

# 复杂地形下 PCCP 管道安装注意事项及应用

杨军柱

新疆伊犁河水利水电投资开发(集团)有限公司供水工程管理处

DOI:10.12238/hwr.v6i7.4517

**[摘要]** 我国水利建设工程的规模越来越大,对各类管道的质量要求也越来越高。特别是在某些地形较为复杂的情况下,采用PCCP管线,其工程效益十分显著。因此,本文着重对PCCP管道在复杂地形环境中的施工工艺进行了深入的分析与研究,并就如何解决施工中的一些关键技术问题进行了探讨。

**[关键词]** PCCP管道; 复杂地形; 安装技术

**中图分类号:** TU81 **文献标识码:** A

## Precautions and Application of PCCP Pipeline Installation in Complex Terrain

Junzhu Yang

Water Supply Engineering Management Office of Xinjiang Yili River Water Conservancy and Hydropower Investment and Development (Group) Co., Ltd

**[Abstract]** The scale of water conservancy construction project is larger and larger, and the quality requirements of all kinds of pipelines are higher and higher. Especially in the case of complex terrain, the engineering benefit of PCCP pipeline is very significant. Therefore, this paper focuses on the in-depth analysis and research of the construction technology of PCCP pipeline in complex terrain environment, and discusses how to solve some key technical problems in construction.

**[Key words]** PCCP pipeline; complex terrain; installation technology

### 引言

PCCP钢管的应用至今已有80多年,起源于1939年,法国邦纳钢管公司采用先进技术和思想,首创了具有划时代意义的预应力钢管混凝土技术,并在法国广泛推广和应用。到了20世纪40、50年代,欧美等发达国家逐渐采用PCCP管,并取得了良好的口碑。美国是PCCP钢管最大的生产国,它的长度接近30000公里。后来,该技术逐渐向非洲、亚洲等多个地区推广。我国PCCP管的发展起步较晚,随着改革开放政策的实施,逐渐引进和生产PCCP钢管。随着我国城市化进程的加快,PCCP钢管的应用领域逐渐扩大,国内PCCP钢管的工艺也逐渐成熟,已实现国内生产。PCCP管在我国已有三十余年的发展,并运用到了多个领域。

PCCP,即预应力钢管混凝土管,包括混凝土、高强度钢丝以及薄板,在钢管的整体结构中,管芯采用高强度混凝土浇注,并在混凝土管件的外部套上钢管,以加强钢管的强度,再用环形预应力钢丝将钢管的外层包裹起来,再在其表面喷涂一层特殊的水泥砂浆,使之成为一种预应力钢管混凝土管。从制造工艺上,我们可以看出,PCCP钢管采用多种材质,集多种优点于一身,使其具有良好的拉伸性能,易于密封,并具有抗压、耐腐蚀、高密封性、高渗透性能等特点,在界面设计上采用了可滑动橡胶圈的挠性连接。PCCP钢管被广泛应用,如市政供水管道、长间隔输水

干线、有压输水管道、压力倒虹吸、压力排污干管、电厂循环水工程污水管道等建设中均会运用PCCP钢管进行输水管道工程施工,为工程建设带来了极大的方便。

### 1 项目概况

某工程的输水管线(I)工程,包括管道和相应的配水站,该项目采用的是DN3.2m的单根PCCP管和29570m的钢管。从0+074.77至17+223,横贯两山间的鸡爪沟地势较低;17+723~23+200是山区间的砂梁区段,沿竖向分布着不同尺寸的水槽。

#### 1.1 施工操作要点

##### 1.1.1 施工前阶段

在施工之前,要认真地核对和确认工程设计图,检查图纸是否存在计算上的误差和疏漏,并对其结构要素有全面的了解。为了保证施工放样的精确度,在进行施工前对工程场地进行规划,并在施工场地中设置参考点,定期进行检查<sup>[1-2]</sup>。

##### 1.1.2 鸡爪沟、砂梁地形的修建

鸡爪沟地形是一种“爪”与“沟”连续分布的地形地貌,其凸起像鸡爪,下凹似沟谷。该项目所涉及的12+400~17+100处于两山交界的鸡爪沟段,地势起伏不定,山间沟壑纵横交错。由于地形的原因,该标段的管沟开挖深度一般为20~45米,是一种超高边坡深基坑工程。因此,在基坑开挖过程中,往往会出边

坡失衡问题。在实际施工中<sup>[3]</sup>,采用分层开挖法埋设观测桩,采用GPS、全站仪、水准仪等方法对参考点位置进行定位,定期对观测桩的座标和高程进行监测,确保施工的安全性。

### 1.1.3 测量和放样

根据工程设计图纸进行管线的测量和放线。管道的测量以管心为参考,管的转角封闭要在容许误差以内,管心桩要按设计要求布置。在对PCCP管材进行放样时,要注意管线的安装方向和倾斜,以满足设计的需要。

## 2 管道装卸

### 2.1 材料进场检查

PCCP管道在进入现场之前必须进行质量检验,合格后方可进行安装,并核对PCCP管道的设计压力、制作规格与埋入深度是否满足设计要求;对PCCP管线进行仔细检查,以保证其符合安装要求和密封性能。

### 2.2 现场装卸

本工程招标项目中,PCCP管道DN3.20米,单根5米,按PCCP管壁厚计算,单根重量约为45~55t,故采用履带起重机(320T)将PCCP管道直接吊运到沟槽中。吊装时,必须采用带护套的尼龙吊具,或带防护物品的钢绳,在搬运时,采用单根式起重,移动幅度不能太大,以保证PCCP管材在吊装、卸货时的安全<sup>[4]</sup>、稳定;起重点的压力应控制在30Mpa以下,并安装保护垫圈,起吊点要设在距钢管支座边缘300mm之内。

## 3 管道安装

### 3.1 定位管道安装

当沟槽的施工和基础承载能力满足相关标准要求后,就可以进行管道的定位安装。在施工时,管道高程和中心线必须控制在设计范围之内,并确保定位管道的后部面向上游,然后在拉杆中心用水平标尺对其进行水平调节,以确保后期PCCP管道的安装精度<sup>[5]</sup>。在对管线中线进行定位时,利用GPS或全站仪进行,并做好标记。在调整管线高程时,应按水平标尺进行定位,并持续调节起重高度,直至达到设计高程。定位管线调整完成后进行回填,回填时要在管线的两边均匀填土,确保定位管线的位置不会受到影响。

### 3.2 PCCP管安装

PCCP管作为钢结构,钢制承插口,连接部位采用橡胶密封件,保证管体与接头部的抗渗性能,使钢管能够承受高内压;此外,在PCCP管体上还采用高强度钢丝缠绕的方法,在PCCP管件上施加预应力,让该管件承受内外压力时,可以有效地消除PCCP的拉力,从而使PCCP具有很高的内部压力和外部压力承受力。

为保证PCCP钢管在安装后可以对外缝处理和回收,必须在管缝处开挖长1米、宽0.20米、高0.50米的施工孔洞。在进行PCCP管道吊装时,先用履带式吊车将管道的承插接口吊起到安装好的管道承、插接口附近,在吊运时,要缓慢地挪动,避免速度过快发生管道碰撞损坏;当两根管子之间的间距为10~20厘米时,将衬板置于两根管子之间。在进行管道对接之前,必须将两根管道承、插口进行清洁,以保证其表面没有任何杂质,如果管道承、

插口后边缘存在毛边等情况,应首先进行抛光,然后进行清洁。清洗完成后,将密封圈套在两根管子上,并涂上特殊的润滑油,再用工具将橡胶圈均匀地缠绕在管子上,防止橡胶圈变形,维持橡胶圈的弹性<sup>[6-7]</sup>。

### 3.3 PCCP管道接头压力试验

确保PCCP管的安装满足设计相关要求后,进行管道压力测试。将水注入到管道连接处的压力测试孔中。在试验水位达到试验要求后,在管线上方的排气口和压力试验口分别装一台压力计,将管道加压到试验压强后,等待两分钟,如果压力计没有发生变化,就说明PCCP管线的压力达到了设计要求。每一条管线都要进行三次压力测试,测试相关注意事项包括以下两点:一是在管道安装完成后立即进行压力试验,当测试结果满足要求后,才能进行下一节管线的安装;第二是在2~3个新的管线上进行压力试验;第三是完成后回填。如果PCCP管线的压力测试不合格,就必须把管子拔出来,然后再安装、测试,直至压力测试符合规定<sup>[8]</sup>。

## 4 施工中的关键事项

### 4.1 PCCP管的运输和放置

PCCP管材是一种塑料管材,在运输时要特别注意避免损坏。在输送时,应将橡胶、麻布等材料缠绕在管材外部,以达到保护PCCP管材的目的。同时,在PCCP管的底部安装一个支撑,避免在运输过程中由于车辆的振动而造成损坏,影响到后续施工。

### 4.2 管材的检查

在大规模、长距离PCCP管线工程中,施工质量不仅会受施工工艺影响,同时还会收到PCCP管线质量影响,而且PCCP管线质量还是保证工程质量的关键。对于输送到工地的PCCP管线,我们要进行及时检验,最重要的是要查看管线和附件是否有出厂证明,如果标志的技术要求不清楚,技术指标不合格,那么施工方应拒绝签收使用,此外,还需要注意观察管线的外观情况,避免使用变形的管材<sup>[9-10]</sup>。

本公司对PCCP管线的检验内容主要有:制管日期、管径、工压等级、长度、允许覆土厚度、合格标志,在检验时需按出厂证书逐一核对,确保管线质量。另外,应留意管子表面有无裂缝、气泡、空鼓、浮渣、剥落、碰伤、露筋、端面倾斜等情况,还需要做好管材管理工作,包括承插口金属面防腐、管身防腐。

### 4.3 降水排水

一般来说,在施工和安装的时候,都会将管道埋得很深,因为埋设管道的位置比较复杂,经常会有地下水,所以在施工的时候,我们要做好排水工作。在工程正式开工前,我们要对工程工地进行实地考察,了解当地的地形、水文情况,并根据实际情况,制定相应的排水措施,确保管线的施工质量和安全。

### 4.4 管道的开挖卸入

在完成了PCCP管线的勘察和挖掘工作后,需要进行管线的验收、验收,然后将管线放到沟渠中,由于管线重量和体积较大,需要专门的吊装机械来完成放置工作,但是在施工的时候,不能采用穿心吊装方式,必须在吊具外面用橡胶或麻布进行包装,以

免损坏管子<sup>[11]</sup>。在进行PCCP管线的卸载时,需要注意操作轻缓,避免机械损坏,对PCCP管线造成致命伤害,甚至有可能造成管线失效。同时,在吊运过程中,不得有人员进入,下层处不得有人员,以防出现安全隐患。在管线下沉后,管线与槽口之间要留出足够的空间,以便于调节管线的位置。

#### 4.5管道的安装作业

在安装管子前,我们要先把管子里的杂质清除掉,然后对管子进行认真的检查。由于管道施工环境的洁净度较低,而且会出现杂质,会对管线的使用造成一定的影响。因此,在正式安装管道之前,要先清洗承插口,然后清理杂质,用刮刀和砂布擦干净管口,再用润滑剂均匀地涂敷。承插口的清洗与润滑工作十分重要,需要认真落实到位,以便为以后的应用打下良好的基础。同时,在施工中,对接触面的处理也很重要,如果接缝处的连接不到位,很可能会造成密封问题,从而影响后期运行。同时,为避免在连接部位发生碰撞或摩擦,应在吊装时确保接头位置平行。

#### 4.6防腐处理

因为PCCP管线需要长时间埋在复杂的地下环境中,容易被腐蚀,所以在施工的时候,必须要做好防护措施,在PCCP管道的连接部位和管壁上都要涂上一层环氧树脂,降低管道被腐蚀风险。另外,对裸露在外的钢铁部分,我们要重点进行防腐作业。在进行防腐作业前,应先将管道表面的杂质清除干净,以确保防腐处理的效果。

除上述注意事项之外,为了完成管线的安装,还需进行水压测试及回填土的加固。

### 5 复杂地质条件下的管道固定及回填

PCCP管线在复杂地形中的固定和回填是关键环节。当管线在倾斜段时,必须由上而下,这时需要在PCCP管线中设置相应的位移观测点,精确地测量和计算管线与安装坡度,当PCCP管线坡度大于 $15^\circ$ 时,管线会出现轻微的下降,管线会逐渐拉伸,直至达到验收工作标准。根据施工方和设计者的共同研究,得出了管线下降的主要原因,其一为管线设置的岩土环境比较复杂,中粗砂垫层厚度为20cm,当管道基座坡度达到一定程度后,中粗砂层就会在管线和岩体之间产生一种润滑效果,引起下降;其二是管道安装时的外力会对管道产生不利影响。

在自由安装情况下,中厚砂垫层会受到外力作用,容易发生液化,这是导致PCCP管线安装质量下降的主要原因。针对该种情况,应采用分段隔离的方法,在三根PCCP管内分别设置一座混凝土墩,将中粗砂分开,形成一个密闭的空间载体,在坚固的岩石

结构内设置混凝土止推墩,纵向和纵向的长度为1.50米,上游50厘米,下游100厘米,止推墩的高度低于 $120^\circ$ ,采用塑料混凝土进行浇筑。在PCCP管线的安装中,有关部门应充分重视管线的防腐工作,重点关注PCCP管线连接部位的防腐。PCCP管线的接缝部位往往会有孔洞,受周边地质条件的影响,可能会造成局部积水,也可能造成锈蚀。所以在管道交界处的防腐处理中,一般都会采用高密度的密封材料,以确保管道的耐腐蚀性和密封性。

### 6 结束语

总之,在复杂的地形环境下,PCCP管线的安装必须综合考虑多种地质环境的影响,因此,有关部门要根据不同的地质情况进行合理设计,在PCCP管线的安装过程中,采取相应的施工措施来予以保障,确保每一个安装环节符合管道安装的总体工作要求,有效提高管道安装工作整体质量。

### [参考文献]

- [1]陈增峰.复杂地形下PCCP管道安装技术[J].河南水利与南水北调,2020,49(06):45-46.
- [2]李大宏.PCCP管道安装进度管理分析[J].河南水利与南水北调,2020,49(04):41-42.
- [3]李大宏.复杂地形条件下长距离预应力钢管混凝土管(PCCP)施工[J].河南水利与南水北调,2020,49(03):46-48.
- [4]陈增峰.复杂地形下PCCP管道安装技术[J].河南水利与南水北调,2020,49(03):49-50.
- [5]吴国威.PCCP管道安装施工工艺研究[J].河南科技,2019,(35):87-89.
- [6]吴国威.PCCP管道安装工艺及质量控制方法[J].河南科技,2019,(32):98-100.
- [7]封心航.PCCP管道安装过程控制研究及应用[C]//辽宁省水利学会2016年学术年会论文集,2016:15-19.
- [8]魏博,何京涛,李玉龙.复杂地形PCCP管道安装技术[C]//水与水技术(第5辑),2015:61-65.
- [9]申宝珍.议卡箍式管道安装施工中的注意事项[J].山西建筑,2012,38(03):113-114.
- [10]牟方学.南水北调中线京石段PCCP三标管道安装施工技术及其工艺[J].内蒙古水利,2008,(06):96-98.
- [11]Orynyak Igor,Bai Julia,Mazuryk Roman. Analytical Limit Load Procedure for The Axial Complex Shaped Defect in a Pressurized Pipe[J]. J. Pressure Vessel Technol,2021.