

长距离输水管道施工技术探析

杨凤军

中国电建市政建设集团有限公司 天津市 300392

DOI:10.12238/ems.v7i9.15253

[摘要] 长距离输水管道的施工质量直接关系到整个工程系统能否安全稳定运行。本文以实际输水管道项目为研究对象,结合沟槽开挖、管道铺设、接口承接、压力测试以及沟槽回填等关键施工环节的技术规范,系统分析了各工序中的质量控制要点。通过总结该项目在施工过程中的具体做法与经验,提出了切实可行的质量管理措施,旨在为今后类似的大规模远距离输水工程提供技术借鉴和实践指导。

[关键词] 长距离; 输水管道; 施工技术

1. 工程概况

该项目位于巴基斯坦信德省,是一项重要的基础设施建设工程,旨在改善当地供水条件并提升居民生活质量。整个项目主要包括30公里供水管线的施工,涵盖了管道沟槽的开挖、回填以及直径为1.4米的玻璃钢管的铺设工作。玻璃钢管因其耐腐蚀性强、使用寿命长、水力性能优越等特点,被广泛应用于现代化供水系统中,能够有效保障输水过程的安全与稳定。

此外,工程还包括建设68座阀井,并在每座阀井内完成各类管件、阀门及伸缩节的安装作业。这些设施对于管网系统的日常运行和维护至关重要,可以实现对水流方向、压力和流量的有效控制,同时便于后期检修和故障排查。

作为一项综合性水利工程,该项目不仅有助于缓解当地水资源调配紧张的局面,还将在推动区域经济发展、改善民生环境方面发挥积极作用。

2. 施工难点

(1) 材料标准严格:在本项目中,供水管线采用直径为1.4米的玻璃钢管,这种大口径管道对材料性能提出了更高的要求。玻璃钢管不仅需要具备良好的耐腐蚀性以适应巴基斯坦信德省部分地区复杂的地下水环境,还需具有足够的结构强度和刚度,以承受施工过程中的外部荷载及长期运行中的内部水压。此外,由于运输条件限制,现场对管材的拼装精度和接口密封性也提出了更高标准。

(2) 地质环境多样:项目沿线地形地貌较为复杂,穿越区域包括松散砂土层、软弱黏土层等不同地质条件。在砂土地段,存在塌方风险,需采取支护措施;在黏土地段,容易出现管涌或隆起现象;这对施工工艺的选择和设备配置带来了较大挑战。同时,不同地质条件下顶管推进的阻力差异显著,增加了施工控制的难度。

(3) 施工组织难度大:整个工程线路长达30公里,涉及多个施工标段的协调配合。特别是在阀井建设与管道铺设同步推进过程中,如何合理安排工序衔接、优化资源配置成为关键问题。此外,由于管道埋设深度较大,沟槽开挖和回填作业需采用专业机械设备,并确保回填密实度满足设计要求,以防止地面沉降影响管道安全运行。

(4) 气候与环境因素制约:信德省属于热带干旱气候,常年高温少雨,夏季极端气温可达50℃以上,这对施工人员的身体健康和设备正常运转构成一定影响。同时,部分施工区域植被稀少、风沙频繁,易造成施工现场扬尘污染,需采取有效的环境保护和防尘降噪措施,确保施工活动符合当地环保要求。

3 长距离输水管道施工技术

3.1 管槽开挖

3.1.1 开挖准备

在正式开展管槽开挖前,需完成一系列前期准备工作,为后续施工奠定基础。首先,组织技术人员对施工现场进行详细勘察,掌握沿线地形地貌、地下管线分布以及水文地质情况,确保开挖方案科学合理。其次,依据设计文件进行测量放线,明确管槽中心线、边坡线及开挖深度控制点,并设置明显的标识,防止施工中出现偏移或偏差。此外,根据项目所在地信德省的气候特点,在雨季来临前制定排水和防洪预案,避免因雨水浸泡影响沟槽稳定性。

3.1.2 开挖验收

在进场验收时,应重点观察基础面是否存在扰动现象,并对开挖形成的基础平面及边线进行实地测量与核查。若发现实际岩土性质与前期勘察报告存在差异,或出现其他地质异常情况,应及时研究并制定相应的处理方案。

当因排水不畅导致地基土发生扰动时,根据不同深度采

取相应的处理措施:若扰动深度在10cm以内,建议采用砂石或砾石进行回填处理;若扰动深度达到30cm,但下部基础层较为坚固,可选用卵石或块石作为填充材料,并以砾石填充其间隙并平整表面。所有处理措施应确保不影响原设计中基础垫层的厚度要求,对于涉及较大范围或结构安全的重要处理方案,必须按照规定程序报批后方可实施。

3.2 基底准备

3.2.1 沟槽基底

沟槽基底的宽度及高程应按照设计要求,与设计保持一致;施工过程中,作业人员可依据木桩顶部标高对基底表面进行人工整平,确保沟底的平整度和设计高程的准确性。

3.2.2 砂垫层回填

砂垫层回填时,虚铺厚度应略大于设计要求的压实厚度。初步整平后,采用平面振动夯进行振动压实,振动次数不少于三遍。在拖动振捣器作业时,应保证相邻两次振捣轨迹之间有约三分之一的重叠,以确保整体压实均匀。完成振实后,按照规范要求使用环刀法或灌砂法取样,对砂垫层的密实度进行检测,以验证是否达到设计标准。

3.3 管道安装

3.3.1 管道检查及就位

在进行安装前,应对每根进场玻璃钢管进行全面检查,重点核查管体是否存在裂纹、分层、鼓包、端部破损等缺陷,并核对其规格尺寸是否符合设计要求。同时,应检查管材两端承插口的几何形状是否完整,确保无变形或毛刺影响接口连接。确认合格后,将管道吊运至沟槽上方并平稳放置于已验收的基础垫层上。

3.3.2 管道安装

使用25T履带吊或汽车吊进行管道吊装,管道应缓慢下放到管沟内的垫层上。当管道在沟槽内提升和降低时,现场安装人员应指挥吊车以确保管道被放置在靠近前一根已安装管道的位置。如下图1所示:



图1 管道吊装

对接是玻璃钢管安装的关键环节,直接影响接口密封效果和整体管道的稳定性。对接前应再次确认两节管道的轴线是否对齐,防止出现偏斜或错口现象。采用专用拉紧工具或液压千斤顶缓慢推进插口进入承口,直至达到规定的插入深度标志线。

操作过程中应保持匀速施力,避免因冲击力过大导致接口损伤或橡胶圈移位。完成对接后,应检查橡胶圈是否仍处于凹槽内并保持良好压缩状态,确保接口密封可靠。

管道安装的套筒接头对角度具有一定的偏转适应性,当安装的管道位于管线的平曲线或者竖曲线段落时,管道自身可通过套筒接头的角度偏转来适应平曲线或竖曲线,而不需要使用额外的弯头。管道与套筒接头最大允许偏转角值为 1° ,安装时可根据安装上下线限制线为参照线,确定偏转度。

3.3.3 法兰连接

对口的玻璃钢法兰一般是平面法兰或凸面法兰,法兰间连接要加弹性橡胶垫片。建议垫片邵氏硬度为60-70°,厚度5mm,所有紧固螺栓应加垫圈。

DN600mm以上的大口径法兰还可以采用一侧平面法兰,一侧为带凹槽的开槽法兰,凹槽内放置O型密封圈作为密封材料。该结构具有易于密封材料定位、O型密封圈压缩比大、回弹性好且具有自密封结构的特点,密封可靠,需要较小的螺栓预紧力,法兰应力较小。特别适合于钢法兰与玻璃钢法兰的连接,钢法兰为平面法兰。

3.3.4 现场平端对接

由于受制作和安装精度的限制,有些情况下,要求在施工现场把标准长度的玻璃钢管和管件切成所需长度的短管和附件,在进行管道修理时也会遇到类似的情况。在这种情况下,平端对接是一种最佳选择,有时是唯一可行的选择。

玻璃钢夹砂管道可以随时在现场用带有金刚石砂轮片的角向磨光机切断。现场糊口,需专门的设计。

现场糊口操作步骤:

(1) 材料

所用材料由安装单位根据工况和介质条件等提供的材料清单自行采购,也可由生产厂家提供。

(2) 原材料准备

按工艺单上的种类和数量,准备好原材料。布和短切毡应根据产品的规格尺寸,提前裁剪好。有锁边的布应将锁边剪掉,短切毡的边口用手撕毛。以上原材料须检测合格的,方可使用。如有需要更换的材料或变动铺层,需经有关工艺

员书面认可,方可变动。

(3) 切割打磨

根据图纸,找出需对接的管道,并检查规格、长度、压力等级与设计要求是否相符。在需切割处用记号笔划好切割线,用装有金刚石锯片的角向磨光机将需胶接的部位切开,切口应平整,切割尺寸误差不大于2mm。

根据对接宽度将需对接的地方用装有软片砂轮的角向磨光机进行打磨,切口应磨到内衬层。

(4) 对接定位

将合适尺寸的短管放置于两管线中间位置,对正找平,使中间的缝隙尽可能的小。应控制对接管道外壁间偏差不大于0.5倍的壁厚,中间的缝隙不大于25mm,如超差应采取补救措施。在打磨好的管头处,用配好料的树脂与玻纤进行定点定位。

(5) 配胶

树脂配方由生产厂家提供,在配制前,安装者应根据当时的气温条件进行凝胶试验,确定树脂与固化剂、促进剂的配比。凝胶时间以25~45分钟为宜,以整个工序操作完成后30~60分钟固化为好。配制时,应先用秤或量杯准确量取树脂并加入促进剂(红料),搅拌均匀后再加入固化剂(白料)。为防止未操作完,树脂提前固化,可分多次配制。应当注意:严禁将固化剂与促进剂直接混合,否则,将发生燃烧,甚至爆炸。固化剂与促进剂在运输、贮存及搬运时,也应有效隔离,并通风、避光,否则也易发生火灾事故。

(6) 封口

在接缝处,刷上配好料的树脂,铺上表面毡,铺放短切毡。短切毡,应铺满整个搭接面,应用毛刷和辊轮,使之浸润充分、滚压平整、无气泡和皱纹。

(7) 糊制

待封口固化后,检查封口质量,有无气泡、裂纹等缺陷。如有,则需打磨修复。用打磨机将对接面打毛,将整个对接面刷上一层胶。根据工艺单上规定的搭接宽度和铺层顺序铺放短切毡和玻纤布(注:不能连续铺两层玻纤布),每缠一层,用毛刷蘸上树脂,使之浸透,用辊轮滚压,赶尽气泡并抹平,不得留有皱纹、未浸润等不良情况。糊制时,对接口两边应平整整齐。

3.3.5 接口单口水压试验

为验证每一接口的密封性能,在完成对接后需立即进行单口水压试验。试验前应在接口两侧设置临时封堵装置,并接入试压泵系统。加压过程应分级进行,每级稳压时间不少

于5分钟,观察是否有渗漏或异常变形。

试验压力一般为设计工作压力的1.5倍,持续保压时间不少于30分钟。若接口无渗水、无明显压降,则判定为合格。试验结果应详细记录,并由监理单位现场确认签字,作为隐蔽工程验收的重要依据。

3.4 沟槽回填

在回填施工前,应确认管道安装及接口检测已完成并通过验收,特别是接口单口水压试验合格后方可进行回填作业。同时,应对沟槽内的积水、淤泥、垃圾等杂物进行彻底清理,确保槽底干净无杂物堆积,为后续回填提供良好的基础条件。

沟槽回填通常采用分层回填、分层压实的方式进行。根据设计要求,靠近管道两侧及管顶一定范围(一般为50cm以内)应优先选用细粒土或砂砾等透水性较好的材料进行人工回填,避免使用大块石料或重型机械直接碾压造成管道损伤。每层回填厚度控制在20~30cm之间,并采用轻型夯实设备或人工夯实工具进行压实,确保达到规定的密实度要求。

对于管顶以上部分的回填,可根据现场地质条件和设计要求选用合适的回填材料,如原状土、砂性土或改良土等。该区域可采用小型压路机或振动夯进行机械压实,但应避免过快加载或一次性回填过厚,以防对管道产生不均匀压力或局部应力集中。

在特殊地段,如软土地基、高地下水水位区域或穿越道路段,应根据专项施工方案采取相应的加固措施。例如,可在回填过程中设置排水盲沟以降低地下水影响,或采用换填砂石、加设土工格栅等方式增强地基稳定性,提高整体回填效果。

4 结语

总之,长距离管道工程在安装过程中,质量控制难度相对较大,尤其对基础处理和接口施工的精度要求较高。因此,必须严格执行安装工序管理,落实施工技术交底制度,强化各环节的过程监管与验收标准。只有通过科学规范的施工管理和质量控制措施,才能有效确保长距离管道系统的安全稳定运行,降低后期维护和修复成本。

[参考文献]

- [1] 邹德征. 长距离、大直径顶管在输水管线中的施工技术研究[J]. 建筑机械, 2024, (12): 149-154+6.
- [2] 刘宗余, 何思源, 何志军, 等. 数字孪生技术在大口径长距离输水管线施工管理中的应用[J]. 中国水利, 2023, (02): 43-47.