

立式储罐自动焊接技术

熊 航 (中航油西南储运有限公司, 重庆 401122)

摘要: 立式储罐在石油化工行业生产经营过程中发挥着重要的作用, 在石油化工等领域的液态原料及成品储运过程中立式储罐也有着广泛的应用。本文通过对立式储罐的底板使用自动气体保护焊、壁板使用自动埋弧横焊及自动气电立焊的自动焊接技术安装系列施工的合理组织, 达到保证项目安全、质量、进度、成本的目的。

关键词: 立式储罐; 自动气体保护焊; 自动埋弧横焊

1 引言

立式储罐被广泛应用于石油化工等领域的液态原料及成品存储环节之中, 作为石油化工领域储运调度的重要载体, 在行业内对立式储罐质量提出了更高的要求^[1]。

立式储罐属于大型容器, 可进行现场组装和焊接, 但是现场焊接工作量比较大, 罐体焊接的质量, 关系到项目的工程质量、施工效率、施工成本以及整个装置生产期间的安全可靠。传统的罐体焊接一般采取手工焊接, 存在焊接效率低, 焊接质量不稳定和劳动强度大等问题, 并且目前国内仅有针对 30000m³ 以上的储罐自动焊接技术。自动焊接技术的应用与其建造速度和建设质量存在密切相关性。本文通过对立式储罐自动焊接技术进行开发探究, 并形成一整套科学合理、高效先进的自动焊接工艺, 实现焊接效率的进一步提升, 降低能源的消耗, 加强焊接质量, 实现立式储罐安全、稳定的运行^[2]。

2 自动化焊接技术

传统的人工焊接, 需要由焊接人员进行移动而完成, 很容易出现失误, 从而对焊接成果造成负面影响, 降低焊接质量, 以至于在各类设备后期投入使用后存在安全隐患。

自动化焊接技术是将自动化技术与焊接技术有机结合的一种新技术, 自动焊接技术综合了自动化控制技术、传感器技术、装卡定位技术等先进技术的优势, 在整个焊接作业过程中将工具进行固定, 并通过操作系统设置准确的参数, 整个工作过程完全按照预先设定的程序执行, 对焊接设备形成自动化控制, 不会因为人为操作误差影响, 最大程度上减少了焊接工作中的人工参与行为, 在实际使用中能够大幅度提高焊接操作的效率及质量, 最终使焊接质量得到可靠保障。

自动化焊接技术具有数字智能化、高质量与高精

度、功能集成化等特点。不仅能够提高效率与质量, 还能有效减少焊接所需的能量消耗, 有效对资源使用进行控制。在各类科技不断发展过程中, 自动化焊接技术也得到持续完善, 变得更加适用于石油化工工程^[3]。

2.1 埋弧自动焊

埋弧自动焊是储罐建造中应用最早的一种高效自动焊接方法。埋弧自动焊又可分为横焊、平焊和角焊三种焊接方式。埋弧自动焊具有生产效率高、焊接质量好、能够节约焊接材料和能源等优势得到应用广泛。埋弧自动焊机的功能是提供电能、焊丝、焊剂, 实现焊接要求的全部工艺过程(包括引弧、焊接、熄弧停止), 机械化、自动化地焊接出优质的焊缝, 并尽量提高生产效率, 改善劳动环境。

2.2 自动化气电立焊

自动化气电立焊由普通熔化极气体保护和电渣焊发展而形成的一种熔化极气体保护电弧方法, 采用 CO₂ 或 Ar+CO₂ 为保护气体, 配用专门的药芯焊丝, 以立焊位置为高效焊接方法, 其利用水冷滑块和挡块(或衬垫、衬板), 使焊接过程中的熔池约束到焊缝坡口中, 并进行强制一次成形, 从而实现自动焊接和单面焊双面一次成形。自动化气电立焊具有工艺过程稳定, 操作简便, 焊缝质量好, 生产效率高, 成本低的优势。

2.3 CO₂ 气体保护焊

CO₂ 气体保护焊主要利用 CO₂ 气体为外层的保护气体进行的焊接技术。CO₂ 气体保护焊作为一项高效焊接技术, 且与传统的焊接技术相比, 具有容易焊接, 适应性强, 成本低等显著的优点, 且对于焊接所使用的材料也是节能, 高效, 环保材料, 符合我国所提升的节能条件。因此, CO₂ 气体保护焊技术在现代社会中得到了广泛的应用。

3 自动焊接的优势

3.1 焊接效率高

在实际应用过程中，操作数据均已图表化，操作人员只需正确设置相关加工参数，就可确保焊接过程的精准无误，操作简单，体积小，重量轻，仅需要一个操作工就可完成机器组装、焊机调试、施工焊接等工作，还可有效避免外界因素的干扰，保障焊接作业质量。在焊接过程中一个操作工可同时操作3~4台小型埋弧横焊机，有效降低劳动人员的使用量，减少了人工支出，将显著提高企业的生产效率，大幅降低企业的时间成本和人力成本。

3.2 成本可控

焊机所使用的焊剂、焊丝全部采用国产品牌，采购方便，物美价廉；并且焊机模块化，每个元件都可单独拆卸更换，维修成本低，维修容易，能够有效降低采购费用。

3.3 适应性强

由于埋弧自动焊接时抗风能力较强，因此适合野外作业，无需专门搭设防风设施，在风力较大的情况下，也可以在自动埋弧横焊机上搭载防风模块，安装拆卸简单易操作，减少了施工费用。

3.4 质量可控

由于自动焊接设备的焊接指令统一由系统控制，焊接的速度、焊接的范围都可以进行控制，因此可以保持相对的连贯性，使得所加工的工件的焊接质量水平可以恒定，加工过程中如果出现问题产生了变化也可以进行自动调节，保持相对的稳定，加工的焊缝金属质量较高，性能也稳定，外表也相对美观；另外自动焊机通过数字信息系统进行调控，不需要加工人员保持同一个动作或者进行调整，能够很大程度上减轻焊接加工人员的体力消耗，降低工作强度。

4 焊接方法及施工方法

4.1 焊接技术

储罐焊接的质量，关系到该项目的工程质量、施工效率、施工成本以及整个装置生产期间的安全可靠。传统的罐体焊接一般采用手工焊接，存在焊接效率低，焊接质量不稳定和劳动强度大等问题，为了解决上述问题，通过使用自动化焊接加工技术和设备能够极大的提高焊接的效率，具有比人工焊接更大的优势，特别是在人工费用高昂的情况下，使用自动化焊接技术能够控制生产成本，降低能源消耗，降低劳动人员的使用量和成本。立式储罐自动焊接技术开发，

以此形成一整套科学合理、高效先进的自动焊接工艺，从理论上能对其进一步的丰富并对立式储罐自动焊接实施推广应用，帮助企业控制生产成本，降低企业的能源消耗，降低劳动人员的使用量和成本，提高企业的核心竞争力。

项目现场储罐主体材质均为Q345R，结合项目现场实际情况，在储罐主体施工过程中，选择了几种自动化焊接加工技术，如表1所示。

4.1.1 底板对接焊缝焊接

根据储罐罐底边缘板厚度设计为对接焊缝，焊缝下方使用-50*5扁钢作为垫板，焊接量较大，对接焊缝焊接时变形量较大，使用小型气体保护焊机焊接时应在焊机控制面板处设置由中心向两侧间断焊，分段长度控制在400~500mm，分段应均匀，边缘板焊接时外侧间隙应控制在3~5mm，内测间隙应控制在6~8mm，焊机采用自动埋弧横焊机所改造的自动气体保护焊机，采用自动气体保护自动焊，不仅能够降低施工人员的劳动强度，而且能够保证焊缝焊接质量的平滑、美观及稳定性。

4.1.2 壁板纵焊缝焊接

壁板立缝采用自动气电立焊进行焊接，立式储罐可采用大型的气电立焊机对储罐壁板纵焊缝进行焊接，从经济效益、施工安全等角度考虑，项目中采用了无轨道自动爬行焊接机器。由于使用了无轨道自动爬行焊接机器，焊接时由激光追踪焊缝来控制焊枪，因此左右壁板之间的组对间隙需要精准，一般控制在3~5mm，坡口尽量选用自动坡口机，可保证坡口的平滑及连续性。

立式储罐在使用人工焊接时一般需要背面气刨清根再进行焊接，不仅效率低下，而且焊接质量也不能保证，因此在焊接过程中将壁板纵焊缝处加工成单面V型坡口并且在背面采用了陶瓷衬垫，一次焊接成形。经过现场操作和记录，2m长的壁板纵焊缝焊接只需要15~20min即可焊接完成，并且焊缝成形平滑美观、焊接质量比人工更为稳定，节约了施工工期。

4.1.3 壁板环焊缝焊接

壁板环焊缝的焊接量在储罐焊接量中是占比最大的，在立式储罐中可以选用埋弧横焊机进行焊接达成节约施工成本、较少施工周期的目的，但在立式储罐中大都使用人工焊接，若使用大型埋弧横焊机焊接不仅无法达到节约施工成本、较少施工周期的目的，而且会增加施工人员的工作量。

壁板环焊缝所使用的自动埋弧横焊机采用轨道定位的方式进行焊接,当焊接碳钢类储罐时轨道可使用磁性装置吸附于罐壁之上,当焊接不锈钢类储罐时可将磁性吸附装置替换为真空吸附装置,轨道在使用时对工件的表面需求较低,仅需要磁性吸附装置处处理光滑平整即可,轨道可进行上下左右前后调节,适用范围广。

由于使用了轨道式自动埋弧横焊机,焊接时由轨道限制焊机位置,焊枪小幅度自由摆动进行焊接,因此上下壁板之间的组对间隙需要精准,一般控制在2~4mm,坡口尽量选用自动坡口机,可保证坡口的平滑及连续性。另外壁板环焊缝处背面采用陶瓷衬垫,单面焊双面成型,有效节约施工成本,减少施工周期,经过现场实际操作和记录,自动埋弧横焊机的焊接质量好,外观成形美观,质量可靠,射线检测合格率能够达到相关设计及规范要求,在实际施工过程中可减少返片率,有效的保证工程质量。

4.2 焊接过程中出现的问题及原因分析

在储罐主体正式焊接前,对自动焊焊接的试件进行了射线检测,发现自动焊所焊接的焊缝有很多未焊透的现象,经过研究分析,产生的原因有以下3种:①焊接电流太小,同时焊接速度过快;②试件坡口角度较小,试件与试件之间的间隙太小;③焊接时焊枪摆动角度不对,造成偏弧。

在发现问题后,经过现场调查及分析,重新对现场作出调整:①在焊机系统面板中重新设置焊接电流及焊接速度的参数,使之相配合;②自动焊与手工焊所需要的工件坡口角度、组对间隙不一样,自动焊所需要的工件坡口角度与组对间隙比手工焊的要求高,因此重新调整了坡口角度与组对间隙;③重新调整焊枪角度。

在解决了上述问题后,重新焊接了试件并进行射

线检测,发现上述问题已成功解决,焊接合格率能够达到98%以上,降低了返修率,节约了成本。

4.3 焊接效益分析

焊接生产的总成本是由焊接材料、辅助材料、人工动力消耗等多项费用构成。以厚度 $\delta=12\text{mm}$ 的钢板焊接为例,表2分别给出了采用自动焊接技术和手动焊接技术所消耗的人员成本,与统手工电焊相比,自动焊接技术用时短,费用低。

因此,采用自动焊接技术焊接生产效率显著提高,经济成本大幅度减少。焊接质量也得到显著提升,平均无损探伤合格率达98%以上,降低了返修率,节约了施工成本。

5 结论

自动焊接技术是现代化机械加工与生产中必不可少的重要加工技术,经过实践证明,立式储罐使用气电立焊机、埋弧自动焊机、 CO_2 气体保护焊机进行焊接作业,焊接生产效率显著提高,经济成本大幅度减少,焊接质量也得到显著提升,平均无损探伤合格率达98%以上,降低了返修率,节约了施工成本,能够有效降低能源的消耗,大幅度的提高焊接工作效率。具有比人工焊接更大的优势,加快工程进度,提高焊接质量,降低对焊工个人技能水平的依赖程度,并且能够减少传统手工焊接对于工作人员的损害,也能够控制生产成本,降低能源消耗,降低劳动人员的使用量和成本。

参考文献:

- [1] 郑凯. 立式储罐安装中的焊接变形控制探讨 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(06): 320-322.
- [2] 刘洋. 大型立式储罐高效自动焊接技术探讨 [J]. 全面腐蚀控制, 2022, 36(01): 108-110.
- [3] 马立朋, 范军旗, 徐向军. 自动化焊接技术和装备提升钢桥制造水平 [J]. 焊接技术, 2022, 51(12): 43-47.

表1 自动化焊接加工技术

序号	焊接部位	焊接方法	焊接材料	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (cm/min)
1	底板对接焊缝	气体保护焊	CHG-56R	90~150	13~20	9~12
2	壁板纵焊缝	气电立焊	YFEG-22C	360~380	36~38	6~11
3	壁板横焊缝	埋弧横焊	H10Mn2	270~330	30~36	27~33

表2 自动焊接与手工焊接对比

焊接部位	材质	焊接方法	焊接长度 (m)	所需工时 (h)	焊工人数	日工资 (元)	人工成本 (元)
底板对接焊缝	Q345R	手工焊	12	8	2	480	960
		自动焊		3	1	480	180
壁板纵焊缝	Q345R	手工焊	2	3	1	480	180
		自动焊		0.3	1	480	18
壁板横焊缝	Q345R	手工焊	12	8	2	480	960
		自动焊		2	1	480	120