

• 火电机组节能对标系列丛书 •

600MW火电机组节能对标指导手册



Guide to Energy Efficiency Benchmarking of 600MW Thermal Units



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



中国电力投资集团公司
CHINA POWER INVESTMENT CORPORATION

· 火电机组节能对标系列丛书 ·

600MW火电机组节能对标指导手册

中国电力投资集团公司 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书建立了一套 600MW 火电机组节能指标体系,介绍了各指标的定义和计算方法,对每一项指标可能发生问题的原因进行了分析,具体、详细地列出了各种可能的选项,以便于在生产现场有针对性地对照分析。在解决问题的措施中,提供了运行措施、日常维护及试验、C/D 修及停机消缺、A/B 修及技术改造等措施。

本书还提供了典型国产 600MW 火电机组的锅炉、汽轮机、发电机及其主要辅助设备的特性(规范),供对标时查阅。

本书适用于 600MW 火电机组节能专工,以及锅炉、汽轮机、电气及其他各专业的专工、值长、运行值班员使用,也可供生产管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

600MW 火电机组节能对标指导手册/中国电力投资集团公司编著. —北京:中国电力出版社,2008

(火电机组节能对标系列丛书)

ISBN 978-7-5083-7825-1

I. 6… II. 中… III. 火力发电-发电机-机组-节能-手册 IV. TM621.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 135599 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 9 月第一版 2008 年 9 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 16.375 印张 407 千字

印数 0001—6000 册 定价 46.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

《火电机组节能对标系列丛书》

编 委 会

主 任 田 勇

常务副主任 袁 德

副 主 任 原 钢 靳东来 赵风云

委 员 马国林 岳 乔 黄雪松

周 立 罗慧敏 兰吉勇

王志军 刘丛涛 陶新建

严卫平 刘安堂 刘春东

殷庆华

《600MW 火电机组节能对标指导手册》

编 委 会

主	编	原 钢				
副	主 编	靳东来	马国林	刘安堂		
委	员	岳 乔	黄雪松	周 立	兰吉勇	
		刘丛涛	陶新建	董功俊	刘春东	
		何志亮	刘剑峰	金 迪		
参加编写人员		吕克启	杨丛明	王文庆	王 安	
		王 敏	王 璟	戈 亮	见冶峡	
		刘义成	刘立友	杜 杰	杨金矿	
		杨晓凌	杨 辉	李景耀	张伟康	
		张逸群	陆 奎	郑 琥	胡昌盛	
		高 麟	郭其祥	唐丛耿	凌光照	
		曹胜利	彭万生	蒲道林		



序

电力工业是国民经济的基础产业，关系到经济的持续健康发展和社会的和谐稳定。电力工业也是节能降耗和污染减排的重点领域，做好节能和环保工作，对实现我国“十一五”节能减排目标，建设资源节约型和环境友好型社会具有重要的意义。为了实现上述要求，电力企业坚持节能优先、环保优先，努力建设节约环保型企业，不断借鉴先进的管理经验，在节能降耗管理工作中的力度不断加大，探索节能管理新思路。

对标管理作为一种科学的管理工具，能够支持企业不断改进和获得竞争优势，在各行各业的实践中取得了巨大的成就，成为许多电力企业提升管理水平的手段。通过开展能效水平的对标活动，完善指标体系，充分挖掘火力发电厂的节能潜力，提高能源利用效率，最终实现节能降耗。

中国电力投资集团公司以“奉献绿色能源，服务社会公众”为企业精神，以科学发展观为指导，坚持把发展作为第一要务，不断提高集团公司的竞争能力、盈利能力和可持续发展能力，积极履行企业政治责任、经济责任和社会责任。公司在保证安全生产的基础上，以节能减排为工作重点，不断提升公司综合实力，实现公司发展与社会、环境协调统一。

本套丛书是中国电力投资集团公司根据对标管理理论和集团公司内部节能工作实践编写而成的，丛书建立了一套火力发电厂节能对标的指标体系，并提供了分析和解决各项经济指标问题的方法，是火力发电厂开展节能对标工作的有效工具，同时也是电厂技术经济分析的良好助手。

丛书可以作为国内第一套适用于火力发电企业节能对标的指导手册。希望通过本套丛书的编写和出版，能为火力发电企业节能降耗工作提供实践帮助，同时更好地促进节能技术和节能管理水平的提高。

A handwritten mark or signature in black ink, consisting of several stylized, overlapping strokes that form a unique, abstract shape.

前 言

为了更好地指导火力发电厂开展节能对标工作，提高火力发电企业机组的经济性水平，中国电力投资集团公司根据对标管理理论和集团公司内部节能工作实践经验编著了《火电机组节能对标系列丛书》。丛书立足于初步建立一套对节能对标工作有一定指导作用的实用工具。它将有助于推动发电企业开展节能对标工作，也有助于专业技术人员对有关节能指标问题的诊断和解决。

丛书共3个分册，本分册为《600MW火电机组节能对标指导手册》。本书建立了一套600MW火电机组的节能指标体系，该体系完整涵盖了600MW火电机组的经济性指标，并参照DL/T 904—2004《火力发电厂技术经济指标计算方法》等资料，提供了对应指标的定义及计算方法，以及指标可能发生问题的原因和解决问题的措施。其中，综合指标的内容比较侧重于方向性，主要经济指标的内容则侧重于针对性和操作性，便于对标人员迅速分析问题原因所在，同时提出解决办法。

本书在编著过程中得到了中国电力投资集团公司领导的大力支持，中国电力投资集团公司田勇副总经理为本书作序，在此一并表示感谢。

由于作者理论水平和实践经验有限，难免存在缺点和错误，敬请专家、读者批评指正。

本书编委会

2008年7月

目 录

序

前言

使用说明 1

第一部分 典型国产 600MW 级火电机组技术特性 3

1 600MW 级亚临界火电机组 3

1.1 HG-2008/18.6-M 型 630MW 亚临界控制循环锅炉 3

1.2 N630-16.7/537/537 型汽轮机 27

1.3 QFSN-630-2 型发电机 53

1.4 HG-2080/17.5-HM12 型 600MW
亚临界控制循环锅炉 57

1.5 NZK600-16.7/538/538 型空冷汽轮机 91

1.6 QFSN-600-2YHG 型汽轮发电机 122

1.7 脱硫系统技术特性 127

2 600MW 级超临界火电机组 137

2.1 HG-1970/25.4-YM7 型超临界直流锅炉 137

2.2 DKY4-4N41B 型汽轮机 173

2.3 50WT23E-138 三相同步汽轮发电机 201

2.4 脱硫系统技术特性 205

3 600MW 级超超临界火电机组 219

3.1 HG-1792/26.15-YM1 锅炉 219

3.2	CCLN600-25/600/600(TC2F-48 型)汽轮机	268
3.3	QFSN4-600-2PTG 型汽轮发电机	282
3.4	脱硫系统的主要特性及规范	286
第二部分	有关指标的定义及计算方法	311
1	综合指标	311
1.1	供电、发电、供热煤耗率	311
1.2	厂用电	313
1.3	补水率	315
1.4	发电用水指标	319
1.5	机组耗油量	322
2	主要经济指标	322
2.1	锅炉部分	322
2.2	汽轮机部分	337
2.3	发电机、变压器部分	345
2.4	脱硫、灰、燃料、化学部分	345
2.5	供热部分	351
3	可靠性指标	353
4	自动化指标	354
5	设备管理指标	354
6	能源计量指标	355
第三部分	600MW 火电机组节能对标指导	358
1	综合指标	358
供电煤耗率(g/kWh)		358
发电煤耗率(g/kWh)		362
厂用电率(%)		365
综合厂用电率(%)		367
补水率(%)		369
综合耗水率(m ³ /kWh)		371

机组燃油消耗量(t)	372
2 主要经济指标	375
2.1 锅炉部分	375
锅炉热效率(%)	375
锅炉最低不投油稳燃负荷(MW)	376
锅炉排烟温度(°C)	377
烟气含氧量(%)	381
飞灰含碳量(%)	383
炉渣可燃物(%)	385
空气预热器漏风率(%)	387
煤粉细度 R_{90}	389
制粉系统出力(t/h)	391
散热损失(%)	393
一次风机耗电率(%)、单耗(kWh/t 煤)	394
引风机耗电率(%)、单耗(kWh/t 汽)	396
送风机耗电率(%)、单耗(kWh/t 汽)	397
制粉系统耗电率(%)、单耗(kWh/t 煤)	399
过热器减温水量(t/h)	401
再热器减温水量(t/h)	402
主蒸汽压力(MPa)	404
主蒸汽温度(°C)	406
再热蒸汽温度(°C)	408
2.2 汽轮机部分	410
汽轮机热耗率(kJ/kWh)	410
凝汽器真空度(%)	411
凝结水过冷度(°C)	414
循环水温升(°C)	416
凝汽器端差(°C)	418

真空严密性(kPa/min)	419
胶球投入率(%)	421
胶球收球率(%)	422
给水温度(机侧)(°C)	424
高压加热器投入率(%)	426
加热器端差(°C)	427
循环水泵耗电量(%)	429
凝结水泵耗电量(%)	430
2.3 发电机部分	432
发电机漏氢率(%)	432
2.4 湿式脱硫、除灰(渣)及除尘部分	434
脱硫设施投运率(%)	434
脱硫效率(%)	435
脱硫系统耗电量(%)	437
电除尘投入率(%)	439
电除尘效率(%)	440
除灰系统耗电量(%)、单耗(kWh/t 煤)	442
2.5 燃料部分	445
输煤系统耗电量(%)、单耗(kWh/t 煤)	445
燃料检斤率(%)	446
燃料检质率(%)	447
入厂煤入炉煤热值差(kJ/kg)	448
入厂煤热值(kJ/kg)	449
入炉煤热值(kJ/kg)	450
入炉煤质合格率(%)	451
3 可靠性指标	453
等效可用系数(%)	453
强迫停运率(%)	453

非计划停运次数	454
非计划停运小时(h)	455
非计划降出力时间(h)	456
利用系数(%)或利用小时(h)	456
连续运行天数(天)	457
4 自动化指标	458
热控自动投入率、合格率(%)	458
电气保护及自动装置投入率、正确动作率(%)	459
5 设备管理指标	461
等级检修全优率(%)	461
设备消缺率(%)	465
重大安全隐患消除率(%)	466
节能减排技改项目完成率(%)	467
设备完好率指标(%)	467
6 能源计量指标	469
能源计量器具配备率(%)	469
能源计量器具周期受检率(%)	470
能源计量器具检测合格率(%)	471
能源计量检测率(%)	472
7 600MW 火电机组参数变化对煤耗率的影响(仅供参考) ...	473
附录 1 2007 年度 600MW 级优秀国产火电机组评比数据	474
附录 2 单位及换算	494
参考文献	509

使用 说 明

1 主要内容

1.1 建立了一套 600MW 火电机组的节能指标体系，该体系完整涵盖了 600MW 火电机组的经济性指标。

1.2 提供了指标的定义及计算方法，以及指标“可能存在问题的原因”和“解决问题的措施”。其中，机组综合指标的内容侧重于方向性，便于把握重点；主要经济指标的内容则侧重于针对性和可操作性，便于深入分析。对标人员可据此迅速分析出某一指标出现问题的原因所在，同时提出解决办法。

1.3 机组综合指标：反映对标机组的综合经济运行情况，并通过提供的选择，对比较感兴趣的方面进行重点跟踪。若需要详细分析，可查看主要经济指标的具体内容。

1.4 主要经济指标：反映了各经济指标的情况。比照提供的选项，找出存在差距的具体原因和比较有操作性的解决办法。

1.5 提供了可靠性、自动化、设备管理、能源计量等指标，便于对标人员了解机组的整体经济运行情况。

1.6 提供了主要经济指标变化对应的供电煤耗率影响值，供对标人员参考。

2 使用建议

2.1 本手册既是节能对标的工具，又能帮助电厂自身对有

关节能指标问题进行诊断。

2.2 机组综合指标部分是对标的核心，主要经济指标和可靠性、自动化、设备管理、能源计量等指标是整个体系的支撑。对标人员可根据具体情况查看。

2.3 确定对标基准值：根据具体情况选择合适的、对比性强的基准值，如设计值、历史最好值、行业标准、国家标准或国内同类型机组最好值（建议参考中国电力企业联合会发布的全国火电 600MW 级机组技术协作会年度机组竞赛评比数据汇总表中的同类型机组数据）等，作为对标的基准值。

2.4 确定实际完成值：对照指标项目表，核实统计数据，将机组的指标完成值按照机组负荷率等因素进行修正，得到可与对标指标基准值相比较的实际完成值（修正值）。

2.5 计算差距：计算指标实际完成值（修正值）与基准值的差距，并按耗差法计算出相应的供电煤耗率影响值。

2.6 分析原因，提出解决措施：通过调研分析，参考本手册中提供的“可能存在问题的原因”和“解决问题的措施”，找到与基准值有差距的各种可能因素，确定产生差异的主要原因，并提出相应的解决措施。

3 其他

3.1 本手册所提供的“可能存在问题的原因”和“解决问题的措施”需要在实际对标工作中不断完善，这也是本指导手册的生命之源。只有在实践中不断完善，持续改进，才能发挥出更大的作用。希望参与对标的专家提供宝贵、有益的素材，对指导手册进行补充。

第一部分

典型国产 600MW 级火电机组技术特性

1 600MW 级亚临界火电机组

1.1 HG-2008/18.6-M 型 630MW 亚临界控制循环锅炉

1.1.1 简介

HG-2008/18.6-M 型 630MW 亚临界强制循环汽包炉，是引进美国 CE 公司技术，由哈尔滨锅炉厂设计制造。采用单炉膛 II 型半露天布置、全钢悬吊结构，一次中间再热、四角切圆燃烧、摆动燃烧器调温、平衡通风、固态排渣煤粉炉。炉前布置三台低压头炉水循环泵，炉后尾部布置两台三分仓容克式空气预热器。

炉顶标高 90365mm，大板梁顶层标高 80520mm；汽包中心线标高 77304mm；炉膛截面为 18542mm×16432mm（宽×深），炉膛与后烟道之间净距 8865mm；冷灰斗倾角 55°；前墙至折焰角的距离 13080mm，折焰角倾角 55°。锅炉 37400mm 标高（上排燃烧器顶部）以下的厂房为全封闭，装有暖通设备，以上除汽包两端有小室外，其他部分均为露天布置，大板梁顶部采用大包箱盖顶。炉膛采用全膜式水冷壁，炉底采用水封结构。

锅炉燃烧方式采用四角布置切圆燃烧，炉膛的对角线与喷嘴中心线夹角为 4.5°，燃烧器出口射流中心与水冷壁中心线夹角为 36°和 45°，在炉中形成直径分别为 $\phi 1886$ 和 $\phi 1764$ 的两个逆时针旋转的假想切圆，炉膛四角各装一组摆动燃烧器。在燃烧器上方布置有过燃风作为减少炉内 NO_x 生成的主要措施。锅炉配有四层蒸

汽雾化的油枪，其中最下层为改造后增加的小油枪。

水冷壁由炉膛四周及折焰角延伸侧墙组成，每根水冷壁管进口装设节流圈，冷灰斗以上区域采用内螺旋管膜式水冷壁。汽包内布置有三级汽水分离装置和内夹层。过热器由炉顶管、尾部包覆、延伸墙包覆、低温过热器、分隔屏、后屏及末级过热器组成。分隔屏与后屏布置在炉膛上部出口处，末级过热器布置于延伸斜烟道上，低温过热器布置于尾部烟道内。再热器由墙式辐射再热器、屏式再热器和末级再热器组成，墙式辐射再热器布置于炉膛上部前墙和两侧墙前部，在折焰角及延伸墙斜烟道上部依次布置了屏式再热器和末级再热器。省煤器布置于低温过热器下部，在省煤器进口和水冷壁下联箱之间装有再循环管，起保护作用。

锅炉采用正压直吹式制粉系统，配置 6 台 HP-1003 型中速磨煤机，布置在零米炉前，分别用煤粉管道接至六层角式布置切向燃烧的摆动式煤粉燃烧器。投运 5 台磨煤机就可以满足锅炉 90% MCR 负荷的燃煤要求，另外 1 台备用。炉后布置有 2 台一次风风机、2 台送风机和 2 台引风机。由于磨煤机采用正压系统，所以配有 2 台密封风机。

过热蒸汽的汽温调节主要靠两级喷水减温器，也受到摆动燃烧器喷嘴的影响。第一级喷水减温器布置在低温过热器与分隔屏之间的管道上，第二级喷水减温器布置在末级过热器进口处。再热器的调温主要靠燃烧器摆动及过量空气系数调节，在再热器进口管道上装有事故紧急喷水。锅炉采用了流量为 5% MCR 的启动旁路系统，其作用是在锅炉启动时控制过热蒸汽温度及压力，以缩短启动时间，提高运行的灵活性。

炉膛部分布置 110 只旋转式吹灰器，对流烟道区域内布置有 34 只长行程伸缩式吹灰器，每台预热器烟气出口端布置有 1 只伸缩式吹灰器及脉冲吹灰装置，运行时所有吹灰器均实现了程序控制。