

在强磁环境中管道焊接消磁方法及监理控制措施

陈 冬 (中国石油玉门油田分公司工程技术研究院监理部, 甘肃 酒泉 735000)

摘 要: 在电解铝生产车间进行天然气管道焊接安装作业, 现场布置的 20# 无缝钢管会产生磁化现象, 焊接作业时受到强磁场的影响, 又会产生磁吹偏。为了保证管道焊接质量, 解决强磁环境下焊缝内外部质量问题, 监理单位对施工中、人、机、料、法、环等各项因素的控制, 通过改变焊接工艺及采取消磁措施, 以此来达到天然气管道在强磁环境中安全运行的目标。

关键词: 管道磁化; 强磁场; 管道焊接工艺; 消磁措施

0 引言

大修或新生产系列的铝电解槽, 都要经过焙烧启动以及后期管理, 才能过渡到正常生产。铝电解槽的焙烧、启动是铝电解槽生产的一个重要环节, 它不仅关系到铝电解槽能否顺利投产, 而且还影响生产后期电解槽的技术经济指标和槽寿命。目前电解铝行业所使用的铝电解槽的焙烧方法大约有三种, 即铝液焙烧法、焦粒焙烧法和燃气焙烧法。铝液焙烧法在灌铝时会产生大的热冲击, 部分铝水渗入内衬裂纹中, 在电毛细作用下存在漏电风险, 大多数铝厂已不再采用。

焦粒焙烧法在 90 年代中期我国的 280kA 试验槽首次使用, 具有时间短、效率高的优点, 并能有效避免正常电解过程铝液渗透对电解槽寿命产生的不利影响, 但也有不足之处, 如因焦粒粒度不完全均匀一致, 电流分布不均, 易产生局部过热, 不利于延长槽寿命; 槽边部扎固糊焙烧不良; 耗能高; 启动后电解质炭渣多, 需要清除, 费工费料; 焙烧成本偏高。燃气焙烧法利用燃料天然气燃烧在阴、阳极之间产生火焰来加热槽膛, 属于外热源焙烧, 热量通过传导、对流和辐射传输到其他部位, 可以获得良好的电解槽温度分布。该方法具有焙烧温度均匀、控制灵活、成本低的特点, 是最有优势和发展前景的焙烧技术。

2022 年嘉峪关市某电解铝企业 XX# 电解槽顺利通电启动, 据测算, 相比常规启动方式, 电解槽天然气焙烧启动与常规启动相比, 单台槽焙烧每次可节约用电 13.2 万 kWh。

由于电解铝企业铝液综合交流电耗对阶梯电价进行分档, 2022 年分档标准为每吨 13650kWh; 自 2023 年起, 分档标准调整为每吨 13450kWh (不含脱硫电耗); 自 2025 年起, 分档标准调整为每吨 13300kWh (不含脱硫电耗); 因此采用天然气作为电解铝企业的补充能源, 已经成为电解铝行业的趋势。管道输送

天然气相比其他输送方式在成本、效率上具备很大的优势。

1 管道焊接磁化影响分析

以嘉峪关市某电解铝企业的天然气管道工程项目为例, 电解铝生产车间部位的管线设计管径为 D323 × 8、D159 × 6、D57 × 3.5、D32 × 3.5, 设计压力 0.4MPa, 管道材质为 20# 无缝钢管, 管线为架空管线, 管道全长 7km, 为四个电解铝生产厂房、每个厂房 30 套用气焙烧装置输送天然气, 本工程在完成初步设计后业主进行了大宗材料如管线、设备、自控系统的订货安排, 在施工图设计出版后组织施工投标方进行了现场初步勘察然后组织施工招标, 在确定施工监理后进行了现场设计交底, 施工单位开工后进行了测量放线。

现场的架空管线安装高度为 4.5m (厂房入口下有 -3.5m 的通道, 所以实际安装高度为 8m), 车间大门入口上翻高度 9m。由于直管段安装高度太高, 厂房结构形式无法搭设脚手架进行管线焊接作业, 架空管施工采用登高车及吊车配合进行焊接作业。为了减少固定端焊接口数, 提高焊接质量加快施工进度, -3.5m 的通道上先预制部分直管段, 再吊装在厂房外支架上进行安装组对焊接。

在管线布管完成后, 准备进行支架安装及组对焊接时, 发现电解铝厂房附近有较强的磁场, 无缝钢管放置几天后, 发现管道磁化。磁场强度与电解槽的电流大小成正比关系, 电流越大磁场越大。电解铝在生产过程是连续不间断的, 假如生产线停开一次, 将增加成本数十万元以上, 因此这次的天然气管道工程施工, 电解铝生产工作是不停产进行的。强磁场环境下, 管线焊接部位因为电焊弧受磁偏吹导致不能施焊; 焊接带磁性无缝钢管时, 会使电弧引燃困难、电弧燃烧稳定性被破坏、在磁场中发生电弧偏离、液体金属和焊渣的熔融体从焊接熔池中溅出。

2 管道焊接常见的消磁方法

2.1 施工现场使用载流线圈消磁法进行焊接

线圈在接通电流（直流）后，在线圈周围会产生一个稳定的电磁场。把线圈放置在焊接组对间隙中或线圈缠绕至焊接管道上，给焊接部位增加了一个外加稳定磁场，使线圈电磁场产生的作用力削弱或者抵消焊口部位（局部）的磁场，从而达到可以焊接的目的。目前市面的主流的消磁设备采取的也是这种方案，消磁设备内置高斯计，可直接测量显示磁场值；配有耐高温的消磁电缆。使用简单方便，通过电流旋钮调节即可完成管道消磁。

焊接操作过程中，要注意电弧偏移的方向和把线缠绕的逆向性不能搞错，否则会适得其反。焊接把线的缠绕匝数要合适，确保退磁有效地进行。把线缠绕的位置距离坡口边缘不能过远，否则会影响退磁效果。但是在现场磁场过大，管壁较薄，采用绕线圈法只能抵消很小一部分磁场；消磁过程中需要进行反复调整和检测，因此不容易取得满意的消磁效果；现场实际操作还发现，对三通、弯头等管件消磁后，与管子焊接效果较好，但是管子与管子对焊，仍有较强的磁场影响。

2.2 坡口接触或者 U 型短接接触消磁法

坡口接触是在钢管对焊时可不留坡口对缝间隙，将两边坡口稍有接触，焊区磁场影响随即大大减弱，焊接得以顺利进行，此法具备简便易行，不增加任何附件，能满足对钢管的焊接要求。U 型短接接触消磁法是按照焊接组对间隙的质量要求，固定好对接坡口相对位置，用普通圆钢热煨成 U 形短接，跨焊于坡口的两侧，跨距不宜过大，尽可能靠近坡口，圆钢腿与管道焊接后，可接通两边磁场，U 形短接宽要与坡口宽度相适应，沿钢管的坡口圆周每隔 120° 处各焊 1 个 U 形短接，就能够有效减弱磁场对焊区影响。采取搭桥焊接法，先将焊缝打底时环绕焊件点焊连接 6 处，管子与管子连接后，焊区磁场影响随即大大减弱，此时即可打底焊接。

现场实际操作中发现无缝钢管坡口接触消磁完成后，因为附近有较强的磁场，仍然会对焊接造成磁吹偏影响，这时可以在焊接区域加设屏蔽金属圈，隔离外界磁场干扰，对焊接作业也可起到一定的辅助作用。应该指出的是被焊接的钢管要达到完全消磁是困难的，所以，当剩磁不足以影响焊接质量时，是允许进行焊接作业的。

2.3 通过改变焊接工艺对管线焊接时的磁吹偏也有一定的作用

管线焊接工艺评定一般都是按照直管段管材制作试件进行焊接工艺评定，如本例工程 20# 管线焊接根据 GB 50236-2011《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》要求确定焊接工艺为 SMAW+GTAW，ER50-6 氩弧焊打底，E4303 焊条填充盖面；其中管材、弯管及焊缝的力学性能试验如下：焊接工艺评定中焊缝的试验抗拉强度为 430MPa，在 GB/T 3639-2021《冷拔或冷轧精密无缝钢管》中 20# 钢的管体抗拉强度为 420MPa。但在现场焊接作业中，发现采用 E4303 焊条填充盖面时，由于磁吹偏，焊缝外观质量无法达到规范要求，但是采取氩弧焊打底焊接时，电磁力对气体保护焊的影响较小，因此在与设计单位沟通后，改变焊接工艺采取 GTAW 进行焊接，可有效提高焊接作业时的质量。在焊接作业时，一是管线组对对口时，采用的对口器用螺栓固定管口，可消除部分磁场；二是可采取搭桥焊接法，先将焊缝打底时环绕焊件点焊连接 6 处，管子与管子连接后，焊区磁场影响随即大大减弱，此时即可打底焊接；三是焊接时焊嘴的倾斜角度应根据施焊的实际情况实时调整，焊接刚开始时，采用焊嘴的倾斜角度为 $80^\circ - 90^\circ$ ，以便迅速形成熔池，当焊接结束时，将焊嘴适当提高，逐渐减小焊嘴倾斜角度，并使焊嘴对准焊丝或熔池交替加热，以更好地填满弧坑，避免焊穿或使焊缝收尾处过热。

2.4 灵活调整施工工序

由于东兴铝业受高能耗企业限电限制以及电解槽使用寿命影响，车间外环境中的磁场强度是不同的，当检测到磁场强度太大时，可提前在料场或者磁场较低的地方提前预制好管线，然后再转运到相应位置，等待磁场周期性减弱时或者预制一段较长的管线，将固定口设置在磁场强度较低的位置进行焊接，此时可大大降低环境中强磁场对于焊接的影响。

3 监理单位的质量控制措施

从工序安排上要考虑到施工顺序自起始点到末端的完整性的最大化，首先是对施工单位要将焊接设备、电焊工、管工、对口组对方式、焊丝牌号等方面的管理做到区域位置的一致性设置，尽最大化的做到人、机、料、法、环的区域统一以确保管道施工统一完整性，不要随意调整和改变；其次是尽量要求施工单位尽快对布设的管子进行组对焊接，避免管子、管件磁化，避免焊丝磁化，进而提高管线焊接质量。

根据施工现场的强磁场的实际情况,及时改变焊接工艺,要求施工单位及时进行新的焊接工艺评定,新的焊接工艺评定中焊缝的试验抗拉强度为510MPa,远远大于20#钢的管体抗拉强度;对于20#天然气管线钢管尽量采用氩弧焊打底以减小线能量,填充盖面为减弱磁吹偏的影响也使用氩弧焊填充盖面,可有效提高焊缝的外观质量;焊接作业时要灵活运用焊接工艺方法,比如搭桥焊接法,进行现场的焊接作业,降低磁场影响,确保焊缝质量合格。

现场的巡视监理过程中,检查施工单位对管线的消磁措施是否到位,避免施工单位为了赶进度,未经过消磁处理,强行组对焊接,要检查施工单位是否使用高斯计对焊口处磁感应强度进行测量,当检测的磁感应强度 $\leq 5\text{MT}$ (50Gs)时,此时有微弱的磁吹偏,可进行焊接。使用U型短接接触消磁法作业时,消磁方法比较复杂,耗时时间长,特别是架空管焊接安装时,不便于操作,所以施工现场主要采取坡口接触法以及对口器固定连接法消磁。在现场管线焊接过程中严格要求填充盖面每层的焊接电流的控制,在风速大于2m/s时,尽量不进行现场的焊接作业,确实需要进行作业的,必须严格落实现场氩弧焊防风措施,只有切实加强焊接作业的全过程管理,方可确保管线焊缝的使用寿命。现阶段在焊接作业过程中尤其是填充盖面工序为了进度的考虑许多电焊工在每层焊道施焊时较少考虑对焊接电流随着层数的增加进行调节,没有按照焊接工艺评定中的焊接电流范围进行层间焊接的电流调节,每层焊道使用统一的大电流会造成焊缝金相中贝氏体和马氏体含量过高而造成焊缝韧性下降脆性增强的隐患,所以在现场施工作业中要求施工单位必须专注于焊接电流由小到大的调节,切实确保了管线焊缝的使用寿命。在焊接完成后,还应及时对焊缝进行外观100%检查,外观质量不应低于GB 50236-2011《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》要求的二级焊缝质量标准;对中压管道焊缝内部质量抽样进行无损检测,安装设计要求的比例进行现场抽样检测,抽查时应侧重抽查固定焊口。

天然气利用工程监理工作的有效和高效开展,离不开标准化建设。加强天然气利用工程监理工作标准化建设也能够进一步推动工程的安全有序开展。天然气利用工程监理工作的标准化建设主要分为坚定贯彻和落实相应的标准化文件,及监理单位及其人员的标准化建设两大部分。第一,在天然气利用工程监理过

程中,由于其具有较强的复杂性和多样性,其涉及到的技术和工艺参数也比较繁琐,施工建设的难度也比较高。对此,天然气利用工程监理工作必须要进行标准化的统一管理,在将焊接施工的技术和工艺等多种参数控制在一定范围之内,尽可能地确保监理工作的通用化和统一化,从而为监理工作提供便利,提升天然气利用工程监理工作的质量和效率。第二,监理单位及其人员的标准化建设。人员因素是天然气利用工程监理工作最为关键的因素,人员负责执行和落实监理工作相关的全部指令与政策,所以要对监理单位及其人员进行标准化管理。因此,要加强监理单位及其人员的标准化管理,以此促使人员养成统一且标准的监理工作习惯,进而实现整个天然气利用工程建设监理工作的标准化和规范化建设,以切实提升天然气利用工程监理工作的质量和效率,从而推动天然气利用工程的安全有序推进。

加强施工过程管理。通过定期组织召开监理例会,联合甲方进行安全质量检查,及时下发监理通知单、联络单,下达无损检测指令等方式使工程建设的安全质量处于可控状态。通过巡视、平检、旁站等监理方式,对施工人员、材料、施工机具、设备、各道工序质量实行严格把关,督促施工单位严格按照设计要求、有关的技术标准、施工及验收规范组织施工,认真组织进行工程质量验收检查,严格各道工序检查验收,强化过程控制。

4 总结

通过文章可以看出,天然气管线在强磁环境中的焊接施工过程中,监理单位如何进行管道焊接安装质量控制措施,可以看出这是一个复杂的过程,施工任何一个环节的出错都有可能产生焊接缺陷,只有通过现场管理以及技术方面加强质量控制,从管线及管件材质、焊接工艺确定、管线消磁措施落实、现场施工组织的人、机、料、法、环等方面要进行系统完整性的质量控制安排,能有效地减少和避免焊接质量缺陷。

参考文献:

- [1] 王焱,王自力.磁化管道的焊接技术措施[J].焊接技术,2017(2):90-91.
- [2] 黄倩,戴曦.强磁场环境下钢板(管道)消磁焊接施工工艺法[J].新型工业化,2022(12):236-239.

作者简介:

陈冬(1991-),男,汉族,江西高安人,本科,中级工程师,研究方向:工程监理、压力容器。