

文章编号:1002-025X(2006)04-0050-05

TIG, MIG/MAG 及等离子弧精密自动焊接系统

韩 勤

(天津市焊接研究所, 天津 300110)

摘要: 对TIG, MIG/MAG及等离子弧精密焊接系统的特点及应用进行了概述。对其主要应用领域的焊管机、管板焊机、纵环缝自动焊接系统的结构形式及功能进行了阐述, 指出了目前精密焊接系统的发展水平。

关键词: 精密自动焊; 焊接系统; 焊接方法

中图分类号: TG432 **文献标识码:** B

1 概述

现代制造业的发展对焊接结构尺寸精度及焊缝质量提出了愈来愈高的要求, 促使人们开发各种精密自动焊设备, 以保证焊件在焊后状态的尺寸精度达到超常规的标准, 焊后无需再进行机加工, 这就对焊接设备的焊接加工精度和参数控制精度提出愈来愈严格的要求, 从而形成精密自动焊接系统。其中TIG, MIG/MAG及等离子弧焊接工艺在精密自动焊接系统中占有重要地位。

TIG焊是传统的焊接方法之一。近年来, 为满足薄壁焊件精密焊接的需要, 开发了低频脉冲TIG焊及低频+高频脉冲TIG焊。为扩大TIG焊在厚壁焊件中的应用, 发展了热丝TIG焊和窄间隙TIG焊新工艺。图1为热丝TIG焊原理图, 即在熔入熔池前将填充焊丝预热至500~800℃, 以提高熔敷效率。

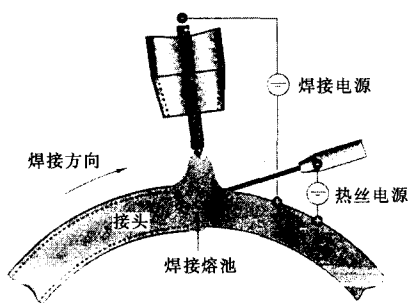


图1 热丝TIG焊原理图

精密TIG焊工艺主要用于厚0.1 mm以上的薄板精密制件、高温高压管道、输送腐蚀性介质和高纯净介质的管道和管配件的焊接。安装现场的固定管对接全位置自动TIG焊占有重要的地位。大直径厚壁管对接环缝的热丝TIG焊和窄间隙热丝TIG焊已取得生产应用的成功经验。

MIG/MAG焊的最初形式是CO₂气体保护焊。现已发展了Ar, He或Ar+He混合气体作保护气体的MIG焊, Ar+CO₂, Ar+O₂及Ar+CO₂+O₂, CO₂+O₂等二元或多元混合气体的MAG焊以及脉冲电弧MIG焊和脉冲波形控制MIG/MAG无飞溅焊接方法,

从而使MIG/MAG焊成为主要的精密焊接工艺之一。

MIG/MAG焊已作为一种精密焊接方法用于薄板和各种管道的纵环缝焊接, 其效率比TIG焊高2~3倍。铝和铝合金的焊接也已广泛采用MIG焊, 尤其是铝厚板的MIG焊发展较快, 而细丝脉冲电弧MIG焊已成功地用于小直径厚壁全焊透环缝的焊接。

等离子弧焊由TIG焊发展而成, 是一种压缩电弧焊接方法。弧柱能量集中, 温度比自由电弧的高1.5倍。弧柱中心温度高达24 000 K。

等离子弧焊按弧柱的形式可分为锁孔型、熔合型和微束型。利用锁孔效应, 可一次穿透8 mm对接缝, 并可实现单面焊双面成形。为扩大等离子弧焊的应用范围, 近年还成功发展了脉冲等离子弧焊和变极性等离子弧焊。

利用小电流等离子弧良好的稳定性及易于控制的特性, 熔合型和微束型等离子弧可用来焊接薄壁和超薄型焊件。

等离子弧焊已用于厚度在12 mm以下的不锈钢及钛制压力容器、管道的纵环缝焊接, 微束等离子弧焊在微电子器件的生产中获得成功应用, 新开发的脉冲等离子弧焊也在大型不锈钢储罐的环缝横焊、纵缝立焊方面不断扩大其应用范围。食品、饮料加工工业、制药工业中储罐等装备将是其主要应用领域。φ50~110 mm的中等壁厚管子环缝全位置脉冲等离子弧焊可获得较高的经济效益。

2 TIG, MIG及等离子弧精密自动焊的工艺特点

2.1 精密TIG焊工艺特点

- (1) 在Ar气保护下, 焊接电弧相当稳定, 即使在小电流时, 电弧稳定性亦很好, 故适于焊接薄板和超薄板。
- (2) 焊接熔池易于控制, 工艺适应性强, 可实现单面焊双面成形及全位置焊。
- (3) 焊接过程无飞溅, 焊道成形美观。
- (4) 焊接热输入及焊缝热影响区小, 接头力学性能优异。
- (5) 焊缝金属不发生冶金反应, 无熔渣形成, 容易实现窄间隙焊。
- (6) 在Ar, He及其混合气体保护下焊接活性金属(如钛、锆等), 可以获得优质的焊缝。

收稿日期: 2006-07-10

(7) 热丝TIG焊具有相当于MIG焊的熔敷效率, 热丝TIG焊与冷丝TIG焊相比熔敷效率可提高3~4倍, 焊速可提高3.5倍。全位置焊时, 热丝TIG焊的熔敷效率比冷丝TIG焊提高1倍以上。

(8) 在低频脉冲上叠加快速脉冲, 即所谓快速热脉冲技术, 可提高电弧的挺度, 加大侧壁的熔合, 加强对熔池的控制。

(9) 前沿叠加脉冲, 在不明显增大热输入的前提下, 提高熔深与熔宽之比, 在核能装置管/板接头场合得到优先采用。

2.2 精密MIG/MAG焊的工艺特点

(1) MIG/MAG焊是一种高电流密度焊接方法, 可获得较高的熔敷效率和较高的焊接速度。

(2) 可通过不同的熔滴过渡形式进行焊接。短路过渡的细丝MIG/MAG焊的热输入小, 熔池易于控制, 可实现单面焊双面成形。喷射过渡焊可达到无飞溅的稳定焊接过程。

(3) 可以采用各种不同的一元保护气体和多元混合气体保护, 以满足各种不同的技术要求。

(4) 采用 $\phi 0.8$ mm细丝MIG焊, 可焊接厚0.8 mm以上的薄壁焊件, 焊缝成形易于控制, 可实现管道接头全位置自动焊。

(5) 焊接过程中基本无熔渣, 电弧及熔池可见度好, 焊接过程易于实现自动化和厚壁焊件的窄间隙焊。

(6) 采用精确控制焊接电流、电弧电压波形的逆变式焊接电源, 可实现焊接参数的优化匹配及短路过渡的无飞溅焊接。

2.3 等离子弧焊的工艺特点

(1) 压缩型等离子弧具有相当好的柔性和工艺适应性。采用锁孔焊技术可一次焊透厚8 mm以下板材直边对接接头并双面成形。采用微束等离子弧焊可焊接厚0.02 mm以上的金属箔及相应直径的金属丝。

(2) 与相同能量参数的TIG焊相比, 焊接速度高2~3倍, 焊接速度最高可达60 m/h。

(3) 对焊接熔池的保护效果好, 焊缝质量高, 热影响区窄, 焊接变形小, 焊缝成形美观, 特别适用于对焊缝致密性及力学性能要求高的不锈钢及钛合金焊件。

(4) 焊接电弧高温弧柱长度大, 因此弧长的变化对熔透特性无明显影响, 焊缝质量的重复性好, 自动焊装置可省略弧长控制功能。

(5) 采用与脉冲电流同步的脉冲送气等离子弧焊, 可完成管子接头的全位置焊和薄壁筒体对接纵缝的立焊。

(6) 采用填丝等离子弧焊, 可焊接厚10 mm以上开各种坡口的对接缝, 由于可保留较大的钝边, 焊缝层数可相应减少, 焊接效率明显提高。

3 管道接头的自动全位置TIG焊及MAG焊

3.1 自动全位置TIG焊管机的构成

各种规格管道接头全位置自动氩弧焊是精密TIG自动焊系统的主要应用领域, 该自动焊系统主要由以下几个部分组成:

- (1) 精密焊接电源;
- (2) 精密焊接机头或行走机构;
- (3) 焊接程序和焊接参数自动控制器;

(4) 精密送丝机。

3.2 精密TIG焊电源的技术特性及功能

按照管子全位置焊的工艺要求, 法国POLYSOUDE公司生产的自动TIG焊电源的特点是编程和自动控制系统一体化, 完全满足管子接头自动全位置TIG焊的要求, 其中焊接程序和工艺参数采用最新一代的微机或便携式计算机编程和控制。

自动TIG焊电源可分为PS系列微机程序控制焊接电源和PC系列计算机程序控制焊接电源。

PS系列焊接电源的主要功能如下:

(1) 通过遥控盒, 采用焊工易掌握的语言分段编制焊接程序, 预置焊接参数并可存储于磁卡上随意调用, 每条焊缝焊接后, 可按需要由一体式打印机将实际焊接参数打印记录。

(2) 焊接过程中可按实际工艺需要通过遥控盒微调所有焊接参数。

(3) 控制系统具有焊机头旋转运动程序控制和恒速及脉冲送丝的功能, PS256型焊接电源还具有弧长控制和焊枪横摆控制功能。

(4) 主要焊接参数可在荧屏上数字显示。

(5) 焊机头步进运动时, 焊丝同步脉动送进。

PS系列计算机程序控制焊接电源有逆变型电源和晶体管型电源2种, 其主要特点是可用便携式计算机分任意段脱机编程。焊接参数的控制更为精密, 功能进一步扩大, 适用于自动TIG焊、自动热丝TIG焊和等离子弧焊, 计算机存储容量增加到100组。

可在低频脉冲波形上叠加快速热脉冲, 以进一步改善控制焊接熔池和侧壁熔透的功能, 逆变型焊接电源快速脉冲频率最高为2 kHz, 而晶体管型焊接电源的最高为10 kHz。

焊机头运动、送丝、弧长、焊枪横摆以及气体流量、焊接电流递增和衰减均由一体式控制模块完成精确控制。焊接电源控制功能及控制程序如图2所示。

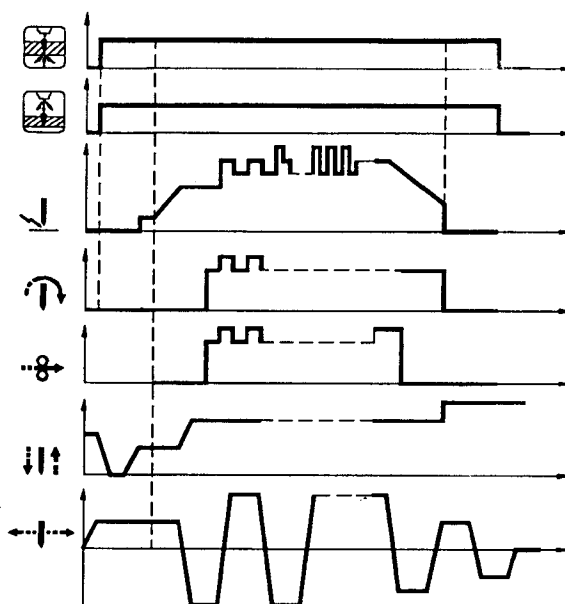


图2 焊接电源的控制功能及程序

3.3 精密焊机机头及行走机构

POLYSOUDE公司精密全位置焊管机头有封闭式焊头、开启式焊头及小车式行走机构。

3.3.1 封闭式焊头

封闭式焊头有4种主要形式,多用于小直径薄壁管的焊接,不加丝,以管端边缘自熔方式完成焊接过程。

UHP型焊头密封性及保护效果好,水冷+空冷,可连续焊接,模块式夹具装拆便捷,特别适用于对焊缝质量要求高的微型管件的焊接,可焊接的管径范围为3.17~38.1 mm。

HD(H)型焊头的轴向尺寸小,适于焊接空间位置窄小的管件,盒式夹具可与焊头分离,装卸简便,空冷,可焊管径范围为3.17~38.1 mm。

MW型焊头为水冷式焊头,适于要求高生产率的生产场合,可配用特种形式的夹具,焊接弯头、凸缘、阀门接头等,可焊管径范围为6.0~114.3 mm。

K型焊头采用特殊的陶瓷气罩,对焊缝保护效果良好,盒式夹具可单面夹紧工件,适于焊接弯头、凸缘和阀门接头,水冷电缆,可在任何位置引弧,可焊管径范围为1.6~177 mm。

所有密闭焊头焊枪旋转平面平行精度为 ± 0.1 mm。

3.3.2 开启式焊头

MU型开启式焊头可直接装夹在管件壁接缝处,保证焊枪旋转中心与管子中心轴重合和旋转平面的垂直度。焊头装卸便捷,调整方便,焊接时可由一体式送丝机或分离式送丝机填丝,适于焊接开各种形式坡口的厚壁管接头,按工艺要求可以配用机械靠模焊枪调整机构和弧长自动控制及焊枪横摆机构。

MU型开启式焊头还具有下列先进的技术特性:

- (1) 兼有接触引弧或高频引弧功能。
- (2) AVC灵敏度可程序控制,在大电流、小电流和中电流焊接时均保持AVC功能。
- (3) 侧壁附近停留时间和焊接电流可程序控制,以改善侧壁的熔合。
- (4) 焊枪横摆幅度与焊接电流以递增和衰减同步变化。
- (5) 可采用“示教”技术跟踪接头的外形。
- (6) 水冷焊枪最大承载电流200 A,暂载率为60%。
- (7) 最大可焊管壁厚度为20 mm。
- (8) MUⅢ型焊头可焊 8~220 mm的管; MUⅣ型焊头可焊 14~245 mm的管。

MU‘S’特种开启式焊头适用于管间距相当窄的管排接头或 $R=D$ 的小直径弯头与直管对接接头的焊接。

3.4 大直径厚壁管全位置自动TIG焊机

大直径厚壁管全位置自动TIG焊机由精密的小车式行走机构(Polycar)在齿条导环上完成全位置焊接过程。该焊机具有下列先进的技术特性:

- (1) 装有精密的焊枪十字滑架,可自动调整焊枪高度、预置电极至工件的距离以及焊枪横摆参数。
- (2) 行走机构直流电机采用闭环控制,通过光电脉冲计

数器保证焊接周期与焊枪实际位置精确同步。

(3) 焊接电流、焊接速度、电弧长度、横摆速度和幅度以及侧壁停留时间均可程序控制。

(4) 可同步控制不同的焊接参数,送丝速度与电流脉冲同步,电流脉冲与横摆次数同步。

(5) 配用相应的焊接电源可完成冷丝TIG焊和热丝TIG焊。

对于质量要求特别严格的接头,可配备光电跟踪及监控系统,通过工业电视观察焊接区和电极位置,随时调整可能产生的偏差。系统还装有故障探测及报警装置。

自带送丝机的MU型焊头焊接大直径厚壁管对接接头的情况如图3所示。

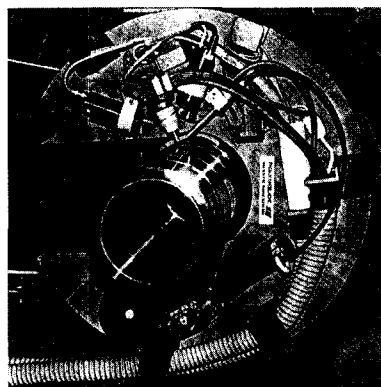


图3 大直径厚壁管对接接头焊接

3.5 管道接头的全位置自动MAG焊应用

近年来,在我国“西气东输”输气管线的建设中,成功地应用了管对接全位置MAG焊工艺和自动焊设备。用于外环焊缝的设备有:英国NOREAST自动外焊机、加拿大RMS自动外焊机、意大利TWP自动外焊机、中国石油天然气管道局管道科学研究院自行研制开发的PAW-2000型和PAW-3000型自动外焊机等。

PAW-2000型全自动外焊机为双枪单丝,具有根焊、热焊、多层填充焊和盖面焊功能。于1999年通过鉴定,获2项国家专利。该机主要由焊接小车、导向轨道、计算机控制系统、保护气体供气系统等组成,具有自主知识产权。用户可根据需要在编程器上方便地更改参数设置。具有技术先进、自动化程度高、焊接速度快、焊缝合格率高、操作简单、焊工劳动强度低等特点。其在技术上达到或超过同类进口自动焊设备,深受用户好评。先后在郑州—义马输气管线、福建漳州电厂输水管线、涩宁兰输气管线和“西气东输”输气管线中投入工程应用。

PAW-3000型焊机是在PAW-2000型单焊枪自动焊机的基础上研发的新一代高效管道全位置自动焊机。其具有独特的单面焊双面成形根焊功能,可完成根焊、热焊、填充焊、盖面焊等工序。2个焊枪可同时进行双层叠焊或排焊,因此可大幅度提高焊接效率。采用自主开发的DSP(数字信号处理器)和CPLD(复杂逻辑芯片)全数字化运动控制技术,采用角度传感器实现焊道空间位置自动识别,实现焊枪任意位置引弧焊接。使用PDA编程器,使得焊接参数修改方便。整机具有

结构紧凑、控制先进、自动化程度高、焊接速度快、操作简单等特点,与单焊枪相比,焊接效率可提高30%~40%,在技术上达到甚至超过国外同类产品的水平。PAW-3000型双焊头自动焊机及其控制系统如图4所示。

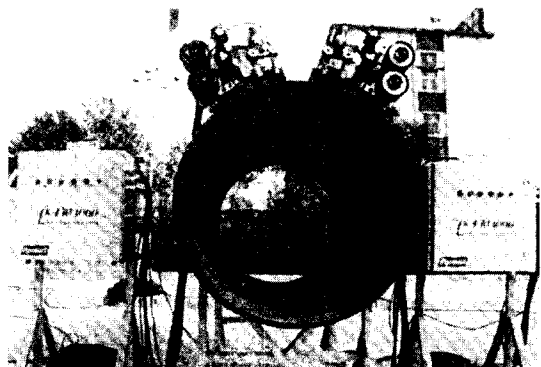


图4 PAW-3000型双焊头自动焊机及其控制系统

管道全位置自动MAG内焊机是管道根焊专用焊机,现有英国NOREAST公司的内焊机和中国石油天然气管道局PIW3640型内焊机。其缺点是适用的管径范围小,设备一次性投资较大,但焊接效率非常高, $\phi 1016$ mm的钢管根焊用时约70 s。内焊机打底焊过程如图5所示。

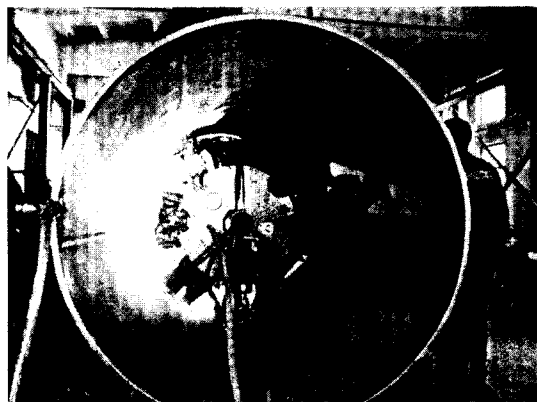


图5 内焊机打底焊过程

4 管/板接头自动TIG焊

大型化工装置、发电设备、核能装备以及制冷设备中大量采用各种热交换器,每台热交换器中各种形式的管子/管板接头少则几百个,多则上万个,且对接头质量要求严格,需经严格的密封性检验。自动TIG全位置焊在管/板接头焊接中,焊缝优质,生产高效,得到了广泛应用。

为满足热交换器工业生产的需要,开发了不同用途的管/板接头全位置自动TIG焊焊头。这些不同用途的焊头各具特色,具有多种功能,可分别焊接平齐端接,管子外伸、内缩角接以及内孔对接等接头形式。以内胀式芯棒或芯棒加3点支撑定位,对中方,定位精度高。对于要求稳固精确定位的焊件,可采用附加气动定位机构。可按接头的设计要求,以管端自熔或加填充丝的方式完成各种接头的焊接等。

TS73型管/板接头自动TIG焊焊头是一种开启式标准通用管/板焊头,以芯棒和3点支撑精确定位,可焊接平齐、外伸、内缩管/板接头,也可以焊接内孔对接焊缝,外接送丝机自动

填丝。

该焊头可焊管径范围为8~60 mm;焊枪水冷,可承载电流200 A,暂载率为60%,同时还具有改善操作性能、提高接头质量等技术特性:

(1) 焊枪高度可通过拧动焊头背面的旋钮调节,并可径向调整。

(2) 配备 -30° , -15° , 0° , 15° , 30° 焊枪支架,以适应不同规格和形式的管/板接头。

(3) 保护气体、冷却水和焊接电流通过旋转枪头传送,保证气路、管路和电缆不发生缠绕。

(4) 焊头旋转机构电机可通过脉冲计数器闭环控制,以保证精确调节焊接速度,焊头旋转速度调节范围为0.25~4 r/min。

(5) 可配密闭气罩焊接钛制管/板接头。

5 TIG, MIG/MAG及等离子弧薄壁容器纵环缝自动焊接

薄壁容器筒身和大直径管道的纵环缝,由于焊接工作量大,对接头质量要求高,因此各生产企业逐步采用精密TIG, MIG/MAG及等离子弧自动焊工艺,对相应自动焊装置的需求与日俱增。为适应我国焊接行业的客观需要,已研制出一系列TIG, MIG/MAG等离子弧精密自动焊装置,并已在化工石油机械、锅炉、制冷设备、食品加工机械、医疗器械、军工装备制造部门得到成功的应用。

5.1 薄壁容器筒身纵缝自动焊装置

薄壁容器筒身纵缝自动焊装置通常由琴键式压紧机构、焊机头行走横梁轨道、小车驱动调速系统、支承芯轴及衬垫、接缝对中器、自动控制器及焊接电源等组成,可按技术要求配备TIG, MIG/MAG及等离子弧焊头及相应的焊接电源。

琴键式压紧机构通常采用气囊通压缩空气加压。铜衬垫沿中心轴线按工艺要求加工成形槽和通气孔,以便焊接不锈钢和铝合金时通背面强制成形保护气体。

采用TIG焊工艺时,可将自动TIG焊枪装在电动十字滑架上,通过AVC系统确保整个焊接过程中电弧长度保持恒定,焊接开坡口的焊缝时可加横摆机构,以保证坡口两侧壁的熔合,改善焊缝成形。

在压紧力和焊接参数选配合适的条件下,可焊制几乎无变形的单面焊双面成形的筒身纵缝。

纵缝自动MIG焊装置的主要组成部分有:水冷自动MIG焊枪、四轮驱动精密送丝机、直流或直流脉冲MIG焊电源和自动程序控制器。琴键式压紧机构、横梁轨道及行走机构与自动TIG焊装置相同,焊头移动速度比自动TIG焊装置高1倍,最高移动速度可达90 m/h,为提高自动MIG焊过程的稳定性,送丝电机通过测速反馈或脉冲计数反馈控制,恒定送丝速度。MIG焊电源则具有焊接参数优化和准确再现功能,确保焊缝质量的高度稳定,对于质量要求特别严格的焊件,则可采用脉冲自动MIG焊电源。

纵缝自动MIG焊装置适用于板厚0.8 mm以上各种材料薄筒身纵缝焊接,效率比自动TIG焊高1~2倍,焊缝质量可达到高

文章编号:1002-025X(2006)04-0054-03

LNG 储罐的建造技术

李建军^{1,2}

(1.天津大学 材料科学与工程学院, 天津 300072; 2.中国石油天然气管道局 焊接培训中心, 河北 廊坊 065000)

摘要:分析了国际能源的形势,指出液化天然气(LNG)是比石油更安全更环保的清洁燃料,因此倍受世界各国关注。近年来,我国的LNG产业将有一个较大的发展。介绍了LNG储罐的结构形式、使用材料以及焊接技术要点。

关键词:液化天然气;储罐;建造技术

中图分类号: TG457.5 **文献标识码:** B

随着世界经济的迅速发展,人们对于能源的需求与重视程度也在与日俱增。由于天然气具有热值高、污染程度小、价格低廉等许多优点,这种洁净的优质燃料愈来愈引起各行各业的重视。目前,世界范围内的能源结构正在逐步发生变化,天然气的用量急剧增长。在一次能源结构中,已占到24%左右。天然气不仅供居民作为生活燃料,而且在发电、供热、制冷、飞机以及汽车运输等行业中也发挥着重要的作用。

液化天然气(LNG)是将天然气净化处理之后,经过压缩升温后,在混合制冷剂的作用下,除去其中的 N_2 , CO_2 ,

H_2O 以及硫化物、固体杂质等,最终得到 $-162\text{ }^\circ\text{C}$ 液态形式的LNG。经过上述液化过程,使天然气的体积缩小了600倍。LNG通常储存在 $-162\text{ }^\circ\text{C}$,压力为0.1 MPa左右的低温储罐内。

1 我国天然气的储量、开发及LNG产业

我国天然气储量较丰富,约 $3.8\times 10^{13}\text{ m}^3$ 。经过地质勘探及研究工作,已在四川、新疆以及渤海、东海、南海等沿海大陆架地区都发现了天然气气田。发现储量为 $3\times 10^{11}\text{ m}^3$ 以上的大型气田22个,储量在 $5\times 10^{10}\sim 3\times 10^{11}\text{ m}^3$ 之间的中型气田67个。

我国天然气的开发是在上世纪中期,在川东南地区的中小型气田建设工作中,已形成了一定规模。1960年,我国天然气

收稿日期:2005-12-14

标准要求。

纵缝等离子弧自动焊装置由自动水冷等离子弧焊枪、自动水箱循环系统、自动焊接程序控制器、自动送丝机和等离子弧焊接电源等组成。琴键式压紧机构、横梁轨道和行走机构与自动TIG装置相同,行走机构的移动速度测速反馈或脉冲计数反馈控制,确保焊接平稳。其它焊接参数,如焊接电流、等离子弧电压、离子气和保护气体流量则由焊接电源及自动控制系统闭环控制,波动范围控制在 $\pm 1\%$ 。采用琴键式压紧机构支承芯轴铜衬垫,凹槽内通保护气体,以确保焊缝背面成形良好。

采用锁孔等离子弧技术可实现单面焊双面成形焊接2~10 mm厚的各种材料直边对接缝,采用微束等离子弧焊技术,则可焊接最小壁厚为0.3 mm的薄壁筒身。

5.2 薄板拼接自动焊装置

薄板拼接自动焊装置用于平板接长拼焊,其结构和组成部分与筒身纵缝自动焊装置基本相同,外加钢板输送支承架及操作平台,可按工艺要求选用TIG, MIG/MAG及等离子弧焊焊头。

焊头行走对中精度,横梁与支承芯轴中心线平行精度与纵缝焊接装置相同,适用的钢板厚度范围为0.5~6.0 mm。最大拼接宽度可达4 m。

在焊接参数优化的条件下,可焊出无挠曲变形的平板拼接缝,焊后无需矫正,焊缝质量可达到高标准要求,是大

型薄壁容器制造中不可缺少的焊接装置之一。

5.3 立柱横梁焊接操作机及其配套设备

立柱横梁式焊接操作机是一种结构简单、轻便灵活的焊接操作机,具有较好的机动性,与滚动轮架、翻转机、变位器、回转平台等工艺装备组合成压力容器自动焊接中心,不仅可以焊接容器筒身的纵环缝,而且还可用于焊接球形容器、球形封头拼接缝、大直径接管角接缝、法兰端面堆焊和人孔加强板堆焊等。如配用专门的工夹具和辅助机械,还可焊接其他各种形状曲线的焊缝。

与操作机相配的滚轮架、翻转机、变位器和回转平台的旋转速度均可由测速器和脉冲计数器反馈控制,保证焊接速度的稳定性。焊接电流、电弧电压等焊接参数则由精密焊接电源闭环控制。这对保证焊缝的高质量是十分重要的。

6 特种焊接专机

特种焊接专机是为用户特殊需要而设计制造的专用自动焊机,主要用于形状特殊或有特殊要求焊件的焊接。采用精密焊接系统,能最大限度地满足对焊接自动化程度和焊接质量的要求。

综上所述, TIG, MIG/MAG及等离子弧精密自动焊接系统的优越性已为人们重视并将在现代制造业中得到越来越广泛的应用。