



中华人民共和国国家标准

GB/T 39288—2020

蓄热型电加热装置

Thermal storage device with electrical input and thermal output

2020-11-19 发布

2021-10-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 分类与标记 4

5 一般要求 4

6 要求 6

7 试验方法 7

8 检验规则 9

9 标志、包装、运输和贮存..... 10

附录 A（规范性附录） 蓄热型电加热装置的实验室热工性能试验方法 12

附录 B（资料性附录） 蓄热型电加热装置的现场热工性能试验方法 19



前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国住房和城乡建设部提出。

本标准由全国暖通空调及净化设备标准化技术委员会(SAC/TC 143)归口。

本标准起草单位:中国建筑科学研究院有限公司、北京市建筑设计研究院有限公司、清华大学、北京工业大学、华北电力大学、哈尔滨工业大学、石家庄铁道大学、中国中元国际工程有限公司、国家空调设备质量监督检验中心、沈阳世杰电器有限公司、大连天宇热能有限公司、安徽苏立科技股份有限公司、烟台卓越新能源科技股份有限公司、北京添瑞祥德计量科技有限公司、北京新能乐业科技有限公司、大连传森科技有限公司、辽宁大卯新能源供热设备制造有限公司、银河电气有限公司、中科中蓝能源科技(西安)有限公司、北京燕开能源技术有限公司、江苏启能新能源材料有限公司、江苏金合能源科技有限公司、贺迈新能源科技(上海)有限公司、北京宇田相变储能科技有限公司、上海筑能环境科技有限公司、曼瑞德集团有限公司、安徽安泽电工有限公司、宁波高新区健坤电热技术有限公司、河北佳成能源科技发展有限公司、中益能储热技术集团有限公司、沈阳飞驰电气设备有限公司、山东鲁阳节能材料股份有限公司、北京圣福来科技有限公司、平湖伟峰科技有限责任公司、赤峰暖捷新型建材有限责任公司。

本标准主要起草人:路宾、李爱松、李忠、孙成群、王馨、吴玉庭、徐超、谭羽非、罗勇、李著萱、刘宗江、贾春霞、阳春、朱建新、林军、潘伟、王真光、刘伟、陈琦、毛靖、王子乐、何明豹、张亚鹏、刘国斌、李文、宋鹏飞、汪慰军、杜兔平、肖洪海、钟思奕、张竣业、龚旭、邬志军、王智慧、关振哲、刘超、王占军、倪跃良、别舒、丁胜。

蓄热型电加热装置

1 范围

本标准规定了蓄热型电加热装置的分类与标记,一般要求,要求,试验方法,检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于以电为加热源进行蓄热、采用热能作为输出形式,且额定工作电压等级 1 kV 以下、标称蓄热电功率 5 kW 及以上的蓄热型电加热装置(以下简称“装置”)。

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 151 热交换器

GB/T 1234 高电阻电热合金

GB/T 1236 工业通风机 用标准化风道性能试验

GB 2894 安全标志及其使用导则

GB/T 4208 外壳防护等级(IP 代码)

GB 4706.1—2005 家用和类似用途电器的安全 第 1 部分:通用要求

GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分:通用技术条件

GB/T 5959.1 电热和电磁处理装置的安全 第 1 部分:通用要求

GB 5959.4 电热装置的安全 第 4 部分:对电阻加热装置的特殊要求

GB/T 10066.1—2019 电热和电磁处理装置的试验方法 第 1 部分:通用部分

GB/T 10067.1 电热和电磁处理装置基本技术条件 第 1 部分:通用部分

GB/T 10180 工业锅炉热工性能试验规程

GB/T 13306 标牌

GB/T 15543 电能质量 三相电压不平衡

GB/T 17045 电击防护 装置和设备的通用部分

GB 17625.1 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值(设备每相输入电流 ≤ 16 A)

GB/T 17625.2 电磁兼容 限值 对每相额定电流 ≤ 16 A 且无条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制

GB/Z 17625.3 电磁兼容 限值 对额定电流大于 16 A 的设备在低压供电系统中产生的电压波动和闪烁的限制

GB/Z 17625.6 电磁兼容 限值 对额定电流大于 16 A 的设备在低压供电系统中产生的谐波电流的限制

GB/T 20801.1 压力管道规范 工业管道 第 1 部分:总则

GB/T 22395 锅炉钢结构设计规范

GB 23971 有机热载体

GB/T 24747 有机热载体安全技术条件

GB 50054 低压配电设计规范

GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范

GB 50191 构筑物抗震设计规范

JB/T 2379 金属管状电热元件

JB/T 4088 日用管状电热元件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

蓄热介质 thermal storage medium

装置中用于储存热能的材料。

3.2

蓄热体 thermal storage unit

容纳蓄热介质,用于储存热能的部件。

3.3

显热蓄热型电加热装置 sensible thermal storage device with electrical input and thermal output

蓄放热过程不存在蓄热介质相变,以电为加热源直接或间接加热蓄热体,依靠蓄热体的温度提升形成的显热变化来进行蓄热,并输出热能的装置。

3.4

相变蓄热型电加热装置 phase change thermal storage device with electrical input and thermal output

蓄放热过程存在蓄热介质相变,以电为加热源直接或间接加热蓄热体,主要依靠相变蓄热介质的相态变化进行潜热蓄热,同时存在相变蓄热介质的温度提升形成的显热蓄热,并输出热能的装置。

3.5

复合蓄热型电加热装置 composite thermal storage device with electrical input and thermal output

蓄热体中包含相变蓄热介质和显热蓄热介质两种类型,以电为加热源直接或间接加热蓄热介质,在蓄放热过程中存在相变蓄热介质相变过程和显热蓄热介质温度变化,并输出热能的装置。

3.6

热输出介质 heat discharge medium

由装置输出的向热用户供热的工作介质。

3.7

传热介质 heat transfer medium

在装置内部进行热量传递或转移,不直接向用户供热的工作介质。

3.8

蓄热体温度 thermal storage unit temperature

蓄热体内蓄热介质中的温度测点所测得的可反映蓄热体温度水平的温度值。

注:单位为摄氏度(℃)。

3.9

标称蓄热温度 nominal thermal storage temperature

由制造商为装置规定的用于控制装置蓄热过程终止的蓄热体温度。

注:单位为摄氏度(℃)。

3.10

标称蓄热电功率 nominal thermal storage electric power

由制造商为装置规定的蓄热阶段的电功率。

注：单位为千瓦(kW)。

3.11

平均蓄热电功率 average thermal storage electric power

在规定试验条件下,装置蓄热过程中蓄热电功率的平均值。

注：单位为千瓦(kW)。

3.12

标称热输出功率 nominal heat discharge power

由制造商为装置规定的热输出功率。

注：单位为千瓦(kW)。

3.13

有效放热量 active heat discharge capacity

装置通过热输出介质放出的可有效利用的热量总和。

注：单位为千瓦时(kW·h)。

3.14

标称有效放热量 nominal active heat discharge capacity

由制造商为装置规定的有效放热量。

注：单位为千瓦时(kW·h)。

3.15

最大有效放热量 maximum active heat discharge capacity

在规定试验条件下,装置首先按标称热输出功率持续放热直至热输出功率不能达到标称热输出功率,然后继续放热至热输出功率降低为标称热输出功率的75%时,可放出的热量总和。

注：单位为千瓦时(kW·h)。

3.16

热效率 thermal efficiency

在规定试验条件下,装置的最大有效放热量与总耗电量的比值。

3.17

最大静置热损失率 maximum static heat emission rate

在规定试验条件下,装置在最大静置漏热试验过程的总耗电量与该试验时长下以平均蓄热电功率计算得出的理论总耗电量的比值。

3.18

标称压力损失 nominal pressure loss

由制造商为装置规定的额定流量下装置进口和出口之间的热输出介质压力损失。

注：单位为千帕(kPa)。

3.19

传热辅助用电设备 auxiliary electrical machinery for heat transfer

装置内用于传热介质循环换热的用电设备。

3.20

热输出辅助用电设备 auxiliary electrical machinery for heat discharge

装置内用于热输出介质向外部供热的用电设备。

3.21

标称蓄热体下限温度 nominal thermal storage unit lower limit temperature

由制造商为装置规定的放热过程终止时的蓄热体温度。

注：单位为摄氏度(℃)。

4 分类与标记

4.1 分类

4.1.1 蓄热型电加热装置按蓄热方式可分为：

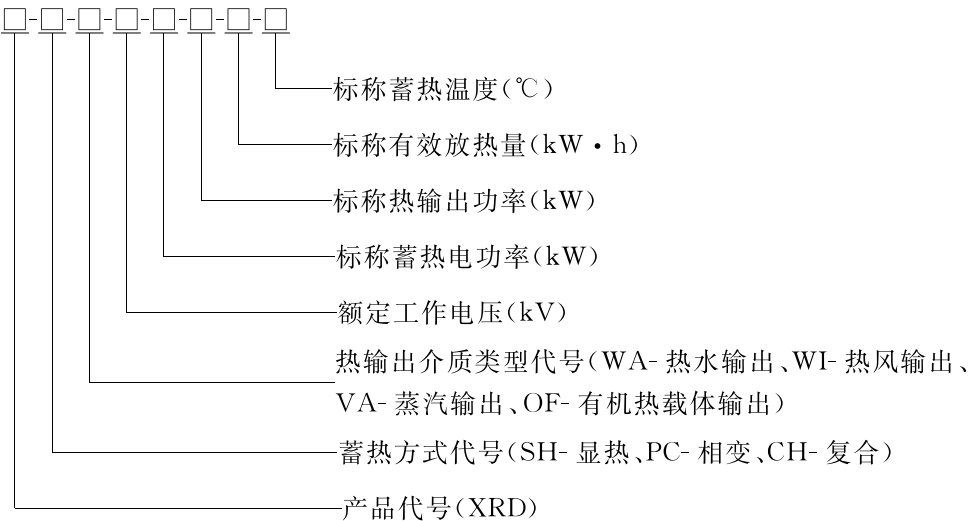
- a) 显热蓄热型电加热装置,代号为 SH;
- b) 相变蓄热型电加热装置,代号为 PC;
- c) 复合蓄热型电加热装置,代号为 CH。

4.1.2 蓄热型电加热装置按热输出介质类型可分为：

- a) 热水输出蓄热型电加热装置,代号为 WA;
- b) 热风输出蓄热型电加热装置,代号为 WI;
- c) 蒸汽输出蓄热型电加热装置,代号为 VA;
- d) 有机热载体输出蓄热型电加热装置,代号为 OF。

4.2 标记

蓄热型电加热装置的标记方式如下：



示例 1：

额定工作电压为 380 V,标称蓄热电功率为 1 000 kW,标称热输出功率为 470 kW,标称有效放热量 7 500 kW·h,标称蓄热温度为 500 °C 的热水输出显热蓄热型电加热装置,标记为：

XRD SH-WA-0.38-1000-470-7500-500

示例 2：

额定工作电压为 220 V,标称蓄热电功率为 12 kW,标称热输出功率为 5.5 kW,标称有效放热量 85 kW·h,标称蓄热温度为 90 °C 的热风输出相变蓄热型电加热装置,标记为：

XRD PC-WI-0.22-12-5.5-85-90

5 一般要求

5.1 基本规定

装置应按批准后的图样和技术文件制造。属于特种设备的,应符合特种设备安全技术规范要求。

5.2 防护

5.2.1 装置的安全性能应符合 GB 4706.1—2005、GB/T 5959.1、GB 5959.4、GB/T 5226.1 和 GB/T 10067.1 的相关规定。

5.2.2 装置的防护外壳应具有满足使用环境要求的抗冲击强度,宜采用金属材料。金属外壳应有可靠的等电位联结措施和标识。

5.2.3 装置应设置符合 GB/T 17045 规定的电击防护措施。

5.2.4 装置的配电保护配置应符合 GB 50054 的相关规定。

5.2.5 装置应满足电气设备耐压水平要求,并应设置过电流保护、短路保护、漏电保护、过电压保护、缺相保护和接地故障保护。

5.2.6 装置的外露可导电部分应进行保护性接地,接地装置的连接形式及接地电阻值应符合 GB/T 50065 的有关规定。

5.2.7 装置应有保证电气部件、保温隔热材料和绝缘材料干燥的通风防潮措施。

5.2.8 蓄热介质为液体的装置应设置蓄热介质液位保护措施。

5.3 材料、部件与结构

5.3.1 装置的电加热元件布置应安全可靠且传热良好,并应便于装拆、检查、清理和更换。电加热元件采用高电阻电热合金时,应符合 GB/T 1234 的相关规定;采用金属管状电热元件时,应符合 JB/T 2379 的相关规定;采用日用管状电热元件时,应符合 JB/T 4088 的相关规定;其他形式的电热元件应符合相应产品标准的相关规定。

5.3.2 装置的金属制件表面应进行防锈蚀处理,管路和容器应有防腐蚀措施。

5.3.3 装置的管路和零部件的安装应牢固、可靠,动力部件应有防振动措施。装置运转时应无异常声响,管路与零部件间不应相互摩擦和碰撞。

5.3.4 在正常运行环境下,装置的蓄热介质性能应稳定可靠,并达到制造商明示设计寿命期的技术要求。

5.3.5 安装在建筑物内的装置应满足建筑物防火、电气安全和空气质量要求,在使用过程中不应对室内人员和室内环境造成危害。

5.3.6 装置的热交换系统应符合以下规定:

- a) 热交换系统的受压元件材料及连接应满足使用条件下的强度、塑性、韧性及抗疲劳和抗腐蚀性要求;热交换系统的压力管道应符合 GB/T 20801.1 的相关规定。
- b) 蓄热体外独立设置的热交换器应符合 GB/T 151 的相关规定。
- c) 使用液体有机热载体时,应符合 GB 23971 和 GB/T 24747 的相关规定,有机热载体的最高允许使用温度应至少高于其最高工作温度 10 °C,其自燃点不应低于最高允许使用温度。应确保在装置寿命期的任何情况下,热交换系统内任何一处的有机热载体温度均不超过其最高允许液膜温度。
- d) 当热交换温度高于介质汽化温度时,应有防止运行时热交换系统内介质汽化超压的安全装置,应有停电 12h 内汽化超压防护措施,应有液体介质泄漏汽化防护措施。

5.3.7 装置结构与保温隔热材料应符合以下规定:

- a) 装置的支撑结构应满足工作温度下的荷载和稳定性要求,在寿命期内不应有损坏。
- b) 装置结构应牢固可靠,钢结构设计应符合 GB/T 22395 的相关规定。装置结构抗震能力应符合 GB 50191 和其他国家现行有关标准的规定。
- c) 蓄热体封装壳体材质应能保证在装置使用环境条件下长期运行不泄漏。
- d) 装置保温隔热材料的允许使用温度应满足蓄热体温度要求,其燃烧性能不应低于 B1 级,对于蓄热体温度大于 100 °C 的装置,保温隔热层应选用燃烧性能为 A 级的保温材料。

5.3.8 装置的电工电子元件应能承受装置运行时所处环境的温度、湿度和大气压力要求。

5.4 运行控制

5.4.1 装置的运行控制系统应具备以下功能：

- a) 安全防护：应具备电气保护、温度保护、压力保护等安全保护措施，对于存在瞬时超压风险的装置，还应设置防爆泄压装置；
- b) 监测：应配置监测装置，对装置运行状态的电压、电流、电功率、蓄热体温度、热输出介质进口温度和出口温度等参数进行实时采集与显示；
- c) 自动调节：应具有根据设定参数对装置加热、蓄热、供热能力进行自动调节的功能；
- d) 异常报警：应具有在装置运行异常时的自动故障报警功能。

5.4.2 装置的控温系统应符合以下规定：

- a) 应合理设置蓄热体温度测点种类、数量和布置方式，蓄热体温度测点最大允许误差不宜高于 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。测点元件应安全可靠且可拆卸更换，其布置方式应能合理反映蓄热体整体温度水平。
- b) 应具有对蓄热体工作温度、热输出介质工作温度等核心参数的设定值输入、实时显示和调节控制功能。
- c) 应有超高温断电保护功能。标称蓄热温度大于 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的装置，对蓄热体应有不少于两组独立的且与控温系统并行的超高温断电保护系统。对热输出介质应设置独立的超温保护装置。

5.4.3 装置对接入电网电能质量的影响应符合以下规定：

- a) 谐波电流发射：对每相输入电流不大于 16 A 的装置，应符合 GB 17625.1 的相关规定；对每相输入电流大于 16 A 的装置，应符合 GB/Z 17625.6 的相关规定。
- b) 电压波动与闪烁：对每相输入电流不大于 16 A 的装置，应符合 GB/T 17625.2 的相关规定；系统电流大于 16 A 时，电压波动与闪烁应符合 GB/Z 17625.3 的相关规定。
- c) 三相输入装置的电压不平衡：装置接入公共连接点引起的电压不平衡度应满足 GB/T 15543 的相关要求。
- d) 装置宜具备投切容量控制功能。

5.4.4 装置应具备抗电磁干扰能力，运行时信号传输不应受到电磁干扰影响，执行部件不应发生误动作。

6 要求

6.1 外观

装置外观应无损坏和变形现象，表面平滑无尖锐凸起。

6.2 电气安全性能

6.2.1 外壳防护

装置的外壳防护等级应满足使用环境条件要求，并应符合 GB/T 5226.1 的相关规定，外壳最低防护等级不得低于 IP22。

6.2.2 绝缘电阻

装置应有可靠的电气绝缘性能，带电回路之间以及带电回路与地之间的绝缘电阻不应小于 $1\text{ M}\Omega$ 。

6.2.3 泄漏电流

应根据装置的应用场所要求确定合适的泄漏电流安全等级，并应采取有效防护措施，确保装置的泄

漏电流不致造成任何电事故的危险。装置的泄漏电流不应大于 10 mA。

6.2.4 绝缘耐压

按 7.3.5 的要求进行试验,试验期间不应出现击穿或闪络现象。试验后,性能满足本条要求的试验机组,其绝缘电阻性能尚应符合 6.2.2 的规定。

6.3 热输出管路系统耐压性能

热输出管路系统应进行耐压试验和密封性检查,应无渗漏和其他异常。

6.4 热工性能

6.4.1 热效率

装置的热效率不应低于表 1 中的限值。

表 1 装置的热效率限值

| 标称有效放热量 $Q_i/(kW \cdot h)$ | 热效率限值 |
|----------------------------|-------|
| $Q_i \leq 160$ | 85% |
| $160 < Q_i \leq 400$ | 88% |
| $400 < Q_i \leq 1\,600$ | 90% |
| $1\,600 < Q_i$ | 92% |

6.4.2 最大有效放热量

装置的最大有效放热量不应小于标称有效放热量。

6.4.3 平均蓄热电功率

装置的平均蓄热电功率不应小于标称蓄热电功率的 90%。

6.4.4 最大静置热损失率

装置的最大静置热损失率不应大于 16%。

6.4.5 易接触部位最高外表面温升

运行过程中的外表面易接触部位最高温度相对于装置所处环境温度的温升不应大于 35℃。

6.4.6 压力损失

在额定流量下,热风输出、热水输出和有机热载体输出装置热输出介质进口和出口之间的压力损失不应大于标称压力损失的 110%。

7 试验方法

7.1 一般规定

装置应按产品说明书要求组装成成套机组后再进行试验,除试验方法有规定外,不得采取其他任何

处理措施。

7.2 外观

装置的外观可采用目测方法检验。

7.3 电气安全性能

7.3.1 试验条件

应在安装完毕并经充分干燥后进行电气安全试验,试验时不应接入会形成电通路的外部热输出介质管路,且试验的环境条件应符合 GB/T 10066.1—2019 中 4.6 的规定,参数测量应符合 GB/T 10066.1—2019 中第 6 章的规定。

7.3.2 外壳防护

应按 GB/T 4208 规定的方法进行试验。

7.3.3 绝缘电阻

应按 GB/T 10066.1—2019 中 9.3 规定的方法进行试验。

7.3.4 泄漏电流

装置的泄漏电流应按 GB 4706.1—2005 中第 16 章的规定进行试验。

7.3.5 绝缘耐压

绝缘耐压试验应在交付使用时或征得用户同意在制造商发货之前,待其安装完毕并经充分干燥后进行。绝缘应经受频率为 50 Hz 基本正弦波电压,历时 1 min,试验电压应符合表 2 的规定,并按 GB/T 10066.1—2019 中 9.4 规定的方法进行试验。

表 2 电气强度试验电压

| 额定工作电压 U_i /kV | 试验电压(有效值 kV) |
|-----------------------|--------------|
| $0 < U_i \leq 0.25$ | 1.5 |
| $0.25 < U_i \leq 0.5$ | 2 |
| $0.5 < U_i < 1$ | 3 |

7.4 热输出管路系统耐压性能

应在下述试验压力条件下试压,试压过程中应保持装置处于未通电状态,同时检查热输出管路系统是否有泄漏:

- 气压试验压力应为额定工作压力的 1.25 倍,保压至少 10 min;
- 水压试验压力应为额定工作压力的 1.5 倍,保压至少 10 min。

7.5 热工性能

7.5.1 装置的热工性能试验应在装置满足本标准安全要求,且完成过至少 3 次完整的蓄放热循环后进行。

7.5.2 整机出厂装置的热工性能试验方法应符合附录 A 的规定。现场组装装置的热工性能试验,应优

先采用附录 A 的试验方法；当试验条件不具备时，可采用附录 B 的试验方法。

8 检验规则

8.1 检验分类

装置的检验分为以下三类：

- a) 出厂检验：分为整机出厂检验和现场出厂检验。整机出厂的装置应采用整机出厂检验；以部件形式出厂并现场组装的装置，应采用现场出厂检验。
- b) 型式检验。
- c) 运行检验。

8.2 出厂检验

出厂检验项目应符合表 3 的规定。

表 3 出厂检验项目表

| 项目 | | 出厂检验 | 型式检验 | 要求 | 试验方法 |
|----------------------|--------------|------|---|-------|-------|
| 外观 | | ○ |  ○ | 6.1 | 7.2 |
| 电气安全性能 | 外壳防护 | — | ○ | 6.2.1 | 7.3.2 |
| | 绝缘电阻 | ○ | ○ | 6.2.2 | 7.3.3 |
| | 泄漏电流 | ○ | ○ | 6.2.3 | 7.3.4 |
| | 绝缘耐压 | ○ | ○ | 6.2.4 | 7.3.5 |
| 热输出管路系统耐压性能 | | ○ | ○ | 6.3 | 7.4 |
| 热工性能 | 热效率 | — | ○ | 6.4.1 | 7.5 |
| | 最大有效放热量 | — | ○ | 6.4.2 | |
| | 平均蓄热电功率 | — | ○ | 6.4.3 | |
| | 最大静置热损失率 | — | ○ | 6.4.4 | |
| | 易接触部位最高外表面温升 | — | ○ | 6.4.5 | |
| | 压力损失 | — | ○ | 6.4.6 | |
| 注：“○”为必检项目；“—”为不检项目。 | | | | | |

8.3 型式检验

8.3.1 检验项目

装置的型式检验项目应按表 3 的规定执行。

8.3.2 检验条件

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；
- 对装置性能有重大影响的主要原材料或工艺方法变型设计产品；
- 产品停产两年后，恢复生产时；

——出厂检验结果与上次有较大差异时。

8.4 运行检验

8.4.1 检验项目

运行检验项目按用户与制造商的协议进行,应包含热工性能。

8.4.2 检验条件

装置的运行检验条件包括:

- a) 新产品成批投产前或根据用户要求进行。
- b) 运行检验应在装置正常使用条件下进行,或按用户与制造商的协议进行。除非产品技术文件另有规定或制造商和用户另有协议,装置运行检验应在装置累计正常运行 168 h 后进行。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

9.1.1 铭牌

装置应在明显部位设置清晰、牢固的永久性铭牌,铭牌应符合 GB/T 13306 的相关规定,铭牌内容应至少包括下列内容:

- a) 产品型号和名称;
- b) 产品编号;
- c) 标称蓄热温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);
- d) 标称热输出介质进口温度和标称热输出介质出口温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);
- e) 标称蓄热电功率,单位为千瓦(kW);
- f) 标称热输出功率,单位为千瓦(kW);
- g) 额定工作电压,单位为千伏(kV);额定工作电流,单位为安(A);
- h) 标称有效放热量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);
- i) 额定流量,单位为立方米每小时(m^3/h);标称压力损失,单位为千帕(kPa);
- j) 尺寸,单位为米(m);
- k) 质量,单位为千克(kg);
- l) 外壳防护等级;
- m) 制造商名称与商标;
- n) 制造日期。

9.1.2 工作标志

装置相关部位上应设有指示、控制、操作等必要的表示名称、位置或状态的标志(如转向、流动方向、指示仪表以及各种控制按钮等)。

9.1.3 安全标志

装置电气部件、高温部件应有当心高温、当心触电、接地、警告等安全标志,并应符合 GB 2894 的相关规定。

9.2 包装

9.2.1 产品的包装应适应其运输条件。

9.2.2 包装箱内随机文件应包括以下内容：

- a) 产品合格证；
- b) 使用说明书；
- c) 装箱单。

9.2.3 包装箱应满足产品的防锈、防潮、防振动以及防碰撞等性能相关要求。

9.3 运输和贮存

9.3.1 装置在运输和吊装过程中,应防止剧烈震动,不应抛掷、碰撞等,防止雨淋及化学物品的侵蚀。

9.3.2 包装后的装置,应妥善地存放在通风良好的场所,不得颠倒、侧放。

9.3.3 对临时露天存放的包装箱应采取防雨、防潮和防止碰撞等措施。

9.3.4 贮存仓库内应无酸、碱、易燃、易爆、有毒等化学物品和其他具有腐蚀性的气体及物品。

9.3.5 装置在运输及贮存过程中,应避免强烈电磁场作用。

附 录 A
(规范性附录)
蓄热型电加热装置的实验室热工性能试验方法

A.1 参数测量一般要求

- A.1.1 应测试试验期间装置所处的环境温度。4 个温度测点应分别布置在装置 4 个轮廓立面垂直中心线上距立面各 0.6 m 的位置,环境温度测试值为 4 个测点的算数平均值。
- A.1.2 测试过程中各参数的采集间隔不应大于 1 min。
- A.1.3 装置的耗电量应包含传热辅助用电设备的耗电量,不应包含热输出辅助用电设备的耗电量。
- A.1.4 试验用各类测量仪器应在计量检定有效期内,其准确度应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 各测量参数准确度要求

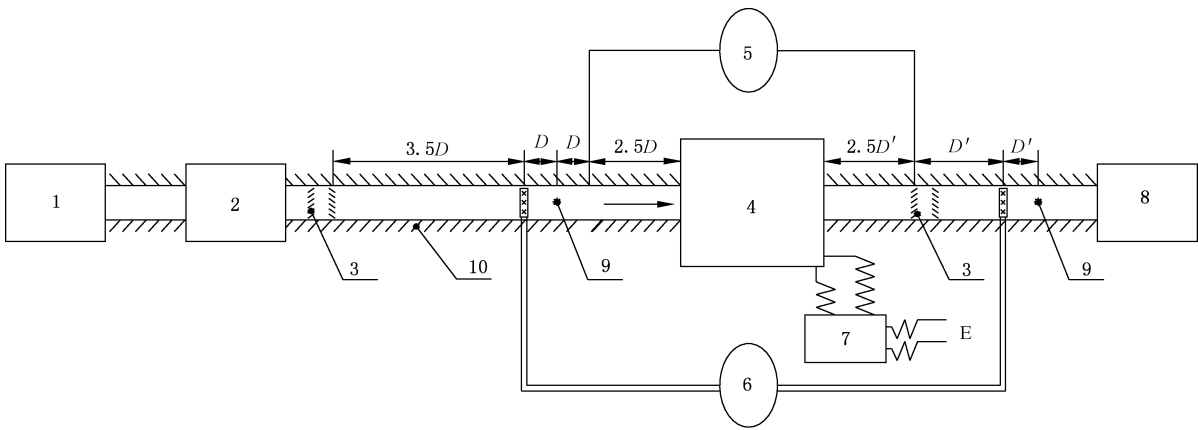
| 测量参数 | 准确度 |
|---------|-------|
| 环境温度 | ±0.2℃ |
| 热输出介质温度 | ±0.2℃ |
| 热输出介质温差 | ±0.1℃ |
| 液体流量 | ±1.0% |
| 气体流量 | ±2.0% |
| 电量 | ±0.5% |
| 电压及电流 | ±0.5% |
| 时间 | ±0.2% |
| 压差 | ±1.0% |
| 饱和蒸汽湿度 | ±1.0% |

A.2 热工性能试验系统要求

A.2.1 热风输出蓄热型电加热装置

- A.2.1.1 试验系统由试验机组、连接管路、测试装置、测量仪表以及空气处理装置组成,并按图 A.1 所示布置。





说明：

| | | | |
|--------------|-------------|---------------|---------|
| 1——空气处理装置； | 5——压差测量装置； | 9——干球温度测点； | E——电输入。 |
| 2——空气流量测量装置； | 6——温差测量装置； | 10——管道保温； | |
| 3——混流器； | 7——电参数测量装置； | D——进风管路当量直径； | |
| 4——试验机组； | 8——散热装置； | D'——出风管路当量直径； | |

图 A.1 热风输出蓄热型电加热装置的热工性能试验系统示意图

A.2.1.2 试验机组连接管路视情况可采用矩形管道或圆形管道，应保证试验机组进风段混流器至试验机组进风口之间的连接管路尺寸等同于试验机组进风口尺寸，应保证试验机组出风口至散热装置之间的连接管路尺寸等同于试验机组出风口尺寸。

A.2.1.3 试验机组进出口温差测点应采用空气取样装置或等截面划分布置多个温度测点取平均值的方式，所用方式应能代表管道内空气温度的平均值。

A.2.1.4 风量测量宜使用空气流量喷嘴测量，使用其他方式时应可用空气流量喷嘴进行校准，空气流量喷嘴应满足下列要求：

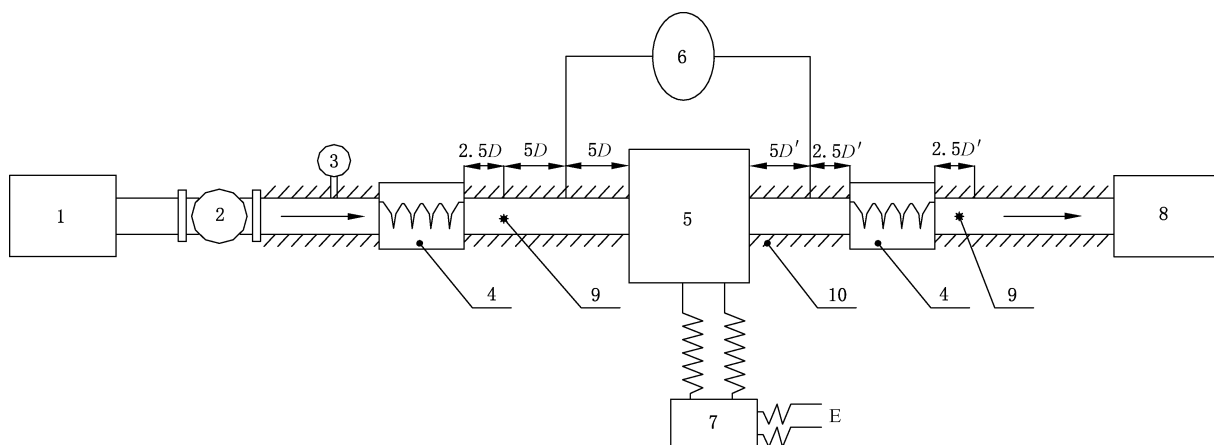
- a) 喷嘴喉部速度应为 15 m/s~35 m/s；
- b) 喷嘴加工和安装应满足 GB/T 1236 的相关要求；
- c) 穿孔板穿孔率应为 40%。

A.2.1.5 宜采用散热装置出风口与空气处理装置进风口相连接的闭环测试系统。

A.2.1.6 空气处理装置应能保证整个测试过程中试验机组进口空气温度波动不应大于±1.0℃。

A.2.2 热水输出和有机热载体输出蓄热型电加热装置

A.2.2.1 试验系统由试验机组、连接管路、测试装置、测量仪表以及预处理装置组成，并按图 A.2 所示布置。



说明:

- | | | | |
|------------|-------------|------------------|------------|
| 1——预处理装置; | 5——试验机组; | 9——温度测点; | E ——电输入。 |
| 2——流量测量装置; | 6——压差测量装置; | 10——管道保温; | |
| 3——压力测量装置; | 7——电参数测量装置; | D ——进口管路当量直径; | |
| 4——混流器; | 8——散热装置; | D' ——出口管路当量直径; | |

图 A.2 热水输出和有机热载体输出蓄热型电加热装置的热工性能试验系统示意图

A.2.2.2 流量测量装置宜采用称重法测量,当采用其他方法测量流量时,该方法应能用称重法验证。

A.2.2.3 宜采用试验机组出口管路与预处理装置进口相连接的闭环测试系统。

A.2.2.4 预处理装置应能保证整个测试过程中试验机组进口温度波动不大于 $\pm 0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

A.2.3 蒸汽输出蓄热型电加热装置

A.2.3.1 试验机组前给水侧试验装置应符合 A.2.2 的规定,试验机组蒸汽出口侧管路应布置温度和蒸汽相对湿度测点,蒸汽温度测点的布置可采用 A.2.1 的方式,蒸汽相对湿度测点布置可采用 GB/T 10180 规定的相关方式。

A.2.3.2 应测试试验机组给水流量。

A.3 试验方法

A.3.1 试验准备

A.3.1.1 试验开始前,应将试验机组中非用于加热蓄热体的电加热元件关闭,并将控制系统调节到试验所需参数设定值。

A.3.1.2 试验过程包括预运行试验、初次通电蓄热试验、最大静态漏热试验和放热试验 4 个部分,每个部分均应实时连续记录环境温度和相对湿度、试验机组周围风速、试验机组热输出介质进出口温度和质量流量(蒸汽输出装置为给水质量流量和取样质量流量)、试验机组电功率和耗电量等参数(蒸汽输出装置还包括饱和蒸汽湿度)。

A.3.2 试验环境条件

蓄热型电加热装置的热工性能试验应满足以下环境条件:

- 试验机组所处环境温度维持在 $(20 \pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度不大于 75%;
- 试验机组周围风速不大于 1.0 m/s ;

c) 试验地点海拔高度不高于 1 000 m, 高于 1 000 m 时应进行相应的修正。

A.3.3 预运行试验

A.3.3.1 试验目的是为后期试验做准备, 并验证控制系统的性能。

A.3.3.2 自控通电蓄热过程: 试验开始时, 首先将试验机组控温系统设定为标称蓄热温度, 再以额定工作电压为试验机组通电蓄热, 控温系统依据蓄热体温度自动控制试验机组的通断电至控温系统首次自动断电, 继续该过程直至自首次自动断电时刻起的持续时间不小于 4 h。

A.3.3.3 放热过程: 自控通电蓄热过程后, 停止通电蓄热, 并启动放热过程, 放热初期以标称热输出功率放热, 直至热输出功率低于标称值, 然后持续放热至热输出功率降低至标称热输出功率的 50%, 放热过程结束。

A.3.4 初次通电蓄热试验

A.3.4.1 试验目的是为后期试验做准备。

A.3.4.2 初次通电蓄热试验应在预运行试验结束后 20 min 内进行。

A.3.4.3 试验开始时, 首先将试验机组控温系统设定为标称蓄热温度, 再以额定工作电压为试验机组通电蓄热, 当蓄热体温度达到标称蓄热温度时, 控温系统自动断开电加热元件电源。

A.3.4.4 记录电加热元件电源首次断开时的耗电量 E_1 (kW · h) 和试验时长 τ_1 (s)。

A.3.5 最大静置漏热试验

A.3.5.1 试验目的是为确定最大蓄热工况下试验机组的静置热损失。

A.3.5.2 试验应在初次通电蓄热试验结束后电加热元件电源自动断开时开始进行。

A.3.5.3 自控通断电过程: 控温系统应能在蓄热体温度达到标称蓄热温度时为电加热元件自动断电, 且应能在蓄热体温度回落一定差值时为电加热元件自动通电, 在该试验中, 若制造商无特殊指定, 该回落温差 = (标称蓄热温度 - 标称蓄热体下限温度) × 2%, 电加热元件自动断电时刻至下一次自动断电时刻为一个周期。

A.3.5.4 当同时满足以下 3 个条件时, 试验过程应终止:

- a) 试验时长不小于 8 h;
- b) 自控通断电过程进行了至少 3 个周期;
- c) 当自控通断电过程不少于 3 个周期、试验时长不小于 8 h 时, 若控温系统自动控制电加热元件处于通电状态, 则试验过程应在自动断电时刻结束。

A.3.5.5 记录试验过程的总耗电量 E_2 (kW · h) 和试验时长 τ_2 (s)。

A.3.6 放热试验

A.3.6.1 试验目的是为确定纯放热方式下试验机组的最大有效放热量。

A.3.6.2 该试验应在最大静置漏热试验结束后立即开始进行。

A.3.6.3 第一次放热过程: 启动用于传热介质和热输出介质循环换热的泵或风机, 并使试验机组以标称热输出功率放热, 直至热输出功率低于标称值, 然后持续放热至热输出功率降低到标称热输出功率的 75%, 该过程结束, 关闭泵或风机。记录试验过程的总耗电量 E_3 (kW · h) 和总试验时长 τ_3 (s)。

A.3.6.4 第一次再通电蓄热过程: 第一次放热过程结束时, 立即开始该试验过程, 以额定工作电压为试验机组通电蓄热, 第一次再通电蓄热过程至达到标称蓄热温度, 且控温系统控制电加热元件电源自动断开时结束。记录试验过程的耗电量 E_4 (kW · h) 和通电时长 τ_4 (s)。

A.3.6.5 第二次放热过程: 第一次再通电蓄热过程结束时, 立即开始该试验过程, 启动用于传热流体循环换热的泵或风机, 并使试验机组以标称热输出功率放热, 直至热输出功率低于标称值, 然后持续放热

至热输出功率降低到标称热输出功率的 75%，该过程结束，关闭泵或风机。记录试验过程中泵或风机的耗电量 E_5 (kW·h)、该过程总试验时长 τ_5 (s) 和放热至热输出功率低于标称值时刻的试验时长 τ_{5n} (s)。

A.3.6.6 第二次再通电蓄热过程：第二次放热过程结束时，立即开始该试验过程，以额定工作电压为试验机组通电蓄热，第二次再通电蓄热过程至达到标称蓄热温度，且控温系统控制电加热元件电源自动断开时结束。记录试验过程的耗电量 E_6 (kW·h) 和通电时长 τ_6 (s)。

A.3.7 平均蓄热电功率的确定

实验室试验的平均蓄热电功率应按式(A.1)进行计算：

$$P_{al} = \frac{E_4/\tau_4 + E_6/\tau_6}{2} \times 3\,600 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

P_{al} ——实验室试验的平均蓄热电功率，单位为千瓦(kW)；

E_4 ——第一次再通电蓄热过程的耗电量，单位为千瓦时(kW·h)；

E_6 ——第二次再通电蓄热过程的耗电量，单位为千瓦时(kW·h)；

τ_4 ——第一次再通电蓄热过程的通电时长，单位为秒(s)；

τ_6 ——第二次再通电蓄热过程的通电时长，单位为秒(s)。

A.3.8 易接触部位最高外表面温升的确定

在初次通电蓄热试验结束时，使用红外成像设备确定试验机组 2 m 以下高度范围内外壳最高温度区域，在机组外壳表面该区域均匀布置不少于 6 个温度测点，在最大静置漏热试验和放热试验中连续监测该区域表面温度，测点测得的表面温度与环境温度的最大差值即为最高外表面温升。

A.3.9 最大静置热损失率的确定

实验室试验的最大静置热损失率应按式(A.2)进行计算：

$$e_{hel} = \frac{E_2 \cdot 3\,600}{\tau_2 \cdot P_{al}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

e_{hel} ——实验室试验的最大静置热损失率，%；

E_2 ——最大静置漏热试验过程的总耗电量，单位为千瓦时(kW·h)；

τ_2 ——最大静置漏热试验过程的时长，单位为秒(s)；

P_{al} ——实验室试验的平均蓄热电功率，单位为千瓦(kW)。

A.3.10 最大有效放热量的确定



A.3.10.1 应在第二次放热过程中测试最大有效放热量，蒸汽输出装置实验室试验的最大有效放热量应按式(A.3)进行计算：

$$Q_{mdlv} = \sum_{j=1}^{N_1} \left[m_{fw} (h_{sat,st} - h_{fw} - \frac{\gamma \omega}{100}) - g_{hum} \gamma \right] \Delta \tau_j / 3\,600 \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

Q_{mdlv} ——蒸汽输出装置实验室试验的最大有效放热量，单位为千瓦时(kW·h)；

N_1 ——试验开始至达到 τ_5 时长的总记录数；

m_{fw} ——给水质量流量，单位为千克每秒(kg/s)；

- $h_{\text{sat, st}}$ ——干饱和蒸汽焓值,单位为千焦每千克(kJ/kg);
 h_{fw} ——给水焓值,单位为千焦每千克(kJ/kg);
 γ ——汽化潜热,单位为千焦每千克(kJ/kg);
 ω ——饱和蒸汽湿度,%;
 g_{hum} ——测定蒸汽湿度时的取样量,单位为千克每秒(kg/s);
 $\Delta\tau_j$ ——第 j 次记录的时间间隔,单位为秒(s), $\Delta\tau_j$ 不应大于 60 s。

A.3.10.2 热水输出、热风输出和有机热载体输出装置实验室试验的最大有效放热量应按式(A.4)进行计算:

$$Q_{\text{mdlo}} = \sum_{j=1}^{N_1} c_p m_{\text{hd}} (t_o - t_i) \cdot \Delta\tau_j \cdot 10^{-6} / 3.6 \quad \dots\dots\dots (\text{A.4})$$

式中:

- Q_{mdlo} ——热水输出、热风输出和有机热载体输出装置实验室试验的最大有效放热量,单位为千瓦时(kW·h);
 N_1 ——试验开始至达到 τ_5 时长的总记录数;
 c_p ——热输出介质的平均比热,单位为焦每千克摄氏度[J/(kg·℃)];
 m_{hd} ——热输出介质的质量流量,单位为千克每秒(kg/s);
 t_o ——试验系统测试的试验机组出口温度,单位为摄氏度(℃);
 t_i ——试验系统测试的试验机组进口温度,单位为摄氏度(℃);
 $\Delta\tau_j$ ——第 j 次记录的时间间隔,单位为秒(s), $\Delta\tau_j$ 不应大于 60 s。

A.3.11 热效率的确定

A.3.11.1 蒸汽输出装置实验室试验的热效率应按式(A.5)进行计算:

$$\eta_{\text{lv}} = \frac{Q_{\text{mdlv}}}{(E_4 + E_6)/2 + E_5} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{A.5})$$

式中:

- η_{lv} ——蒸汽输出装置实验室试验的热效率,%;
 Q_{mdlv} ——蒸汽输出装置实验室试验的最大有效放热量,单位为千瓦时(kW·h);
 E_4 ——第一次再通电蓄热过程的耗电量,单位为千瓦时(kW·h);
 E_6 ——第二次再通电蓄热过程的耗电量,单位为千瓦时(kW·h);
 E_5 ——第二次放热过程的耗电量,单位为千瓦时(kW·h)。

A.3.11.2 热水输出、热风输出和有机热载体输出装置实验室试验的热效率应按式(A.6)进行计算:

$$\eta_{\text{lo}} = \frac{Q_{\text{mdlo}}}{(E_4 + E_6)/2 + E_5} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{A.6})$$

式中:

- η_{lo} ——热水输出、热风输出和有机热载体输出装置实验室试验的热效率,%;
 Q_{mdlo} ——热水输出、热风输出和有机热载体输出装置实验室试验的最大有效放热量,单位为千瓦时(kW·h)。

A.3.12 压力损失的确定

应在第二次放热过程试验中测试装置的压力损失,并符合下列规定:

- 用于测试热风输出装置压力损失的压差测量装置的安装方式见图 A.1;
- 用于测试热水输出和有机热载体输出装置压力损失的压差测量装置的安装方式见图 A.2。

A.3.13 放热过程有效放热量

A.3.13.1 蒸汽输出装置实验室试验的放热过程有效放热量应按式(A.7)进行计算：

$$Q_{\text{dlv}} = \sum_{j=1}^{N_2} \left[m_{\text{fw}} (h_{\text{sat,st}} - h_{\text{fw}} - \frac{\gamma \omega}{100}) - g_{\text{hum}} \gamma \right] \Delta \tau_j / 3\,600 \quad \dots\dots\dots (\text{A.7})$$

式中：

Q_{dlv} ——蒸汽输出装置实验室试验的放热过程有效放热量，单位为千瓦时(kW·h)；

N_2 ——试验开始至达到 τ_{5n} 时长的总记录数；

m_{fw} ——给水质量流量，单位为千克每秒(kg/s)；

$h_{\text{sat,st}}$ ——饱和蒸汽焓值，单位为千焦每千克(kJ/kg)；

h_{fw} ——给水焓值，单位为千焦每千克(kJ/kg)；

γ ——汽化潜热，单位为千焦每千克(kJ/kg)；

ω ——饱和蒸汽湿度，%；

g_{hum} ——测定蒸汽湿度时的取样量，单位为千克每秒(kg/s)；

$\Delta \tau_j$ ——第 j 次记录的时间间隔，单位为秒(s)， $\Delta \tau_j$ 不应大于 60 s。

A.3.13.2 热水输出、热风输出和有机热载体输出装置实验室试验的放热过程有效放热量应按式(A.8)进行计算：

$$Q_{\text{mdlo}} = \sum_{j=1}^{N_2} c_p m_{\text{hd}} (t_o - t_i) \cdot \Delta \tau_j \cdot 10^{-6} / 3.6 \quad \dots\dots\dots (\text{A.8})$$

式中：

Q_{dlo} ——热水输出、热风输出和有机热载体输出装置实验室试验的放热过程有效放热量，单位为千瓦时(kW·h)；

N_2 ——试验开始至达到 τ_{5n} 时长的总记录数；

c_p ——热输出介质的平均比热，单位为焦每千克每摄氏度[J/(kg·℃)]；

m_{hd} ——热输出介质的质量流量，单位为千克每秒(kg/s)；

t_o ——试验系统测试的试验机组出口温度，单位为摄氏度(℃)；

t_i ——试验系统测试的试验机组进口温度，单位为摄氏度(℃)；

$\Delta \tau_j$ ——第 j 次记录的时间间隔，单位为秒(s)， $\Delta \tau_j$ 不应大于 60 s。

附 录 B

(资料性附录)

蓄热型电加热装置的现场热工性能试验方法

B.1 参数测量一般要求

B.1.1 应测试试验期间装置所处的环境温度。4 个温度测点应分别布置在装置 4 个轮廓立面垂直中心线上距立面各 0.6 m 的位置,环境温度测试值为 4 个测点的算数平均值。

B.1.2 测试过程中各参数的采集间隔不应大于 1 min。

B.1.3 装置的耗电量应包含传热辅助用电设备的耗电量,不应包含热输出辅助用电设备的耗电量。

B.1.4 试验用各类测量仪器应在计量检定有效期内,其准确度应符合表 B.1 的规定。

表 B.1 各测量参数准确度要求

| 测量参数 | 准确度 |
|---------|-------|
| 环境温度 | ±0.5℃ |
| 热输出介质温度 | ±0.5℃ |
| 热输出介质温差 | ±0.2℃ |
| 液体流量 | ±1.0% |
| 空气流量 | ±2.0% |
| 电量 | ±0.5% |
| 电压及电流 | ±0.5% |
| 时间 | ±0.2% |
| 压差 | ±1.0% |
| 饱和蒸汽湿度 | ±1.5% |

B.2 试验准备

B.2.1 现场试验应保证试验机组在测试周期内的供热量为额定值的 80%以上。

B.2.2 试验开始前,应将控制系统调节至试验所需参数设定值。

B.2.3 试验运行模式可采用单蓄热-单释热模式或供蓄热并用运行模式,运行模式应标明。

B.2.4 试验过程应包括预运行试验、第一次蓄放热试验和第二次蓄放热试验 3 个部分,每个部分均应实时连续记录环境温度和相对湿度、试验机组周围风速、试验机组热输出介质进出口温度和质量流量(蒸汽输出装置为给水质量流量和取样质量流量)、试验机组电功率和耗电量等参数(蒸汽输出装置还包括饱和蒸汽湿度)。

B.3 试验环境条件

蓄热型电加热装置的热工性能试验应满足以下环境条件:

- a) 试验机组所处环境温度为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$,相对湿度不大于 85%;
- b) 试验机组周围风速不大于 1.0 m/s;
- c) 试验地点海拔高度不高于 1 000 m,高于 1 000 m 时应进行相应的修正。

B.4 传感器和测量仪表的布置

B.4.1 环境温度传感器的布置应符合 B.1.1 的规定,其他环境参数的传感器布置位置不应远于被测装置边界 1 m,且高度应为试验机组主体高度的 1/2。

B.4.2 电力参数计量仪表应布置在操作安全且易于观测的位置。

B.4.3 试验机组热输出介质温度传感器的布置应尽可能分别靠近试验机组的进、出接口,传感器与装置接口间的管路长度不宜大于 1.0 m 且应进行保温处理。

B.4.4 热输出介质管路流量传感器的布置应满足其对管路形式的要求。

B.5 预运行试验

B.5.1 试验目的是为后期试验做准备,并验证系统的运行调节性能。

B.5.2 预运行试验开始时,首先将试验机组控温系统设定为标称蓄热温度,再为试验机组通电蓄热,预运行试验应为完整的蓄放热周期,蓄热过程以装置监测的蓄热体温度达到标称蓄热温度且控温系统自动断开蓄热电加热元件电源为结束点,放热过程以热输出功率降低到标称热输出功率的 75% 为结束点。

B.6 初次通电蓄热试验

B.6.1 初次通电蓄热试验应在预运行试验结束后 20 min 内进行。

B.6.2 试验开始时,首先将试验机组控温系统设定为标称蓄热温度,再为试验机组通电蓄热,当蓄热体温度达到标称蓄热温度时,控温系统自动断开电加热元件电源。

B.7 最大静置漏热试验

B.7.1 试验过程按 A.3.5 的规定进行。

B.7.2 记录试验过程的总耗电量 E_{hef} (kW · h)、试验时长 τ_{hef} (s)。

B.7.3 最大静置漏热试验结束后,试验机组应放热至热输出功率降低到标称热输出功率的 75%。

B.8 第一次蓄放热试验

B.8.1 第一次蓄放热试验应以最大静置漏热试验放热结束为起始点,为试验机组通电蓄热。

B.8.2 蓄热过程以装置监测的蓄热体温度达到标称蓄热温度且控温系统自动断开蓄热电加热元件电源为结束点,记录蓄热过程的耗电量 E_{1-1} (kW · h)、试验时长 τ_{1-1} (s)。

B.8.3 放热过程以热输出功率降低到标称热输出功率的 75% 为结束点,记录放热过程的耗电量 E_{1-2} (kW · h)、该过程总试验时长 τ_{1-2} (s) 和放热至热输出功率低于标称值时刻的试验时长 τ_{n1-2} (s)。

B.9 第二次蓄放热试验

B.9.1 第二次蓄放热试验应以第一次蓄放热试验结束为起始点,为试验机组通电蓄热。

B.9.2 第二次蓄放热试验运行方式应与第一次蓄放热试验相同。记录蓄热过程的耗电量 E_{2-1} (kW·h)、试验时长 τ_{2-1} (s);记录放热过程的耗电量 E_{2-2} (kW·h)、放热过程总试验时长 τ_{2-2} (s)和放热至热输出功率低于标称值时刻的试验时长 τ_{n2-2} (s)。

B.10 平均蓄热电功率的确定

现场试验的平均蓄热电功率应按式(B.1)进行计算:

$$P_{af} = \frac{P_{f1} + P_{f2}}{2} \times 3\,600 \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

P_{af} ——现场试验的平均蓄热电功率,单位为千瓦(kW);

P_{f1} ——按额定电压修正的第一次蓄放热试验的平均蓄热电功率,单位为千瓦(kW);

P_{f2} ——按额定电压修正的第一次蓄放热试验的平均蓄热电功率,单位为千瓦(kW)。

第一次蓄放热试验的平均蓄热电功率应按式(B.2)进行计算:

$$P'_{f1} = \frac{E_{1-1}}{\tau_{1-1}} \times 3\,600 \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

P'_{f1} ——第一次蓄放热试验的平均蓄热电功率,单位为千瓦(kW);

E_{1-1} ——第一次蓄放热试验蓄热过程的耗电量,单位为千瓦时(kW·h);

τ_{1-1} ——第一次蓄放热试验蓄热过程试验时长,单位为秒(s)。

第二次蓄放热试验的平均蓄热电功率应按式(B.3)进行计算:

$$P'_{f2} = \frac{E_{2-1}}{\tau_{2-1}} \times 3\,600 \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

P'_{f2} ——第二次蓄放热试验的平均蓄热电功率,单位为千瓦(kW);

E_{2-1} ——第二次蓄放热试验蓄热过程的耗电量,单位为千瓦时(kW·h);

τ_{2-1} ——第二次蓄放热试验蓄热过程试验时长,单位为秒(s)。

B.11 最大静置热损失率的确定

现场试验的最大静置热损失率应按式(B.4)进行计算:

$$e_{\text{hef}} = \frac{E_{\text{hef}} \cdot 3\,600}{\tau_{\text{hef}} \cdot P_{af}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

e_{hef} ——现场试验的最大静置热损失率,%;

E_{hef} ——现场试验的最大静置漏热试验过程的总耗电量,单位为千瓦时(kW·h);

τ_{hef} ——现场试验的最大静置漏热试验过程的时长,单位为秒(s);

P_{af} ——现场试验的平均蓄热电功率,单位为千瓦(kW)。

B.12 最大有效放热量的确定

B.12.1 蒸汽输出装置现场试验的最大有效放热量应按式(B.5)进行计算:

$$Q_{\text{mdfv}} = \frac{Q_{v1-1} + Q_{v1-2} + Q_{v2-1} + Q_{v2-2}}{2} \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

式中:

Q_{mdfv} ——蒸汽输出装置现场试验的最大有效放热量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$Q_{\text{v1-1}}$ ——蒸汽输出装置第一次蓄放热试验蓄热过程的放热量[按式(A.3)的方法进行计算],单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$Q_{\text{v1-2}}$ ——蒸汽输出装置第一次蓄放热试验放热过程的放热量[按式(A.3)的方法进行计算],单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$Q_{\text{v2-1}}$ ——蒸汽输出装置第二次蓄放热试验蓄热过程的放热量[按式(A.3)的方法进行计算],单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$Q_{\text{v2-2}}$ ——蒸汽输出装置第二次蓄放热试验放热过程的放热量[按式(A.3)的方法进行计算],单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)。

B.12.2 热水输出、热风输出和有机热载体输出装置现场试验的最大有效放热量应按式(B.6)进行计算:

$$Q_{\text{mdfo}} = \frac{Q_{\text{o1-1}} + Q_{\text{o1-2}} + Q_{\text{o2-1}} + Q_{\text{o2-2}}}{2} \dots\dots\dots (\text{B.6})$$

式中:

Q_{mdfo} ——热水输出、热风输出和有机热载体输出装置现场试验的最大有效放热量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$Q_{\text{o1-1}}$ ——热水输出、热风输出和有机热载体输出装置第一次蓄放热试验蓄热过程的放热量[按式(A.4)的方法进行计算],单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$Q_{\text{o1-2}}$ ——热水输出、热风输出和有机热载体输出装置第一次蓄放热试验放热过程的放热量[按式(A.4)的方法进行计算],单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$Q_{\text{o2-1}}$ ——热水输出、热风输出和有机热载体输出装置第二次蓄放热试验蓄热过程的放热量[按式(A.4)的方法进行计算],单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$Q_{\text{o2-2}}$ ——热水输出、热风输出和有机热载体输出装置第二次蓄放热试验放热过程的放热量[按式(A.4)的方法进行计算],单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)。

B.13 热效率的确定

B.13.1 蒸汽输出装置现场试验的热效率应按式(B.7)进行计算:

$$\eta_{\text{fv}} = \frac{2Q_{\text{mdfv}}}{E_{\text{1-1}} + E_{\text{1-2}} + E_{\text{2-1}} + E_{\text{2-2}}} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{B.7})$$

式中:

η_{fv} ——蒸汽输出装置现场试验的热效率, %;

Q_{mdfv} ——蒸汽输出装置现场试验的最大有效放热量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$E_{\text{1-1}}$ ——第一次蓄放热试验蓄热过程的耗电量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$E_{\text{1-2}}$ ——第一次蓄放热试验放热过程的耗电量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$E_{\text{2-1}}$ ——第二次蓄放热试验蓄热过程的耗电量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$E_{\text{2-2}}$ ——第二次蓄放热试验放热过程的耗电量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)。

B.13.2 热水输出、热风输出和有机热载体输出装置现场试验的热效率应按式(B.8)进行计算:

$$\eta_{\text{fo}} = \frac{2Q_{\text{mdfo}}}{E_{\text{1-1}} + E_{\text{1-2}} + E_{\text{2-1}} + E_{\text{2-2}}} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{B.8})$$

式中:

η_{fo} ——热水输出、热风输出和有机热载体输出装置现场试验的热效率, %;

Q_{mdfo} ——热水输出、热风输出和有机热载体输出装置现场试验的最大有效放热量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)。

B.14 易接触部位最高外表面温升的确定

在预运行试验蓄热过程达到标称蓄热温度时,使用红外成像设备确定试验机组 2 m 以下高度范围内外壳最高温度区域,在机组外壳表面该区域均匀布置不少于 6 个温度测点,在第一次蓄放热试验和第二次蓄放热试验中连续监测该区域表面温度,测点测得的表面温度与环境温度的最大差值即为最高外表面温升。

B.15 压力损失的确定

应确定热水输出、热风输出和有机热载体输出装置热输出介质进口和出口间的压力损失。在预运行试验时,调节试验机组流量达到额定值,通过设置于试验机组热输出介质进口和出口的压差测量仪器测试得出。

B.16 放热过程有效放热量

B.16.1 蒸汽输出装置现场试验的放热过程有效放热量应按式(B.9)进行计算:

$$Q_{\text{dfv}} = \frac{Q_{\text{dfv1-2}} + Q_{\text{dfv2-2}}}{2} \dots\dots\dots (\text{B.9})$$

式中:

Q_{dfv} ——蒸汽输出装置现场试验的放热过程有效放热量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$Q_{\text{dfv1-2}}$ ——第一次蓄放热试验放热过程装置放热开始至热输出功率低于标称热输出功率时刻的放热量[按式(A.7)的方法进行计算],单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$Q_{\text{dfv2-2}}$ ——第二次蓄放热试验放热过程装置放热开始至热输出功率低于标称热输出功率时刻的放热量[按式(A.7)的方法进行计算],单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)。

B.16.2 热水输出、热风输出和有机热载体输出装置现场试验的放热过程有效放热量应按式(B.10)进行计算:

$$Q_{\text{dfo}} = \frac{Q_{\text{dfo1-2}} + Q_{\text{dfo2-2}}}{2} \dots\dots\dots (\text{B.10})$$

式中:

Q_{dfo} ——热水输出、热风输出和有机热载体输出装置现场试验的放热过程有效放热量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$Q_{\text{dfo1-2}}$ ——热水输出、热风输出和有机热载体输出装置第一次蓄放热试验放热过程装置放热开始至热输出功率低于标称热输出功率时刻的放热量[按式(A.8)的方法进行计算],单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$Q_{\text{dfo2-2}}$ ——热水输出、热风输出和有机热载体输出装置第二次蓄放热试验放热过程装置放热开始至热输出功率低于标称热输出功率时刻的放热量[按式(A.8)的方法进行计算],单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)。