

# 复杂地形条件下长距离预应力钢筒混凝土管 (PCCP) 施工技术

刘延军

中国水利水电第一工程局有限公司 吉林长春 130062

**摘要:** JK输水管线工程施工I标工程,工程沿途地形复杂、沟谷较深、纵坡大、管沟基础开挖深,且伴行道路与管线分离,PCCP管道无法直接运抵管沟顶部,同时过大的纵坡给管道安装及运行带来了巨大的难度和安全隐患等问题,在确保安全、质量前提下,文中对复杂地形条件下长距离预应力钢筒混凝土管(PCCP)施工技术进行了论述。

**关键词:** 复杂地形、长距离大口径PCCP管安装;沟槽开挖处理;内拉法施工

## Construction technology of long-distance prestressed steel barrel concrete Pipe (PCCP) under complex terrain conditions

Yanjun Liu

China Water and Hydropower First Engineering Bureau Co., Ltd. Jilin Changchun 130062

**Abstract:** The construction of the JK water transmission pipeline project is a standard I project. Along the project, the terrain is complex, the gully is deep, the longitudinal slope is large, the trench foundation is deep, and the accompanying road is separated from the pipeline, so the PCCP pipeline cannot be directly transported to the top of the trench. At the same time, the large longitudinal slope brings great difficulty and hidden danger to the pipeline installation and operation. On the premise of ensuring safety and quality, in this paper, the construction technology of long-distance prestressed steel barrel concrete pipe (PCCP) under complex terrain conditions is discussed.

**Keywords:** complex terrain, long distance large diameter PCCP pipe installation; trench excavation treatment; internal pull method construction

### 1、PCCP管道介绍

预应力钢筒混凝土管(Prestressed Concrete Cylinder Pipe简称PCCP),是一种新型复合型管材,具有钢管抗渗、抗拉的优点,又具有砼管耐腐蚀、耐磨损和抗压的优势,产品价格低,使用寿命长。

#### 1.1 结构型式

内衬式预应力钢筒混凝土管(PCCPL):在钢管内壁成型混凝土层后在钢管外表面上缠绕环向预应力钢丝并制作水泥砂浆保护层而制成的管子。

埋置式预应力钢筒混凝土管(PCCPE):在钢管内、外壁成型混凝土层后,在管芯混凝土外表面缠绕环向预应力钢丝并制作水泥砂浆保护层而制成的管子。

#### 1.2 性能特点

抗渗性能好,承受内压和外压能力强。PCCP采用经水压检验的钢筒,解决了渗水问题;可承受很高的内水压力,最高可达2.5Mpa;设计上充分利用混凝土的抗压强度,可承受较高的外压荷载。

接头采用钢制承插口,插口是带有凹槽的特制异型钢,密封胶圈放置在凹槽内,确保接头极好的水密性。

耐腐性能强,使用寿命长。构成PCCP的所有钢材都被密实的混凝土包裹,高碱性环境阻止其腐蚀,使用寿命可达百年。

通水能力强,管材内表面光滑,没有瘤节,不会结垢,没有二次污染。

适应地基能力和抗震性能强,PCCP的刚性接头和柔性接口使其刚柔皆有,可转动一定角度,适应地基变化

的能力较其他管材强。

## 2、PCCP管道安装施工工艺

### 2.1 鸡爪地段

鸡爪沟地形，从地貌上看，这种地形的形状类似于鸡爪状，“爪”是凸出来的部分，“沟”是凹下去的部分，“爪”与“沟”相互间隔并且连续分布。

本标段13+500 ~ 18+200段位于博罗克努山和依连哈比尔尕山之间山间洼地的鸡爪子地带，沟壑纵横，地形起伏变化多；管沟开挖深度普遍较深（20 ~ 45m），属于超高边坡、深基坑开挖，易造成边坡失稳、滑坡等现象。管沟开挖及边坡施工安全必须引起足够的重视，施工过程中于分级开挖马道边坡埋设水泥观测桩，采用GPS、全站仪及水准仪测量初始位置坐标、高程，将数据记录详细。施工过程中每周复测观测桩数据有无变化，通过加强监测确保施工安全。

### 2.2 砂梁地段

本标段19+000至33+000为砂梁地段，地形极为起伏，沟梁相间，垂直管线方向大小冲沟极为发育。沟深5 ~ 25m，宽20 ~ 200m不等，冲沟间30 ~ 50m，沿线土质为含砾粉土、含土中细砂组成，土质松软，无法满足运输条件。

鸡爪沟、砂梁段地形复杂，山体高差大，开挖梯段高，深度普遍为（20 ~ 45m），最大开挖边坡高度超过37m，山顶宽度小，如墙状V型分布，坡度几近垂直，管线走向横切山体及冲沟。根据现场实际情况，首先贯通施工便道，施工便道土质松软地段，无法满足运输要求的，须要硬化后保证运输车辆正常运行，再设置盘道至山顶开挖出施工便道，自上而下的施工顺序分层开挖，先期无法采用自卸车运料地段，采用反铲向山体两侧甩料形成开挖及运输作业工作面，根据土方平衡要求，开挖料运至集中弃土场或延线存土区，以便保证管沟回填用料。

### 2.3 沟槽开挖

#### 2.3.1 沟槽开挖控制

根据施工控制网坐标和高程控制点，对沟槽中心线、高程进行放样，按设计断面对沟槽开挖上、下口边线进行放样，并依此边线进行开挖。

土石方开挖共分为5层，第一层为耕植土开挖，采用推土机运至征地最外边缘分区存放。第二层为主沟槽开挖，开挖高度依据施工机械性能而定，将反铲布置在槽口，沿纵向退挖甩土出槽后，用推土机或反铲接力，将土石方运至存区堆放（堆存区在耕植土堆存区内侧）。

第三层开挖至管底高程预留30~50cm保护层，以保证槽底长期暴露失水影响基础密实度，用反铲甩土后倒运至堆土区。第四层根据基础实际情况设置基础排水沟。第五层为管底保护层土，确保开挖至设计高程。

#### 2.3.2 不良地基处理

建基面开挖完成后对基础进行地基承载力试验，若地基承载力达不到要求，须对基础进行换填或挤密处理，满足设计要求后进行20cm中粗砂垫层铺设压实。

安全防护：在开挖完成的管沟边1m处设置1.2m高防护栏和警示警戒标志。

### 2.4 管道装卸及现场检查

#### 2.4.1 PCCP管材装卸

本标段PCCP管径3.4m，单节管道长5m，按照不同管壁厚度单节重量约45 ~ 55t。根据实际情况，采用260t/300T履带式起重机吊装方案。履带吊将管材及管件从运输车辆上卸下，直接放入沟槽。

#### 2.4.2 管道进场检查

对PCCP管道安装施工前须进行质量检查，包括：

（1）质量合格证及检验报告。特别要对管道工作压力、覆土深度、生产日期及安装位置进行检查核对，以保证设计图纸及配管图要求的管材工况及类型及正确安装位置。

（2）对管道外观质量进行检查。主要检查内容包括管芯混凝土裂缝宽度、深度、是否有空鼓、承插口长度椭圆度、端面垂直度等、进一步确定准备对接的两节管道的承插口配合间隙是否满足易安装和密封良好的要求。

#### （3）管道的装卸

1）管材在装卸过程中必须单根起吊，遵守“平稳、轻放”的原则。

2）起吊采用对管体外防腐涂层具有保护作用的两条专用吊具（如尼龙吊带或带身处包了柔软防护物的钢丝绳），以平稳的兜身吊或采用专用起吊设备进行安全吊装。

3）专用吊具着力点面积需保证其着力面积内的单位压强小于30MPa并设柔性衬垫，起吊着力点外侧边缘离管材承、插口边缘的距离不小于300mm。采用吊带时通常吊带间距为管身长度的2/3。

### 2.5 管道安装

#### 2.5.1 基准（定位）管安装

沟槽开挖完成并确认地基承载力满足设计要求，且对基础面进行压实处理后铺设20cm厚中粗砂垫层，最大粒径不超过1.5cm，采用18t振动碾压实，然后测量人员

用水准仪控制设计高程。基础处理合格之后进行第一节管道（即基准管）安装。规范要求压力管道管中心高程、管中心轴线允许偏差 $\leq 30\text{mm}$ 。为避免基准管安装偏差影响后续管道正常安装，基准管安装高程、轴线偏差严格控制控制在 $10\text{mm}$ 以内，且承口面朝上游。

为确定管道中心线，在内拉杠的中心位置做明显标记，将不小于 $60\text{cm}$ 长的水平尺放在拉杠上进行水平调整，拉杠中心位置处挂一个垂球，垂球垂线稳定后所示线即为管道中心线。

调整管道中线，在基础面上用GPS或全站仪确定管道中心线（轴线），用石灰撒线。通过吊车臂杆左右移动，使管道中心线（垂球的垂线）和石灰线位置重合。

管道高程调整，用水准仪观测。通过吊车臂杆起降，将管道调整至设计高程。在管道调整过程中，注意检查承插口之间的间隙。尽量保持管道周围间隙均匀。

基准（定位）管调整就位后，于管道两侧均匀填土，分层夯实，将基准（定位）管进行固定。

### 2.5.2 PCCP管道接头打压试验

管道安装完成后，采用打压泵从接头下部打压孔压水，上部打压孔排气。排气结束后在两个打压孔各安装一个经专业检测单位评定合格后的压力表进行打压试验，加压至规定的试验压力后，保持 $2\text{min}$ 内无明显压力降为合格。接头压力试验共需进行三次，分别为第一次安装时打压试验，第二次安装 $2\sim 3$ 节后重新打压试验，第三次回填完成后打压试验。

（1）第一次打压试验在内接管道安装定位后立刻进行，合格后进行下一节管道安装；

（2）第二次打压试验在某节管道安装之后又完成了两节管道安装后对该节管道进行打压试验；

（3）第三次打压试验在回填完成后进行。

如果打压试验不合格，需对管道进行拔管重新安装处理，直至合格为止。

### 2.5.3 接头处理

整个管道完全处于碱环境中，为避免外露承插口钢件受侵蚀，安装接头外侧须进行接缝灌浆。外缝灌浆在第二次接头打压合格后、回填之前进行。

在接头外侧包裹一层厚度 $2\text{mm}$ 、宽度不小于 $250\text{mm}$ 的铁皮为包带，做为灌浆接头的外模。在包带的外侧用 $8\#$ 钢丝绳勒紧，形成管缝砂浆净宽不小于 $200\text{mm}$ 的空腔，用张紧装置拉紧钢丝绳，防止漏浆。在管道接缝安装外包带之前用水冲洗润湿，外包带在顶部留有缺口，灌入的砂浆（M20）要有较好的流动性，并加入 $8\%$ 左右的膨胀剂使之成为非收缩性砂浆。灌浆时从管顶一侧灌入，从另一侧溢出，灌注过程中使用细钢筋插捣，外侧采用木槌轻轻敲打，确保灌浆密实。灌浆口上部使用较干硬砂浆填满。接头灌浆超出管外壁高度不大于 $3\text{cm}$ 。待砂浆达到 $50\%$ 强度后，涂抹 $8\text{mm}$ 厚双组份聚氨酯建筑密封胶（环保型），外面再涂刷 $2\text{mm}$ 厚无溶剂环氧煤沥青防腐涂料。

在第三次打压试验完成并验收合格后，管道内部接缝灌注M20砂浆进行封堵。封堵前需清扫管道内接缝，确保接缝内没有异物和灰尘。洒水湿润后，采用膨胀砂浆塞填缝隙并捣实抹平。

## 3、结语

PCCP管道安装以其自身的优点，在输水领域得到广泛的应用，随着PCCP管道安装工艺的不断成熟，将会为我们在未来输水工程中起到更加巨大的作用。本文对大口径PCCP安装关键工序、施工方法、质量控制要点、做了详细的论述，对设备的选型、施工方案的确定提出了自己的建议，对该类工程施工具有一定的借鉴和指导意义。

### 参考文献：

[1]孟浩，曲兴辉，赵海鹏；论文名：《大规模多目标压力流输配水工程水力过渡过程分析》；刊名：《调水工程应用技术研究与实践》；2009年。

[2]李斌，赵亮；论文名：《浅谈PCCP管道安装施工质量控制》；刊名：维普网TV52；TV523；文章编号：1001-2184（2017）增2-0089-03。

[3]祝学辉；论文名：《浅谈PCCP管道的安装》；刊名：《水电施工技术》；2008年第2期（总第52期）54—57页。

[4]《给水排水管道施工及验收规范》（GB50268-2008）。

[5]《预应力钢筒混凝土管道技术规范》（SL702-2015）。