

# 钢丝网增强聚乙烯复合管施工质量控制要点分析与实践

## ——以达川区水源及供水保障工程为例

王云平

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**【摘要】**：本文以达川区水源及供水保障工程为背景，针对钢丝网增强聚乙烯复合管施工中的核心质量风险点展开研究。首先概述了工程概况及主要质量隐患，进而重点分析了包括材料验收、电熔连接、沟槽回填等在内的多个关键质量控制要点，深入探讨了其控制标准、技术方法及理论依据。

**【关键词】**：钢丝网增强聚乙烯复合管；质量控制要点；电熔连接；给水工程

DOI:10.12417/2811-0528.26.06.071

### 1 引言

#### 1.1 研究背景

达川区作为达州市核心城区，随着城镇化进程加快，现有供水系统已难以满足居民生活、工业生产及城市发展需求。本工程作为当地重要民生项目，总投资约5.2亿元，建成后将实现日供水能力提升至25万立方米，覆盖12个街道乡镇，彻底解决区域供水不足、水压不稳等问题。

#### 1.2 问题提出

管道的施工质量直接决定供水系统的安全稳定性，其中接口质量更是关键中的关键。据行业统计数据约80%的钢丝网增强聚乙烯复合管道漏水事故源于接口连接缺陷，如虚焊、脱焊等问题。本工程管线全长108km，涉及接口数量超1.2万个，且沿线地形复杂，涵盖山地、河谷、市政道路等多种场景，施工环境温度跨度达-5℃至38℃，进一步增加了接口质量控制难度。若接口质量不达标，不仅会导致水资源浪费、供水压力下降，还可能引发路面塌陷、环境污染等次生灾害，因此亟须对钢丝网增强聚乙烯复合管道施工质量控制要点进行系统研究，构建科学可行的质量管控体系。

#### 1.3 研究思路与方法

本文采用“识别要点—理论分析—实践验证”的研究路径，结合达川区水源及供水保障工程实例展开论述。首先通过文献研究、行业规范梳理及工程经验总结，识别钢丝网增强聚乙烯复合管道施工中的核心质量风险点；其次从材料特性、施工工艺原理等角度，对各控制要点进行理论分析，明确控制标准与技术要求；最后将理论应用于工程实践，通过现场试验、数据监测、效果验证等方式，检验质量控制措施的有效性，形成可复制、可推广的质量控制方案。研究过程中，主要采用现场观察法、数据统计法、对比分析法等，确保研究结论的科学性与

实用性。

### 2 工程概况及质量控制要点识别

#### 2.1 达川区水源及供水保障工程简介

达川区水源及供水保障工程主要由取水头部、输水管道、净水厂及配水管网四部分组成，其中输水主管道全长108km，管径范围为DN200-DN1200，设计工作压力1.6MPa至2.6MPa。本工程分别在石峡子水库、巴河取水，沿线需穿越巴河、达成铁路、G65包茂高速，及多条市政道路，地形地貌复杂，施工条件差异大。复杂的施工环境对钢丝网增强聚乙烯复合管道的材料质量、连接工艺提出了更高要求。

#### 2.2 钢丝网增强聚乙烯复合管施工核心质量要点识别

基于《钢丝网骨架塑料（聚乙烯）复合管》、《给水排水管道工程施工及验收规范》等行业标准，结合本工程特点及前期调研结果，通过“风险矩阵法”对钢丝网增强聚乙烯复合管道施工全过程进行质量风险评估，最终识别出两大核心质量控制要点：

一是材料与设备基础控制：材料与设备是工程质量的“源头”，钢丝网增强聚乙烯复合管道的管材壁厚、钢丝网密度、聚乙烯原料纯度，以及电熔焊机的参数精度，直接影响后续施工质量。若管材存在壁厚不均、钢丝网漏焊等问题，或焊机参数偏差，即使后续工艺规范，也难以保证管道整体性能。

二是电熔连接过程控制：电熔连接是钢丝网增强聚乙烯复合管道施工的关键工序，其质量直接决定接口强度与密封性。本工程接口数量多、施工环境复杂，氧化层处理、焊接参数设定、冷却过程等环节易出现偏差，导致接口熔合不充分，成为质量风险最高的环节。

### 3 质量控制要点一：材料与设备基础控制

#### 3.1 控制要点分析

材料与设备质量是保障钢丝网增强聚乙烯复合管道施工质量的前提。从材料特性来看，钢丝网增强聚乙烯复合管道由内层聚乙烯、钢丝网骨架、外层聚乙烯组成，若内层 PE 原料纯度不足，会导致管道耐冲击性能下降；钢丝网密度不够或焊接不牢固，会影响管道抗压强度；管件的熔接面平整度偏差，会导致焊接时热量分布不均，引发接口缺陷。从设备角度来看，电熔焊机是实现接口熔合的核心设备，其输出电压、电流的稳定性直接影响焊接温度与时间控制精度。若焊机未定期校验，参数偏差超过±5%，就可能导致焊接温度过高或过低；刮削刀具磨损严重，会导致氧化层处理不彻底，影响熔接效果。因此，必须从材料验收、设备校验、储存管理三个维度，构建全链条基础控制体系。

#### 3.2 控制实践

(1) 管材管件验收：本工程建立了严格的材料验收流程，所有管材、管件均需经“外观检查、尺寸测量、资料核查”合格后方可入场，具体要求如下：

逐根检查管材表面是否存在划痕、凹陷、气泡、色差等缺陷；管件的熔接面需平整、无飞边，观察孔无堵塞。对外观不合格的材料，立即标记并退场，严禁使用。采用超声波测厚仪抽样测量管材壁厚，要求壁厚偏差符合规范规定；用激光测圆仪测量管材圆度，椭圆度≤2%；抽样比例为每批次管材≥3%，管件≥5%，若不合格则加倍抽样，仍不合格则整批退场。

要求供应商提供每批次材料的“产品合格证、出厂检测报告、PE 原料材质证明、钢丝网检测报告”，并核查报告中的生产批号、规格型号与实物一致。同时，委托第三方检测机构对进场材料进行抽样检测，检测合格后方可投入使用。进场的管材 12600 米、管件 1520 个，经验收退场不合格管材 320 米、管件 28 个，验收合格率达 97.5%。

(2) 专用设备校验：本工程采用全自动电熔焊机，要求每 3 个月由具备资质的第三方机构进行一次参数校验，校验项目包括输出电压、电流、加热时间。校验合格后张贴校验标识，未校验或校验不合格的焊机严禁使用。施工过程中，每日开工前需进行空载试验，检查焊机显示屏、扫码枪、电缆线是否正常，确保参数输入准确。

采用钢丝网增强聚乙烯复合管道专用刮削刀，要求每日检查刀片磨损情况，当刀片刃口出现卷边、缺口或刮削后管材表面出现毛糙时，立即更换刀片。同时，根据管材外径选择匹配的刮削刀型号，避免因刀具不匹配导致刮削深度不均。

(3) 现场储存管理：管件需存放在防雨、防晒的库房内，储存区场地需平整、硬化，周边设置排水坡度，防止雨水浸泡；划分管材区、管件区、设备区，分区标识清晰。管材水平堆放不超过 3 层，层间用木方隔离，避免管材受压变形；焊机等设备需放置在干燥、通风的棚内，电缆线盘绕整齐，避免挤压损坏。

### 4 质量控制要点二：电熔连接过程控制

#### 4.1 控制要点分析

(1) 电熔连接原理与关键影响因素：电熔连接的核心原理是：通过电熔焊机向电熔套筒内的电阻丝通电，电阻丝发热使套筒内壁与管材外壁的 PE 材料熔化，形成熔料层，在压力作用下熔料层充分融合，冷却后形成牢固的接口。整个过程需满足“温度适宜、时间充足、压力稳定”三大条件，其中关键影响因素包括：

①氧化层隔离：钢丝网增强聚乙烯复合管材外层 PE 在生产、储存过程中，表面会形成一层氧化层，氧化层的存在会阻碍 PE 材料的熔合，导致接口出现分层、虚焊。因此，刮削氧化层是电熔连接的前提工序，必须彻底去除。②焊接参数控制：焊接参数需根据管材规格、环境温度进行精准设定。若参数过高，会导致 PE 材料过度熔化，出现碳化、收缩，降低接口强度；若参数过低，熔料层厚度不足，熔合不充分，易出现脱焊。此外，环境温度对焊接参数影响显著，当温度低于 5℃时，PE 材料熔化速度减慢，需适当延长焊接时间；当温度高于 30℃时，需缩短焊接时间，避免热量积聚。③冷却过程控制：焊接完成后，PE 熔料层需经历自然冷却过程，使分子链重新结晶排列，形成稳定的组织结构。若冷却期间受到外力干扰或采用水冷方式，会导致分子链排列紊乱，接口内部产生应力，降低接口强度与密封性。

(2) 风险分析：电熔连接过程中的常见质量风险及后果如下：

刮氧化层不彻底：残留的氧化层会在熔料层中形成“夹层”，导致接口抗拉强度下降 30%以上，在高压输水时易出现接口开裂、漏水。本工程前期试验阶段，曾因刮削不彻底导致 2 个接口在试压时漏水，经解剖发现接口内部存在明显分层。

焊接参数错误：若篡改参数，会导致熔合不充分。根据行业试验数据，当焊接时间缩短 10%时，接口的耐压能力会下降 25%，无法满足本工程 2.6MPa 的设计压力要求。

#### 4.2 控制实践

针对上述风险，本工程制定了电熔连接“六步法”标准化作

业流程,并通过培训、技术交底、旁站监督等方式,确保每道工序严格执行。具体流程如下:

**切管与清屑:**采用专用切管机确保管材轴线与切口垂直,避免斜口;切后用直角尺检查垂直度,并用手电筒检查端口内部有无碎屑。要求切管合格率100%,斜口需重新切割,长度损失控制在50mm以内。

**刮削氧化层:**使用专用外刮削刀,以“顺时针旋转推进”方式操作,保证刮削均匀且无漏刮。刮削长度需大于电熔套筒长度的1/2,厚度控制在0.2-0.3mm,完成后管材表面应呈现均匀哑光光泽。

**安装与校准:**将电熔套筒套入管材一端并保持同轴,再将另一根管材插入套筒另一端,使两管端口在套筒内对齐。使用水平尺检查管道轴线平直度,若存在弯曲需调整至合格,避免焊接后接口产生应力。

**焊接参数设定:**焊机参数须符合规范并经试验验证,由技术负责人签字确认;施工现场每2小时记录环境温度。在0°C-5°C时延长焊接时间10%-15%,-5°C-0°C时还需预热套筒。冬季施工期间累计调整参数接口320个,均通过试压验证。

**焊接过程监控:**质检员全程旁站,观察套筒表面温度及观察孔顶出情况;正常顶出应为10mm-15mm熔融PE料,无碳化。若异常则停止焊接并分析原因;焊机报警时需切断电源,检查电缆连接与套筒状况,排除故障后方可重新焊接。本工程共出现8次报警,均为电缆接触不良所致。

**自然冷却:**焊接后按管径对应时间自然冷却,期间严禁移动、敲击管道或回填,并设置警示标识。使用红外测温仪监测接口温度,待降至环境温度±5°C时方可进行后续工序。

#### 4.3 过程记录与可追溯性

为实现接口质量终身追溯,本工程建立了“一人一接口一档案”的追溯体系,采用“标段一日期一序号”的编码规则,编号喷涂在电熔套筒表面,为每个接口建立《钢丝网增强聚乙烯复合管道电熔连接质量记录表》,记录内容包括接口编号、管材管件规格型号、焊接参数、焊接人员、质检员、冷却时间、

#### 参考文献:

- [1] 王建军,李华,张硕,等.钢丝网骨架聚乙烯复合管电熔连接接头性能及质量控制研究[J].给水排水,2022,58(3):116-121.
- [2] 张雷,刘强,周水兵.复杂地质条件下PSP管道敷设关键技术及应用[J].中国给水排水,2020,36(15):90-94.
- [3] 赵宇,陈浩.基于某大型引水工程的复合管道质量控制体系构建[J].水利水电技术,2019,50(S2):210-213.
- [4] 刘强,孙志伟,杨海涛.PSP钢塑复合压力管在长距离输水工程中的应用关键技术[J].中国给水排水,2021,37(11):85-89.
- [5] 赵林,周超.市政给水工程中钢丝网聚乙烯复合管施工工艺质量控制[J].工程技术研究,2020,5(10):142-143.

观察孔顶出情况等,同时拍摄焊接前、焊接中、焊接后的照片,存入档案。

所有记录表格经现场人员签字确认后,每日汇总至项目部质量技术部,采用电子文档与纸质档案双备份方式存储,便于后期查阅与质量追溯。本工程累计将形成接口质量档案12180份,为后续竣工验收与运维管理提供了完整的数据支撑。

## 5 质量效果验证与综合评价

本工程采用破坏性检验与水压试验相结合的方式,全面验证管道施工质量。按每100个接口抽样1个的标准,累计抽检122个接口,合格率达99.2%。其中仅发现1例因焊接时间不足导致的熔合缺陷,经返工后复检合格。管道全线划分54个试验段进行水压试验,所有试验段均一次性通过,强度试验压力降最大为0.015MPa,严密性试验渗漏量优于规范要求,系统整体表现良好。

通过全过程质量控制,本项目实现了全部试验段一次性试压成功,有效避免了返工成本。在后续试运行期间,管道系统运行稳定,未出现渗漏或变形问题。

本工程的实践成果不仅保障了管道的长期可靠运行,也为同类工程提供了有价值的实践经验,对推动相关施工技术的规范化应用具有积极意义。

## 6 结语

本文结合达川区水源及供水保障工程实践,系统分析了钢丝网增强聚乙烯复合管道的施工质量控制要点。研究与实践表明,确保工程质量的关键在于两大核心环节:一是严格把控材料验收与设备校验这一“源头”,通过标准化流程杜绝先天缺陷;二是精准管控电熔连接这一“核心”,通过“六步法”标准化作业与全过程监督,确保接口质量可靠。本工程已完成51.32km管道全线试压一次成功的实践,验证了上述控制要点的有效性。所形成的一套集过程控制、质量追溯与效果验证于一体的管理方案,为同类工程提供了经过实践检验、具备高可操作性的质量控制范例,对提升行业施工质量水平具有积极的推广价值。