# 浅谈超大直径钢管外带加劲环卧拼工艺革新技术

邝任廷 李耀燎 王景浩 (中国水电八局机电公司 湖南 长沙 410000)

摘要:近年来,随着水电站及引水工程的发展,压力钢管的直径也越来越大。且目前国内引水工程压力钢管最大直径为3.6m,对于外带加劲环超大直径钢管、多节管节组成的管段制造时,受到钢管椭圆度变形的影响,一般传统制造工艺为单节管节在平台上立放(钢管轴线垂直于地面)后拼焊加劲环,再将管节整体组拼焊接成管段。采用钢管传统制作工艺,钢管加劲环拼装效率较低,且需占用大量施工场地,人员投入较大,在整改拼装过程中需要吊装设备全程配合,钢管加劲环拼装成本较大。尤其在钢管制作场地受限的情况下,钢管需采用加劲环拼装卧式拼装流水线生产的方式,创新钢管制作工艺尤为重要。

关键词:钢管;加劲环;卧拼;流水线

## 0 引言

作为广东省有史以来最大投资工程,输水线路总长度 113.2km。A4标钢管总工程量为 40911t,采用外带加劲环直径为 4.8m的压力钢管作为内衬,而目前国内外引水工程内衬钢管内径一般小于 4.8m,且板厚小于 20mm,由于现场提供压力钢管场地受限,制造厂尺寸为 112×36m,厂内仅设置了 2 台 20t 桥机,由于工期紧张(制造安装工期为 2022 年 3 月至 2023 年 8 月),若采用常规钢管制作工艺难以满足制作工期要求,为提高钢管制造效率,钢管采用流水线生产,卧拼型式制造,可以减少吊装设备、生产场地和人员的投入。采用卧拼型式制造钢管,由于钢管椭圆度变形的影响,制约了外部加劲环的拼装。为此采用新型的加劲环拼装方法显得尤为重要,将颠覆钢管传统制作工艺,为钢管制造带来全新的工艺;同时可较大的降低制造成本,提高钢管制造效率。钢管流水线制作成功案例具有较大的推广价值。

#### 1 概况

珠江三角洲水资源配置工程由输水干线(鲤鱼洲取水口至罗田水库)、深圳分干线(罗田水库—公明水库)、东莞分干线(罗田水库—松木山水库)和南沙支线(高新沙水库—黄阁水厂)组成,输水线路总长度113.2km。本工程从珠江三角洲网河区西部的西江水系向东引水至珠江三角洲东部,主要供水目标是广州市南沙区、深圳市和东莞市的缺水地区。

珠江三角洲水资源配置工程土建施工 A4 标为输水 干线鲤鱼洲取水口至高新沙水库段的一部分。该标段起 点为佛山市顺德区勒流街道的 SD05<sup>#</sup> 工作井(本标不含 该井),线路向东布置,在龙洲公路南、北侧各布置 1 条隧道,穿过佛江高速南水立交,并在伦教街道仕版村 附近设置顺德应急分水口,线路向东南向下穿广州绕城 高速后,沿广州绕城高速南侧布置,穿过广进汽车城, 至伦教街道的 SD08<sup>#</sup> 工作井。

A4标段总长约 7.57km 的双线输水隧道,采用标准的盾构隧道尺寸,最大坡度为 1.2‰,最小转弯半径 394m,压力钢管与盾构管片之间填充高性能自密实混凝土,混凝土强度等级为 C30,抗渗等级为 W12。压力钢管总工程量 4091lt,钢管采用钢材 Q355C,壁厚为 20mm,内径 4.8m,钢管外侧设置加劲环,加劲环采用钢材 Q355C,高 120mm,宽 24mm,间距 1.2m。钢管在钢管厂按 12m/ 段制造成型出厂运输至隧洞内进行安装。

#### 2 加劲环制造

加劲环制造传统工艺为单圈加劲环一般分为6~8块扇形瓦块,瓦块采用数控等离子切割直接下料成型,由此将导致钢板采购损耗较大,损耗超过20%以上。考虑到本工程加劲环制造工程量较大(达到4100t),加劲环瓦块采用下料方式损耗较大。为此,拟采用压制成型方式制造。

单圈加劲环分为 3 块拼焊成型,根据单块瓦块弧长换算成直条长度,采用直条数控机切割成直条(尺寸为20mm×120mm×5194mm),由此将加劲环原材料损耗由原 20%降至 4%。直条下料后采用卷制机对加劲环进行压制成型,其弧度采用 1.5m 长样板检查间隙控制在2mm 内。压头前采用自行设计的专用压头装置对直条进行压头,保障其两端弧度。

# 3 加劲环拼装

为了解决钢管采用流水线生产卧拼型式制造难题,

钢管加劲环拼装是最大问题。为解决钢管自身卧室的椭 圆问题,且能实现加劲环拼装功能,需设计一套先进工 装,即钢管加劲环拼装装置设置。

#### 3.1 工装设计

钢管加劲环拼装装置由左侧钢管加劲环拼装装置和右侧钢管加劲环拼装装置组成,分别布置在钢管两侧对称布置,具体如图所示。单个钢管加劲环拼装装置包括支撑座1、液压系统2和胎膜装置3。支撑座1由支撑座架1-1和滑台1-2组成,滑台1-2通过焊接连接在支撑座架1-1上,支撑座固定在预埋基础4上。液压系统2包括铰链2-1、液压缸2-2、铰链2-3、滑轨2-4、铰链2-5、铰链2-6、液压缸2-7和铰链2-8。液压缸通过铰链与相关部件连接,滑轨在支撑座滑台上可以滑

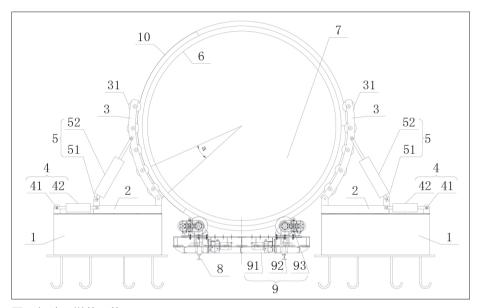


图 加劲环拼装工装

动运行,保障在液压缸 2-2 工作时胎膜装置 3 可以水平移动。液压缸 2-7 通过铰链 2-8 与胎膜装置 3 连接,保障在液压缸 2-2 工作时胎膜装置 3 可以斜向运动。通过液压缸 2-2 和液压缸 2-7 可以实现调整钢管椭圆度。胎膜装置 3 包括胎膜板 3-1、滚轮 3-2 和连接轴 3-3。胎膜板 3-1 和滚轮 3-2 通过连接轴 3-3 装配在一起,滚轮可以灵活转动。

#### 3.2 原理

用上述装置进行钢管加劲环拼装,包括以下方面: 将单节钢管通过组对成管段后,钢管通过滚焊台车

运输至钢管加劲环拼装工位处。此时左右侧钢管加劲环拼装装置都远离钢管,便于钢管进入工位内。将加劲环吊装放置胎膜装置 3 上,滚轮 3-2 设置了 V 型开口便于加劲环进入,滚轮内轮宽控制比加劲环厚度多2mm,便于控制加劲环直线度和定位。钢管进入加劲环拼装工位区后,胎膜装置 3 夹带加劲环通过液压系

统 2 滑轨往钢管侧水平移动,通过液压缸 2-7 工作实现 装置侧向施加压力,从而使两侧钢管加劲环拼装装置 形成对称压力,对钢管实现椭圆度调整功能。其次通 过滚焊台车带动钢管旋转,加劲环在滚轮 3-2 内会跟随 钢管转动,从而实现钢管可以在固定位置(角度 α 位 置)与钢管外壁贴合拼装,依次转动钢管带动加劲环 同步转动至钢管与加劲环最贴合的位置进行点焊固定, 从而实现加劲环拼装完成。加劲环与钢管拼装完成后, 左右侧钢管加劲环拼装装置向两侧退开,滚焊台车承 载钢管驶离加劲环拼装工位进入下一道作业工序。

根据钢管整段上加劲环纵向间距可设置多个钢管加劲环拼装装置,实现多圈加劲环同时拼装,提高拼装效率。此装置不影响钢管采用滚焊台车在流水线上作

业,有效地解决了钢管椭圆度对钢管加劲环拼装的影响,且大大降低了吊装设备使用时间。多个钢管加劲环拼装装置之间定位准确,可以减少加劲环拼装前在钢管上放样工序,提高了施工效率。装置可以调整钢管椭圆度,使加劲环与钢管在最佳贴合位置进行拼装,保障了施工质量。

## 3.3 具体操作流程

动作1:主、副夹具复位至设定位置,待拼加强环管段移动至加强环拼装设定位置。

动作 2:操作工装副夹具实心滚轮靠近钢管外壁,滚轮与钢管外壁间距控制在 5~10mm 范围内,且实心滚轮与管壁距离保持均匀一

致。

动作 3:使用悬臂吊将待拼加强环吊装调整就位(临时吊耳焊接于加劲环背面 2/3 位置处,注意区分加劲环坡口方向)。

动作 4:操作主夹具伸出,当主夹具滚轮槽靠近加强环外缘 20~30mm时,控制活塞杆伸出速度,使滚轮槽缓慢卡入加劲环,主夹具继续伸出,使加劲环与内衬钢管外壁紧密贴合且满足技术要求。

动作 5:加强环与钢管壁采用断续定位焊接固定。 断续焊间距、焊缝长度及厚度满足技术规范要求。

动作 6: 操作主夹具后退,使滚轮卡槽脱离加劲环, 且保持 50mm 左右的安全距离,操作滚焊台车带动钢 管旋转至加强环下一个推压位置,直至单块加强环拼 装固定完成。

动作 7: 重复流程动作 3 ~ 动作 6, 直至单圈加强 环拼装固定完成。 动作 8:主、副夹具全部复位,重复拼装流程动作 1~动作 7,直至整段内衬钢管加强环拼装完成。

#### 3.4 施工安全技术措施

- (1) 做好液压系统的日常维护和定期检查工作,并 按设备检查表内容如实填写、记录(编制加强环拼装设 备日常维护、维修及定期检查表)。
- (2) 环拼装施工人员必须严格按加强环拼装流程执行。
- (3) 划分安全警戒区,其他无关人员禁止进入,做 好设备设施的防护。
- (4) 环吊装用临时吊耳需焊接牢固,使用悬臂吊在流水线之间狭窄空间吊装加强环时,必须确认有起吊空间、控制起升速度;严禁刮碰、歪拉斜拽或强制起吊; 严禁吊装时吊物下站人;禁止使用竖夹吊装加强环。
- (5) 严禁多台悬臂吊在交叉覆盖区域内同时吊装作业,2台悬臂吊在同一侧作业时,保持足够的安全距离,如不能保持足够的安全距离,必须适当按错开吊装时段,避免交叉作业,做好现场全程安全监护。
- (6) 车间 20t 桥机运行时,桥机小车运行必须避开 钢管加强环拼装区域,如需桥机吊送材料至钢管加强 环拼装区域,必须有专人安全监护,避免桥机运行时 与悬臂吊群发生刮碰事故。
- (7) 高空、临边作业人员必须佩带好安全绳,安全绳挂钩悬挂点必须牢固、稳定,并符合相关安全规定。
- (8) 副夹具各滚轮与内衬钢管外壁间距需均匀一致,避免在工装使用时因受力不均匀发生危险。
- (9) 严禁在主、副夹具压紧加强环及钢管外壁时, 操作滚焊台车带动钢管转动。
- (10) 确认在同一管段作业的 2 套加强环拼装设备的主、副夹具完全复位后,且无任何干涉情况下,才能操作滚焊台车带动钢管沿流水线方向水平移动。
- (11) 作业过程中,严禁敲击液压油缸缸体,防止气保焊飞溅伤害活塞杆伸出部分。
- (12) 焊接作业时,严禁焊枪擦碰液压缸体及活塞杆伸出部分。

根据钢管整段上加劲环纵向间距可设置多对对撑机构,实现多圈加劲环同时拼装,提高拼装效率。此装置有效地解决了钢管在平卧状态下,由于自身重力造成钢管的圆度不佳,如变成椭圆管,而不能拼装的问题。各对对撑机构能够相对移动调节,便于钢管定位准确,可以减少加劲环拼装前在钢管上放样工序,提高了施工效率。此装置可以调整钢管的椭圆度,使加劲环与钢管在最佳贴合位置进行拼装,保证了施工质量。此钢管加劲环拼装方法,采用钢管加劲环拼装装置进行,使钢管在平卧状态下进行加劲环拼装、降低了加工成本和提高了拼装效率。

## 4 加劲环焊接

钢管加劲环焊接为钢管在生产线上卧拼状态下进行。

焊接顺序: 先加劲环对接焊, 然后加劲环与钢管角焊缝焊接。

加劲环对接焊: 气体保护焊  $(80\%Ar+20\%CO_2)$ , 焊材选用碳钢焊丝 ER50-6  $\phi$  1.2mm ; 焊接参数: 120  $\sim$  260A. 20  $\sim$  30V。

加劲环角焊缝焊接: 为提高焊接效率,采用 2 台 埋弧 焊 同步对称焊接。焊材选用 H10MN2, 焊丝  $\phi$  4.0mm, 焊剂 SJ101;

- (1) 加劲环对接焊接前先将坡口四周 50mm 范围内清除杂物,打磨光滑,坡口间隙控制在 2mm。
- (2) 加劲环与内衬钢管焊接前应清除毛刺、锈迹等。
- (3) 加劲环与内衬钢管焊接为钢管在滚焊台车上转动,为控制加劲环变形,2台埋弧焊焊工应做到同步操作,加劲环两侧应同步对称焊接,保证焊接质量,提高焊接效率。
- (4) 为控制内衬钢管变形,从内衬钢管中间往两边 退步对加劲环进行焊接。
- (5) 加 劲 环 对 接 焊:50%UT+5%MT (PT)+100%VT,加 劲 环 与 内 衬 钢 管 焊 接:5%MT (PT)+100%VT。超声波检验等级为 B 级、焊缝质量验收等级为 2 级、磁粉检测焊缝表面质量验收等级为 2 级、渗透检测焊缝表面质量验收等级为 2 级。

## 5 结语

珠江三角洲水资源配置工程土建施工 A4标钢管目前已制造成型质量合格率达到 100%,钢管制造采用流水线生产,实现了在钢管厂面积仅有 4038m²的基础上,2条生产线功效可以达到3段/天,场地产出比达到 6t/m²,得到了业主、监理、设计等单位的一致好评。同时,为后续超大直径外带加劲环钢管制造提供了新工艺和实践经验,其制造工艺具有较高的实际应用价值,经济效益和社会效益明显,具有广阔的推广前景。

#### 参考文献:

- [1] 董德展. 压力钢管加劲环埋弧自动焊接工艺设计 [J]. 工程技术(引文版),2016(41):143+145.
- [2] 王文铭. 大直径钢管复合桩施工技术及成桩检测
- [J]. 城市道桥与防洪,2017(08):148-150+158.
- [3] 杨斌财. 港珠澳大桥桥梁工程钢管复合桩施工及质量控制[J]. 工程质量,2019,37(11):1-4+13.