

# 混凝土全包封输水管道施工技术研究

许可, 朱国林, 林刚, 孔令扬

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川成都 610036)

**摘要:**结合李家岩输水管道工程的实际情况,对其混凝土全包封输水管道施工技术进行了深入分析研究,提出了施工中需要注意的各项要点并予以解决,取得了较好的效果,所取得的经验可为类似工程提供参考。

**关键词:**输水工程;混凝土全包封输水管道;施工技术;李家岩水库

中图分类号:TV7;TV52;TV732.4

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2023)04-0045-05

## Research on Construction Technology of Concrete Fully Encapsulated Water Transmission Pipeline

XU Ke, ZHU Guolin, LIN Gang, KONG Lingyang

(Sinohydro Bureau 10 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610036)

**Abstract:** Combined with the actual situation of Lijiayan Water Transmission Pipeline Project, this paper makes an in-depth analysis and research on the construction technology of its concrete fully encapsulated water transmission pipeline, and puts forward various points that need to be paid attention to during construction, which have worked effectively. The experience gained can provide reference for similar projects.

**Key words:** Water conveyance project; Concrete fully encapsulated water transmission pipeline; Construction technology; Lijiayan Reservoir

### 1 概述

混凝土全包封输水管道是当前输水工程中最常用的管道类型,其具有施工简单、稳定可靠等优点。但要保证混凝土全包封输水管道的施工质量,还需结合工程的实际情况制定出合理、可行的施工技术方案。

李家岩输水管道工程的建设目的是实现李家岩水库工程的主要建设任务,完成从李家岩水库至成都市中心城区主水厂(水六厂和水七厂)的原水输送,提供成都市城区集中供水所需的原水常态补水和应急备用原水以及温江区应急供水所需的原水,保障城市供水安全。

该工程主要由水库及输水管道构成。输水管道由李家岩水库城乡供水隧洞出口消力池处取水设施接出,由西向东北方向敷设至成都市水六厂、水七厂徐堰河取水设施,输水管道单线总长度为 50 km,管材为 PCCP 预应力钢筒混凝土管及钢

管混搭安装。输水管道从上游至下游共分为四个标段,我公司主要承建李家岩水库工程 IV 标段输水管道项目,含分水厂、综合楼等附属构筑物等,管道单线长度为 14.1 km,为该输水管道的末端,主要连接成都自来水六厂和七厂,由于其落差较大、多次穿越彭温路、唐太路等省级公路和徐堰河等主要饮用水源河流,故设计上对管道多处采用混凝土全包封“稳管”工艺,对管道的固定和保护取得了良好的施工效果。该项目施工平面布置情况见图 1。

### 2 管道施工

#### 2.1 管道安装工艺流程

管道安装工艺流程见图 2。

##### 2.1.1 管道安装的技术要求

(1)管道的吊装不可穿心和溜放,更不能使用挖掘机等机械设备直接推拉管道,以免管道受损。吊装时应做好管口保护,防止管体遭受损伤。施工时一定要切实加强安全防护,全体操作人员都应戴好安全帽,管道吊起的下方不可站人。

收稿日期:2023-03-30



图1 李家岩输水管道项目施工平面布置图

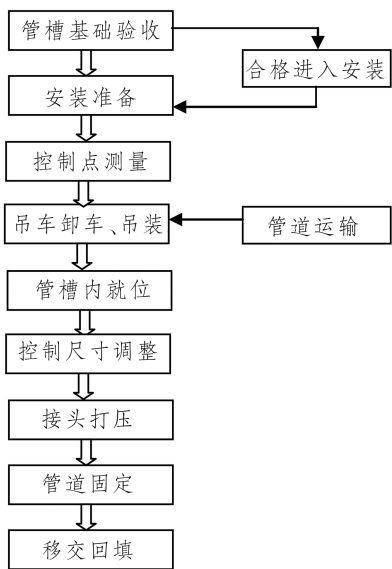


图2 管道安装工艺流程图

(2)在管道安装过程中,需要将管节轴线及高程逐段调整准确,并对安装完成的管节实施复测,经复测确认合格后方可开始下一道工序。

(3)在管道安装过程中,随时将管道中的杂物清理干净;安装暂停时,需要对管道的两端进行临时封堵。

(4)管道安装应按照从下游到上游的顺序进行施工。

## 2.2 PCCP 管道安装的技术要求

(1)在将管道吊放入沟槽内前,需要对管道标识进行核对,确定其是否与设计图及配管图完全相符。

(2)管道接口的橡胶圈应采用滑入式的方法进行安装。

(3)管道接口安装到位后须按照相关技术规程进行水压试验。安装完两根管道后,需要对前面的接口进行第一次水压试验;在第二次接口水压试验完成并确认合格后,按照设计要求对接口的内外间隙进行密封。

(4)在接口外采用水泥砂浆进行密封施工时,需要使用防水编织布制作灌浆带进行包裹并在其上面预留灌浆口,使用钢丝将灌浆带捆绑在管上。灌浆材料为流态砂浆,其施工方法为:从灌浆带的一端将砂浆倒入,直到另外一端升起砂浆,最后在顶部使用干性水泥砂浆将其抹平,待灌浆达到凝结状态后开始回填。

(5)接口内部的密封使用双组分卫生型聚硫密封胶嵌填。嵌填前需要将接口内部的间隙清理干净并保持干燥,必要的情况下可进行烘干。对于试压孔,应先用垫片和螺栓进行封闭,然后再进行嵌填,对于嵌填的表面要与管子的内表面保持平齐。

(6)在直线段进行管道敷设施工时,其管道接口的内部轴向控制间隙不能超过 25 mm,误差不能超过 10 mm。

## 2.3 钢管安装的技术要求

(1)将管道吊入沟槽前,应先对其标识内容进行核对,以确定其是否与设计图及厂家配管图完全相符。

(2)对于钢管之间以及钢管与 PCCP 管道之间均采用焊接的方式相连;对于管径超过 800 mm 的钢管需要采用双面焊。管道对接焊缝的质量等级需要达到 2 级。焊接完成且经质量检测确

认合格后方可开始混凝土包封。

(3) 钢管与设备之间采用法兰相连。在焊接法兰与下入沟槽之前应对法兰盘的规格进行核对, 确认其是否一致。

(4) 对于直线段敷设的管道, 除了两端不允许使用短节进行拼接外, 若必须拼接, 则其拼接长度需要达到 800 mm 以上。

(5) 下管之前, 应先对管道的防腐层进行检查, 下管时应采取有效措施防止防腐层受损。

(6) 管道起弯点和接口之间的距离不能小于管径, 同时亦不能小于 100 mm。

(7) 管节组对焊接开始前, 应先做好修口和清根, 其包含管端端面的坡口角度、钝边与间隙在内的指标都应达到规范要求。

(8) 管壁上不允许随意焊接其它构件, 在拆除管内支撑与其它临时构件时, 不可使用锤击法。正确的方法是用碳弧刨或氧-乙炔火焰切除, 然后使用砂轮将其磨平, 防止母材受损。

(9) 管道上不得开孔。若必须开孔, 则应满足以下要求: 不可在干管的纵向与环向焊缝部位开孔; 管道上的任意部位都不能开方形孔; 不可在短节或管件上开孔; 管道开孔必须得到设计方的允许, 同时要采取有效的补强措施由设计单位出图。

(10) 对于直线段的管道, 通常不可加短节。若必须加短节的话, 则其长度应达到 0.8 m 以上。

(11) 鉴于组合钢管固定口的焊接及两管段间的闭合焊接与气温有关, 故夏季宜在无阳光直射和气温较低时施焊<sup>[1]</sup>, 冬季宜在白天气温较高时施焊。

(12) 在对口过程中应确保管道内壁保持平齐, 其错口偏差不能超过壁厚的 20%, 同时不大于 2 mm。

(13) 施工采用国标 E4303 焊条, 其质量应达

到相关规范要求, 存储时应进行适当的烘焙以使其保持干燥。

(14) 管节焊接开始前, 应先做好修口与清根工作, 清除坡口两侧 30 mm 范围内的铁锈、水迹。

(15) 所有焊缝都要在水压试验开始前做好外观检查, 要求焊缝质量的等级达到 2 级。焊缝的检验方法为超声波探伤, 检验数量应达到其总数的 20% 以上。超声检测方式以 TOFD 为宜, 若无法对焊缝曲线进行判断, 则可使用射线检测补探。

### 3 管道包封混凝土施工

该工程混凝土包封段的镇墩主要用于穿越河道段和水平转弯段, 采用的是 C30 混凝土, 其配合比参照管线井、室混凝土配合比, 最大水胶比为 0.5, 水泥采用普通硅酸盐水泥, 最小水泥用量为  $320 \text{ kg/m}^3$ , 单仓约为  $780 \text{ m}^3$  左右, 将混凝土的入仓温度控制在  $20^\circ\text{C}$  左右<sup>[2]</sup> (当地平均气温约为  $13^\circ\text{C}$ )。混凝土直线段包封布置情况见图 3, 混凝土水平转角包封镇墩布置情况见图 4。

#### 3.1 混凝土施工依据

结合现场实际施工尺寸, 按照《大体积混凝土施工标准》GB 50496—2018 要求, 大体积混凝土施工技术控制的重点除了原材料、配合比和运输外, 其难点在于监控施工过程中的混凝土厚度和温度的收缩应力, 故在混凝土浇筑体内布置监测点。

#### 3.2 混凝土浇筑

(1) 混凝土浇筑前的准备工作。为预防恶劣环境及作业人员的操作技能水平差异对施工质量的影响, 保证施工质量, 使工程满足设计及相关规范的技术要求, 项目部经与设计及业主方沟通, 最终采用了以下集中方式进行控制: ① 加强对作业人员的技术交底。作业前, 由项目技术负责人召集项目部技术、质量人员及分包方相关管理人员

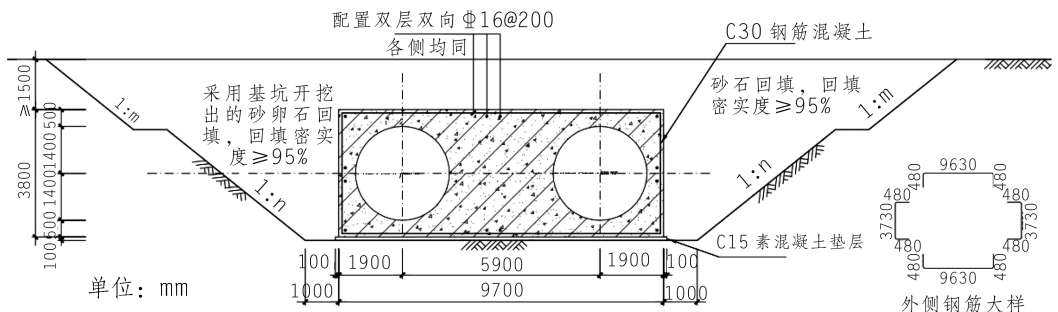


图 3 混凝土直线段包封布置图

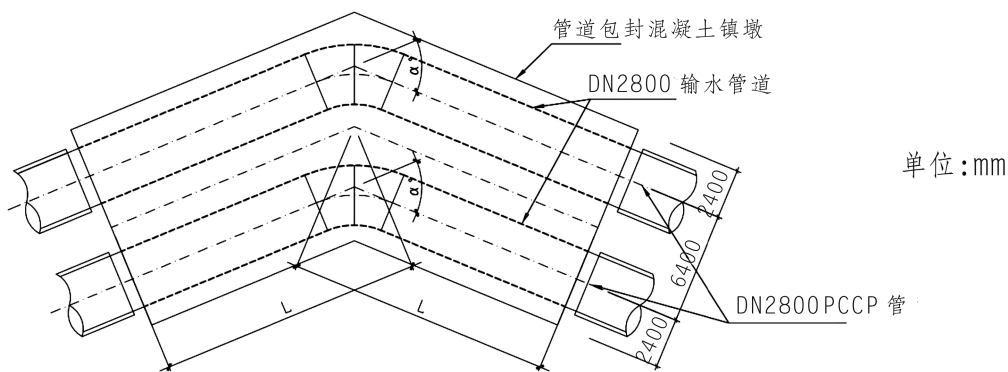


图4 混凝土水平转角包封镇墩布置图

对施工作业面进行详细的技术交底,对施工的重点和易出错的部位进行重点强调并由作业人员本人进行书面签字,重点强调该项施工工序的重要性;对没有相关施工经验的作业人员应加强人员配备,并将施工机具配置齐全、完整<sup>[3]</sup>;②仓内布置冷却水管用于散热。为了更好地控制大体积混凝土浇筑时的温差,采用在仓内提前埋设散热冷却管道的方式使水在管道内循环流动以导散仓内由混凝土水化产生的热量的方式进行控制<sup>[4]</sup>。冷却水管采用壁厚 2.5 mm、 $\Phi 32$  mm 的钢管。沿包封混凝土水平方向布置 2 层水管网,其水平间距为 2 m,每层水管的垂直进出口一定要相互错开 2.5 m,且在其进水口配置水阀以调节流量和仪表。冷却水管的接头采用软管接头,其进、出水口需引出混凝土面 1 m 以上。水管要与输水管道的支撑架绑扎牢固。冷却管网安装完成后必须做管道水压试验并确保水管畅通且不漏水<sup>[5]</sup>;③合理选用混凝土浇筑设备和施工时间。混凝土浇筑优先采用商品混凝土配合天泵进行浇筑。夏期宜在当日气温较低时段浇筑混凝土。施工前必须做好充分准备,备足施工设备并保证连续进行混凝土浇筑。混凝土入模温度不得高于 28℃。夏期施工时,在混凝土浇筑地点首盘测定后,对其拌和物坍落度、含气量、入模温度、水胶比、泌水率进行重新测试,对于不符合规范要求的禁止入模。采用分层连续浇筑的方式施工,其厚度不宜大于 300~500 mm。

### 3.3 养护与拆模

(1)安排质检人员负责混凝土的养护监督工作,按照施工方案做好测试记录。混凝土的内部温度与其表面温度之差不得大于 20℃。需要对

实测值进行记录并报告。

(2)对养护用水的温度进行测试并需保证其与混凝土表面的温差不大于 10℃。

(3)采取薄膜保湿的覆盖层应在混凝土收面完成后及时进行,保湿养护的持续时间不得少于 28 d 并指定专人检查塑料薄膜内水分湿润的完整情况<sup>[6]</sup>。

(4)当混凝土强度能够保证其表面及棱角不受损伤时,方可拆除包封混凝土的侧模并应及时回填土;对于地上结构应尽早进行后续施工,避免其长时间裸露在自然环境下。

## 4 混凝土施工质量控制措施

为避免有害裂缝的出现,应全面考虑混凝土浇筑施工的原材料、施工时的天气、温度、振捣方式等,结合实际情况采取有效的措施。

在进行混凝土包封段混凝土浇筑施工时,一定要严格控制混凝土的中心温度与其外表的温差,其不宜大于 25℃,以防止混凝土出现裂缝。为了控制温差,一般采取以下措施:

(1)降低水泥水化热和变形。对于大体积混凝土,应采用水化热较低的水泥并尽可能地减少水泥用量。

(2)降低混凝土温度差。混凝土浇筑施工前,应提前 3 d 查询天气情况,夏季应在夜间施工,冬季反之。及时对已绑扎的钢筋骨架进行覆盖或设置简易的遮挡装置以避免其被雨水浸湿,提前与商品混凝土拌合站沟通好保温等措施以控制模内热量的散发。

(3)提高混凝土的极限拉伸强度。提前 24 h 与混凝土供货单位沟通好所需要的混凝土等级、用料时间等,采取站内和施工现场分别进行试块



和坍落度取样的办法控制混凝土的强度。值得注意的是,对于强度试块,应采取标准养护和同等条件养护各一半的方式进行试验,待其达到养护时间后及时进行混凝土试块的试压,检查其强度合格情况。

## 5 结 语

随着城市的不断扩大,城市人口比例持续提升,城市生活饮用水的供给压力日益增大。与此同时,城市供水的基础设施也得到了相应的改善和发展。但在城市高速度发展的同时,亦给水资源供应和基础设施建设增加了巨大的难度。

该工程通过项目部技术管理人员的精心组织、科学施工,从混凝土原材料、施工过程、后期养护等方面进行控制,在项目完美履约的同时也保证了实际施工质量,取得了预期效果。

通过对李家岩水库输水管道工程大体积混凝土管道包封施工技术进行的研究,尤其是该项目在管道包封混凝土的施工工序上成功实施了布置冷却水管的工艺技术,将我公司在输水管道全包封混凝土支墩的施工技术又提高了一个层次,对类似市政工程中管道的新建、改扩建,冷却水管的

工艺技术将发挥重要的作用,所取得的经验对同类型大体积混凝土全包封施工技术的研究及实施具有较高的借鉴意义。

## 参考文献:

- [1] 王天翼,赵志峰,王小征. 混凝土全包封输水管道施工技术及应用[J]. 水利建设与管理,2021,41(2):77-81.
- [2] 雷元新. 一种大体积混凝土温度梯度限值分析方法及装置: CN201810708054.1[P]. 2018-12-11.
- [3] 大体积混凝土施工标准,GB50496-2018[S].
- [4] 李健,任太平,黄晓华,等. 莱比塘铜矿特高品位的识别与处理方法研究[J]. 四川水力发电,2021,40(5):66-70.
- [5] 河北建设集团股份有限公司天津分公司,河北建设集团股份有限公司. 风电叶片检测试验台施工方法: CN202111000013.5[P]. 2021-09-28.
- [6] 刘江涛. 高标号大体积混凝土异形试验台设备基础质量控制要点[J]. 工程建设与设计,2020,7(8):187-188.

## 作者简介:

许 可(1979-),男,四川威远人,分局工程技术科科长,高级工程师,从事建设工程施工技术与管理工;

朱国林(1991-),男,重庆奉节人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工;

林 刚(1984-),男,四川都江堰人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工;

孔令炀(1985-),男,湖北阳新人,高级工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工。 (责任编辑:李燕辉)

## 兴修水利 振兴乡村

### ——亭子口项目收到大深沟村五组授予的锦旗

6月25日,水电十局三分局亭子口灌区一期工程第Ⅲ标项目部收到蓬安县罗家镇大深沟村五组赠送的锦旗,以及全体村民对公司和项目部的付出表示的衷心感谢。亭子口灌区一期工程是国务院确定的172个重大水利工程项目之一,具有农业灌溉、城乡生产及生活供水等综合功能,是四川省“五横六纵”引水补水生态水网的重要组成部分。亭子口灌区一期工程建成后,将彻底扭转灌区水资源分布严重不均的状况,甩掉灌区千百年来干旱缺水的帽子,使沿线乡镇、广大农村缺水少水问题得到根本解决,大深沟五组的村民将直接受益。一面锦旗不仅仅是一份荣誉,更是一份责任和使命。项目部自进场以来,坚持为民排忧解难,紧排工期、优化方案,始终坚持“短开挖、强支护、勤测量”的施工原则,有计划有组织地开展现场施工,在保证质量和安全的前提下,大深沟隧洞终于按期顺利贯通,满足了当地村民的殷切期盼,同时给予了当地乡村振兴事业强有力的支持。

## 龚嘴鱼道项目隧洞进口跨公路段洞挖施工圆满完成

6月24日,由水电十局一分局承建的龚嘴鱼道项目隧洞进口跨公路段的洞挖施工圆满完成。该段隧洞施工技术难度极高,项目部通过采用控制爆破等先进方法取得了较好的效果。该鱼道隧洞洞挖断面为城门洞型,尺寸为5米×5.65米,其周边环境复杂,安全风险高。该隧洞的上方为S309省道,周边为矿区、频繁通行重载货车;而且该隧洞与公路之间的覆盖层非常薄,仅相当于洞径的1.2倍;该隧洞靠近电厂厂区,离职工宿舍仅60米左右。项目团队迎难而上,积极组织相关专家研究制定了科学合理的施工方案:首先,采取预固结灌浆和超前支护等措施处理该隧洞段;其次,通过分段微差控制爆破的方式进行洞挖掘进施工。经过评审和论证,成功地实现了振动小、飞石可控的目标;第三,对S309省道警戒区域进行了交通管制并在隧洞入口处设置了安全防护网等措施;第四,确保了洞挖完成后立即进行支护工作,隧洞施工的安全性。此隧洞进口跨公路段施工难题的攻克,为项目的下一步正常爆破施工奠定了坚实的基础,取得的成绩得到了监理和业主的充分肯定与好评。

(供稿:水电十局)