

# 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2010年工程建设标准规范制订、修订计划（第一批）〉的通知》（建标〔2010〕43号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，编制本规程。

本规程的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语；3. 火炕系统设计；4. 火炕系统施工；5. 火炕性能检测。

本规程由住房和城乡建设部负责管理，由沈阳建筑大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送沈阳建筑大学（地址：沈阳市浑南新区浑南东路9号，邮编：110168）。

本 规 程 主 编 单 位：沈阳建筑大学  
哈尔滨工业大学

本 规 程 参 编 单 位：中国建筑科学研究院  
辽宁省农村能源行业协会  
中国建筑设计研究院  
大连理工大学  
黑龙江省建筑设计研究院  
山东省建筑设计研究院  
东北石油大学

本规程主要起草人员：冯国会 李桂文 李 刚 方修睦  
郭继业 端木琳 林建平 王智超  
徐 勤 赵明德 李慧星 于 靓

于 水 王宗山 任洪国 王 伟  
张守健

本规程主要审查人员：刘 军 董重成 孟庆林 张吉礼  
宋 波 赵立华 林国海 郝文阁  
侯鸿章 王庆辉

住房和城乡建设部信息中心  
浏览专用

# 目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	火炕系统设计	5
3.1	一般规定	5
3.2	火炕设计	6
3.3	相变蓄热炕面设计	9
3.4	烟囱设计	10
4	火炕系统施工	12
4.1	火炕的砌筑	12
4.2	相变蓄热炕面施工	13
4.3	烟囱的砌筑	13
5	火炕性能检测	14
5.1	一般规定	14
5.2	检测项目	14
5.3	热工性能检测	15
5.4	室内环境质量检测	16
5.5	检测结果处理	17
附录 A	火炕材料热工性能表	21
附录 B	相变材料物性表	22
附录 C	仪器仪表的性能要求	23
附录 D	火炕综合热效率计算表	24
	本规程用词说明	27
	引用标准名录	28

# Contents

1	General Provisions .....	1
2	Terms .....	2
3	Kang System Design .....	5
3.1	General Requirements .....	5
3.2	Kang Design .....	6
3.3	Surface with PCM of Kang Design .....	9
3.4	Chimney Design .....	10
4	Construction of Kang System .....	12
4.1	Requirements of Kang Construction .....	12
4.2	Construction of Surface with PCM of Kang .....	13
4.3	Requirements of Chimney Construction .....	13
5	Kang Performance Detection .....	14
5.1	General Requirements .....	14
5.2	Test Item .....	14
5.3	Thermal Performance Detection .....	15
5.4	Indoor Environment Quality Detection .....	16
5.5	Results Treatment .....	17
Appendix A	The Thermal Performance of Kang Material .....	21
Appendix B	The Properties of Phase Change Material .....	22
Appendix C	Instruments Performance Requirements .....	23
Appendix D	Calculation Table of Comprehensive Heat Efficiency of Kang .....	24

Explanation of Wording in This Specification ..... 27  
List of Quoted Standards ..... 28

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范农村住宅建筑内火炕系统设计、施工和性能检测，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于农村住宅建筑内新建、改建火炕系统的设计、施工和性能检测。

**1.0.3** 农村火炕系统的设计、施工和性能检测除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

住房城乡建设部信息公开  
浏览专用

## 2 术 语

### 2.0.1 火炕系统 Kang system

由炉灶、火炕及烟囱三部分组成的供暖系统。

### 2.0.2 火炕 Kang

用石板、土坯、砖等建筑材料和构件砌成的房间供暖和坐卧设施，其内设有炕洞，并分别与炉灶、烟囱相通。

### 2.0.3 落地式火炕 floor type Kang

火炕炕底部直接落在室内地坪上的一种火炕形式。

### 2.0.4 架空式火炕 overhead type Kang

火炕炕底部高出室内地坪一定高度的一种火炕形式。

### 2.0.5 炕洞 Kang smoke channel

火炕内的烟气流通道，用砖或土坯砌成，炕洞一端与炉灶相通，一端与烟囱相通。

### 2.0.6 炕面 Kang surface

由炕面板、蓄热层、抹面层和饰面层等组成的火炕上表面。

### 2.0.7 炕头 Head of Kang surface

靠近进烟口的炕面部分。

### 2.0.8 炕梢 tail of Kang surface

远离进烟口的炕面部分。

### 2.0.9 进烟口 smoke inlet

炉灶与火炕连接处高温烟气进入炕洞的孔洞。

### 2.0.10 出烟口 smoke outlet

火炕与烟囱连接处排出低温烟气的孔洞。

### 2.0.11 分烟墙 guide hamper

用于调整炕洞内烟气流向和流量的挡墙。

### 2.0.12 导烟墙 smoke guide

设于出烟口用于疏导烟气流向的挡墙。

**2.0.13 炉灶 stove**

将薪柴、秸秆、畜粪等有机物质及煤炭等燃料，通过燃烧提供热能的设备。

**2.0.14 烟囱 chimney**

用于排出火炕烟气的部件。

**2.0.15 烟道插板 smoke flapper**

设置在出烟口或烟囱中，用来调节烟气排放量的部件。

**2.0.16 相变蓄热材料 phase change material**

通过改变物质状态而吸收或释放潜热的材料。

**2.0.17 相变蓄热炕面 Kang surface with PCM**

通过相变蓄热材料达到蓄存、释放热量并延长供暖时间的功能性炕面。

**2.0.18 火炕综合热效率 comprehensive heat efficiency of Kang**

同一时间内，火炕有效利用热量与输入热量的百分比。

**2.0.19 炕面瞬时平均温度 instantaneous average temperature of Kang surface**

某一时刻火炕炕面各测温点温度的算术平均值。

**2.0.20 炕面平均温度 average temperature of Kang surface**

在一个燃烧周期内，火炕炕面各瞬时平均温度的算术平均值。

**2.0.21 炕面平均升温速度 average temperature rising rate of Kang surface**

火炕升温阶段，单位时间内炕面平均温度与炕面初始平均温度之差。

**2.0.22 炕面温度不均匀度 un-uniformity of Kang surface temperature**

炕面温度分布的不均匀程度。

**2.0.23 炕面平均降温速度 temperature reducing rate of Kang surface**



火炕停火后，单位时间内升温阶段结束时刻的炕面瞬时平均温度与降温阶段结束时刻的炕面瞬时平均温度之差。

**2.0.24 火炕单位面积散热量** heat flux of per unit area Kang

火炕在热稳定阶段，单位面积炕面在单位时间内向室内散出的热量。

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用

## 3 火炕系统设计

### 3.1 一般规定

3.1.1 火炕系统的设计应保证使用舒适、节约能源。火炕烟气流阻力应适中，综合热效率高，不应倒风。

3.1.2 火炕与炉灶应分别设置在两个不同房间，火炕应采取防烟气泄漏的安全措施。室内空气中一氧化碳含量的小时平均值应小于  $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

3.1.3 火炕砌体或构件承受荷载应大于  $2.0\text{kN}/\text{m}^2$ ，并应具有好的蓄热性能和传热性能，且应取材容易、坚固耐用、经济合理。

3.1.4 火炕上表面平均温度应在  $25^\circ\text{C}\sim 40^\circ\text{C}$  之间，炕面温度不均匀度应小于  $15^\circ\text{C}$ 。

3.1.5 落地式火炕热效率应大于  $40\%$ ，架空式火炕热效率应大于  $70\%$ 。

3.1.6 当火炕主体和室内烟囱主体材料采用无机非金属材料时，无机非金属材料的放射性指标限量应符合表 3.1.6 的规定。

表 3.1.6 无机非金属材料的放射性指标限量

测定项目	限量
内照射指数 ( $I_{\text{Ra}}$ )	$\leq 1.0$
外照射指数 ( $I_{\text{r}}$ )	$\leq 1.0$

3.1.7 火炕系统中的炉灶应采用不燃材料建造或制作，选用的炉灶应与所使用燃料相适应，炉灶热效率应高于  $30\%$ 。与可燃物体相邻部位的炉灶外表面壁厚不应小于  $120\text{mm}$ 。灶台台面标高应低于火炕炕面板标高  $100\text{mm}$  以上，炉灶应有进风口。

## 3.2 火 炕 设 计

3.2.1 火炕长度可根据房屋开间的大小确定，宽度不宜小于1800mm，高度宜为550mm~670mm。

3.2.2 火炕烟道内烟气流程设计应使烟气流动顺畅。烟道底面应沿烟气流向抬高，坡度不应小于5%。

3.2.3 火炕接触居室的外墙部位应采取保温措施。

3.2.4 炕体材料和制品的选取应满足热性能、强度、耐火性和外观平整等方面要求，可采用红砖、土坯、定型石板、钢筋混凝土预制板砌筑，且热工性能应符合本规程附录A的规定。

3.2.5 火炕进排烟口设置应符合下列规定：

1 火炕进排烟口位置应合理，内壁应光滑；

2 火炕进烟口应逐渐加宽、提高，呈扁宽喇叭形；高度宜为80mm~100mm，宽度宜为180mm~200mm；

3 火炕出烟口高度宜为160mm，宽度宜为200mm；

3.2.6 落地式火炕设计应符合下列规定：

1 落地式火炕炕墙高度宜为500mm，炕梢处炕墙略低，落差宜为20mm~40mm；

2 落地式火炕内部宜用干土或干炉渣填充。炕头填充材料厚度宜为320mm，炕梢填充材料厚度宜为340mm；

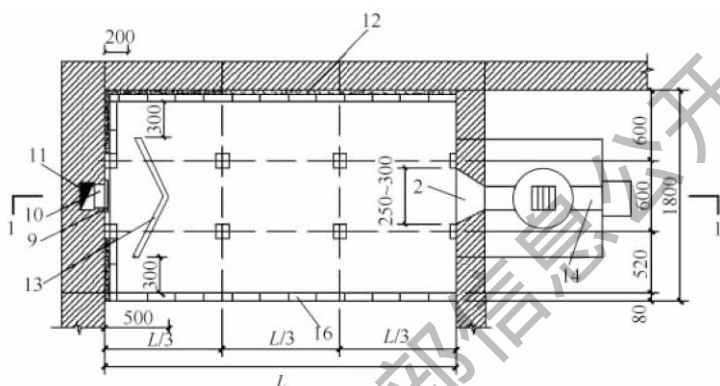
3 炕洞内分烟墙宜设置在炕头处，宜采用船头形、弧形或斜砖式；

4 炕洞可采用直洞、花洞等方式。

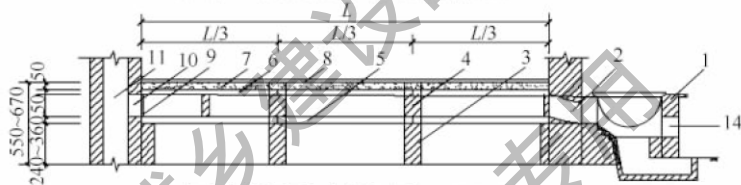
3.2.7 架空式火炕设计应符合下列规定（图3.2.7）：

1 炕底板支柱尺寸长度宜为120mm~240mm，宽度宜为120mm，高度宜为炕梢处370mm，炕头处350mm。炕底板支柱数量可根据炕底板数量确定，炕中间支柱中心点应与所支撑的四块炕板的角顶点重合，炕底板支柱与炕面板支柱的支撑点应重合。

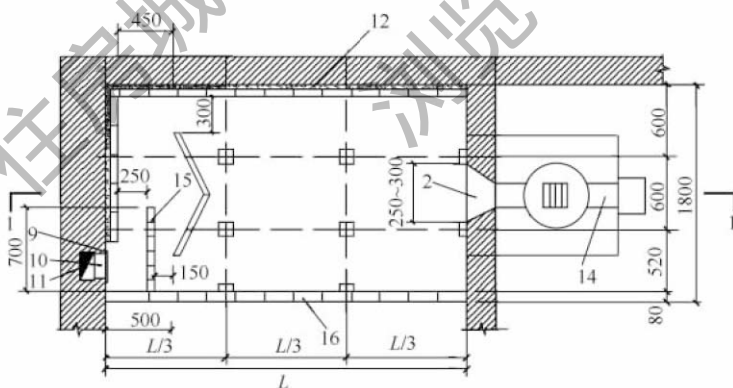
2 炕墙可立砖砌筑或采用预制件。炕墙厚度宜为60mm~80mm；炕头高度宜为260mm，炕梢高度宜为240mm。



(a) 架空式火炕烟囱在中间砌筑平面图



(b) 架空式火炕烟囱在中间砌筑1-1纵剖面图



(c) 架空式火炕烟囱在炕上下角砌筑平面图

图 3.2.7 架空式火炕砌筑参考图 (一)

- 1—炉灶；2—进烟口；3—底板支柱；4—炕面板支柱；5—炕底板；  
6—炕面板；7—炕面抹面泥；8—饰面层；9—烟道插板；10—出烟口；  
11—烟囱；12—保温墙；13—炕洞分烟墙；14—添柴（煤）口；  
15—炕洞导烟墙；16—前炕墙立砖砌筑

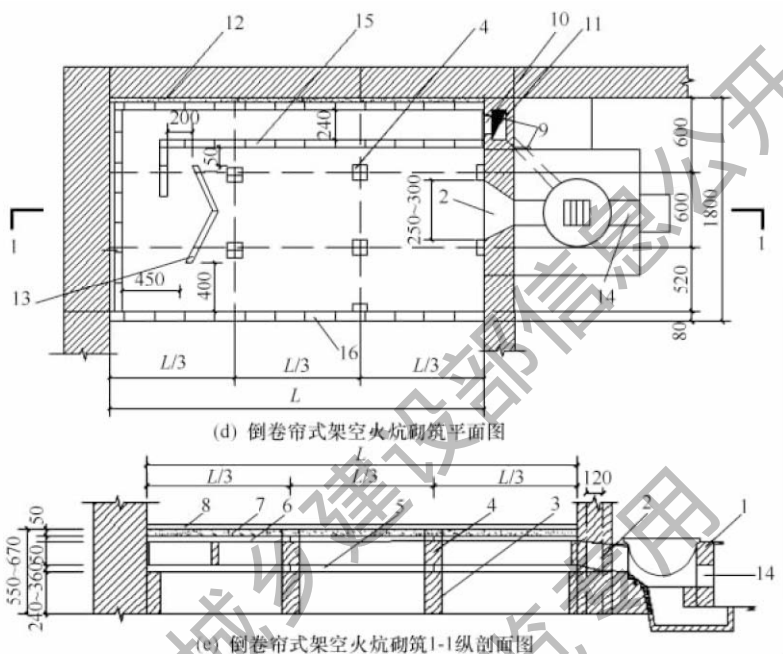


图 3.2.7 架空式火炕砌筑参考图(二)

- 1—炉灶；2—进烟口；3—底板支柱；4—炕面板支柱；5—炕底板；  
6—炕面板；7—炕面抹面泥；8—饰面层；9—烟洞插板；10—出烟口；  
11—烟囱；12—保温墙；13—炕洞分烟墙；14—添柴（煤）口；  
15—炕洞导烟墙；16—前炕墙立砖砌筑

3 架空式火炕炕体内不应设前分烟、落灰膛或其他不必要阻挡，在炕梢应设人字缓流式后分烟墙。每侧分烟墙尺寸长度宜为 420mm，高度宜为 160mm~180mm，宽度宜为 60mm，内角宜为 150°。

4 分烟墙的设置应符合下列规定：

- 1) 烟囱位于炕梢中央时，人字缓流式后分烟墙宜设在排烟口前部，后分烟墙的人字开口部位对着烟囱，人字分烟墙两侧离烟囱所在墙体最近距离不宜小于 200mm，与炕体两侧应留有 270mm~340mm 的烟气

通道。

- 2) 烟囱位于炕梢上下两角时，应在排烟口前部设一段长 700mm 的立砖墙。立砖墙距烟囱所在墙体距离宜为 250mm，后分烟墙的人字开口部位对着烟囱所在墙体，人字两侧离烟囱所在墙体距离应为 460mm～500mm，与炕体两侧应留有 270mm～340mm 的烟气通道。

5 炕面板支柱尺寸长度宜为 120mm，宽度宜为 120mm，炕梢处高度宜为 160mm，炕头处高度宜为 180mm。

6 炕底板的长度应为炕全长减去 50mm 后的  $1/3$ ，宽度应为 600mm，厚度应为 50mm，共 9 块。炕面板中与炕底板尺寸相同的有 6 块，另外 3 块炕面板的长度应为炕全长减去 50mm 后的  $1/3$ ，宽度应为 500mm，厚度应为 50mm。

### 3.3 相变蓄热炕面设计

3.3.1 有条件地区宜采用相变蓄热火炕。

3.3.2 相变蓄热炕面所用的相变材料除应符合本规程附录 B 的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 相变材料应无毒、无味，不得腐蚀封装材料；
- 2 相变材料相变温度变化范围宜为  $25^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ；
- 3 相变材料热膨胀系数宜为  $-0.10\text{K}^{-1}\sim 0.10\text{K}^{-1}$ 。

3.3.3 相变蓄热炕面宜根据相变材料的相变温度上限进行分区，宜分为 3 段，相变材料的相变温度上限应按下式计算：

$$T_{\text{xb}} = T_1 - X \frac{T_1 - T_2}{L} \quad (3.3.3)$$

式中： $T_{\text{xb}}$ ——相变材料相变温度上限（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

$T_1$ ——炕头处炕面板上表面设计温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

$T_2$ ——炕梢处炕面板上表面设计温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

$X$ ——火炕计算截面与炕头距离（m）；

$L$ ——炕长度（m）。

3.3.4 相变材料用量应按下列公式计算：

$$M_{\text{PCM}} = 0.8 \cdot \frac{W}{H} \quad (3.3.4-1)$$

$$W = \eta_z \cdot \eta_k \cdot M \cdot Q \quad (3.3.4-2)$$

式中： $M_{\text{PCM}}$ ——相变材料用量（kg）；

$W$ ——火炕每次运行时的散热量（kJ）；

$H$ ——相变材料潜热（kJ/kg）；

$M$ ——火炕每次运行时所消耗的燃料量（kg）；

$Q$ ——燃料应用基低位发热量（kJ/kg）；

$\eta_z$ ——炉灶热损失，取 0.3~0.4；

$\eta_k$ ——火炕热效率，应符合本规程第 3.1.5 条的有关规定。

3.3.5 相变材料可采用管道封装或直接置于预制炕面板上部设置的凹槽内，并应做好密封设计和防渗透处理设计。

### 3.4 烟囱设计

3.4.1 烟囱宜设置在建筑外墙或内墙角处。烟囱的位置应根据室外风向、风速和静压分布确定，烟囱应设在负压区，并应符合下列规定：

1 平屋顶和 1:3 坡屋顶的建筑，烟囱可设置在屋顶的任何位置上；

2 1:2 坡屋顶的建筑，烟囱应设在背风侧；

3 1:1 坡屋顶的建筑，烟囱应设在屋脊处。

3.4.2 烟囱与炉灶的相对位置可与炉灶同侧，也可与炉灶异侧。

3.4.3 烟囱的高度应符合下列规定：

1 烟囱应伸出屋面，伸出高度应有利于烟气扩散，并应根据屋面形式、排出口周围遮挡物的高度、距离和积雪深度确定；

2 平屋面伸出高度不应小于 0.60m，且不得低于女儿墙的高度；

3 坡屋面伸出高度应符合下列规定：

- 1) 烟囱中心线距屋脊小于 1.50m 时，应高出屋脊 0.60m；
- 2) 烟囱中心线距屋脊 1.50m~3.00m 时，应高出屋脊，且伸出屋面高度不得小于 0.60m；
- 3) 烟囱中心线距屋脊大于 3.00m 时，其顶部同屋脊的连线同水平线间的夹角不应大于  $10^\circ$ ，且伸出屋面高度不应小于 1.60m。

**3.4.4 烟囱的防火设计应符合下列规定：**

1 烟囱通过屋顶或保温顶棚时，顶棚至屋面层范围内应采用不燃材料砌抹；

2 烟道直接在外墙上开设出烟口与烟囱相连时，外墙出烟口处周边应采用不燃材料砌筑，且出烟口应突出外墙，突出长度不应小于 250mm；

3 烟囱穿过可燃性保温层、防水层时，在其周围 500mm 范围内应采用不燃材料做隔热层，不应在闷顶内开设烟囱清扫孔。

**3.4.5 烟囱的尺寸宜为 490mm×490mm 或 490mm×370mm。**

**3.4.6 当烟囱设置在外墙时，应进行保温和防潮处理。**

**3.4.7 火炕排烟口处或操作方便的烟囱内宜设烟道插板。烟道插板开关应灵活、严密，烟道插板尺寸不应小于火炕排烟口尺寸或烟囱内径尺寸。**



## 4 火炕系统施工

### 4.1 火炕的砌筑

#### 4.1.1 火炕的砌筑应符合下列规定：

1 炕内墙体砌筑时，炕内墙面宜用 15mm 厚的砂泥抹严，不应漏烟。

2 炕体保温墙砌筑时，靠近外墙处应砌一道立砖，立砖与居室外墙距离宜为 40mm~50mm，立砖、居室外墙与炕面构成的空间内应填充珍珠岩或炉渣等绝热不燃材料，保温层上部应用砂浆抹严。

3 在炕面板上应抹炕面泥两遍。

4 炕面泥宜为加入植物纤维的 4 : 1 或 5 : 1 砂泥，落地式火炕第一遍炕面泥的厚度炕头处宜为 30mm，炕梢处宜为 20mm；架空式火炕第一遍炕面泥的厚度炕头处宜为 55mm，炕梢处宜为 35mm。

5 第二遍炕面泥应采用筛好后的细砂、细黏土按 3 : 1 比例合成。在第一遍泥干燥程度约 80% 时，宜抹第二遍炕面泥，并进行压光。第二遍炕面泥厚度宜为 5mm。炕面抹泥应平整、光滑、无裂痕，允许偏差不应大于 3mm。

6 火炕搭建结束后，应缓慢烘干，及时用泥浆修补炕体出现的裂缝。火炕应待养生牢固后再生火。

#### 4.1.2 架空式火炕砌筑应按下列步骤进行：

1 在进行炕体周边墙体及下部地面处理时，与炕体接触的周边墙体应用水泥砂浆抹严，不得漏烟。炕体下部地面土壤夯实后，应铺设水泥混凝土垫层，垫层表面应平整，允许偏差不应大于 4mm。

2 炕底板支柱应用砂泥固定在地面上，中心点应与所支撑

的四块炕板的角顶点重合，炕底板支柱与炕面板支柱的支撑点应重合。炕底板由炕梢到炕头按照 5% 的坡度摆放，炕底板间缝隙应用 1 : 2 水泥砂浆抹严，炕底板上应用 5 : 1 砂泥找平，并应采用干细炉渣灰在上面平铺 10mm，且应找平踩实。

3 炕面板应用砂泥固定在支柱上，并应严密、平整。

## 4.2 相变蓄热炕面施工

4.2.1 采用预制钢筋混凝土炕面板时，铺装完炕面板后，应用密封材料将凹槽密封，不应出现渗漏。在凹槽内放置相变材料后，应用木条密封，木条尺寸应略大于凹槽尺寸，木条缝隙可用水泥砂浆找平封严。木条上部炕面抹泥要求应符合本规程第 4.1.1 条的规定。

4.2.2 采用管道封装相变材料时，应在铺装完炕面板后，将管道盘于炕板上，且应将封装相变材料的管道均匀布置到炕面板上；也可将管道截成若干段，炕体宽度宜为管道长度，沿炕体长度方向平行敷设，管道上方炕面抹泥要求应符合本规程第 4.1.1 条的规定。

## 4.3 烟囱的砌筑

4.3.1 烟囱砌筑所用的砖应质量合格，砖应浸湿，灰缝应饱满。

4.3.2 烟囱中心线应垂直，烟囱内宜增设陶瓷管，连接处应用水泥砂浆密闭，内腔应光滑，内截面应上下一致。

4.3.3 烟囱应砌筑严密，不透风。

## 5 火炕性能检测

### 5.1 一般规定

5.1.1 火炕应进行质量检测、热工性能检测和室内环境质量检测。

5.1.2 检测使用的仪器仪表应具有法定计量部门出具的有效期内的检定合格证或测试证书。仪器仪表的性能指标应符合本规程附录 C 的规定。

5.1.3 火炕正式检测前，应处于正常使用状态，不应有潮湿部位及预热情况，火炕各部分不应漏烟。火炕上不应有覆盖物，火炕散热表面附近不应有遮挡物。当有其他燃烧装置与检测火炕共用一个烟囱时，应停止运行，并应封闭进烟口。

5.1.4 炕面平整度应采用靠尺和塞尺检查。

### 5.2 检测项目

5.2.1 火炕质量检测应检测炕面平整度。

5.2.2 火炕热工性能检测应包括下列项目：

- 1 炕面平均温度；
- 2 最高炕面平均温度；
- 3 火炕的进口烟温和排烟烟温；
- 4 室内平均温度；
- 5 炕面温度不均匀度；
- 6 炕面平均升温速度；
- 7 炕面平均降温速度；
- 8 火炕综合热效率；
- 9 火炕单位面积散热量；
- 10 火炕自然循环作用压头。

5.2.3 室内环境质量检测应包括下列项目：

- 1 室内一氧化碳；
- 2 可吸入颗粒物。

### 5.3 热工性能检测

5.3.1 火炕达到热稳定工况时应符合下列规定：

- 1 室内温度应为  $12^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$ ；
- 2 火炕炕面温度变化率应小于  $2\%$ 。

5.3.2 火炕热工性能开始检测时刻应从热稳定工况开始时刻计算。正式检测时间不应少于 4h。检测结束时，应记录停止检测时刻。

5.3.3 火炕表面温度检测应符合下列规定：

- 1 受检火炕每个散热表面应布置 9 个温度测点（图 5.3.3）；
- 2 火炕表面温度检测数据记录时间间隔不宜超过 10min。

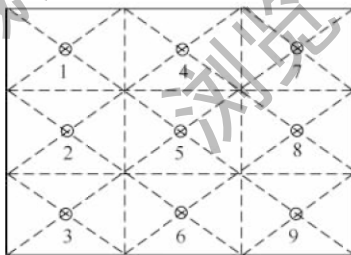


图 5.3.3 表面温度测点布置图

5.3.4 室内温度检测应符合下列规定：

- 1 受检房间使用面积大于或等于  $30\text{m}^2$  时，宜设置两个测点。测点应设于室内活动区域且距地面  $700\text{mm}\sim 1800\text{mm}$  范围内有代表性的位置，温度传感器不应受到太阳辐射或室内热源的直接影响。

- 2 室内温度检测数据记录时间间隔不宜超过 10min。

5.3.5 最高炕面平均温度检测应符合下列规定：

1 利用红外热像仪扫描火炕表面，在火炕表面温度最高处应设置 1 个温度测点；

2 火炕表面最高温度检测数据记录时间间隔不宜超过 10min。

#### 5.3.6 烟气温度检测应符合下列规定：

1 受检火炕应分别在火炕进烟口截面中心和火炕出烟口截面中心设置测量烟气温度的测点；

2 烟气温度检测数据记录时间间隔不宜超过 10min。

#### 5.3.7 火炕综合热效率及单位面积散热量检测应符合下列规定：

1 应在炉灶运行 1h 后，开始清扫炉底或灶及烟道处的灰渣，称量每次往炉灶内添加的燃料量；

2 检测所用燃料应按现行国家标准《工业锅炉热工性能试验规程》GB/T 10180 规定的方法进行燃料取样化验；

3 检测结束后，应称量并记录全部灰渣质量，并按现行国家标准《工业锅炉热工性能试验规程》GB/T 10180 规定的方法进行灰渣取样化验。

#### 5.3.8 火炕自然循环作用压头检测应符合下列规定：

1 受检火炕的自然循环作用压头测点紧贴着炉灶入口设置。测试时炉灶入口应封闭。

2 检测数据记录时间间隔不宜超过 10min，并应连续记录 10 组数据。

### 5.4 室内环境质量检测

5.4.1 室内环境质量检测应在燃料正常燃烧状况下进行。采样时间应大于 45min。

5.4.2 采样点应避开通风口，离墙壁距离应大于 0.5m。

5.4.3 采样点的数量根据监测室内面积大小和现场情况而确定，小于等于 50m<sup>2</sup>的房间应设 1 个~3 个点；大于 50m<sup>2</sup>且小于等于 100m<sup>2</sup>应设 3 个~5 个点；大于等于 100m<sup>2</sup>应至少设 5 个点。采样点应在对角线上或呈梅花式均匀分布。

5.4.4 采样点的高度应与人的呼吸带高度相一致，距离地面高度应为 0.5m~1.5m。

5.4.5 室内一氧化碳测定应按现行国家标准《室内空气质量标准》GB/T 18883 的有关规定执行；可吸入颗粒物测定应按现行行业标准《环境空气 PM10 和 PM2.5 的测定 重量法》HJ 618 的有关规定执行。

## 5.5 检测结果处理

5.5.1 瞬时平均温度和受检对象的平均温度应按下列公式计算：

$$t_{km} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{km,i}}{n} \quad (5.5.1-1)$$

$$t_{km,i} = \frac{\sum_{j=1}^p t_{i,j}}{p} \quad (5.5.1-2)$$

式中： $t_{km}$ ——检测持续时间内受检对象的平均温度（℃）；

$t_{km,i}$ ——检测持续时间内受检对象的第  $i$  个瞬时平均温度（℃）；

$t_{i,j}$ ——检测持续时间内受检对象的第  $j$  个测点的第  $i$  个瞬时值（℃）；

$n$ ——检测持续时间内受检对象的逐时温度的个数（℃）；

$p$ ——检测持续时间内受检对象的布置的温度测点的点数；

$j$ ——受检对象的布置的温度测点的顺序号；

$i$ ——某测点温度逐时值顺序号。

5.5.2 炕面温度变化率应按下式计算：

$$\beta = \frac{t_{km,N-N-1} - t_{km,N-1}}{t_{km,N-N-1}} \quad (5.5.2)$$

式中： $\beta$ ——炕面温度变化率（%）；

$t_{km,N-N-1}$ —— $N$ 时刻至  $N-1$ 时刻检测持续一小时内炕面温度平

均值 (°C);

$t_{\text{km},N-1}$  ——  $N-1$  时刻炕面温度值 (°C)。

**5.5.3** 最高炕面平均温度应按下式计算:

$$\bar{t}_{\text{km,max}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{i,\text{max}}}{n} \quad (5.5.3)$$

式中:  $\bar{t}_{\text{km,max}}$  —— 最高炕面平均温度 (°C);

$t_{i,\text{max}}$  —— 检测持续时间内火炕表面第  $i$  个瞬时最高温度, 取火炕表面瞬时最高值出现时刻前 20min 和后 20min 内的检测值 (°C);

$n$  —— 检测持续时间内所检测的火炕表面瞬时最高温度的个数, (°C);

$i$  —— 最高温度测点温度逐时值顺序号。

**5.5.4** 炕面温度不均匀度应按下式计算:

$$S = \frac{\sum_{\tau=1}^m \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_{i\tau} - t_{p\tau})^2}{n}}}{m} \quad (5.5.4)$$

式中:  $S$  —— 炕面温度不均匀度;

$t_{i\tau}$  —— 火炕表面在第  $\tau$  次采样的温度值 (°C);

$t_{p\tau}$  —— 火炕表面在第  $\tau$  次采样的温度均值 (°C);

$i$  —— 测点数,  $i=1, 2, \dots, n$ ;

$\tau$  —— 采样次数,  $\tau=1, 2, \dots, m$ 。

**5.5.5** 火炕表面平均升温速度应按下式计算:

$$\phi = \frac{t_{\text{km},2} - t_{\text{km},1}}{\tau_2 - \tau_1} \quad (5.5.5)$$

式中:  $\phi$  —— 火炕表面平均升温速度 (°C/h);

$t_{\text{km},1}$  —— 检测持续时间内受检对象初始时刻的平均温度 (°C);

$t_{\text{km},2}$  —— 检测持续时间内受检对象到达热稳定时刻的平均温度 (°C);

$\tau_2 - \tau_1$ ——火炕升温阶段的检测持续时间 (h)。

**5.5.6** 火炕表面平均降温速度应按下式计算：

$$\varphi = \frac{t_{\text{km},3} - t_{\text{km},4}}{\tau_4 - \tau_3} \quad (5.5.6)$$

式中： $\varphi$ ——火炕表面平均降温速度 ( $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ )；

$t_{\text{km},3}$ ——火炕检测结束时刻炕面的平均温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )；

$t_{\text{km},4}$ ——火炕停止运行炕面到达热稳定时刻的平均温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )；

$\tau_4 - \tau_3$ ——火炕降温阶段的检测持续时间 (h)。

**5.5.7** 火炕综合热效率应按下式计算：

$$\eta = 100\% - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) \quad (5.5.7)$$

式中： $\eta$ ——火炕综合热效率 (%)；

$q_2$ ——排烟热损失 (%)，按本规程附录 D 计算；

$q_3$ ——气体未完全燃烧热损失 (%)，按本规程附录 D 计算；

$q_4$ ——固体未完全燃烧热损失 (%)，按本规程附录 D 计算；

$q_5$ ——炉灶散热损失，按 8% 选取 (%)；

$q_6$ ——灰渣物理热损失，按 0.5% 选取 (%)。

**5.5.8** 火炕单位面积散热量应按下列公式计算：

$$q_F = \frac{Q_k}{\tau \cdot F} \quad (5.5.8-1)$$

$$Q_k = \eta_k \cdot B_k \cdot Q_{\text{dw},k}^0 \cdot 10^3 \quad (5.5.8-2)$$

式中： $q_F$ ——火炕单位面积散热量 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )；

$F$ ——火炕的上表面炕面面积 ( $\text{m}^2$ )；

$\tau$ ——火炕检测时间 (s)；

$Q_k$ ——火炕达到热稳定工况后，检测时间内火炕累计散热量 (J)；

$\eta_k$ ——火炕综合热效率 (%)；

$B_k$ ——火炕达到热稳定工况后，火炕在检测时间内消耗的



燃料量 (kg);

$Q_{dw,k}^y$  —— 火炕在检测时间内所消耗的燃料的应用基低位发热量 (kJ/kg)。

**5.5.9** 火炕自然循环作用压头应按下式计算:

$$\Delta P_m = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta P_i}{n} \quad (5.5.9)$$

式中:  $\Delta P_m$  —— 检测持续时间内受检对象的平均自然循环作用压头 (Pa);

$\Delta P_i$  —— 检测持续时间内受检对象的第  $i$  个瞬时自然循环作用压头 (Pa);

$n$  —— 检测持续时间内受检对象的作用压头的个数;

$i$  —— 某测点逐时值顺序号。

**5.5.10** 一氧化碳的质量浓度应按下式计算:

$$C_1 = \frac{C_2}{B} \times 28 \quad (5.5.10)$$

式中:  $C_1$  —— 标准状态下质量浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ );

$C_2$  —— 一氧化碳体积浓度 ( $\text{mL}/\text{m}^3$ );

$B$  —— 标准状态下的气体摩尔体积, 当  $0^\circ\text{C}$ ,  $101.3\text{kPa}$  时,

$B=22.41$ , 当  $25^\circ\text{C}$ ,  $101.3\text{kPa}$  时,  $B=24.46$ ;

28 —— 一氧化碳分子量。

**5.5.11** PM2.5 和 PM10 的质量浓度应按下式计算:

$$C = \frac{W_1 - W_2}{V} \times 1000 \quad (5.5.11)$$

式中:  $C$  —— PM2.5 或 PM10 的质量浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ );

$W_1$ 、 $W_2$  —— 分别为采样前后滤膜质量 (g);

$V$  —— 换算成标准状态下 ( $0^\circ\text{C}$ 、 $101.3\text{kPa}$ ) 的采样体积 ( $\text{m}^3$ )。

## 附录 A 火炕材料热工性能表

表 A 火炕材料热工性能表

材料名称	密度 $\rho$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	比热 $C$ ( $\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$ )	蓄热系数 $S$ [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]	导热系数 $\lambda$ [ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ]
砖	1900	1.05	12.72	1.1
混凝土	2300	0.92	15.36	1.51
土坯	1600	1.01	9.37	0.76
黏土砂	1600	1.01	8.26	0.58
石板	2400	0.92	18.03	2.04
石灰水泥砂浆	1700	1.05	10.75	0.87

## 附录 B 相变材料物性表

表 B 相变材料物性表

材料名称	分子式或简称	相变温度 (°C)	相变焓 (J · g <sup>-1</sup> )
十水硫酸钠	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> · 10H <sub>2</sub> O	32.14	250.18
十二水合磷酸氢二钠	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> · 12H <sub>2</sub> O	40	279
十二水碳酸钠	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> · 12H <sub>2</sub> O	32	267
六水氯化钙	CaCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	29.10	180
正十六烷	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	16.17	236.16
正十八烷	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	28.12	242.14
正二十烷	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	36.16	246.16
十四烷酸	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	52.11	190
月桂酸	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	41.13	179
癸酸	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	30.11	158
软脂酸	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	54.11	183
新戊二醇	NPG	43	130
硬脂酸丁酯	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	19	140
乙烯丁酯	—	27~29	155
48号工业石蜡	—	48	170.24

## 附录 C 仪器仪表的性能要求

表 C 仪器仪表的性能要求表

序号	检测参数	测量范围	功 能	扩展不确定度 ( $k=2$ )
1	空气温度	0℃~50℃	应具有自动采集和存储数据功能，并可以和计算机接口	$\leq 0.5^\circ\text{C}$
2	烟气温度	0℃~500℃	应具有自动采集和存储数据功能，并可以和计算机接口	$\leq 1.5^\circ\text{C}$
3	火墙表面温度 火墙表面最高 温度	0℃~150℃	应能显示瞬时温度，或能自动存储、打印数据，或可以和计算机接口	$\leq 0.5^\circ\text{C}$
4	耗煤量 渣量	0℃~10kg; 感量 0.05kg	—	$\leq 2\% \text{FS}$
5	一氧化碳	0mg/m <sup>3</sup> ~ 30mg/m <sup>3</sup>	—	重现性 $\leq \pm 0.5\% \text{FS}$
6	可吸入颗粒物	0mg~10mg; 感量 0.1mg 或 0.01mg	PM2.5 切割粒径: $D_{\alpha} = (2.5 \pm 0.2) \mu\text{m}$ ; 捕集粒径的几何标准差: $\sigma_g = (1.2 \pm 0.1) \mu\text{m}$ ; PM10 切割粒径: $D_{\alpha} = (10 \pm 0.5) \mu\text{m}$ ; 捕集粒径的几何标准差: $\sigma_g = (1.5 \pm 0.1) \mu\text{m}$	—

## 附录 D 火炕综合热效率计算表

表 D 火炕综合热效率计算表

序号	名称	符号	单位	数据来源或计算公式	试验结果
(一) 燃料特性					
1	燃料应用基碳	$C_{ar}$	%	化验数据	
2	燃料应用基氢	$H_{ar}$	%	化验数据	
3	燃料应用基氧	$O_{ar}$	%	化验数据	
4	燃料应用基硫	$S_{ar}$	%	化验数据	
5	燃料应用基氮	$N_{ar}$	%	化验数据	
6	燃料应用基灰分	$A_{ar}$	%	化验数据	
7	燃料应用基水分	$M_{ar}$	%	化验数据	
8	燃料干燥无灰基挥发分	$N_{ar}$	%	化验数据	
9	燃料应用基低位发热量	$Q_{net, var}$	kJ/kg	化验数据	
(二) 火炕非平衡效率					
10	灰渣质量	$G_{hz}$	kg/h	试验数据	
11	烟道灰质量	$G_{yh}$	kg/h	试验数据	
12	灰渣可燃物含量	$C_{hz}$	%	试验数据	
13	烟道灰可燃物含量	$C_{yh}$	%	试验数据	

续表 D

序号	名称	符号	单位	数据来源或计算公式	试验结果
14	飞灰可燃物含量	$C_{fh}$	%	试验数据	
15	灰渣含灰量占入炉燃料总灰量的质量百分比	$a_{hz}$	%	$\frac{G_{hz}(100 - C_{hz})}{BA_{ar}} \times 100$	
16	烟道灰含灰量占入炉燃料总灰量的质量百分比	$a_{yh}$	%	$\frac{G_{yh}(100 - C_{yh})}{BA_{ar}} \times 100$	
17	飞灰含量占入炉燃料总灰量的质量百分比	$a_{fh}$	%	$100 - (a_{hz} + a_{yh})$	
18	固体未完全燃烧热损失	$q_4$	%	$\left( a_{hz} \frac{C_{hz}}{100 - C_{hz}} + a_{yh} \frac{C_{yh}}{100 - C_{yh}} + a_{fh} \frac{C_{fh}}{100 - C_{fh}} \right) \times \frac{328.664A_{ar}}{Q_{net, var}}$	
19	排烟处 $RO_2$	$RO_2$	%	试验数据	
20	排烟处 $O_2$	$O_2$	%	试验数据	
21	排烟处 CO	CO	%	试验数据	
22	修正系数	$K_{q_4}$	%	$\frac{100 - q_4}{100}$	
23	排烟处过量空气系数	$\alpha_{py}$	—	$\frac{21}{21 - 79 \frac{O_2 - 0.5CO}{100 - (RO_2 + O_2 + CO)}}$	
24	理论空气量	$V^0$	$m^3/kg$	$0.0889(C_{ar} + 0.375S_{ar}) + 0.265H_{ar} - 0.0333O_{ar}$	
25	$RO_2$ 容积	$V_{RO_2}^0$	$m^3/kg$	$1.866 \frac{C_{ar} + 0.375S_{ar}}{100}$	
26	理论氮气体积	$V_{N_2}^0$	$m^3/kg$	$0.79V^0 + \frac{0.8N_{ar}}{100}$	

续表D

序号	名称	符号	单位	数据来源或计算公式	试验结果
27	理论水蒸气容积	$V_{\text{H}_2\text{O}}^0$	$\text{m}^3/\text{kg}$	$0.111H_{\text{ar}} + 0.0124M_{\text{ar}} + 0.0161V^0$	
28	排烟处水蒸气体积	$V_{\text{H}_2\text{O}}$	$\text{m}^3/\text{kg}$	$V_{\text{H}_2\text{O}}^0 + 0.0161(\alpha_{\text{py}} - 1)V^0$	
29	排烟处干烟气体积	$V_{\text{gy}}$	$\text{m}^3/\text{kg}$	$V_{\text{RO}_2} + V_{\text{N}_2}^0 + (\alpha_{\text{py}} - 1)V^0$	
30	排烟处烟气体积	$V_{\text{py}}$	$\text{m}^3/\text{kg}$	$V_{\text{gy}} + V_{\text{H}_2\text{O}}$	
31	气体未完全燃烧热损失	$q_3$	%	$126.36CO \times \frac{V_{\text{gy}}K_{\text{q}_4}}{Q_{\text{net, var}}} \times 100$	
32	入炉灶冷空气温度	$t_{\text{lk}}$	$^{\circ}\text{C}$	试验数据	
33	排烟温度	$t_{\text{py}}$	$^{\circ}\text{C}$	试验数据	
34	排烟处干烟气平均定压比热容	$c_{\text{gy}}$	$\text{kJ}/\text{m}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}$	$\frac{RO_2c_{\text{RO}_2} + N_2c_{\text{N}_2} + O_2c_{\text{O}_2} + COc_{\text{CO}}}{100}$ $c_{\text{RO}_2}, c_{\text{N}_2}, c_{\text{O}_2} \dots$ 查表	
35	排烟处烟气焓	$H_{\text{py}}$	$\text{kJ}/\text{kg}$	$V_{\text{gy}}c_{\text{gy}}t_{\text{py}} + V_{\text{H}_2\text{O}}c_{\text{H}_2\text{O}}t_{\text{py}}$ ( $c_{\text{H}_2\text{O}}$ 查表)	
36	入炉灶冷空气焓	$H_{\text{lk}}$	$\text{kJ}/\text{kg}$	$\alpha_{\text{py}}V^0(\alpha)_{\text{lk}}; ((\alpha)_{\text{lk}}$ 查表)	
37	排烟热损失	$q_2$	%	$\frac{K_{\text{q}_4}}{Q_{\text{net, var}}}(H_{\text{py}} - H_{\text{lk}}) \times 100$	
38	散热损失	$q_5$	%	按8%算	
39	灰渣物理热损失	$q_6$	%	按0.5%算	
40	热损失之和	$\Sigma q$	%	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$	
41	反平衡效率	$\eta_{\text{K}}$	%	$100 - \Sigma q$	

## 本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。



## 引用标准名录

- 1 《工业锅炉热工性能试验规程》GB/T 10180
- 2 《室内空气质量标准》GB/T 18883
- 3 《环境空气 PM10 和 PM2.5 的测定 重量法》HJ 618