

大直径沉管施工技术在引调水工程中的应用

张欣 张伟 郭智嘉

中国水利水电第十二工程局有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 湛江市引调水工程第三标段为环北部湾水资源配置工程湛江分干线, 为广东省重大民生项目, 施工桩号为16+699~50+525, 全长约33.8km, 主要施工内容为输水管线, 其中过西溪河段采用沉管工艺。沉管位置位于遂溪县官湖村附近西溪河, 隶属广东省湛江市, 施工桩号为34+795.627~34+965.066, 钢管规格为DN2600mm, 壁厚26mm, Q345CZ。结合本项目的高质量实施的经验, 为今后类似项目提供参考。

关键词: 大直径沉管; 钢管; 施工技术

1 工程概况

跨西溪河沉管全长167m, 位于遂溪县官湖村附近西溪河。

1.1 主要技术指标

沉管管材采用DN2600mm、壁厚26mm、Q345CZ的压力钢管, 钢管坡口为双V型, 采用二氧化碳保护焊工艺焊接。

1.2 工程地质条件

西溪河施工期洪水水位(12月~次年3月)落潮时平均高程2m涨潮时平均高程4m, 河底设计高程-0.5m, 设计断面开挖底部高程为-8.146m。淤泥质黏土覆盖层约1~3m厚, 淤泥质黏土下方是0.8~2.5m厚含砾中粗砂, 下方为混合岩, 花岗岩。

2 管槽开挖

2.1 工程测量

由于管槽在水下, 有其特殊性, 因此在施工放样时, 将管线的中轴线、沟槽的底口及上口边线等控制线分别引测至陆上, 采用导标的方法进行控制。导标的间隔距离每40m设置一个, 在两岸水位较浅的地方采用3m长度花杆做标志, 并定期用全站仪进行复核, 以确保导标轴线准确性。

水下管槽开挖时, 开挖深度采用测深铈测量水深的方法进行粗略控制。在将要开挖至设计高程时, 采用测深仪搭配高精度RTK定位系统进行精确控制, 确保管槽底部高程偏差满足规范要求。

2.2 挖泥船定位

根据现有水文地质资料, 沉管施工期间, 西溪河段西溪河水流速为0.8m/s, 采用4根锚缆定位挖泥船, 呈八字形, 采用动力船给挖泥船抛锚定位; 待全部锚缆放到位并锚固稳妥后, 挖泥船按照岸设导标(断面花杆)的指示, 通过收放4根锚缆移动船位, 使挖泥船中线与两

岸导标(断面花杆)成一直线, 进行初步定为; 然后在基线桩上架设全站仪, 测设出船中线坐标, 根据坐标调整挖泥船准确移动至开挖区位置, 完成定位。

2.3 水下管槽开挖

当开挖至横断面边坡时, 严格按设计边坡坡比开挖, 采用分层阶梯开挖, 根据设计边坡推算每层开挖的宽度, 按照“下超上欠, 超欠平衡”的原则施工, 使开挖后的瞬时边坡挖成阶梯状, 在水流的作用下自然塌落形成所要求的坡度。如下图所示。

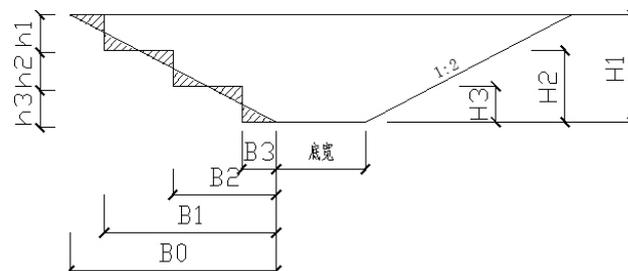


图1 分层挖坡示意图

分层挖坡宽度可按下列式计算。

$$B_n = H_n m - h_n \frac{m}{2}$$

式中: B_n —放坡距离(m);

H_n —未挖部分坡顶至坡脚的垂直距离(m);

h_n —分层厚度(m); 取2m;

m —边坡系数(m); 西溪河段小桩号一边边坡系数2.5, 西溪河段大桩号一边边坡系数2。

B_0 —坡距(m); 西溪河段小桩号一边坡距56.25, 西溪河段大桩号一边坡距28.4。

西溪河段小桩号一边计算得:

$$B_1 = H_1 m - h_1 \frac{m}{2} = 22.5 \times 2.5 - 2 \times \frac{2.5}{2} = 53.75m$$

$$B_2 = H_2 m - h_2 \frac{m}{2} = 20.5 \times 2.5 - 2 \times \frac{2.5}{2} = 48.75m$$

$$B_3 = H_{3m} - h_3 \frac{m}{2} = 18.5 \times 2.5 - 2 \times \frac{2.5}{2} = 43.75m$$

$$B_4 = H_{4m} - h_4 \frac{m}{2} = 16.5 \times 2.5 - 2 \times \frac{2.5}{2} = 38.75m$$

.....

以此类推, 水平方向5m, 垂直方向2m一个台阶

$$B_{10} = H_{10m} - h_{10} \frac{m}{2} = 4.5 \times 2.5 - 2 \times \frac{2.5}{2} = 8.75m$$

$$B_{11} = (B_{10} - h_{10} \frac{m}{2}) / 2 = (8.75 - 2 / 2 \times 2.5) / 2 = 3.125m$$

西溪河段大桩号一边计算得:

$$B_1 = H_{1m} - h_1 \frac{m}{2} = 14.2 \times 2 - 2 \times \frac{2}{2} = 26.4m$$

$$B_2 = H_{2m} - h_2 \frac{m}{2} = 12.2 \times 2 - 2 \times \frac{2}{2} = 22.4m$$

$$B_3 = H_{3m} - h_3 \frac{m}{2} = 10.2 \times 2 - 2 \times \frac{2}{2} = 18.4m$$

$$B_4 = H_{4m} - h_4 \frac{m}{2} = 8.2 \times 2 - 2 \times \frac{2}{2} = 14.4m$$

.....

以此类推, 水平方向4m, 垂直方向2m一个台阶

$$B_6 = H_{6m} - h_6 \frac{m}{2} = 4.2 \times 2 - 2 \times \frac{2}{2} = 6.4m$$

$$B_7 = (B_6 - h_6 \frac{m}{2}) / 2 = (6.4 - 2 / 2 \times 2) / 2 = 2.2m$$

2.4 定位桩式挖泥船开挖

定位桩式挖泥船施工时依靠两根定位桩的起降实施定位和移动。开挖浅水区斜坡段管槽, 开挖时自上而

下, 横向分条纵向分段开挖。在每一条中按照“纵移挖长、横移挖宽”方法施工, 横向挖完一个断面后, 升起定位桩前进一定距离开始下一断面开挖。

挖泥船横向挖宽时下斗间距要重叠1/3~1/4个抓斗宽度, 横向移位一次的宽度为3m, 小于挖泥船自身船宽的宽度(7.2m), 每次前移长度略小于挖斗张开长度(3m), 以防止漏挖。

3 钢管组焊

压力钢管由具备相应生产资质的厂家供应。第一批管道进场需进行首件验收, 每批压力钢管进场均进行联合验收。验收内容包括生产及制造的质量保证资料、检测报告等质量资料。现场按照规范及设计要求进行抽样检测、检验、试验等。

3.1 钢管吊装

根据现场实际情况, 钢管吊装使用75T履带吊, 使用专用吊带下管, 吊带吊点与管道夹角要大于60°。

3.2 钢管对口、定位焊接

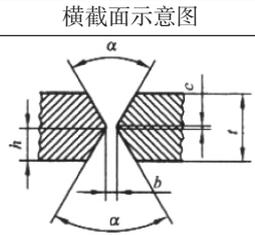
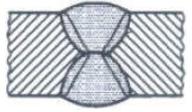
钢管在制作时预制钢管现场焊接坡口(双V型), 首节与第二节钢管组装时, 将钢管的对接节点设置在中间位置, 通过千斤顶式内对口器调整钢管对口时的错边量。

对口组对若有错边, 应均匀分布在圆周上, 严禁采用锤击方法强行管口组对。根焊道焊接完成后, 严禁再校正管道的错边量。对口时内壁齐平, 错口的允许偏差为壁厚的15%, 且不得大于3mm。

3.3 钢管焊接

根据设计文件, 坡口形式见下表:

表1 坡口形式表 (mm)

横截面示意图	坡口角 α	间隙b	钝边c	坡口深度h	焊缝示意图
	$\alpha \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	$c \leq 2$		

定位焊后应尽快焊接环缝, 每条焊缝连续完成, 不得中断。环缝焊接采用二氧化碳保护焊, 2人对称焊接, 焊接速度等基本保持一致, 焊接时用风铲锤击焊缝以免焊接收缩产生过大的拘束应力而引起移位变形。焊接时, 采取措施避免洞内渗漏滴水或露天风雨影响环缝焊接, 并严格遵守施工工艺的各项要求。焊接时保持管内通风良好。

每个焊工应用标志记号以识别自己的焊件。焊工每焊完一道焊缝, 在其附近轻轻打上自己的钢印号。

4 沉管施工

4.1 施工前准备

确定沉管日期后需提前15天, 按照规划、水利、防洪、航道、海事等部门的有关规定办理报建手续, 办理沉管、横管施工期间的航道全封航申请(7天左右), 并预先由海事部门在相应媒体发布公告。

4.2 管道溜放下水

管段岸上焊接, 首节管端头采用同管径同厚度的钢板焊接进行封堵, 并设置加强筋, 同时在堵板上设置进

水管、排气管和阀门，焊接完成一节，溜下水一节，利用管节自身浮力浮于岸边水面。

为防止水流冲击对管造成弯曲应力过大损坏管道，钢管浮于水面时，管头采用有效起重能力50T起重船固定，管尾设两个地锚，通过钢丝绳固定。

4.3 横管

(1) 横管方法

沉管总成长度约168米，在风力小于4级，水流速度低于每秒0.8米的情况下进行管道浮运工作。（如果不具备这样的天气条件，停止横管作业和沉管作业，根据气象部门、海事部门提供的多年数据综合分析表明，在每月的农历7日至12日、20至27日小潮汐期间具备这样的天气、水流条件）。

(2) 多点协同吊运技术措施

采用5艘起重船配合横管，横管时5艘起重船已在在

过河管一侧（即凹起侧）就位并抛锚固定。右岸履带吊将管道尾部固定，1艘75KW动力船将管端从右岸向左岸推出，随着拖管的长度增加，5艘起重船逐步收紧钢丝绳，水平划弧，旋转漂管过河。拖管过程中起重船控制浮运速度，根据实际情况控制浮运状态，使浮运时管道允许的曲率半径控制在弹性范围内，尽可能使管段直线浮运。为避免钢管外防腐材料破损吊点处选用棉布柔性专用吊带采取兜吊的方式起吊。

4.4 沉管

(1) 吊点布置

根据钢管的长度（167），本方案考虑设计7个吊点，弯头斜管段吊点由两岸履带吊配合起重船起吊，直管段设三个主吊点，由三艘起重船起吊。吊点应处于管道中心线上，以免在吊装时管道发生扭转。吊点设置如下图所示。

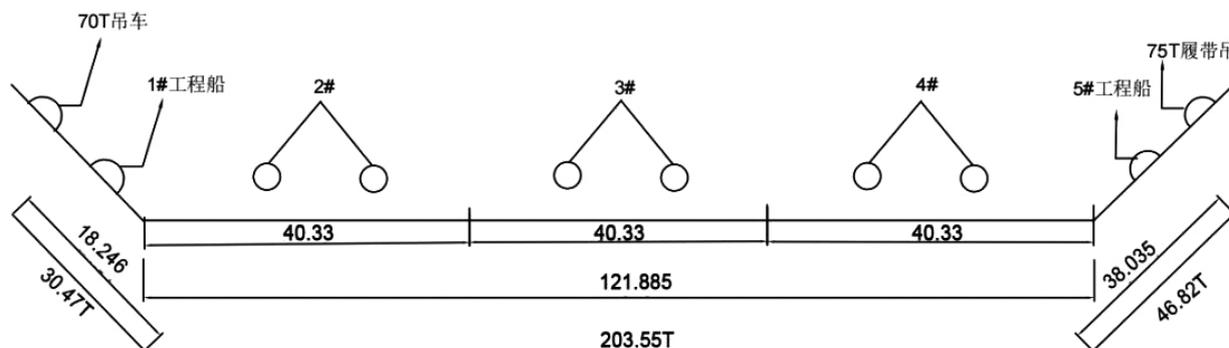


图2 钢管吊点设置示意图

经浮力计算，钢管质量为1.67t/m，管道体积排水质量为5.5t/m，钢管灌满水后质量为1.67+5.3=6.97T/m，折合每米的净质量为1.7t，钢管水平段（长121.885m）设置3个吊点，每个吊点所承受的重量约为67.85t，布置3艘60t的起重船完全满足要求；弯管段右岸长28.035m，重约46.82t，配备1台75T履带吊和1艘50T起重船可满足吊装要求；弯管段左岸长18.246m，重约30.47t，配备1台75T履带吊和1艘50T起重船可满足吊装要求。

(2) 定位

当管道横进管中基槽内浮于水面时，管道两端利用岸边的两台履带吊精确定位，水面利用起重船对管道轴线进行精确定位。确保管道准确定位于中轴线上。全站仪两台立于两岸配合精确定位。

(3) 进水

当横管定位完成后，即可打开管道的进水阀和排气管，右岸端进水，排放口排气，利用2台水泵注水，控制缆控制管段进水，此时管段要保持好适当的位置形态，使管段在一端进水时另一端排气顺畅，防气阻和水锤的

产生。

(4) 下沉就位

灌水过程中，密切关注灌水总量，当管体的重量加水的重量略大于浮力时，此时沉管处于临界状态，管道开始下沉。因管内的水流动空间较大，保持沉管平衡是沉管下沉的关键。沉管总指挥根据管道排气端的排气情况分多次指挥各吊船同时平稳匀速释放吊索，使钢管逐渐下沉。在管道下沉过程中，起重船主要控制管道形态，下沉过程中务必控制下沉速度，各吊点同时不断进行调整，使管道均匀下沉，管道受力控制在容许范围内。

5 注意的问题

(1) 河道交通管制组织

由于西溪河是通海河流，必须按国家航道法及相关法律法规进行工程建设，按海事部门的要求办理了水上水下施工需可证；

因为本工程工期紧，施工时间短，根据工艺及现场的实际情况，经申请由海事部门同意，本工程施工河段全天候禁航施工，为了确保施工期的河段安全，我们按

省航务、海事局批准的通航条件影响评价、安全评估中对施工期应设置的助导航标志进行了设置与维护；西溪河设置招呼站一个、施工河段上下游禁航航标船两艘、安全提示标志两个，永久性管线标两个。

(2)本工程DN2600大口径一次性沉管设备和措施要确保到位，安全系数要加大，特别是一一次性沉管段弯头处90度翻转要确保一次性成功。

6 结语

沉管施工相较于架桥及顶管施工费用底、效率高，但是对焊接、防腐、沉管等施工技术要求较高，且水下修补困难，必须确保一次性施工到位。本工程的沉管施

工从质量、安全、进度上满足各方要求，取得了良好的效益。本次成功完成沉管施工为以后的类似项目提供了宝贵的经验。

参考文献

[1]刘敏林.“沉管施工技术在过河管道中的应用.”西部探矿工程 16.9(2004):2.

[2]王中荣.“水下沉管施工技术.”中国高新技术企业 7(2007):2.

[3]陈慕贞,蒋明曦,and刘家杰.“大直径长距离过江供水钢管水下整体吊装沉管施工技术.”广东土木与建筑 4(2010):3.