



# 特高压输电线路钢管塔薄壁管 细丝埋弧焊技术

刘松善 靳佰然

**【摘要】**钢管塔由于具有自重轻，风压体形系数小，建造周期短的特点被广泛应用于特高压输电线路。目前，针对特高压薄壁钢管常采用 $\text{CO}_2$ 气体保护焊方法进行制造，但是该方法存在生产效率低，缺陷率高的缺点。基于特高压钢管塔薄壁钢管部件结构特点，采用细丝埋弧焊技术，通过设计专用焊枪与工装机构配合 $\text{CO}_2$ 气体保护焊电源，完成了特高压钢管塔薄壁管焊接制造。所制备的薄壁管环焊缝具有优质、高效的特点，在特高压钢管塔制造中获得了良好应用。

**关键字：**特高压；钢管塔；埋弧焊

## 1. 概述

特高压输电技术是提高我国能源开发和利用效率的基本保障，是近年来我国大力发展的一种输电技术，对有效解决我国能源和电力配置的瓶颈制约具有重要意义。此外，特高压输电技术作为提高全球能源配置效率和效益的重要手段，也是实践全球能源互联网战略的骨干网架支撑。

由于特高压输电技术对输电线路的容量及电压等级提出了更高要求，其线路杆塔的荷载和塔重也明显增加。钢管塔由于具有自重轻，风压体形系数小，建造周期短的特点，在铁塔制造、安装方面具有较大优势。因此，同角钢塔相比，在特高压线路中大荷载要求下合理使用钢管塔，具有明显的技术和经济优势。

焊接技术是钢管塔制造的关键技术环节。对于钢管塔薄壁管同带颈法兰对接的环焊缝，由于其在服役过程中承受较大工作应力，其焊缝质量对保障钢管塔的安全运行具有重要意义，因此该位置为 I 级焊缝，需要进行 100% 无损检测。目前该位置焊缝生产制造主要采用 $\text{CO}_2$ 气保焊。然而，由于该方法熔深浅的固有特点，其焊缝尤其是根部常常存在缺陷，导致成品率较低，成为制约钢管塔薄壁管制造的瓶颈因素。

本文通过分析钢管塔制造常用焊接方法的技术特点，以及特高压钢管塔薄壁件结构特征，基于生产实践提出了一种新型的细焊丝埋弧焊技术，分析了设备结构以及该方法在生产实践中的

应用情况，以期促进特高压薄壁管部件的制造。

## 2. 特高压钢管塔薄壁管焊接方法特点

由于钢管塔薄壁构件管径小，壁厚薄，而且内部空间有限，所以常用的大型自动焊焊接设备往往难以施焊。对于薄壁管同带颈法兰连接的环焊缝，目前大部分企业采用 $\text{CO}_2$ 气体保护焊的方法进行焊接。由于 $\text{CO}_2$ 气保焊熔深浅、飞溅大，尤其对于根层焊缝，缺陷产生率较高，常常需要进行返修。部分企业采用氩弧焊打底、 $\text{CO}_2$ 气保焊填充和盖面的方法进行焊接，但是采用这种方式由于氩弧焊固有的热输入低的缺点，往往导致生产效率低，影响钢管塔的大规模生产制造。



埋弧焊具有生产效率高, 劳动强度低的优点, 而且由于焊剂具有冶金反应效应, 所得焊缝质量优良, 在钢管塔生产中得到了大量应用。但传统埋弧焊小电流焊接时电弧稳定性较差, 大电流时热输入较高, 对于薄壁件其焊接工艺参数调节具有较高难度, 常常造成烧穿等缺陷。因此如果能有效降低焊接热输入, 采用细丝, 小电流规范进行埋弧焊焊接, 可有效解决上述问题, 获得优良的焊缝质量。 $\text{CO}_2$ 气体保护焊机一般采用平特性电源, 为了减少飞溅, 一般还需采用特殊的波形控制方式在熔滴短路缩颈阶段进行控制, 防止过大的飞溅产生。该种电源外特性可直接同细丝埋弧电流范围内电弧静特性相配合使用。在生产实践中采用 $\phi 1.6\text{mm}$ 细焊丝, 利用 $\text{CO}_2$ 气保焊电源, 成功完成了钢管塔薄壁件钢管同带颈法兰的焊接。该种焊接方法可直接采用常规 $\text{CO}_2$ 气保焊电源, 无需进行改造, 而且具有焊缝缺陷率低, 生产效率高的特点。

### 3. 特高压钢管塔薄壁管细丝埋弧焊设备结构

特高压钢管塔薄壁管细丝埋弧焊专用设备由焊接电源、送丝机、焊剂送料机构、专用焊枪、焊枪位置调节工装、专用电机固定卡块及滚轮架组成, 如图1和图2所示。焊接电源采用常规 $\text{CO}_2$ 气体保护焊NBC—500焊接电源。由于薄壁管带颈法兰固有的结构特点, 采用常规焊枪难以满足工位操作要求, 因此设计了L形焊枪, 通过加长焊枪水平长度

使之满足焊接要求。此外, 设计了专用焊枪调节工装, 工装通过手轮调节可以进行前后、左右、上下三个方向的调节, 最大限度的保证了焊接质量和工位可调性。为了确保焊接电源电缆同钢管良好的接触及导电性, 设计了专用电极卡块装置。将焊机电缆固定于卡块之上, 再将弧形卡块固定于法兰的外侧, 确保了焊接过程中电极同钢管良好接触。

焊接设备的各部分实物如图2所示。在使用过程中将钢管固定于滚轮架之上, 将固定卡块固定于法兰外侧。根据钢管和法兰焊接位置要求, 调节焊枪工装使之处于适宜的位置开始焊接。在焊接过程中首先进行环焊缝外侧焊接, 如图2c所示, 焊接过程中焊枪位置保持固定, 通过滚轮旋转完成环焊缝焊接。待法兰外侧环焊缝焊接完成后, 进行钢管和法兰对接环焊缝根部焊接, 在根部焊接时一般选择较高的热输入, 确保根部熔透, 达到焊接质

量要求。

### 4. 焊接工艺及应用效果

(1) 典型焊接工艺 首先, 坡口制备。钢管塔部件为 $\phi 159\text{mm} \times 5\text{mm}$ 钢管与 $\phi 159\text{mm} \times 5\text{mm}$ 法兰, 材质为Q345。采用机械加工或等离子切割方法制备坡口, 坡口形状为V形, 如图3所示。坡口制备完毕后两侧20mm范围内清除铁锈、油污等毛刺, 使部件露出金属光泽。

(2) 焊接材料选择 焊剂选择HJ350, 焊丝选择ER50—6,  $\phi 1.6\text{mm}$ 。

(3) 焊接参数 在进行焊接时, 调整部件工位, 先进行钢管塔同法兰连接环焊缝的表层焊接, 之后进行根层焊接, 钢管塔薄壁管焊接参数如附表所示。

(4) 应用情况 所研发的特高压钢管塔薄壁管细丝埋弧焊技术由山东鼎昌铁塔制造有限公司应用于锡盟—山东1000kV交流特高压输变电工程输电线路钢管塔

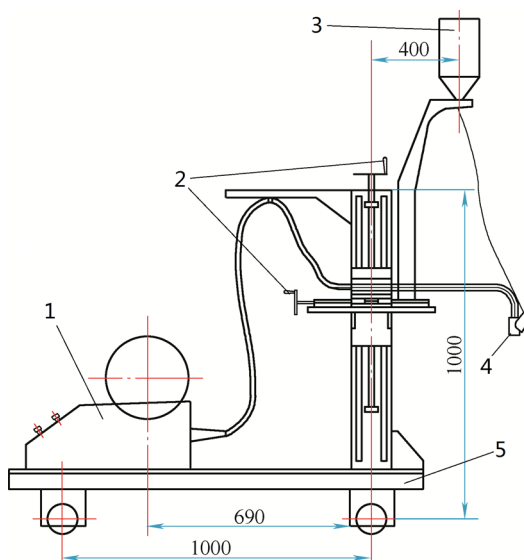
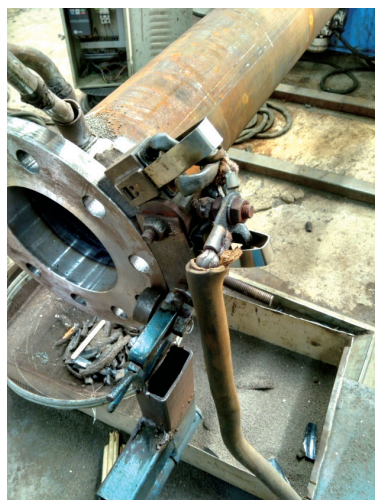


图1 特高压钢管塔细丝埋弧焊专用设备结构

1.送丝机 2.焊枪位置调节工装 3.焊剂送料机构 4.焊枪 5.底座



(a)焊接设备结构



(b)电极固定卡块



(c)外侧焊缝焊接



(d)内侧焊缝焊接

图2 特高压钢管塔薄壁管细丝埋弧焊设备

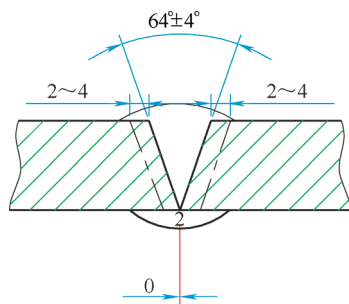


图3 特高压钢管塔薄壁件对接坡口形状

细丝埋弧焊焊接参数

| 规范<br>参数<br>操作<br>项目 | 焊接<br>方法 | 电源<br>极性 | 焊丝直径<br>/mm | 焊接电流<br>/A | 电弧电压<br>/V | 焊接速度<br>/mm·min <sup>-1</sup> |
|----------------------|----------|----------|-------------|------------|------------|-------------------------------|
| 表面层施焊                | SAW      | 反接       | φ1.6        | 180~183    | 35~37      | 30                            |
| 根层施焊                 | SAW      | 反接       | φ1.6        | 245~265    | 34~35      | 28                            |

制造。该工程钢管塔结构形式为四柱钢管结构，采用带颈法兰联接，法兰与钢管的焊接均为一级焊缝且要求所有环焊缝100%无损检测，因此薄壁管焊接成为了该工程的关键特殊工序。目前我国钢管塔生产企业对于直径小于219mm，壁厚小于8mm生产工艺均为CO<sub>2</sub>焊接。CO<sub>2</sub>焊接由于工作效率低且焊接熔深浅，因此焊缝合格率较低（平均合格率约为80%），难以满足钢管塔大批量生产需求。采用新型细丝埋弧焊技术，通过自主设计制造了一条小管径薄壁管埋弧焊生产线，经反复试验以及焊接工艺评定，工艺参数完全符合国家相关标准及特高压输电线路铁塔技术要求，典型环焊缝如图4所示。经过三个多月的可靠性试验，焊缝合格率达99%以上，较CO<sub>2</sub>焊接合格率提高了约20%，且生产加工效率提高50%，大大提高了铁塔加工质量及生产效率，取得了良好的经济效益和社会效益。

## 5. 结语

采用新型细丝埋弧焊技术，通过设计专用焊枪及工装调节装置，采用常规CO<sub>2</sub>气保焊电源，可以完成特高压钢管塔薄壁管部件钢管同带颈法兰的焊接制造。采用该种焊接方法生产的焊缝合格率达到99%，具有优质、高效的特点，在生产实践中得到了良好应用，具有极高的推广价值。

## 参考文献：

[1]刘振亚. 特高压电网 [M]. 北京：中国经济出版社，2005.



# 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