



中华人民共和国国家标准

GB/T 10820—2002
代替 GB/T 10820—1989

生活锅炉热效率及热工试验方法

Thermal efficiency and test methods
of boilers for daily life

2002-04-28 发布

2002-10-01 实施

中华人民共和国
国家质量监督检验检疫总局 发布

目 次

前言	Ⅱ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 技术要求	1
3.1 生活锅炉热效率考核条件	1
3.2 生活锅炉热效率指标	1
4 热工试验	2
4.1 总则	2
4.2 试验准备	2
4.3 试验要求	3
4.4 测量项目	4
4.5 测试方法及使用仪表	4
4.6 试验结果计算	5
4.7 试验报告	6
附录 A(规范性附录) 煤炭分类	12
附录 B(规范性附录) 煤的取样和制备	12
附录 C(资料性附录) 常用气体一般性质	13
附录 D(规范性附录) 饱和蒸汽湿度的测定	14
表 1 生活锅炉应保证的最低热效率值 ^a	2
表 2 锅炉设计数据综合表	7
表 3 试验数据计算结果汇总表	9

前 言

本标准代替 GB/T 10820—1989《燃煤生活锅炉热效率》。

本标准与 GB/T 10820—1989 相比主要技术内容变化如下：

- 名称修订为《生活锅炉热效率及热工试验方法》；
- 范围中增加了燃油、燃气和电热锅炉，并对锅炉的工作压力(表压)由不大于 0.4 MPa 调整为不大于 0.7 MPa，对锅炉的额定热功率不作限定(1989 年版的第 1 章；本版的第 1 章)；
- 符号不再单列一章，该章调整为规范性引用文件(1989 年版的第 2 章；本版的第 2 章)；
- 增加了热效率考核条件，强调锅炉首先应符合安全、环保有关规定(见 3.1)；
- 不再对锅炉进行分等考核，并调整了锅炉应保证的最低热效率值(1989 年版的 3.1；本版的 3.2)；
- 增加了锅炉热工试验总则(见 4.1)；
- 调整了试验要求(1989 年版的 4.4；本版的 4.3)；
- 增加了锅炉设计数据综合表(见表 2)；
- 试验数据计算结果汇总表列入正文(1989 年版的附录 B；本版的表 3)；
- 增加了资料性附录“常用气体一般性质”(见附录 C)。

本标准附录 A、附录 B、附录 D 为规范性附录，附录 C 为资料性附录。

本标准由全国能源基础与管理标准化技术委员会提出并归口。

本标准由中国标准研究中心、西安节能监测中心负责起草。西安市华东电力设备制造有限公司、陕西通用锅炉制造有限公司、宁夏三新真空锅炉制造有限公司、青海省青云锅炉有限公司、北京沃德韦尔节能环保科技责任有限公司参加起草。

本标准主要起草人：杨又新、贾铁鹰、张永照、许传凯、谭兆琦、张裕峰、张少军、卢建省。

本标准首次发布于 1989 年 3 月。

生活锅炉热效率及热工试验方法

1 范围

本标准规定了燃煤、燃油、燃气和电热生活锅炉的热效率及热工试验方法。

本标准适用于压力不大于 0.7 MPa(表压)的蒸汽锅炉、热水锅炉,以及常压热水锅炉(以下简称常压锅炉)和真空相变热水锅炉(以下简称真空锅炉)。

本标准不适用于余热锅炉及不以水为介质的锅炉。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB 252 轻柴油
 GB 474 煤样的制备方法
 GB 1576 工业锅炉水质
 GB 5749 生活饮用水卫生标准
 GB 13271 锅炉大气污染物排放标准
 SH/T 0356 燃料油
 《蒸汽锅炉安全技术监察规程》
 《热水锅炉安全技术监察规程》
 《小型和常压热水锅炉安全监察规定》

3 技术要求

3.1 生活锅炉热效率考核条件

考核热效率时,锅炉首先应符合下列规定:

- a) 锅炉的设计、制造、安装、修理、改造及附件仪表等均应符合锅炉安全技术有关规定:
 - 1) 《蒸汽锅炉安全技术监察规程》;
 - 2) 《热水锅炉安全技术监察规程》;
 - 3) 《小型和常压热水锅炉安全监察规定》;
- b) 锅炉大气污染物排放应符合 GB 13271 的规定;
- c) 锅炉燃烧设备、传动装置及辅机的 A 级噪声应不大于 85 dB(A)。

3.2 生活锅炉热效率指标

3.2.1 新产品锅炉、新出厂锅炉及节能改造锅炉应保证的最低热效率值按表 1 的规定。

3.2.2 海拔高度 1 000 m 以上地区,允许当地省级节能主管部门会同有关部门根据具体情况对表 1 中燃煤、燃气和燃油锅炉的热效率规定值作合理调整,调整值范围:0~—5 个百分点。手烧燃煤锅炉,允许对表 1 中相应的热效率规定值降低 3 个百分点。表 1 中未列燃料的锅炉热效率规定值由供需双方商定。

3.2.3 表 1 注 2 中轻质燃油应符合 GB 252 或 SH/T 0356 的规定。

3.2.4 锅炉热工试验应符合本标准第 4 章的规定。

表 1 生活锅炉应保证的最低热效率值^a

锅炉额定热功率(N)/MW	使用燃料										电热锅炉
	煤炭 ^d								油 ^b	气 ^c	
	褐煤	烟煤			贫煤	无烟煤					
		I	II	III		I	II	III			
锅炉热效率/%											
$N \leq 0.1$	61	60	62	64	62	54	53	57	83	84 (82)	93
$0.1 < N < 0.35$	63	62	65	68	66	58	56	61	83	84 (82)	93
$0.35 \leq N \leq 0.7$	67	67	70	73	70	62	60	66	84	86 (84)	94
$0.7 < N \leq 1.4$	70	69	72	75	72	65	64	69	86	88 (86)	95
$1.4 < N \leq 2.8$	74	71	75	78	75	68	66	74	86	88 (86)	95
$N > 2.8$	76	73	77	80	77	70	68	76	88	88 (87)	95

^a 表中所列为锅炉额定热功率时的热效率值。
^b 指轻质燃油。
^c 即气体燃料,指城市煤气、天然气、液化石油气及其他气体燃料。
 括号内为气体燃料收到基低位发热量 $Q_{net,v,ar}$ (标态) $< 20\,000\text{ kJ/m}^3$ 的热效率规定值,括号外为气体燃料收到基低位发热量 $Q_{net,v,ar}$ (标态) $\geq 20\,000\text{ kJ/m}^3$ 的热效率规定值。
^d 煤炭分类见附录 A。

4 热工试验

4.1 总则

- 4.1.1 本标准提供的热工试验方法是按本标准 3.2 的规定考核生活锅炉热效率的配套方法,同时适用于生活锅炉的仲裁试验及其他目的试验。
- 4.1.2 锅炉热效率通过正平衡法测得,取两次热效率的算术平均值。
- 4.1.3 锅炉热功率(或供热量)由实测决定。
- 4.1.4 饱和蒸汽湿度由实测决定。
- 4.1.5 锅炉热工试验的测试方应具备第三方公正检测资格。
- 4.1.6 蒸汽发生器、热水机组及使用其他固体燃料生活锅炉的热工试验可参照本标准本章的有关规定。

4.2 试验准备

4.2.1 试验负责人应由熟悉本标准并有锅炉热工试验经验的人担任。试验负责人应根据本标准的有关规定,结合具体情况制定试验大纲。试验负责人应向有关人员(包括司炉)介绍试验大纲,并组织试验大纲的实施。试验大纲内容包括:

- a) 试验目的和任务;
- b) 试验要求;
- c) 测量项目;

- d) 测点布置与所用仪表、设备；
- e) 试验人员组织与分工；
- f) 试验日程与进度；
- g) 注意事项及其他。

4.2.2 试验前应全面检查锅炉、辅机及供热系统的运行状况是否正常，如有不正常现象应予排除。对于电热锅炉应进行电气线路、开关、控制装置以及安全方面的检查，在确认一切正常后方可通电运行。

4.2.3 按照试验大纲的要求安装仪表和试验设备。

4.2.4 正式试验前，应按试验的要求和测量项目进行预备性试验，以全面检查仪表和试验设备是否正常工作，熟悉试验操作及人员的相互配合。

4.3 试验要求

4.3.1 锅炉给水和锅水应符合 GB 1576 的规定。饮水锅炉的水质应符合 GB 5749 的规定。

4.3.2 正式试验前应使锅炉达到热工况稳定。热工况稳定所需时间(自冷态点火或通电开始并连续运行)：

- a) 对无砖墙(整装、组装)的锅壳式：
 - 1) 燃油、燃气锅炉和电热锅炉不少于 2 h；
 - 2) 燃煤锅炉不少于 4 h；
- b) 对轻型炉墙锅炉不少于 8 h；
- c) 对重型炉墙锅炉不少于 24 h。

4.3.3 正式试验应在锅炉调整到试验工况稳定运行 1 h 后，经有关各方确认后开始。

4.3.4 锅炉的试验工况

- a) 蒸汽锅炉压力不应小于设计压力的 80%，给水温度与设计值之差不应大于 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 热水锅炉进水温度、出水温度与设计值之差不应大于 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。试验时锅炉的出水压力不应小于其出口热水温度加 20°C 的相应饱和压力；铸铁锅炉的出水压力不应小于其出口热水温度加 40°C 的相应饱和压力；
- c) 常压锅炉、真空锅炉进水温度、出水温度与设计值之差不应大于 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

4.3.5 试验期间锅炉热功率的波动不应超过 10%。

4.3.6 在试验结束时，锅筒水位和煤斗煤位均应与试验开始时一致，如不一致应进行修正；蒸汽压力与试验开始时的压力差应小于 $\pm 0.02\text{ MPa}$ ；进水温度、出水温度与试验开始时的温差应小于 $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ 。试验期间过量空气系数，给燃料量、给水量、循环水量、出水量(或进水量)、炉排速度、煤层厚度等应基本一致。

对于手烧燃煤锅炉应在正式试验前 3 min 内将炉内燃煤全部清除，立即重新点火开始计算正式试验。点火应使用准备好的木柴，不允许使用废油、棉纱、油毡等其他引燃材料。试验结束时在符合上述规定的前提下炉内燃煤应充分燃烧。

4.3.7 锅炉的进水温度、出水温度、蒸汽压力以 3 min~5 min 为间隔作对应记录，其他项目每隔 10 min~15 min 记录一次。

4.3.8 锅炉试验应在额定热功率下进行两次，每次试验的实测热功率应不低于额定热功率的 97%。

两次试验测得的热效率之差：

- a) 对于燃煤锅炉应不大于 4 个百分点；
- b) 对于燃油、燃气锅炉和电热锅炉均应不大于 2 个百分点。

如果两次试验测得的热效率之差大于上述规定，需重新试验，直至符合上述规定。

对于两次以上试验，其平均热效率取热效率之差为最小值的两次试验热效率进行计算。

4.3.9 每次试验持续时间：

- a) 手烧燃煤锅炉应不少于 5 h；

- b) 非手烧燃煤锅炉应不少于 4 h;
- c) 燃油、燃气锅炉应不少于 2 h;
- d) 电热锅炉应不少于 1 h。

4.3.10 试验期间安全阀不得起跳,锅炉不得吹灰、一般情况不排污。

4.3.11 锅炉试验所使用的燃料特性应符合设计要求。

4.3.12 试验所使用的仪表应具备法定检定单位出具的检定合格证(或检定印记)并均应在检定或标定的有效期内。仪表的安装、使用应符合其产品使用说明书和有关规定。在试验开始前和结束后应对仪表进行检查。

4.3.13 试验环境一般应为 $0^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$;若为露天装置的锅炉,应避免阳光直接照射,风速大于 5.4 m/s 或雨雪天气应停止试验。

4.4 测量项目

4.4.1 测量项目按表 3 中规定。

4.4.2 测量项目对于不同燃料、不同供热方式(蒸汽、热水等)的锅炉是不同的。可按需要在试验大纲内明确,仲裁试验可协商确定。

4.5 测试方法及使用仪表

4.5.1 燃料取样

a) 煤的取样和缩制应符合附录 B 的规定。

b) 燃油取样应在整个试验时间内从燃烧器前(并尽量靠近燃烧器)的管道截面上连续抽取。小型锅炉可在燃油箱中取样,用抽油管沿油箱垂直高度方向分几点(不少于 3 点)抽取。每次试验应取 2 L 以上的原始试样,在容器内搅拌均匀后,立即倒入两只约 1 L 的玻璃瓶内,加盖密封,并作上封口标记,供化验分析及备用保存。

c) 气体燃料在燃烧器前(并尽量靠近燃烧器)的管道上开一取样孔,接上燃气取样器连续取样。气体燃料的发热量用气体量热计测定,也可按具体成分计算,各种成分气体的发热量参见附录 C。

d) 燃料试样应送具备为社会提供公证数据资格的检验机构(实验室)或有关各方认可的具备燃料化验能力的单位进行化验。

4.5.2 燃料消耗量测量

a) 对于煤、柴,使用衡器称重,所使用衡器(包括本标准中其他用于称重的衡器)的示值误差应不大于 $\pm 0.1\%$ 。

b) 对于燃油,用衡器称重或由经直接称重标定过的油箱上进行测量,也可通过测量流量及密度确定燃油消耗量。所使用的油流量计,其准确度应不低于 0.5 级。

c) 对于气体燃料,用气体流量计测量,其准确度应不低于 1.5 级。气体燃料的压力和温度应在流量测点测出。

4.5.3 电热锅炉电耗量测量

用电度表测量,其准确度应不低于 1.5 级。如果使用互感器,互感器准确度应不低于 0.5 级。每 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 电量的发热量以 $3\,600\text{ kJ}$ 计算。

4.5.4 蒸汽流量测量

蒸汽锅炉输出蒸汽量通过测量锅炉给水流量的方法确定。

4.5.5 水流量测量

a) 给水流量、循环水量、出水量(或进水量)用标定过的水箱测量或其他流量计测量,流量计准确度应不低于 0.5 级,并采用累计方法。循环水量应在锅炉进水管道上测定。

b) 锅水取样量、排污量用衡器称重或标定过的水箱测量。

4.5.6 压力测量

测量锅炉给水压力、蒸汽压力、进水压力、出水压力及气体燃料压力的压力表,其准确度应不低于

1.5级。

大气压力可使用空盒气压表在被测锅炉附近测量,其示值误差应不大于±0.2 kPa。

4.5.7 温度测量

锅炉给水温度、出水温度、进水温度及气体燃料温度的测量,可使用水银温度计或其他测温仪表,其示值误差应不大于±0.5℃。测温点应布置在管道上介质温度比较均匀的地方。

环境温度可使用水银温度计在被测锅炉附近测量,其示值误差应大于±0.5℃。

4.5.8 蒸汽湿度测定

饱和蒸汽湿度的测定按附录D的规定。

4.6 试验结果计算

4.6.1 锅炉供热量计算

a) 对蒸汽锅炉按式(1)计算:

$$Q = D_{gs} \left(h_{bq} - h_{gs} - \frac{rw}{100} \right) - G_s r \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

Q ——锅炉供热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

D_{gs} ——蒸汽锅炉给水流量,单位为千克每小时(kg/h);

h_{bq} ——饱和蒸汽焓,单位为千焦每千克(kJ/kg);

h_{gs} ——给水焓,单位为千焦每千克(kJ/kg);

r ——汽化潜热,单位为千焦每千克(kJ/kg);

w ——蒸汽湿度,单位为质量分数(%);

G_s ——锅水取样量(计入排污量),单位为千克每小时(kg/h)。

b) 对热水锅炉、真空锅炉按式(2)计算:

$$Q = G(h_{cs} - h_{js}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Q ——锅炉供热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

G ——锅炉循环水量,单位为千克每小时(kg/h);

h_{cs} ——锅炉出水焓,单位为千焦每千克(kJ/kg);

h_{js} ——锅炉进水焓,单位为千焦每千克(kJ/kg)。

c) 对常压锅炉按式(3)计算:

$$Q = G_c(h_{cs} - h_{js}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

Q ——锅炉供热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

$G_c(G_j)$ ——锅炉出水量(或进水量),单位为千克每小时(kg/h);

h_{cs} ——锅炉出水焓,单位为千焦每千克(kJ/kg);

h_{js} ——锅炉进水焓,单位为千焦每千克(kJ/kg)。

4.6.2 锅炉热效率计算

a) 对燃煤锅炉按式(4)计算:

$$\eta = \frac{Q}{BQ_{net,v,ar} + B_{mc}(Q_{net,v,ar})_{mc}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

η ——锅炉热效率,单位为质量分数(%);

Q ——锅炉供热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

B ——煤消耗量,单位为千克每小时(kg/h);

$Q_{\text{net,v,ar}}$ ——煤收到基低位发热量,单位为千焦每千克(kJ/kg);

B_{mc} ——柴消耗量,单位为千克每小时(kg/h);

$(Q_{\text{net,v,ar}})_{\text{mc}}$ ——柴收到基低位发热量,单位为千焦每千克(kJ/kg)。

b) 燃油锅炉按式(5)计算:

$$\eta = \frac{Q}{B_{\text{yo}}(Q_{\text{net,v,ar}})_{\text{yo}}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

η ——锅炉热效率,单位为质量分数(%);

Q ——锅炉供热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

B_{yo} ——油消耗量,单位为千克每小时(kg/h);

$(Q_{\text{net,v,ar}})_{\text{yo}}$ ——油收到基低位发热量,单位为千焦每千克(kJ/kg)。

c) 对燃气锅炉按式(6)计算:

$$\eta = \frac{Q}{B_{\text{q}}(Q_{\text{net,v,ar}})_{\text{q}}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

η ——锅炉热效率,单位为质量分数(%);

Q ——锅炉供热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

B_{q} ——气体燃料消耗量(标态),单位为立方米每小时(m^3/h);

$(Q_{\text{net,v,ar}})_{\text{q}}$ ——气体燃料收到基低位发热量(标态),单位为千焦每立方米(kJ/m^3)。

d) 对电热锅炉按式(7)计算:

$$\eta = \frac{Q}{3.6 \times N_{\text{dg}} \times 10^3} \times 100 \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

η ——锅炉热效率,单位为质量分数(%);

Q ——锅炉供热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

N_{dg} ——电消耗量,单位为千瓦时每小时($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{h}$)。

4.7 试验报告

4.7.1 报告第一部分包括下列内容:

- a) 锅炉型号(包括出厂日期、生产编号);
- b) 锅炉制造厂;
- c) 委托单位;
- d) 试验地点;
- e) 试验日期;
- f) 试验负责单位;
- g) 试验负责人;
- h) 试验参加单位和人员;
- i) 燃料化验单位。

4.7.2 报告第二部分为正文,包括下列内容:

- a) 试验目的、任务和要求;
- b) 测点布置图及测量仪表、设备说明;说明的内容至少应包括:仪表或设备的编号、名称、型号规格、技术指标(测量范围、准确度、分辨率等)及其他事宜;
- c) 试验工况说明及结果分析;
- d) 锅炉设计数据综合表(见表2);

e) 试验数据计算结果汇总表(见表3)。

4.7.3 编写试验报告时,试验数据计算结果汇总表应根据本标准要求,选择必要的项目填写。项目的序号分两项,第一项是试验单位自编顺序号,第二项是本标准原序号。

4.7.4 试验原始数据应存档备查。

表2 锅炉设计数据综合表

序号	名称	符号	单位	设计数据
(一) 锅炉一般特性				
1	蒸汽锅炉额定热功率(额定蒸发量)		MW;(t/h)	
2	热水锅炉额定热功率		MW	
3	常压锅炉额定热功率		MW	
4	真空锅炉额定热功率		MW	
5	蒸汽锅炉输出蒸汽量	D_{sc}	kg/h	
6	蒸汽锅炉锅筒蒸汽压力	p	MPa	
7	蒸汽锅炉给水温度	t_{gs}	℃	
8	热水锅炉循环水量	G	kg/h	
9	热水锅炉进水温度	t_{js}	℃	
10	热水锅炉出水温度	t_{cs}	℃	
11	热水锅炉进水压力	P_{js}	MPa	
12	热水锅炉出水压力	P_{cs}	MPa	
13	常压锅炉进水温度	t_{js}	℃	
14	常压锅炉出水温度	t_{cs}	℃	
15	真空锅炉锅筒压力	p	MPa	
16	真空锅炉循环水量	G	kg/h	
17	真空锅炉进水温度	t_{js}	℃	
18	真空锅炉出水温度	t_{cs}	℃	
19	真空锅炉进水压力	P_{js}	MPa	
20	真空锅炉出水压力	P_{cs}	MPa	
21	炉膛容积	V_T	m ³	
22	炉膛容积热负荷	q_v	W/m ³	
23	炉排面积热负荷	q_R	W/m ²	
24	排烟温度	θ_{py}	℃	
25	锅炉效率	η	%	
26	燃料品种			
27	燃料低位热值(标态)	$Q_{net,v,ar}$	kJ/kg;kJ/m ³	
28	燃料消耗量(标态)	B	kg/h;m ³ /h	
29	电热锅炉电耗量	N_{dg}	(kW·h)/h	

表 2 (续)

序号	名 称	符 号	单 位	设计数据
(二) 受热面				
30	炉膛辐射受热面	H_t	m^2	
31	对流受热面	H_d	m^2	
32	省煤器受热面	H_{sm}	m^2	
33	空气预热器受热面	H_{ky}	m^2	
(三) 燃烧设备				
34	炉排型式尺寸(有效长度×宽)		m	
35	炉排传动装置电动机功率		kW	
36	液体燃料燃烧器型式×数量×热功率			
37	燃烧器进油压力		MPa	
38	燃烧器回油压力		MPa	
39	进油温度	t_{yo}	℃	
40	压力雾化电动机功率		kW	
41	转杯式燃烧器电动机功率		kW	
42	气体燃烧器进气压力		MPa	
43	气体燃烧器型式×数量×热功率			
44	进气温度		℃	
(四) 除尘装置				
45	除尘器型式×数量			
(五) 通风装置				
46	烟囱高度		m	
47	引风机型号			
48	引风机风量(标态)		m^3/h	
49	引风机风压		Pa	
50	引风机电动机功率		kW	
51	送风机型号			
52	送风机风量(标态)		m^3/h	
53	送风机风压		Pa	
54	送风机电动机功率		kW	
(六) 给水装置				
55	注水器数量×通径			
56	蒸汽泵型号×数量			
57	蒸汽泵流量		m^3/h	
58	电动泵型号×数量			
59	电动泵扬程		m	
60	电动泵流量		m^3/h	
61	电动泵电动机功率		kW	

表3 试验数据计算结果汇总表

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	试验数据	
					第一次	第二次
1	煤干燥无灰基挥发分	V_{daf}	%	化验数据		
2	煤收到基低位发热量	$Q_{net,v,ar}$	kJ/kg	化验数据		
3	木柴收到基低位发热量	$(Q_{net,v,ar})_{mc}$	kJ/kg	取经验数据:12545		
4	进油温度	t_{yo}	℃	试验数据		
5	燃油密度(标态)	ρ_{yo}	kg/m ³	化验数据		
6	燃油收到基低位发热量	$(Q_{net,v,ar})_{yo}$	kJ/kg	化验数据		
7	气体燃料收到基甲烷	$(CH_4)_{ar}$	%	化验数据		
8	气体燃料收到基乙烷	$(C_2H_6)_{ar}$	%	化验数据		
9	气体燃料收到基丙烷	$(C_3H_8)_{ar}$	%	化验数据		
10	气体燃料收到基丁烷	$(C_4H_{10})_{ar}$	%	化验数据		
11	气体燃料收到基戊烷	$(C_5H_{12})_{ar}$	%	化验数据		
12	气体燃料收到基氢气	$(H_2)_{ar}$	%	化验数据		
13	气体燃料收到基氧气	$(O_2)_{ar}$	%	化验数据		
14	气体燃料收到基氮气	$(N_2)_{ar}$	%	化验数据		
15	气体燃料收到基一氧化碳	$(CO)_{ar}$	%	化验数据		
16	气体燃料收到基二氧化碳	$(CO_2)_{ar}$	%	化验数据		
17	气体燃料收到基硫化氢	$(H_2S)_{ar}$	%	化验数据		
18	气体燃料收到基不饱和烃	$(\sum C_m H_n)_{ar}$	%	化验数据		
19	标态下1 m ³ 干燃气所带的水量(标态)	M_d	kg/m ³	查表或化验数据		
20	标态下气体燃料含灰量(标态)	μ_h	kg/m ³	查表或化验数据		
21	气体燃料容积成分之和	$\sum K_i$	%	$\sum K_i = CH_4 + C_2H_6 + \dots + O_2 + N_2 + H_2 + \dots + \sum C_m H_n$		
22	干气体燃料密度(标态)	ρ_d	kg/m ³	$\rho_d = 0.0125(CO + N_2) + 0.0009H_2 + \sum(0.54m + 0.045n)C_m H_n / 100 + 0.0152H_2S + 0.0197CO_2 + 0.0143O_2$ 或 $\rho_d = 0.01 \sum_{i=1} K_i (\rho_0)_i, (\rho_0)_i$ 查表		
23	气体燃料收到基密度(标态)	ρ_{ar}	kg/m ³	$\rho_{ar} = (\rho_d + M_d + \mu_h) \left(\frac{0.833}{0.833 + M_d} \right)$		

表 3 (续)

序号	名 称	符号	单位	计算公式或数据来源	试验数据	
					第一次	第二次
24	气体燃料干基低位发热量(标态)	$(Q_{\text{net,v,d}})_q$	kJ/m^3	$(Q_{\text{net,v,d}})_q = 0.01 \sum_{i=1} K_i$ $(Q_{\text{net,v,d}})_i, (Q_{\text{net,v,d}})_i$ 查表		
25	气体燃料收到基低位发热量(标态)	$(Q_{\text{net,v,ar}})_q$	kJ/m^3	$(Q_{\text{net,v,ar}})_q = (Q_{\text{net,v,d}})_q \times$ $\left(\frac{0.833}{0.833 + M_d} \right)$ 或化验数据		
26	给水流量	D_{gs}	kg/h	试验数据		
27	锅水取样量(计入排污量)	G_s	kg/h	试验数据		
28	输出蒸汽量	D	kg/h	$D_{gs} - 0.75G_s$		
29	蒸汽压力	P	MPa	试验数据		
30	饱和蒸汽焓	h_{bq}	kJ/kg	查表		
31	蒸汽湿度	w	%	试验数据		
32	汽化潜热	r	kJ/kg	查表		
33	给水温度	t_{gs}	$^{\circ}\text{C}$	试验数据		
34	给水压力	P_{gs}	MPa	试验数据		
35	给水焓	h_{gs}	kJ/kg	查表		
36	热水锅炉或真空锅炉循环水量	G	kg/h	试验数据		
37	常压锅炉出水量(或进水量)	$G_c(G_j)$	kg/h	试验数据		
38	进水压力	P_j	MPa	试验数据		
39	进水温度	t_j	$^{\circ}\text{C}$	试验数据		
40	进水焓	h_j	kJ/kg	查表		
41	出水压力	p_{cs}	MPa	试验数据		
42	出水温度	t_{cs}	$^{\circ}\text{C}$	试验数据		
43	出水焓	h_{cs}	kJ/kg	查表		
44	锅炉供热量	Q	kJ/h	蒸汽锅炉按式(1)计算 热水锅炉、真空锅炉按式(2) 计算 常压锅炉按式(3)计算		
45	锅炉热功率	N	MW	$N = Q/36 \times 10^5$		
46	锅炉平均热功率	\bar{N}	MW	$\bar{N} = (N_1 + N_2)/2$		
47	煤消耗量	B	kg/h	试验数据		
48	柴消耗量	B_{mc}	kg/h	试验数据		
49	油消耗量	B_{yo}	kg/h	试验数据		
50	气体燃料温度	t_q	$^{\circ}\text{C}$	试验数据		
51	气体燃料压力	P_q	MPa	试验数据		

表 3 (续)

序号	名 称	符号	单位	计算公式或数据来源	试验数据	
					第一次	第二次
52	大气压力	P_a	MPa	试验数据		
53	环境温度	t_0	℃	试验数据		
54	气体燃料消耗量(标态)	B_q	m ³ /h	试验数据		
55	电热锅炉电耗量	N_{dg}	(kW·h)/h	试验数据		
56	试验时间	S	h	试验数据		
57	锅炉热效率	η	%	燃煤锅炉按式(4)计算 燃油锅炉按式(5)计算 燃气锅炉按式(6)计算 电热锅炉按式(7)计算		
53	两次热效率差值	$\Delta\eta$	%	$\Delta\eta = \eta_1 - \eta_2 $		
54	平均热效率	$\bar{\eta}$	%	$\bar{\eta} = (\eta_1 + \eta_2)/2$		

附录 A
(规范性附录)
煤炭分类

适用于本标准的煤炭分类见表 A.1。

表 A.1 煤炭分类

序号	煤炭分类		干燥无灰基挥发分 $V_{daf}/\%$	收到基低位发热值 $Q_{net,v,ar}/(kJ/kg)$
1	褐煤		≥ 40	$\geq 11\ 000$
2	烟煤	I 类	≥ 20.0	$15\ 500 \geq Q_{net,v,ar} > 11\ 000$
3		II 类		$19\ 700 \geq Q_{net,v,ar} > 15\ 500$
4		III 类		$> 19\ 700$
5	贫煤		> 10.0 < 20.0	$\geq 18\ 800$
6	无烟煤	I 类	$5 \sim 10$	$15\ 000 \sim 21\ 000$
7		II 类	< 5	$> 21\ 000$
8		III 类	$5 \sim 10$	$> 21\ 000$
注：工业混煤、型煤以及经洗选和筛分的煤按其干燥无灰基挥发分 V_{daf} 和收到基低位发热值 $Q_{net,v,ar}$ 比照表中数值归为相应煤炭类别。				

附录 B
(规范性附录)
煤的取样和制备

B.1 生活锅炉的上煤先用车从煤场拉至磅秤,过磅后再送至炉前煤斗,取样应紧接在过秤前小车上或炉前地面上进行。取样部位一般在小车上距离四角 5 cm 处和中心部位五点取样;在地面上一般在煤堆四周高于地面 10 cm 以上处,取样不得少于 5 点;在皮带输送机上取样应用铁铲横截煤流,时间要间隔均匀。上述取样方法每点或每次重量不得少于 0.5 kg,取好后的煤样应放入带盖容器中,以防煤中水分蒸发。每次试验所取的原始煤样数量不少于总燃煤量的 1%,且总取样量不少于 10 kg。

B.2 取化验室煤样,原始煤样应经过混合缩分。混合时把原始煤样放入方形铁皮盘中或铁板上,先将大粒煤破碎,通过 13 mm 以下分样筛后,再进行充分搅拌缩分。煤样的缩分简易方法是采用堆掺四分法缩分。操作时用平板铁锹将煤铲起,不应过多,自上而下撒落在锥体的顶端,使其均匀地落在锥体四周,反复三次,以使煤样的粒度分布均匀;然后用锹从锥体顶端压平,形成一个饼状,再分成四个形状相等的扇形体,将相对的两个扇形体抛去。再继续照同样的方法进行掺合和缩分,直到所需煤样重量为止。一般缩分到不小于 2 kg,分为两份装入容器内,并严密封口,一份送化验室,一份保存备查。

对要求更高的煤样制备应按 GB 474 进行。

附 录 C
(资料性附录)
常用气体一般性质

表 C.1 给出了常用气体的一般性质。

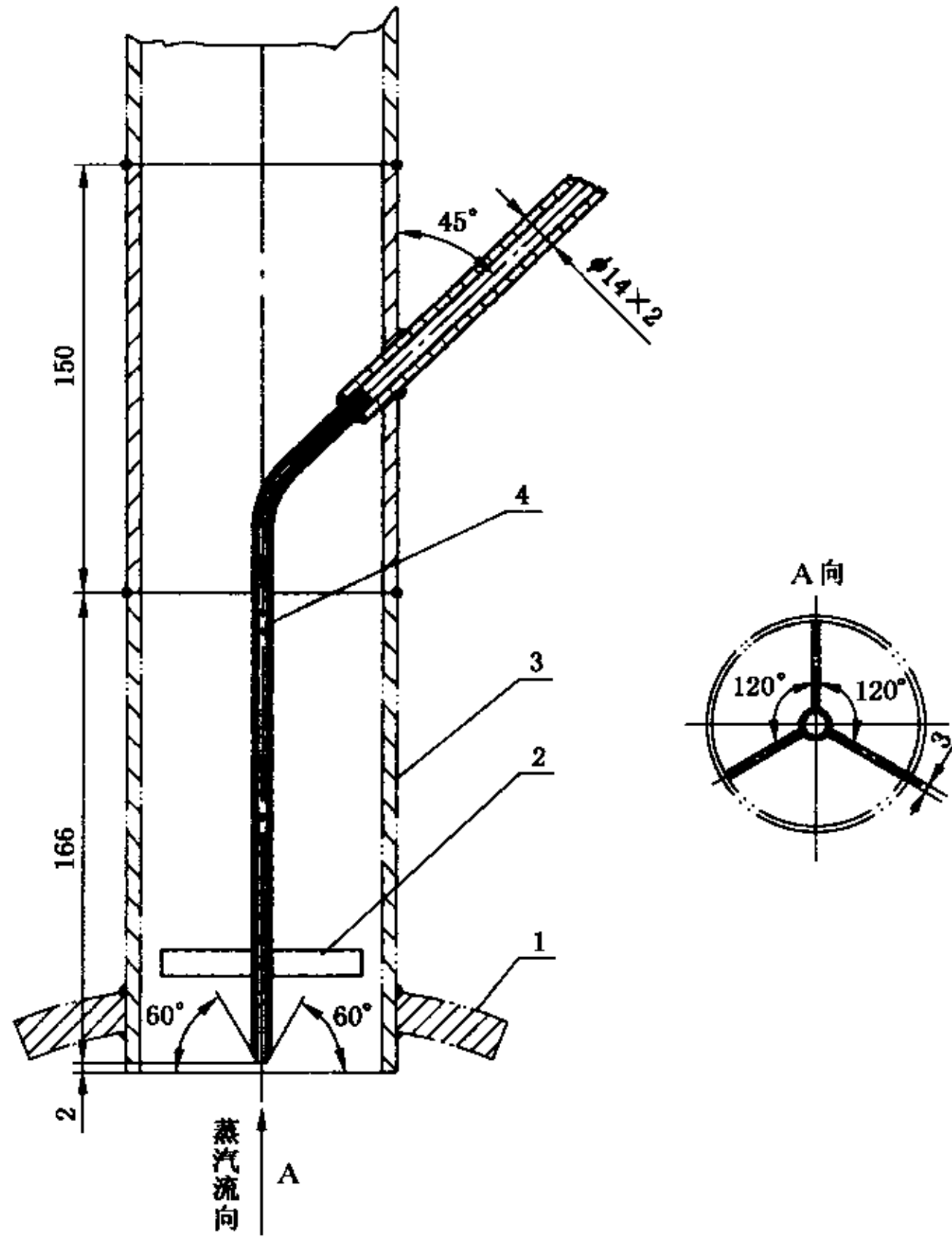
表 C.1 常用气体一般性质

名称	分子式	密度(标态) ρ_0 /(kg/m ³)	沸点/℃	低位发热量(标态) $Q_{\text{net.v,gr}}$ /(kJ/m ³)
甲烷	CH ₄	0.716 8	-161.5	35 773.6
乙烷	C ₂ H ₆	1.356	-88.6	63 669.04
乙烯	C ₂ H ₄	1.260 5	-103.5	58 989.83
乙炔	C ₂ H ₂	1.170 9	-83.6	55 983.26
丙烷	C ₃ H ₈	2.003 7	-42.6	91 121.25
丙烯	C ₃ H ₆	1.915	-47	85 894.25
丁烷	C ₄ H ₁₀	2.703	0.5	118 498.18
异丁烷	C ₄ H ₁₀	2.668	-10.2	117 921.12
丁烯	C ₄ H ₈	2.50	-6	113 367.35
戊烷	C ₅ H ₁₂	3.457	36.1	145 896.02
硫化氢	H ₂ S	1.539 2	-60.4	23 354.24
氢	H ₂	0.089 87	-252.78	10 784.35
一氧化碳	CO	1.250 0	-191.5	12 620
二氧化碳	CO ₂	1.976 8	-78.48	
二氧化硫	SO ₂	2.926 3	-10.0	
三氧化硫	SO ₃	(30 575)	46	
水蒸汽	H ₂ O	0.804	100.00	
氧	O ₂	1.428 95	-182.97	
氮	N ₂	1.250 5	-195.81	
空气(干)		1.292 8	-193	
一氧化氮	NO	1.340 2	-152	
一氧化二氮	N ₂ O	1.978 0	-88.7	

附录 D
(规范性附录)
饱和蒸汽湿度的测定

D.1 蒸汽和锅水样的采集

饱和蒸汽取样器的结构和安装如图 D.1 所示。



- 1——锅筒；
- 2——肋板；
- 3——蒸汽引出管；
- 4——蒸汽取样管

图 D.1 探针式取样器

为使蒸汽取样管取出的蒸汽含水量与蒸汽引出管中的含水量一致，蒸汽取样管中的速度应和蒸汽引出管中蒸汽速度相等，等速取样时蒸汽试样流量可按式(D.1)决定：

$$D_{qi} = \frac{d_{qi}^2}{d^2} D_{sc} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

- D_{qi} ——蒸汽试样流量，单位为千焦每小时(kJ/h)；
- d_{qi} ——蒸汽取样管孔内径，单位为毫米(mm)；
- d ——蒸汽引出管内径，单位为毫米(mm)；
- D_{sc} ——锅炉输出蒸汽量，单位为千克每小时(kg/h)。

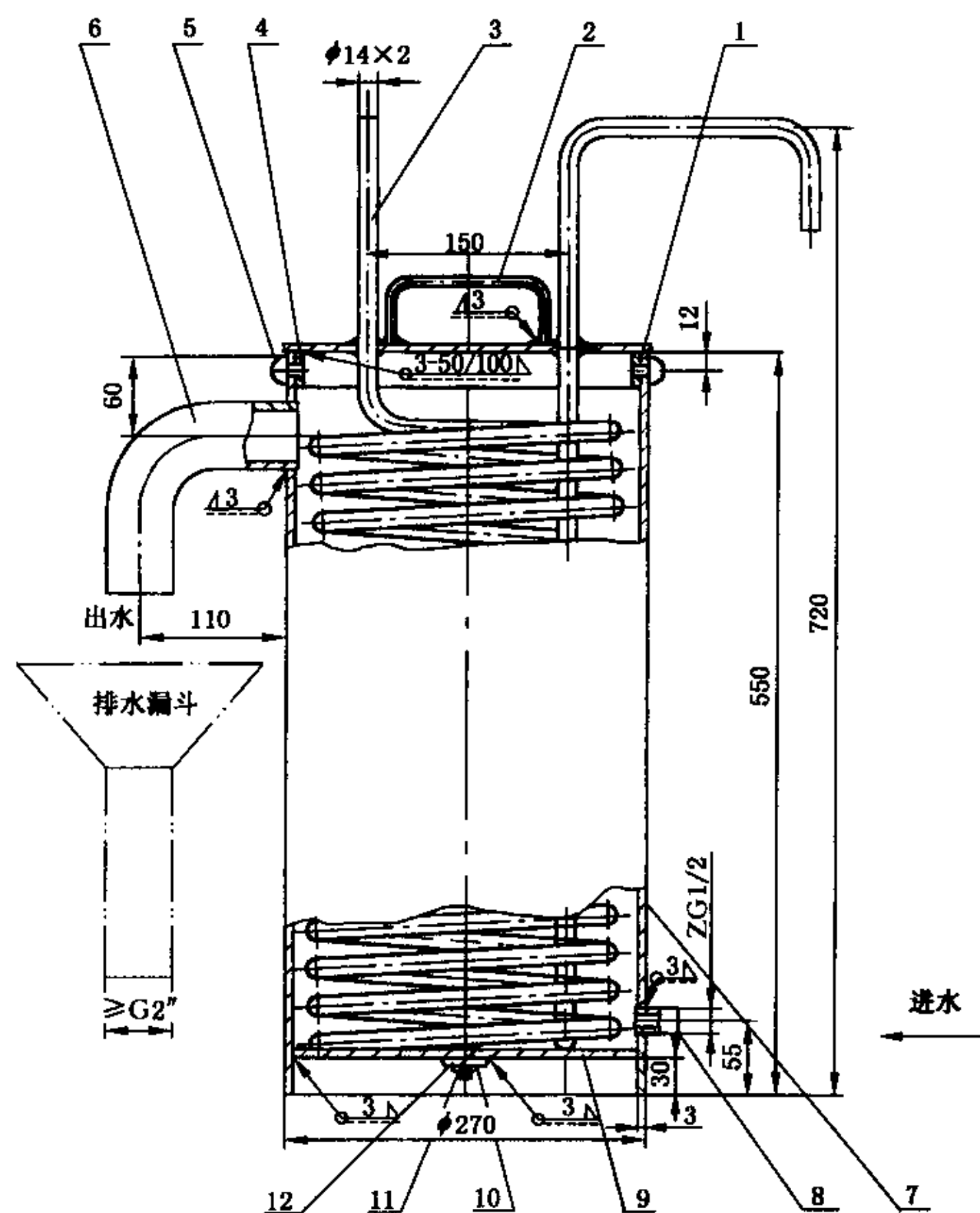
锅水取样点应从具有代表锅水浓度的管道上引出。

蒸汽和锅水样品,必须通过冷却器冷却到低于 $30^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。取样管道与设备必须用不影响分析的耐蚀材料制成。蒸汽和锅水样品应保持常流,以确保样品有充分的代表性。

盛取蒸汽凝结水样品必须是塑料制成的瓶,盛取锅水样品的容器也可以用硬质玻璃瓶。采样前,应先将取样瓶彻底清洗干净,采样时再用水样冲洗三次以后,按计算的试样流量取样,取样后应迅速盖上瓶塞。

在试验期间应定期同时对锅水和蒸汽进行取样和测定。

取样冷却器的结构如图 D.2 所示。



注: 图示件号与尺寸仅供参考。

图 D.2 取样冷却器

D.2 蒸汽湿度的测定

D.2.1 氯根法(硝酸银容量法)的测定原理

在中性($\text{pH}7$ 左右)溶液中,氯化物与硝酸银作用生成白色氯化银沉淀,过量的硝酸银与铬酸钾作用生成红色铬酸银沉淀,使溶液显橙色,即为滴定终点。滴入的硝酸银量可以表示出溶液中的氯化物含量。

用氯根法测得的蒸汽和锅水氯根含量之比的质量分数称为饱和蒸汽湿度。

D.2.2 试剂及材料

- 氯化钠:基准试剂。
- 硝酸银。
- 氢氧化钠标准滴定溶液: $c(\text{NaOH})=0.1\text{ mol/L}$ 。
- 硫酸标准滴定溶液: $c(\text{H}_2\text{SO}_4)=0.05\text{ mol/L}$ 。
- 氯化钠标准溶液(1 mL 含 1 mg 氯离子)及配制:

取氯化钠 3 g~4 g 置于瓷坩埚内,于高温炉内升温至 500℃灼烧 10 min,然后放入干燥器内冷却至室温。准确称取 1.649 g 氯化钠,先溶于少量蒸馏水,然后稀释至 1 000 mL。

f) 硝酸银标准溶液(1 mL 相当于 1 mg 氯离子)及配制:

称取 5 g 硝酸银溶于 1 000 mL 蒸馏水中配制成硝酸银溶液,以氯化钠标准溶液进行标定。标定方法如下:

于三个锥形瓶中,用移液管分别注入 10 mL 氯化钠标准溶液,再各加入 90 mL 蒸馏水及 1 mL 10% 铬酸钾指示剂,均用硝酸银溶液滴定至橙色,分别记录硝酸银溶液的消耗量。以平均值计算。但三个平行试验数值间的相对误差应小于 0.25%。

另取 100 mL 蒸馏水作空白试验,除不加氯化钠标准溶液外,其他步骤同上。记录硝酸银溶液的消耗量 V_1 。

硝酸银溶液浓度(T)按式(D.2)计算:

$$T = \frac{10 \times c}{V - V_1} \dots\dots\dots(D.2)$$

式中:

T ——硝酸银溶液浓度,单位为毫克每毫升(mg/mL);

V_1 ——空白试验消耗硝酸银溶液的体积,单位为毫升(mL);

V ——氯化钠标准溶液消耗硝酸银溶液的平均体积,单位为毫升(mL);

10——氯化钠标准溶液的体积,单位为毫升(mL);

c ——氯化钠标准溶液的浓度,单位为毫克每毫升(mg/mL)。

最后调整硝酸银溶液,使其成为 1 mL 相当于 1 mg 氯离子的硝酸银标准溶液。

g) 10% 铬酸钾指示剂。

h) 1% 酚酞指示剂(乙醇为溶剂)。

D.2.3 测定方法

a) 量取 100 mL 水样于锥形瓶中,加 2 滴~3 滴 1% 酚酞指示剂,若显红色,即用硫酸标准滴定溶液[D.2.2.d]滴至无色;若不显红色,则用氢氧化钠标准滴定溶液[D.2.2.c]滴至微红色,然后以硫酸标准滴定溶液[D.2.2.d]滴回至无色,再加入 1 mL 10% 铬酸钾指示剂。

b) 用硝酸银标准溶液滴定至橙色,记录硝酸银标准溶液的消耗体积 V_1 。同时作空白试验[方法同 D.2.2.f) 中的空白试验],记录硝酸银标准溶液的消耗体积 V_2 。

氯根(Cl^-)含量 X 按式(D.3)计算:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \times 1.0}{V} \times 1\,000 \dots\dots\dots(D.3)$$

式中:

X ——氯根(Cl^-)含量,单位为毫克每升(mg/L);

V_1 ——滴定水样消耗硝酸银标准溶液的体积,单位为毫升(mL);

V_2 ——滴定空白消耗硝酸银标准溶液的体积,单位为毫升(mL);

1.0——硝酸银标准溶液的滴定度,1 mL 相当于 1 mg 氯离子;

V ——水样的体积,单位为毫升(mL)。

D.2.4 测定水样时注意事项

a) 如水样中氯离子含量小于 5 mg/L,可将硝酸银标准溶液稀释为 1 mL 相当于 0.5 mg 氯离子后使用。

b) 为了便于观察终点,可另取 100 mL 水样加 1 mL 铬酸钾指示剂作对照。

c) 为便于滴定,宜取 10 mL 锅水水样加蒸馏水稀释至 100 mL 后,按上述规定的方法进行滴定。