

MED-TVC 海水淡化系统在首钢京唐公司的应用

孙 静

(首钢京唐钢铁联合有限责任公司能源与环境部,河北唐山 063200)

【摘要】介绍了海水淡化的方法及适用范围。京唐公司日产 12500 t 低温多效海水淡化系统工艺流程,分析了热压缩机工作原理,自动控制系统的软、硬件组成以及网络架构的选择。

【关键词】海水淡化;低温多效;PLC

【中图分类号】 P747 **【文献标识码】** B **【文章编号】** 1006-6764(2014)07-0062-05

Application of MED-TVC Seawater Desalination System in Shougang Jingtang Company

Sun Jing

(Shougang Jingtang Iron and Steel United Co, Ltd., Tangshan, Hebei 063200, China)

【Abstract】The methods of seawater desalination, their application ranges and the 12500t low-temperature multi-effect seawater desalination (LT-MED) process are introduced. The working principle and function of thermal vapor compressor (TVC), the software and hardware configuration of the automatic control system and selection of network structure are analyzed.

【Key words】seawater distillation; low-temperature multi-effect; PLC

1 引言

目前,全球约有 25%的人口缺乏保证质量淡水的供应,超过 80%的国家存在淡水资源不足的问题。海水淡化技术已经成为解决淡水资源短缺问题的重要措施。从经济效益和产水质量方面出发,低温多效海水淡化技术是主要海水淡化方法之一,尤其适用于电厂和钢铁企业。我厂实现了海水淡化系统在 E 模式下与热电机组联产,由富裕煤气经锅炉产生蒸汽,蒸汽经过汽轮机发电用于生产,乏汽再经海水淡化装置产出除盐水,浓盐水用于制盐,形成了一条循环生产线,实现了能源的重复利用,使效益达到最大化,成为了循环经济生态经济的典范。

2 海水淡化的方法及适用范围

海水淡化技术经过半个世纪的发展,从技术上讲已经比较成熟,大规模地把海水变成淡水,已经在世界各地,主要是海湾地区出现。目前主要海水淡化方法分为膜法和热法两种,其中热法包括多级闪蒸(MSF)、多效蒸发(MED)、压汽蒸馏(VC)及太阳能蒸馏法等,膜法包括电透析法(ED)和反渗透(RO)。除了这两种方法外还有核能海水淡化法。其中,MSF 以核电厂、火电厂的抽气透平或背压的低位蒸汽作为热源,来进行生活用水或锅炉补充水的生产;MED

在适用条件上同 MSF 基本相同;VC 被广泛应用于军用潜艇、海上钻井平台、陆地海岛等需要较小制水量的地方;RO 被应用于大、中、小型的苦咸水或海水淡化系统中;ED 适用于苦咸水(含盐量低于 20 g/L)淡化,且仅局限于小型海水淡化装置中的应用。而适用于大型的海水淡化的方法只反渗透(RO)、多级闪蒸(MSF)和多效蒸发(MED)。

海水淡化方法除了热法和膜法以外,因为大规模海水淡化装置将需要大量的能源。在众多的能源解决方案里,核能是理想的能源之一。核能海水淡化是指以核能作为海水淡化装置能源的一种海水淡化技术。核反应堆可以供电和发热,理论上可以与任何常规海水淡化工艺过程相结合。这种能源可以是电能也可以是热能,相关设备可以专用海水淡化生产,也可以水电联产。很多国家目前也启动了核能海水淡化项目。利用核能进行海水淡化也是未来海水淡化的一个新的方向^[1]。

3 MED-TVC 海水淡化工艺流程

京唐钢铁公司引进先进的技术回收利用低温热源用于海水淡化,使钢铁厂生产过程中所产生的能源得到充分利用。京唐钢铁公司海水淡化工程第一期规模为 50000 m³/d,分为两步进行建设,第一期第

一步的规模为 25000 m³/d。由两套带热蒸汽压缩低温多效蒸馏海水淡化(MED-TVC)装置组成,每套规模为 12500 m³/d。一期工程全部结束后,每年可生产 1800 万 t 淡水,占钢铁厂用水总量的 50%左右,剩下的浓盐水用于制盐。目前,一期工程 4 套带热蒸汽压缩低温多效蒸馏海水淡化(MED-TVC)装置已投入使用。纯 TVC 模式时的造水比(蒸汽与产水量比值)达到设计要求 9.8,电导率满足设计要求小于 10 μS/cm。生产出的成品水满足生产要求已送入管网。其中海水淡化(MED-TVC)装置与热电联产 MED 模式已有一套主体投入使用,通过利用 25 MW 发电机组的乏汽作为海水淡化 MED 模式下的汽源,充分利用钢铁厂的富裕蒸汽,提高了能源的利用率。

3.1 MED-TVC 海水淡化工作原理

带热蒸汽压缩低温多效蒸馏海水淡化是结合了压汽蒸馏与低温多效蒸馏法优点的一种海水淡化方法,其基本原理如下:

海水淡化基本过程是海水在真空下的蒸馏(低温蒸发),蒸发器内换热管束水平布置,蒸汽在管内冷凝放热,进料海水喷淋至管束顶部,呈膜状向下流动并吸热部分蒸发,因此装置称为水平管降膜式低温多效蒸发器。装置中低温蒸发独立发生的一段称为一效,共七效,第一效为最热效,第七效为最低温效。蒸发器内第七效后布置一管式冷凝器,其中海水走管侧升温但不产生蒸发,蒸汽走壳侧发生冷凝^[2]。

运行时进入装置介质为蒸汽、海水,系统排出介质为浓盐水、冷凝水及成品水,主要工艺流程如图 1 所示。

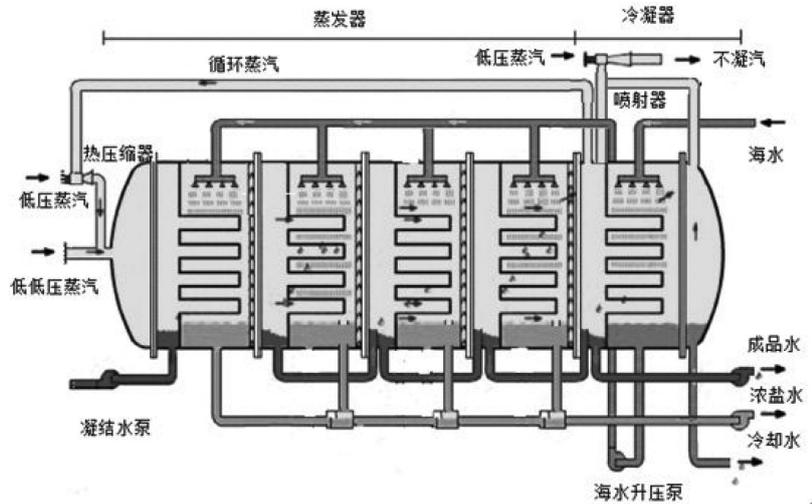


图 1 低温多效海水淡化流程示意图

经预处理后的海水被提升至海水淡化系统,首先作为冷却水进入 MED 装置末效冷凝器;对末效蒸发器产生的二次蒸汽进行冷却,同时可以把二次蒸汽的热量传递给海水,提高海水温度,使海水进入蒸发器时具有较高的热值,在蒸发器中蒸发所需的热量相应减少,可以减少加热蒸汽的用量。海水在末效冷凝器中预热、脱气后分成两股水流,一部分作为冷凝水返回大海,另一部则作为蒸馏工艺的补给水进入蒸发效;部分补给海水进入处于真空状态的低温效组蒸发,其余部分经再预热后进入到高温效组中;输入蒸汽被引入到第一效的换热管中,冷凝释放潜热传给管外的海水,几乎等量的二次蒸汽在管外产生;二次蒸汽通过除雾器后,被引入下一效换热管,蒸发-冷凝过程在所有效段中反复进行,每一效产出相当量的蒸馏水;最后一效产生的二次蒸汽在末效冷凝器被海水冷却水冷凝;第一效的蒸馏水被收集,

由于其中会产生联氨等有害物质所以返回蒸汽发生地,称作冷凝水;其余效产生的蒸馏水自流至末效冷凝器,与其中的蒸馏水被共同收集得产品水;每效中补给海水蒸发浓缩液称为浓盐水,自流至最后一效后被共同收集排出;最后一效产生的二次蒸汽中部分被热喷射压缩器抽出,与动力蒸汽混合被共同引入第一效作加热蒸汽^[3]。

3.2 热压缩器的工作原理及作用

水电联产是目前较经济有效的组合形式。但是对于常规的火力发电机组,由机组抽汽供给低温多效海水淡化装置的动力蒸汽往往具有较高的压力和温度,不符合低温多效蒸发海水淡化装置对于加热蒸汽参数的要求。如果将高温高压的蒸汽通过减温减压装置,那么对于蒸汽的能量是巨大的浪费。另外,海水淡化的末效蒸汽还需要通过冷凝器凝结,大部分冷凝热量由冷却海水带出系统,造成了热量的

大量损失。为了提高能量的利用率,当利用发电机组抽汽作为加热蒸汽时,可利用热压缩过程,热压缩机工作原理如图2。

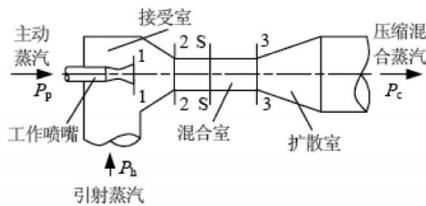


图2 热压缩机工作原理图

将发电机组抽汽作为工作流体,将末效二次蒸汽作为引射流体,使得热压缩出口在的加热蒸汽的压力降至第一效蒸发器的凝结温度所对应的压力,温度比设定的海水顶温高 $2\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。TVC出口蒸汽一般处于过热状态,温度高于饱和温度,通常在TVC和第一效蒸发器之间设置减温器,将加热蒸汽减温至饱和状态。在该流程中,末效蒸发器产生的部分蒸汽被喷射器增压后与工作蒸汽一起作为第一效蒸发器的加热蒸汽。一方面减小了汽轮机的抽汽量,同时减少了多效蒸发系统冷凝器中由于冷却海水带走的热量,提高了水电联产系统的经济性。因此,蒸汽喷射器对水电联产海水淡化系统节能具有重要作用。

3.3 海水淡化与热电机组联产工艺流程

热法海水淡化在MED模式下与热电机组联产工艺流程目前国内属于首创(见海淡与热电机组联产工艺流程图3)。其基本流程是为了充分使用钢铁厂的富裕煤气,首钢京唐公司在2010年先后建起2座130 t中压锅炉,中压锅炉产生的蒸汽一部分经过锅炉的减温减压器把压力降到 $2\sim 2.5\text{ MPa}$,送给炼钢RH炉,供RH炉使用;另外一部分富裕中压蒸汽,压力为 3.82 MPa 送给新建两套25 MW发电机组,作

为发电机组汽轮机的动力汽源。汽轮机乏汽直接连接海水淡化的入口,一套汽轮机对应一套海水淡化主体,乏汽压力为 -0.065 MPa ;由海水淡化装置取代汽轮机的真空泵,同时汽轮机乏汽作为热法海水淡化MED模式下的低低压汽源,海水淡化产出淡水后送往除盐水管网,供给公司各个用户。汽轮机的低压抽汽为 0.6 MPa ,送入低压蒸汽管网,可以给另外两套海水淡化装置在TVC模式下作为低压蒸汽使用。发电机组发出的电经 10 kV 变电站与电网并网后送入电网。

4 海水淡化控制系统组成

首钢京唐公司现有4套 12500 t/d 低温多效海水淡化装置,配有相应的自动化控制系统4套,控制系统均能在本单元海水淡化装置正常工作和启动、停止等运行方式下,连续监视海水淡化系统的参数和状态,并且进行逻辑运算和判别,通过联锁装置使海水淡化设备中的有关部件,按照既定的合理的程序,完成必要的操作或处理未遂性事故,以保证海水淡化系统的安全。

4.1 控制系统的硬件组成

按照对控制系统高可靠性、实用性、技术先进性及通用性与易维护性的需要,主体控制系统采用现今较先进的西门子公司S7-400系列中的CPU414-4H,搭配ET200M分布式远程I/O系统和Y-LINK组成了主体的自控系统。每个主体由两套PLC柜组成,系统包括一套冗错功能的西门子CPU414-4-2H,两个PS407电源模块,8个通信模块6ES7 153-2AR03-0XA0;根据设计要求完成温度、压力、流量、分析仪表数据、阀门开度的在线监控与显示,共有模拟量输入点74个,需配11块8点模拟量输入模块

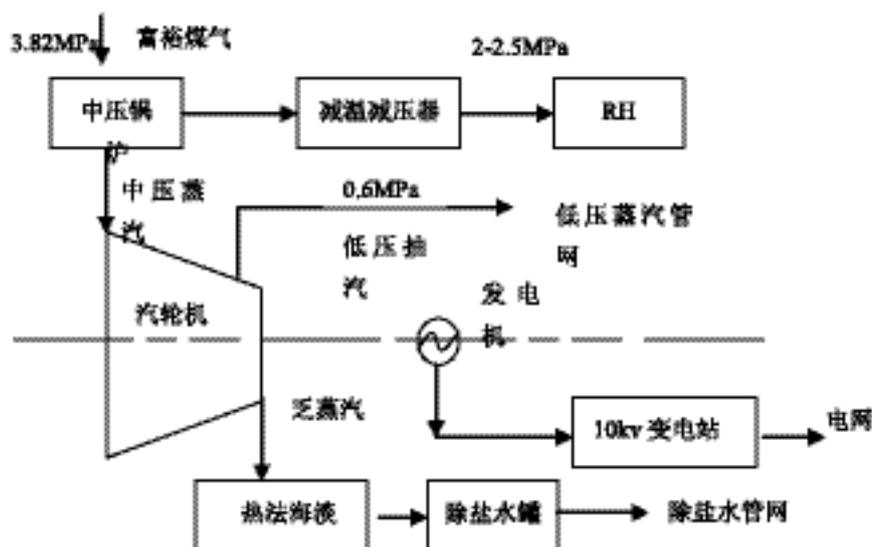


图3 蒸汽工艺流程图

6ES7 331-7KF02-0AB0; 阀门开度调节等, 共有模拟量输出点 17 个, 需配 6 块 4 点模拟量输出模块 6ES7 332-5HD01-0AB0 组成; 完成泵的运行、准备好、故障、就地、远程, 阀门的开到位、关到位、故障等, 共有数字量输入点 78 个, 需配 3 块 32 点数字量

输入模块 6ES7 321-1BL00-0AA0; 泵的启动、停止, 阀门的开关等, 共有数字量输出点 74 个, 需配 2 个 32 点数字量输出模块 6ES7 322-1BL00-0AA0, 3 个 8 点数字量输出模块 6ES7 331-5FF00-0AB0。I/O 点数的对照表见表 1。

表 1 模块的类型和数量

序号	模块类型	实际点数	总点数	备用点数	备注
1	模拟量输入(4~20 mA)	74	88	14	热电阻带温变器
2	模拟量输出(4~20 mA)	17	24	7	
3	开关量输入	78	96	18	
4	开关量输出	74	88	14	

本系统使用西门子公司开发的软件 STEP 7 完成软件的编程、硬件的组态以及软硬件的组合。STEP 7 是用于 SIMATIC S7-300/400 站创建可编程逻辑控制程序的标准软件, 可使用梯形逻辑、功能块

图或语句表。根据系统设计把 CPU、电源模块、输入输出模块、通讯模块、DP 网络、机架按照冗余模式进行组态, 硬件组态图如图 4 所示。

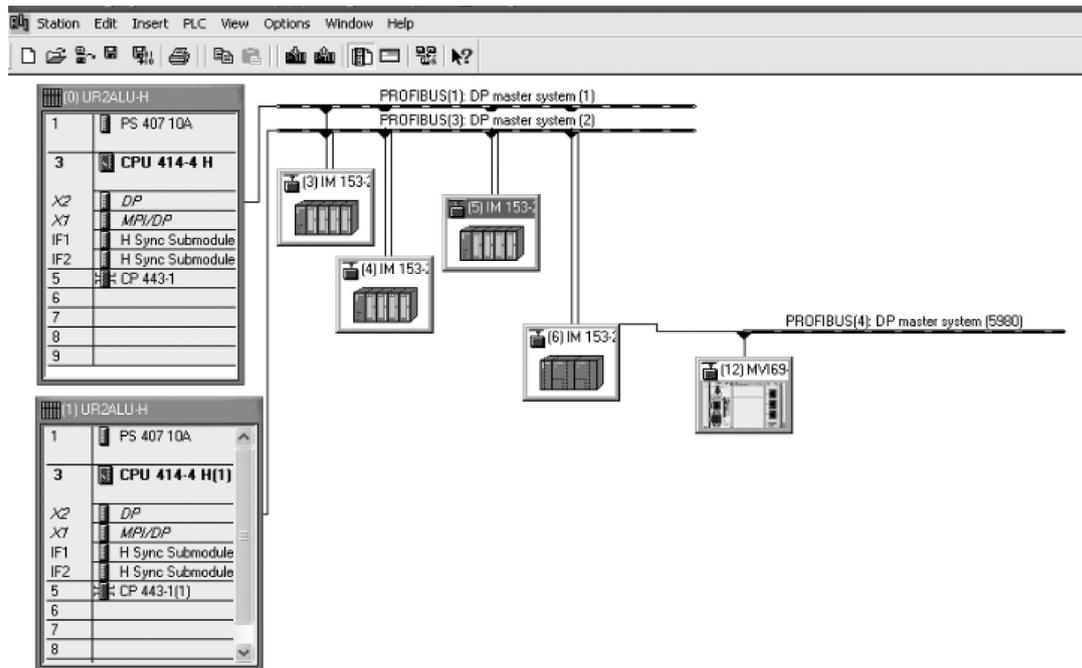


图 4 海水淡化系统硬件组态

4.2 海水淡化区域的网络架构

结合海水淡化的实际情况, 选择环型网络拓扑结构, 系统能允许光纤出现一处断点, 而且交换机故障只影响到该交换机所负责的设备通讯, 不会对整个网络通讯造成影响。环型结构在 LAN 中使用较多, 这种结构中的传输媒体从一个端用户到另一个端用户, 直到将所有的端用户连成环型。数据在环路中沿着一个方向在各个节点间传输, 信息从一个节点传到另一个节点。这种结构显而易见消除了端用户通信时对中心系统的依赖性, 能够满足海水淡化

各系统的通讯。

由于交换机全部选用赫斯曼公司 MS20 和 RS20 系列交换机, 为了便于环网的管理, 选用赫斯曼公司的 HiVision 网络管理软件, 通过 HiVision 网络管理软件可以管理 Hirschmann 的网络代理和监视网络上的所有支持标准 SNMP 的设备, 它可以提供整个网络的总体运行情况, 自动识别网络设备, 显示网络设备当前状态, 进行网络性能综合分析, 网络故障搜索和网络的控制。HiVision 图形方式的交互式用户界面以及设备图案化使工作更直接, 更容易

理解,并且其他方便的附加功能在使用时增加了巨大的价值。它对于端口、基板、机架、风扇和电源模块按其实际状态区分显示颜色可以很容易地做到故障

定位。通过自动搜索功能,系统管理员可以看到网络上所有支持 SNMP 的设备。

海水淡化区域网络见图 5。

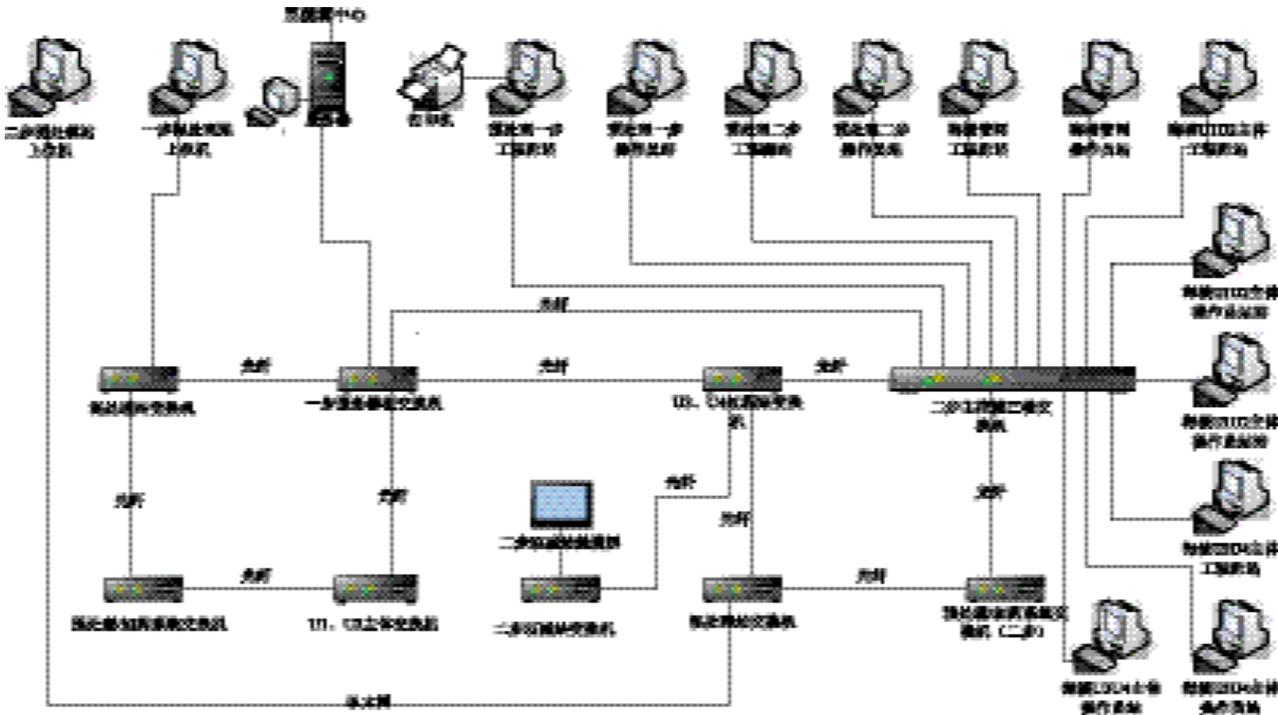


图 5 海水淡化区域网络图

5 结束语

海水淡化在钢铁厂发挥的作用越来越重要,节约了外购新水的成本,与污水处理后水进行配比,提高了再生水送出量。带热蒸发器的低温多效海水淡化系统利用发电余热再进行水电联产,使能源得到了充分利用,成为循环经济的典范。成熟、稳定、灵敏的自动控制系统成为海水淡化设备的稳定运行首要条件。

【参考文献】

[1] 邓润杰,刘杰等.热压缩机多效蒸馏海水淡化系统能量分析[J].水处理技术,2008,34(8): 21-24.
 [2] 王世昌.蒸馏法发展的十年[M].北京:水处理技术,1985,50-55.
 [3] 白焰,吴涛,杨国田.分散控制系统与现场总线控制系统基础、选评、设计和应用[M].北京:中国电力出版社,2010,17-19.

收稿日期:2014-04-10

作者简介:孙静(1985-),女,2008年毕业于燕山大学测控技术与仪器专业,东北大学工程硕士,现从事自动化设备管理工作。

(上接第 61 页)

[2] 李建新,何宜柱.热轧板坯加热温度场有限元模拟[J].自然科学报,2009,26(4):17-19.
 [3] 李俊洪,林霞,刘勇.热轧钢坯加热温度场数值模拟及应用[J].钢铁,2009,44(1):43-46.
 [4] 陈海耿,杨泽宽,张卫军等.太钢热轧厂加热炉数学模型优化控制[J].冶金能源,1995,14(4):39.
 [5] 沈丙振,周进,韩志强等.热轧步进式加热炉内钢坯温度场数值模拟[J].冶金能源,2002,21(4):24.
 [6] 青格勒,程素森,杨天钧等.步进式加热炉内钢坯温度场数值模拟[J].北京科技大学学报,2004,26(2):164-168.
 [7] Chen Dexiang,Wu Haibin.The application of near-infrared image technology in industry TV system [J].Optoelectronic Technology&Information(光电子技术与信息),2003,.(in Chinese).
 [8] Lin Chengsen. Data analysis (数值分析)[M],BeiJing:Science Press,2006.(in Chinese).

[9] Sadik K,Yaman Y, Heat conduction. Washington,DC;Taylor&Francis;1993.
 [10] 余万华,冯万宏,詹合林等.钢坯加热过程钢坯内部温度预报与试验验证[J].北京科技大学,2010,28(4)16-20.
 [11] 冯亮花,刘坤等.步进式加热炉钢坯温度场数值模拟[J].辽宁科技大学,2011,34(1)39-43.
 [12] 卢云,何宜柱等.基于 Sysweld 软件的步进式加热炉钢坯三维温度场分析[J].安徽工业大学,2010,32(3).
 [13] 陈光,李娇等.加热炉钢坯断面温差数值模拟[J].安徽工业大学,2010.全国能源与热工 2010 学术年会.

收稿日期:2014-03-14

作者简介:吴海滨(1962-),男,光电子专业硕士,高级工程师,现从事特种工业电视系列产品的开发设计及图像信息处理方面的研究工作,主持开发了多项特种电视产品。