



团 体 标 准

T/ZZB 1777—2023

代替T/ZZB 1777—2020

全浸没式高电压电极热水锅炉

High voltage full immersed electrode hot water boiler

2024 - 11 - 14 发布

2024 - 12 - 14 实施

全国团体标准信息平台

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 型号和基本参数	3
5 基本要求	4
6 技术要求	5
7 检验和试验方法	7
8 检验规则	8
9 油漆、包装、标志和随机文件	10
10 质量承诺	11

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》的规定起草。

本文件代替 T/ZZB 1777—2020 《全浸没式高电压电极热水锅炉》，与 T/ZZB 1777—2020 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了锅炉常用钢板、钢管材料的规定（见 5.2.1，2020 年版的 5.2.1）；
- b) 更改了锅炉所用封头结构的规定（见 5.2.5，2020 年版的 5.2.5）；
- c) 更改了锅炉检测和控制仪表的要求（见 5.2.8，2020 年版的 5.2.8）；
- d) 更改了锅炉材料代用的要求（见 5.2.11，2020 年版的 5.2.11）；
- e) 更改了焊后无损检测的规定（见 5.3.3，2020 年版的 5.3.3）；
- f) 更改了锅炉制造工艺的规定（见 5.3.4，2020 年版的 5.3.4）；
- g) 更改了锅炉结构设计的规定（见 6.1.1，2020 年版的 6.1.1）；
- h) 更改了锅炉强度设计的规定（见 6.1.2，2020 年版的 6.1.2）；
- i) 更改了安全阀的数量和流通直径的规定（见 6.3.1，2020 年版的 6.3.1）；
- j) 更改了锅炉压力表、温度表安装部位及选用的规定（见 6.3.3，2020 年版的 6.3.3）；
- k) 更改了安全保护动作的规定（见 7.3.2，2020 年版的 7.3.2）；
- l) 更改了水压试验的规定（见 7.5，2020 年版的 7.5）；
- m) 更改了噪音测定的规定（见 7.7.4，2020 年版的 7.7.4）。

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这些专利的责任。

本文件由浙江省质量协会提出并归口。

本文件主要起草单位：浙江上能锅炉有限公司。

本文件参与起草单位：绍兴市特种设备检测院。

本文件主要起草人：陈怡超、符海忠、曹建江、倪苗君、戴叶青、李春明、陈电方、徐孝明、杜锡勇、赵星波、余翔、严宏烜、俞欣林。

本文件评审专家组长：梁米加。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——T/ZZB 1777—2020；

——本次修订承担单位：浙江省质量协会。

全浸没式高电压电极热水锅炉

1 范围

本文件规定了全浸没式高电压电极热水锅炉的术语和定义、型号和基本参数、基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、油漆、包装、标志和随机文件、质量承诺等。

本文件适用于直接利用高压电作为锅炉电源，利用水的高热阻特性发热，通电后把水加热以获得规定参数热水的设备。（以下简称锅炉）

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 191 包装储运图示标志
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 1576 工业锅炉水质
- GB/T 1958 产品几何技术规范（GPS）几何公差 检测与验证
- GB/T 2900.48 电工名词术语 锅炉
- GB/T 3166 热水锅炉参数系列
- GB/T 3785.1-2023 电声学 声级计 第1部分：规范
- GB/T 3785.2-2023 电声学 声级计 第2部分：型式评价试验
- GB/T 6388 运输包装收发货标志
- GB/T 7344 交流伺服电动机通用技术条件
- GB/T 10180 工业锅炉热工性能试验规程
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 16508.2-2022 锅壳锅炉 第2部分：材料
- GB/T 16508.3-2022 锅壳锅炉 第3部分：设计与强度计算
- GB/T 16508.4-2022 锅壳锅炉 第4部分：制造、检验与验收
- GB/T 16927.1-2011 高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求
- GB/T 34912 工业锅炉系统节能设计指南
- GB/T 42535 锅炉定期检验
- GB/T 43911 锅炉热工性能试验不确定度的评定方法
- GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范
- NB/T 10936 电加热锅炉技术条件

- NB/T 11477 电站锅炉可靠性评定规范
- NB/T 47013 承压设备无损检测
- NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
- NB/T 47018 承压设备用焊接材料订货技术条件
- NB/T 47051 工业锅炉控制装置技术条件
- NB/T 47055 锅炉涂装和包装通用技术条件
- JB/T 8662 镶嵌式控制屏及模拟屏技术条件
- DL/T 776 火力发电厂绝热材料
- TSG 11 锅炉安全技术规程
- TSG ZF001 安全阀安全技术监察规程

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

全浸没式高电压电极热水锅炉 High voltage full immersed electrode hot water boiler

用高压电作为锅炉电源，利用水的高热阻特性发热，通电后把水加热以获得规定参数热水的设备。锅炉炉体内为满水，电极完全浸没在水中，内有相电极、零位电极、隔离盾、喷射管、升降机构等部件，锅炉功率通过隔离盾升降进行调节。

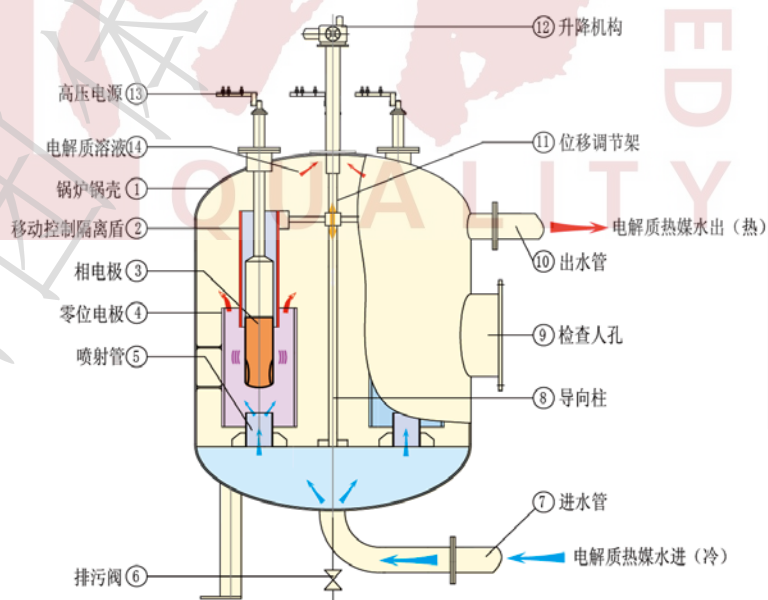


图1 全浸没式高电压电极热水锅炉结构原理图

- 1.锅炉锅壳 2.移动控制隔离盾 3.相电极 4.零位电极 5.喷射管 6.排污阀 7.进水管 8.导向柱 9.检查人孔
- 10.出水管 11.位移调节架 12.升降机构 13.高压电源 14.电解质溶液

3.2

高电压 high voltage

电压等级为：6.3kV、10.0kV、13.5kV及20.0kV几种级别的电压。

3.3

全浸没 full immersed

锅炉炉体内充满介质水，电极完全浸没在介质水中的一种结构。

3.4

隔离盾 shield

能调节相电极与零位电极之间相电流的部件。

3.5

升降机构 actuator

实现隔离盾上下升降的传动机构。

3.6

喷射管 jet pipe

将锅炉进水导向喷入相电极与零位电极之间的加热区域的部件。

4 型号和基本参数

4.1 型号

电极锅炉的产品型号由两部分组成，各部分之间用短横线相连（图2），各部分表示内容如下：

——型号的第一部分表示锅炉本体型式和电极锅炉代号及锅炉容量。共分三段，第一段用一个大写汉语拼音字母表示锅炉本体型式，锅炉本体型式分卧式和立式两种，用W代表卧式，用L代表立式；第二段用汉语拼音字母DR表示电极锅炉代号；第三段用阿拉伯数字表示热水锅炉的额定热功率为若干MW。各段连续书写。

——型号的第二部分表示锅炉的介质参数。热水锅炉分三段，各段之间以斜线相连，第一段用阿拉伯数字表示额定出水压力为若干MPa；第二段和第三段分别用阿拉伯数字表示出水温度和进水温度为若干℃；

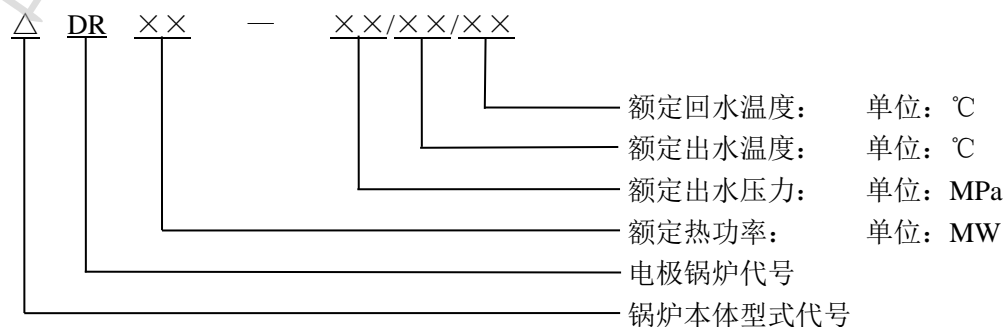


图2 电极锅炉产品型号组成示意图

示例：LDR8-1.0/95/75 表示立式电极锅炉，额定热功率 8MW，额定出水压力为 1.0MPa，额定出水温度 95℃，额定回水温度 75℃。

4.2 基本参数

4.2.1 额定热功率

锅炉的额定热功率应符合GB/T 3166的要求。

4.2.2 锅炉额定工作压力

锅炉的额定工作压力应不大于1.6MPa。

4.2.3 额定出、回水温度差

锅炉的额定出、回水温度差应不大于20℃。

4.2.4 电源电压等级

锅炉的电源电压等级为6.3kV、10.0kV、13.5kV及20.0kV。

4.2.5 电极耐压性能

锅炉的电极耐压性能应符合GB/T 16927.1-2011的规定，如表1所示。

表1 锅炉电极耐压性能

额定电压	耐压试验电压	绝缘电阻		气压渗漏试验	雷击试验
6.3kV/50Hz	30kV	交接试验不低于 800MΩ	预防性试验不低于 800MΩ	0.12MPa	全波 60kV 截波 70kV
10.0kV/50Hz	42kV				全波 75kV 截波 85kV
13.5kV/50Hz	50kV				全波 95kV 截波 110.0kV
20.0kV/50Hz	65kV				全波125kV 截波145kV

4.2.6 隔离盾、喷射口耐压性能

锅炉隔离盾、喷射口耐压性能应符合GB/T 16927.1-2011的规定，如表2所示。

表2 锅炉隔离盾、喷射口耐压性能

额定电压	耐压试验电压
6.3kV/50Hz	30kV
10.0kV/50Hz	42kV
13.5kV/50Hz	50kV
20.0kV/50Hz	65kV

5 基本要求

5.1 设计

- 5.1.1 宜采用热力设计软件对锅炉热效率进行计算及验证。
- 5.1.2 宜采用强度设计软件对锅炉结构强度进行计算及校验。
- 5.1.3 宜采用三维设计软件对锅炉结构及系统管路布置进行设计及优化。
- 5.1.4 锅炉及其辅助设备系统控制，采用可编程逻辑控制器系统（PLC）、触摸屏，或分散、集中控制系统（DCS）。

5.2 材料及部件

- 5.2.1 锅炉常用钢板、钢管材料应符合 GB/T 16508.2-2022 的规定。
- 5.2.2 锅炉所用碳素紧固件、拉撑件材料应符合 GB/T 699 的规定。
- 5.2.3 锅炉所用焊接材料应符合 NB/T 47018 的规定。
- 5.2.4 锅炉所用保温材料应符合 DL/T 776 的规定。
- 5.2.5 锅炉所用封头结构应符合 GB/T 16508.3-2022 的规定。
- 5.2.6 锅炉所用电极由具有高压配电检测资质的第三方检测单位检定出具质量检测证明。
- 5.2.7 锅炉所用隔离盾和喷射管由具有高压配电检测资质的第三方检测单位检定出具质量检测证明。
- 5.2.8 锅炉检测和控制仪表应符合 TSG 11、NB/T 47051 的要求。
- 5.2.9 锅炉所用交流伺服电动机应符合 GB/T 7344 的规定。
- 5.2.10 锅炉所用控制柜及选用的电气元器件应符合 JB/T 8662 的规定。
- 5.2.11 锅炉材料代用应符合 GB/T 16508.2-2022 中材料代用的要求。

5.3 工艺及装备

- 5.3.1 材料下料时采用激光切割机、等离子切割机等自动化设备进行切割和下料。
- 5.3.2 材料组对和焊接时采用装配工装进行组对，采用管板自动焊机、焊接机器人等自动化生产设备进行焊接。
- 5.3.3 焊后无损检测应符合 GB/T 16508.4-2022 的规定。
- 5.3.4 锅炉制造工艺应符合 GB/T 16508.4-2022 的规定。
- 5.3.5 锅炉焊接工艺评定应符合 NB/T 47014 的规定。

5.4 检验检测

- 5.4.1 锅炉进行承（受）压组件金属材料、焊接材料、主要零部件的入厂检验。
- 5.4.2 锅炉进行焊接质量、装配尺寸的在线检验。
- 5.4.3 锅炉进行装配检验、安全仪表审查、水压性能的出厂检测。
- 5.4.4 配有超声波测厚仪、无损检测设备、红外线水平仪、数字式激光测距仪、焊缝检验尺、理化试验设备、电动试压泵等检验配套设备。

6 技术要求

6.1 设计要求

- 6.1.1 锅炉结构设计应符合 GB/T 16508.3-2022 的规定。
- 6.1.2 锅炉强度设计应符合 GB/T 16508.3-2022 的规定。
- 6.1.3 锅炉结构采用全浸没结构，电极全浸没式、隔离盾用升降装置来调节功率，升降装置采用刚性螺杆转动传动结构，锅炉功率调节范围有升降结构有上、下行程控制开关。

6.1.4 锅炉合理布置高压电极元件，采用三个电极、六个电极、九个电极 3 种布置方法（图 3），每个电极的之间的中心距应不小于 250mm。

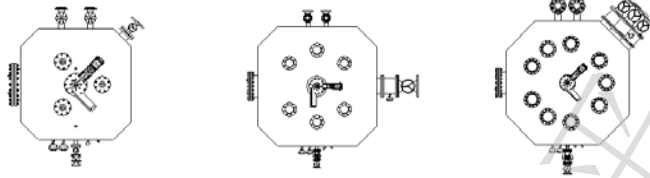


图3 锅炉电极布置图

6.1.5 锅炉高压带电部分与非带电金属部分之间的距离应不发生漏电，并有良好的绝缘性能，且便于装拆、检查、清理。

6.2 装配要求

6.2.1 锅炉上封头升降机连接管法兰和高压电极管法兰平面倾斜度不大于 1mm；其余各法兰平面倾斜度不大于 2mm；法兰螺栓孔在螺栓圆上的偏移应符合表 3 的要求；法兰高度的偏差不大于 ±2mm。

6.2.2 锅炉上封头升降机连接管法兰面至底部支撑板之间的总高度偏差不大于 ±10mm。

表3 法兰螺栓孔偏移

法兰外径(mm)	法兰螺栓孔偏移(mm)
≤100	≤1
>100~200	≤2
>200	≤3

6.2.3 零位电极筒与支撑板的安装高度偏差不大于 ±10mm。

6.3 安全要求

6.3.1 锅炉应至少设置 2 个安全阀，安全阀应当应符合 TSG ZF0001 的规定，额定出口水温 ≥100℃ 的锅炉，其安全阀的数量和流通直径应符合 TSG 11 的规定，额定出口水温 <100℃ 的锅炉，安全阀流通直径可按表 4 选取。

表4 低于 100℃的锅炉安全阀流通直径

安全阀流通直径mm	锅炉额定热功率MW
$Q \leq 1.4$	≥20
$1.4 < Q \leq 7.0$	≥32
$Q > 7.0$	≥50

6.3.2 安全阀按照表 5 规定进行整定或者效验；

表5 锅炉安全阀的整定压力

安全阀整定压力	
最低值	最高值
1.10倍工作压力，但不小于工作压力+0.07MPa	1.12倍工作压力，但不小于工作压力+0.10MPa

- 6.3.3 锅炉压力表、温度表安装部位及选用应符合 TSG 11 的规定。锅炉至少安装 1 只温度传感器。
- 6.3.4 锅炉侧循环系统安装水流开关和压力开关。
- 6.3.5 锅炉本体安全保护具备：介质高温保护、锅炉缺水保护、锅炉超压保护、功率限制保护和可靠接地保护。
- 6.3.6 锅炉高压电安全保护具备：漏电保护、短路保护、电极过流保护、过电压保护和三相电平衡保护。
- 6.3.7 锅炉控制电路保证发生故障时具有安全中断功能。
- 6.3.8 锅炉本体接地电阻应 $\leq 4\Omega$ 且 $\geq 2\Omega$ ，锅炉本体与高压开关柜连线接地电阻应 $\leq 1\Omega$ 。
- 6.3.9 锅炉设置闭锁系统保护，进入锅炉高压笼罩前，应断电，且用断路器的开锁钥匙打开笼罩上的锁。

6.4 水质要求

锅炉补水水质要求应符合 GB/T 1576 的规定，其中电导率 $\leq 5\mu\text{s}/\text{cm}$ ，悬浮物 $\leq 5\text{mg}/\text{L}$ 。

6.5 水压试验

- 6.5.1 锅炉出厂之前和现场安装好后，都要进行水压试验。
- 6.5.2 锅炉本体工作压力 $< 0.8\text{MPa}$ 时，水压试验压力应取 1.5 倍工作压力，且不小于 0.2MPa。
- 6.5.3 锅炉本体工作压力 $\geq 0.8\text{MPa}$ 且 $\leq 1.6\text{MPa}$ 时，水压试验压力应取工作压力加 0.4MPa。
- 6.5.4 整体水压试验保压时间为 20min；零、部件单件进行试验时，保压时间至少为 20min。

6.6 绝缘耐压试验

- 6.6.1 锅炉现场安装完毕、做水压试验前，进行绝缘耐压测试。
- 6.6.2 绝缘电阻试验：10.0kV 及以下中高压压部分用 2500V 兆欧表测量机组带电部位对非带电部位的绝缘电阻，交接试验标准：不低于 800M Ω 。
- 6.6.3 交接耐压试验：在锅炉高压带电部位与非带电部位及带电部位不同相之间施加 42KV 试验电压，历时 1min；要求应无闪络、击穿。

6.7 性能要求

- 6.7.1 锅炉的热效率不小于 99.5%。
- 6.7.2 锅炉功率调节范围：10%~100%，在该范围内可以无级快速调节。
- 6.7.3 锅炉保温在额定工况情况下，外保温层外表面温度不超过 50℃。
- 6.7.4 锅炉的噪声不大于 65dB(A)。

6.8 外观要求

锅炉内、外表面应洁净，油漆应光洁，无褶皱和剥落。

7 试验方法

7.1 设计检验

- 7.1.1 锅炉的设计文件应当经过国家质检总局核准的设计文件鉴定机构鉴定合格。
- 7.1.2 锅炉结构设计和电极元件布置应符合本文件的规定。

7.2 装配检验

7.2.1 平面倾斜度

将试件平放于平台上，用数显水平仪配合塞尺或平板配合卷尺使用，以全部测量值中最大值作为试验结果。

7.2.2 螺栓孔偏移

将试件平放于平台上，以Y轴为基线，用红外线水平仪配合流标卡尺和定位板使用，每片法兰至少测量三点，以全部测量值与标准值的最大偏差作为试验结果。

7.2.3 高度偏差

将试件平放于平台上，用平板配合数字式激光测距仪或最小分度尺1mm的卷尺使用，以全部测量值与标准值之间最大偏差作为试验结果。

7.3 安全检验

7.3.1 审查安全阀、仪表产品合格证是否应符合本文件要求。

7.3.2 安全保护动作按照 NB/T 10936 中规定的方法进行。

7.3.3 接地电阻按照 GB/T 50065 中规定的方法进行。

7.4 水质检验

按照GB/T 1576中规定的方法进行。

7.5 水压试验

按照GB/T16508.4-2022中5.6.4的规定的的方法进行。

7.6 电极绝缘耐压试验

按照GB/T 16927.1-2011中6.3、7.3规定的方法进行。

7.7 性能试验

7.7.1 热效率

按照GB/T 10180中规定的方法进行。

7.7.2 功率调节

按照GB/T 10180中规定的方法进行。

7.7.3 保温测定

按照GB/T 10180中规定的方法进行。

7.7.4 噪音测定

采用 GB/T 3785.1-2023、GB/T 3785.2-2023中规定的 I 型或 I 型以上的声级计，以及精确度相当的其他测试仪器。

7.8 外观质量

目测检验锅炉内、外表面无焊渣杂物残留，外包装油漆应光洁，无褶皱和剥落。

8 检验规则

8.1 检验分类

锅炉的检验分为出厂检验和型式试验。

表6 产品出厂和型式检验项目

序号	项目内容	技术要求	检验方法	出厂检验	型式试验
1	设计检验	6.1	7.1	×	√
2	装配检验	6.2	7.2	√	
3	安全阀仪表审查	6.3.1、6.3.2、6.3.3、6.3.4	7.3.1	√	
4	安全保护动作	6.3.5、6.3.6、6.3.7	7.3.2	×	
5	接地电阻	6.3.8	7.3.3	×	
6	水质检验	6.4	7.4	×	
7	水压性能	6.5	7.5	√	
8	电极绝缘耐压性能	6.6	7.6	×	
9	热工性能测定	6.7.1、6.7.2、6.7.3	7.7.1、7.7.2、7.7.3	×	
10	噪声测定	6.7.4	7.7.4	×	
11	外观质量	6.8	7.8	×	

注：标有“√”项为需要检验项目，标有“×”为非检验项目。

8.2 出厂检验

8.2.1 检验项目

出厂检验项目见表6。

8.2.2 抽样方法

每台锅炉出厂前均应经质量检验部门按出厂检验项目进行检验，审查要求项目，以提供文件、图纸、合格证书等验证。

8.2.3 判定规则

出厂检验项目均应符合本文件要求时，判定为出厂检验合格，若有任一项目不合格时，则判定为出厂检验不合格。

8.3 型式试验

8.3.1 检验项目

型式试验项目见表6。

8.3.2 抽样方法

有下列情况之一时应进行型式检验：

- 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定时；
- 正式生产后，产品的设计、工艺、结构或使用的材料有较大改变，可能影响产品性能时；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；

f) 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

8.3.3 判定规则

型式试验项目均应符合本文件要求时，判定为型式检验合格。若有任一项目不合格时，则判定为型式试验不合格。

9 油漆、包装、标志和随机文件

9.1 油漆要求

9.1.1 锅炉的油漆和包装应符合 NB/T 47055 的规定。

9.1.2 锅炉外表应有明显的吊装位置。

9.1.3 锅炉外露的不涂漆加工面应采取防锈处理，螺纹接头用螺塞堵住，法兰孔用垫板封盖。

9.1.4 锅炉整体包装应符合 GB/T 13384 的规定。包装完成后应按 GB/T 191、GB/T 6388 规定刷写包装储运、发货标志。

9.2 标志要求

9.2.1 受压元件和主要承受载荷的非受压元件（支吊耳、拉撑件）用材料标记应可追溯。在制造过程中，如原标记被裁剪或材料分成几块时，应规定标记的表达方式，并在材料分割前完成标记的移植。

9.2.2 受压元件焊缝、受压元件与主要承受载荷的非受压元件之间的角焊缝附近应打上焊工代号钢印，或者在含焊缝布置图的焊接记录中记录焊工代号。

9.2.3 无损检测标记应符合 NB/T47013 的规定。

9.3 铭牌要求

9.3.1 每台锅炉应在明显位置上钉上固定产品金属铭牌和注意事项，产品铭牌上标识应包括下列内容：

- 制造单位名称
- 产品名称、型号；
- 主要技术参数（额定热功率、额定工作压力、额定进/出口温度、热效率、电压等级、设备重量等）；
- 产品编号；
- 制造日期；
- 设备代码；
- 锅炉制造许可证级别及编号；

9.3.2 锅炉产品铭牌上应打有当地特检院的监督检验标志“TS”

9.3.3 铭牌尺寸和要求应符合 GB/T 13306 的规定。

9.4 随机文件

每台锅炉的随机文件，成套供应设备易损件，包装入库前应清点后入库。应提供下列技术资料：

- 锅炉总图、管路系统图；
- 产品安装使用说明书；
- 质量证明书；
- 资料总清单；
- 易损件清单；
- 装箱发货清单。

10 质量承诺

10.1 应建立互联网远程服务监控，能够通过 IBS(智能锅炉物联网平台)，对销售的运行锅炉进行远程监控，实现维修、保养等信息的收集，且能实现对锅炉能耗、运行状况等在线监控，指导用户进行最优化运行调整。

10.2 应设有独立的售后服务部，建立各个服务地区的服务网点，并开通售后服务专用的热线电话。

10.3 在出厂期 18 个月内，因设计和制造质量不良而发生损坏或并非因安装质量、运行条件和操作水平的原因，不能按额定参数正常运行或达不到规定的性能要求，经公司确认后提供免费检修或者更换服务。

10.4 用户发现故障后拨打售后服务专用热线电话，应在 8 小时内响应，24 小时内提出解决方案。