

1 000 MW机组烟风煤粉管道节能降耗探讨

杜东明, 谭灿燊, 张翔宇

引用本文:

杜东明, 谭灿燊, 张翔宇. 1 000 MW机组烟风煤粉管道节能降耗探讨[J]. 南方能源建设, 2021, 8(1): 87-92.

DU Dongming, TAN Canshen, ZHANG Xiangyu. Discussion on Energy Saving and Consumption Reduction of Flue Gas, Air and Pulverized Coal Pipeline for 1 000 MW Unit[J]. *Southern Energy Construction*, 2021, 8(1): 87-92.

相似文章推荐 (请使用火狐或IE浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

1000MW超超临界燃煤机组高压加热器端差取值分析

Terminal Temperature Difference Value Analysis of High Pressure Heater for 1 000 MW Ultra-supercritical Coal-fired Unit
南方能源建设. 2016, 3(z1): 14-17 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.S1.004>

大型逆流式自然通风高位收水冷却塔的应用研究

Application Research on Large Counter-flow Natural Draft High Level Water Collection Cooling Tower
南方能源建设. 2017, 4(1): 109-112 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2017.01.021>

滑压、凝结水控制技术及协调控制系统优化策略

Optimization Strategy of Sliding Pressure, Condensated Water Control and Coordinated Control System
南方能源建设. 2017, 4(3): 53-57 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2017.03.010>

脱硫防腐烟道的结构设计探讨

The Structural Design Discussion of Desulfurization Anti-corrosion Flue Gas Duct
南方能源建设. 2018, 5(z1): 146-149 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.S1.026>

区域综合能源管控与服务管理系统设计与应用

Design and Application of Regional Integrated Energy Control and Service Management System
南方能源建设. 2020, 7(1): 21-26 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.01.003>

1 000 MW 机组烟风煤粉管道节能降耗探讨

杜东明^{1,✉}, 谭灿燊², 张翔宇²

(1. 华能(大连)热电有限责任公司, 大连 116000; 2. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: [目的] 现燃煤机组为更具备竞价上网的优势, 对烟风煤粉管道的精细化及优化设计也提出了更高的要求, 以达到深度节能降耗的目的。[方法] 主要采用理论分析与实践验证相结合的研究方法, 首先就不同烟风煤粉管道系统的功能进行了节能降耗思路理论分析探讨, 根据理论分析结果提出了针对不同系统的优化设计实施细则, 采用数值模拟软件对理论分析结果进行了初步验证, 同时针对实际工程进行了应用实践验证。[结果] 针对烟风煤粉管道系统提出的节能降耗方案经理论及实践证明, 具有显著的节能效果, 不但可以降低系统初投资, 且可以降低机组的年运行费用。[结论] 相关研究成果虽基于1 000 MW等级机组, 但基本理论及研究方法通用于其他等级机组工程, 可为后续工程烟风煤粉管道的节能降耗设计工作提供重要参考及借鉴。

关键词: 烟风煤粉管道; 数值模拟; 节能降耗

中图分类号: TM611; TM621

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2021)01-0087-06

开放科学(资源服务)二维码:



Discussion on Energy Saving and Consumption Reduction of Flue Gas, Air and Pulverized Coal Pipeline for 1 000 MW Unit

DU Dongming^{1,✉}, TAN Canshen², ZHANG Xiangyu²

(1. Huaneng Dalian Co-generation Co., Ltd., Dalian 116000, China;

2. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: [Introduction] Now the coal-fired units have more advantage of bidding to access the net, It also puts forward higher requirements for fine design and optimization of flue gas, air and pulverized coal pipeline in order to achieve the purpose of saving energy and reducing consumption. [Method] The article mainly used the combined research method of theory analysis and practice verification, firstly the function of different flue gas, air and pulverized coal pipeline system are analyzed and discuss theoretically in the view of saving energy and reducing consumption, according to the results of theoretical analysis the article proposed optimization design of the detailed rules for the implementation of different system, the numerical simulation software was used to verify the theoretical results preliminarily, At the same time, the application and practice of the actual project were verified. [Result] The research method of the energy-saving and consumption-reduction scheme proposed for the flue gas, air and pulverized coal pipeline system has been proved theoretically and by practices that it has remarkable energy-saving effect, which can not only reduce the initial investment of the system, but also reduce the annual operation expenditure of the unit. [Conclusion] Although the relevant research results in this paper are based on 1 000 MW units, the basic theories and research methods are commonly applicable to other graded unit projects, which can provide important reference for the design of energy conservation and consumption reduction of flue gas, air and pulverized coal pipeline in subsequent projects.

Key words: flue gas, air and pulverized coal pipeline; numerical simulation; energy saving and consumption reduction

2095-8676 © 2021 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI. This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

收稿日期: 2020-05-12 修回日期: 2020-08-27

基金项目: 中国能建广东院科技项目“主要烟风煤粉管道理论压降与实测值偏差研究”(EX02211W); 华能海门电厂科技项目“海门电厂一期3、4号机组煤仓和烟风通道优化设计工程”(F1952E4)

近些年来,由于受工程占地面积及项目整体设计优化的影响,多数燃煤机组的烟风煤粉管道有效利用空间被进一步压缩,若仍按照常规的设计理念进行管路布置设计,则难免会出现急转弯头、高阻力异形件等对烟风煤粉介质流场均匀性不利的实施方案。这些不合理的实施方案,容易产生系统内介质湍流、振动和噪音,并且会增加系统电耗和运行费用。随着燃煤机组容量的不断增加,烟风煤粉管道的设计运行参数也相应增加,其设计方案对全厂运行能耗的影响也越来越大,同时考虑现阶段燃煤机组竞价上网的压力,对烟风煤粉管道的节能降耗研究就更具必要性。文章对燃煤机组烟风煤粉管道的系统功能、运行特点、布置型式等进行了一系列的研究,并针对不同系统提出了相应的优化设计方案以改进烟风煤粉管道系统流场分布,降低系统运行阻力,以配合燃煤机组进一步达到深度节能降耗的目标^[1-4]。

1 技术原理

1.1 指导原则

烟风煤粉管道的节能降耗主要体现在降低风机的能耗并有效控制烟风道初投资^[5]。电厂主要风机的阻力源分析如表1所示。

表1 阻力源分析统计表

Tab. 1 Resistance source analysis statistical table

辅机名称	阻力源
一次风机	冷一次风道、热一次风道、送粉管道等
送风机	冷二次风道、热二次风等
引风机	除尘器前烟道、除尘器后烟道、引风机出口烟道及烟囱等
密封风机	密封风管

1.2 节能降耗思路

1.2.1 冷风道

包括风机吸风口、风机出口至空预器的管道、压力冷风道(接自一次风机出口管道,作为进入磨煤机热一次风的调温风)和密封风管道(密封风机入口及出口至磨煤机及风门的管道、压力冷风至给煤机的密封管道)。

主要节能思路:

1) 优化吸风口型式。吸风口型式不仅影响风机的运行压头,而且会影响到风机本体入口截面的气流分布,进而影响风机运行效率和运行噪音。

2) 优化风机出口风道布置。风机出口风道对进入空预器的气流分布影响较大,风机轴线宜与空预器冷风入口中心线在一条直线上(炉内、炉侧或炉后),以减少弯头,并应优先选用圆形风道,取消内撑杆。

3) 压力冷风道的阻力小于空预器+热一次风道的阻力,故其阻力大小对于一次风机的运行功率并无影响。但可以采用圆形管道并尽可能利用立体弯头,以降低钢材耗量和初投资,并同时按照气流方向选用非直角三通及锐角弯头,以优化调温风接入口的气流分布,保证调温效果。

4) 密封风机管路优化主要考虑消除管道振动。振动超标现象在很多工程出现过。本文推荐采用三维立体弯头,并着重优化密封风机出入口部分的管道布置,必要时增加导流板,以均匀气流分布,降低阻力损耗,并同时降低钢材耗量和初投资。

1.2.2 送粉管道

磨煤机出口至锅炉燃烧器入口间的煤粉管道。

主要节能思路:

1) 由于管道介质为含粉气流,故阻力损失较大,应采用三维软件,优先选用立体弯头和锐角弯头,以减少弯头数目,同时降低耐磨弯头初始投资和阻力损失。

2) 应将进入各个燃烧器的煤粉浓度偏差保持在锅炉厂要求的范围内,故煤粉分配器及之前的管道需要结合数值模拟情况进行合理规划。

1.2.3 热风道

主要包括从空预器出口至磨煤机入口的热一次风道及从空预器出口至炉膛燃烧器入口的热二次风道。

主要节能思路:

1) 热一次风道布置不但要考虑降低阻力,而且要保证进入磨煤机的气流相对均匀,故宜选用圆形管道,取消内撑杆,并通过数值模拟优化异形件布置。同时应结合气流流向,选用斜插三通。

2) 热二次风道材料消耗和阻力损失在二次风系统中均占有较大的比例。常规二次风箱常采用方形风箱结构,棱角较多,并且内撑杆的桁架设计复杂,不利于进入锅炉气流的流场分布,建议应在转弯部位尽量采用圆角,减少阻力损失,并同时优化零部件内撑杆结构型式,最大限度减少阻力。进炉

膛的各二次风支管也需要更多的考虑流场因素, 以使进入炉膛的气流组织的更优^[6]。

1.2.4 烟道

主要包括从空预器出口至除尘器入口的除尘器前烟道、从除尘器出口至引风机入口及引风机出口至脱硫系统直至烟囱的除尘器后烟道。

1) 除尘器前烟道灰浓度较高, 故阻力损失所占引风机压头的比例相对较大, 同时除尘器对入口烟道气流的均匀分布要求较高。故需要尽量减少并均衡进入除尘器各根支管的布置。建议选用圆形管道, 可以利用立体弯头, 保证每个除尘器通道入口均为 2 个 90° 弯头^[7]。

2) 除尘器后烟道: 基于设备因素, 后烟道异形件往往较多, 并且引风机出口空间较为紧张, 由于引风机出口旋流的存在, 往往在两台风机的汇合段存在很大的气流扰动。故推荐通过数值模拟优化风机出口的气流分布, 并视情况增设导流板, 同时对烟道内撑杆的设置进行优化, 选用新型节点板, 以减少阻力损失^[8-9]。

2 工程实例

下面以某百万工程为例, 对烟风煤粉管道的节能设计进行介绍。

2.1 吸风口优化方案

宜首先对吸风口进行优化, 常规工程采用的吸风口及防雨罩如图 1 所示, 本文提出的新型方案如图 2 所示 (该方案目前获得实用新型专利)。采用 fluent 模拟得出两种吸风口型式的流场分布如图 3~图 4 所示。

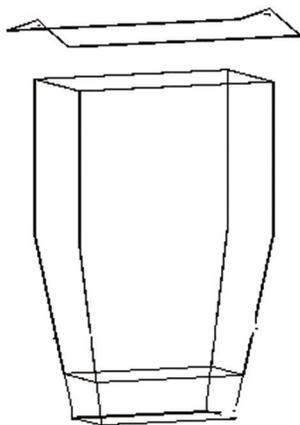


图 1 常规风机吸风口

Fig. 1 Conventional fan suction opening

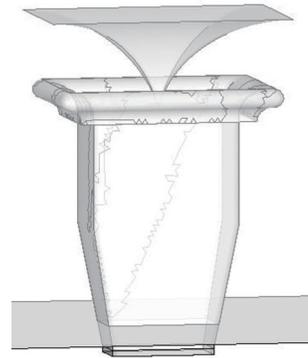


图 2 新型风机吸风口

Fig. 2 Innovative fan suction opening

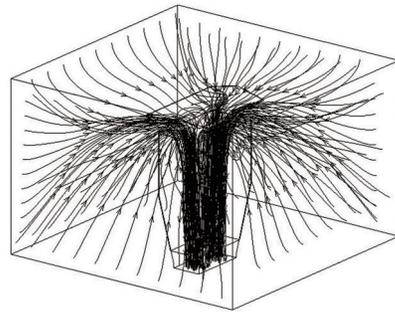


图 3 常规吸风口流场分布总图

Fig. 3 Distribution diagram of flow field of conventional suction opening

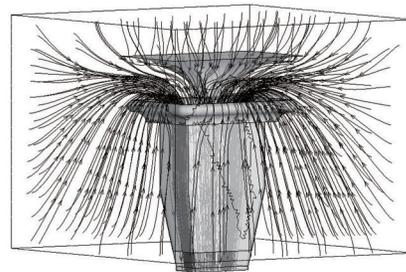


图 4 新型吸风口流场分布总图

Fig. 4 Distribution diagram of flow field of innovative suction opening

数值模拟结果显示, 常规方案在风道壁面附近出现了很明显的分离, 而新方案能够消除分离, 减小风道进出口之间的压差以及管内和外部流场之间的压差。

2.2 风机出口风道优化方案

对冷二次风道优化前后的数值模拟结果如图 5~图 6 所示, 从图中可以看出: 两种方案转弯处分离并不严重, 但是出口处流动比较复杂, 由于存在两个结构突变 (一个突扩, 一个突缩), 分离严重。

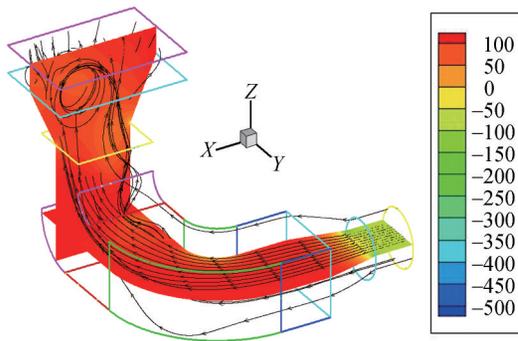


图5 冷二次风道常规布置流线图

Fig. 5 Distribution diagram of flow field in conventional cold secondary air duct

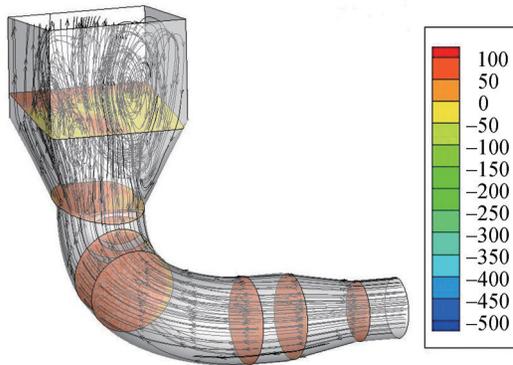


图6 冷二次风道优化建议布置流线图

Fig. 6 Distribution diagram of flow field about optimized cold secondary air duct

方管设计出口处的流动不均匀性比圆管设计更严重,但是仅仅将方管改变为圆管,出口前的弯道喉部分离流依然存在,出口处的漩涡依然存在,因此对导流板的安装位置要求很苛刻,采用与喉部平行的导流板不能有效的控制分离,而在垂直弯道结构中导流板非常有效,见中剖面上流线分布,后者的导流板非常有效的抑制了分离和漩涡的形成。

2.3 热二次风道优化方案

对热二次风道的数值模拟主要考虑以下几个方面:(1)考虑桁架对风道阻力的影响;(2)考虑弯头结构对风道阻力的影响;(3)考虑导流板对风道阻力的影响。以依托工程为例进行热二次风优化前后数值模拟,结果数据汇总如表2所示。

由表2可以看出:

1) 将风道中炉前水平直段的直角弯头改成圆弧弯头时,风道的阻力将会大大减小。将风道中入口垂直上升段的直角弯头改成圆弧弯头时,风道的

表2 热二次风道计算结果汇总表

Tab. 2 Summary of calculation results of hot secondary air duct

项目		风道阻力	阻力降低值
		Pa	
优化前		1 102.2	—
将直角弯头改成	只改水平段	913.8	188.4
圆弧弯头	改水平段和垂直段	815.5	286.7
布置导流板	布置两块导流板	796.0	306.2
	布置三块导流板	783.8	318.4

阻力将会进一步减小。

2) 改成圆弧弯头后,在各个弯头处布置导流板可以进一步降低烟道阻力。但由于桁架的影响,导流板的作用被弱化,对风道阻力降低的贡献不大。

2.4 除尘器前烟道优化方案

对除尘器前烟道优化前后的布置图如图7~图8所示,采用立体弯头后,除尘器每个入口支管弯头数量想等,更有利于除尘器内部的气流均布。

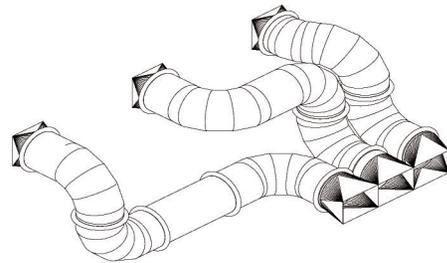


图7 除尘器前烟道常规布置图

Fig. 7 Conventional arrangement of flue gas duct before dust collector

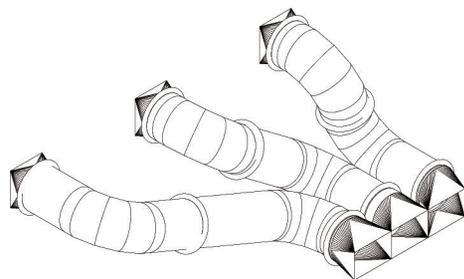


图8 除尘器前烟道优化建议图

Fig. 8 Optimized arrangement of flue gas duct before dust collector

3 工程实施效果

该工程的烟风煤粉管道全部都按照1.2条的要求进行了优化设计。优化设计之后的节能降耗效果

详见表 3 所示^[10-12]。按锅炉年利用小时数为 5 500 h, 成本电价 0.261 元/kW·h 计算。

表 3 某百万工程烟风煤粉管道节能降耗效果

Tab. 3 Energy saving and consumption reduction effect of flue gas, air and pulverized coal pipeline in a 1-million-yuan project

烟风道	减少初投资/万元	减少风机轴功率/kW	减少发电机输出功率/kW	每台机组减少运行费用/(万元·年 ⁻¹)
冷一次风道	17.5	6.8	7.4	2.12
冷二次风道	8.5	8.5	9.25	2.66
热一次风道	7.15	23.5	25.5	7.33
送粉管道	45.95	65.8	71.5	20.5
除尘器前烟道	-46.5	38.8	41.34	8.13
热二次风道	0	112.92	122.77	35.25
累计	32.6	256.32	277.76	75.99

4 结 论

1) 文章结合 1 000 MW 机组烟风煤粉管道的设计特点, 对其节能降耗方向进行了探讨, 并结合 fluent 软件对流场特性的研究, 总结出对设计初期烟风道布置具有指导意义的布置优化思路。最后在百万工程中成功实施, 节能效果显著。

2) 通过数值模拟与理论知识相结合, 提出了采用新型风道吸风口和防雨罩的设计理念并获专利授权, 不但可以减少振动, 更可以降低阻力, 带来经济效益^[13-14]。

3) 结合数值模拟软件, 突破以往横平竖直的布置理念, 提倡烟风煤粉管道的三维立体化布置, 不但可以节省材料和阻力, 并且对于均匀气流分布, 降低风机运行噪音, 提高炉膛燃烧效率, 有着非常明显的意义。

参考文献:

[1] 谭灿桑, 吴阿峰. 燃煤机组空预器低温腐蚀解决方案浅析 [J]. 南方能源建设, 2018, 5(3): 56-60.
TAN C S, WU A F. Brief analysis on low-temperature corrosion solution about air preheater of coal-fired units [J]. Southern Energy Construction, 2018, 5(3): 56-60.

[2] 颜祝明, 卢志民, 姚顺春, 等. 煤粉自燃特性实验以及对磨机出口温度影响因素的探讨 [J]. 广东电力, 2019, 32(7): 15-22.
YAN Z M, LU Z M, YAO S C, et al. Self-ignition characteristic experiment of pulverized coal and discussion on influence factors on outlet temperature of coal mill [J]. Guangdong Electric Power, 2019, 32(7): 15-22.

[3] 李伟科. 基于等效焓降法的锅炉尾部烟气热量深度利用系统热效率研究 [J]. 南方能源建设, 2018, 5(1): 86-91.
LI W K. Research on thermal efficiency of advanced utilization system of boiler tail flue gas heat based on the equivalent enthalpy drop theory [J]. Southern Energy Construction, 2018, 5(1): 86-91.

[4] 毛国强, 莫爵徽, 沈跃良, 等. 实验条件对煤粉着火稳定性指数测定的影响 [J]. 广东电力, 2018, 31(7): 49-55.
MAO G Q, MO J H, SHEN Y L, et al. Influence of experimental conditions on measurement of ignition stability index of pulverized coal [J]. Guangdong Electric Power, 2018, 31(7): 49-55.

[5] 苏欣新. 300 MW 机组烟风系统设计和设备选型的几点体会 [J]. 电站系统工程, 2003, 19(6): 64.
SU X X. Considerations about design and type selection of equipment for 300 MW unit flue gas & air system [J]. Power System Engineering, 2003, 19(6): 64.

[6] 于飞, 刘明, 李卫东, 等. 90°矩形截面弯头内置导流板的布置优化研究 [J]. 动力工程学报, 2015, 35(2): 147-152.
YU F, LIU M, LI W D, et al. Layout optimization of guide plates in a 90 degree elbow with rectangular cross section [J]. Journal of Chinese Society of Power Engineering, 2015, 35(2): 147-152.

[7] 李鹏翔, 宗保军, 李原平, 等. 100 MW 机组锅炉烟风管道振动和风机积灰振动的消除 [J]. 热力发电, 2003(6): 66-67+1.
LI P X, ZONG B J, LI Y P, et al. Elimination of vibration of boiler smoke and wind pipe and accumulated dust of fan for 100 MW unit [J]. Thermal Power Generation, 2003(6): 66-67+1.

[8] 赵全斌, 薛朝因, 刘明, 等. 火电厂烟风通道主要异形件优化研究 [J]. 工程热物理学报, 2015, 36(4): 780-784.
ZHAO Q B, XUE Z N, LIU M, et al. Optimization on main types of major irregular parts for air & flue gas ducts in thermal power plant [J]. Journal of Engineering Thermophysics, 2015, 36(4): 780-784.

[9] 叶兴联, 李立锋, 章华熔, 等. 低低温电除尘器烟风道流线型设计与分析 [J]. 环境工程学报, 2018, 12(11): 3274-3280.
YE X L, LI L F, ZHANG H R, et al. Design and analysis of streamlined shape flue gas duct for low-low temperature electrostatic precipitator [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2018, 12(11): 3274-3280.

[10] 王俊启. 1 025 t/h 锅炉风烟系统改造对厂用电率的影响 [J]. 热力发电, 2003(10): 50-52+97.

- WANG J Q. The Influence of 1 025 t/h boiler air and flue system transformation on the power consumption rate of the plant [J]. Thermal Power Generation, 2003(10):50-52+97.
- [11] 翟德双. 降低燃煤电厂厂用电率技术分析 [J]. 中国电力, 2015, 48(3):9-12.
- ZHAI D S. Technical analysis on auxiliary power ratio reduction in coal-fired power plants [J]. Electric Power, 2015, 48(3):9-12.
- [12] 邢希东. 600 MW火电机组降低厂用电率措施 [J]. 中国电力, 2007, 40(9):60-64.
- XING X D. Countermeasures to reduce the auxiliary power consumption rate of 600 MW thermal power units [J]. Electric Power, 2007, 40(9):60-64.
- [13] 赵鹏, 龙辉, 陶叶. 我国超(超)临界燃煤机组节能环保设计技术策略分析 [J]. 电力建设, 2012, 33(4):54-57.
- ZHAO P, LONG H, TAO Y. Strategy analysis for energy saving and environmental protection design of ultra supercritical coal-fired unit in China [J]. Electric Power Construction, 2012, 33(4):54-57.
- [14] 聂君, 刘钢. 估算厂用电率的负荷率法 [J]. 中国电力, 2013, 46(9):44-46+55.
- NIE J, LIU G. Estimation of auxiliary power consumption rate with load ratio method [J]. Electric Power, 2013, 46(9):44-46+55.

作者简介:



杜东明 (通信作者)

1973-, 男, 辽宁义县人, 高级工程师, 大连理工大学工商管理硕士, 主要从事发电厂管理及优化提升工作 (e-mail) mad-doe@sina.com。

杜东明

谭灿燊

1980-, 男, 广东东莞人, 高级工程师, 重庆大学工程热能工程硕士, 主要从事发电厂热机专业技术研究及设计 (e-mail) tancanshen@gedi.com.cn。

张翔宇

1987-, 男, 山西大同人, 高级工程师, 浙江大学热能工程专业硕士, 主要从事发电厂热机专业技术研究及设计 (e-mail) zhangxiangyu@gedi.com.cn。

(责任编辑 李辉)

