



节能减排技术丛书

J I E N E N G J I A N P A I



节能减排监督管理

杨申仲 刘鹏 杨炜 朱同昌 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



节能减排技术丛书

节能减排监督管理

杨申仲 刘 鹏 杨 炜 朱同昌 编著



机械工业出版社

前 言

为了推进全社会节能减排，提高能源利用效率和经济效益，保护环境，保障国民经济和社会发展，依照国家节能减排法律、法规和技术规定及标准，对企业和地区能源使用过程进行计量统计、监测、核查、分析和评价、评估，从而排查节能减排中碰到的障碍和薄弱环节，查找节能潜力和重点污染源，制定节能减排整改方案，使能耗和污染排放进一步降低。通过节能减排监察、设备节能减排诊断、能源审计、节能评估、合同能源管理、能源需求侧管理、节能产品认证、能源效率标识、推动公共机构节能、用水管理与节水技术等手段，采用能源利用分析、能源利用评价、节能减排经济技术分析等方法，坚决限制及淘汰落后产品和产能，减少从能源开发、生产到消费各个环节中的损失和浪费，更加有效、合理地利用能源，将污染排放降到最低。

当前国家提出：到“十二五”期末，单位国内生产总值能耗比“十一五”期末降低 20%，主要污染物排放总量减少 10%；单位工业增加值用水量降低 10%；全国城市污水处理率不低于 70%，工业固体废物综合利用率达到 60% 以上。要把节能减排作为调整经济结构、转变增长方式的突破口和重要工作来抓，作为宏观调控的重要目标，扎扎实实做好节能降耗和污染减排工作。

本书提供了大量可借鉴的地区和企业开展节能减排专项工作实际应用方案和管理图表，可供广大地区、部门、企事业单位专业人员参考、借鉴，对大专院校、专业机构有参考价值。

本书编写中得到中国机械工程学会宋天虎、张彦敏等专家指导，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，请读者指正。

编 者

目 录

前言

第一章 节能减排监察	1
第一节 节能减排统计、监察及考核	1
第二节 节能监测（察）	7
第二章 设备节能减排诊断	9
第一节 工业炉窑热平衡测试与计算	9
第二节 用电设备热效率测试与计算	20
第三节 用汽设备热平衡测试与计算	24
第四节 工业企业能量平衡	27
第三章 能源审计	33
第一节 能源审计的任务和作用	33
第二节 重点用能单位能源审计办法	33
第三节 能源审计报告（案例）	35
第四章 节能评估	45
第一节 投资项目节能评估的目的	45
第二节 投资项目节能评估报告（案例）	45
第五章 合同能源管理	59
第一节 合同能源管理的实质	59
第二节 合同能源管理的实施	60
第三节 推进合同能源管理	64
第六章 能源需求侧管理	73
第一节 电力需求侧管理的实施	73
第二节 能效电厂项目	82
第七章 节能产品认证	84
第一节 节能产品认证的作用	84
第二节 家用电器节能产品认证	85
第三节 节能产品认证的操作	90
第四节 工厂（申请方）产品质量保证	94
第五节 获证组织的权利和义务	96
第八章 能源效率标识	98
第一节 能源效率标识的基本内容	98
第二节 能源效率标识管理办法	98

第九章 推动公共机构节能	103
第一节 公共机构节能实施	103
第二节 开展十大全民节能行动	105
第十章 用水管理与节水技术	108
第一节 用水管理	108
第二节 节水技术	123
第三节 企业水平衡	139
参考文献	152

第一章 节能减排监察

当前要把节能减排作为调整经济结构、转变增长方式的突破口和重点工作来抓，作为宏观调控的重要目标，动员全社会力量做好节能降耗和污染减排工作，推动经济社会又好又快发展。

2007年11月17日，国务院公布《节能减排统计、监测及考核实施方案》通过建立节能减排统计、监测、考核三大体系，使目标责任制进入真正落实阶段。我国“十二五”期间，单位GDP能耗要降低20%左右，主要污染物的排放总量要减少10%。这是具有法律效力的约束性指标。这两个指标是强化政府责任的指标，是政府对人民的庄严承诺，政府要综合运用经济、法律和必要的行政手段，通过合理配置公共资源确保实现。但实践告诉我们，节能减排形势十分严峻，要及时扭转这一格局，必须加紧建立科学、统一的节能降耗和污染减排统计指标体系、监测体系和考核体系。

第一节 节能减排统计、监察及考核

一、单位GDP能耗统计指标体系

1. 工作要求

(1) 总体思路。根据各级能源消费总量的核算方法，从能源供应统计和消费统计两个方面建立健全能源统计调查制度。以普查为基础，根据国民经济各行业的能耗特点，建立健全以全面调查、抽样调查、重点调查等各种调查方法相结合的能源统计调查体系。

(2) 工作要求。要逐步建立和完善国家能源统计制度，各地区要建立适合本地能源统计核算和节能降耗工作需要地方能源统计制度，各级政府部门、协会、能源产品生产经营企业也要尽快建立有关能源统计制度，做好各项能源指标统计。各有关部门要加强能源统计业务建设，充分利用现代化信息技术，加快建立安全、灵活、高效的能源数据采集、传输、加工、存储和使用等一体化的能源统计信息系统。各社会用能单位要从仪器仪表配置、商品检验、原始记录和统计台账等基础工作入手，全面加强能源利用的计量、记录和统计，依法履行统计义务，如实提供统计资料。

2. 建立健全能源生产统计

(1) 进一步完善现有规模以上工业企业能源产品产量统计制度，增加能源核

算所需要能源产品的中小类统计目录。

(2) 建立规模以下工业企业煤炭、电力等产品产量统计制度。

调查内容：煤炭生产量、销售量、库存量，发电量。

调查范围：规模以下（年销售收入 500 万元以下）的煤炭生产企业和电力企业。煤炭产品产量调查的范围，按照安全监管总局核定的颁发煤炭生产许可证的规模以下煤炭生产企业名单确定。

3. 建立健全能源流通统计

以能源省际间流入与流出统计为重点，建立健全能源流通统计。

(1) 煤炭。将现有煤炭省际间流入与流出统计范围由重点煤矿扩大到全部煤炭生产和流通企业。

(2) 原油。原油省际间流入与流出量可根据现有海关统计和工业企业能源统计报表中有关指标计算取得。

1) 原油产地：本地区原油净流出量（正数）或净流入量（负数）= 原油产量 + 进口量 - 出口量 - 工业企业原油购进量。

2) 非原油产地：本地区原油净流出量（正数）或净流入量（负数）= 进口量 - 工业企业原油购进量。

原油产量从工业企业月度生产统计报表取得，工业企业原油购进量从工业企业季度能源消费统计报表取得，进口量、出口量数据从海关进出口统计取得。

(3) 成品油。成品油省际间流入与流出量通过建立“批发与零售企业能源商品购进、销售与库存”统计制度取得。

1) 在经商务部批准的经营成品油批发业务的企业范围内，建立成品油购进、销售、库存统计制度。

2) 在经国家有关部门批准的成品油零售企业范围内，建立成品油销售、库存统计调查制度。

(4) 天然气。省际间天然气流入与流出量分别由三大石油公司天然气管理机构提供。

(5) 电力。电力的省际间输配数量，由中国电力企业联合会提供。

(6) 其他能源品种。洗煤、焦炭、其他焦化产品、液化石油气、炼厂干气、其他石油制品、液化天然气等产品地区间流入与流出调查，采用与原油相同的方法进行核算，即利用海关进出口资料和工业企业能源消费统计报表中的有关指标计算取得。具体核算方法：

其他能源品种本地净流出量（正数）或净流入量（负数）= 本地生产量 + 进口量 - 出口量 - 工业企业购进量

4. 建立健全能源消费统计

通过建立健全能源消费统计，反映能源消费结构，为市（地）、县（市）进行

能源核算提供基本数据支持,对能源供应统计无法取得的资料以能源消费统计予以补充。近期重点加强各级能源消费数据核算基础,建立分地区能源消费核算制度和评估制度。

(1) 完善现有规模以上工业企业能源购进、消费、库存、加工转换统计调查制度,增加可再生能源、低热值燃料、工业废料等调查目录,增加余热余能回收利用统计指标。

(2) 建立规模以下工业企业和个体工业能源消费统计制度。规模以下工业企业、个体工业能源消费约占全部工业能源消费的 10% 左右,这部分企业生产工艺、设备比较落后,能耗高,调查其能源消费对于指导淘汰落后产能工作、反映节能减排成果具有重要意义。

(3) 建立农林牧渔业生产单位能源消费调查制度。

(4) 健全建筑业能源消费统计。建筑业能源消费总量占全部能源消费的 1.5% 左右,拟采取普查年份全面调查、非普查年份根据有关资料进行推算的方法,取得建筑业能源消费数据。

(5) 建立健全第三产业能源消费统计调查制度。第三产业涉及范围广泛,单位数量众多,需要针对不同行业、不同经营类型企业的能源消费特点,采取不同的调查方法,进行统计调查。

(6) 建立健全居民生活用能统计制度。包括:①城镇居民生活用能。②农村居民生活用能。

(7) 建立健全主要建筑物能耗统计制度。针对饭店、宾馆、商厦、写字楼、机关、学校、医院等单位的大型建筑物,由建设部会同统计局研究建立相应的统计制度。

(8) 建立健全能源利用效率统计制度。能源利用效率统计主要是指单位产品能耗、单位业务量能耗统计。目前在年耗能 1 万 t (标煤) 以上的工业企业范围内建立了 25 种重点耗能产品,108 项单位产品能耗统计调查制度。在此基础上,逐步扩大统计范围,由年耗能 1 万 t (标煤) 以上工业企业逐步扩大到规模以上工业企业,逐步增加耗能产品的统计品种。

(9) 完善新能源、可再生能源统计制度。新能源、可再生能源主要是指核能、生物质能、水能、风能、太阳能、地热等。目前,除核电、水电有规范的统计制度外,其他能源的利用因数量较少,缺乏统一的统计计量标准,统计制度尚不健全。要在抓紧制定统计标准的同时,积极探索和研究建立相关统计指标和统计调查制度,尽快将新能源、可再生能源的利用完整地纳入正常能源统计调查体系。

二、单位 GDP 能耗监测体系

1. 工作要求

(1) 总体思路。在建立健全能耗统计指标体系的基础上,通过对各项能耗指

标的数质量实施全面监测,评估各地、各重点企业能耗数据质量,客观、公正、科学地评价节能降耗工作进展,全面、真实地反映全国、各地区以及重点耗能企业的节能降耗进展情况和取得的成效。

(2) 工作要求。在加强能耗各项指标统计的同时,对能耗指标的数据质量进行监测,确保各项能耗指标的真实、准确。要深入研究能耗指标与有关经济指标的关系,科学设置监测指标体系。要抓紧制订科学、统一的能耗指标与 GDP 核算方案,从核算基础、核算方法、工作机制等方面对单位 GDP 能耗及其他监测指标的核算进行严格规范,不断完善主要监测指标核算的体制和机制。各地要结合实际,制定严格的数据质量评估办法,切实保障数据质量。节能降耗指标及其数据质量分别由上一级统计部门认定并实施监测。千家重点耗能企业主要由统计局和节能减排工作领导小组办公室(简称节能减排办)负责监测,地方各级人民政府也要对本地区重点耗能企业进行监测。各级统计部门从 2008 年起,建立统一、科学的季度、年度能源消费总量和单位 GDP 能耗核算制度,制订能反映各地工作特点的能耗数据质量评估办法。

2. 对节能降耗进展情况进行监测

(1) 对全国以及各地区节能降耗进展情况的监测。

监测指标:单位 GDP 能耗,单位工业增加值能耗,单位 GDP 电耗及其降低率;单位产品能耗,重点耗能产品产量及其增长速度;重点耗能行业产值及其增长速度等。

(2) 对主要耗能行业节能降耗进展情况的监测。主要耗能行业包括:煤炭、钢铁、有色、建材、石油、化工、火力发电、造纸、纺织等。

监测指标:单位增加值能耗,单位产品能耗。

(3) 对重点耗能企业的监测。重点耗能企业为年耗能 1 万 t(标煤)以上的企业。

监测指标:单位产品能耗,能源加工转换效率,节能降耗投资等。

(4) 对资源循环利用状况和“十一五”期间十大重点节能工程的建设情况的监测。

监测指标:资源循环利用指标;十大重点节能工程的节能量。

3. 对地区单位 GDP 能耗及其降低率数据质量的监测

(1) 对 GDP 的监测。

1) 地区 GDP 总量的逆向指标,用于检验 GDP 总量是否正常。

① 地区财政收入占 GDP 的比例。

② 地区各项税收占第二和第三产业增加值之和的比例。

③ 地区城乡居民储蓄存款增加额占 GDP 的比例。

2) 与地区 GDP 增长速度相关的指标,用于检验现价 GDP 增长速度是否正常。

- ① 地区各项税收增长速度。
- ② 地区各项贷款增长速度。
- ③ 地区城镇居民家庭人均可支配收入增长速度。
- ④ 地区农村居民家庭人均纯收入增长速度。

3) 与地区第三产业增加值相关的指标,用于检验第三产业增加值是否正常。

- ① 地区第三产业税收占全部税收的比例。
- ② 地区第三产业税收收入增长速度。

(2) 对能源消费总量的监测。

1) 电力消费占终端能源消费的比例,用以监测终端能源消费量是否正常。

2) 规模以上工业能源消费占地区能源消费总量的比例,用以监测地区能源消费总量是否正常。

3) 火力发电、供热、煤炭洗选、煤制品加工、炼油、炼焦、制气等加工转换效率,用以监察涉及计算各种能源消费量的相关系数是否正常。

4) 三次产业、行业能源消费增长速度、工业增加值增长速度,用以监测各次产业、行业能源消费量增长速度与增加值增长速度是否相衔接。

5) 主要产品产量、单位产品能耗,用以监测重点耗能产品能源消费情况。

三、单位 GDP 能耗考核体系

1. 总体思路

按照目标明确,责任落实,措施到位,奖惩分明,一级抓一级,一级考核一级的要求,建立健全节能目标责任评价、考核和奖惩制度,强化政府和企业责任,发挥节能政策指导的作用,确保实现“十二五”节能目标。

2. 考核对象、内容和方法

(1) 考核对象。各省(区、市)人民政府(以下称省级人民政府)和千家重点耗能企业。

(2) 考核内容。主要包括节能目标完成情况和落实节能措施情况。

(3) 考核方法。采用量化办法,相应设置节能目标完成指标和节能措施落实指标,满分为 100 分,节能目标完成指标为定量考核指标。

(4) 考核结果。分为超额完成(95 分以上)、完成(80~94 分)、基本完成(60~80 分)、未完成(60 分以下)四个等级。未完成节能目标的,均为未完成等级。具体考核计分方法详见《企业节能减排管理》所述。

3. 考核程序

(1) 各省级人民政府要按照国家要求,确定年度节能目标,于当年 3 月底前报节能减排办备案。

(2) 每年 3 月底前,各省级人民政府将上年度本地区节能工作进展情况和节

能目标完成情况自查报告报国务院，同时抄送国家发展和改革委员会（简称发改委）、节能减排办。发改委会同监察部、人力资源和社会保障部、国务院国有资产监督管理委员会、国家质量监督检验检疫总局、统计局、发改委能源办等部门组成评价考核工作组，通过现场核查和重点抽查等方式，对各地区节能工作及节能目标完成情况进行评价考核和监督核查，形成综合评价考核报告，于每年5月底前报国务院。对各地区节能目标责任的评价考核结果经国务院审定后，由发改委向社会公告。

(3) 对千家重点耗能企业的节能目标责任评价考核按属地原则由省级节能主管部门负责组织实施。企业应于每年1月底前，向所在地省级节能主管部门提交上年度节能目标完成情况和节能工作进展情况自查报告，同时抄报发改委。省级节能主管部门组织以社会各界专家为主的评估组，对企业节能目标完成情况进行评估核查，并于每年3月底前将综合评价报告报送省级人民政府和国家发展改革委。千家重点耗能企业节能情况评价考核结果由国家发展改革委审核汇总后，向社会公告。

4. 奖惩措施

(1) 对各地区节能目标责任评价考核结果经国务院审定后，交由干部主管部门依照《体现科学发展观要求的地方党政领导班子和领导干部综合考核评价试行办法》等规定，作为对省级人民政府领导班子和领导干部综合考核评价的重要依据，实行问责制和“一票否决”制。

(2) 对考核等级为完成和超额完成的省级人民政府，结合全国节能表彰活动进行表彰奖励。对考核等级为未完成的省级人民政府，领导干部不得参加年度评奖、授予荣誉称号等，国家暂停对该地区新建高耗能项目的核准和审批。

(3) 考核等级为未完成的省级人民政府，应在评价考核结果公告后一个月内，向国务院做出书面报告，提出限期整改措施，并抄送发展改革委。整改不到位的，由监察部门依据有关规定追究该地区有关责任人员的责任。

(4) 对评价考核结果为超额完成和完成等级的企业，由国家发展改革委和省级人民政府予以通报表扬，并结合全国节能表彰活动进行表彰奖励。对评价考核结果为未完成等级的企业，予以通报批评，一律不得参加年度评奖、授予荣誉称号，不给予国家免检等扶优措施，对其新建高耗能投资项目和新增工业用地暂停核准和审批。考核结果为未完成等级的企业，应在评价考核结果公告后一个月内提出整改措施报所在地省级人民政府，限期整改。对千家企业中的国有独资、国有控股企业的考核评价结果，作为各级国有资产监管机构对企业负责人业绩考核的重要依据，实行“一票否决”。

(5) 对在节能考核工作中瞒报、谎报情况的地区，予以通报批评；对直接责任人员依法追究责任人。

第二节 节能监测（察）

为了加强节能管理，规范节能监测（察）活动是十分重要的。

一、节能监测（察）的目的

1. 节能监测（察）的定义

节能监测（察）是政府对用能单位监督检查的手段。

节能监察是指县级以上地方人民政府节能主管部门依法对用能单位和其他相关单位执行节能法律、法规、规章和技术标准的情况进行监督、检查的活动。

2. 节能监测（察）的目的

节能是国家发展经济的一项长远战略方针，节能主管部门委托节能监测机构对用能单位的能源利用状况进行监测的目的，是为了加强国家对节约能源的宏观管理，促进节能降耗，提高经济效益，保证国民经济的可持续发展。

二、节能监测（察）的内容

节能主管部门应当采取有效措施，切实加强节能监测工作，可以委托节能监测机构实施节能监察。发展计划、财政、建设、质量技术监督等部门应当按照各自职责，协同做好节能监察工作。

节能主管部门或者节能监测机构实施节能监察，不得向被监测单位收费，所需费用由同级财政纳入节能主管部门预算。

从事节能监测的机构应当依法经过国家或者省质量技术监督部门的计量认证和省节能主管部门的资格认定。

节能监测人员应当熟悉节能法律、法规、规章，具备从事节能监测工作所需的专业知识和技能，并按照国家 and 省有关规定经培训考核合格后方可上岗。

节能监测（察）工作主要包括下列内容：

- 1) 固定资产投资工程项目的设计和建设中合理用能标准和节能设计规范的执行情况。
- 2) 设计单位在设计中禁止使用国家明令淘汰的用能设备和产品的执行情况。
- 3) 用能单位主要耗能设备的能源利用状况。
- 4) 重点用能单位建立能源管理制度、设立能源管理专职人员和重点耗能设备操作人员接受节能教育、培训的情况，以及定期报告能源利用状况的情况。
- 5) 节能技术服务机构的技术服务活动。
- 6) 法律、法规、规章规定的其他内容。

三、节能监测（察）的实施

1) 节能主管部门或者节能监测机构实施节能监测（察），应当提前十天将实施监测的时间、内容和具体要求，书面通知被监测单位。

2) 对有下列情形之一的用能单位, 节能主管部门或者节能监测机构可以实施及时监测: ①重点用能单位因技术改造或者其他原因, 其主要耗能设备、生产工艺或者能源消费结构发生影响节能的重大变化的。②根据举报或者通过现场检查等途径, 发现用能单位在用能中涉嫌违法的。③需要确认被依法责令限期治理的用能单位是否达到治理要求的。④法律、法规、规章规定的其他情形。

3) 被监测单位应当按照节能主管部门或者节能监测机构的要求, 积极配合, 准备好相关的资料、文件等, 无正当理由不得拒绝、阻碍节能监察。

4) 节能主管部门或者节能监测机构实施节能监察, 应当遵守下列规定: ①严格执行有关节能法律、法规、规章和节能监测技术规程、标准, 保证监测结果的科学性、准确性; ②如实出具节能监测报告; ③不得泄露被监测单位的商业秘密; ④法律、法规、规章规定的其他内容。

5) 节能主管部门或者节能监测机构应当在节能监测结束后的 15 日内, 作出节能监察报告, 并送交被监测单位。

6) 被监测单位对节能监察报告有异议的, 可以在收到节能监察报告之日起 15 日内, 以书面形式向节能主管部门申请复测。受理申请的节能主管部门应当在 30 日内安排复测, 并将复测结论告知申请人。

7) 被监测单位经监测不合格的, 由节能主管部门责令其限期整改。整改期限一般不超过六个月。被监测单位认为确需延长整改期限的, 应当在期限届满前 15 日内向节能主管部门提出延期申请, 节能和主管部门应当在收到延期申请之日起 5 日内作出决定。被监测单位整改合格后, 应当向节能主管部门提供由法定检测机构出具的检测合格的报告。

8) 设计单位在设计中使用国家明令淘汰的用能设备和产品的, 由节能主管部门责令改正, 并由有关部门依照有关法律、法规的规定予以处罚。

9) 重点用能单位未建立能源管理制度、设立能源管理专职人员, 以及重点耗能设备操作人员未按时受节能教育、培训的, 由节能主管部门责令改正。

10) 被监测单位无正当理由拒绝、阻碍节能监测的, 由节能主管部门责令改正, 并予以警告; 拒不改正的, 可以处 5000 元以下罚款; 违反治安管理规定的, 由公安机关依法处理。

11) 被监测单位经监测不合格, 在规定的整改期限内无正当理由拒不整改, 由节能部门给予警告; 情节严重的, 可以处 5000 元以下罚款。

12) 节能主管部门或者节能监测机构在实施监测过程中, 发现被监测单位有违法行为, 但不属于节能主管部门查处范围的, 应当依法移送监察机关查处。

13) 节能监测人员在节能监察工作中, 玩忽职守、滥用职权、徇私舞弊尚不构成犯罪的, 依法给予行政处分; 构成犯罪的, 依法追究刑事责任。

第二章 设备节能减排诊断

开展耗能设备的热平衡、电平衡、水平衡和工业污染物排放测试和计算，从而找到设备耗能和排放薄弱环节和障碍，进行更新或改造，是加强能源管理，降低企业能耗的重要措施之一。

第一节 工业炉窑热平衡测试与计算

工业炉窑热平衡测试与计算，主要包括有：工业锅炉、工业炉窑、连续式加热炉、炼钢电弧炉、冲天炉、煤气发生炉、热处理电热浴炉、气体渗碳炉、箱式电阻炉等九种工业炉窑。

一、工业锅炉热平衡测试与计算

【例 2-1】 某工厂一台工业锅炉，主要产出蒸汽供工厂使用。

1. 测试基准

- 1) 锅炉运行调整正常、稳定，测试时间为 2 ~ 3h。
- 2) 温度基准：环境温度（℃）。
- 3) 燃料发热值：低位发热量 Q_{Dw}^Y 。

2. 锅炉热平衡汇总表

见表 2-1（测试设备为工业锅炉）。测试结果：

锅炉正平衡热效率 $\eta_1 = 63.95\%$ 。

锅炉反平衡热效率 $\eta_2 = 67.6\%$ 。

锅炉正、反平衡热效率之差为 3.65%。

锅炉热效率 $\eta = 63.95\%$ 。

表 2-1 锅炉热平衡汇总表

序号	热收入项		
	名 称	热量/kJ	η (%)
1	燃料化学热 $Q_{Dw}^Y B$	5303828	100
2	外来热 Q_{WL}	—	—
3	燃料物理显热	—	—
合计		5303828	100

(续)

序号	热支出项		
	名 称	热量/kJ	η (%)
1	有效利用热 Q_1	3585391	67.6
2	排烟热损失 Q_2	513406	9.68
3	化学不完全燃烧热损失 Q_3	143205	2.7
4	机械不完全燃烧热损失 Q_4	728746	13.74
5	锅炉散热损失 Q_5	281101	5.3
6	灰渣物理热损失 Q_6	51979	0.98
合计		—	100

3. 测试设备仪表仪器

见表 2-2。

表 2-2 测试设备仪表仪器

序号	符号	名称	测试方法	序号	符号	名称	测试方法
1	D	蒸汽流量	水表 量箱法 蒸汽流量计	7	$t_{\text{壁}}$	表面温度	半导体点温计
2	t_{gn}	给水温度	玻璃温度计	8	RO_2	三原子气体	奥氏仪
3	ω	蒸汽温度	氟离子法	9	O_2	氧气	奥氏仪
4	B	煤量	磅秤	10	CO	一氧化碳	奥氏仪
5	G_{LZ}	渣量	磅秤	11	t_{py}	排烟温度	双金属温度计
6	G_{lm}	漏煤量	磅秤	12	t_{lk}	空气温度	玻璃温度计

4. 工业锅炉热平衡计算表

见表 2-3。

表 2-3 工业锅炉热平衡计算表

序号	名称	符号	单位	数据来源或计算公式	数据
① 燃料特性					
1	燃料应用基元素碳	C^{y}	%	化验数据	46.72
2	燃料应用基元素氢	H^{y}	%	化验数据	2.81
3	燃料应用基元素氧	O^{y}	%	化验数据	6.26
4	燃料应用基元素硫	S^{y}	%	化验数据	2.55
5	燃料应用基元素氮	N^{y}	%	化验数据	0.82
6	燃料应用基灰分	A^{y}	%	化验数据	29.75
7	燃料应用基水分	W^{y}	%	化验数据	11.09
8	煤可燃基挥发物	V^{r}	%	化验数据	42.26
9	煤的应用基低位发热值	Q_{bw}^{l}	kJ/kg	化验数据	17798.08

(续)

序号	名称	符号	单位	数据来源或计算公式	数据
② 锅炉正平衡热效率					
1	给水流量	D_{gs}	kg/h	试验数据	1320
2	自用蒸汽量	D_{sy}	kg/h	试验数据	—
3	锅炉出力	D	kg/h	试验数据	1320
4	蒸汽压力	p	MPa	试验数据	0.42
5	过热蒸汽温度	t_{gq}	℃	试验数据	—
6	饱和蒸汽焓	i_{bq}	kJ/kg	查表	2748.22
7	过热蒸汽焓	i_{gq}	kJ/kg	查表	—
8	自用蒸汽焓	i_{sy}	kJ/kg	查表	—
9	汽化潜热	r	kJ/kg	查表	405.96
10	蒸汽湿度	ω	%	试验数据	4.5
11	给水温度	T_{gs}	℃	试验数据	20
12	给水焓	i_{gs}	kJ/kg	查表	83.74
13	燃料消耗量	B	kg/h	试验数据	298
14	锅炉正平衡热效率	η_1	%	饱和蒸汽锅炉 $\eta_1 = \frac{(D + D_{sy}) \left(i_{bq} - i_{gs} - \frac{r\omega}{100} \right)}{BQ_{Dw}'} \times 100$ 过热蒸汽锅炉 $\eta_1 = \frac{D (i_{gq} - i_{gs}) + D_{sy} (i_{sy} - i_{gs})}{BQ_{Dw}'} \times 100$ 热水锅炉 $\eta_1 = \frac{G (t_{gs} - i_{gs})}{BQ_{Dw}'} \times 100$	63.95
③ 炉锅反平衡热效率					
1	炉渣淋水后含水量	W_{lz}	%	化验数据	23.2
2	湿炉渣重量	G_{lz}^o	kg/h	试验数据	98
3	炉渣重量	G_{lz}	kg/h	$G_{lz}^o \left(1 - \frac{W_{lz}}{100} \right)$	75.3
4	漏煤重量	G_{lm}	kg/h	试验数据	18
5	炉渣含炭量	C_{lz}	%	化验数据	17.87
6	漏煤含炭量	C_{lm}	%	化验数据	16.71
7	飞灰含炭量	C_{fh}	%	化验数据	33
8	炉渣炭灰占燃料百分比	a_{lz}	%	$\frac{G_{lz} (100 - C_{lz})}{BA^y} \times 100$	70
9	漏煤百分比	a_{lm}	%	$\frac{G_{lm} (100 - C_{lm})}{BA^y} \times 100$	16.9

(续)

序号	名称	符号	单位	数据来源或计算公式	数据
③ 炉锅反平衡热效率					
10	飞灰百分比	a_{fh}	%	$100 - (a_{iz} + a_{lm})$	13.1
11	固体不完全燃烧热损失	q_4	%	$a_{iz} \frac{C_{iz}}{100 - C_{iz}} + a_{lm} \frac{C_{lm}}{100 - C_{lm}} + a_{fh} \frac{C_{lm}}{100 - C_{lm}} \times \frac{78.3A^y}{Q_r}$	13.74
12	排烟处 RO_2 容积百分比	RO_2	%	试验数据	8.6
13	排烟处过剩氧气容积百分比	O_2	%	试验数据	11.3
14	燃料特性系数	β		$2.35 \frac{H^y - 0.1260^y}{C^y + 0.375S^y}$	—
15	排烟处 CO 容积百分比	CO	%	$\frac{21 - \beta RO_2 - (RO_2 + O_2)}{0.605 + \beta}$	0.4
16	排烟处过剩空气系数	α_{py}		$\frac{21}{21 - 79 \frac{O_2 - 0.5CO}{100 - (RO_2 + O_2 + CO)}}$	2.1
17	气体不完全燃烧热损失	q_3	%	有元素分析情况下 $30.2CO \frac{V_{gs}}{Q_r} (100 - q_4)$ V_{gs} ——气体烟气量; Q_r ——伴随 1kg 燃煤输入锅炉的总热量。 无元素分析情况下 $3.2\alpha_{py}CO$	2.7
18	排烟温度	T_{py}	℃	试验数据	168
19	冷空气温度	T_{lk}	℃	试验数据	25
20	排烟热损失	q_2	%	有元素分析情况下 $\frac{(I_{py} - \alpha_{py} I_{lk}^0)(100 - q_4)}{Q_r}$ 无元素分析情况下 $[0.5 + 3.5\alpha_{py}] \frac{t_{py} - t_{lk}}{100} \left(1 - \frac{q_4}{100}\right)$	9.68
21	散热损失	q_5	%	查表或试验数据	5.3
22	灰渣温度	T_{hz}	℃	经验数据	600
23	灰渣焓	$(Ct)_h$	kJ/kg	查表	506.84
24	灰渣物理热损失	q_6	%	$\frac{A^y}{Q_{bw}^y} \left(\frac{a_{iz} (Ct)_h}{100 - C_{iz}} + \frac{a_{lm} (Ct)_h}{100 - C_{lm}} \right)$	0.98
25	热损失之和	$\sum q$	%	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$	32.4
26	锅炉反平衡热效率	η_2	%	$100 - \sum q$	67.6