

影响 PCCP 管道对口安装质量的关键工序和质量控制要点

李帆

上海宏波工程咨询管理有限公司 上海 200000

【摘要】：目前 PCCP 输水管道在国内大型引调水工程中广泛使用，由于各管节之间对口安装的接头较多，其接头的密封严密性和承压能力是 PCCP 管道对口安装施工质量控制的核心目标和关键所在；要保证 PCCP 管道接头的密封严密性和承压能力，必须通过影响 PCCP 管道对口安装质量的各关键工序质量控制来实现这一核心目标。本文分析了影响 PCCP 管道对口安装质量的关键工序，总结提出了管沟降水和开挖、砂垫层和混凝土基座施工、PCCP 管道对口安装、沟槽回填、管节接口水压试验等关键工序的质量控制要点，以进一步保证 PCCP 管道工程对口安装施工质量。

【关键词】：PCCP 管道对口安装；关键工序；质量控制要点

DOI:10.12417/2811-0722.26.03.079

1 工程概况

环北部湾广东水资源配置工程是国家水网骨干工程、国家 150 项重大水利工程之一。是广东省委、省政府统筹粤西四市未来发展，谋划建设的重大民生工程，是广东省迄今为止引水流量最大、输水线路最长、建设条件最复杂、总投资最多的重大水利工程。工程建设任务以城乡生活和工业供水为主，兼顾农业灌溉，为改善水生态环境创造条件。工程设计引水流量 $110\text{m}^3/\text{s}$ ，工程等为 I 等，工程规模为大（1）型。环北部湾广东水资源配置工程施工 D1 标范围为湛江分干线鹤合段，工程最大取水规模： $Q=26\text{m}^3/\text{s}$ ，187 万 t/d ，多年平均年取水量 6.6 亿 m^3 。鹤合段工程由鹤地取水口、引水隧洞、廉江泵站、高位水池、合流水库进库闸和输水管道等组成。输水管道线路长 55.856km，主要沿现有骨干公路或规划道路布设，其中长 45.66 公里采用 PCCP 管道，埋管段基坑型式主要为放坡开挖与钢板桩垂直支护两种；埋管 I 段（ $7+723\sim 11+395$ 、 $13+864\sim 30+392$ ，20.20km），埋设 DN4000PCCP；埋管 II 段（ $30+392\sim 55+856$ ，25.46km），埋设 DN3600PCCP。本人作为施工 D1 标监理部成员，按照监理部的工作安排，我主要负责 PCCP 管道安装施工现场质量控制，每天都到 PCCP 管道安装施工现场进行旁站监理和巡视，及时发现和指正管道安装施工现场存在的质量和安全隐患，并对现场问题整改落实情况跟踪检查。PCCP 管道对口安装质量包括接口的密封性（不透水性）和承压能力，这直接影响管道输水安全和正常运营，是 PCCP 管道安装铺设质量控制的核心和关键。现结合环北部湾广东水资源配置工程施工 D1 标范围内的 PCCP 管道安装铺设现场施工质量监理控制工作，总结分析提出了管沟降水和开挖、砂垫层和混凝土基座施工、PCCP 管道对口安装、沟槽回填、管节接口水压试验等影响 PCCP 管道对口安装质量的关键施工工序和相应的质量控制要点。

2 管沟降水和开挖

2.1 管沟降水

（1）管沟降水对 PCCP 管道接口质量的影响分析：对地

下水位在建基面以上时，要采取有效的降水措施，确保干地作业和边坡稳定，避免建基面受水浸泡和扰动。若未有效降水就开挖沟槽，将造成建基面受水浸泡和严重扰动，加大了安装好的管道沉降和不均匀沉降，易造成安装好的管道接口拉开、变位、漏水。（2）管沟降水质量控制要点：一是分段选择合适、可靠的降水方式（常用集水明排、真空井点、管井井点）。本工程为线性工程，地下水位、管道埋深、地层岩性等均为变量，因此需要根据每段沟槽的地层岩性以及地下水位情况，分别采取不同的降水方案；对于岩性复杂的地层，单一的降水方法无法满足要求时，应当采取多种组合的降水方式；特别要注意防止施工单位为了省钱，选用简单的集水明排方式，在降水效果不好的情况下，又强行开挖沟槽。二是降水作业要保证降排水相关的设备、物资充足，必须配有足够的备用水泵、发电机等，一旦遇到突发情况能及时更换，避免地下水位突然上升、造成塌方、建基面扰动等。三是井点降水系统运行后，需要一定的周期才能达到降水效果，因此要提前进行井点的布设和抽排，避免影响降水效果和沟槽开挖。

2.2 管沟开挖

（1）管沟开挖对 PCCP 管道接口质量的影响分析：管沟开挖方式和保护不当，将造成建基面扰动和受水浸泡，加大了安装好的管道沉降和不均匀沉降，易造成安装好的管道接口拉开、漏水。开挖至高程后，应对地基承载力进行检测，当建基面地基承载力不满足设计要求时，应严格按设计或者现场设代指示进行换填压实；若地基承载力检测不准确、管基换填不密实，管道安装后易发生严重的不均匀沉降，造成管道接口拉开、变位、漏水。（2）管沟开挖质量控制要点：为了保证沟槽边坡的稳定性，要严格按照设计断面尺寸进行开挖；沟槽开挖要遵循“自上而下、竖向分层”的原则，严禁自下而上或采取倒悬的开挖方法。沟底的原状地基土不得扰动，沟底局部扰动或被水浸泡时，应严格按照设计或者现场设代指示进行换填，严禁在扰动的地基上直接铺设砂垫层或浇筑包角砼。为防止雨水流入沟槽内，沟槽四周应设置临时性截水沟；雨季开挖要注意采

取保护措施,防止降雨冲刷边坡和扰动建基面(主要针对土质边坡和基底),可在边坡和建基面上覆盖一层防水塑料膜,也可在建基面预留一定的保护层。开挖至建基面高程后,应对地基承载力进行检测;当地基承载力不满足设计要求时,应严格按照设计图纸或者现场设代指示进行换填压实;管基换填时务必分层填筑压实,保证管基有足够的承载力,防止管道安装后发生较大沉降和不均匀沉降。

3 砂垫层和混凝土基座施工

3.1 砂垫层和混凝土基座对 PCCP 管道接口质量的影响分析

PCCP 管道直接座在砂垫层或混凝土基座上,砂垫层和混凝土基座的施工质量、PCCP 管道与砂垫层或混凝土基座接触的紧密支撑程度,直接影响 PCCP 管道底部受力状况和沉降、不均匀沉降,若管道下方砂垫层或混凝土不密实、接触不紧密就会造成管道沉降和不均匀沉降量过大,将直接影响 PCCP 管道接口的质量,包括密封性、不透水性和承压能力等。

3.2 砂垫层和混凝土基座施工质量控制要点

(1) 砂垫层:中粗砂粒径、含泥量应符合设计和规范要求;按照碾压试验成果进行填筑压实;建基面为岩石基础时,要严格控制好沟底开挖标高,避免岩石基础侵占中粗砂垫层厚度;管道腋角处的砂垫层的碾压密实是极其重要的,但该部位难以用机械碾压,因此要人工采用有效手持工具填压实,要特别加强现场施工监督检查,碾压不留死角和空白,使中粗砂与管壁紧密接触,形成有效支撑角。(2) 混凝土基座:混凝土基座分两期进行浇筑,重点保证管基混凝土浇筑振捣密实。为确保管底基座混凝土浇筑密实,要严格控制一期混凝土浇筑厚度:当管底基座混凝土厚度大于 40cm 时,管底距离一期混凝土顶面不得小于 20cm;当管底基座混凝土厚度小于 40cm 时,一期混凝土浇筑厚度不得大于 20cm。一期混凝土与 PCCP 管之间采用楔形垫块进行支撑,接触面上要粘贴 1cm 厚橡胶垫,楔形垫块形状尺寸应充分考虑安装时管底与一期混凝土空间,确保楔形垫块坡面位置与管壁接触。管道安装就位后应及时进行二期包角混凝土浇筑;二期混凝土浇筑前应严格按照冷缝要求处理一期混凝土表面,缝面应无乳皮,微露粗砂。

4 PCCP 管道对口安装

4.1 PCCP 管道对口安装对接口质量的影响分析

PCCP 管道对口安装时,若安装不慎,管道安装标高、轴线误差超标,管道承、插口碰损严重,橡胶密封圈未准确就位,在插口凹槽内且出现挤压、扭曲变形和翻转变位,接口安装间隙不符合设计和规范要求,这些情况都将直接影响管道接口安装质量,严重时接口漏水、承压能力不足,要返工重装。

4.2 PCCP 管道对口安装施工质量控制要点

PCCP 管道的吊装就位对口准确,安装全过程中承、插口无碰损;采用“手拉葫芦内拉法”进行对口安装时两侧的手拉

葫芦要均匀拉进且能及时准确纠偏;对口安装橡胶密封圈准确均匀箍在插口凹槽内且无异常挤压、扭曲、翻转现象;接口安装间隙符合设计和规范要求;安装过程中的任何调整都要轻调慢动,尤其是吊车,避免损坏承插口混凝土。这些都是保证安装接口质量的关键及核心。

(1) 管道就位:管道吊装就位前,要先对管道的型号、外观进行检查,确保安装位置与排管表相符、管体无损伤,安装时要注意管道承口应朝来水方向。PCCP 管道自重较大,一般采用履带吊装,当管道移向已安装好的管道接口时,要缓慢、平稳,管道两侧以及管顶上方安排专人提前用木棍把两节 PCCP 管道相隔,以防承、插口碰坏。(2) 橡胶密封圈安装:橡胶密封圈安装前,先将管道承、插口环向接触面清理干净,然后再将胶圈套入插口端的凹槽内。橡胶密封圈套入插口凹槽后,使用铁棒插入橡胶密封圈下,绕插口环向转一圈,确保橡胶圈均匀箍在插口凹槽内,橡胶密封圈应无扭曲、翻转现象。橡胶圈安装完毕后,在外表面涂刷一层可食用植物油。(3) 管道对口安装:采用“手拉葫芦内拉法”进行对口安装。管道两侧的手拉葫芦要均匀拉进,当管道左右两侧进尺差别较大时,进尺较快的一侧立即停止拉动倒链,当另一侧赶上时再同时拉进;当两管出现严重的转角卡住时,进尺较快的一侧还需要松动倒链,调整好轴线再拉进。任何调整都要轻调慢动,尤其是吊车,避免损坏承插口混凝土。

管道对口时,要安排专人观察承插口对接情况,一旦发现胶圈有异常挤压,应立即停止进入,并检查胶圈是否完好,调整后重新安装。架设于管缝之间的内拉杠两端钢板面积要足够大,避免应力集中,受力侧要粘贴一层橡胶垫,防止损坏承、插口端混凝土,另外要控制好钢板的厚度,避免管缝超标。架设于管道外的外拉杠,与管端混凝土接触位置,应包裹柔性保护层,防止损伤管端混凝土。控制好接口安装间隙符合设计和规范要求,接口间隙不宜过小,否则内缝砂浆难以填充密实,并且管道发生不均匀沉降时容易损坏接口处的砂浆保护层。管道安装标高、轴线误差不得大于 30mm,砂基础 PCCP 管道,因管材自重作用会下沉,安装时标高要预留一定的下沉余量。

5 沟槽回填

5.1 沟槽回填对 PCCP 管道对口安装质量的影响分析

管道安装完毕后,若未及时进行回填,尤其是地下水位较高和汛期期间,上浮力较大时易漂管拉开管道接口;管道两侧回填不密实,安装好的管道侧向位移和沉降、不均匀沉降较大,也易拉开管道接口;管道两侧不对称填筑、两侧压力不平衡,也易导致管道侧向位移拉开接口;回填碾压不细心,机械碰撞安装好的管道,也易造成管道位移拉开接口和碰坏管道。由此可见,管道沟槽回填对保证管道接口质量影响重大。

5.2 沟槽回填施工质量控制要点

(1) 及时回填: 管道安装完毕后, 应及时进行回填, 尤其是汛期期间, 安装和回填必须整体推进, 管道不应长距离、长时间外露, 避免发生漂管事故。地下水在建基面以上的段落回填时, 要保持降排水系统正常运行, 不得带水回填。(2) 回填料: 采用合格的开挖料进行回填, 不得回填淤泥、腐殖土以及有机物质; 槽底至管顶以上 500mm 范围内, 不得回填坚实的大土块或掺有碎砖、石块、木块等杂物, 回填料的含水量应符合碾压试验和规范要求。(3) 填筑压实: 管道两侧要分层对称填筑, 两侧压实面的高差不应超过 300mm, 防止管道两侧压力不平衡, 导致管道侧向位移。回填压实遍数、压实机具、松铺厚度、土料含水率等参数需要与碾压试验成果一致, 每层回填后需要按照规定频次进行压实度检测。分段回填时, 相邻段的接茬应呈阶梯状, 不得漏夯。回填过程中要确保压实设备不损坏管道, 严禁载重汽车等重型机械直接从回填的管道上方行驶。要特别注意管道腋角处的回填碾压密实是极其重要的, 但该部位难以用机械碾压, 因此要人工采用有效手持工具填压密实(如捣实), 要特别加强现场施工监督检查, 碾压不留死角和空白, 使回填料与管壁紧密接触, 对管道形成有效的支撑。

6 管节接口水压试验

6.1 管节接口水压试验对 PCCP 管道接口质量的作用分析

在 PCCP 管道对口安装过程中共三次对管节接口水压试验, 分别检验管道对口安装质量、相邻管节安装的相互影响、沟槽回填对管道接口质量的影响, 发现安装过程中各关键工序的问题后, 可以及时进行相应的处理或重新安装, 这是管道对口安装过程中质量检验和控制的重要手段。

6.2 管节接口水压试验的掌控要点

管道安装施工过程中, 要严格按照施工工序及时进行三次接口打压试验, 每次试验不得拖后或省略。管道安装后进行第一次打压试验, 以检验管道安装质量; 后续管道安装 2 节后进行第二次打压试验, 以检验后续管道安装对本节管道的影响; 管道回填后进行第三次打压试验, 以检验回填质量和回填对管道安装接口质量的影响。第一、二次打压试验不合格时应立即

拔管重装, 这一点一定要严格把控, 不合格的一定重装。现场打压试验时, 要严格掌握好水压试验的合格标准。当压力升至试验压力后, 保持稳压 2min, 然后进行外观检查, 若管接头内、外侧无漏水现象, 压力表读数稳定则表明管道接头密封严密, 水压试验合格。

7 结语

目前 PCCP 输水管道在国内大型引调水工程中广泛使用, 由于管道对口安装的接头较多, 其接头的密封严密性和承压能力是 PCCP 管道工程施工质量控制的核心目标和关键所在; 要保证 PCCP 管道接头的密封严密性和承压能力, 必须通过影响 PCCP 管道对口安装质量的各关键工序的质量控制来实现这一核心目标; 影响 PCCP 管道对口安装质量的关键工序主要包括管沟降水和开挖、砂垫层和混凝土基座施工、PCCP 管道对口安装、沟槽回填、管节接口水压试验等。管沟降水和开挖要及时采取有效、可靠的降水措施, 确保管沟开挖干地作业, 避免建基面受水浸泡和扰动。砂垫层和混凝土基座要严格按照设计和规范要求施工, 保证砂垫层和混凝土基座的施工质量, 特别要保证管道下方砂垫层或混凝土的密实、接触紧密。PCCP 管道的吊装就位对口要准确, 两侧的手拉葫芦要均匀拉进且能及时准确纠偏; 对口安装橡胶密封圈准确均匀箍在插口凹槽内且无异常挤压、扭曲、翻转现象; 接口安装间隙符合设计和规范要求; 安装全过程中承、插口无碰撞, 任何调整都要轻调慢动, 尤其是吊车。管道安装完毕后, 要及时进行回填; 回填料符合设计要求; 管道两侧要对称填筑, 回填碾压密实, 特别要注意管道两侧腋角处的回填碾压密实, 此处回填料直接支撑管道, 其密实极为重要, 但该部位难以用机械碾压, 因此要人工采用有效手持工具填压密实(如捣实); 施工机械不得碰撞安装好的管道。管道安装施工过程中, 要严格按照要求及时进行三次接口打压试验, 每次试验不得拖后或省略; 第一、二次打压试验不合格时应立即拔管重装。全面加强 PCCP 管道对口安装施工过程质量管控十分重要, 严格控制好管沟降水和开挖、砂垫层和混凝土基座施工、PCCP 管道对口安装、沟槽回填、管节接口水压试验等关键施工工序的质量, 是保证实现 PCCP 管道接头的密封严密和承压能力的关键。

参考文献:

- [1] 《水工混凝土施工规范》(SL677—2014).
- [2] 《水利工程压力钢管制造安装及验收规范》(SL432—2008).
- [3] 《泵站设备安装及验收规范》(SL317—2015).
- [4] 《水利工程施工监理规范》(SL288—2014).
- [5] 《水利水电工程单元工程施工质量验收标准第 1 部分:土石方工程》(SL/631.1—2025).
- [6] 《水利水电工程单元工程施工质量验收标准第 2 部分:混凝土工程》(SL/631.2—2025).
- [7] 《水利水电工程单元工程施工质量验收标准第 3 部分:地基处理与基础工程》(SL/631.3—2025).
- [8] 水利水电建设工程验收规程(SL/T223—2025).