 $\geq 90\%$,以增强管道周边土体的稳定性;接口处增设钢套环,采用两道止水密封,有效防止河水渗漏,避免汛期管道因浮力作用发生漂浮,保障管道安全。

5.2 与阀件连接

阀门两端采用柔性接口连接,安装时需确保法兰平行,偏差 $\leq 1\text{mm/m}$,避免因法兰倾斜导致接口受力不均;螺栓采用对称紧固方式,外露丝扣保持2-3扣,确保连接紧密且受力均匀,减少接口渗漏风险。阀件与管道连接前,必须检查阀件密封面平整度,清除表面杂物后均匀涂抹密封胶,进一步提升密封性能;阀门安装方向应与介质流向一致,且阀件重心需与管道中心线重合,确保运行时受力平衡,避免因受力偏移对接口造成额外压力,保障阀件与管道连接的长期可靠性。

6 质量控制与验收

6.1 安装偏差

管道安装偏差需严格控制在规范范围内:高程允许偏差 $\pm 30\text{mm}$,水平轴线允许偏差 $\leq 30\text{mm}$,接口间隙5-25mm,管道垂直度 $\leq 1\%$ 管长。施工过程中,采用全站仪和水准仪进行实时监测,每安装5节管道即进行一次复核,一旦发现偏差及时调整,确保管道线性、高程及接口间隙符合设计要求,避免因累积偏差影响整体输水系统的稳定性和密封性。

6.2 接口密封检验

接口安装完成后,必须进行压力测试:分段注水至

0.2-0.3MPa,稳压30min,密切观察接口是否有渗漏现象,无渗漏则判定为合格。若发现渗漏,需重新调整橡胶圈位置,补涂密封胶后再次测试,直至合格,确保接口密封性能完全满足运行要求,杜绝输水过程中出现滴漏问题,保障输水效率。

6.3 工序验收

每安装35节管道(约210m)后,需组织监理单位进行中间验收。验收内容全面涵盖:管沟尺寸是否符合设计要求,确保开挖宽度、深度达标;砂垫层压实度是否达到标准,特别是有效支撑角范围压实度 $\geq 95\%$,保障管道基础承载能力;管道安装偏差是否在允许范围内,包括高程、轴线、垂直度等;接口质量是否合格,检查无渗漏、橡胶圈位置正确等。验收过程需形成详细书面记录,由施工单位、监理单位等参与方签字确认,验收合格后方可进行后续施工;若存在问题,必须按要求整改并重新验收,直至完全符合标准,通过严格的工序验收把控每一段管道的施工质量,为整个输水工程的安全稳定运行奠定坚实基础。

7 结语

总之,济源市城市水生态综合治理工程中,球墨铸铁管道的安装质量直接关系到输水系统的安全稳定运行。通过严格执行安装前的管沟检查与材料检验、规范粗砂垫层铺设工艺、精准把控管道吊装与对接流程、针对性处理特殊部位安装难点,并强化质量控制与验收环节,可有效保障管道安装质量。本工程的实践表明,遵循上述技术要点,能显著提高管道的抗渗性、稳定性和耐久性,为同类输水工程中球墨铸铁管道的安装提供了切实可行的技术参考,对推动输水工程施工技术的规范化、标准化具有重要意义。

参考文献:

- [1] 刘哲.水利工程球墨铸铁管安装的质量控制[J].河北水利,2022,(12):37-38.
- [2] 乔永梅,赵健.球墨铸铁管在水利工程中的应用[J].江西建材,2022,(08):298-299+302.
- [3] 陈斌,卢瑞斌,柴超杰,耿盼涛,郑建平.球墨铸铁管管道安装常见质量问题与控制措施[J].住宅与房地产,2022,(13):143-145.
- [4] 赵晓芳.大口径球墨铸铁管在南水北调配套工程中的应用[J].特种结构,2021,38(05):103-105.
- [5] 孙文慧,陈爽,相国.缩短大口径球墨铸铁管承插安装时间探析[J].山东水利,2021,(02):36-37.