



西气东输二线广州-南宁 支干线工程关键焊接技术

陈建平

【摘要】 本文介绍了西气东输二线广州-南宁支干线工程在施工中的难点和特点,并针对此特点详细介绍了该工程的关键焊接技术。另外,为保质保量完成该工程,项目组通过详细分析,对项目施工过程中遇到的问题进行创新改进,很好地完成了项目的进度和质量。

关键词: HYSY201船;埋弧焊;内焊;工艺开发

一、工程概况

广州-南宁支干线是经国家发展和改革委员会批准、西气东输二线东段工程配套建设的6条

支干线之一,属国家重点工程。西气东输二线广州-南宁支干线工程线路2、3、4标段东起广东省肇庆市大旺区,西至广西省梧州市藤县天平镇,线路实际长度

288.408km,管径为1016mm,壁厚14.6/17.5/21.0mm,材质X70,设计压力10MPa。

广州-南宁支干线工程线路所处地形复杂,崇山峻岭、沼



(a)环焊缝外侧形貌



(b)环焊缝内侧形貌

图4 特高压钢管塔薄壁管同法兰连接细丝埋弧焊环焊缝

[2] 刘振亚. 全球能源互联网 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2015.

[3] 杨建平,等. 架空输电线路钢管塔结构 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2011.

[4] 吴静,杨靖波,吴国强. 带颈法兰在特高压输电钢管塔中的应用试验 [J]. 电网技术, 2011, 34 (1): 12-16.

[5] 李茂华,董建尧,杨靖波等. 特高压双回路钢管塔真型试验 [J]. 中国电机工程学报, 2009, 29 (34): 102-107.

[6] 青岛东方铁塔股份有限公司. 薄壁管一体化焊机的推广[C]. 特高压输电线路钢管塔焊接技术交流会, 2013: 101-104.

作者简介: 刘松善, 国家电网技术学院; 靳佰然, 山东鼎昌铁塔制造有限公司。

MW 20161130

泽稻田、雨季时间长、施工难度大；主线路钢级高、冷弯管多，热弯头多，不等壁厚管口多，连头口多；隧道斜井倾角大（均为 23° ）、施工空间受限、环境潮湿等，给焊接施工和保证工程质量带来了很大难度。因此，我公司项目部对该项目进行了焊接工艺及焊接管理方面的创新，使广州-南宁支干线工程线路高质量的完成。现将本项目涉及到的主要关键技术进行介绍。

二、工程关键焊接技术

1. 主线路焊接设备、材料及接头形式

(1) 根焊设备及材料 焊接电源为林肯INVERTEC STT-II型焊接电源（见图1）；送丝机为美国林肯公司制造的STT-10（见图2）。

焊丝为美国林肯电气（锦州）焊接材料有限公司生产的JM-58实芯焊丝（化学成分见表1）， $\phi 1.2\text{mm}$ ；保护气体 $100\%\text{CO}_2$ 。

(2) 填充、盖面焊设备及材料 采用国内熊谷公司生产的MPS-500电焊机和与其相匹配的XG-90LN送丝机（见图3）。

焊丝为国内金桥公司生产的JC30药芯焊丝， $\phi 2.0\text{mm}$ ；化学成分如表2所示。

(3) 坡口接头形式 管道坡口、组对尺寸及接头形式如图4、图5所示。

2. STT气保护半自动焊根焊

STT (Surface Tension Transfer) 是优化的熔化极气



图1 林肯STT-II型焊接电源



图2 林肯STT-10送丝机

表1 JM-58实芯焊丝的化学成分（质量分数） (%)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Ti	Al
0.045	0.76	1.46	0.010	0.011	0.14	—	—	0.16	0.011



图3 熊谷MPS-500电焊机及XG-90LN送丝机

表2 JC30药芯焊丝的化学成分（质量分数） (%)

C	Si	Mn	P	S	Mo	Cr	Ni	V	Al
0.036	0.184	1.40	0.004	0.003	0.005	0.019	1.62	0.002	0.70

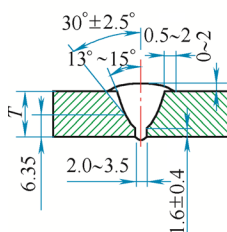


图4 双V形复合坡口接头形式

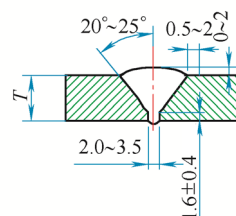


图5 V形坡口接头形式

体保护焊，其性能优于传统的GMAW。它采用独特的波形控制技术，可以根据熔滴的不同过渡过程，自动调节焊接电流和电

弧电压波形，在整个焊接周期里精确控制流过焊丝的电流，从而达到电弧所需的瞬时热量，同时解决了 CO_2 气体保护焊短路过渡



飞溅大的技术难题,确保焊接电弧的稳定燃烧和有效控制焊缝成形。

(1) STT 根焊工艺特点 ①精确的热输入控制,以减少变形和烧穿。②极大地减少飞溅。③在碳钢和低合金钢焊接时,可采用100%CO₂气体保护。④峰值电流控制弧长和熔深。⑤基值电流控制表面成形及总的热输入。⑥焊缝背面成形与TIG焊相似,焊缝正面平整。⑦焊接速度比纤维素焊条快,并且不用清渣。

(2) STT 根焊参数 STT焊接电源的焊接电流分为基值电流和峰值电流,且两电流可分别调节,焊接参数如表3所示。

(3) STT 根焊操作要点 ①由于管径较大,为减小受热不均引起应力分布,每层焊道均由两名焊工对称施焊。施焊顺序如图6所示。②预热及层间温度:为了防止产生裂纹,焊接高强度的钢管时应采取预热措施。本工程选用预热温度 $\geq 100^{\circ}\text{C}$ 。③焊枪角度:在焊接过程中,保持正确的焊枪角度有利于保持焊接过程和焊接质量的稳定。焊枪角度如图7所示。④根焊运弧方式可根据根部间隙大小采用直线型或小月牙形摆动,以保证坡口两侧熔合良好。⑤根焊道焊缝厚度控制在4mm左右,可减少自保护药芯焊丝半自动热焊时烧穿或烧熔缺陷产生的可能性。⑥根焊层结束后除过高接头外,其余焊缝无需打磨即可进行填充层的焊接。

3. 自保护药芯焊丝半自动焊填充、盖面焊

自保护药芯焊丝半自动焊是近年来在国内应用最广的一种长

输管道焊接工艺。

(1) 自保护药芯焊丝半自动焊工艺特点 ①焊接操作简单,能适应多种环境,易于实现机械化大流水施工焊接作业。②抗风能力强,采用渣-气联合保护,特别适用于野外施工作业。③焊丝熔化速度快,熔敷效率高,焊缝成形美观,焊缝质量高。④焊层较薄,脱渣性好,可以大大减少清渣时间,有利于施工效率的提高。⑤可根据不同钢材材质,灵活调节药芯配方。⑥综合成本低,药芯焊丝的有效利用率高。

(2) 自保护药芯焊丝半自动焊填充、盖面焊接参数 填充、盖面焊接参数如表4所示。

(3) 自保护药芯焊丝半自

动焊填充、盖面焊操作要点 第一层填充焊也称为热焊。根焊与热焊的时间间隔不要太长,以不小于10min为宜。①为减小受热不均引起应力分布,每层焊道均由两名焊工从12点钟位置起弧,对称向下施焊。②层间温度:为了防止产生裂纹,焊接高强度的钢管时应采取层间保温措施。本工程选用的层间温度 $\geq 80^{\circ}\text{C}$ 。③焊枪角度:在进行药芯焊丝填充、盖面焊接时,焊枪与钢管中心的轴线之间的夹角应保持在 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ (图4为角度是焊枪与钢管切线的夹角),并向后倾斜。当角度过大时,会使熔深增加,角度过小则会使熔深减小。④在进行热焊道焊接时一般不需摆动或作较小的“之”字形摆

表3 根焊焊接参数

焊道	工艺	填充材料	尺寸/mm	极性	焊接方向	峰值电流/A	基值电流/A	电弧电压/V	送丝速度/in·min ⁻¹	焊接速度/cm·min ⁻¹	气体流量/L·min ⁻¹
根焊	GMAW	ER70S-G	1.2	DCEP	下向	380~420	55~65	14~18	130~160	20~25	20~35

注: DCEP表示焊丝接电源正极, 1in=25.4mm。

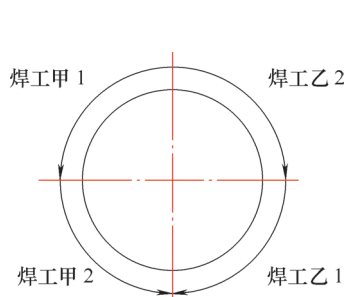


图6 施焊方向及顺序

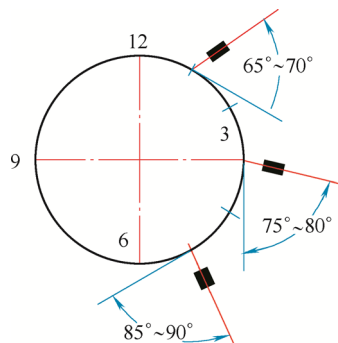


图7 焊枪角度

表4 填充、盖面焊接参数

焊道	工艺	填充材料	尺寸/mm	极性	焊接方向	焊接电流/A	电弧电压/V	送丝速度/in·min ⁻¹	焊接速度/cm·min ⁻¹
填充	FCAW-S	E81T8-G E81T8-Ni2	2.0	DCEN	下向	220~280	18~20	90~110	25~35
盖面	FCAW-S	E81T8-G E81T8-Ni2	2.0	DCEN	下向	180~240	18~20	85~95	20~30

注: DCEN表示焊丝接电源负极, 1in=25.4mm。

动,其余焊道焊接时,作锯齿形或月牙形横摆,保证坡口两侧熔合良好。干伸长度以20~25mm为宜。⑤填充层厚度以3mm为宜;清理干净焊道表面后,进行下一层焊道的焊接;相邻焊道的起弧或收回处应错开30mm。⑥盖面焊缝宽度,比坡口上口每侧增宽0.5~2.0mm。余高以2mm为宜,余高超高时应打磨至要求的范围内,并与母材圆滑过渡且不得伤及母材。

三、工程技术及管理创新

(1) 完善焊接工艺 针对“隧道内潮湿环境及过堂风影响焊口质量”的难题,开展QC小组活动,取得了多项小改小革成:例如,自制简易防风板,解决了过堂风对根焊质量造成的影响;坡口下方采取防护措施,防止焊接飞溅产生水蒸气,进而导致坡口气孔和裂纹的产生;增加火焰加热次数和做好焊缝保温,确保坡口周边环境参数符合工艺规程要求,消除了焊缝缺陷。

(2) 研制并使用了专用的辅助设备 针对隧道内施工空间受限、隧道形式复杂(为“斜井+平巷+斜井”)、斜井倾角大(均为23°)、环境潮湿的难点,自行研制了可行走龙门架式运管、组对车(见图8),并采取“先平巷段焊接、再斜井段自下而上”的焊接顺序,在四条隧道施工中推广应用(见图9),保证了焊接作业有序、高效进行。

(3) 强化和完善焊接关键工序的质量管理 关键焊缝(连

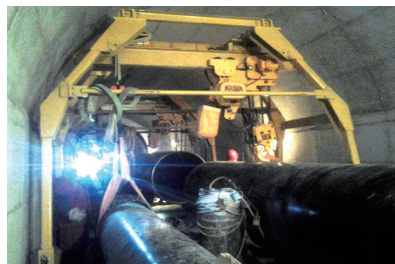


图8 可行走龙门架式运管组对车



图9 可行走龙门架式运管组对车隧道内施工

头、金口、返修口)控制是焊接施工的难点。由于受征地、地形和施工方式影响,线路留头多,为确保主管线连头、死口、金口焊接作业的质量,制定了关键焊缝施工管理流程并由项目部直接控制和监督。首先规范焊缝的留头位置,尽量选择直管段、同壁厚、平直地段,以减少应力、避免强力组对;其次严格执行焊接工艺规程,严禁随意改变工艺参数施工;三是建立“关键焊口台账”,现场焊接记录由施工方和现场监理共同签认,定期核查和备案。

(4) 严格执行检查考核制度 实行项目部、作业机组双层检查机制,落实三检制,狠抓细节管理,对发现的问题下发通报督促及时整改。坚持每月对机组施工质量进行考核、评比,奖优罚劣,有效地增强了员工的创优意识,确保了施工质量。

四、工程质量及效果

工程综合统计,焊接一次无损检测合格率指标达到98.66%。实现了“创建石油优秀焊接工程计划书”设定的“焊接一次无损检测合格率”达到95%以上,试运投产一次成功,“零伤害、零污染、零事故”的创优指标。施工质量、施工安全、施工进度

均达到了设计方、建设方、监理部的要求,无安全事故,投产一次成功。投产运行三年以来,实现了平稳、安全、满负荷的连续运行,各项指标完全达到设计要求,取得了显著的社会效益和经济效益。

本工程施工中,创出了本行业水网段每月焊接34km的施工新纪录和本企业年焊接218km的施工新水平。该工程2015年获得“石油工程安装优质奖”,依托该工程隧道施工研制的“电动龙门吊架式运管组对车”获得2015年度管道局技术革新一等奖。2016年获得“全国优秀焊接工程一等奖”。展示了公司的焊接施工技术实力及管理水平,积累了施工业绩,必将对提高本企业的知名度和市场竞争力,起到积极的促进作用。

作者简介:陈建平,河北华北石油工程建设有限公司。



MW 20161130