

节能减排技术指南丛书

工业企业 节能技术指南汇编

GONGYE QIYE
JIE NENG JISHU ZHINAN HUIBIAN

国家发展和改革委员会节能信息传播中心 编

中国环境科学出版社

节能减排技术指南丛书

工业企业节能技术指南汇编

国家发展和改革委员会节能信息传播中心 编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

工业企业节能技术指南汇编 / 国家发展和改革委员会节能信息传播中心编.
— 北京: 中国环境科学出版社, 2008

(节能减排技术指南丛书)

ISBN 978 - 7 - 80209 - 711 - 7

I. 工… II. 国… III. 工业企业 — 节能 — 技术 IV. TB493

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 042037 号

责任编辑 高 峰
责任校对 扣志红
封面设计 兆远书装

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010 - 67112765(总编室)
发行热线: 010 - 67125803

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2009 年 2 月第 1 版
印 次 2009 年 2 月第 1 次印刷
开 本 787 × 960 1/16
印 张 19.5
字 数 325 千字
定 价 60.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载,侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题,请寄回本社更换。

前言

国家发展和改革委员会节能信息传播中心在 1998 年—2007 年执行世行 / GEF 中国节能促进项目节能信息传播子项目期间,共完成了 103 个“最佳节能实践案例”与 20 个“技术指南”的开发与制作工作。“技术指南”是此项目开发与制作的主要信息产品之一,是对在不同的领域开发与制作的最佳节能实践案例的必要补充。其主要内容包括:对指定的节能技术领域进行专题研究,向企业的决策者和管理人员提供可靠的、系列的节能知识读本。

本书刊登了国家发展和改革委员会节能信息传播中心(原国家经贸委节能信息传播中心)1998 年—2003 年执行世行 / GEF 中国节能促进项目节能信息传播子项目期间开发与制作的部分技术指南,其中有:“工业燃煤锅炉节能技术指南”、“冷却水循环利用技术指南”、“商业建筑空调节能改造技术指南”、“交流电动机变频调速节能技术指南”、“无功补偿节能技术指南”、“抽油机采油系统节能技术指南”等。

“工业燃煤锅炉节能技术指南本指南”的编写由洪邦俊高级工程师主笔,高海成、蒋星桥、刘鸿愚等同志参与编写。“冷却水循环利用技术指南”由张相臣担任主编,陆柱、郑书忠、陆善忠、邵增荣、陈军、葛敬、胡相礼、翟智高、杨金旺、肖筱新参与编写。“交流电动机变频调速节能技术指南”由王正元编写。“无功补偿节能技术指南”由王正元编写,丁蕴石、吴小鸣等提出了修改意见。“抽油机采油系统节能技术指南”由徐秀芬、吴照云、陈国成等编写,孙德刚审定。

希望本书的出版能对我国的节能工作起到有益作用。

国家发展和改革委员会节能信息传播中心

2009 年 1 月 20 日

目 录

第一章 工业燃煤锅炉节能技术指南

1 概述	1
1.1 工业锅炉现状和节能改造	1
1.2 评价现有工业锅炉机组方法	2
1.3 节能改造的技术经济评价	2
2 选择锅炉机组节能改造方案	6
2.1 方案选择的基本原则和程序	6
2.2 燃烧系统方案选择	6
2.3 控制方式的选择	6
2.4 辅机系统匹配和辅机选型	9
3 燃烧系统改造技术	12
3.1 链条锅炉分层燃烧	12
3.2 炉拱与配风	13
3.3 双重燃烧	16
3.4 流化床燃烧	17
3.5 飞灰回燃技术	19
4 自动控制	22
4.1 负荷控制系统	22
4.2 空/燃比控制系统(经济燃烧控制)	22
4.3 炉膛负压控制系统	23
4.4 给水控制系统	23
5 辅机改造、空气预热与烟气净化	26
5.1 泵和风机改造	26

5.2 给水处理	26
5.3 空气预热	26
5.4 烟气净化	29
6 锅炉改造实施方法	30
6.1 改造前热工测试(论断性测试)	30
6.2 分析存在的主要问题	30
6.3 制订改造方案提出可行性研究报告	30
6.4 项目融资	30
6.5 选择实施者	31
6.6 办理锅炉改造报批手续	31
6.7 完成施工设计和组织施工	31
6.8 验证性热平衡测试	31

第二章 冷却水循环利用技术指南

1 概论	32
1.1 我国水资源和工业用水现状	32
1.2 工业节水的主要目标(摘自国家经济贸易委员会 《工业节水“十五”规划》)	34
1.3 冷却水在工业企业用水中的位置——重点耗能行业 冷却用水情况分析	35
1.4 冷却水水源	36
2 冷却水循环利用节水潜力分析	38
2.1 冷却水系统分类	38
2.2 冷却水循环利用节水原理	39
2.3 冷却水系统现状调查和节水潜力分析	42
3 循环冷却水治理技术和方法选择	44
3.1 循环冷却水系统存在的危害和治理对策	44
3.2 循环冷却水处理方案的效益分析	47

4 循环冷却水处理典型案例	50
4.1 冶金工业 广州珠江钢厂循环冷却水处理工程案例	50
4.2 石化工业 天津联合化学有限公司 14 万吨 乙烯装置循环冷却水处理技术案例	53
4.3 石化工业 中海石油富岛化工厂循环冷却水处理技术案例	54
4.4 化肥工业 化肥厂循环冷却水处理技术案例	56
4.5 物理场法——射频式系列冷却水处理技术应用案例	57
4.6 医院中央空调循环冷却水处理案例	59
4.7 电力行业 电厂循环冷却水处理技术案例	61
4.8 无磷环保型循环冷却水处理案例	62
4.9 电力工业 河南首阳山电厂循环冷却水系统补充水 石灰处理技术案例	65

第三章 商业建筑空调节能改造技术指南

1 概论	68
1.1 商业建筑节能的重要性	68
1.2 商业建筑的能耗构成	70
1.3 商业建筑空调的节能潜力分析	70
1.4 商业建筑空调节能具有良好的市场潜力和经济性	72
2 商业建筑空调能耗分析	74
2.1 商业建筑中央空调系统的构成	74
2.2 商业建筑空调能耗的构成	74
2.3 商业建筑空调冷热负荷分析	76
2.4 商业建筑空调冷热源系统的能耗分析	84
2.5 商业建筑空调输配系统的能耗分析	85
3 商业建筑空调节能的具体措施	89
3.1 减少商业建筑空调冷热负荷的具体措施	89
3.2 利用自然冷源	95

3.3 提高冷热源效率的具体措施	101
3.4 减少空调输配系统能耗的具体措施	107
4 典型节能改造工程实例	119
4.1 减少空调系统冷热负荷	119
4.2 对空调系统冷热源方式的改造	121
4.3 对空调输配系统的节能改造	122
4.4 北京市十多家宾馆节能改造项目的经济性分析	126
5 商业建筑节能改造项目的实际运作	128
5.1 商业建筑节能的技术实现过程	128
5.2 商业建筑节能改造项目获得成功的几个关键因素	129
5.3 商业建筑节能项目的资金来源和收益分配	130
6 空调输配系统设备单位冷量电耗的测量方法	132

第四章 交流电动机变频调速节能技术指南

1 引言	133
1.1 节能	133
1.2 调速范围大而且连续	134
1.3 容易实现正、反转切换和构成自动控制系统	134
1.4 启动电流小,可用于频繁启动和制动场合	134
1.5 结构简单、运行安全可靠	135
2 应用系统要求电动机调速	136
2.1 节能调速	136
2.2 工艺调速	137
2.3 牵引调速	138
2.4 精密调速	138
2.5 运动控制	139
3 电动机调速基本原理	141
3.1 交流异步电动机调速原理	141

3.2 异步电动机的调速方法	143
4 变频调速系统中交流电动机和变频调速装置的选择	145
4.1 变频调速系统中电动机的选择	145
4.2 变频调速系统中变频器的选择	148
4.3 变频调速系统失效机理的简单分析	152
5 交流电动机变频调速节能应用的典型应用领域	155
5.1 变风量空调控制	155
5.2 变流量油泵控制	159
5.3 油田高压注水泵系统的变水量控制	162
5.4 供水系统及水处理流量控制	164
5.5 化纤机械采用静变频取代动变频	166
6 电动机调速拖动技术的新发展	169
6.1 异步电动机变频调速技术的局限性及其突破途径	169
6.2 3~10 kV、400~2 600 kW 大功率异步电动机的 变频调速技术	171
6.3 电动机调速用开关器件的新发展	176
6.4 电动机调速的控制策略的新发展	178
7 交流电动机变频调速节能效果的合理测算	181
7.1 评估变频调速系统节能潜力的方法	181
7.2 节能效果计算的一般方法	185
7.3 风机系统采用变频调速的年耗测量和计算方法	187
7.4 泵系统采用变频调速的能耗测量和计算方法	192
8 投资交流电动机变频调速系统成本利润分析	198
8.1 制订交流电动机变频调速系统节能改造技术方案的一般步骤 ..	198
8.2 交流电动机变频调速系统节能改造项目的经济评估	202
8.3 投资节能系统成本—利润分析	212

第五章 无功补偿节能技术指南

1 引言	214
2 概论	217
2.1 功率因数是度量电力设备利用率的重要参数	217
2.2 无功补偿是改善电力品质的一项重要手段	220
2.3 电力品质恶化的典型表现	221
2.4 无功补偿的节能意义和经济效益	224
3 无功补偿的节能原理	226
3.1 正弦波电路的相移无功及其静态补偿	226
3.2 非正弦波电路的畸变无功及其动态补偿	229
3.3 基波的相移无功与谐波的畸变无功	231
3.4 瞬态强无功的补偿需求	234
3.5 无功补偿和节能	235
4 无功补偿的基本类型和补偿办法	237
4.1 城网与农网居民小区的无功补偿	239
4.2 工业用户的就地直接动态无功补偿	244
4.3 电网系统的动态无功补偿	248
4.4 有源无功补偿	249
5 案例介绍	252
5.1 鞍钢中型厂主轧机直流调速系统的就地动态无功补偿	252
5.2 安(阳)钢高速线材厂的 6 kV 带谐波滤波装置的动态无功补偿	254
5.3 攀枝花新钢钒有限公司轨梁厂的新型 TSC 动态无功补偿	256
5.4 静止无功补偿器(SVC)的应用	259
5.5 静止型无功补偿装置应用	262

第六章 抽油机采油系统节能技术指南

1 抽油机采油系统的能效分析	264
1.1 抽油机采油系统的工作流程	264
1.2 抽油机采油系统中的能量损失	267
1.3 提高抽油机采油系统中各环节的能效分析	269
2 抽油机采油系统节能技术	273
2.1 抽油机采油系统的节能机理	273
2.2 节能抽油机(不包括电动机)及其节能原理	274
2.3 抽油机节能电动机	281
2.4 抽油机节能控制器	283
3 抽油机采油系统节能技术选择方法	285
3.1 常规抽油机的改造技术	285
3.2 推广应用节能型抽油机	285
3.3 选用节能型抽油机用电动机	286
3.4 选用抽油机节能控制器	286
3.5 节能产品的优化配置	287
3.6 抽油机采油系统的优化设计	288
3.7 抽油机采油系统的管理	290
4 抽油机采油系统节能技术案例	291
案例1 双驴头抽油机	291
案例2 曲游梁抽油机	293
案例3 抽油机变频增产节能控制器	294
案例4 TNYC 系列抽油机专用高效永磁同步电动机	297

第一章 工业燃煤锅炉节能技术指南

1 概述

1.1 工业锅炉现状和节能改造

工业锅炉是重要的热能动力设备,一般指容量 ≤ 65 蒸吨/h,压力 ≤ 3.82 MPa,温度 $\leq 450^{\circ}\text{C}$ 的各种容量和参数的锅炉,广泛应用于工厂动力、采暖通风、热电联产和生活热水供应,需求量很大。1998 年末全国在用工业锅炉总数 50.12 万台,合 125.69 万蒸吨,年耗燃煤约 3 亿 t。由于机组容量小,生产厂家混杂,产品质量参差不齐,加上燃煤供应以未经洗选加工的原煤为主,细颗粒煤比例过大,燃烧设备与燃料特性不适应,辅机不匹配和运行操作水平低等原因,锅炉效率普遍较低。目前平均效率仅为 60%~65%,比锅炉产品的鉴定效率低 10~15 个百分点以上,比国际水平差 20 个百分点左右。

由于产品技术水平和运行水平不高,锅炉效率较低,加上量大面广,全国工业锅炉年排放温室气体 CO_2 约 1.6 亿 t 碳,烟尘 380 万 t, SO_2 530 万 t 和大量的 NO_x ,是我国大气环境污染的主要排放源之一。

因此用节能技术对工业锅炉机组进行必要的改造,以消除锅炉缺陷及改进燃烧设备和辅机系统,使其与燃料特性和工作条件匹配,使锅炉性能和效率达到设计值或国际先进水平,从而实现大量节约能源和达到环境保护指标。例如,北京鲁谷供热厂投资 20 万元,用分层燃烧技术对两台 40 t/h 热水锅炉进行改造,改造后锅炉效率达到 83%,锅炉出力增加,供暖能力由 80 万 m^2 提高到 131 万 m^2 (1997 年),而且排尘量下降,整个投资一个采暖期便全部回收。如以单机容量 10 t/h 为计算基数,锅炉效率由 62% 提高到 80%,以年运行 5 000 h 计,则年节省原煤 ($5\,000\text{ kcal/kg}$) 218 t,折合标煤 156 t,节能率 22.5%,减排 CO_2 109 t 碳。如全国工业锅炉有 30% 进行节能改造,按效率提高 15 个百分点计,全国可年节省标煤 1 290 万 t,减排 CO_2 903 万 t 碳。因此市场潜力巨大,经济效益和社会效益均好。

目前在用工业锅炉,以链条炉为主,约占总容量的 60%,其炉型构成如图 1-1-1 所示,锅炉容量组成如图 1-1-2 所示。

我国煤炭供应近年来煤质逐年提高,适合于烧劣质煤的往复炉排逐渐淘

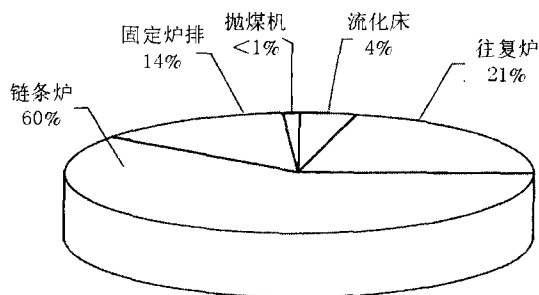


图 1-1-1 1998 年炉型组成图 (以蒸发量为基准)

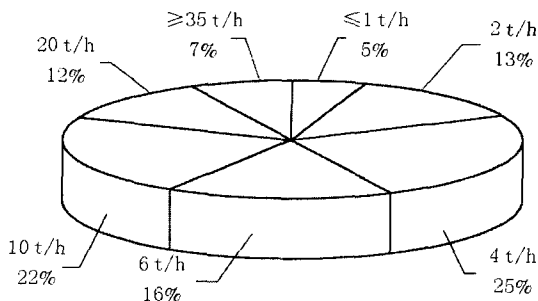


图 1-1-2 1998 年单台容量组成图 (以蒸吨为基准)

汰,链条炉排锅炉比例日渐增加,加上环境保护的需要,20 t/h 以上锅炉采用流化床燃烧技术发展迅速,因此本指南将以介绍链条炉和流化床燃烧改造技术为主。

1.2 评价现有工业锅炉机组方法

在用工业锅炉运行状况是否良好,需不需要进行节能技术改造,是要经过一定的评价工作才能确定的。锅炉评价是一个复杂的工作过程,它包括对锅炉的历史状况进行必要的调查,查阅锅炉机组的设计资料,请专业部门做性能测试,然后进行数据对照分析,寻找问题和判断造成问题的原因,制订改造或改进措施,措施实施后进行复验性测试,以确定改造效果和证明初期评价的正确性。具体评价流程如图 1-1-3 所示。

1.3 节能改造的技术经济评价

工业锅炉改造前必须对改造方案进行评价,评价其技术可行性和经济合理性。换句话说,当一台锅炉被发现存在问题,考虑要对其进行改造,此时有

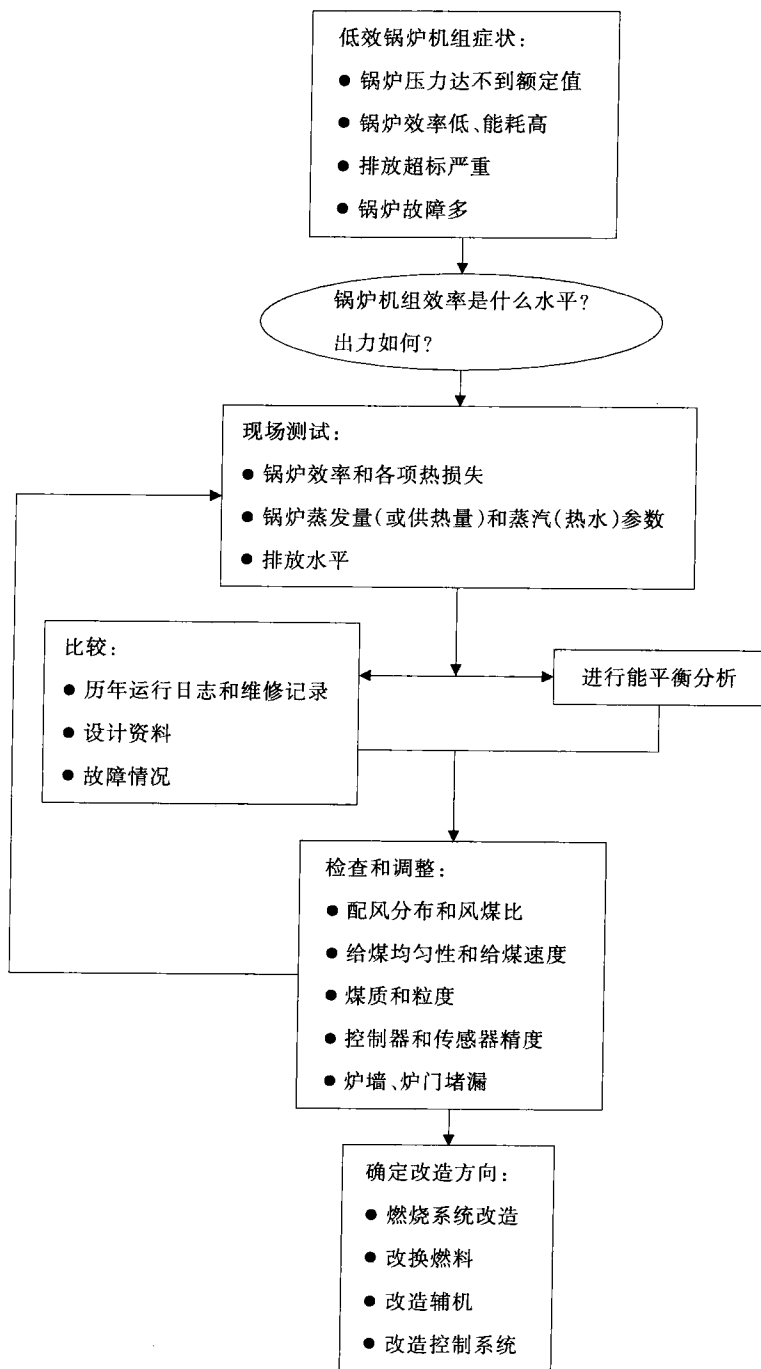


图 1-1-3 在用锅炉性能评价步骤

多种改造技术和方案可供选择,根据现场条件,它们的改造难易程度、改造周期、改造效果、投资费用都会有较大差别。因此在决策前必须研究各种方案的技术可靠性,分析其可能达到的技术指标能否满足要求,以及能否取得满意的经济效益等。所以评价工作是对改造与否之间、改造的各个方案之间,进行技术和经济效果的计算和评价,为选出最切合实际的优化方案提供基础数据和资料。

(1) 技术可靠性应从以下几个方面进行判别:

1) 所采用的改造技术是否针对存在问题对症下药。

2) 所用技术与燃料特性是否适应。

3) 所用技术的结构参数和操作参数是否在合理的范围内。结构参数是指所采用的锅炉结构尺寸,操作参数则是指在锅炉运行过程中所采用的送风量、给煤量等运行数据。

4) 技术性能指标是否达到要求。

5) 结构安全性和寿命能否满足要求。

(2) 进行经济评价,可从以下两方面着手:

1) 收益性的经济评价:为获取更多节能效益,总要一次或几次地投放资金用以改造低效设备,或增添一些新的设备。这就引出一个问题,当预期的节能效益已确定,应投放多少资金才合算?反之,当节能投资费用已经确定,应该获得多少节能效益才合适?这即为收益性的经济评价。

2) 方案比较的经济评价:在同样能满足工艺要求的前提下,一项节能改造工程可有许多可供选择的方案,从中选择经济上最合理,执行上最切合实际的方案,属于方案选择的经济评价。

节能改造的经济评价考虑的效益指标如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 经济评价的效益指标

指标	内容	常用的合理界线	备注
投资指标	项目投产使用前一次或几次投入的固定资产	由投资者设定	
节能量	改造后年节约能源总量 (改造前能耗 - 改造后能耗)	折合成标煤吨数	

指标	内容	常用的合理界线	备注
年节约吨标煤投资	改造的投资金额被年节能量(以标煤为单位)除所得值	$\leq 1500 \text{ 元/tce}$	表示节能工程与能源开发工程的投资效果比较
成本指标	改造后运行过程中所需费用	应低于改造前	降低运行成本是投资回收的主要因素
投资回收期	以年净收益偿还投资费用所需年限	$\leq 3 \sim 5 \text{ 年}$	
设备使用年限	设备发挥效益年限	$> \text{投资回收期}$	
能源价格比	可选用的几种能源的单位热值价格比		生产吨蒸汽或输出 GJ 热量所耗能源费用
内部收益率	在使用年限内逐年资金流动考虑贴现后, 计算得到的收益率	$> 2 \times \text{贷款利率}$	表现承担风险能力
施工改造周期	从老设备停运到施工完成投入使用的周期		

2 选择锅炉机组节能改造方案

2.1 方案选择的基本原则和程序

方案选择与方案评价不同之处,在于后者是对某一方案作技术可行性和经济合理性评价,而前者是为了达到所选方案为最优方案,在抉择前进行可供选择的多个方案比较,从技术和经济两方面综合考虑,确定取舍。因此方案选择的基础是方案评价,只有对各个可供选择的方案作了评价,各项评价指标都有量化数据以后,方案选择才能达到最佳效果。实际上方案选择是十分复杂的,不同方案往往各有利弊,在决策时应结合本单位实际,按有所得必有所失的思想,抓住主要矛盾解决关键问题而又不致失得过多的原则,完成选择。

如前所述,方案选择之前必须对运行设备进行评价(参见 1.2 评价现有工业锅炉机组方法),在评价确定的改造方向内研究具体改造项目或内容(其工作流程如图 1-2-1 所示)。只有按此过程确定了项目,才能按每个项目做出多个技术方案进行比较后选择出适用的最佳方案。

2.2 燃烧系统方案选择

锅炉的各种燃烧技术都有其一定的适用范围,即每种燃烧技术只能适用于与之对应的燃料。也就是说不同的燃料应选用不同的炉型结构和燃烧技术。

现将几种成熟的燃烧技术应用范围列于特性表 1-2-1,以备选择时参考。

2.3 控制方式的选择

目前,工业锅炉自动化水平还较低,甚至有的尚缺乏必要的检测仪表,燃烧工况普遍没有自动调节,全靠司炉凭经验观察并进行操作,这是锅炉效率低的一个重要原因。工业锅炉的电气控制装置应该装备哪些检测、调节、报警和保护装置,在国家专业标准中均有规定。所以,为保证锅炉运行安全和节能,应参照该标准完善在用锅炉控制装置。

本节主要是为完善控制装置时如何选择控制装备水平提供一些材料介绍,表 1-2-2 为各种控制装备比较。锅炉控制系统可参见本章 4(自动控制)。