

制造技术

文章编号: 1000-7466(2000) 04-0026-03

大型板壳式换热器研制

魏兆藩, 王丕宏, 张延丰, 周建新
(兰州石油机械研究所, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 板壳式换热器是集板式换热器和管壳式换热器优点于一身的新型换热设备。板壳式换热器样机在兰州炼油化工总厂重整装置上使用 3 年, 效果良好。应用于克拉玛依石化厂重整装置的首台大型板壳式换热器顺利研制成功, 填补了国内空白, 同时也标志着我国焊接板式换热器的生产上了一个新台阶。

关键词: 换热器; 大型; 板壳式; 重整装置; 研制
中图分类号: TQ 051.5 **文献标识码:** A

Development of large plate-shell heat exchanger

WEI Zhao-fan, WANG Pi-hong, ZHANG Yan-feng, ZHOU Jian-xin
(Lanzhou Petroleum Machinery Research Institute, Lanzhou 730050, China)

Abstract: Plate-shell heat exchanger (PSHE) is new equipment of combining the advantage of shell and tube heat exchanger and plate heat exchanger. A specimen of PSHE has been worked in reforming plant of Lanzhou Petroleum Processing & Chemical Complex for 3 Years, and which has been proved to be excellent. Development of the first large PSHE for reforming plant of Kelamay Petrochemical Plant has been accomplished successfully, which filled the gap in this area and marked that our country's level of manufacturing welding plate heat exchanger has reached to a new level.

Key words: heat exchanger; large; plate-shell; reforming plant; development

板壳式换热器是集板式换热器和管壳式换热器优点于一身的新型换热设备, 它具有传热效率高、承压及耐热能力强、密封性能好、安全可靠及结构紧凑等优点。近年来在欧美等发达国家已竞相开发研制, 并在炼油化工、冶金和环保等领域广泛应用, 如炼油厂的重整进料换热器、塔顶冷凝器、水冷器及空气预热器等。我国先后引进的大型板壳式重整进料换热器分别用于金陵与辽化 60 万 t/a 重整装置上, 就重整进料换热器而言, 由于板壳式换热器传热效率高, 能有效降低热端和冷端温差, 使加热炉和空冷器负荷减小, 从而节约了设备投资和操作费用, 节能效果十分显著。

为尽快将大型板壳式换热器国产化, 结束重整板壳式换热器依赖进口的局面, 适应市场需求, 兰州石油机械研究所(以下简称兰石所)于 1989 年开始板壳式换热器的研究开发, 1992 年完成传热性能计算及软件开发, 1993 和 1996 年各完成 1 台样机设计制造, 用于兰州炼油化工总厂 10 万 t/a 重整装置。1997 年进行了三方联合标定, 标定结果证明, 在标定工况下板壳式换热器的实测传热系数是管壳式换热器的 1.93 倍。1999 年 5 月, 该项目通过了中国石化总公司组织的鉴定, 认为技术达到国际先进水平。在此基础上, 经过近 1 年的努力, 在克拉玛依石油化工厂(以下简称克炼)大力支持下, 由中国石化

。 收稿日期: 2000-04-15

作者简介: 魏兆藩(1940-), 男(汉族), 天津人, 1964 年毕业于北京石油学院炼厂机械专业, 教授级高工, 主要从事石油

北京设计院和兰石所联合设计, 兰石所研制、开发的国内首台大型板壳式换热器产品——克炼二段混氢进料/重整产物换热器(E202), 已在兰石所石油化工设备厂顺利制造成功。

1 产品结构及特点

克炼二段混氢进料/重整产物换热器结构见图 1, 板束结构见图 2。由不锈钢波纹板组成的板束悬挂在壳体中, 冷流由设备底部进入板束壳程, 由设备顶部流出。热流由设备上侧进入板束壳程, 由设备下侧流出, 两流体在板束中呈全逆流换热。同时, 为解决热膨胀问题, 在板束下端设置膨胀节。

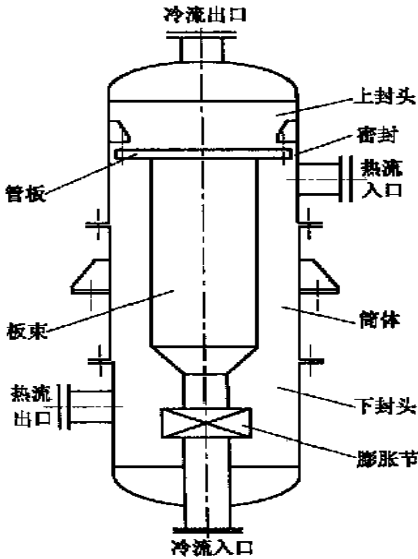


图 1 二段混氢换热器结构

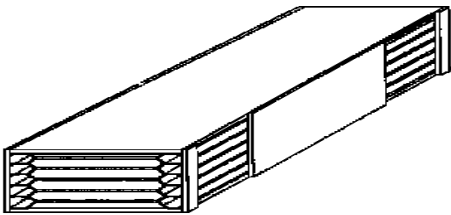


图 2 板束结构示意图

2 主要生产工艺研究

大型板壳式换热器的核心为板束, 其制造工艺较为复杂, 而其中的主要关键技术分别为板片与板束的制造。

2.1 板片制造技术

(1) 板片波纹形式 板片是大型板壳式换热器的换热核心元件, 板片的波纹形式直接关系到板片制造技术和制造工艺的确定, 并影响大型板壳式换热器的使用效果。目前板式换热器板片常见的波纹

形式有半球形波纹、水平波纹、斜波纹及人字形波纹等, 不同的波纹形式可用于不同的场合。大型板壳式换热器板片波纹形式的确定, 首先应满足装置对换热器的要求。针对于重整装置的板壳式换热器效率高, 压降小并且换热介质比较干净的特点, 选择了顺人字形波纹作为板片波纹形式。

(2) 板片成型 大型板壳式换热器板片单板尺寸大, 最大达 10 000 mm×1 200 mm(克炼二段混氢进料/重整产物换热器产品用的板片尺寸为 6 000 mm×600 mm)。传统板式换热器板片的波纹成型为一次压制成型, 而大型板壳式换热器所用的大型板片, 由于受压机吨位、尺寸及模具制造成本的限制, 无法实现一次成型。根据对国内外各种板片成型技术与方法的比较, 结合国内现有的成型技术水平及加工能力, 采用整板分次连续压制成型的技术, 将 1 张板片划分成若干份, 在万吨油压机上分次步进压制, 最终完成整张板片的成型。压制出的板片每一段的长度、波纹尺寸完全一致。这种成型方法是在传统的板式换热器板片成型技术基础上发展而成, 在国内外均属首创。

(3) 板片检验 为保证板片的制造质量, 参照 GB 16409—1996《板式换热器》, 并根据大型板壳式换热器板片的特殊要求, 专门制订了大型板壳式换热器用板片检验规范。

2.2 板束制造技术

大型板壳式换热器板束是由 0.8 mm 不锈钢薄板压制成型后的板片叠合而成。首先组焊 2 块成型好的板片两侧纵向长焊缝(长度一般为 6~10 m), 称为板管, 见图 3。再将按设计要求数量的板管叠合组成板束, 在板束的两端焊接板管与板管间的横焊缝, 见图 4。最后将板束与分隔连接板焊接, 见图 5。要完成板束的焊接, 需要进行以上 3 种不同焊缝的焊接。因此研究高效、快速及可靠的焊接方法, 设计并配备与之相适应的焊接设备, 通过试验得出的一套可靠的焊接工艺是首先要解决的技术问题。

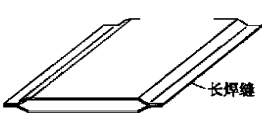


图 3 板管示意图

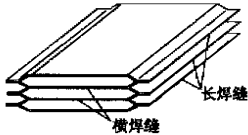


图 4 板束示意图

(1) 板束焊接方法 不锈钢薄板的焊接对焊接技术、焊接设备和焊接工装的要求非常严格, 国内外针对不同产品的薄板焊接采用了各种焊接工艺, 常用的有电阻缝焊、氩弧焊、微束等离子焊及激光焊

等。针对大型板壳式换热器板束所用不锈钢薄板材料,利用兰石所石化设备厂现有的氩弧焊机,对各种形式的焊接试件进行了焊接试验,并对焊好的试件

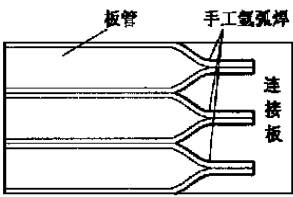


图 5 板束和连接板示意图

进行了水压试验及理化试验。试验结果表明,利用氩弧焊方法焊接不锈钢薄板是可行的,焊后焊缝强度及金相组织均满足使用要求。因此对板管纵向长焊缝及板束两端、板管与板管之间的横向焊缝采用自动氩弧焊,板管之间的死角采用手工氩弧焊,板管与齿形连接板之间用手工填丝氩弧焊。

(2)板束焊接专用自动氩弧焊机 板束焊接专用自动氩弧焊机在国内外均没有现成经验可供借鉴。根据板束结构特点,确定研制2台专用自动氩弧焊机,1台用于板管长焊缝的焊接,另1台用于板束的端头板管与板管之间横向焊缝焊接。板束焊接专用自动氩弧焊机主要包括板管自动氩弧焊机10 m焊接工作台、气动压紧机构、工件定位机构及焊枪自动行走机构、焊枪自动跟踪调整机构、板束自动氩弧焊机压紧及焊枪自动跟踪调整机构、焊枪自动行走机构及由可编程序控制器为核心的焊机控制系统。

板管自动氩弧焊机由可编程序控制器为核心,对焊接规范、气动压紧机构、焊枪自动跟踪调整机构、工件定位机构和焊枪自动行走机构进行程序控

制和调整。可编程序控制器性能稳定,抗干扰能力强,有效地保证了板管自动氩弧焊机焊接性能稳定可靠。

1999年11月初完成两台焊机制造和安装调试。试焊结果表明,其技术性能参数均达到设计的预期要求,均能满足大型板壳式换热器板管与板束的焊接要求,且在长时间、长距离的焊接过程中,焊接规范参数稳定,焊缝成型美观且可靠。

(3)板束焊接工艺评定 由于目前大型板壳式换热器板束采用0.8 mm不锈钢薄板进行焊接,超出了现有JB 4708—92焊接工艺评定规范的范围,这就需要通过焊接试验找到1套与之相适应的可靠焊接工艺。评定工作包括以下内容:①针对大型板壳式换热器板束的各种焊接结构,用两台自动氩弧焊机进行板束各种形式焊缝的焊接工艺评定。工艺评定结果,所焊试板常温抗拉强度 σ_b 分别为583 MPa(断于母材)和587 MPa(断于焊缝),接头与母材完全等强。②按焊接工艺评定规范焊接1组试件,并进行打压试验,当试验压力为11~13 MPa时,试件出现明显的塑性变形,氩弧焊焊缝未出现泄漏、爆破。③工艺评定与打压试验的结果证明,用自动氩弧焊对不锈钢薄板进行焊接,其焊缝强度符合设计要求,并有足够的强度储备。

3 大型板壳式换热器经济性能对比

将用于克炼重整装置中二段混氢换热器的板壳式换热器与管壳式换热器相比较,见表1。

表 1 用于二段混氢换热器的板壳式换热器与管壳式换热器比较

类 别	传热面积 / m ²	热流进(出)口温度 / °C	冷流进(出)口温度 / °C	总阻力降 / MPa	总传热系数 / W · m ⁻² · K ⁻¹	设备直径 / m	设备质量 / t
板壳式换热器	350	478(120)	92.26(426.02)	0.056	590.22	1.0	13.81
管壳式换热器	600	478(130)	92.26(410.00)	0.047	200.00	1.0	28.00

采用板壳式换热器比管壳式换热器的传热面积节省250 m²,总高度减少7 m,投资可以节省12.5万元。由于板壳式换热器比列管式换热器的传热效率高,因此可相应地减少加热炉的热负荷,预计每年

可节省加热炉燃油费、电费等35万元。以30万t/a连续重整装置中重整进料换热器为例,采用板壳式换热器与管壳式换热器(立式换热器)相比较,结果见表2。

表 2 用于重整进料换热器的板壳式换热器与管壳式换热器比较

类 别	传热面积 / m ²	热流进(出)口温度 / °C	冷流进(出)口温度 / °C	有效热负荷 / MW	设备直径 / m	设备质量 / t
板壳式换热器	600	478(110)	94.08(427.50)	16.45	1.4	20
管壳式换热器	1 000	478(130)	94.08(410.00)	15.68	1.2	35

文章编号: 1000-7466(2000) 04-0029-02

国产大型板壳式换热器在重整装置应用

朱迪珠

(中国石化北京设计院, 北京 100011)

摘要: 板壳式换热器是一种新型换热设备, 在国外大型催化重整装置上得到广泛应用, 而国内引进该设备需花费大量外汇。首台国产大型板壳式换热器填补了国内空白, 结束了大型板壳式换热器依赖进口的历史。

关键词: 换热器; 大型板壳式; 催化重整装置; 应用

中图分类号: TQ 051.507 文献标识码: B

催化重整装置中的进料换热器, 由于其冷热流进口温差大(约为 400℃), 流量较大, 热负荷高, 其换热效果对降低全套装置能耗、节约投资和减少操作费用有着重要作用, 但由于重整反应氢油比较高, 氢气循环量大, 为了降低压缩机功率, 又必须减少临氢系统主要设备及管线的流体阻力损失。国内一般半再生及连续重整装置都采用阻力降较小的立式换热器, 但立式管壳式换热器传热效果差, 所需传热面积大, 又受其结构所限, 单台传热面积为 3 800 m², 对规模较大的重整装置就不得不采用双台并联(如

兰州炼油化工总厂 80 万 t/a 连续重整)。但由于系统压降小, 所以必须采取一系列措施保证并联两路物流均匀分配, 对压降要求更小的超低压连续重整装置, 此矛盾将更为突出。大型板壳式换热器是集板式换热器和管壳式换热器优点于一身的新型换热设备, 其单台传热面积不受结构限制, 因此在国外大型催化重整装置中得到了较广泛应用。在国内用户大力支持下, 由中国石化北京设计院与兰州石油机械研究所共同研制的 350 m² 板壳式换热器, 已用于克拉玛依石化厂新建的 30 万 t/a 催化重整装置。

由上述对比可以看出, 板壳式换热器与管壳式换热器相比具有明显的优势, 传热面积节省 400 m², 总高度减少 10 m, 热端温差降低 17.5℃, 冷端温差降低 20.1℃, 每年多回收热量 0.77 MW。按年操作时间 8 000 h, 燃料气/油的低热值 41 870 kJ/kg, 燃料费 530 元/t 计算, 板壳式换热器比管壳式换热器节省燃料 529.64 t/a, 节省燃料费 28.07 万元/a, 节约空冷器设备费 38 万元, 每年节约空冷器的电费 18 万元, 取得的经济效益十分可观。

4 结语

首台大型板壳式换热器出厂前, 中石化集团北京设计院、洛阳石油化工工程公司、克炼、新疆独山子炼油厂、金陵石化烷基苯厂、湛江东兴石油企业有限公司、新疆泽普石油化工厂、全国压力容器标准化技术委员会及玉门炼油厂等单位的有关专家及用户代表进行了充分地讨论和论证, 一致认为产品结构合理、可靠, 与国外同类产品相比, 更加适合国

内炼油化工厂的使用要求。产品的制造工艺合理、有效, 焊接设备及专用工装性能先进, 在提高生产效率的同时严格保证了板束的焊接质量。产品的检验措施及所用的检测方法合理、严格且可靠, 各个工序的质检工作严密, 确保了产品的整体质量, 为产品的投入运行提供了可靠的保证。首台大型板壳式换热器的开发成功, 在工艺计算、结构设计、板片成型、焊接及检测等方面为该类型换热器的系列化开发工作提供了经验, 奠定了基础。

首台大型板壳式换热器的制造成功, 标志着兰石所大型板壳式换热器已进入产业化阶段, 各项有关的设计技术、生产工艺及检验标准经过实际生产的考验, 已经基本成熟。今后将进一步完善生产工艺, 开发新的品种, 拓宽大型板壳式换热器的使用领域, 为我国石油、化工工业的发展作出更大贡献。

(王编)

收稿日期: 2000-05-15

作者简介: 朱迪珠(1941-), 女(汉族), 云南昆明人, 1964年毕业于北京石油学院, 高级工程师, 现从事石油化工设计工作。