

Analysis on Construction Technology of Shear Key Welding of Steel Pipe Pile

Jitong Sun

The First Engineering Co., Ltd. of China Communications First Shipping Bureau, Tianjin, 300456, China

Abstract

Based on the construction summary of shear key welding of steel pipe piles at the wharf of the reconstruction and expansion project of Skykeda Oil and Gas Port in Algeria, this paper provides reference for the follow-up implementation and application of shear key welding of steel pipe piles at the wharf and related construction projects.

Keywords

high-piled wharf; steel pipe pile; shear key welding

钢管桩剪力键焊接施工技术分析

孙继通

中交一航局第一工程有限公司, 中国·天津 300456

摘要

论文根据阿尔及利亚某高桩码头项目码头钢管桩剪力键焊接施工进行的施工技术分析, 为后续码头钢管桩剪力键焊接及相关施工项目的实施和应用提供参考。

关键词

高桩码头; 钢管桩; 剪力键焊接

1 引言

阿尔及利亚某告状码头项目中钢管桩内部设计剪力键结构, 用以提高码头桩基与上部结构的连接整体效果, 提高桩芯混凝土与钢管桩的粘结力, 进而确保结构荷载的有效传递, 该设计结构在国内项目使用较少, 阿尔及利亚地处北非地中海区域, 大浪期的破坏性显著, 结合项目施工特点对剪力键焊接施工进行技术分析, 为今后类似施工提供借鉴。

2 工程概况

本工程共需新建4个码头, 其中M3和P4泊位为高桩墩台结构, 通用泊位和拖轮泊位是高桩梁板结构码头, 码头桩基全部为钢管桩, 桩径为950~1600mm, 剪力键为M22, 长度66mm, 码头平面位置图见图1, 本工程共有钢管桩452根, 钢管桩剪力键具体数量见表1钢管桩剪力键数量表^[1]。

【作者简介】孙继通(1989-), 男, 满族, 中国吉林长春人, 本科, 工程师, 从事港口工程研究。



图1 码头平面布置图

表1 钢管桩剪力键数量表

序号	项目	部位	桩数(根)	个/桩	总数(个)
1	M3 泊位	工作平台	30	150	4500
2		靠船墩	20	240	4800
3	P4 泊位	工作平台	28	120	3360
4		靠船墩	20	240	4800
5	通用泊位		330	150	49500
6	拖轮泊位		24	100	2400
合计					69360

3 工程特点分析

剪力键焊接特点分析:

①本工程剪力键需焊接在桩壁内侧, 为增大桩芯混凝

土与钢管桩的连接性，为公司及当地首次接触此类工艺，因此施工人员无任何施工经验。

对策：科学组织工艺讨论，积极咨询厂家及其他施工单位，合理安排各道工序衔接，保质保量按期完成施工任务。

②剪力键焊接在水上施工，作业空间均受限，并且桩内光线不充足，施工难度较大，作业风险高。

对策：依据当地气象部门和现场实际情况合理安排作业时间，加快施工进度，采用舢板作为进入钢管桩内部的工具，作业区配设照明设备，并安排专人进行监督。

③桩壁锈迹较多，严重影响剪力键与桩壁引弧，对焊接效率及焊接质量影响较大。

对策：焊接前对钢管桩内壁进行除锈，需除锈彻底后方可进行剪力键的焊接工作。

④剪力键焊接为立面焊接，焊水容易流至下方，导致剪力键上部缺肉，严重影响焊接质量。

对策：对焊接电流及焊接时间进行优化调整，并对焊帽进行处理，避免焊水外泄^[2]。

4 工程施工总体安排

4.1 施工顺序

本次施工内容为 M3 工作平台 30 根桩剪力键焊接工作，每根桩 150 个剪力键，共 4500 个剪力键，计划在 7 天内施工完成，主要施工顺序为：钢管桩内壁除锈→除锈验收→剪力键焊接→剪力键焊接检验→补焊→验收。

4.2 材料组织和运输

剪力键及配套焊帽为中国国内采购，由海运运至阿尔及利亚，然后通过车辆运输至施工现场进行焊接施工。

4.3 劳动作业组织

为提高工作效率，保证剪力键焊接的质量，项目部计划投入管理人员 3 人，调度 1 人，技术员 1 人，安全员 1 人；根据现场实际情况，派遣施工人员总数为 8 人，以满足现场施工的需要^[3]。

5 剪力键施工方法

5.1 剪力键焊接施工流程

剪力键焊接施工流程如图 2 所示。

5.2 剪力键焊接施工

钢筋笼安装完毕并检查合格后，进行剪力键焊接，本工程剪力键焊接采用专业剪力键焊接机进行施工，焊机型号为 ARC-2500，焊接前需在陆地进行焊接试验以确定焊接电流及焊接时间，焊接时先安装剪力键，然后在焊帽顶部安装磁环，以避免焊水泄露而导致的焊口缺肉，经试验对比，需在焊接前对钢管桩内壁进行除锈，并清除表面的油污、漆膜和影响焊接质量的杂物，直至发出金属光泽，方可保证剪力键与钢管桩内壁焊接质量（见图 3）。

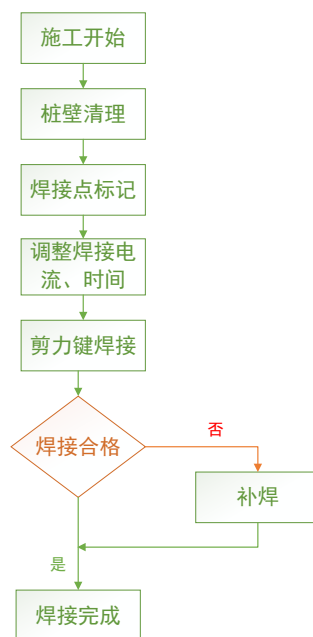


图 2 剪力键施工流程图



图 3 剪力键焊接图

焊接作业开始前，务必完成电焊机检查，对电压、电流、燃弧时间等关键焊接参数进行试验和调整，保证不同焊工均采用相同的焊接参数。

正式焊接施工前要进行多次焊接试验，以某项目为例，首先按照厂家提供的焊接参数焊接电流为 1800A，焊接时间为 2S 进行焊接试验，焊接完成后发现绝大部分焊点处出现原材过焊的现象，导致钢管桩桩壁烧损较严重，于是通过调整焊接电流和焊接时间的方式进行焊接，我部选择焊接电流为 1200A，焊接时间为 2S 进行焊接，焊接完成后原材无损情况，但剪力键焊肉较少，用锤敲击后部分剪力键出现脱落现象，剪力键敲除后发现剪力键为与原材未有效相融，导致剪力键脱落，经过多次试验对比，最终确定焊接电流为 1250A，焊接时间为 2S，焊接完成后的剪力键焊肉饱满、均匀，锤击后无脱落现象，满足相关技术规范和技术规格书要求。

5.3 剪力键焊接要点

①剪力键焊接前需清除焊接面氧化物、铁锈、油污等杂质（见图 4）。

②焊接时应使销钉周围都有部分熔焊金属挤出，并注意焊接电源搭铁线的安放部位，以免焊接电弧产生磁偏而造成销钉熔焊金属挤出部分的不均匀和不同心。

③剪力键伸出量（装夹后剪力键尖端与陶瓷环锯齿面的距离）和剪力键提弧高度（剪力键脱离工件后剪力键尖端与陶瓷环锯齿面的距离）是影响填角和焊缝成型的重要参数，超过最佳值熔池中可能形成气孔，伸出值过小会产生过多的熔滴短路，造成熔合不良，都将降低溶合强度，因此焊前调节好这两个工艺参数（见图5）。



图4 原材打磨除锈



图5 剪力键安装、调节

④焊接前需进行充分试验，从而确定最佳的焊接电流

及焊接时间。

⑤焊接时注意剪力键轴线应与工件表面保持垂直，否则溶合面减少，强度降低，剪力键与管子中心线方向倾斜不大于 5° ，其他方向不大于 10° 。

⑥焊接过程中应经常检查销钉焊缝的外观质量，发现异常及时调整，有裂纹和密集气孔的销钉，应去除缺陷重焊。

⑦剪力键焊完后，如果发生咬边，必须进行补焊，当缺陷超过技术规格书和相关规范要求范围时，则不允许补焊，应截去有缺陷管段进行更换。

⑧用锤击法检查时，取总数的30%，用0.25kg小锤敲击销钉顶端，直至弯曲 20° ，焊缝上不出现裂纹为合格，不合格的销钉应及时进行返修，并重新进行质量检查（见图6）。



图6 剪力键焊接

⑨焊缝返修。

第一，当桩壁上存在有大于 1mm 且小于 30% 管壁厚度的销钉焊缺陷或者桩壁上被击落销钉处，清除缺陷后，凹口深度大于 1mm 且小于 30% 管壁厚度时，应由合格焊工用 E4303、中 2.5mm 焊条或用 HO8Mn2SiA、2.5mm 焊丝进行补焊，并将焊缝磨平后重新焊上销钉，但有上述缺陷的销钉数不得超过该管销钉总数的 5%。

第二，桩壁上每 1m 长度只有一个深度大于管壁厚度 30% 未焊穿的缺陷时，允许有合格证的氩弧焊工用小 2.5mm HO8Mn2SiA 焊丝进行补焊，磨平后重新焊上销钉。

5.4 剪力键焊接质量要求

①焊后应进行三级检查，销钉在管子上的高度、垂直度、节距、环向角度等偏差应符合图纸和相关技术文件的规定。

②焊后销钉顶端离桩壁的高度偏差不得超过 $\pm 2\text{mm}$ 。

③相邻节距偏差应在 3mm 范围内。销钉纵向边缘节距偏差不得超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

④挤出的熔焊金属在高度和宽度方面可以不均匀和不同心，但不允许有裂纹和超出标准的气孔。

⑤销钉焊接后，不应有焊穿和即将焊穿的现象，桩壁内部不应有焊漏的熔滴和焊瘤。

⑥对存在有未焊透等缺陷以及其他质量可疑的销钉，可用 0.25kg 重的小锤从缺陷受拉方向进行轻轻敲击，以判断熔合面质量情况。

5.5 剪力键焊接质量缺陷及原因分析

剪力键焊缝填角熔合较差，成型不连续、不均匀。

①产生原因：焊接热能量不足未形成焊缝。

采取措施：增加电流或焊接时间，也可增加电弧长度（剪力键伸出量 + 提弧高度）。

②产生原因：焊接线能量过大焊缝超大。

采取措施：可降低电流或焊接时间。

③产生原因：剪力键倾斜，局部焊合。

采取措施：矫正焊枪角度与工件垂直。

④产生原因：一侧填角焊缝堆积，另一侧无填角焊缝，由磁偏吹所致。

采取措施：改变地线接法。

⑤产生原因：剪力键未插入熔池，因插入受到阻力而停滞或剪力键夹头与套圈夹头不同心造成^[4]。

采取措施：检查、修正上述两项原因。

剪力键焊接质量缺陷如图 7 所示。



图 7 剪力键焊接质量缺陷

6 保证措施

6.1 质量保证措施

①焊接前在桩内壁划出销钉节距，标示销钉位置，焊接顺序应按纵向进行。

②焊接前对桩壁及剪力键引弧点进行清理。对桩壁及剪力键上的油、锈及其他杂物进行清理。

③螺柱伸出量（装夹后螺柱尖端与陶瓷环锯齿面的距离）和螺柱提弧高度（螺柱提离工件后螺柱尖端与陶瓷环锯齿面的距离）是影响填角和焊缝成型的重要参数，超过最佳值熔池中可能形成气孔，伸出值过小会产生过多的熔滴短路，造成熔合不良，都将降低熔合强度，因此焊前调节好这两个工艺参数。

④合理的控制焊接方向及焊接力度。焊接时注意螺柱轴线应与桩壁表面保持垂直，否则溶合面减少，强度降低，螺柱与焊接点中心线方向倾斜不大于 5° ，其他方向不大于 10° ，焊接时将焊枪抵住桩壁使剪力键和桩壁之间严密无缝隙。

⑤控制电弧长度。因为电弧越长，侵入的氧越多，焊接后焊肉孔洞越多，将会严重影响焊接质量。

6.2 安全保证措施

①开工前对全部维修人员进行安全教育。

②工序施工前进行安全技术交底，履签《安全生产措施交底通知单》。

③全面贯彻“三必须”“五不准”和“四不伤害”，加强过程检查，消灭安全隐患。

④现场临时用电注意事项：开关箱应防雨、防尘、加锁，开关箱内不准存放任何物品，每日在使用电气设备前，相应操作人员应测试漏电保护装置，确保其可靠性。

⑤因海况原因，现场管理人员要根据海况及时发出收工指令，保证维修作业人员的人身安全^[5]。

6.3 文明施工及环水保保证措施

①场地清洁，施工机具和施工材料存放整齐。垃圾、废弃物集中堆放，并用车运至指定地点抛弃。

②工程完工后，及时拆除临时平台、清理施工现场的临时设施，做到工完、料净、场地清。

③禁止向海里丢弃施工垃圾，保证施工区域海面不存在各种漂浮物。

7 结语

本工程中通过在钢管桩内部焊接剪力键以增加桩芯混凝土和钢管桩的连接性，在焊接前应对焊接面进行清理，焊接过程中需严格控制焊接电流及焊接时间，同时还需注意焊接角度等问题，通过试验总结可为后续剪力键施工提供相关参数的指导，从而增加剪力键焊接合格率^[6]。

参考文献

- [1] 阿尔及利亚某高桩码头项目图纸[Z].
- [2] 阿尔及利亚某高桩码头项目剪力键技术规格书[Z].
- [3] Welding—Studs and ceramic ferrules for arc stud welding(ISO 13918)[Z].
- [4] Welding—Guidelines for a metallic materials grouping system(ISO/TR 15608)[Z].
- [5] Tolerances for fasteners—Part 1: Bolts, screws, studs and nuts – Product grade A, B and C(ISO 4759-1)[Z].
- [6] Fasteners—Electroplated coatings(ISO 4042)[Z].