

管道焊接技术

李 铜¹, 钱 莉², 王文杰¹

(1.唐山松下产业机器有限公司, 河北 唐山 063020; 2.河北理工大学, 河北 唐山 063000)

摘要:阐述了国内外管道焊接技术的发展历程及现状,同时就目前的管道焊接工艺、焊接材料、焊接设备技术进行了较为全面的介绍;最后简单分析了管道焊接存在的技术难题,并对其发展前景发表一些看法。

关键词:管道焊接;焊接工艺;焊接设备和材料

中图分类号:TG457.6

文献标识码:C

文章编号:1001-2303(2007)12-0032-04

Technology of pipe welding

LI Tong¹, QIAN Li², WANG Wen-jie¹

(1.Panasonic Welding System(Tangshan) Co.,Ltd,Tangshan 063020, China; 2.Hebei Polytechnic University, Tangshan 063000, China)

Abstract: The development and reaserch status of the pipe welding technology were summarized in this paper.And then,the process,material and equipment of pipe welding at the present time were discussed.According to the present situation,some engineering roadblock was analysed and the prospect of pipe welding was brought forward.

Key words: pipe welding;welding process;welding equipment and material

0 前言

管道运输作为铁路、公路、海运、民用航空和长输管道五大运输行业之一,在国民经济建设中发挥着重要作用。其输送介质以常见的石油、天然气为主,另外还有工业用气体,如氧气、CO₂、乙烯、液氨、矿浆、煤浆等介质。目前管道网必须通过焊接方式来组建,因此要保证管接头的焊接质量,只能因地制宜地选择合适的焊接工艺和相应的设备来满足工程质量要求,并同时提高工程效率。全自动焊接施工现场如图1所示。

1 焊接在管道建设中的特点

(1)施工流动性强。施工作业点随施工进度而不断移动,因此焊接作业处于流动状态,对保证质量相对增加了难度。

(2)施工场所复杂。一条长输管道可能会遇到多种地形:戈壁、沙漠、黄土高原、山区、平原、水网等,地形地貌对焊接有直接影响,所以要因地制宜,选择不同的焊接方法来满足工程的需要,如图2所示。

收稿日期:2006-11-23;修回日期:2007-05-23

作者简介:李 铜(1979—),男,四川阆中人,硕士,主要从事逆变电源及焊接自动化方面的研究工作。



图1 全自动焊接施工现场

(3)施工环境恶劣。风、雨、温度、湿度等自然环境与焊接质量有一定关系,如图3所示。

(4)焊接设备、工艺、材料及焊工技能等因素,对焊接质量有很大影响。

(5)由于外界因素的干扰,造成现场留头多,接头数量增加,质量难以保证,也使焊接成本上升。



图 2 水网施工现场



图 3 冬季施工现场

2 管道焊接现状

2.1 国内情况

20 世纪 70 年代以前,管道建设中焊接以传统手工焊方法施工。由于其焊接速度慢、焊接质量低,已很少在管道建设中应用。

20 世纪 80 年代初,我国引进了欧美的手工向下焊工艺,焊接质量得到很大的提高。该焊接方法已取代了传统手工焊方法。

20 世纪 90 年代初,我国又从美国引进了自保护半自动焊设备和工艺。其优点是连续送丝、无需气体保护、抗风性能较强、焊工易操作等。其缺点是不能进行根焊以及容易产生夹渣等焊接缺陷;如果操作不当还很容易出现气孔。

1993 年,国内首次应用双联管焊接方法。

2.2 国际情况

20 世纪 60 年代,国际上就开始在管道工程中应用自动焊技术,自动焊技术适用于大口径、大壁厚管道,大机组流水作业,焊接质量稳定,操作简便,焊缝外观成形美观。然而根焊依然是最根本的问题,据了解,当前配合自动焊的根焊方法主要有两种,一是内焊机,二是带铜垫对口器外焊根焊成形。

带内铜衬垫对口器外焊根焊成形工艺已在海外很多管道上应用,尤其是在海洋管道上应用更为广泛。试验证明,加大间隙、增加电流,有渗铜现象;减小间隙无渗铜现象。不渗铜以及极其微量渗铜的焊缝,

完全满足设计要求;对于极端工艺,渗铜较严重的焊缝进行轴向加载疲劳试验,未出现焊缝根部发生破坏现象;宽板拉伸试验没有因根部渗铜对管子承载能力产生不利影响,瞬间过载试验失效也不是由根部渗铜引起的,而是由邻近部位塑性变形引起的。有试验结果证明,铜衬垫渗铜问题可以通过调整组对间隙和焊接电流来避免,即使在恶劣条件下有渗铜现象,对管道焊缝也无明显不利因素。

影响内成形不单是设备问题,对管子端部尺寸和形状也应有较严格要求,如管子端部不整(主要指的是错口),设备很难弥补这一缺陷而焊出好的焊道。石油天然气管道科学研究院在这一方面做了大量的工作,包括研究对口设备、调整合理的焊接参数以及错边量的大小等,实验证明可以通过合理的工艺和严格的对口来解决。

20 世纪 70~80 年代,前苏联开始推广应用闪光焊技术,据介绍该方法已焊接了万余公里管道。自 1995 年以后,俄罗斯就该方法完善了技术规程。闪光焊的优点是不用焊材、对坡口无要求、焊缝区(接头)窄。但设备庞大,不利搬迁,尤其地形复杂时很难推广。可以应用到没有内涂层、冲击韧性要求低的管道工程中。

埋弧焊双联管技术在中东、俄罗斯已经较普遍应用。在克拉斯诺达尔输油管道中应用该技术,大大减少了现场工作量。

3 管道焊接工艺

3.1 现场焊接的特点

由于油气田所处地理位置、环境都较恶劣,因此给焊接施工带来很多困难。现场焊接时,采用对口器进行管口对接。为了提高效率,在对前一个对接口进行焊接的同时,开始下一个对接准备工作。这将产生较大的附加应力。

现场焊接位置为管水平固定或倾斜固定对接,包括平焊、立焊、仰焊、横焊等焊接位置。所以对焊工的操作技术要求也非常高。

当今管道工业要求管道有较高的输送压力和较大的管线直径并保证其安全运行。为适应管线钢的高强化、高韧化、管径的大型化和管壁的厚壁化出现了多种焊接方法、焊接材料、焊接工艺以及焊接设备。

3.2 管道施工焊接工艺方法

3.2.1 根焊

目前根焊的方法主要有内焊机根焊,纤维素焊条手工焊打底,STT 半自动焊打底和脉冲 MAG 焊打底。纤维素焊条手工焊主要借助于纤维素焊条药皮中的有机物增强电弧吹力,将熔滴以小颗粒过渡到熔池中去,从而实现单面焊双面成形。STT 半自动焊属于 CO₂ 气体保护焊,它是通过精确的基值/峰值电流和电压控制,使熔滴过渡更利于成形,焊接过程稳定,解决了飞溅问题和单面焊双面成形的难题。脉冲 MAG 焊是最近几年相关科研人员研究的一种新的根焊方法,有试验表明此方法在单面焊双面成形方面取得了较好的效果。

3.2.2 填充和盖面

自动外焊机填充、盖面是在施工环境比较好的地方采用的一种焊接方式;大多数情况下采用药芯焊丝自保护焊接方法。

自保护药芯焊丝半自动焊技术在我国是 20 世纪 90 年代开始应用到管道施工中的,主要用来填充和盖面。其特点为熔敷效率高,全位置成形好,环境适应能力强,焊工易于掌握,是目前管道施工的一种重要焊接工艺方法。由于焊丝中含有保护药粉,焊接过程中药粉中的造渣剂、造气剂迅速溶解保护焊缝,同时药粉中的合金元素能够改善焊缝性能。相比于气体保护焊接方式,特别是在野外施工条件下可以省略保护气体,然而药芯焊丝的价格问题导致了该焊接方式成本偏高。该焊接方法如图 4 所示。

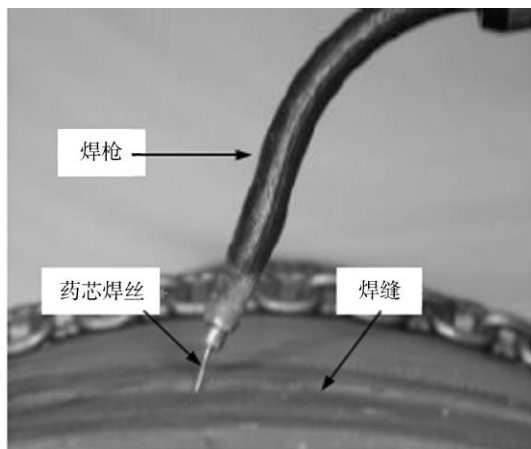


图 4 药芯焊丝自保护焊示意

3.3 西气东输管道工程中应用的焊接方法

由于西气东输线路工程用钢管的强度等级较高,管径和壁厚较大,所以线路施工以自动焊和半自动焊为主,手工焊为辅。所涉及的主要焊接方法有熔化极气体保护电弧焊(GTAW),自保护药芯焊丝电

弧焊(FCAW)和手工电弧焊(SMAW)。

自动焊方法包括:内焊机根部焊+自动外焊机填充、盖面;STT 气保护半自动焊根焊+自动外焊机填充、盖面;纤维素焊条手工电弧焊根焊+药芯焊丝自保护填充、盖面。

试验结果表明,对于大口径、厚壁钢管,采用自动焊的方法焊接具有十分明显的优势,劳动强度低,焊接效率高。自动外焊技术对坡口形状及管口组对要求严格,现场施工必须具备内对口器、管端坡口整形机等配套机具。另外,采用手工焊或半自动焊方法进行根焊时,由于管口组对间隙不同造成坡口形状、尺寸不一致,自动外焊机填充、盖面时就极易形成坡口边缘未熔合,从而制约了自动外焊机优势的发挥。

4 焊接材料和设备

4.1 焊接材料

管道焊接施工中采用的焊接材料有纤维素型焊条、低氢型焊条、自保护药芯焊丝和 CO₂ 气体保护实芯焊丝。纤维素型下向焊条的药皮中含有 30%~50%的有机物,具有极强的造气功能,在保护电弧和熔池的同时增加了电弧吹力,适合于全位置单面焊双面成形。低氢型下向焊条的药皮中含有铁粉,可增加熔敷效率,提高焊接接头力学性能,适用于山区、水网等地形复杂或焊接自动化程度要求不高的场合。自保护药芯焊丝由药芯高温分解释放出的大量气体对电弧及熔池进行保护,同时通过熔渣对熔池及凝固焊缝金属进行保护,是管道施工的一种重要的焊接材料。CO₂ 气体保护实芯焊丝主要用于 STT 半自动焊和全位置自动焊。

过去管道焊接施工中采用的纤维素型焊条和低氢型焊条主要依靠进口,如美国林肯焊材、奥地利伯乐焊材、瑞典伊萨焊材、日本神钢焊材、法国 SAF 焊材、美国希伯特焊材等;目前四川大西洋、天津金桥等公司也相继开发了管道下向焊用纤维素型焊条。管道施工中采用的自保护药芯焊丝主要为美国 LINCOLN 和 HOBART 的产品。CO₂ 气保护实芯焊丝主要来源于台湾锦泰、四川大西洋、法国 SAF、日本神钢、助友等焊材生产厂家。

4.2 焊接设备

焊接设备是实现焊接的关键之一。在工程项目建设中,好的电源设备配置能够适当地降低焊接缺陷,同时保证施工进度。

目前,纤维素焊条手工焊电源设备国内外很多厂家都有相关产品,其中包括唐山松下、北京时代、山东奥太等,而且焊接性能都不错。然而,药芯焊丝电源设备目前国内外都还比较少,国外主要以美国林肯 DC-400 匹配 LN23P 送丝机、米勒 XMT304 匹配 S-32P 送丝机;国内主要以熊谷 ZD7-500 匹配 X6-90 送丝机为代表。

前面提到过采用 STT 气体保护焊实现根焊,因此其设备主要是林肯的专利技术产品 STT-II 匹配 LN-742 送丝机。在施工条件充分的情况下,此方法在打底方面具有独到的技术。

林肯 DC-400 是目前市面上反映综合性能最好的焊接设备,其可靠的结构使得其使用寿命得到焊接界的高度评价,良好的恒电流、恒电压技术使得其焊接性能无论是平特性还是降特性方面都表现得非常出色,是国内外很多用户指定使用的焊接电源。

自动焊机方面主要是英国 NOREAST 自动外焊机、自动内焊机,加拿大 RMS 自动外焊机等。

5 存在的问题^[1]

自动焊技术其缺点体现在:一是对管道坡口、对口质量要求高,即要求管子全周对口均匀;二是坡口型式要求严格,当管壁厚较厚时,确定工艺时采用复合型或 U 型坡口,不能仅考虑减少工作量,更重要的是要考虑到坡口对焊接质量的保证,小角度 V 型坡口虽然简化了施工程序,但从保证质量角度分析,复合型坡 I 或 U 型坡口更优;三是受外界气候的影响较大,这也是气体保护焊的普遍问题;四是边远地区气源问题。

Page 12

5 结论

(1)采用改进的双传感器跟踪方案设计的闭环控制系统,能克服开环控制带来的不便,在设备发生故障时能及时发现问题并解决。

(2)选用了合适的传感器并设计了相应的调理电路和抗干扰措施。

(3)采用 S 形升降速曲线后,能切实地解决丢步、堵转等在步进电机应用过程中经常出现的问题。

参考文献:

[1] 余晓庆.三偏心蝶阀的发展及应用[J].中国仪器仪表,2001

内焊机功能较强,除具有焊接功能外,还具有对口功能;设备有液压、气路、保护气体、电、控制等系统,由于空间限制,设备结构设计紧凑复杂。在现场应用过程中机械故障率较高,需要配备相当数量的备件和高水平的维修工来保证设备的正常运转。

内焊机焊枪驱动依靠保护气体,设计上欠考虑。用保护气体驱动焊枪,一是浪费保护气体,二是将保护气体气路复杂化,容易干扰焊接气体保护效果。

药芯焊丝自保护焊由于焊丝的高费用导致了其应用成本的增加。

保证外焊机焊接质量,主要是防风问题。还有抗风沙、抗高温问题以及两者矛盾的处理。这些主要是对设备本身的要求,只要设备使用条件允许,现场操作和质量问题是可以控制的。

6 国内管道焊接前景

对于大直径、大壁厚管道,在地区、人为条件较理想情况下,自保护半自动焊应当大力推广应用。

双联管焊接技术在条件允许的情况下,应推广应用;普通管道可以引进闪光焊,但要根据管道设计对焊缝冲击韧性要求,进行试验研究;双头气体保护焊可提高工效宜加紧研究,并推广应用;单面焊双面成形设备应结合工艺试验加快研制步伐。

气体保护强制成形工艺在国外进行过研究开发,估计难于实现全位置焊接。

展望中国管道建设的前景,随着即将开工的西气东输复线工程,国内外焊接设备、焊接材料等市场势必竞争更加激烈。另一方面,管道用钢向着高强度发展,需要有更多新的焊接技术支持,以提高市场竞争力。

(增刊):15-17.

- [2] Bogachek V.A new approach to powder spraying[J].Weld., 2000, 79(2):45-46.
- [3] 刘国清,陈克选,李春旭,等.三偏心蝶阀堆焊焊缝跟踪控制系统研究[J].电焊机,2006, 36(10):10-12.
- [4] 曲波,肖圣岳.工业常用传感器选型指南[M].北京:清华大学出版社,2002.
- [5] 王幸之,王雷.单片机应用抗干扰技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,2002
- [6] 李刚,林凌.现代测控电路[M].北京:高等教育出版社,2004.
- [7] 李鹤歧,高东锋.三偏心蝶阀蝶板自动等离子堆焊跟踪控制系统的研究[J].兰州理工大学学报,2006, 32(3):11-13.