

MR

中华人民共和国市场监管行业标准

MR/T XXXXX—XXXX

小型蒸汽锅炉水容积测试规范

Specifications for measuring water volume of small-capacity steam boilers

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

目 次

前言	III
1 范围.....	4
2 规范性引用文件.....	4
3 术语和定义.....	4
4 一般要求.....	5
5 仪器仪表.....	6
6 测试条件与测试准备.....	7
7 测试方法与结果计算.....	8
8 测试误差与结果.....	10
9 测试报告.....	11
附录 A（资料性） 典型锅炉结构水容积测试范围（示意）	8
附录 B（资料性） 水的体积膨胀系数	12
附录 C（资料性） 小型蒸汽锅炉水容积测试报告.....	21

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由xxxx提出并归口。

本文件主要起草单位：xxxx

本文件主要起草人：xxxx

小型蒸汽锅炉水容积测试规范

1 范围

本文件规定了小型蒸汽锅炉水容积测试的方法。

本文件适用于以下以水为介质的小型蒸汽锅炉的水容积测试：

- a) 设计正常水位水容积 $30\text{ L} \leq V \leq 50\text{ L}$ 且额定蒸汽压力 $0.1\text{ MPa} \leq p \leq 0.8\text{ MPa}$ 的蒸汽锅炉；
- b) 设计正常水位水容积 $V < 30\text{ L}$ 且额定蒸汽压力 $p \geq 0.1\text{ MPa}$ 的蒸汽锅炉；
- c) 额定蒸汽压力 $p < 0.1\text{ MPa}$ 的蒸汽锅炉。

（或者）本文件适用于以水为介质、设计正常水位水容积 $30\text{ L} \leq V \leq 50\text{ L}$ 且额定蒸汽压力 $0.1\text{ MPa} \leq p \leq 0.8\text{ MPa}$ 的小型蒸汽锅炉的水容积测试。

本文件适用于制造单位的新产品（及其系统）的水容积测试，也适用于使用单位在用产品（及其系统）的水容积测试。

其他蒸汽锅炉水容积测试可参照本文件执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2900.48 电工名词术语 锅炉

3 术语和定义

GB/T 2900.48 界定的以及下列术语和定义适用于本文件

3.1

量器测量法 **volumetric measurement method**

直接通过量器测量锅炉设计正常水位水容积对应排出水或注入水的体积的锅炉水容积测量方法。

3.2

称重测量法 **mass measurement method**

通过称量锅炉设计正常水位水容积对应排出水或注入水的质量或锅炉注满水整体质量与锅炉未注入水时质量差值，经密度计算得到锅炉水容积的测量方法。

3.3

流量测量法 flow measurement method

通过体积流量计或质量流量计测量起始和结束时的累计流量值计算得到锅炉设计正常水位水容积对应锅炉排出水或注入水的锅炉水容积测量方法。

3.4

几何尺寸测量法 geometric dimension measurement method

通过实测的几何尺寸计算内部容积（扣除内件体积）的锅炉水容积测量方法。

4 一般要求

4.1 小型蒸汽锅炉的设计正常水位水容积测试边界应符合下列要求：

a) 根据锅炉给水止回阀出口至锅炉蒸汽出口阀（或出口第一个焊口）以内的承压部件汽水空间的几何容积，由设计图样标注的尺寸计算（不考虑制造公差并且圆整。一般需要扣除永久连接在锅炉内部的内件的体积）；

b) 如果锅炉的燃烧系统、安全装置和汽水系统与其他锅炉不完全独立，有共用部分，锅炉容积按相连的锅炉容积之和计算；对于两个或两个以上锅炉通过并联方式组合使用，且每台锅炉均独立配置给水泵^{注1}、铭牌、控制屏^{注2}、安全阀^{注3}、压力表、蒸汽出口阀^{注4}时，水容积各自独立计算；

注1：给水泵扬程应大于额定蒸汽压力，能独立维持锅炉正常运行。

注2：群控时可增加一个群控屏（即N或N+1）。

注3：安全阀总排放量大于额定蒸发量。

注4：蒸汽出口阀后在框架外汇总为一根母管，母管内径截面积大于等于支管内径截面积之和。

c) 没有给水泵的封闭循环锅炉，按锅炉使用前一次性注入的水的容积计算；

d) 冷凝器或节能器出水进入下一级给水泵时，如果通过采取设置大气联接管或设置整定压力小于0.1MPa的安全泄压装置等措施，确保冷凝器或节能器出口压力不超过0.1MPa的情况下，冷凝器或节能器不属于测试范围，否则属于测试范围；

e) 汽水分离器属于水容积测试范围；

f) 与锅炉受压件相连接的第一个阀门（锅炉排污阀、水位计及示控装置放水阀、蒸汽出口阀等）以内属于水容积测试范围。

4.2 小型蒸汽锅炉典型锅炉结构及水容积测试范围，见附录A。

4.3 在用小型蒸汽锅炉水容积测试，若现场无法拆解且内部结构无法了解，可采用以下方法：手动操作锅炉给水系统向锅炉注水，直至最高位的锅炉承压接管（蒸汽出口、安全阀等）连续有水排出，随后从排污口及水位计、示控装置、汽水分离器（若有）等附件中排出锅炉内的水，并测量全部排出水的体积即为该锅炉的水容积；也可采用其他适宜的测试方法。所采用的测试方法及具体操作过程应在测试报告中详细描述。

4.4 水容积测试应在锅炉常压冷态，且炉内温度与环境温度基本一致情况下进行，测试用水温度为5℃~40℃；测试全过程应连续无中断，测试期间水温近似线性变化。

4.5 当待测锅炉炉体温度高于环境温度，导致测试期间锅炉内水温超出5℃~40℃范围或测试起始水温与结束水温之差达到15℃时，量器测量法和体积流量测量法应对测量结果进行温度修正。排水法和注水法分别采用公式（1）和公式（2）进行修正。

$$V_{修} = V_{测} \cdot (1 + \beta_{T_{avg}} \cdot (T_1 - T_{avg})) \quad (1)$$

$$V_{修} = V_{测} \cdot (1 + \beta_{T_{in}} \cdot (T_2 - T_{in})) \quad (2)$$

式中：

$V_{测}$ ——直接测量得到的锅炉水容积值，单位为升（L）；

$V_{修}$ ——对测得锅炉水容积采取温度修正后的锅炉水容积值，单位为升（L）；

$\beta_{T_{avg}}$ —— T_{avg} 温度下水的体积膨胀系数，其取值见附录 B；

T_1 ——排水法测量起始时锅炉腔体内的水温，单位为摄氏度（℃）；

T_{avg} ——排水法测量全过程锅炉内水温的算术平均值，单位为摄氏度（℃）；

$\beta_{T_{in}}$ ——计量水温 T_{in} 下水的体积膨胀系数，其取值见附录 B；

T_2 ——注水法测量结束时锅炉腔体内的水温，单位为摄氏度（℃）；

T_{in} ——注水法中外接计量用水的水温，单位为摄氏度（℃）。

4.6 测试过程中应记录水温、大气压力和环境温度等对测试结果有影响的参数。

5 仪器仪表

5.1 测量采用的仪器仪表量程、精度应满足测试需要，所用仪器仪表的技术要求应不低于表 1 的规定。

5.2 测试用仪器仪表应在检定或校准有效期内。

5.3 仪器仪表的安装及使用应符合测试要求及仪器仪表的操作规程。

表 1 主要仪器仪表的技术要求

序号	测量项目		平均值允许误差
1	量器测量	标准金属量器	三等，允差±10ml
		量筒	容量大于2L（允差±20ml）； 容量2L（允差±10ml）； 容量1L（允差±5ml）； 容量0.5L（允差±2.5ml）
2	称重测量	衡器	III级，允差±10g

3	流量测量	涡轮流量计	±0.5% FS
		电磁流量计	±0.5% FS
		齿轮流量计	±0.5% FS
		质量流量计	±0.1% FS
4	尺寸测量	钢直尺	分度值1mm,允差±0.5mm
		钢卷尺	II级,允差±0.5mm
		游标卡尺	分度值0.1mm,允差±0.1mm
		测厚仪	允差±0.2mm
5	温度测量	温度计	允差±0.5℃
6	大气压力测量	压力计	允差±10hPa

6 测试条件与测试准备

6.1 测试条件

6.1.1 测试前应确认锅炉水容积测试范围并保持内部通畅，不存在影响测试结果的堵塞、变形、积水、腐蚀、漏水和结垢等现象。

6.1.2 采用量器测量法、称重测量法或流量测量法时，测试现场应设有注水装置，宜配备锅炉腔体内部吹扫装置。锅炉应密封良好，顶端应有排气装置，底端排污阀应能排尽水；当锅炉结构复杂需分别测试各组成部分时，应保证锅炉各零部（组）件均可注满水。

6.1.3 采用流量计测量时，现场应设有水泵等注水装置，并合理选择流量计的安装位置。

6.2 测试准备

6.2.1 测试前，应至少核查下列资料：

- a) 设计说明书、质量证明书；
- b) 总图；
- c) 本体图；
- d) 汽水流程图及水容积测试范围边界图；
- e) 水容积计算书；
- f) 使用说明书和铭牌等。

6.2.2 水容积测试工作开始前应由具备测试经验的专业人员编写测试大纲。测试大纲至少应包括以下内容：

- a) 测试任务、目的；
- b) 测量方法与要求；
- c) 测点布置与所需仪器仪表；
- d) 人员组织与分工；

e) 测试工作程序。

6.2.3 按测试大纲中测点布置图的要求准备仪器仪表。

6.2.4 测试前应检查与被测锅炉相连的风、烟、水、汽、电和燃料系统等是否有效隔断。

6.2.5 测试前应核查被测锅炉的排水装置、注水装置、吹扫装置、排气装置和排污装置等是否符合测试要求。

7 测量方法与结果计算

7.1 测量方法选取准则

7.1.1 锅炉水容积测量应根据测试现场条件、锅炉结构和具体情况，选择合适的测量方法或几种方法的组合。具体选取原则如下：

- a) 当锅炉内部的水易于排出并便于收集时，宜选择量器测量法；
- b) 当锅炉注水前和注水后的质量可独立测量，或锅炉内部的水易于排出并便于收集时，宜选择称重测量法；
- c) 当锅炉内部结构复杂，难以排净注水时（如盘管式等直流锅炉），宜用流量测量法；
- d) 优先选择量器测量法，其次选择称重测量法；若均不适合，可选择几何尺寸测量法等其他方法。

7.2 量器测量法

将锅炉注满水，用量器测量所有排出水的体积 V_P 或所有注入水的体积 V_Z 。按公式（3）计算。

$$V_T = V_P = V_Z = \sum_{i=1}^n V_{ti} \quad (3)$$

式中：

V_T ——采用量器测量法测量的锅炉容积，单位为升（L）；

V_P ——所有排出水的体积，单位为升（L）；

V_Z ——所有注入水的体积，单位为升（L）

V_{ti} ——各量器测量的水体积，单位为升（L）。

7.3 称重测量法

7.3.1 直接称重测量法

将锅炉注满水，用衡器称量所有排出水的质量 m_P 或所有注入水的质量 m_Z ，通过 m_P 或 m_Z 计算的水体积即为直接称重测量法测得的水容积 V_{ZZ} ，按公式（4）计算，同时测量水温度 t 及大气压力 p 。

$$V_{zz} = 1000 \frac{m_z}{\rho} = 1000 \frac{m_p}{\rho} \quad (4)$$

式中：

V_{zz} ——采用直接称重测量法测量的锅炉水容积，单位为升（L）；

m_z ——所有注入水的称重质量，单位为千克（kg）；

m_p ——所有排出水的称重质量，单位为千克（kg）；

ρ ——水密度，由水温 t （℃）（当采用排水法时应取测量开始的锅炉水温，当采取注水法时应取注入完成时的锅炉水温）和大气压力 p （Pa）查表得到，单位为千克每立方米（kg/m³）。

7.3.2 间接称重测量法

间接称重测量法，通常较少使用，仅在特别要求且称重衡器允差满足要求时采用。将锅炉注水至符合水容积测试要求后，分别测量锅炉注水前后的质量或排水前后的质量，通过质量差计算水体积，即为间接称重测量法测得的水容积 V_{jz} ，按公式（5）计算，同时测量水温 t 及大气压力 p 。

$$V_{jz} = 1000 \frac{m_2 - m_1}{\rho} = 1000 \frac{m_4 - m_3}{\rho} \quad (5)$$

式中：

V_{jz} ——采用间接称重质量法测量的锅炉水容积，单位为升（L）；

m_1 ——锅炉注水前的质量，单位为千克（kg）；

m_2 ——锅炉注水后的质量，单位为千克（kg）；

m_3 ——锅炉排水后的质量，单位为千克（kg）；

m_4 ——锅炉排水前的质量，单位为千克（kg）；

ρ ——水密度，由水温 t （℃）（当采用排水法时应取测量开始的锅炉水温，当采取注水法时应取注入完成时的锅炉水温）和大气压力 p （Pa）查表得到，单位为千克每立方米（kg/m³）。

7.4 流量测量法

7.4.1 流量测量法应有可靠的防溢出措施和测量起始确认措施。

7.4.2 采用体积流量计测量时，应确保流量计入口处的压头满足其工作要求。对容积式流量计，入口压头应能保证流体连续、稳定地充满测量腔室，避免因压头不足导致流体气化或产生空穴现象。对涡轮流量计等速度式体积流量计，入口压头应足以使流体以稳定流速通过测量区域，且压头波动应在流量计规定的允许范围内。体积流量法测得的锅炉水容积 V_{fl} ，按公式（6）计算。

$$V_{it} = 1000 \times (\sum (Q_i \cdot \Delta t_i) - V_0) \quad (6)$$

式中：

Q_i ——第 i 段时间内的瞬时体积流量，单位为立方米/秒（ m^3/s ）；

Δt_i ——第 i 段流量稳定的持续时间，单位为秒（ s ）；

$\sum(Q_i \Delta t_i)$ ——总注水量（累计流量），单位为立方米（ m^3 ）；

V_0 ——管路、附件残液容积，单位为立方米（ m^3 ）；

V_{it} ——体积流量法测得的锅炉水容积，单位为升（ L ）。

7.4.3 采用质量流量计测量时，应确保测试工况参数在流量计有效量程范围，传感器上下游应有足够的压头以保证测量精度。体积流量法测得的锅炉水容积 V_{zt} ，按公式（7）计算。

$$V_{zt} = 1000 \times \left(\frac{q_m \cdot t}{\rho_t} - V_0 \right) \quad (7)$$

式中：

q_m ——恒定质量流量，单位为千克/秒（ kg/s ）；

ρ_t ——流量计实时测得水温下的水密度，单位为千克/立方米（ kg/m^3 ）；

V_0 ——管路、附件残液容积，单位为立方米（ m^3 ）；

V_{zt} ——质量流量法测得的锅炉水容积，单位为升（ L ）。

7.5 几何尺寸测量法

测量锅炉各部分几何尺寸参数，通过计算获得各部分的几何容积 V_{ji} ，各部分几何容积之和即为几何尺寸测量法测得锅炉的水容积 V_J ，按公式（8）计算。

$$V_J = \sum_{i=1}^n V_{ji} \quad (8)$$

式中：

V_J ——采用几何尺寸测量法测量的锅炉水容积，单位为升（ L ）；

V_{ji} ——第 i 部分几何水容积，单位为升（ L ）。

8 测试误差与结果

采用同一测试方法时，至少实施两次测试且保证两次测试数据与其平均值之差不应超出平均值的±1%，超出偏差范围应重新测试，重新测试可以采用原方法也可以另选一种测试方法。锅炉水容积最终测试结果取两次有效测试结果的平均值，按数值修约规则保留至小数点后两位。

9 测试报告

推荐性测试报告页格式见附录 C。测试所用仪器仪表标识、设备状态、测试环境等记录应附在报告附页中，记录信息不少于报告信息。附页格式由测试单位自行编制。

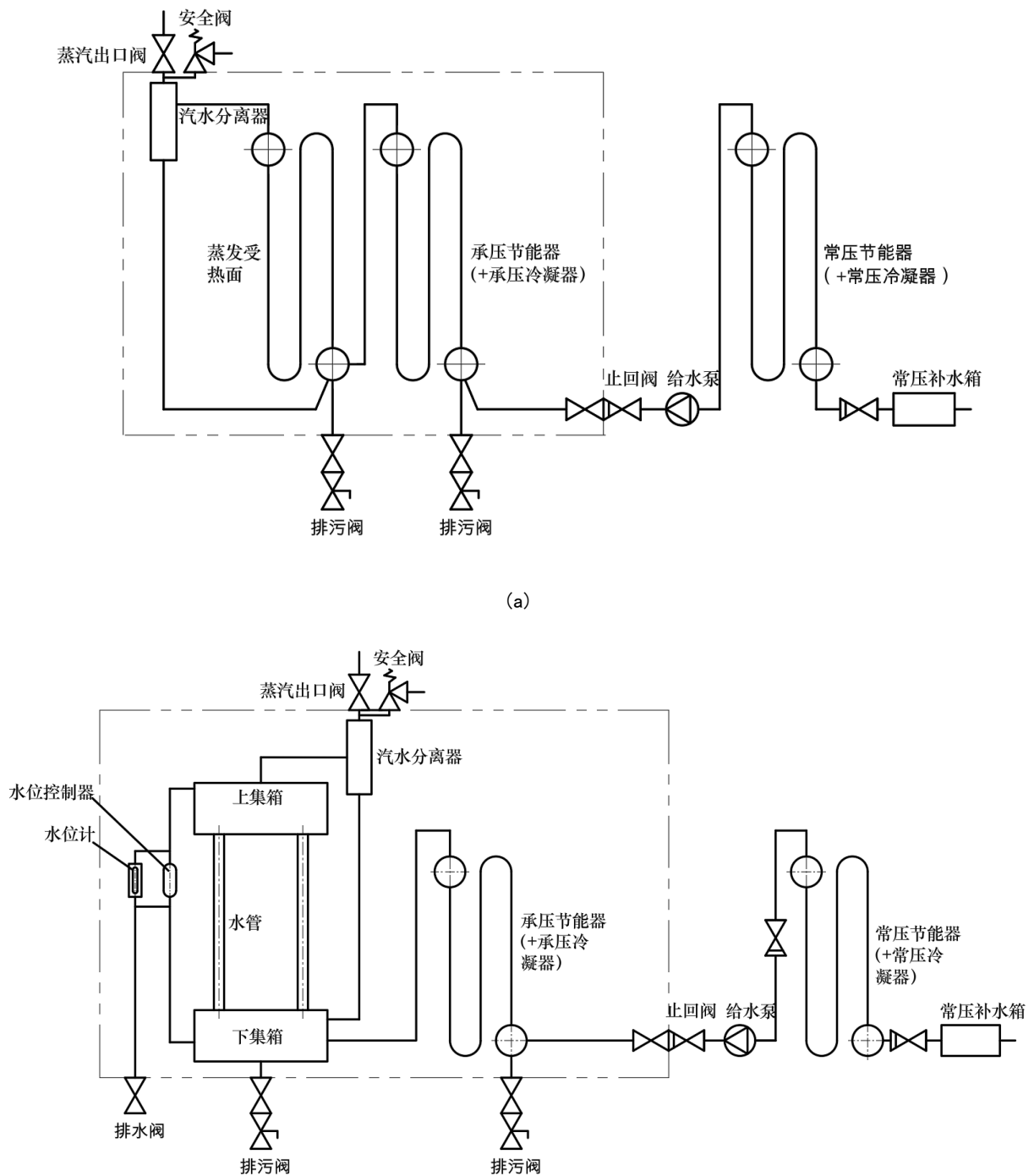
附录 A

(资料性)

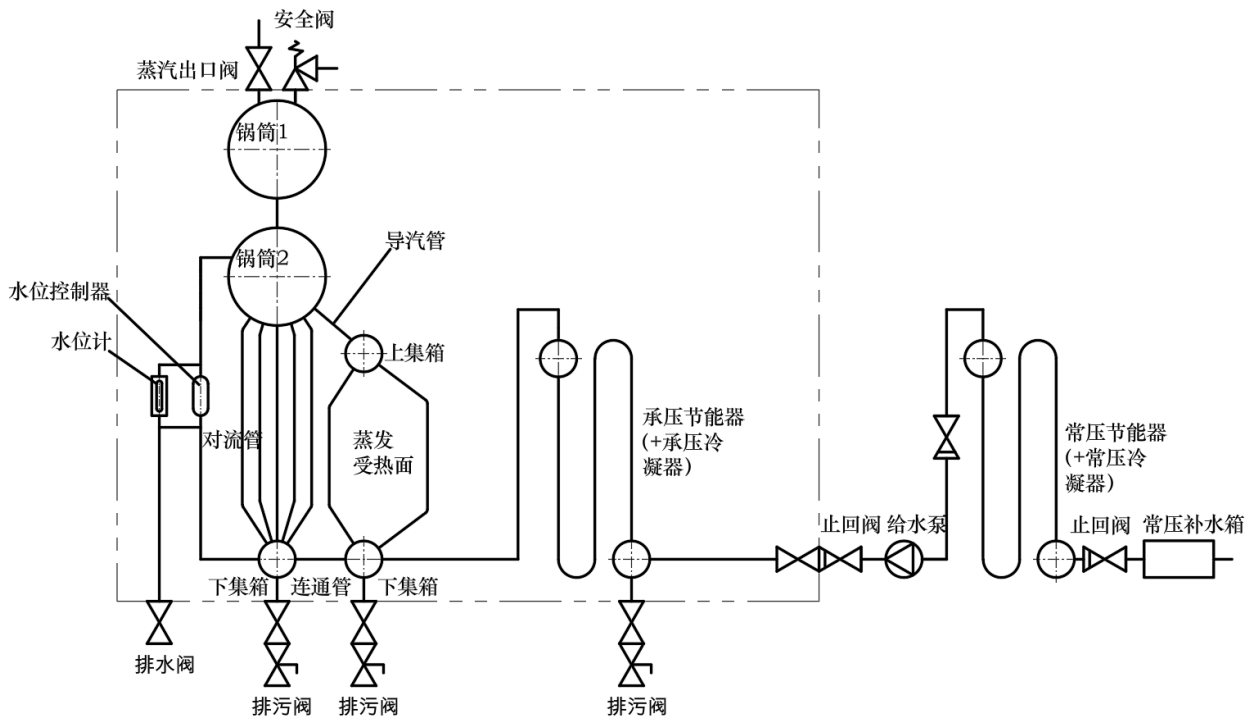
典型锅炉结构水容积测试范围 (示意)

A.1 单台蒸汽锅炉

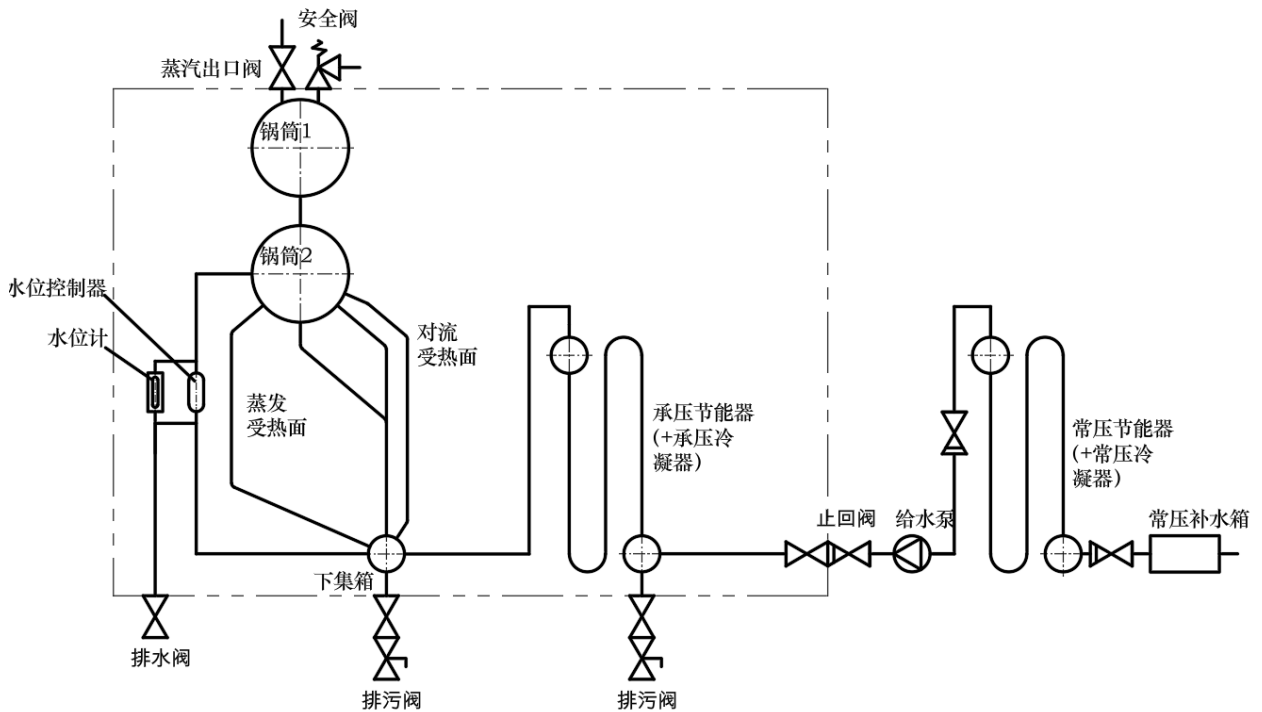
单台蒸汽锅炉水容积测试范围见图A.1。



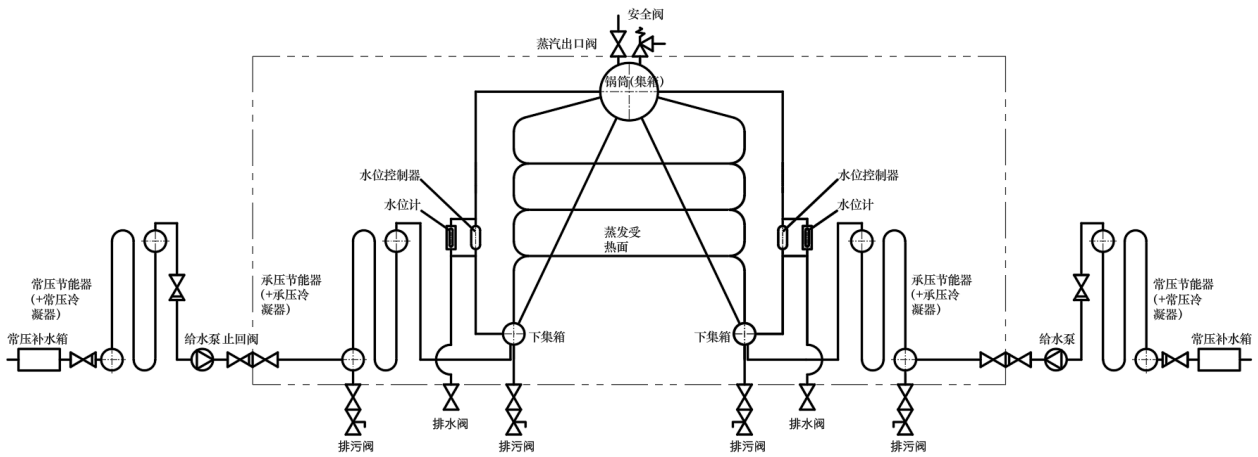
(b)



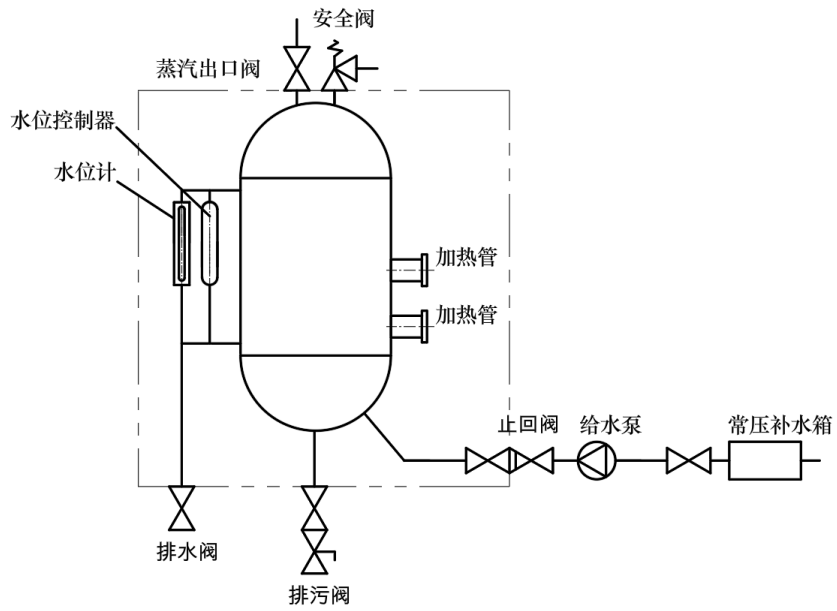
(c)



(d)



(e)



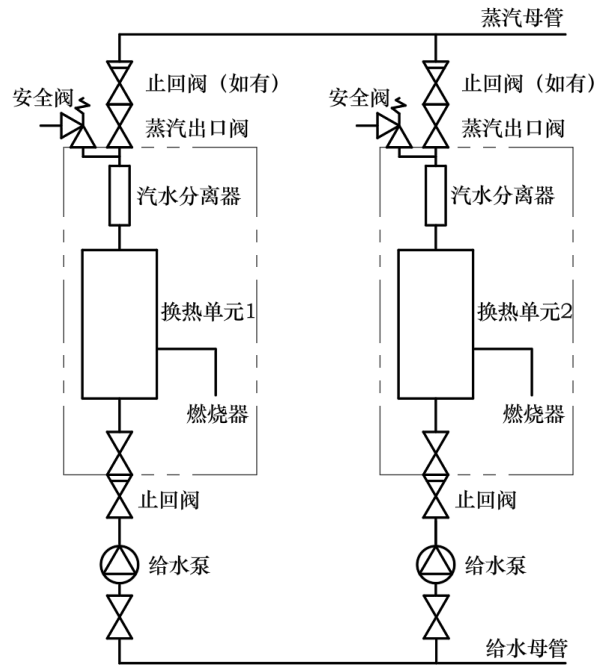
(f)

图A.1 单台蒸汽锅炉水容积测试范围（示意）

注：双点划线为水容积计算与测试边界。

A.2 多台蒸汽锅炉组合式使用

多台锅炉组合式使用时水容积测试范围见图A.2。

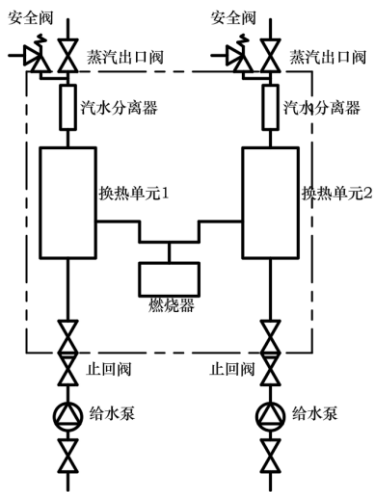


图A.2 多台蒸汽锅炉组合式使用水容积测试范围（示意）

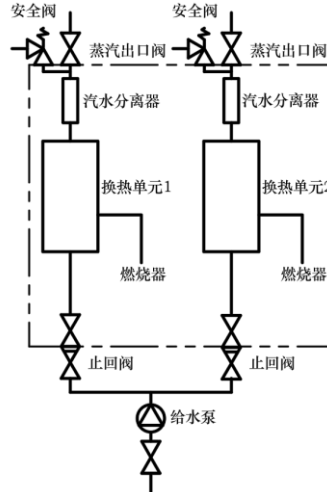
注：双点划线为水容积计算与测试边界。同时满足独立条件的，水容积独立测量。

A.3 多个换热单元共用燃烧系统、给水系统或汽水分离系统的蒸汽锅炉

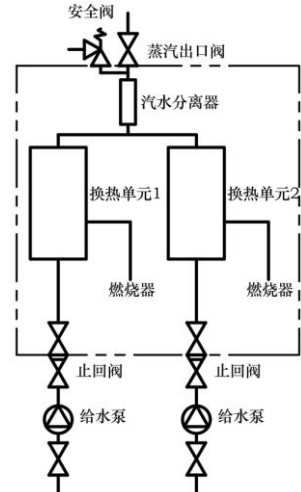
多个换热单元共用燃烧系统、给水系统或汽水分离系统的蒸汽锅炉水容积测试范围见图A.3。



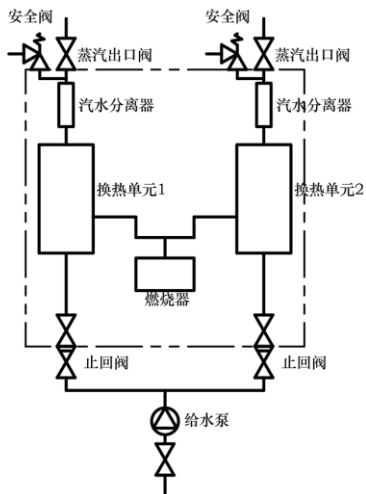
(a1) 共用燃烧系统



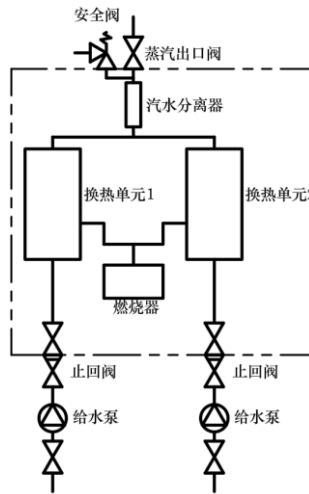
(a2) 共用给水系统



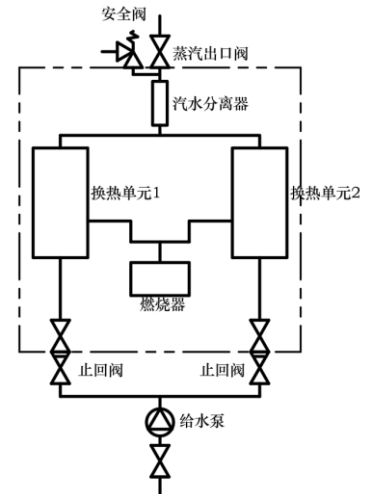
(a3) 共用汽水分离系统



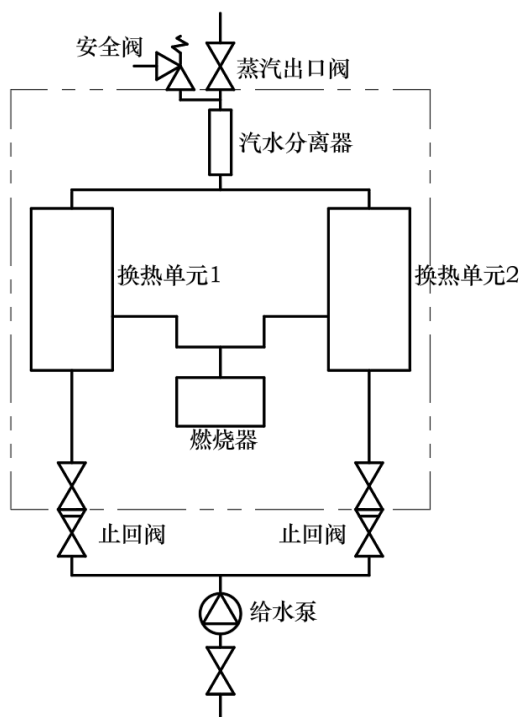
(b1) 共用燃烧系统和给水系统



(b2) 共用燃烧系统和汽水分离系统



(b3) 共用给水系统和汽水分离系统



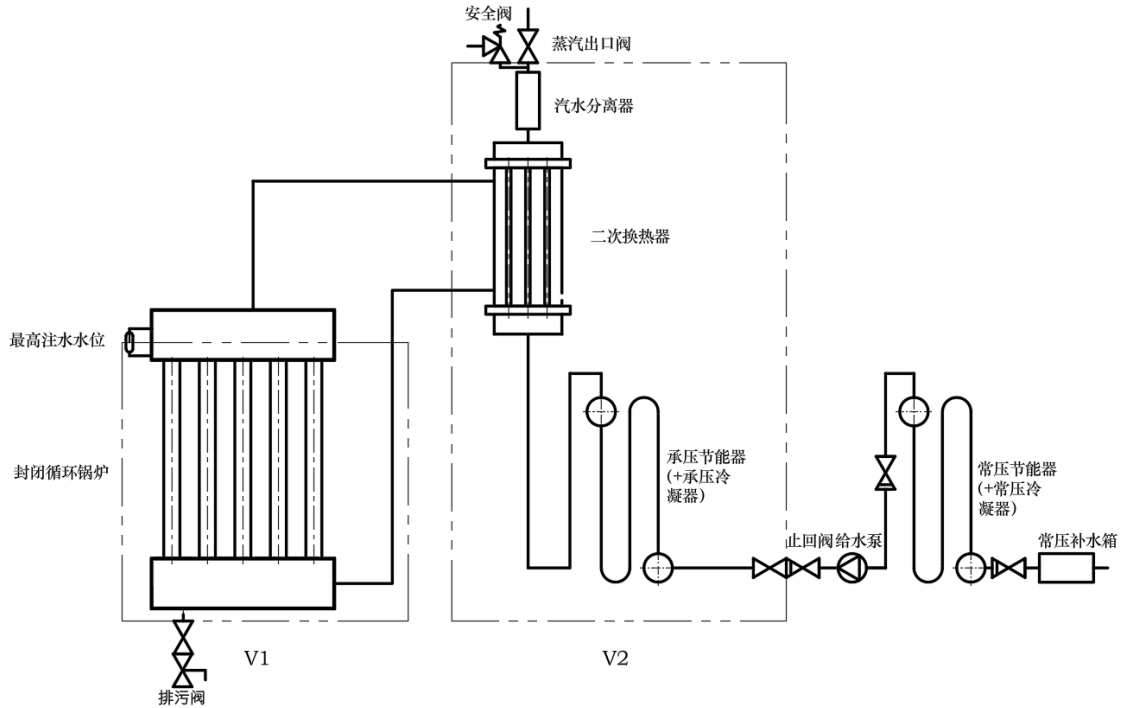
(c) 共用燃烧系统、给水系统和汽水分离系统

图A.3 多个换热单元共用燃烧系统、给水系统或汽水分离系统的蒸汽锅炉水容积测试范围（示意）

注：双点划线为水容积计算与测试边界。多个换热单元共用燃烧系统、给水系统或汽水分离系统的蒸汽锅炉，水容积取所有换热单元的水容积总和。

A.4 封闭循环蒸汽锅炉

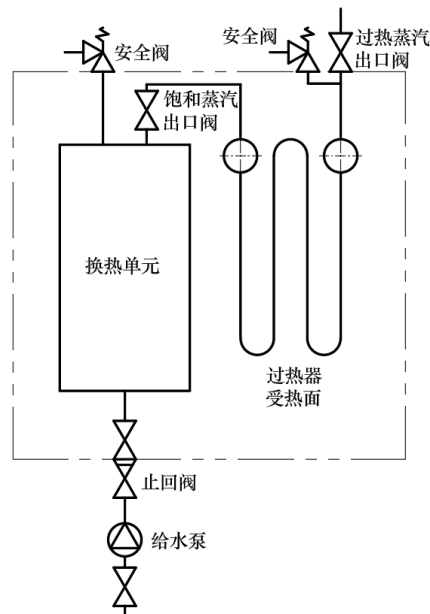
封闭循环蒸汽锅炉水容积测试范围见图A.4。



图A.4 封闭循环蒸汽锅炉水容积测试范围（示意）

注：双点划线为水容积计算与测试边界。封闭循环蒸汽锅炉水容积测试边界按V1，二次侧按锅炉管理时测试边界按V2。

A.5 带过热器的蒸汽锅炉



图A.5 带过热器的蒸汽锅炉水容积测试范围（示意）

注：双点划线为水容积计算与测试边界。

MR/T XXXXX—XXXX

附录 B

(资料性)
水的体积膨胀系数

水的体积膨胀系数 β 用于对测试结果进行温度修正（见4.3公式（1））。本附录给出了常压（标准大气压）下水在不同温度下的体积膨胀系数。

测试用水温度通常在5℃~40℃范围内，为方便直接查表，表A.1 在该区间内以1℃为间隔列出 β 值。对于表中未列出的中间温度（如40℃以上5℃间隔内的中间值），可采用线性插值法计算。

表 A.1 水的体积膨胀系数

温度(℃)	$\beta(\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C})$	温度(℃)	$\beta(\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C})$	温度(℃)	$\beta(\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C})$
5	0.16	17	1.74	29	2.95
6	0.31	18	1.85	30	3.03
7	0.46	19	1.96	31	3.12
8	0.60	20	2.07	32	3.20
9	0.74	21	2.17	33	3.28
10	0.88	22	2.28	34	3.67
11	1.01	23	2.38	35	3.45
12	1.14	24	2.48	36	3.53
13	1.27	25	2.57	37	3.62
14	1.39	26	2.67	38	3.70
15	1.51	27	2.76	39	3.79
16	1.63	28	2.85	40	3.87

注：压力对水的体积膨胀系数影响极小，工程计算中可忽略。若测试水温超出0℃~100℃范围，建议参考专业性手册。

附 录 C
(资料性)
小型蒸汽锅炉水容积测试报告

小型蒸汽锅炉水容积测试报告格式见表 C.1。

表 C.1 小型蒸汽锅炉水容积测试报告

测试日期:

报告编号:

申请资料	制造单位名称		设备图号	
	设备型号		产品编号	
	出厂日期		设计额定蒸发量	
	设计额定蒸汽压力		设计正常水位水容积(L)	
	设计蒸汽湿度			
锅炉类型	<input type="checkbox"/> 贯流式锅炉 <input type="checkbox"/> 直流锅炉 <input type="checkbox"/> 组合锅炉 <input type="checkbox"/> 闭式循环锅炉 <input type="checkbox"/> 电锅炉 <input type="checkbox"/> 余热锅炉 <input type="checkbox"/> 其他			
委托单位名称		使用单位名称		
联系人姓名		联系电话		测试地点
测试依据				
测试方法	<input type="checkbox"/> 量器测量法 <input type="checkbox"/> 称重测量法 <input type="checkbox"/> 流量测量法 <input type="checkbox"/> 几何尺寸测量法 <input type="checkbox"/> 其他:			
锅炉结构示意图(应表达出对容积数据有影响的主要信息)				
测试结果				
备注	测试所用仪器仪表标识, 测试设备状态, 测试环境等记录见报告附页。			
测试人员				
编制:	日期:	(测试机构测试专用章或者公章)		
审核:	日期:			
批准:	日期:			

本报告只对测试边界内的水容积负责, 对锅炉蒸发量、热效率、蒸汽湿度等参数未做核实。

表 C.1 (续)

测试日期:

报告编号:

附件:

注：制造单位出厂的小型蒸汽锅炉的水容积测试报告，附件应包括但不限于锅炉铭牌、锅炉总图、锅炉本体图、汽水流程图及水容积测试范围边界图、水容积计算书；在用小型蒸汽锅炉的水容积测试报告，附件应包括但不限于锅炉铭牌、锅炉总貌照片、现场测试照片、现场测试记录

当水容积测试用于判定小型蒸汽锅炉是否属于特种设备时，须同步进行水容积、能效、蒸汽湿度、环保四个项目测试，且测试边界须一致，完成四个项目测试才能完整表述该产品的合规性和整体性能。