

ICS 91.140.10

P 46

中华人民共和国国家标准

**GB/T** ××××**-**××××

**供热燃气锅炉烟气冷凝热能回收装置**

**Flue gas condensing type heat exchanger units for gas-fired heating boilers**

**（征求意见稿）**

**在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上**

××××**-**××**-**××**发布** ××××**-**××**-**××**实施**

 **国 家 市 场 监 督 管 理 总 局**

**发布**

 **国 家 标 准 化 管 理 委 员 会**

**目 次**

[前 言 III](#_Toc183990455)

[1 范围 1](#_Toc183990456)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc183990457)

[3 术语和定义 1](#_Toc183990458)

[4 标记 2](#_Toc183990459)

[5 一般要求 3](#_Toc183990460)

[6 要求 4](#_Toc183990461)

[7 试验方法 7](#_Toc183990462)

[8 检验规则 10](#_Toc183990463)

[9 标志、使用说明书和产品合格证 11](#_Toc183990464)

[10 包装、运输和贮存 13](#_Toc183990465)

[附 录 A](#_Toc183990466)[（资料性）](#_Toc183990467)[烟气冷凝热能回收装置结构示意图 14](#_Toc183990468)

[附 录 B](#_Toc183990469)[（规范性）](#_Toc183990470)[断面测点布置 16](#_Toc183990471)

[附 录 C](#_Toc183990472)[（规范性）](#_Toc183990473)[燃气利用热效率、节能量与节能率的计算 18](#_Toc183990474)

[附 录 D](#_Toc183990475)[（规范性）](#_Toc183990476)[烟囱抽力和烟囱阻力的计算 20](#_Toc183990477)

[附 录 E](#_Toc183990478)[（资料性）](#_Toc183990479)[运行与维护保养 22](#_Toc183990480)

# 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。

 本文件由中华人民共和国住房和城乡建设部提出。

 本文件由全国城镇供热标准化技术委员会（SAC/TC 455）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

**供热燃气锅炉烟气冷凝热能回收装置**

# 1 范围

本文件规定了供热燃气锅炉烟气冷凝热能回收装置的术语和定义、标记、一般要求、要求、试验方法、检验规则、标志、使用说明书和产品合格证、包装、运输和贮存。

本文件适用于城镇供热用燃气锅炉的烟气冷凝热能回收装置。

# 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 1576 工业锅炉水质

GB/T 2589 综合能耗计算通则

GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级

GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 13610 天然气的组成分析 气相色谱法

GB/T 27698.1 热交换器及传热元件性能测试方法 第1部分：通用要求

GB 50264 工业设备及管道绝热工程设计规范

GB/T 50893 供热系统节能改造技术规范

NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第2部分：射线检测

NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测

NB/T 47015 压力容器焊接规程

NB/T 47066 冷凝锅炉热工性能试验方法

# 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

供热燃气锅炉烟气冷凝热能回收装置 flue gas condensing type heat exchanger units for gas-fired heating boilers

使供热用燃气锅炉烟气中大部分水蒸气冷凝，同时回收利用烟气的显热和潜热的换热设备（以下简称烟气冷凝热能回收装置）。

3.2

 被加热介质 heated medium

在烟气冷凝热能回收装置中与烟气换热的流体，如水、空气、油或工质等。

3.3

 有效输出热量 effective heat output

同一时间内被加热介质经烟气冷凝热能回收装置向外提供的热量与被加热介质带入烟气冷凝热能回收装置的热量之差。

3.4

 燃气利用热效率 gas utilization thermal efficiency

同一时间内烟气冷凝热能回收装置的有效输出热量与燃气锅炉所消耗燃气按低位发热量计算的全部热量的比值。

3.5

烟气余热回收率 utilization ratio of flue gas residual heat

同一时间内烟气冷凝热能回收装置的有效输出热量与烟气冷凝热能回收装置前烟气余热量的比值。

3.6

节能量 energy saved

烟气冷凝热能回收装置的有效输出热量与回收烟气冷凝热能所消耗能量（按发电平均效率折算为一次能源的能量）之差。

3.7

节能率 energy saving rate

同一时间内，烟气冷凝热能回收装置的节能量与燃气锅炉所消耗的燃气低位发热量的比值。

3.8

 名义工况 nominal working condition

烟气冷凝热能回收装置在燃气锅炉额定负荷下运行的状态。

3.9

 名义输出热量 nominal heat output

在名义工况下烟气冷凝热能回收装置的有效输出热量。

3.10

 燃气锅炉系统 gas boiler system

由燃气锅炉和烟气冷凝热能回收装置组成的系统。

3.11

汽化温度 vaporization temperature

被加热介质为液体时，与被加热介质在工作压力下由液态变为气态对应的饱和温度。

# 4 标记

标记的构成及含义应符合下列规定：

|  |  |  | - |  | / |  | - |  | / |  | / |  | - |  | / |  | / |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

被加热介质的设计压力/（液体MPa；气体Pa）

被加热介质的设计进口温度/℃

被加热介质代号（S-水；K-空气；Y-油；G-工质）

名义工况下烟气侧设计阻力/Pa

名义工况下烟气进口温度/℃

烟气代号（Y）

名义输出热量/MW

燃气锅炉容量/（MW或t/h）

换热器类型代号（J-间壁式；Z-直接接触式）

产品代号（YRH）

示例：

燃气锅炉容量为7.0MW的间壁式烟气冷凝热能回收装置，其名义输出热量为0.75MW，名义工况下烟气进口温度为150℃，烟气侧设计阻力为50Pa，被加热介质为水，被加热介质的设计进口温度为40℃，被加热介质的设计压力为1.6MPa，其标记为YRH J-7.0/0.75-Y/150/50-S/40/1.6。

# 5 一般要求

5.1 组成和应用

5.1.1 烟气冷凝热能回收装置分为间壁式烟气冷凝热能回收装置和直接接触式烟气冷凝热能回收装置两种类型。两种类型组成分别如下：

a）间壁式烟气冷凝热能回收装置由烟气冷凝换热器主体、烟气进口导流段、烟气出口导流段、烟气冷凝水管以及放气、排污、温度和压力等仪表连接管等组成。

b）直接接触式烟气冷凝热能回收装置由烟气冷凝换热器主体、烟气进口导流段、烟气出口导流段、排水管、补水管以及放气、排污、温度和压力等仪表连接管等组成。

5.1.2 间壁式烟气冷凝热能回收装置用于加热液体和气体，直接接触式烟气冷凝热能回收装置用于加热水等非可燃液体。

5.1.3 烟气冷凝热能回收装置的设计排烟温度应低于烟气露点温度，并应符合回收烟气潜热和烟气冷凝水、减少雾气排放的要求。

5.1.4 烟气冷凝热能回收装置不应影响燃气锅炉的正常安全运行，并宜尽可能不增加风机、水泵等耗能设备。

5.1.5 烟气冷凝热能回收装置应耐腐蚀、阻力小、高效换热、结构紧凑、便于安装和维护。

5.1.6 被加热介质为水的间壁式烟气冷凝热能回收装置应与供热系统循环水泵吸入口侧的回水管相连接。

5.1.7 烟气冷凝水宜进行处理和回收利用，烟气冷凝水处理后再利用时的水质应符合国家现行相关标准的规定。制造单位应提供烟气冷凝水的pH值、主要成分等。

5.2 结构和部件

5.2.1 烟气冷凝热能回收装置应根据工程安装空间条件及有利于强化传热和减小阻力的要求，确定结构型式。烟气冷凝热能回收装置结构示意图见附录A。

5.2.2 烟气与被加热介质流动方向宜采用逆向流动。间壁式烟气冷凝热能回收装置中烟气与烟气冷凝水宜采用同向流动。

5.2.3 烟气冷凝热能回收装置的底座和支撑结构应满足强度和安全要求。

5.2.4 烟气冷凝热能回收装置的烟气侧应设置密闭检查孔，并应便于观察和清洁。

5.2.5 烟气冷凝热能回收装置的烟气与被加热介质的进出口均应预留安装温度、压力或压差等仪表的连接管。

5.2.6 间壁式烟气冷凝热能回收装置的底部最低处应设置烟气冷凝水管，烟气冷凝水不应在烟气冷凝热能回收装置内存留。直接接触式烟气冷凝热能回收装置的底部最低处应设置排水管。

5.2.7 烟气冷凝热能回收装置的烟气进出口均应带有烟气导流段。

5.2.8 被加热介质为液体时，烟气冷凝热能回收装置被加热介质的进出口管道上均应预留安装排气、泄水、超温超压报警等装置的连接管，且宜在被加热介质可能积存气体的部件顶部设置排气阀的连接管。

5.2.9 被加热介质为液体时，烟气冷凝热能回收装置的进出水管的管径，宜按设计流量下比摩阻30Pa/m～70Pa/m选取。

5.2.10 被加热介质为液体时，烟气冷凝热能回收装置的设计流量不应小于名义工况下燃气热水锅炉额定水流量的80%。

5.3 加工

5.3.1 烟气冷凝热能回收装置的焊接应符合NB/T 47015规定。

5.3.2 烟气冷凝热能回收装置焊接完成后应进行无损检测，并应符合NB/T 47013.2或NB/T 47013.3的规定。

5.3.3 除密闭检查孔和烟气出口导流段外，烟气冷凝热能回收装置本体和管道均应进行保温，并应符合GB 50264的规定。当最低环境温度低于5℃时，烟气出口导流段应进行保温。

5.3.4 底座和支撑材料的预处理应达到GB/T 8923.1中St3级的规定。外表面应涂敷底漆和面漆各2道。

5.4 使用寿命

5.4.1 烟气冷凝热能回收装置的设计寿命应与燃气锅炉的设计寿命一致，且不应低于15年。

5.4.2 对在役的燃气锅炉进行改造时，烟气冷凝热能回收装置的设计寿命不应小于燃气锅炉的使用年限，且不应低于10年。

# 6 要求

6.1 外观

6.1.1 烟气冷凝热能回收装置内外表面应整洁，不应有划痕、锈斑等缺陷。

6.1.2 烟气冷凝热能回收装置标志牌、烟气及被加热介质连接管的流向标记等应完整、正确、清晰，安装应牢固，并应置于明显位置。

6.2 烟气导流段接口尺寸

烟气导流段与燃气锅炉烟道的接口尺寸应一致，法兰孔尺寸误差不应超过±2mm。

6.3 排烟温度

当被加热介质为液体时，在名义工况下，烟气冷凝热能回收装置的出口烟温与被加热介质进口温度之差不应大于5℃，且应比烟气中水蒸气的露点温度低5℃以上。

6.4 耐温性能

烟气冷凝热能回收装置的最高允许工作温度不应小于燃气锅炉本体的最高排烟温度。

6.5 耐腐蚀性能

烟气冷凝热能回收装置中，与烟气接触的表面和烟气冷凝水管应采用防腐蚀表面改性材料或耐腐蚀材料及防腐蚀加工工艺，且焊接处应采取防腐蚀措施。

6.6 烟气阻力

6.6.1 当不对燃气锅炉助燃空气加热时，烟气冷凝热能回收装置的烟气阻力应符合式（1）：

 ………………………………（1）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| △*Pzh——* | 烟气冷凝热能回收装置的烟气阻力，单位为帕（Pa）； |
| *Pgy——* | 燃气锅炉排烟余压，单位为帕（Pa）； |
| △*Pyd——* | 烟道的烟气阻力，单位为帕（Pa）； |
| △*hyc——* | 烟囱阻力，单位为帕（Pa）； |
| *Hyc——* | 烟囱抽力，单位为帕（Pa）。 |

6.6.2 当对燃气锅炉助燃空气加热时，烟气冷凝热能回收装置的烟气阻力应符合式（2）：

 ………………………（2）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| △*Pzh——* | 烟气冷凝热能回收装置的烟气阻力，单位为帕（Pa）； |
| *Pgy——* | 燃气锅炉排烟余压，单位为帕（Pa）； |
| ∑*Pky——* | 助燃空气系统阻力，单位为帕（Pa）； |
| △*Pyd——* | 烟道的烟气阻力，单位为帕（Pa）； |
| △*hyc——* | 烟囱阻力，单位为帕（Pa）； |
| *Hyc——* | 烟囱抽力，单位为帕（Pa）。 |

6.6.3 烟气冷凝热能回收装置的烟气阻力宜符合表1的规定。

1. 烟气冷凝热能回收装置烟气阻力

|  |  |
| --- | --- |
| 锅炉出力 | 烟气阻力/Pa |
| 蒸汽锅炉D /（t/h） | 热水锅炉Q/ MW |
| D≤6 | Q≤4.2 | ≤50 |
| 8 ≤D≤10 | 5.6≤Q≤7.0 | ≤90 |
| 12≤D≤20 | 8.4≤Q≤14 | ≤120 |
| 25≤D≤40 | 17.5≤Q≤29 | ≤150 |
| 50≤D≤80 | 35≤Q≤58 | ≤200 |
| 90≤D≤100 | 64≤Q≤70 | ≤230 |
| 130≤D≤160 | 91≤Q≤116 | ≤280 |
| 注：当使用的锅炉出力表中未列出时，采用直线内插法确定。 |

6.7 承压能力

当被加热介质为液体，且为间壁式烟气冷凝热能回收装置时，被加热介质管道的承压能力应大于用热系统的最大工作压力，且不宜小于0.8MPa。

6.8 被加热介质阻力

6.8.1 烟气冷凝热能回收装置的被加热介质阻力应小于设计流量下的允许富裕压力降。

6.8.2 当烟气冷凝热能回收装置中被加热介质为助燃空气时，被加热介质阻力应符合6.6的规定。

6.9 被加热介质温度

当间壁式烟气冷凝热能回收装置的被加热介质为液体时，不应发生汽化现象，被加热介质的出口温度应比汽化温度低20℃以上。

6.10 烟气冷凝水管管径

烟气冷凝热能回收装置的烟气冷凝水管管径应符合表2的规定。

1. 烟气冷凝水管管径

|  |  |
| --- | --- |
| 锅炉出力 | 管径（DN） |
| 蒸汽锅炉D/（t/h） | 热水锅炉Q/MW |
| D≤2 | Q≤1.4 | ≥25 |
| 4≤D≤6 | 2.8≤Q≤4.2 | ≥32 |
| 8≤D≤10 | 5.6≤Q≤7.0 | ≥40 |
| 12≤D≤15 | 8.4≤Q≤10.5 | ≥50 |
| 20≤D≤25 | 14≤Q≤17.5 | ≥70 |
| 30≤D≤40 | 21≤Q≤29 | ≥80 |
| 50≤D≤100 | 35≤Q≤70 | ≥100 |
| 130≤D≤160 | 91≤Q≤116 | ≥125 |
| 注：当使用的锅炉出力表中未列出时，烟气冷凝水水管管径由高一级锅炉出力对应的管径确定。 |

6.11 燃气利用热效率

名义工况下，燃气利用热效率宜根据烟气冷凝热能回收装置的进口烟温和过剩空气系数确定，当燃气为天然气、过剩空气系数为1.1且被加热介质为水时，其值应符合表3的规定。

1. 燃气利用热效率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 进口烟温/℃ | ≥250 | ≥200 | ≥150 | ≥100 |
| 燃气利用热效率/% | ≥15 | ≥12 | ≥10 | ≥7 |

6.12 烟气余热回收率

名义工况下，烟气冷凝热能回收装置的烟气余热回收率宜根据烟气冷凝热能回收装置的进口烟温和过剩空气系数确定，当燃气为天然气、过剩空气系数为1.1且被加热介质为水时，其值应符合表4的规定。

1. 烟气余热回收率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 进口烟温/℃ | ≥250 | ≥200 | ≥150 | ≥100 |
| 烟气余热回收率/% | ≥60 | ≥55 | ≥50 | ≥42 |

6.13 节能量与节能率

6.13.1 回收烟气冷凝热能所消耗能量（按发电平均效率折算为一次能源的能量）应小于烟气冷凝热能回收装置名义输出热量的5%。

6.13.2 名义节能量不应小于烟气冷凝热能回收装置名义输出热量的95%。

6.13.3 节能率不应小于烟气冷凝热能回收装置燃气利用热效率的95%。

# 7 试验方法

7.1 外观

外观检验应在不小于 100 lm的亮度条件下，进行无放大目测检查。

7.2 烟气导流段接口尺寸

烟气导流段接口尺寸应采用分度值为1mm的量尺测量。

7.3 排烟温度

7.3.1 烟气温度测量应采用热电偶温度计或热电阻温度计，且允许误差为0.1℃。

7.3.2 烟气温度测温点应布置在烟气冷凝热能回收装置的出口侧，且烟道断面介质温度分布较均匀的部位。烟道上布置测点的断面与烟气冷凝热能回收装置出口断面的间距不应大于1m。

7.3.3 断面测点布置应符合附录B的规定。

7.3.4 测试应在燃气锅炉热力工况调整到名义工况，且稳定1h后持续测试时间不少于2h。

7.3.5 出口排烟温度应每5min记录读数1次，连续记录24次。

7.3.6 应根据断面测得的各测点温度值，按式（3）确定：

$r\_{i}=R×\sqrt{\frac{2i−1}{2N}}$ …………………………………（3）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| *X*—— | 出口排烟温度； |
| *Xi*—— | 各点温度测量值； |
| *N——* | 测点总数量。 |

7.3.7 被加热介质进口温度检测应符合7.9的规定。

7.3.8 烟气中水蒸气的露点温度，可根据燃气成分、燃气流量和空气湿度及过剩空气系数计算烟气含湿量，近似按常压（0.1MPa）时的饱和空气状态参数表确定。

7.3.9 燃气成分检测应符合GB/T 13610的规定。

7.3.10 燃气流量测量宜符合附录C中C.1.2的规定。

7.3.11 空气湿度宜采用准确度不低于0.1级的温湿度计测量。

7.3.12 烟气成分中过剩空气系数应采用准确度不小于1.0级的烟气分析仪测量，测试前应对烟气分析仪进行校验。

7.3.13 测试的24次出口排烟温度的算术平均值，与被加热介质进口温度的算术平均值之差应符合要求。

7.4 耐温性能

烟气冷凝热能回收装置在燃气锅炉本体的最高排烟温度条件下，连续运行30min，目测所有部件、材料，不应有损坏和变形。

7.5 耐腐蚀性能

烟气冷凝热能回收采用目测方法，表面防护层应无起皮、鼓泡、脱落现象，整个装置无锈蚀现象。

7.6 烟气阻力

7.6.1 烟气阻力采用准确度不低于0.5级的其他压力仪表检测。

7.6.2 压力仪表的连接管应分别安装在烟气进/出口的导流段上，测点位置应靠近烟气导流段进/出口，并应位于烟气流动稳定段。

7.6.3 烟道的烟气阻力包括燃气锅炉烟气出口至烟气进口导流段的烟道、烟气出口导流段至烟囱的烟道两部分阻力之和。

7.6.4 燃气锅炉排烟余压采用准确度不低于0.5级的压力仪表检测，测点位置应靠近燃气锅炉烟气出口1m范围内。

7.6.5 烟囱抽力和烟囱阻力的计算应符合附录D的规定。

7.6.6 助燃空气系统阻力应按式（4）计算：

 ……………………………（4）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| *∑Pky——* | 助燃空气系统阻力，单位为帕（Pa）； |
| *△Pky——* | 空气预热器的气侧阻力，单位为帕（Pa）； |
| *△Pfd——* | 风道的空气阻力，单位为帕（Pa）。 |

7.6.7 空气预热器的气侧阻力采用准确度不低于0.5级的压差仪表检测，测点位置应分别设置在靠近空气预热器的进口和出口1m范围内。

7.6.8 风道的空气阻力采用准确度不低于0.5级的压差仪表检测，测点位置应分别设置在风道的进出口两端。

7.6.9 检验应在燃气锅炉热力工况调整到名义工况，且稳定1h后进行。

7.6.10 压力稳定后，进/出口压力值应每5min记录读数1次，连续记录24次。

7.6.11 测试的24次烟气阻力的算术平均值应符合6.6.3规定。

7.7 承压能力

7.7.1 检测试验液体为洁净的水。

7.7.2 检验可在常温下进行，且水温不低于5℃。

7.7.3 压力表的量程应为1.5倍～3倍的承压能力，宜为承压能力的2倍。压力表的准确度不应低于1.6级，表盘直径不应小于100mm。

7.7.4 先将间壁式烟气冷凝热能回收装置内充水，并将内部空气排净，然后将压力缓慢升高至设计压力的1.5倍，保压10min以上，然后缓慢降至设计压力，并保压2h进行检查，目测装置不应有变形和泄漏。

7.8 被加热介质阻力

7.8.1 被加热介质为气体时，应采用准确度均不小于0.5级的压力仪表，压力仪表的连接管应分别安装在空气进/出口的导流段上，测点位置距离烟气冷凝热能回收装置不应大于1m。

7.8.2 被加热介质为液体时，应采用准确度不小于0.2级的压力表，压力表应分别安装在进/出水管上，测点距离烟气冷凝热能回收装置的进/出水口不应大于1m。

7.8.3 检验应在燃气锅炉热力工况调整到名义工况，被加热介质流量为设计流量时进行检测。

7.8.4 当被加热介质压力稳定后，检测被加热介质进/出口的压力。

7.8.5 进/出口压力值应每5min记录读数1次，连续记录24次。

7.8.6 烟道的烟气阻力、锅炉排烟余压、烟囱抽力、助燃空气系统阻力检测应符合7.6的规定。

7.8.7 测试的24次被加热介质阻力的算术平均值应符合6.8规定。

7.9 被加热介质温度

7.9.1 烟气冷凝热能回收装置被加热介质进/出侧的温度应采用准确度不小于0.5级，允许误差为0.1℃的铂电阻温度计测量。

7.9.2 铂电阻安装方向及插入深度应符合GB/T 27698.1的要求，测点位置距离烟气冷凝热能回收装置不应大于1m。

7.9.3 检验应在燃气锅炉热力工况调整到名义工况，被加热介质流量为设计流量时进行检测。

7.9.4 进/出口温度值应每5min记录读数1次，连续记录24次。

7.9.5 测试的24次被加热介质温度的算术平均值应符合6.9规定。

7.10 烟气冷凝水管管径

烟气冷凝水管管径应采用分度值为0.1mm的量尺测量。

7.11 燃气利用热效率

7.11.1 燃气锅炉系统总热效率采用正平衡和反平衡两种方法测试。不同时具备正平衡和反平衡测试条件时，宜采用正平衡法测试。

7.11.2 正平衡法测试时，燃气利用热效率的计算应符合附录C的规定。反平衡法测试时，反平衡效率的计算应符合NB/T 47066的规定。

7.11.3 同时进行正平衡法与反平衡法测试时，两种方法测试的燃气锅炉系统总热效率之差不应大于5%，燃气利用热效率之差不应大于0.5%。燃气锅炉系统总热效率的计算应符合附录C的规定。

7.11.4 仅进行正平衡法或反平衡法时，应测试两次，两次测试的燃气锅炉系统总热效率之差不应大于2%，燃气利用热效率之差不应大于0.2%。

7.11.5 燃气利用热效率计算用各参数的每次测试时间应不低于2h，测试时间间隔为5min，连续测试24次，按24次的算术平均值确定。各参数的测试时间应相同。

7.11.6 为回收烟气冷凝热能所消耗能量，对需要增加风机、水泵等设备的能耗采用电表或功率计计量，其准确度不应低于0.5级。

7.12 烟气余热回收率

7.12.1 被测试的烟气应在烟气冷凝热能回收装置烟气进口附近取样。

7.12.2 烟气温度检测应符合7.3的规定。

7.12.3 烟气含湿量计算应符合7.3.8的规定。

7.12.4 烟气余热量应按式（5）计算：

……………………………（5）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| *Q*y*——* | 烟气余热量，单位为千瓦（kW）； |
| *V*y*——* | 烟气冷凝热能回收装置前的烟气体积流量，单位为立方米每秒（m³/s）； |
| *c*p,y*——* | 烟气冷凝热能回收装置前的烟气平均定压比热，单位为千焦每立方米摄氏度[kJ/（m³·℃）]； |
| *t*y*——* | 烟气冷凝热能回收装置前的烟气温度，单位为摄氏度（℃）； |
| *d*y*——* | 烟气含湿量，单位为克每千克干烟气（g/kg）。 |

7.12.5 正平衡法测试时，有效输出热量的计算应符合附录C的规定。

7.12.6 烟气余热回收率按式（6）计算：

 ……………………………（6）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| *ξ——* | 烟气余热回收率，%； |
| *Qyrh——* | 有效输出热量，单位为千瓦（kW）； |
| *Qy——* | 烟气余热量，单位为千瓦（kW）。 |

7.12.7 烟气余热回收率采用正平衡和反平衡两种方法测试。正平衡和反平衡的计算方法应符合7.11.2的规定。不同时具备正平衡和反平衡测试条件时，宜选用正平衡法测试。

7.12.8 前后2次测试的烟气冷凝热能回收装置烟气余热回收率之差不应大于1%。

7.13 节能量与节能率

7.13.1 当增加风机、水泵等时，风机、水泵等设备的电耗应采用电表或功率计计量，其准确度不应低于0.5级。

7.13.2 回收烟气冷凝热能所消耗能量应按发电平均效率折算为一次能源的能量，其折算方法应符合GB/T 2589的规定。

7.13.3 节能量与节能率的计算应符合附录C的规定。

# 8 检验规则

8.1 检验类别

检验分为出厂检验和型式检验，检验项目应符合表5的规定。

表5 检验项目

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 出厂检验 | 型式检验 | 要求 | 试验方法 |
| 外观 | √ | √ | 6.1 | 7.1 |
| 烟气导流段接口尺寸 | √ | √ | 6.2 | 7.2 |
| 排烟温度a | — | √ | 6.3 | 7.3 |
| 耐温性能 | — | √ | 6.4 | 7.4 |
| 耐腐蚀性能 | — | √ | 6.5 | 7.5 |
| 烟气阻力 | — | √ | 6.6 | 7.6 |
| 承压能力a、b | √ | √ | 6.7 | 7.7 |
| 被加热介质阻力 | — | √ | 6.8 | 7.8 |
| 被加热介质温度b | — | √ | 6.9 | 7.9 |
| 烟气冷凝水管管径 | — | √ | 6.10 | 7.10 |
| 燃气利用热效率 | — | √ | 6.11 | 7.11 |
| 烟气余热回收率 | — | √ | 6.12 | 7.12 |
| 节能量与节能率 | — | √ | 6.13 | 7.13 |
| 注：“√”为检验项目，“—”为非检验项目。a被加热介质为液体时检验该项目。b间壁式烟气冷凝热能回收装置检验该项目。 |

8.2 出厂检验

8.2.1 产品应按表5规定的项目进行检验，检验合格方可出厂。

8.2.2 当全部检验项目符合要求时，则判定为出厂检验合格，否则判定为不合格。检验不合格的项目，应进行返修并应重新进行检验。

8.3 型式检验

8.3.1 型式检验应符合表5的规定。

8.3.2 有下列情况之一者，应进行型式检验：

a）新产品或转厂生产试制产品；

b）结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能；

c）正常生产每4年进行1次；

d）产品停止生产1年以上，再恢复生产；

e）出厂试验与上次型式检验有较大差异。

8.3.3 检验样品在同一类型的产品中随机抽取2台。

8.3.4合格判定应符合下列规定：

a）所有项目合格时，应判定该批产品为合格；

b）当某项目不合格时，应对不合格项目加倍复检，复检项目合格，可判定为合格；复检项目仍不合格时，应判定该批产品为不合格。

# 9 标志、使用说明书和产品合格证

9.1 标志

9.1.1 产品应在明显的位置设置清晰、牢固的耐腐蚀金属材料标牌。

9.1.2 标牌内容应至少包括：

a）制造单位名称和商标；

b）产品名称和型号（标记）；

c）燃气锅炉容量（t/h或MW）；

d）名义输出热量（MW）；

e）被加热介质种类（S-水；K-空气；Y-油；G-工质）；

f）被加热介质的设计压力（液体MPa；气体Pa）；

g）被加热介质的进出口温度（℃）；

h）名义工况下烟气进出口温度（℃）；

i）名义工况下烟气侧设计阻力（Pa）；

j）产品净重（kg）；

k）产品编号；

l）生产日期。

9.2 使用说明书

9.2.1 产品应附使用说明书。

9.2.2 使用说明书应符合GB/T 9969，应至少包括以下内容：

a）制造单位名称和商标；

b）产品名称和型号；

c）工作原理和接管标记；

d）燃气锅炉容量（t/h或MW）；

e）名义输出热量（MW）；

f）被加热介质种类；

g）烟气和被加热介质的最高工作温度（℃）；

h）产品安全运行的被加热介质最小流量（kg/s）；

i）被加热介质的设计压力[液体（MPa）；气体（Pa）]；

j）被加热介质的设计阻力（kPa）；

k）名义工况下烟气侧设计阻力（Pa）；

l）设备外形尺寸（m或mm）；

m）烟气连接管尺寸（mm）；

n）被加热介质连接口尺寸（m或mm）；

o）产品净重（kg）；

p）产品编号；

q）生产日期；

r）安装与使用说明，常见故障及排除方法；

s）运行与维护保养注意事项见附录E。

9.3 产品合格证

9.3.1 每台烟气冷凝热能回收装置应附产品合格证。

9.3.2 产品合格证应至少包括以下内容：

a）制造单位和出厂日期；

b）产品型号；

c）执行标准；

d）出厂检验报告；

e）产品编号、合格证号、检验日期、检验员标记。

# 10 包装、运输和贮存

10.1 包装

10.1.1 烟气冷凝热能回收装置和附件和备件宜牢固包装，紧固于包装箱内。技术文件（包括使用说明书、产品合格证、装箱单、产品总装图、出厂检验报告等）应完整附带于包装箱内。包装箱应符合GB/T 13384的有关规定。

10.1.2 烟气冷凝热能回收装置内应无残余物，所有管道应采取防锈措施，管道端口应用钢板、木材、纤维板等盖板封闭。

10.1.3 包装箱外面应标明以下内容：

a）收货单位名称及地址；

b）产品名称及型号；

c）设备外形尺寸（mm）；

d）总重量（kg）；

e）制造单位名称及地址；

f）包装日期；

g）“向上”、“防潮”等注意事项及标记。

10.2 运输和贮存

10.2.1 产品及其部件在运输过程中应采取防震、防晒、防雨雪及化学物品侵蚀等措施。

10.2.2 产品应贮存在通风干燥、无易燃烧、无腐蚀性物质的仓库内，露天临时存放应采取防晒、防雨雪及化学物品侵蚀的措施。

# 附 录 A

# （资料性）

# 烟气冷凝热能回收装置结构示意图

A.1 被加热介质为水的烟气冷凝热能回收装置结构示意见图A.1。

  

a）间壁式型式之一 b）间壁式型式之二 c）间壁式型式之三

  

d）间壁式型式之四 e）直接接触式型式之一 f）直接接触式型式之二

说明：1——烟气；

2——被加热水；

3——冷凝水；

4——排水。

图A.1 被加热介质为水的烟气冷凝热能回收装置结构示意图

A.2 被加热介质为空气的烟气冷凝热能回收装置结构示意见图A.2。

  

a）间壁式型式之一 b）间壁式型式之二 c）间壁式型式之三

说明：1——烟气；

2——空气；

3——冷凝水。

图A.2 被加热介质为空气的烟气冷凝热能回收装置结构示意图

# 附 录 B

# （规范性）

# 断面测点布置

B.1 圆形断面测点布置

B.1.1 圆形断面测点布置示意见图B.1。当断面直径D不大于400mm时，可在一条直线上测量（即图B.1中的Ⅰ-Ⅰ或Ⅱ-Ⅱ直径）；当直径D大于400mm时，应在相互垂直的两条直径上测量（即同时在图B.1中的Ⅰ-Ⅰ和Ⅱ-Ⅱ直径上布置测点）。



说明：1——烟道外壁；

2——测点；

R——圆形断面半径（mm）。

图B.1 圆形断面测点布置示意图

B.1.2 测点距圆形断面中心的距离按式（B.1）确定：

$r\_{i}=R×\sqrt{\frac{2i−1}{2N}}$ ………………………………（B.1）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| *r*i—— | 测点距圆形断面中心的距离，单位为毫米（mm）； |
| *R*—— | 圆形断面半径，单位为毫米（mm）； |
| *i——* | 从圆形断面中心起算的测点序号； |
| *N——* | 圆形断面划分环数。 |

B.1.3 圆形断面划分圆环数和测点总数应符合表B.1的规定。

表B.1 圆形断面划分圆环数和测点总数

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 管道直径（*D*）/mm  | 300 | 400 | 600 | *D*＞600时，*D*每增加200 |
| 等面积圆环数N | 3 | 4 | 5 | N增加1 |
| 测点总数 | 6 | 8 | 20 | 测点数加4 |
| 注：对气流断面温度和速度分布较均匀的部位且管道直径D＞600mm，当圆断面为水平断面，水平对称测点数可减少一半，即总测点数减少一半；当圆断面为垂直断面时，水平对称测点数可减少一半，垂直测点数保持不变，即总测点数减少3/4。 |

B.2 矩形断面测点布置

B.2.1 矩形断面测点布置示意见图B.2。



说明：1——烟道外壁；

2——测点；

L——矩形断面长度（mm）；

B——矩形断面宽度（mm）。

图B.2 矩形断面测点布置示意图

B.2.2 矩形断面边长L（B）划分排数应符合表B.2的规定。

表B.2 矩形断面边长L（B）划分排数

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 边长*L*（*B*）/ mm | L（B）≤500 | 500 ＜L（B）≤1000 | 1000 ＜L（B）≤1500 | L（B）＞1500 |
| 测点排数/N | 3 | 4 | 5 | *L*（*B*）每增长500mm测点排数N增加1 |
| 注：对较大的矩形断面，可适当减少N值，但每个小矩形的最大边长不应大于1m。 |

# 附 录 C

# （规范性）

# 燃气利用热效率、节能量与节能率的计算

C.1 燃气利用热效率

C.1.1燃气利用热效率应按式（C.1）计算：

 …………………………（C.1）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| *η*yrh—— | 烟气冷凝热能回收装置的燃气利用热效率，%； |
| *Q*yrh—— | 烟气冷凝热能回收装置有效输出热量，单位为千瓦（kW）； |
| *Bg*—— | 燃气锅炉的标准状态下燃气流量，单位为立方米每秒（m3/s）； |
| *q*dw—— | 燃气低位发热量，单位为千焦每立方米（kJ/m3）。 |

C.1.2 燃气流量采用燃气锅炉所在属地燃气公司安装的经鉴定且在有效期内的燃气仪表测量。燃气流量测量时，应同时测量燃气的压力和温度，并将燃气仪表的读数换算成标准状态下的容积流量。

C.2 烟气冷凝热能回收装置有效输出热量

C.2.1烟气冷凝热能回收装置有效输出热量的计算应符合下列规定：

 a）当烟气冷凝热能回收装置直接加热燃气锅炉进水时，烟气冷凝热能回收装置有效输出热量应分别按式（C.2）计算：

 ………………………（C.2）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| *Qyrh——* | 烟气冷凝热能回收装置有效输出热量，单位为千瓦（kW）； |
| *G*r*——* | 被加热介质流量，单位为千克每秒（kg/s）； |
| *h*ro*——* | 被加热介质出口比焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）； |
| *h*ri*——* | 被加热介质进口比焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）。 |

 b）当烟气冷凝热能回收装置加热燃气锅炉进水和其他用热介质（含二级网水）时，烟气冷凝热能回收装置有效输出热量应分别按式（C.3）计算：

 …………………（C.3）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| *Qyrh——* | 烟气冷凝热能回收装置有效输出热量，单位为千瓦（kW）； |
| *G*r0*——* | 用于加热锅炉进水流量，单位为千克每秒（kg/s）； |
| *G*rm*——* | 第*m*种其他被加热介质流量，单位为千克每秒（kg/s）； |
| *h*ro0*——* | 用于加热锅炉进水的出口比焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）； |
| *h*ri0*——* | 用于加热锅炉进水的进口比焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）； |
| *hrom——* | 第m种其他被加热介质的出口比焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）； |
| *hrim——* | 第m种其他被加热介质的进口比焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）。 |

C.2.2 用于加热锅炉进水流量测试可按下列方法进行：

a）应采用准确度不低于0.5级超声波流量表或涡轮流量计；

b）流量计应安装在燃气锅炉的进水管道上，流量计前、后直管段长度应满足GB/T 27698.1及仪表使用说明书的要求。

C.2.3 被加热介质流量测试可按下列方法进行：

a）应采用准确度不低于0.5级超声波流量表或涡轮流量计；

b）流量计应安装在烟气冷凝热能回收装置的被加热介质进口侧，流量计前、后直管段长度应满足GB/T 27698.1及仪表使用说明书的要求。

C.3 燃气锅炉系统总热效率应按式（C.4）和（C.5）计算：

 ………………………（C.4）

 ………………………（C.5）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| *η*—— | 燃气锅炉系统总热效率，%； |
| *Qg——* | 燃气锅炉有效输出热量，单位为千瓦（kW）； |
| *Qyrh——* | 烟气冷凝热能回收装置有效输出热量，单位为千瓦（kW）； |
| *Bg*—— | 燃气锅炉的标准状态下燃气耗量，单位为立方米每秒（m3/s）； |
| *q*dw*——* | 燃气低位发热量，单位为千焦每立方米（kJ/m3）； |
| *G*g*——* | 热水锅炉循环水流量或蒸汽锅炉给水流量，单位为千克每秒（kg/s）； |
| *h*go*——* | 燃气锅炉本体出水比焓或蒸汽比焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）； |
| *h*gi*——* | 燃气锅炉本体进水比焓或给水比焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）。 |

C.4 节能量应按式（C.6）计算：

 …………………………（C.6）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| *Q*j—— | 烟气冷凝热能回收装置的节能量，单位为千瓦（kW）； |
| *Q*yrh—— | 烟气冷凝热能回收装置有效输出热量，单位为千瓦（kW）； |
| *Qd——* | 回收烟气冷凝热能所消耗能量（按发电平均效率折算为一次能源的能量），单位为千瓦（kW）。 |

C.5 节能率应按式（C.7）计算：

 …………………………（C.7）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| *η*j—— | 烟气冷凝热能回收装置的节能率，%； |
| *Bg*—— | 燃气锅炉的标准状态下燃气耗量，单位为立方米每秒（m3/s）； |
| *q*dw*——* | 燃气低位发热量，单位为千焦每立方米（kJ/m3）。 |

# 附 录 D

# （规范性）

# 烟囱抽力和烟囱阻力的计算

D.1 烟囱抽力

烟囱抽力应按式（D.1）计算：

 …………………（D.1）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| *Hyc——* | 烟囱抽力，单位为帕（Pa）； |
| *H——* | 产生抽力的烟囱高度，单位为米（m）； |
| *——* | 标准状态下室外空气的密度，取1.293 kg/m³，单位为千克每立方米（kg/m³）； |
| *——* | 标准状态下烟囱内烟气的密度，取1.340 kg/m³，单位为千克每立方米（kg/m³）； |
| *g——* | 重力加速度，取9.8 m/s2，单位为米每平方秒（m/s2）； |
| *t*k*——* | 室外空气温度，单位为摄氏度（℃）； |
| *t*y*——* | 烟囱内烟气的温度，单位为摄氏度（℃）； |
| *C*p*——* | 大气压力修正系数[b为当地大气压力（Pa）]。 |

D.2 烟囱阻力

D.2.1 烟囱阻力应按式（D.2）计算：

 ……………………………（D.2）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
|  *——* | 烟囱阻力，单位为帕（Pa）； |
| *——* | 烟囱的摩擦阻力，单位为帕（Pa）； |
| *——* | 烟囱的出口阻力，单位为帕（Pa）。 |

D.2.2 烟囱的摩擦阻力应按式（D.3）计算：

 ……………………………（D.3）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| *——* | 烟囱摩擦阻力系数，金属烟囱=0.03，砖和混凝土烟囱=0.04； |
| *L——* | 烟囱高度，单位为米（m）； |
| *——* | 烟囱内烟气平均流速，单位为米每方秒（m/s）； |
| *——* | 烟囱平均内径，单位为米（m）； |
| *——* | 烟囱内烟气平均密度，单位为千克每立方米（kg/m³），烟气平均密度按式（D.4）计算： |

 ……………………………（D.4）

|  |  |
| --- | --- |
| *——* | 烟气在标准状况下的密度，单位为千克每立方米（kg/m³）， kg/m³； |
| *——* | 烟囱内烟气平均温度，单位为摄氏度（℃），烟气温度测量应符合7.3的规定。 |

D.2.3 烟囱内烟气平均流速可采用准确度不低于0.5级热线风速仪测量，每5min记录读数1次，连续记录24次，最后取24次测量值的算术平均值。

D.2.4 烟囱平均内径可采用准确度为0.1mm的量尺分别测量烟囱外径和烟囱壁厚，在烟囱同一断面上测量3~4次，烟囱平均内径取烟囱外径与烟囱壁厚差值的算术平均值。

D.2.5 烟囱的出口阻力应按式（D.5）计算：

 ……………………………（D.5）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| *——* | 烟囱的出口阻力，单位为帕（Pa）； |
| *——* | 烟囱出口阻力系数，=1； |
| *——* | 烟囱出口烟气流速，单位为米每方秒（m/s）； |
| *——* | 烟囱出口处烟气密度，单位为千克每立方米（kg/m³）。 |

# 附 录 E

# （资料性）

# 运行与维护保养

E.1运行

E.1.1 烟气冷凝热能回收装置运行调试应符合GB/T 50893的规定，具体调试应按下列步骤进行：

1. 烟气侧应吹扫，被加热介质侧应冲洗，气液管道应畅通。
2. 烟气热能回收系统充液后应进行冷态循环，烟气冷凝回收装置的被加热介质流量应达到最低安全值。
3. 应进行热态调试，锅炉和被加热介质系统的连锁控制应运行正常；启动时，应先开启被加热介质系统，后启动锅炉；停炉时，应先停炉，待烟气温度降低后，再停止被加热介质系统。
4. 单机调试应校对烟道阻力和背压、调节燃烧器、控制燃气和空气的比例、测试烟气成分。烟气冷凝热能回收装置对锅炉燃烧系统、烟风系统的影响应降到最小。
5. 单机试运行及调试后，应进行联合试运行及调试，并应达到设计要求。

E.1.2 被加热介质为水时，其水质应符合GB/T 1576要求。

E.1.3 烟气冷凝热能回收装置运行期间，应对流量、温度、压力、热量等运行数据进行日常记录。

E.1.4 烟气冷凝热能回收装置宜配备智能化监控系统。

E.1.5 烟气冷凝热能回收装置运行期间，应实时监测被加热介质（液体）温度和压力，被加热介质（液体）不应汽化和超压。

E.1.6 应定期检查设备、烟道、风道、挡板和阀件及仪表状态，确保运行安全可靠。

E.1.7 应定期检查烟气冷凝热能回收装置与烟道的连接部位，确保烟气冷凝水排出通畅。

E.1.8 烟气冷凝热能回收装置的烟气侧运行阻力超过烟气侧设计阻力的1.2倍时，应对烟气冷凝热能回收装置的烟气侧换热面进行吹扫或清洗。

E.1.9 名义工况下烟气冷凝热能回收装置节能量低于名义输出热量的95%时，应对烟气冷凝热能回收装置的换热面进行吹扫或清洗。

E.1.10 停炉后，应检查烟气冷凝热能回收装置、烟道、风道等部位的腐蚀情况。对缺损部位应及时修复，修复部位验收合格后方可投入使用。

E.2 维护保养

E.2.1 烟气冷凝热能回收装置在启动前或停机后应对烟气侧换热表面进行吹扫或冲洗。

E.2.2 被加热介质管路上过滤器压降超过初始运行压降的1.2倍时，应清洗过滤器。

E.2.3 燃气锅炉正常运行而烟气冷凝热能回收装置短时间停用时，应先开启烟道旁路并关闭烟气冷凝热能回收装置的进出口烟阀。

E.2.4 维护人员进入烟气冷凝热能回收装置内部清洗或检修时，不应踩踏换热器表面，严禁破坏换热器表面的防腐层。

E.2.5 被加热介质为水的间壁式烟气冷凝热能回收装置，设备停运期间宜采取充水保养措施。

E.2.6 烟气冷凝热能回收装置设在室外且当室外温度低于5℃时，应采取防冻措施。

E.2.7 对需要带电维护的智能化监控系统，在烟气冷凝热能回收装置停运后不应断电，或应定期进行通电维护。