

锅炉设备热工试验

GUO LU SHE BEI RE GONG SHI YAN

〔苏〕B·M·特列姆鲍夫利亚等编
田正渠 等译 张经武 校

电力工业出版社

内 容 提 要

本书是苏联锅炉热工试验方面的重要著作，系按1977年新版本翻译而成。书中根据近年来锅炉试验的新成果和测试技术的新发展，着重介绍大容量锅炉机组的热工试验方法和测试技术。

全书共分十五章，分别论述稳定和非稳定工况下的锅炉试验；试样的采集、制备和计量；测试仪表的要求；温度、压力、流量的测量；烟气分析；氧化氮的测量；特殊测量和炉膛取样；试验资料的整理；送、引风装置和烟风道的运行试验。书末附有参考文献。

本书供火力发电厂的工程技术人员、调整试验研究单位的科技工作者，以及高等院校动力专业的师生使用和参考。

Трембовля В.И. и др
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ
КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК
«Энергия», 1977 Москва

锅炉设备热工试验

[苏]В.И.特列姆鲍夫利亚等编

田正渠 等译 张经武 校

电力工业出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷

787×1092毫米 16开本 24印张 545千字

1982年1月第一版 1982年1月北京第一次印刷

印数0001—5930册 定价2.50元

书号 15036·4257

译 者 的 话

为了适应我国电力工业的发展，满足锅炉设备科研试验工作的迫切需要，我们译出了这本《锅炉设备热工试验》（苏联1977年版）。目的是想借鉴国外锅炉技术的某些经验，以期对发展我国自己的锅炉事业，有所裨益。

苏联出版的锅炉设备热工试验方面的书籍，大体上是每隔十年更新一次。如在四十年代（1947年）出过一本《锅炉设备试验和研究方法》^[27]，五十年代（1954年）有《锅炉设备的热工试验》（有中译本），六十年代（1964年）有《锅炉设备试验方法》^[102]，而本书即是其七十年代的版本。本书系统地综述了有关锅炉机组热工试验的组织方法和测量技术方面的基础知识，并汇集了近年来许多试验研究单位的试验总结资料。从内容上看，本书侧重于炉内过程方面的热工试验技术。

在本书的翻译过程中，译者对原书中个别错漏之处，分别作了更正或译注。

参与本书翻译工作的有武汉锅炉厂田正渠（第一、四、十三章），徐永亮（第二、三章），任允忠（第五、六章），王家抗（第七章），杨盛（第八章），方资勋（第九、十、十一章），杨振健（第十二、十五章），郭寿康（第十四章）等同志；还有胡漱芳、董祈涛两同志也参与了部份翻译工作。全书由田正渠同志统稿并加译注。

本书译稿承蒙东北电管局技术改进局张经武同志校阅，在此表示感谢。

由于译者水平所限，错误之处请读者批评指正。

一九八一年六月

原 序

按计划,苏联在1980年生产的电能将达到13400~13800亿度,其中80%是由火力发电厂发出的。因而,电厂中节约使用燃料对国民经济具有很大意义。在电厂中大力采用新技术的同时,通过提高设备的运行效率,可以大量地节约燃料;而为了提高设备的运行效率,锅炉机组的热工试验起着相当重要的作用。

现推荐本书为进行锅炉机组热工试验的参考用书。书中力图反映出苏联电站部技术改进局(ОПРЭС)、全苏热工研究所(ВТИ)、中央汽轮机锅炉研究所(ЦКТИ)和其它许多单位多年来在电厂进行试验工作中所积累的经验。

关于锅炉机组热工试验的组织和试验方法,已有不少论著。这些论著的产生,都是不同发展阶段内,与新燃料品种的掌握、设备功率的增大、以及试验过程的测试技术、分析和计算方法的完善等因素密切相关的。目前在电力工业中,火力发电厂装机容量的基本部份为单元发电机组,这些机组的锅炉设备容量及其尺寸越来越大,而其运行方式往往由电力负荷的分配不均匀程度来决定。

自从1964年《锅炉设备试验方法》一书的增补修订版本出版以来,已经13年了^[102]。在此期间,曾对燃用固体、液体、气体燃料的不同容量的锅炉做了大量试验工作;试验的课题、锅炉运行工况的组织方式(特别是对于变工况)和某些参数的测量方法都有了很大的改进。从而使我们能够将稳定工况和非稳定工况下组织和试验方面的成果充实到本书中来。组织试验和进行测量方面的选材,着眼于最大限度地对被测参数使用电子式多点自动记录仪表,因为采用这些电子仪表可以消除主观的观测误差、增加记录次数并提高测量精度。在试验时对被测参数实行自动记录实属必然趋势,其理由还在于电厂和锅炉车间运行人员不断减少,要从运行人员中为试验组抽出观测人员在许多情况下非常困难。

本书对试验中所采用的仪表未作详细论述,因为这些资料均可在有关文献中查到。关于仪表方面仅述及了测试仪表的准备、安装及其校验工作所最必须的材料。

为了评定测量的精度,在书中相应的章节中作了必要的提示。

为了能对不同试验单位所得的试验结果进行统一对照比较,本书作者尽量使试验工作经验能与现行规范标准及国际组织(ISO和СЭВ^①)的推荐资料协调一致。

本书题材主要是用于组织和进行发电厂现代化大型锅炉机组的试验工作,因此书中未述及工厂企业小锅炉的试验问题。

当然,由于锅炉设备热工试验的目的和课题各不相同,采用这种或那种仪表与器具的具体条件也不一样,不可能在本书中将这些特点全都反映出来;但在绝大多数情况下,试验工作者均可从本书中找到他所需要的材料,从而帮助他正确地组织试验工作,完成试验

① 国际标准化组织和经互会组织——译者。

任务并使试验具备必须的精确度。书中述及问题里的个别细节和实际材料，试验者可在撰写本书时的参考文献中查阅。

本书之论述仅限于锅炉机组，不包括电厂整个发电机组的试验问题，关于那方面的内容应另有专著。

在分别作锅炉机组和汽轮机的热工试验中，是不求热流系数、管道的流体动力阻力、辅机传动所需的厂用电耗等项的，而没有这些数据，就不可能得出关于发电机组经济性的充分可靠的论据。试验工作的经验表明：整个单元发电机组的试验工作，通常是由锅炉和汽轮机两个专业的人员组成的综合性小组来完成的。因此，对于从事锅炉专业的人员以及那些从事于具有横向联系的热电厂^①的锅炉试验人员说来，本书均大有裨益。

① 指按电厂的电能或热能的生产系统为非单元式的，其横向联系是蒸汽或水的母管等。——译者

目 录

译者的话

原 序

第一章 稳定工况下的锅炉试验	1
1-1 试验分类和试验的一般特性	1
1-2 试验的组织和准备工作	7
1-3 试验准备工作	18
1-4 校核汽水系统受热面运行可靠性的试验特点	22
1-4-1 稳定工况下检查可靠性的基本指标	22
1-4-2 可靠性准则校核的方法	23
1-5 预备性试验	29
1-5-1 预备性试验的一般特点	29
1-5-2 预备性试验中的测定工作	30
1-6 运行工况试验和热平衡试验的一般性建议	36
1-7 确定平衡通风锅炉炉膛中火焰的最佳位置	38
1-8 确定最佳空气过剩系数	44
1-9 确定最佳煤粉细度	48
1-10 在不变动辅助设备编制和运行燃烧器数量的情况下确定锅炉机组 调节范围的最低持续负荷	51
1-11 在变动辅助设备编制的情况下确定技术上最低的锅炉负荷	52
1-12 确定锅炉机组短时的最大负荷	54
1-13 当运行一台引风机或送风机时并在其电动机的不同转速下确定锅 炉机组的最大负荷	55
1-14 变压运行方式下的试验	56
1-15 验收鉴定试验和快速运行试验的特点	61
1-15-1 验收鉴定试验	61
1-15-2 快速运行试验	65
1-16 锅炉机组组件试验特点	66
第二章 不稳定工况下的锅炉试验	71
2-1 试验的基本任务	71
2-2 锅炉机组在不稳定工况下的试验	71
2-2-1 启动和停炉工况下的试验	71
2-2-2 确定单元机组启动时燃料和电能热损失的方法	88

2-2-3 发电机组事故减负荷至自用负荷或至空载时的锅炉试验	93
第三章 燃料和燃烧残物的取样及平均试样的制备	97
3-1 煤和油页岩平均试样的采集	97
3-2 确定煤和油页岩试样的粒度组成与试样的制备	100
3-3 泥煤平均试样的采集、制备及其粒度组成的确定	105
3-4 煤粉(灰份)初始试样的采集	105
3-5 确定煤粉和灰份的粒度组成(筛分析)	115
3-6 液体燃料和气体燃料的取样	119
3-7 燃烧残物平均试样的抽取和制备	120
第四章 燃料量和燃烧残物量的计量	122
4-1 固体燃料量的测量	122
4-2 燃烧残物量的测定	122
第五章 对测试仪表的一般要求	125
第六章 温度测量	127
6-1 概述	127
6-2 水银玻璃温度计	127
6-3 水银温度计指示值的修正	131
6-4 水银温度计的校验	133
6-5 电阻温度计	133
6-6 电阻温度计的电气测量仪表	137
6-7 电阻温度计的安装与校验	141
6-8 热电温度计	141
6-9 热电偶	141
6-10 连接导线和热电极(补偿)导线	145
6-11 热电偶自由端的恒温	147
6-12 热电偶转换开关	148
6-13 测量热电势的方法	149
6-14 便携式电位差计	149
6-15 电子自动电位差计	150
6-16 便携式高温毫伏计	152
6-17 热电偶的装设	153
6-18 热电偶辐射热交换的防护	153
6-19 烟风道内的测点选择和温度场测定	161
6-20 面式热电偶测温	162
6-21 测量结果的整理及其精度评定	166
6-22 热电温度计的校验	169
6-23 辐射高温计	169

6-24 确定锅炉炉膛内的等温线场	172
第七章 压力和负压的测量	174
7-1 概述	174
7-2 弹簧压力表	175
7-3 气压计	180
7-4 液体压力计和微压计	181
7-5 液体压力计和微压计的装设	184
第八章 流量测量	188
8-1 节流装置流量计	188
8-2 节流装置	188
8-3 节流装置的安装	193
8-4 差压流量计	194
8-5 差压计的装设	198
8-6 节流装置流量计测量结果的整理	200
8-7 有关节流装置计算的若干提示	207
8-8 特殊节流装置	209
8-9 节流装置流量计测量的误差	213
8-10 节流装置的标定	213
8-11 测速管	214
8-12 测速管的装设	220
8-13 测定管道中的速度场	223
8-14 测速管测量流量的误差	227
8-15 风速仪	227
第九章 烟气分析 概述	230
9-1 烟气分析及其在锅炉试验中的作用	230
9-2 分析方法和仪器的选择	231
9-3 燃烧产物分析试样的取样	232
9-4 烟气分析的校核	236
第十章 烟气容积分析法	240
10-1 概述	240
10-2 奥氏气体分析器	240
10-3 BTU-2型烟气分析器	242
10-4 吸收溶液	246
10-5 容积法烟气分析器的误差及其减小的途径	248
第十一章 烟气色谱分析法	250
11-1 概述	250
11-2 分离柱	251

11-3	检测器	257
11-4	烟气试样及其引入分离柱	259
11-5	载气	261
11-6	燃烧产物色谱分析法的特点	264
11-7	3101型色谱仪	265
11-8	XIIFC-4型色谱仪	268
11-9	色谱仪的标定方法	269
11-10	标定色谱仪用的检验混合物的制备	272
11-11	色谱分析仪的测量误差和评定准则	275
第十二章	燃烧产物中氧化氮浓度的测量	279
12-1	概述	279
12-2	线性比色法测定氧化氮	279
12-3	比色计法测定溶液中的氧化氮	281
第十三章	特殊测量和炉膛煤粉烟气的取样	286
13-1	锅炉炉墙表面散热损失的测量	286
13-2	烟气(空气)湿度的测量	289
13-3	烟气露点温度的测量	292
13-4	转动速度的测量	294
13-5	时间测量	297
13-6	辅助设备所需电动机功率的测量	297
13-7	锅炉炉膛煤粉和烟气的取样	299
第十四章	试验资料的整理	305
14-1	试验资料整理的准备工作	305
14-2	试验特征量的求出	305
14-3	燃料的试验室分析换算	310
14-4	燃料的燃烧发热量	314
14-5	燃料特性(系数) β 和 RO_2^{max}	316
14-6	按燃烧产物分析结果确定空气过剩系数	318
14-7	确定空气量和燃料燃烧产物容积	321
14-8	锅炉机组热平衡	323
14-9	锅炉设备中的有效利用热	325
14-10	排烟热损失	326
14-11	化学未完全燃烧热损失	327
14-12	机械未完全燃烧热损失	328
14-13	散热损失	329
14-14	燃烧残物物理热损失以及锅炉和炉膛设备零件的冷却热损失	330
14-15	燃料量和某些辅助参数	330

14-16	锅炉设备的净效率·····	332
14-17	按M.B.拉维奇方法作锅炉机组热平衡·····	333
14-18	将试验数据换算到额定(设计)的条件·····	337
14-19	制粉系统中抽炉烟干燥的锅炉机组热平衡特点·····	337
14-20	测定锅炉设备效率的误差·····	343
14-21	试验结果的精度·····	345
14-22	试验报告·····	348
第十五章	锅炉机组送、引风装置和烟风道的运行试验 ·····	355
15-1	试验目的和风机特性·····	355
15-2	试验准备工作·····	358
15-3	试验测量·····	359
15-4	送、引风机试验程序·····	362
15-5	烟风道的试验研究·····	364
15-6	试验资料的整理和分析·····	365
15-7	确定风机效率的误差·····	371
15-8	编写试验报告·····	371
参考文献	·····	372

第一章 稳定工况下的锅炉试验

1-1 试验分类和试验的一般特性

锅炉机组的热工试验，依据所提出的任务可分为两类。第一类试验的目的是确定锅炉机组运行的热工性能，如效率、蒸发量、热损失等，以搞清楚锅炉机组的运行特性和结构缺陷。第二类试验属于科研工作，作这类试验的目的是为了研制或校核试用的新结构、新部件，探索新规律等。基于这后一类试验的科研性质不具备典型通用性，因此本书中将不予讨论。

按照试验的目的，第一类试验就其复杂程度可分为三个级别。

属于第一级的试验是移交验收（供货保证）鉴定试验。这种试验通常用来校核设备供货方所提出的技术保证，它涉及以下技术特性：锅炉的蒸发量、效率、蒸汽参数及蒸汽品质、锅炉辅机的运行参数等。试验中必须求出运行负荷范围内的各项热损失、炉膛的风平衡和受热面的总吸热量等。

属于第二级的试验是运行（热平衡）试验。试验的目的是在设计的（额定的）蒸汽参数下测定锅炉机组的标准运行特性。凡新投产的锅炉按设计功率试运转结束之后，锅炉改装之后，以及由于改烧新品种、新牌号的燃料或存在一系列的参数值偏离于额定值的情况下，均需进行此类试验。第二级试验的任务是：

查明锅炉机组在自动调节可调范围的各种负荷下炉膛最合理的运行条件，诸如：火炬位置、空气过剩量、燃料和空气在燃烧器及其每层之间的分配情况，煤粉细度等；

在不改变原设备和在辅机设备以不同方式编组投入的情况下，定出设备的最大和最小负荷；

求出锅炉机组的实际经济指标和各项热损失；

查明热损失高于计算值的原因，拟出降低热损失和使效率达到计算值的措施；

校核锅炉机组个别组件的运行情况；

求出烟风道的流体阻力特性和锅炉辅机设备的特性曲线；

作出锅炉机组典型的（正常的）电负荷特性和蒸汽流量特性，并定出燃料量相对增长的特性。

属于第三级的试验是运行工况调整和校整试验。进行这类试验的目的是：调整锅炉的运行工况并求出其某些单项指标值；确定最合理的空气过剩系数和煤粉细度，空气沿燃烧器的合理分配，在辅机设备不同的编组方式下的最大负荷等。运行调整试验时的工作量包括：确定锅炉机组某些组件运行工况的变化范围，查明这些变化对锅炉设备各项技术经济指标的影响，以及消除已暴露出来的缺陷和偏差。

在锅炉机组正常的大修之后，为了鉴定检修质量和校整设备运行的特性，需按第三级进行快速运行试验。

第一级和第二级的试验,是按照所提出的课题条件相当精确地求出所求量的绝对值大小,而第三级的试验则用较为简单的试验方法进行,因此能够得到的主要是关于被测参数某些变化情况的概念,以便找出并保持最合理的运行方式。这在设备的正常运行监督中已完全够用了。以上列举的第二级和第三级试验的差异,在于试验的次数和主要指标的测量精度有所不同。

第一级和第二级的试验须在系统稳定的热力状态下进行,且必须作锅炉机组的热平衡。这时应使用精度较高的仪表(0.5和1.0级仪表),以使得按反平衡法求出的锅炉机组效率误差为 $\pm 1.5\%$ 。在作第一、二级试验时,不管试验的特点怎样,所有的测量都应该尽可能地作得精确,所不同的只是试验中的测量内容和对机组运行的基本参数所规定的允许偏差值的要求不一样(见表1-1)。

表 1-1 在测定锅炉机组的热工特性试验时其运行参数的允许偏差值

参 数	试验中允许偏离额定参数的最大偏差, %			参 数	试验中允许偏离额定参数的最大偏差, %		
	试 验 级 别				试 验 级 别		
	I	II	III		I	II	III
锅炉机组蒸发量:				转向室出口(过热器之后)的空气过剩系数:			
大于200吨/时	± 3	± 3	± 3	对于平衡通风锅炉在燃用固体、液体和气体燃料时并在额定的(计算的)空气过剩系数下	± 4~5	± 4~5	± 7
从51吨/时至200吨/时	± 6	± 6	± 6	对于燃用液、气体燃料的气密性炉和正压炉	± 1~1.5	± 1~1.5	± 1~1.5
≤50吨/时	± 15	± 15	± 15	给水温度, 热空气温度:	± 3	± 3	± 5
新蒸汽温度和再热蒸汽温度(额定值):				煤粉细度:			
超临界压力(545°C/570°C)	+ 5°C -10°C	+ 5°C -10°C	+ 5°C -10°C	对无烟煤、贫煤和氧化烟煤	± 10	± 10	± 15
高压(540°C/570°C)	+ 5°C -10°C	+ 5°C -10°C	+ 5°C -10°C	对烟煤和褐煤	± 15	± 15	± 20
中压(440°C)	+ 10°C -15°C	+ 10°C -15°C	+ 10°C -15°C	在锤击式磨煤机重力分离器(竖井)中的速度	± 5	± 5	± 7

- 注 1. 按经互会(CЭБ)常委会关于蒸汽锅炉试验验收的统一技术条件建议^[32], 在进行第一级试验时, 新蒸汽和再热蒸汽温度的极限偏离值, 若在订货合同(或协议)中没有预先规定偏差值时, 则应不超过试验时预先规定值的 $\pm 2\%$ 。
2. 按国际标准化组织(ISO)关于固定式电厂蒸汽锅炉试验规程的规定^[77], 试验中应保持下述的最大许用值: 蒸汽压力的极限偏差值, 对于蒸发量大于200吨/时、51~200吨/时和50吨/时以下的锅炉应分别为6%、12%和15%; 锅炉出口的烟气温度(排烟温度)与环境温度(至20°C)之差的极限偏差值, 对于蒸发量大于200吨/时、51~200吨/时和50吨/时以下的锅炉, 不应超过6%、12%和15%。

对于燃用固体和其它燃料的中小容量锅炉,试验中必须测定燃料量,但在烧固体燃料的大型锅炉机组上,尤其是在有中间粉仓系统的情况下,均不要求测定燃料量。故不论进行哪一级的试验,锅炉效率都是按反平衡法求出的。按正平衡和反平衡求锅炉效率的精确度实际上是相同的,然而在可以按正平衡法求效率的情况下,用正平衡法则较为简单。可是,在测出锅炉机组构件(如:梁、烟道隔墙零件等)的所有各项热损失的条件下,以及在按完整的方法而不是按简化的方法整理数据资料时,反平衡法的精确度就比正平衡法更高一些。

不论对哪一级的试验,在试验前必须要求机组在给定负荷下保持恒定。表1-1中所指

明特征量偏离的特性应是平缓的，每分钟不超过 2 %，以便有可能准确地测得被测量的数值。试验中所用燃料的工业分析成份（灰份、水份和挥发份）应与其计算值或运行平均值相符。

锅炉机组试验常用的方法相当繁累，并且要花费很多时间整理试验结果，因此在燃用液体和气体燃料时，宜取用 M.Б. 拉维奇教授提出的试验方法。按照这个方法作试验时，不必抽取燃料的平均试样来求其元素成份和发热值。在燃用固体燃料时，M.Б. 拉维奇方法就没有什么优越性了，因为要求出机械不完全燃烧热损失，还必须对燃料和燃烧后的灰渣取样并进行分析。

按上述试验类别及等级进行试验时的具体内容，在每一种具体情况下，完全取决于所提出的试验任务。大体上，试验的典型内容可由下述的试验大纲定出^[102]。

一、热平衡运行试验大纲示例（第二级试验）

（1）按运行调整试验大纲（见下述）第 1、2 小节进行预备性测量和调整试验。

（2）求出在 24 小时试验期间内最高的不结渣的负荷（2～3 次试验）。

（3）在不改变辅机设备编组投入方式和没有辅助助燃火炬的条件下，求出煤粉锅炉机组的最低持续负荷（调节范围的下限）（2～3 次试验）。

（4）在改变辅机设备编组投入方式和有辅助火炬（以保持技术上的最低限）的条件下，求出煤粉锅炉机组的最低负荷，以及保持此负荷的允许持续时间（2～3 次试验）。

（5）查明机组在额定负荷、最低负荷以及 2～3 个中间负荷下的经济性（5～6 次试验）。

二、运行调整试验大纲示例（第三级试验）

1. 预备性测试（共 12～20 次试验）

（1）确定给煤（粉）机的转速，在试验台上标定重油喷嘴的容量和雾化特性等；

（2）标定烟道、煤粉空气道和风道的截面（求出用于测量温度、速度、煤粉和飞灰取样的标定修正系数，用于进行烟气分析等）；

（3）测量燃烧器和风道内的风速；

（4）测定锅炉机组及制粉系统中的漏风。

2. 调整试验

（1）确定在燃烧器中不同的（一、二次风等）风速下火炬的最佳位置和层燃炉机械炉排上最合理的燃料层厚度等，并测定排烟中的氧化氮和其它有害排放物的浓度（4 次试验）；

（2）在 3～4 种负荷下确定最合理的空气过剩系数（保持煤粉细度不变，投入设计中考虑的全部重油喷嘴、燃烧器或直吹式磨煤机；对于层燃炉机械炉排则应保持燃料层厚度不变等），同时测定排烟中的氧化氮和其他有害排放物的浓度（12～16 次试验）；

（3）在锅炉机组调节范围内的 2～3 种负荷之下，确定最合理的煤粉细度（在竖井中的煤粉气流速度）（6～8 次试验）；

（4）确定在技术上所允许的最低负荷下所投运燃烧器的最佳配合方式（4～6 次试验）；

表 1-2

锅炉热平衡试验的基本测试内容

分析、测量的项目	不同级别试验的测求方法和内容			附注及补充要求
	第 一 级	第 二 级	第 三 级	
固 体 燃 料 流 量 蒸发量大于 50 吨/时的 锅炉 蒸发量等于和小于 50 吨/ 时的锅炉 成 份	按反平衡法(确定各项热损失) 按反平衡法或直接称重法求煤耗量 W^P, A^P , 碳酸盐类 $(CO_2)^P_R, V^P$, Q^P_H , 元素成份; 在每次基本试验中确定所取灰样的温度特性			在燃用固和液(或气)体混合燃料时, 应测量液体燃料的流量(见第四章) 见第三章
煤粉品质	每次试验中应有不少于两种筛号上的筛分值; 煤粉的水份分析或工业分析			见第三章
液 体 燃 料 流 量 成 份	按反平衡法或直接测量法确定 W^P, A^P , 密度, 闪点和 Q^P_H , 每次基本试验中取样作元素分析			见第八章 在按 M.Б.拉维奇方法试验时, 不取样(见第三章)
气 体 燃 料 流 量 成 份	按反平衡法或用直接测量法确定 W^P , 密度, 机械混合物, Q^P_H , 每次基本试验中取样作元素分析			见第八章 在按 M.Б.拉维奇方法试验时, 不取样(见第三章)
蒸 汽 新蒸汽和再热汽的流量	使 用 运 行 仪 表			在作第一级和第二级试验时, 于试验前和试验中用便携式差压计校验(见第八章)
自用汽耗量	使 用 运 行 仪 表			在作第一级和第二级试验时, 于试验前和试验中用便携式差压计校验(见第八章)
锅炉汽包压力	使用精度为 1.5 级的工程用运行压力表			见第七章
过热器出口新蒸汽压力 和再热器进、出口蒸汽压力	在每条蒸汽管道上均使用 I 级精度的工程压力表		使用 1.5 级的运行压力表	见第七章
新蒸汽温度, 再热器进、 出口蒸汽温度, 自用蒸汽 温度	使用专门装设的仪表		使用运行仪表	见第六章

续表

分析、测量的项目	不同级别试验的测求方法和内容			附注及补充要求
	第 一 级	第 二 级	第 三 级	
水 给 水 流 量	使 用 运 行 仪 表			在作第一级和第二级试验时,于试验前和试验中用便携式差压计 校验(见第八章)
喷 水 量	使用精度为1.5级的运行流量计		使用运行流量计	按温度测量进行校核并作混合平衡(见第八章)
连续排污量	使用专门装设的差压流量计;若不能时则按给水和炉水的固形物量确定		按固形物量确定	见第八章和第十章
给水压力和喷水压力	使 用 运 行 仪 表			见第七章
给水温度;喷水温度	使 用 运 行 仪 表			见第六章
自冷凝喷水温度	使 用 运 行 仪 表			见第六章
烟 气 成 份: 在离炉膛最近的对流受热面之后(转向室出口)用于测定过剩空气系数 在空气预热器后面的平衡点上 在引风机后,用于测定漏风	RO ₂ 和O ₂			见第十、十一章
	RO ₂ , O ₂ , CO, H ₂ , CH ₄ , C _n H _m			在没有除尘器的锅炉上平衡点取在引风机之后
	RO ₂			
再循环烟气量	使用双叶曲线喷嘴			见第八章
温 度: 在平衡通风的锅炉炉膛中 在微正压炉膛中 过热器出口,转向室出口,在对流竖井末端的空气预热器出口(平衡点),引风机之后,烟气再循环管道上 运行监测点处	使用便携式光学高温计或辐射式高温计			见第六章
	按炽热管底部的温度			
	使用专门装设的热电偶和电阻温度计		使用运行仪表	
	使 用 运 行 仪 表			
炉膛、各受热面出口、每级除尘器和引风机后的负压(或压力)	使 用 运 行 仪 表			在作第三级试验时测量的内容将限于锅炉机组个别组件的情况

续表

分析、测量的项目	不同级别试验的测求方法和内容			附注及补充要求
	第一级	第二级	第三级	
空 气 送风机之前的流量, 预热器之后风道内的流量, 至个别或成组燃烧器的风量, 至磨煤机的风量和沿每个燃烧器管道内的风量	使用专门装设的测速管			见第八章
送风机之前空气再循环点前、后, 暖风器出口, 空气预热器出口和磨煤机前等处的温度	使用专门装设的电阻温度计和热电偶		使用运行仪表	见第六章
送风机前、后, 空气预热器前、后, 每组(个)燃烧器之前, 磨煤机之前, 风机出口和高速鼓风的喷嘴之前等处的压力	使用运行仪表			见第七章
燃 烧 残 物 可燃物含量	按苏联国家标准			
渣成份, 取自除尘器 and 烟道中的灰成份, 烟囱排出的飞灰成份, 机械炉排炉的漏煤成份	在每次基本试验中的灰样温度特性	对于强结渣燃料在同一目的的一组试验中按一平均试样测定		在第三级试验中, 测定的内容可仅限于一个运行取样点(见第三章)
燃烧残物量: 在室燃时	在基本试验之外(按个别专门的测试)以称重法或容积法测定			见第四章
在层燃时	在基本试验时或者在错开的时间内测定			
自用电耗	使用运行电度表			在第一级和第二级试验中按“双功率表”系统校验电度表(见第十三章)
水冷系统、过热器、省煤器和汽包的安全可靠性				
管壁温度		使用运行仪表和专门装设的热电偶(表面式的和插管式的)		见第六章
工质温度		使用专门装设的套管式和表面式热电偶		见第六章
工质的循环速度和方向		使用专门装设的测速管和节流孔板		见第八章

(5) 确定烟气再循环对蒸汽过热温度和对结渣特性的影响(9次试验)。

3. 基本试验

(1) 确定额定负荷和三种中间负荷下的经济性和热平衡的各项热损失(4次试验)；

(2) 确定在辅机设备不同的编组投入方式下及其传动电机的不同转速下的最大负荷(3~4次试验)；

(3) 在不改变辅机设备的编组投入方式和投入运行的燃烧器(喷嘴、磨煤机)数量的情况下，确定最低的持续负荷(2~3次试验)；

(4) 在停运部份燃烧器(喷嘴、磨煤机)及辅机设备并投入辅助助燃火炬条件下确定最低的负荷；以及在此工况下按锅炉机组受热面的积灰、结渣、低温腐蚀、温度工况和水动力工况等条件所允许的运行持续时间(3~4次试验)。

在锅炉机组负荷调节范围的试验大纲中，还应包括校核滑压下水冷壁受热面的运行可靠性问题(主要是对于超临界压力的锅炉机组)。

在确定动力锅炉机组的标准特性时，试验的内容取决于必须求得以下几项基本的热功率(与锅炉蒸发量之间的)关系^[35]：

热损失(q_2, q_3, q_4, q_5, q_6)，锅炉机组的毛效率和净效率；

锅炉机组的自用热耗和自用机械耗电的当量热耗与燃料拥有热量之比。

按上述的热平衡试验大纲或运行调整试验大纲作完试验以后，所得到的数据对于取得锅炉机组的标准运行特性来说，基本上是足够的。

锅炉机组正常大修以后，所作快速运行试验的内容，仅限于必须校核该机组能否在额定负荷(或接近于额定负荷)下长时间运行。这时，需求出下述各量：

(1) 排烟热损失和化学不完全燃烧热损失(对烧液体或气体烧料的锅炉)和机械不完全燃烧热损失(对烧固体燃料的锅炉)；

(2) 炉膛漏风、烟道各段的漏风和制粉系统的漏风；

(3) 烟风管道的空气动力阻力；

(4) 烟风管道被监测截面上的烟气温度和空气温度；

(5) 沿汽水管道的工质温度和温度偏差；

(6) 过热蒸汽温度调节范围的幅度；

(7) 引风、送风、磨煤和送粉的单位耗电量。

第一、二、三级试验时的基本测试内容列于表1-2中。区域性发电厂和热电厂的现代化大型锅炉机组，在稳定工况下进行的这些试验，其特点是必须检验锅炉受热面运行的可靠性，这一点已在表1-2中有所反映，并还将在随后的论述中加以阐明。

1-2 试验的组织和准备工作

试验的组织和准备工作的内容包括：

(1) 熟悉锅炉机组的技术文件(设计资料、出厂文件、检修记录和运行报表等)，