

管内丝网强化传热及防垢技术 研究与应用

卿德藩, 邹家柱

(南华大学机械工程学院, 湖南 衡阳 421001)

摘要:介绍了 1 种通过在换热管内设置可往复运动的丝网来强化传热及防垢的技术方法。以某汽-水换热器为应用对象, 试验研究了换热管尺寸为 $\Phi 25 \text{ mm} \times 2.5 \text{ mm}$, 管内丝网钢丝直径分别为 0.5、0.8、1.0 mm 及不同钢丝间距时换热管的传热和阻力性能。试验结果表明, 丝网钢丝直径为 1.0 mm、钢丝间距为 28mm 时换热性能最佳。将该丝网应用于汽-水换热器的更新改造, 并对改造前后设备的性能参数进行了对比, 工业应用结果表明, 采用该技术后, 可减少设备换热面积约 48%, 且具有良好的防垢作用。

关键词: 换热器; 丝网; 强化传热; 防垢技术

中图分类号: TK124

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2007)12-0048-04

Wire-grid inside tubes to enhance heat-transfer and anti-stain technique and its application

QING De-fan, ZOU Jia-zhu

(Institute of Mechanical Engineering, Nanhua University, Hengyang 421001, China)

Abstract: A technology of wire-grid inside heat exchanger tubes to enhance heat-transfer and foul removal by its reciprocating is introduced. Based on the steam-water heat exchanger, the experiments of heat-transfer performance and flow resistance are carried out, which corresponds to the parameter of the steam-water heat exchanger, the heat-exchange tube dimensions are $\Phi 25 \text{ mm} \times 2.5 \text{ mm}$, the wire diameter dimensions are 0.5 mm, 0.8 mm, 1.0 mm, and with different characteristics of heat transfer and flow resistance between steel wires. The result shows the best performance when the wire diameter is 1.0 mm and the space between steel wire is 28 mm. The wire-grid with optimum structure is put into use in the innovation of the steam-water heat exchanger, and a comparison of the new steam-water heat exchanger with the old one is made. The result shows that the area of the steam-water heat transfer could decrease about 48%, and there is an obvious effect of removing stains by use of the technology.

Key words: heat exchanger; wire-grid; enhanced heat-transfer; stain removing technology

强化传热及防垢是管壳式换热器的 2 个关键问题, 研究各种强化传热和防垢除垢方法, 不仅是现代工业发展必须解决的问题, 也是开发新能源和节能工作的紧迫任务。在强化传热方面, 人们研发了波纹管、缩放管、螺纹管、内环肋管、翅片管以及管内插入物等方法^[1-6]。在防垢除垢方面, 管壳式换热器管的除垢方式有在线除垢和非在线除垢, 就其原理可分为化学除垢和机械除垢 2 种。化学除垢大部分为非在线方式, 而机械除垢既可实行在线又可实行非在线的方式。在线清洗除垢由于不影响生产的正常进行而具有独特的优势。在线机械除垢主要有胶球除垢、固体粒子流态化除垢、螺旋纽带除垢、螺旋线除垢等方法^[7-10]。本文研究的是在换热器管内设置可往复运动的丝网以达到强化传热和防垢除垢

的目的。该丝网依靠自身弹性紧贴在换热管管壁上, 当流体流经管内时, 由于丝网的存在, 导致流体边界层发生分离, 从而强化传热。同时, 在需要进行除垢操作时, 可驱动管内丝网进行往复运动以清除管内污垢。该方法兼具强化传热和在线除垢两大功效, 是 1 种新型的强化传热及防垢技术装置。

本文以某企业的汽-水换热器为对象, 研究了换热管内设置丝网技术在该设备中的应用。通过试验研究方法研究了丝网的最佳结构, 并将其应用于该设备的改造过程中, 工业应用表明, 该技术强化传热及防垢效果明显, 达到了预期目的。

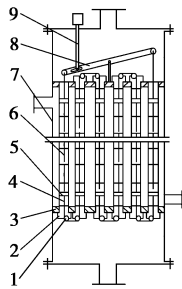
1 管内丝网强化传热及防垢技术原理

管内丝网强化传热及防垢技术装置如图 1 所示。

收稿日期: 2007-08-30

基金项目: 湖南省教育厅基金资助项目(03C422); 衡阳市科技计划项目(200415)

作者简介: 卿德藩(1963-), 男, 副教授, 主要从事化工过程设备及其节能技术研究, 0734-6130038, qingdefan@163.com。



1—滑轮;2—管口支承;3—管板;4—钢丝绳;5—丝网定位环;
6—丝网;7—换热器壳体;8—杠杆;9—往复驱动器

图1 管内丝网强化传热及防垢技术结构

该装置由往复驱动装置、滑轮装置、杠杆装置、丝网等部分组成。在换热器的换热管内安装金属丝网,该丝网的结构外形如图2所示,丝网纵向以一定间距(t)设置金属钢丝环,周向均布3根轴向金属钢丝,开口金属丝网依靠自身弹性紧贴在换热管管壁上,金属丝网两端连接在丝网定位环上。管口支承内插固定在换热管管口内,该支承上设有滑轮轴和滑轮。与定位环相连的钢丝绳在换热管的两端经过滑轮,钢丝绳的两端分别与杠杆的两端相连。在换热器运行过程中,设置在换热管内的丝网一般处于非运动状态,当需要进行除垢操作时,才启动往复驱动装置带动杠杆机构,使安装在换热管内的丝网往

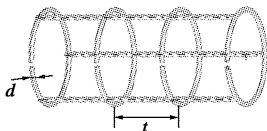


图2 丝网外形图

(上接第47页)

(2)运用喷射降膜蒸发过程强化原理,开发成功尾气余热低温磷酸蒸发关键技术和大型装置,在 52°C 的蒸发温度下总传热系数达到 $500 \sim 600 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。在瓮福磷肥厂DAP联产MAP工艺中,提高稀磷酸 P_2O_5 质量分数 $3\% \sim 4\%$ 、节约蒸汽5万t/a、DAP尾气湿含量下降50%。

(3)运用该技术对240 kt/a中和料浆浓缩法MAP装置成功地进行了节能、减排、增产的工业试验,蒸汽消耗降低30%,浓缩废气减排30%,产能提高50%。年节约能源费超过500万元,增加工业产值3亿多元、利润2000万元。

参考文献

[1] Jenssen Tore K, Gunnar Kongshaug. Energy consumption and greenhouse

复运动,从而对换热器实施时间可控制的在线清洗除垢。

2 试验研究与工业应用

2.1 试验研究

为了研究管内设置不同结构丝网后的性能指标,笔者以某企业1台换热面积为 96 m^2 的汽-水换热器为工业试验对象,该换热器的结构参数如表1。

表1 汽-水换热器结构参数

直径/ mm	换热面积/ m^2	换热管尺寸/ mm	管子 数目	管长/ m	管程数
600	96	$\Phi 25 \times 2.5$	208	6	2

该设备的管程介质为水,壳程介质为余热工业蒸汽。设备运行一定时间后,由于水在换热管壁上形成水垢,降低了设备的换热系数,运行效率大大降低。经测定在换热管清洗后运行3个月时的工艺参数如表2所示。

表2 运行一定时间后汽-水换热器工艺参数

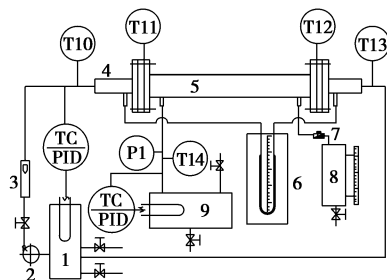
水流量/ $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$	蒸汽温度/ $^{\circ}\text{C}$	水进口温度/ $^{\circ}\text{C}$	水出口温度/ $^{\circ}\text{C}$	管程压降/ Pa
15100	100	25.0	71.9	10560

为了确定丝网的最佳结构,笔者对管内设置不同结构丝网时与管内未设置丝网时的传热和阻力性能进行对比研究。试验系统流程图见图3,试验管装于试验装置的筒体内,构成1套管式换热器,试验管尺寸 $\Phi 25 \text{ mm} \times 2.5 \text{ mm}$,与汽-水换热器相同,

gas emissions in fertilizer production[C]//Proceedings-International Fertiliser Society, CAPLUS, 2003.

- [2] Grinevich V A, Levin B V. Method for preparing monoammonium phosphate: RU, 2259941[P]. 2005-09-10.
- [3] 罗澄源,张允湘,钟本和,等.磷酸、磷铵的生产工艺[M].成都:成都科技大学出版社,1991.
- [4] 窦京平.高速发展下的隐忧:对中国高浓度磷复肥发展现状的反思[J].中国农资,2004(5):32-35.
- [5] 王江平,何浩明,朱家骅,等.引进高浓度磷肥生产技术的消化与创新[J].磷肥与复肥,2004,19(4):20-25.
- [6] 化工部建设协调司,化工部硫磷设计技术中心.磷酸·磷铵·重钙技术与设计:上册[M].北京:化学工业出版社,1996.
- [7] 应建康,钟本和,张允湘.料浆法磷铵装置蒸发浓缩系统的扩能改造[J].磷肥与复肥,2001,16(4):22-24.
- [8] 朱家骅,夏素兰,杜怀明.DAP尾气循环联产MAP过程分析与现场试验[J].化工学报,2004,55(12):1982-1988.
- [9] 四川大学.磷铵工厂废气两效利用加工料浆的一种方法:中国,101107690[P].2005-04-27. ■

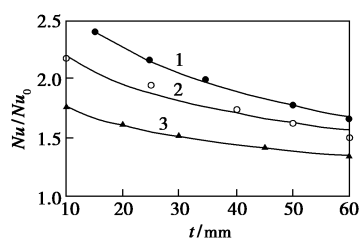
试验管有效长度为 1 000 mm,金属网网的钢丝直径 (d) 分别为 0.5、0.8、1.0 mm,改变钢丝纵向间距 t ,分别测定管内设置不同结构丝网时和未设置丝网时换热管的传热和阻力性能参数。试验中套管式换热器的壳侧介质为电热锅炉产生的 100℃ 的蒸汽,管侧介质为自来水。通过换热器的蒸汽在试验管外表面冷凝,凝液进入试验筒体下的集水槽排入计量杯,根据凝水单位时间在计量杯中的上升高度来测量凝液量。试验通过锅炉和恒温水浴加热控温系统保持蒸汽和水的进口温度不变。温度的测量采用 Φ 0.3 mm 的铜-康铜热电偶,由石英温度计在水浴中进行标定,并利用精密数字电压表进行显示。水的流量由转子流量计测定。试验管内流体压降采用水银压差计测定,误差不超过 1 mm 汞柱。



1—恒温电热水槽;2—水泵;3—转子流量计;4—试验管;
5—试验段套管;6—水银压差计;7—疏水器;8—凝液计量筒;
9—电热锅炉

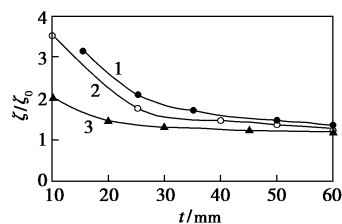
图 3 试验系统流程图

考虑到与汽-水换热器的操作工况相对应,调整水的流速,使试验管内水的雷诺准数 (Re) 与汽-水换热器的管内的 Re 相等 ($Re = 19\ 250$)。通过试验,改变丝网钢丝纵向间距 (t),测得管内设置不同结构丝网时的管内努塞尔特准数 Nu 和阻力系数 ζ ,以及未设置丝网时管内的 Nu_0 和 ζ_0 ,得到相关参数比值 Nu/Nu_0 和 ζ/ζ_0 。图 4 为不同丝网纵向间距 t 时的 Nu/Nu_0 曲线图。图 5 为 ζ/ζ_0 与丝网纵向间距 t 的曲线图。



钢丝直径/mm:1—1.0;2—0.8;3—0.5

图 4 试验管 Nu/Nu_0 与间距 t 的曲线图

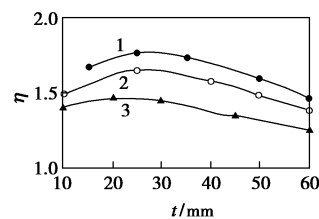


钢丝直径/mm:1—1.0;2—0.8;3—0.5

图 5 试验管 ζ/ζ_0 与间距 t 的关系曲线

可以看出,在试验丝网中,由 Φ 1.0 mm 钢丝编制的丝网与其他丝网相比,在钢丝纵向间距 t 相同时,其 Nu/Nu_0 与 ζ/ζ_0 最大,而由 Φ 0.5 mm 钢丝编制的丝网相应值最小。同时,随着钢丝纵向间距的增加, Nu/Nu_0 与 ζ/ζ_0 的值都减小。

为了确定丝网的最佳结构参数,根据文献[11],选用判定参数 η 进行比较, $\eta = (Nu/Nu_0)_{Re} / (\zeta/\zeta_0)_{Re}^{0.29}$, η 越大,则换热性能越好。图 6 为判定参数 η 与间距 t 的关系曲线。



钢丝直径/mm:1—1.0;2—0.8;3—0.5

图 6 判定参数 η 与间距 t 的关系曲线

可以看出,在丝网钢丝直径一定的情况下,存在一相应的最佳间距,大于或小于这一间距值,其综合性能都变差。在所试验的丝网中,丝网钢丝直径 d 分别为 0.5、0.8、1.0 mm 时,钢丝间距 t 对应为 20、25、28 mm 时具有较好的综合性能。全面比较而言, d 为 1.0 mm、 t 为 28 mm 时的丝网判定参数 η 最大,这说明该丝网的结构尺寸为最佳。

2.2 工业应用

根据上述试验结果,经测算,笔者在上述汽-水换热器更换改造中,选用一种新型换热器取代原换热器,该换热器的换热面积由原 96 m^2 变为 50 m^2 ,但在 50 m^2 的换热器内设置了 d 为 1.0 mm、 t 为 28 mm 的丝网。该换热器的结构参数如表 3。

表 3 新型汽-水换热器结构参数

公称直径/ mm	换热面积/ m^2	换热管 尺寸/mm	管子 数目	管长/ m	管程数
600	50	Φ 25 \times 2.5	220	3	2

为了保持设备的操作性能并检验丝网的防垢作用,在更新设备的运行过程中,每天启动丝网往复复垢 10 min,并对其工艺性能进行不定期测定,在设备投入运行 3 个月内的工艺参数测定情况如表 4 所示。

表 4 新型换热器运行 3 个月后汽-水换热器工艺参数

水流量/ kg·h ⁻¹	蒸汽 温度/℃	水进口 温度/℃	水出口 温度/℃	管程压降/ Pa
15300	100	25.0	75.3~76.1	7960~8350

可以看出,改造后的汽-水换热器不但换热面积比原设备减小了约 48%,且由于长度减小,即使管内设置丝网后,设备的管程压降比原设备还降低了约 20%,水的出口温度则比原来提高了约 4℃,并且设备的运行工艺参数较稳定,说明了管程内水垢热阻无明显增加现象,丝网的强化传热和除垢作用效果明显。

3 结论

(1)介绍了 1 种在换热管内设置可往复运动丝网的强化传热及防垢的技术方法。

(2)试验结果表明,在丝网钢丝直径一定的情况下,存在一相应的钢丝最佳间距,大于或小于这一间距值,其综合性能都变差。在本文试验条件下,丝网钢丝直径 d 分别为 0.5、0.8、1.0 mm 时,间距 t 对应为 20、25、28 mm 时具有较好的综合性能,其中钢丝直径 d 为 1.0 mm、纵向间距 t 为 28 mm 时的丝网综

合性能最好。

(3)在汽-水换热器中的工业应用表明,管内设置丝网的强化传热效果明显,同时可大大降低管内污垢热阻,该技术具有较高的工业应用价值。

参考文献

- [1] 林宗虎.强化传热及其工业应用[M].北京:机械工业出版社,1987:23-99.
- [2] 方书起,祝春进,吴勇,等.强化传热技术与新型高效换热器研究进展[J].化工机械,2004,31(4):249-253.
- [3] 俞惠敏,蔡业彬.几种换热管强化传热性能试验分析与比较[J].流体机械,2003,31(6):7-10.
- [4] 肖金花,钱才富,黄志新.波纹管传热强化效果与机理研究[J].化学工程,2007,35(1):12-15.
- [5] 吴峰,林梅,田林,等.纵向带突起内翅片管强化传热研究[J].热能动力工程,2006,21(3):283-285.
- [6] Yu B, Nie J H, Wang Q W, et al. Experimental study on the pressure drop and heat transfer characteristics of tubes with internal wave-like longitudinal fins[J]. Heat and Mass Transfer, 1999, 35: 65-73.
- [7] Chiou J P. Experimental investigation of the augmentation of forced convection heat transfer in a circular tube using spiral spring insert[J]. Journal of Heat and Transfer, Trans ASME 1987, 109(2): 300-307.
- [8] 夏新民.高效自洁换热器管内弹簧技术的研制[J].石油化工设备技术,1995,16(3):15-17.
- [9] 张柱银,陈国平,俞天兰,等.斜齿塑料螺旋纽带自动清洗及其传热强化的研究[J].化工科技,2004,12(3):1-3.
- [10] 陈国平,张柱银,俞秀民,等.粒子流态化自动清洗技术的研究[J].冶金能源,2004,23(4):56-59.
- [11] 顾维藻,神家锐,马重芳,等.强化传热[M].北京:科学出版社,1990:9-15. ■

北京 2008 年奥运会:源讯管理的计算机工厂投入运营

奥运会全球信息技术合作伙伴源讯公司(Atos Origin)近日宣布,计算机工厂正式投入运营。这标志着北京 2008 年奥运会 IT 设备的集中规划和筹备工作进入了最后阶段。由源讯公司管理的计算机工厂是为北京奥运会场馆的 IT 设备提供配置和分发服务的中心设施。

该计算机工厂位于坐落在北京东北部顺义区的奥林匹克物流中心。它负责对奥运会所有 IT 设备进行配置、分发,并配送到 70 多个奥运场馆。这些 IT 设备包括 10 000 台计算机和服务器,1 000 多套网络设备和 2 000 多台打印机。

源讯在管理计算机工厂方面承担的职责包括:管理来自各场馆的 IT 设备请求。准备和配置奥运会 IT 设备。协调奥运场馆的设备配送。奥运结束后负责回收所有 IT 设备以备再利用。

作为奥运会全球信息技术合作伙伴,源讯公司设计、构建和运行了庞大的 IT 系统,该系统在比赛期间将赛事结果和运动员信息实时传递给全世界的观众和媒体。

源讯公司与国际奥委会的合约是世界体育史上最大的信息技术合约,囊括六届奥运会,包括盐湖城 2002 年冬

奥运会(以斯伦贝谢神码的名义运营)、雅典 2004 年奥运会、都灵 2006 年冬奥会、北京 2008 年奥运会、温哥华 2010 年冬奥会,以及伦敦 2012 年奥运会。(李卫才)

阿克苏诺贝尔在转型年业绩继续表现出色

在 2007 年第三季度,阿克苏诺贝尔的收入达到 26 亿欧元,而 EBITDA 提高了 7%,达到 3.3 亿欧元的水平,这显示公司的整体业务表现出色,其中化学品业务尤为突出。

在这季度取得的 26 亿欧元收入中,有 5%是来自阿克苏诺贝尔本身业务的增长,不算杂项在内的净收入达到 1.56 亿欧元,比去年同期增长了 16%。涂料和化学品的本身业务增长可观,运营表现也大有改进。计算杂项在内的净收入降低了 10%,为 2.81 亿欧元(2006 年同期为 3.13 亿欧元),因为在这个季度受到一项 3 100 万欧元的杂项负面影响,这主要是与业务重组及减损支出(2006 年同期的杂项则带来 6 500 万欧元收入)。

阿克苏诺贝尔首席财务官 Rob Frohn 表示:“本公司第三季度的各项运营收入均高于去年同期水平,其中化学品业务部门表现突出,投资回报率超过 21%,刷新了纪录。涂料部门的 EBITDA 收益率提高至 12.4%。在阿克苏诺贝尔转型的一年能取得如此出色的成绩,充分显示本公司的强大实力”。(典范公关公司)