

Construction technology of oxygen pipeline in air separation unit

Senchuan Fan Ruihong Du

Zhejiang Industrial Equipment Installation Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310001, China

Abstract

This article mainly elaborates on the key processes of oxygen pipeline construction in air separation units. From pre construction preparation work, including review of drawings, optimization of pipeline welding, selection and qualification review of construction personnel, material inspection, to pipeline degreasing, welding, installation, pressure testing, blowing, etc., a comprehensive analysis of the technical requirements and precautions for each step is conducted to ensure the construction quality of oxygen pipelines in air separation units and the safe and stable operation of oxygen pipeline transportation. With the continuous advancement of technology and the accumulation of engineering practice, the construction technology of oxygen pipelines in air separation units will also be continuously improved and developed. Only by strictly following the technical measures in each construction process can the air separation unit operate stably and obtain qualified products.

Keywords

air separation unit, oxygen pipeline, pipeline degreasing, welding, installation, pressure testing, blowing

空分装置氧气管道施工技术

樊森川 杜瑞红

浙江省工业设备安装集团有限公司, 中国·浙江 杭州 310001

摘要

本文主要阐述了空分装置氧气管道施工的关键工序。从施工前准备工作,包括图纸的审查、管道焊接的优化、施工人员的选用及资质审查、材料检验等,再到管道脱脂、焊接、安装、试压、吹扫等工作,全面分析每个步骤的技术要求和注意事项,确保空分装置氧气管道施工质量,保证氧气管道输送的安全稳定运行。随着科技的不断进步和工程实践的不断积累,空分装置氧气管道施工技术也将不断完善和发展。只有每个施工环节都严格按照工艺措施,才能保证空分装置稳定运行并得到合格产品。

关键词

空分装置、氧气管道、管道脱脂、焊接、安装、试压、吹扫

1 引言

空分装置是利用空气分离技术生产氧气、氮气等气体的关键设备,而氧气管道作为空分装置的重要组成部分,其施工质量与后续装置氧气管道的安全生产运行息息相关。由于装置产品氧纯度高,局部气流速度快,达到 200 米/秒,若施工存在隐患,将会引起严重的安全事故^[1]。

2 工程概况

某 90000Nm³/h 空分项目氧气管道施工,材质种类特殊,主要为 304L、316L、TP321、N04400。施工工期紧、施工组织难度和施工技术难度大。施工前项目部组织对技术方面进行细心准备和策划,对规范的学习、图纸的深化、材料的

进场验收及存放、施工人员的审查及交底;对施工中的各个工序的质量进行严格把关,保证施工的质量。

3 施工准备

3.1 技术准备

(1) 对图纸进行审查,将查出的问题及时反馈给总包及设计,使问题及时得到解决,防止给后续施工造成阻碍。同时将图纸相关工作量进行统计,根据工程规模及设计要求编制相应的施工方案以及可行的施工计划,明确质量标准及相应的安全措施^[2]。(2) 优化管道安装焊接:该空分装置氧气管道材质主要为低碳不锈钢和蒙乃尔镍基合金材质。因氧气管道材质的特殊性,项目部技术人员与施工班组长对管道单线图深入探讨,减少管道固定口的焊接,同时尽可能将固定口留在立管上,降低实际焊接施工难度,保证焊接质量。(3) 选派优秀的不锈钢焊工进行集中培训,重点加强不锈钢材质的焊接工艺技能培训,制定严格的焊接施工工艺

【作者简介】樊森川(1992-),男,中国山西运城人,本科,工程师,从事管道安装研究。

纪律,保证焊接质量一次合格率^[3]。

3.2 施工场地设置

氧气管道预制设置在预制厂房内,划分氧气管道预制专用区域,与其他介质的管道进行分开预制。氧气管道预制区域在施工前、施工中、施工后均及时清理,防止碎屑、杂物等对氧气管道造成污染。并且在预制区域的明显位置张贴各项施工技术要求以及指导氧气管道焊接的作业指导书。

3.3 工机具准备

根据需求准备性能良好的ZX7-500 逆变手工直流弧焊机,确保设备上的电流表、电压表完好,以确保焊机的热输入准确性及电压的稳定性。焊接电缆采用完好的50mm²铜电缆,以充分保证焊接电流的稳定。

准备检定合格的焊条烘干箱和恒温箱,以及具备加热功能的焊条保温桶,保证能够良好的降低氧气管道焊接材料中的水分含量,从而确保氧气管道焊接过程中电弧的稳定性,以及焊接过程中气孔的产生。

3.4 材料验收及规划

项目管材、管件、阀门等均由总包及建设单位根据设计要求进行采购供货,材料到场后检查管材、管件、阀门等材料的质量证明文件,保证实际材料与文件相匹配。同时根据规范要求对所有管材、管件等材料进行外观检查。管材内、外表面无裂纹、毛刺、划痕等缺陷;管件的壁厚尺寸及椭圆度均与设计要求和质量证明文件相对应;法兰锻造表面光滑,无锻造划痕、裂纹等缺陷。管材、管件等在外观检查合格后再次按照规范要求对主要合金元素含量进行验证性检验,合格的方可使用,不合格的不得使用,并做好标记进行隔离。氧气管道材料与其他不锈钢材料分区分类摆放,设置专用场地,按照规定要求做好表面标识并做好区分标识管理,防止材料混乱使用。

(2) 氧气管道所有阀门按照设计及规范要求进行强度和严密性试验(进口阀门除外),试验合格后并进行清洗脱脂,油脂含量检查合格后方可使用。

(3) 氧气管道的焊材需独立摆放,禁止与其它管线焊材混用;低碳不锈钢、镍及镍合金材质的焊接材料按规定要求使用前必须进行合金元素的复验;氧气管线焊材专人专用,只允许氧气管线施工焊工领取,烘烤员对氧气管线专用焊材需建立专门的台帐进行登记,以便于检查。

3.5 施工人员资质审查

对参与氧气管道焊接作业人员资质进行审查,确保其具备相应的资质且在有效期内。同时通过国家网站对焊接人员的资质证书进行核查,确保证书的真实性。并对所有焊接人员进行实际焊接考核,外观检测合格的试件经射线检测合格后,焊接作业人员方可进入现场施工作业。作业前对焊接人员进行宣贯,明确氧气管道的重要性。

4 管道安装技术

4.1 管道脱脂

由于装置产品氧纯度高,局部气流速度快以及氧气的

特殊性,管道内若含有油脂,在严重情况下可能引起爆炸事故的发生。因此氧气管线系统使用的管材、管件及阀门等必须进行脱脂处理。脱脂剂选用工业三氯乙烯(C_2HCl_3)、工业酒精(C_2H_5OH)等。

脱脂完成的管道经总包、监理、建设单位共同检查,并对检查合格的管道签字确认,检查合格后进行后续施工作业。

检查脱脂质量的方法及合格标准有:

用洁白的无纺布进行擦拭清洗,无纺布上无油脂痕迹;

用波长为320~380nm的紫光灯照射检查,无油脂荧光为合格;

对脱脂后的有机溶剂进行定量分析,油脂含量不超过125mg/m²为合格。

4.2 管道焊接

管道的焊接质量与装置的安全运行息息相关。根据管材材质及壁厚,选择不同的焊接材料及焊接工艺。尤其是镍基合金管道的焊接,最常出现的是热裂纹,主要原因是镍和铁的共晶物中有较低熔点的金属共晶物和非金属共晶物。特别是硫、磷共晶熔点比镍铁低很多,在焊缝结晶时低熔点共晶物的液态膜残留在晶界区,同时镍及镍合金线胀系数大,焊接时易产生较大的应力,焊缝结晶时低熔点共晶物的液态膜在收缩应力作用下易产生开裂。镍及镍合金固液相温度间距小,流动性偏低,在快速冷却结晶条件下,气体来不及逸出极易在焊缝中产生气孔。因此焊接时在保证焊透和熔合良好的前提下,在工艺参数范围内采用小的焊接线能量、短电弧、不摆动或小摆动的多层多道焊接方法,并且每层每道焊接接头错开,同时将层间温度控制在100℃以内。

镍基合金焊接时选用的焊材及焊接工艺参数(见表1)。焊接过程中,要严格控制焊接参数(如焊接电流、焊接电压、焊接速度等),同时焊接时正面及背面均使用纯度99.9%的氩气保护,确保氧气管道焊接的质量。焊接完成后,根据图纸要求对焊接焊缝进行相应的检查及检测,如射线探伤、渗透探伤等,检测合格后方可进行下一道工序。

4.3 管道安装

因氧气管道焊接背部需保护气保护,因此在安装时沿着一个方向进行安装,保证保护封堵的海绵顺利取出。同时管道的正式支架随着管道的安装同时进行,减少临时支架的安装。避免因临时支架拆除时可能导致已安装完成的管道发生偏移等质量缺陷,同时减少不必要的人、材、机等方面的损失。不锈钢及镍基合金管道不得与碳钢直接接触,当接触时必须采取有效的隔离措施(例如:1mm不锈钢板、聚四氟乙烯板等),防止氧气管道渗碳污染。另外氧气管道上的仪表取源部件和其他支管焊接接头在预制时同步完成,并采用机械进行开孔,以避免氧气管道在安装完成后进行再次开孔焊接,从而造成氧气管道内部熔渣存积。

氧气管道阀门安装前,要对阀门进行全面检查,同时在不锈钢螺栓上涂抹氧兼容润滑脂(比如GLEITMO 595),防止螺栓紧固时出现咬死现象。

氧气管道与低温泵等转动设备连接时,固定口应远离

低温泵。与低温泵等转动设备连接的管道及其分支、支吊架安装完成后，将设备口法兰断开，保证氧气管道在自由状态下所有螺栓能自由穿过螺栓孔，并且法兰的平行度和同轴度符合设备厂家要求，保证管道与低温泵无应力连接。

氧气管道安装应设置防静电措施，所有管段之间应导电良好，每对法兰或螺纹接头之间电阻超过 $0.03\ \Omega$ 时，采

用不小于 6mm^2 的黄绿导线跨接。氧气管道每隔 $80\text{m}\sim 100\text{m}$ 处、进出厂房及装置区处设置静电接地。静电接地安装完成后，用兆欧表或万用表对系统电阻进行测试，电阻值超过规定数值时，对系统内的静电接地进行检查和调整，直至系统内静电接地电阻值测试合格。

表 1 蒙乃尔镍基合金焊接工艺参数

层数	焊接方法	焊材及规格	电源极性	焊接电流 (A)	焊接电压 (V)	焊接速度 (Cm/min)	正面保护气流量 (L/min)	背面保护气流量 (L/min)
1	GTAW	ERNiGu-7 $\phi 2.5$	直流正接	100~110	14~15	7~9	8~10	10~15
2	GTAW	ERNiGu-7 $\phi 2.5$	直流正接	140~150	16~18	14~17	8~10	10~15
3-5	SMAW	ENiGu-7 $\phi 3.2$	直流反接	110~120	30~33	13~15	8~10	10~15
6-9	SMAW	ENiGu-7 $\phi 3.2$	直流反接	110~120	30~33	13~15	8~10	10~15

4.4 管道试压

氧气管道试压必须在管道安装完成、无损检测全部合格后进行。并且经总包单位、监理单位根据图纸对现场施工质量以及施工资料进行核对检查，符合要求后方可进行试压。

管道的压力试验是为了检查管道安装质量，检查管道的强度及密封性。试验过程严格按照规范要求进行，自检完成后通知总包、监理、建设单位进行共同验收。必要时提前通知质监站进行共同检查。

管道试压临时管道、试压管道末端的封头的焊接应等同于氧气管道的焊接要求。试压系统上合理设置进气阀及泄压阀，并且试压阀门采取挂锁制度，由专人负责。同时在试压系统上设置试压安全阀，安全阀出口用临时管接至安全位置，防止因超压导致安全阀起跳伤害到他人。并且安全阀的鉴定在有效期限内。

试压系统上至少安装 2 块压力表，压力表的量程不得超过氧气管道试验压力的 1.5 倍 -2 倍，精度等级不低于 1.6 级，并且安装的压力表必须在有效校验期内。压力表尽可能安装在试压系统的起始端和末端，保证压力表的安装位置具有代表性。

因氧气管道的特殊性以及压力较高，经过各方确认，装置中压氧气系统采用氮气进行试压；高压氧气系统采用液氮→无油低温活塞泵→汽化器→试压临时管路→待试验系统进行试压。系统试验压力按照 1.15 倍的设计压力进行试压。

氧气管道压力试验时，应逐步缓慢提升压力。缓慢升压至试验压力的 50% 时，稳压 10min，未发现异常或泄漏，继续按照试验压力的 10% 进行逐级升压，每级稳压 3min，当达到试验压力后，稳压 10min，再将压力降至设计压力，试压过程中对试压系统内的所有焊接接头、法兰连接及阀门等采用涂刷中性发泡剂进行检查，无泄漏为合格。

在试压过程中，若发现漏点，必须将试压系统内的压力全部排泄完成，不得系统内带压处理，以免因处理不当导致人员受到伤害。漏点处理完成后进行重新试压，直至试压合格。

试验系统试压合格后，将管道内压力缓慢降压，并确保系统内压力泄压完成。泄压完成后，拆除系统内的所有临时盲板并对管道进行恢复。

4.5 管道吹扫

氧气管道试压完成后，使用流速不小于 20m/s 无油干燥空气或氮气对管道进行爆破吹扫，保证管道内部不含有施工时的残留的碎末、灰尘以及其他杂物等。氧气管道爆破吹扫的顺序按照主管→支管→排放管依次进行，吹扫前对吹扫口周围已清理合格的设备或吹扫合格的其它管道系统做好有效隔离，防止吹出的杂物进入。氧气管道吹扫前，将吹扫系统内管线上的的调节阀、流量计、安全阀、仪表设备等进行拆除隔离，在吹扫口处进行设置吹扫靶板，吹扫完成的靶板进行共同检查验收，靶板上无碎末及其他杂物方为合格，验收合格后将吹扫系统进行及时恢复。

5 结语

氧气管道施工技术是空分装置中的关键系统工程，涉及到多个环节和技术要点。在施工过程中，必须严格按照相关标准和规范要求，做好施工前准备、管道安装、压力试验、吹扫等工作，加强各个工序施工过程中的质量控制，同时做好相应的安全管理工作，使氧气管道的施工质量得到保证，从而确保空分装置安全稳定运行。

参考文献

[1] 谭建忠.空分装置氧气管道技术要点[J].机电机械,2015,27(262).
[2] 王培合.关于氧气管道安装及脱脂技术的研究[J].山东冶金,2014,7(64).
[3] 王立平.宫相森,王浩等.氧气管道安装的施工管理[J].山东冶金,2010,32(4).