

## 焊接机器人在闸门底轴上的焊接应用

陈丽霞

浙江江能建设有限公司, 浙江 杭州 310051

**[摘要]**翻板闸门大直径底轴单体尺寸大, 工作配合尺寸精度要求高, 焊接难度大、质量难保证, 焊接强度高。为保证翻板闸门的安装精度, 确保大直径底轴焊接质量, 减轻焊接强度, 有效控制施工工期。技术部门根据设计要求及现场实际情况, 参考各个行业成熟经验, 进行技术提升、研发专用焊接机器人, 编制焊接工艺, 通过全位置智能焊接机器人, 有效保证了大直径底轴的焊接质量和闸门安装精度, 确保项目安装工作如期完成。

**[关键词]**焊接机器人; 闸门底轴; 焊接

DOI: 10.33142/hst.v4i6.4862

中图分类号: U466

文献标识码: A

### Application of Welding Robot on Gate Bottom Shaft

CHEN Lixia

Zhejiang Jiangneng Construction Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

**Abstract:** The flap gate has large diameter, large single size of bottom shaft, high requirements for dimensional accuracy of working coordination, difficult welding, difficult quality assurance and strong welding strength. In order to ensure the installation accuracy of flap gate, ensure the welding quality of large-diameter bottom shaft, reduce the welding strength and effectively control the construction period, according to the design requirements and the actual situation on site, and referring to the mature experience of various industries, the technical department carries out technical improvement, develops special welding robots, and prepares the welding process. Through the all position intelligent welding robot, the welding quality of the large-diameter bottom shaft and the installation accuracy of the gate are effectively guaranteed, and the installation of the project is completed on schedule.

**Keywords:** welding robot; gate bottom shaft; welding

#### 1 技术要求

(1) 底轴采用中空结构, 用 Q355B 钢板卷制焊接而成,  $\delta$  80mm, 整体焊接, 底轴总长 68m。焊缝按一级焊缝要求, 100%焊缝长度进行超声波探伤及外观检查合格, 并符合 JB1151《高压无缝钢管超声波探伤规定》。凡是采用焊接的部位, 均应提供焊缝探伤资料。

(2) 底轴焊接工作量大, 为确保质量, 采取下列措施: a、进行焊接工艺性试验, 编制焊接工艺设计; b、焊接后应进行有效的退火消除焊接应力的处理。

(3) 翻板闸门运行成功与否的关键之一在于底轴的安装, 现场安装精度应重点控制底轴及轴承总成的安装精度, 确保底轴安装后的实际轴线与理论轴线的同轴度偏差不大于 0.2mm/m, 全长同轴度偏差不大于 3mm。底轴应能灵活转动, 不得有卡阻现象。

#### 2 技术措施

##### 2.1 底轴安装

分段对接, 并使用经纬仪、水准仪和钢弦线对每段底轴进行空间位置定位, 使用 API 激光跟踪仪进行全位置尺寸复核, 确保底轴安装精确。

底轴中间段采用焊接连接, 左右两头各预留一节与中间段采用法兰连接, 并适时调整, 确保底轴在同一条轴线上, 并对准两台启闭机中心线。

##### 2.2 焊接前工艺、方案编制

分段底轴管之间现场采用焊接联接, 所设计的焊接联接设计方案符合规范要求, 且是科学合理的联接方案, 主要体现在:

(1) 分段底轴管联接处设计采用了满足强度、刚度和高精度定位要求的定位内套管, 与底轴管径向之间配合间隙小, 打底焊接时又可作为“钢衬垫”, 使根部焊透保证焊接质量, 在采取合理的焊接方法和焊接工艺下, 焊接后底轴在

定位套管作用下,底轴同轴度和弯曲度控制在设计和规范要求范围内。

(2) 设计的分段底轴管联接焊缝型式和坡口开设方案,满足规范要求,而且焊道

面积小,即填充金属少,相对焊接热影响区范围小,在焊接过程热输入较小,焊接残余应力降低,此外该焊缝的结构形式焊后焊缝主要产生拉应力,产生的压应力可以忽略不计,焊后只需进行消应后热处理,就可以有效避免焊缝中裂纹缺陷的产生。

(3) 底轴管分段组装后,进行定位焊,定位焊对称并均布。对底轴管上所带的轴承座初步就位,满足同轴度的要求,同时满足与翻板闸门、液压启闭机的联接及定位要求,各项检查完成后,使用焊接机器人对底轴环焊缝进行焊接。

(4) 焊接前按现场工况,制造试验段用焊接机器人进行焊接试验,确定焊接各项参数和工艺。

### 3 施工设备

#### 3.1 全位置智能焊机(四轴全封闭式小车)两台

该智能型管道全位置自动焊接机器人采用管子固定,焊接小车自主爬行的方式实现管道的全位置智能焊接(5G焊接),焊接工艺采用高效率、低成本的Ar+CO<sub>2</sub>气体保护焊(GMAW),焊丝可选实芯焊丝或药芯焊丝,整个焊接更趋于合理化,操作更趋于人性化<sup>[1]</sup>。

机型为有轨式,采用磁力吸附于轨道上,焊接时顺着焊道自动爬行,安装、使用及拆卸快速完成,非常便捷。控制系统为HW-ZD-200型,自动焊接时可通过无线遥控设置管道的单层单面12点的电流电压以及焊速、摆速、摆宽、左右停留时间等参数、根据管道的厚度不同设置焊层,在整个焊接过程中设备会按照设置的参数自动焊接,焊接小车从6点钟位置自动焊接到12点钟位置后自动停止焊接,然后自动回到6点钟位置,接上一个焊接接头,无需人为操作,自动起弧焊接到12点钟,停止后完成下一变设置的参数,所有焊接的层数完成后自动停止<sup>[2]</sup>。

#### 3.2 其他设备

全封闭防风保温棚、全位置包裹加热保温设备等。

### 4 机器人焊接

(1) 为了保证焊接质量和减少焊接变形,根据已做焊接工艺评定,底轴焊接方法选用二氧化碳气体保护焊,选用与母材(Q355B)相匹配的焊丝CHW-50C6,直径 $\Phi 1.2\text{mm}$ ;保护气体选用含氩气85%的混合气体。气体保护焊具有线能量小(输入能量小)、焊接速度快、焊接变形小等优点。

底轴组装完成后,在正式焊接前进行定位加固焊,焊接要求跟正式焊缝一样,底轴焊接应在轴向自由状态下进行。本项目焊接设备选用NBC500A型逆变式气体保护焊机,焊丝选用ER50-6,保护气体选用Ar(85%)+CO<sub>2</sub>(15%)混合气体。

(2) 技术准备:根据已做的焊接工艺评定,编制底轴焊接工艺规程,底轴现场对接焊缝坡口为:

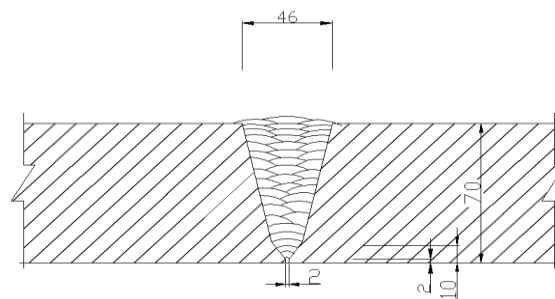


图1 底轴现场对接焊缝坡口

#### 4.1 焊前准备

(1) 焊接之前,清理焊缝及焊缝两侧10~20mm范围内无油污、铁锈、毛刺等杂物,直至露出金属光泽。

(2) 焊缝的坡口型式与尺寸应符合施工总图的规定。当施工总图未注明时,按GB985和GB986执行。

(3) 定位加固焊要求:长度50~100mm,间距100~400mm,焊缝高度不超过正式焊缝高度的一半,最大不超过6mm。

#### 4.2 焊前预热及层间温度控制

主要是防止焊缝产生氢致裂纹、降低冷却速度,减少焊接应力及变形、改善焊接接头性能。

底轴材料为Q355B,水闸和船闸板厚分别为80mm和60mm,钢材类组别为II-1,预热设备采用电加热器及测温计,

水闸底轴板厚 80 mm 预热温度为 100~120℃, 船闸底轴板厚 60mm, 预热温度为 80~100℃, 预热时必须均匀加热。需预热焊接的焊缝进行定位焊时, 也应进行焊前预热, 预热温度较正式焊缝预热温度高 20~30℃。使用碳弧气刨清根时也按预热要求执行。

电加热器装设沿焊缝环向布置, 吸附在焊缝两边, 预热区的宽度应为焊缝中心线两侧各 3 倍板厚, 且不小于 100mm 范围, 其温度测量在距焊缝中心线各 50mm 处对称测量, 每条焊缝测量点不小于 3 对, 测量间距为 1000mm, 加热过程需记录。加热板的装设、拆除, 应轻拿轻放。

焊缝层间温度不低于预热温度, 且不应高于 230℃。多层焊时应连续施焊, 每一道焊完后应及时清理焊渣及表面飞溅物, 若中断施焊, 应采取保温措施, 必要时应进行后热处理, 再次焊接时重新预热温度应高于初始预热温度。

环缝焊接后应立即进行后热处理, 后热温度取 200~230℃, 保温时间 2 个小时。后热的电加热器的布置和操作方法与预热的相同。

预热温度经初检、复检、终检达到要求, 由监理在开焊单上签字认可后, 方可进行焊接。对正式施焊前的预热温度计入焊工个人工艺卡中。

### 4.3 焊接规范及参数选择

底轴焊接规范以控制线能量输入为主, 须保证焊接质量和控制焊接变形, 其典型施焊参数见下表 1:

表 1 气体保护焊标准焊接规范

焊材	规格	焊位	电流 (A)	电压 (V)	速度 (cm/min)	线能量 (KJ/cm)
大西洋CHW-50C6焊丝	Φ1.2	平	220~320	26~35	30~40	≤25
		立	140~220	22~28	32~35	≤25

焊工在焊接过程中, 应严格遵守上述焊接规范要求, 确保焊接线能量不超出上表所规定值。质检人员应对焊工焊接参数如实做出记录, 作为焊接检测资料备案。

### 4.4 焊接顺序及要求

选用合理的焊接方法及焊接参数可以减少焊接变形。焊接热输入较小时, 可以减少焊接变形, 从焊接生产率来考虑, 热输入又不宜过低。采用分段、逐步退焊等措施, 可以影响焊接温度场, 减少焊接变形量, 避免弯曲变形。

底轴环缝为全位置环焊缝, 水闸工作门外径 Φ2000mm, 船闸工作门外径 Φ1500mm, 焊接坡口设置为外坡口, 从“U”形过渡到“V”形, 内设钢衬套管, 作为垫板焊。

水闸工作门底轴共有 7 条环缝, 从中间开始向两头施焊, 不得跳跃施焊;

每条环缝由二台焊接机器人同时匀速对称多层多道焊等, 焊接参数基本保持一致;

焊接时, 应在坡口内引弧、熄弧, 不得在母材非焊接部位打弧, 熄弧时应将弧坑填满, 多层焊的焊接接头应错开: 焊条电弧、气体保护焊应错开 25 mm 以上。

焊接中间焊层时可配合锤击消除部分应力;

遇有穿堂风或风速超过 8m/s(气保焊不超过 2m/s)的大风和雨天、雪天以及环境温度在-5℃以下, 相对湿度在 90% 以上时, 焊接处采用可靠的防护措施, 方可施焊。

焊接过程中, 经常用样板检查钢管弧度, 并根据变形情况, 适时调整外缝焊接顺序。

焊接完毕后, 焊工应将焊缝表面的飞溅、熔渣等清理干净, 并检查外观质量。

### 4.5 焊接过程

焊接机器人吸附于安装在底轴的轨道上, 通过无线遥控设置管道的单层单面 12 点的电流电压以及焊速、摆速、摆宽、左右停留时间等参数、根据管道的厚度不同设置焊层, 整圈焊道分 24 点, 点数有内部角度传感器控制, 角度精度 0.5mm, 所有参数设置完成后可通过遥控存储下载调用, 焊接时只需调用参数可实现自动焊接、自动焊接时焊接小车自动下到 6 点钟方向自动起弧焊接, 无需人为操作自动焊到 12 点钟位置时自动停止。在整个焊接过程中设备按照设置的参数自动焊接, 焊接小车从 6 点钟位置自动焊接到 12 点钟位置后自动停止焊接, 然后自动回到 6 点钟位置, 接上一个焊接接头, 无需人为操作, 自动起弧焊接到 12 点钟, 停止后完成下一变设置的参数, 所有焊接的层数完成后自动停止<sup>[2]</sup>。

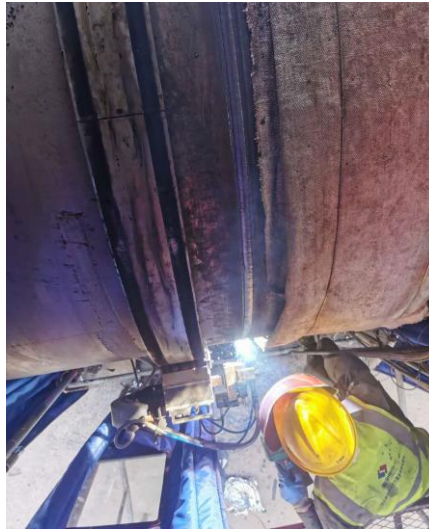


图2 焊接过程图

## 5 质量保证措施

### 5.1 焊材的干燥、保管、使用要求

所有焊材须具有出厂材质证明书和质量保证书，并按相应的标准进行入厂检查验收，如对材质有怀疑时，应进行复验，合格后方可使用。

药芯焊丝在启封后，宜及时用完。不用的焊丝应密封包装回库储存；

其他要求应符合《焊接材料质量管理规程》JB/T3223 的规定；

### 5.2 焊接人员

焊接操作人员为须持有相关部门颁发的焊工合格证（有效，且与焊接位置、焊接方法相对应），底轴焊接前对焊工进行技术交底，并进行相关培训考试。考试合格后方可允许焊接，焊接过程中，严格按作业指导书及相关工艺要求进行施工。

### 5.3 焊接检测

底轴环缝为一类焊缝，质量检测分为外观检测和无损检测。外观检测应在焊接接头冷却到环境温度进行，外观质量和尺寸须符合 NB/T35045 规范要求的规定。无损探伤采用三种方法检测：磁粉探伤（MT）10%；超声波探伤（UT）100%；衍射时差法超声波探伤（TOFD）探伤 25%，TOFD 探伤等效与射线探伤。

### 5.4 检验人员要求

无损检测人员应按照 GB/T9445 的要求进行培训和资格鉴定合格，取得全国通用资格证书并通过相关行业部门的资格认可。

## 6 结语

本工程实施的焊接机器人焊接应用，最后经自检和第三方检测，质量达到优良等级，各项参数符合设计要求。焊接机器人的应用极大降低了焊接强度，有效保证了焊接质量，大大缩短工期，增加了项目效益。

### [参考文献]

[1]周伦,尹铁,张锋,等管道全位置焊接机器人结构设计与分析[J]. 机床与液压,2020,48(21):5.

[2]薛龙,梁亚军,邹勇.全位置管道焊接机器人专家系统的研究[J]. 电焊机,2008,38(8):4.

作者简介:陈丽霞(1976.11-)女,浙江缙云人,高级工程师,从事水利工程施工管理,擅长专业:水工金属结构,所在单位:浙江江能建设有限公司。