

探究管道工程生产方法—以李家岩水库输水管道工程为例

何 飞

中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 彭山 620860

[摘要] 文章结合李家岩水库输水管道工程实际情况, 从结构特点、生产重难点、生产工艺和生产方法几个方面介绍了 PCCP 管道的应用, 希望为类似工程提供经验参考, 为现场生产管理提供新思路。

[关键词] 水库; 输水管道; PCCP; 生产工艺; 生产技术

DOI: 10.33142/hst.v4i6.4864

中图分类号: P55;TU9

文献标识码: A

Exploration on the Production Method of Pipeline Engineering -- Taking the Water Transmission Pipeline Project of Lijiayan Reservoir as an Example

HE Fei

Sinohydro Engineering Bureau 7 Co., Ltd., Pengshan, Sichuan, 620860, China

Abstract: Combined with the actual situation of water transmission pipeline project of Lijiayan reservoir, this paper introduces the application of PCCP pipeline from the aspects of structural characteristics, production difficulties, production technology and production methods, hoping to provide experience reference for similar projects and provide new ideas for on-site production management.

Keywords: reservoir; water pipeline; PCCP; production process; production technology

输水管道是水利工程的重要组成部分, 近年来随着水利工程项目增多, 如何选择管道材质成为一个关注要点。PCCP 是预应力钢筒混凝土管 (Prestressed Concrete Cylinder Pipe), 因强度高、密封性好, 抗压和耐腐蚀性强, 成为长距离、深覆土、大口径输水管道工程的首选管材, 在市政、农业、工业等领域均有广泛应用^[1]。以下结合笔者工作实践, 阐述了 PCCP 管道的生产施工技术。

1 李家岩水库输水管道工程概况

李家岩水库是国家重大工程项目, 也是成都市重要的第二个水源工程, 其开发任务是以城乡供水为主, 并为城市提供应急备用水源, 兼顾灌溉、发电等综合利用。李家岩输水工程内容由取水设施、输水管道、分水站三部分组成。其中, 输水管道管线总长约 50 km, 分为三段: ①取水设施至分水站主输水管道管径 DN3000, 单线长 35.9 km; 分水站至水六厂次输水管道管径 DN2000, 单线长 12.7 km; 分水站至水七厂次输水管道管径 DN2800, 单线长 1.4 km, 主体管材均是 PCCP 管和钢管。

2 PCCP 结构特点和生产重难点

2.1 结构特点

如下图 1, 是 PCCP 管道的结构组成, 是由薄钢板、高强度钢丝和混凝土复合而成。生产时, 在混凝土管芯上缠绕预应力钢丝, 然后喷涂水泥砂浆保护层。由于构造特殊, PCCP 将钢材和混凝土的性能特点集为一体: 既有良好的抗拉性、密封性, 又有较高的抗压性、耐腐蚀性^[2]。根据钢筒在管芯中的位置, 主要分为内衬式 (PCCPL) 和埋置式 (PCCPE) 两类。本工程中使用的 PCCP 是双胶圈埋置式, 从内到外的结构依次是: ①管芯混凝土→②薄钢筒→③管芯混凝土→④预应力钢丝→⑤砂浆保护层→⑥预应力钢丝→⑦砂浆保护层→⑧外防腐层。

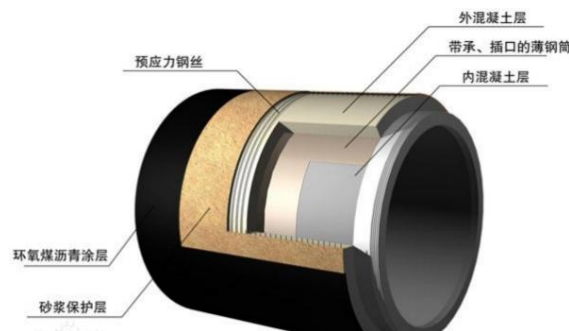


图 1 PCCP 结构组成示意图

2.2 生产重难点

工程施工中，PCCP 生产重难点主要有四个：

第一，我单位首次接触 PCCP 及相应承插口转换件，在生产过程中对细节及质量标准的把控要求严格。对此采取的措施是：依托有经验的生产管理及质检人员，制定切实可行的生产及质量检测措施、方案，严格执行；并积极培养 PCCP 领域专业生产及质检管理人员，为持续发展积蓄青年力量。

第二，本供管项目涉及多方责任主体，涉及面广、程序复杂、管理难度较大。对此采取的措施是：通过沟通与协调，明确划分各方责任主体的职责与权限；在统筹安排、责任明确的情况下，精简管理流程，确保本项目顺利履约。

第三，安装路线长度约 50 km，主要交通干道难以全面覆盖，考虑到 PCCP 及钢管运输属于超大、超宽、超重，管材运输及时性是关键。对此采取的措施是：前期针对管道安装线路进行排查，编制管道运输保障方案；后续将根据安装位置及进度情况，针对性开展细部道路排查，并加强道路主管部门的沟通，确保运输质量与及时性。

第四，结合本年度管材需求计划及生产准备情况，下半年供管压力较大，后期供管压力将趋于平稳。对此采取的措施是：依托强有力的管理及建设团队，管材生产基地基本满足 PCCP 及转换件生产需求，处于试生产期间；压力钢管设备基础浇筑处于尾声，将进入设备安装高峰期；基本满足下半年供管需求。

3 PCCP 管道生产工艺和生产方法

3.1 生产工艺流程

PCCP 生产工艺流程，主要分为钢管制作、管芯浇筑、缠绕预应力钢丝、喷涂砂浆保护层、喷涂防腐层。详细生产流程见图 2。

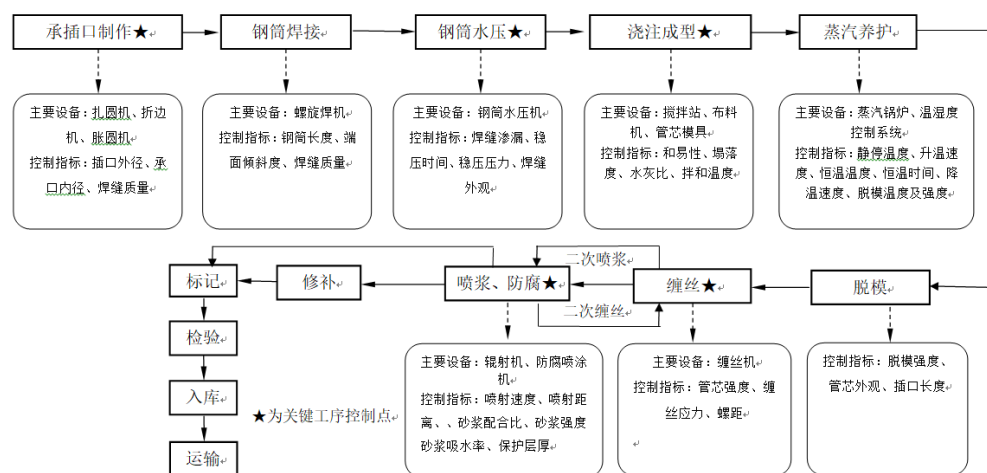


图 2 PCCP 生产工艺流程图

3.2 生产方法

3.2.1 钢管制作

薄钢管由承插口钢圈组装后通过螺旋卷焊机将 1.5mm 冷轧钢板卷制后自动焊接而成，在 PCCP 管材中主要发挥其抗渗作用，在生产工艺中采用逐根水压的检测方式对其抗渗性进行质量把控。

该环节，首先检验卷板合格且符合使用要求，严格按照规范标准加工制作。焊接后将钢管套入水压机，进行不少于 3 min 的静水压试验，确保所有焊缝无渗漏。检验压力 (P_g) 计算方法是：

$$P_g = \frac{2\sigma_{ty}}{D_y - 2t_y} \quad (1)$$

式中 σ 代表薄钢板承受的拉应力 (MPa)， D_y 代表钢管外径 (mm)， t_y 代表钢管厚度 (mm)。静水压试验时，对渗水处进行标记，卸压后补焊，并且再次进行试验，直到所有焊缝无渗漏。

3.2.2 管芯浇筑

混凝土管芯在管材中主要发挥支撑及抗压作用，其强度依据管材运行期间的最大内外压，通过结构设计验算进行

选取,李家岩输水工程管芯混凝土强度为 C55,在生产工艺中主要通过混凝土拌制工艺、成型振捣工艺及蒸养工艺等对其进行质量把控。

用于管芯浇筑的混凝土,所有原材料均要符合技术要求和招标文件要求。以混凝土配合比为例:①强度、抗裂性、耐久性均满足要求,满足混凝土强度保证率 95%的前提下,经过试验确定;②水灰比 ≤ 0.4 ,塌落度在 70~110 mm 之间;③使用聚羧酸类高效减水剂时,总碱含量 $\leq 2.5\text{kg/m}^3$,性能满足规范要求。制造管芯的模具,强度、刚度和抗冲击韧性要达标,既能抵抗变形,又能传递激振力;承插口轮廓对中心线的偏差 $< 3\text{mm}$;内模、外模各自拼合严密;脱模后及时清理污垢和杂质;定期检查模具的偏差值,超过允许偏差的及时修整^[3]。浇筑完成后,养护也是一个重点,采用蒸汽养护方式,由自动温控系统控制养护温度,并形成真实完整的记录。

3.2.3 缠绕预应力钢丝

利用差速式缠丝机将直径为 7mm 的预应力钢丝按照设计螺距及张拉控制应力(1099MPa)缠绕至混凝土管芯表面,起到“紧箍”效应,缠丝过程中同步喷射水泥净浆。预应力钢丝在 PCCP 管材结构中主要发挥承受内水压作用,在生产工艺中主要通过缠丝螺距及张拉控制应力波动等对其进行质量把控。

缠丝环节的技术要点如下:①混凝土强度要达到规范要求,抗压强度 $\geq 28\text{d}$ 抗压强度的 70%,缠丝施加的压力 $<$ 抗压强度的 55%,表面温度 $\geq 2^\circ\text{C}$;②钢丝上没有锈皮和凹陷,严格执行作业指导书中的规定;③使用拉力自动记录仪,记录钢丝缠绕过程中的预拉力变化,张拉力偏离平均值的范围在 $\pm 5\%$ 以内;④单节管材的每层钢丝接头 ≤ 2 个,钢丝接头保持平直,在管轴线方向钢丝接头距缠丝初始位置距离 $\geq 500\text{mm}$ 。⑤每次缠丝前,对管芯表面喷涂一层水泥净浆,水泥净浆用水泥与管芯混凝土相同,水灰比为 0.6~0.7,涂覆量为 0.4~0.5 L/m²。

3.2.4 喷涂砂浆保护层

采用辊射法制作水泥砂浆保护层,水泥品种与管芯相同;拌合物中的水溶性氯离子,含量 $\leq 0.06\%$;砂浆配合比按重量计,不低于水泥:砂为 1:3;辊射时管芯的表面温度 $\geq 2^\circ\text{C}$ 。制作完成后,进行自然养护或加速养护,进行水泥砂浆抗压强度试验,28d 抗压强度 $\geq 45\text{MPa}$ ^[4]。如发现保护层分层、空鼓,及时进行凿除和修补,并重新检查。

3.2.5 喷涂防腐层

防腐喷涂分为承插口防腐及管材外防腐,本产品承插口涂层为无毒环氧饮水舱漆,利用气动喷枪进行防腐作业,涂层厚度 100 μm ;管材外防腐采用无溶剂环氧煤沥青,利用防腐喷涂回转平台及移动式喷漆房进行作业,涂层厚度 600 μm 。防腐喷涂主要通过涂层厚度及附着力等对其进行质量把控。

需喷涂防腐层的部位有:裸露金属表面,特殊地质条件下的水泥砂浆表面。作业时,先对 PCCP 外表面进行预处理,涂装生产的要求如下:①控制好温度、湿度,具有良好的通风、照明条件;②砂浆外表面防腐采用全自动回转平台、变频提升机构,配合高压无气双组分自动喷涂设备,实现自动喷涂;③漆膜均匀、平整、光滑,喷枪尽可能与基体表面呈直角,各喷涂带之间有 1/3 以上的宽度重叠,上一层涂层表干后再进行下一层喷涂,并及时修正漆膜缺陷。

4 结语

综上所述,PCCP 管道在水利工程中应用普遍,因具有诸多技术优势,成为输水管道的首选材质。结合工程实例,文章介绍了 PCCP 的结构特点、生产工艺和生产方法,希望为现场生产提供借鉴。未来,PCCP 管道具有良好的发展应用前景,加强生产环节的管理控制,有助于保证工程质量。

【参考文献】

- [1] 宋斌. 探讨机械加工工艺规划及管道制作技术[J]. 城市建设理论研究(电子版),2015(16):969-970.
- [2] 黄鑫. 研究大口径 PCCP 管道在水利供水工程中的应用[J]. 水电水利,2020,4(9):43-44.
- [3] 吕继成,陆俊. 引江济淮工程中 PCCP 管道应用检测与研究[J]. 中国水运:下半月,2020(3):3.
- [4] 杨辉琴. 长距离输水工程采用大口径 PCCP 管的安全防护对策[J]. 水利水电技术,2019,50(12):6.

作者简介:何飞(1984.10-)男,本科,工程师,研究方向为建筑工程。