

板壳式换热器在热网疏水冷却中的应用分析

李其峰
(上海艾克森股份有限公司 上海 201804)

摘要: 板式、壳管式换热器广泛应用于各种传热应用。近年来,集板式、壳管式换热器优点于一体的新一代板壳式换热器在热电、石化等行业有了一定程度的应用。本文主要介绍板壳式换热器的结构、性能特点以及热电行业热网疏水冷却器应用进行分析。

关键词: 板壳式换热器; 圆形板片; 热网疏水

0 引言

板壳式换热器是一种新型的高温高压、高效紧凑的焊接板式换热器。它体积小,重量轻,安全可靠,经济性好。适用于传统管式换热器所适用的大多应用场合,可替代管式换热器而取得节能增产、节省投资,简化装置、安全可靠、技术进步的应用效果。本文就其结构特点及技术性能并结合热电行业热网疏水冷却器应用情况进行分析。



图 1 板壳式换热器

1 板壳式换热器简介

传统的管式换热器耐温耐压高,使用安全可靠。但重量重且体积大,传热效率较低。垫片式板式换热器使用可拆卸式传热板片和橡胶垫片进行周边密封,所以其结构特点受限于工作温度 $<180^{\circ}\text{C}$ 、设计压力不高于 2.5MPa 的参数限制,但这种类型换热器具有高于管式换热器 $3\sim 5$ 倍的高传热效率和微小温差换热的优异特性,在温度压力不高的使用场合因高效及经济性而备受青睐。

新型板壳式换热器是新一代换热设备,它的结构主要有整体焊接波纹板片作为传热元件,利用专用全自动焊设备焊接板束,形成流体流动的流道,冷、热流体分别从板片两侧流道内流过,并通过他们之间的板片完成对流换热。板壳式换热器的内部核心是一个圆柱状的换热芯体,板片上

冲压出二个内导流角孔,从而形成板程流道,而壳体侧与板片芯体间就生成了壳程流道。通常在壳体和板片芯体之间加防偏流结构,使壳程流体通过板间流动,该换热器整体结构设计按照压力容器相关标准,芯体和壳体全焊接结构,无密封橡胶垫片,从而使换热器能够承受较高的压力 ($\leq 10\text{MPa}$) 和温度 ($\leq 600^{\circ}\text{C}$)。

集管式换热器和板式换热器优点于一体是板壳式换热器开发的主导理念。它避开了管式换热器和板式换热器各自弊端,融合管式换热器壳体耐高温高压、安全可靠的换热原理,和板式高效紧凑换热特性优异等各自特点,组成既耐高温高压,又高效紧凑,结构独特的新型换热器。

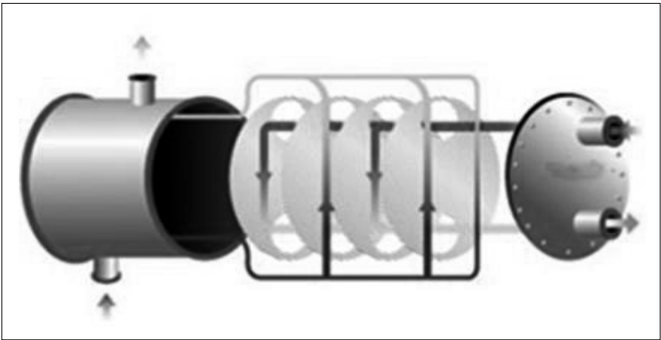


图 2 壳、圆板换热芯体组合

2 工程项目概述

在热电行业,为了提高热电厂热效率和降低热电厂单位容量造价,热电联产供热机组由亚临界及以下参数向超临界参数发展已成趋势,这就对锅炉给水品质提出了更高的要求,因为它直接影响到汽轮发电机组和锅炉运行安全性、经济性和灵活性。传统热网疏水直接回到除氧器,没有经过精处理、除铁装置。这主要因为超高压、亚临界汽包锅炉供热机组,汽包设有排污系统,能对锅炉进行加药排污以控制锅炉水含盐量。而超临界直流锅炉的特点是没有汽包,无法通过定期排污和连续排污来完成净化蒸汽等炉内处理过程,同时还需要考虑热网加热器换热面破裂,循环水泄漏使热网加热器疏水水质变差,从而污染锅炉给水问题。综上所述,超临界机组对热网疏水的水质提出了更高的要求。

图 3 为某北方热电厂热网疏水系统图,设计单台机组

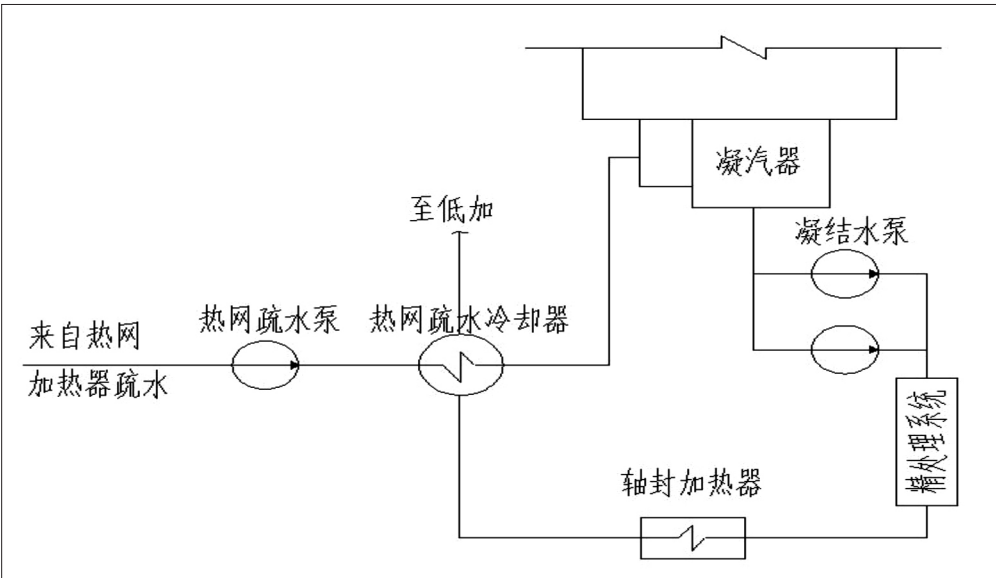


图 3 热网疏水系统

热网疏水水量 500t/h,热网加热器加热蒸汽压力约为 0.4MPa,热网疏水饱和点对应温度为 140℃左右,热网加热器加装疏水冷却段后,疏水排放温度达到 80℃左右,但还是超过精处理混床树脂允许的工作温度范围(70℃以下),为了保证热网疏水可以进行 100% 容量精处理,所以热网疏水需要通过单独设立的热网疏水冷却器降温冷却到 50℃以下,进入到凝汽器,与凝结水混合后,一并进入化学精处理装置,从而达到直流锅炉给水水质的要求,其他有关数据见表 1、表 2。

由此热网疏水冷却器的热交换器选择形式变得很重要,为了使高温热网疏水降温到 50℃以下,冷侧介质采用轴封加热器出口凝结水(约 43℃左右),进行热交换,并提升凝结水水温。这就对换热器提出新的要求,换热端差小,承压高(凝结水系统设计压力 4.0MPa 以上)。很显然,传统橡胶垫片式板式换热器,超出了正常工作范围,而管壳式换

表 1 热网疏水冷却器设计参数

参数	壳程	板程
设计压力 /MPa	4.0	1.6
最高工作压力 /MPa	3.5	1.0
设计温度 /℃	150	150
工作介质	凝结水	热网疏水
工作介质进、出口温度 /℃	43 ~ 73	80 ~ 50
质量流量 /t/h	500	500
最大允许压降 /MPa	0.05	0.05

表 2 板壳式换热器与管壳式换热器设计对比

参数	板壳式	管壳式
直径 /mm	1400	1800
长度 /mm	5000	16000
换热面积 /m ²	720	2140
热、冷侧压降 /MPa	0.048/0.05	0.046/0.037
疏水侧出口最低温度 /℃	50 以下	55 以上
设备质量 kg	13200	25830

热器在处理换热端差小的工况,会出现换热器的换热面积偏大现象,会造成体积和造价上升。

在此工况下,相比传统的管式换热器,高效紧凑的板壳式换热器从耐温、耐压的安全性,均超越传统的管式换热器,并具有许多突出的优点:

(1) 传热系数高: (2000 ~ 5000W/m²℃),是管式换热器的 3 ~ 5 倍。

圆型板芯与板式换热器同为波纹薄板组成换热通道。流体在通道内形成高传热状态的液膜状紊流。管式换热器则多是低传热状态的柱状层流。

波纹的动效应使流动液膜雷诺数在较低值下 ($Re_{水} \geq 100$) 能破坏层流产生紊流效应,达到强化传热状态的效果。管式换热器仅在流体入管口端部附近雷诺数达到较高值 ($Re_{水} \leq 1000$) 发生紊流,管内中部的流体多处于仅以导热为主的柱状层流低传热状态,管越长其影响越大,传热效果会相对变差。

板壳式换热器的高传热效率特性使其在同等处理量和热负荷工况下,由于采用波纹传热板片强化传热,所需面积仅是管式换热器的 1/3。所需设备体积也仅为管式 1/3,在改扩建工程中,体积优势更为明显。

(2) 换热温差小 ($\Delta t_{min} < 5^{\circ}C$),节能效果优于管式换热器。

换热器所能达到的换热温差趋值越小,可进行的换热量就越大,节能效果越显著。

圆型板芯之所以节能,一是波纹板高效传热,二是可实现纯逆流的对流换热,使冷热流体换热温差值趋向最小,可小于 5℃,达到换热最大化。

换热温差小的优异特性用于热网疏水冷却装置,相对传统管式换热器最大 5 度端差做对比,热回收率提高 10 ~ 20%,具有显著的节能效果。

(3) 耐高低温及高压性能优异。

全不锈钢材质的焊接圆形板片,柱状换热芯件使其耐高低温性能可达到所用金属材料的温度允用值。

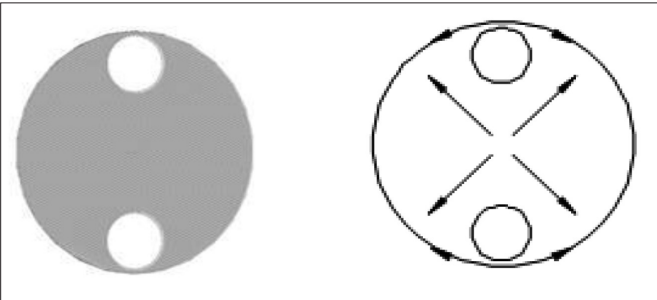


图 4 圆型板片拉应力均匀分布

波纹板交错的刚性支撑可抵消流体压力作用于板的法向压力, 圆型结构使周向拉应力成均匀的环状分布, 轴向最终压力传递至承压性很高的壳体端板。

合理的受力状态使其可承受较高的压力。压力试验测试表明, 对其结构试件施压 10MPa, 不锈钢材料薄板的最大应力值仍远未达到屈服值。

(4) 芯、壳可拆, 方便维护。

同管式换热器管芯可从壳内拆出一样, 板壳式圆型板芯可方便的从壳内无损拆出。除板程外可对板芯壳程通道进行较彻底的人工清理、清洗、维护或更换板芯。也可对个别失效的板组像弃堵管式换热器管子一样, 酌情实施弃堵焊接修复芯件使用。

根据以上主要技术特点分析, 圆型板芯可安全可靠地胜任取代管式换热器管芯。它完全传承了垫片式板式换热器优异的换热特性和紧凑性, 管式换热器壳体耐高温高压的安全可靠性, 是板与壳优势组合一体的真正实在的高温、高压、高效、紧凑而经济的换热设备。

针对热网疏水冷却器特殊工况对换热器类型的要求,

新型板壳式换热器正好完全满足此工况对换热器需求。

3 结语

新型板壳式热交换器近些年在炼油化工、电力、石油、冶金、化肥、制药等工业领域具有广阔的应用。热电行业中的热网疏水冷却器采用板壳式换热器, 不但提高了疏水冷却装置紧凑集成程度, 并满足了化学精处理对疏水水温要求, 同时还尽可能提高了凝结水温升, 从而减少低压加热器蒸汽抽汽量, 节能环保, 市场推广大有潜力。

参考文献:

- [1] 杨世铭, 陶文铨. 传热学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1998.
- [2] 周强泰. 锅炉原理 2 版 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部, GB50660-2011, 大中型火力发电厂设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.

作者简介: 李其峰, 男, (1981-), 汉族, 吉林人, 大学, 工程师, 研究方向: 板式换热器开发与研究。

(上接第 29 页)

开启, 补风量为排风量的 80% 以上, 保证室内负压。

(5) 应急罐做到全地下, 保证储罐泄露后可自流至应急槽。减少因加压转料引起的泄露点扩大的问题。如发生储罐大面积泄露也可直接自流到应急地池。将应急槽直接放在地池中节省空间。

(6) 槽罐车区域的室外坡度平缓 1%, 室内坡度较陡 1/30, 室外放缓方便车辆顺利倒入。车尾进入仓库后, 可挂空挡依靠室内坡度直接倒入车位。减少带档倒车的碰撞风险。

(7) 应急吸收系统增加一台小流量循环泵, 保证吸收塔的填料润湿一直处于待用状态, 事故时再连锁切换到大流量循环泵。减少因机械设备运作滞后引起的尾气处理问题。

(8) 尾气吸收系统包括风机, 吸收塔, 稀碱池和废碱池全部放在室内, 即使尾气系统的泄露事故也不会导致氯气扩散到周围空气中。

(9) 操作区及卸车区设置空气呼吸器。卸车操作区域附近设有空气呼吸器

5 结语

以上两个项目是综合相关规范、结合工程实例分析后设计的真实案例。满足国家标准规范、规定和要求, 又能做到经济可行技术先进同时对环境影响最小。液氯储罐仓库目前国内暂无专用规范支撑。但通过对其安全风险的分析, 笔者认为上述方案是可行的。当然仍有不少问题需要进一步完善。设计工作是在不停面对新的问题然后解决问题中一步步探索, 完善和更迭的过程。对规范的灵活运用并保持独立思考, 从

各个细节严控风险。

为尽可能减轻不必要的损失和动荡, 发挥既有装置的最大使用效益, 一些氯气生产厂商除了提高企业管理水平、提高工人素质、提高事故应急救援能力等外, 还尽可能采用先进的安全生产工艺和装置, 提高装置的本质安全水平。

随着综合国力日益增强, 化工行业对经济社会发展起到举足轻重的作用。而涉氯行业在化工行业也有着突出作用。对于涉氯生产、储存、使用的企业, 更是安全监管的重点对象; 国内不少液氯储存、使用装置, 已经不能够满足新形势下的安全、环保、消防、职业卫生等方面的要求, 一旦发生事故, 后果不堪设想。全封闭式液氯罐区仓库, 在增加一部分投资的情况下, 对于减少事故发生、降低泄漏影响, 具有一定作用。一旦泄漏也可以采取有效的措施, 控制影响范围。

参考文献:

- [1] 中国氯碱工业协会. 关于氯气安全设施和应急技术的指导意见 [G]. 2010.
- [2] 罗艾氏. 过程液氯贮槽装置封闭厂房及事故氯吸收塔联用.
- [3] 化工装置设备布置设计规定 [S]. HGT20546-2009.
- [4] 液氯汽车罐车、罐式集装箱装卸场地 (厂房) 安全设计技术规范 [S]. DB/T3381-2018.
- [5] 液氯使用安全规范 [S]. DB32/T3617-2019.

作者简介: 徐志晓 (1979-), 男, 汉族, 江苏苏州人, 高级工程师, 本科, 研究方向: 化工设计; 张静 (1987-), 女, 汉族, 江苏苏州人, 中级工程师, 本科, 研究方向: 化工设计。