



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 21736—2008

## 节能热处理燃烧加热设备技术条件

Technical specifications of energy-saving combustion  
devices for heat treating

2008-05-07 发布

2008-11-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
节能热处理燃烧加热设备技术条件  
GB/T 21736—2008

\*

中国标准出版社出版发行  
北京复兴门外三里河北街16号  
邮政编码:100045

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 22 千字  
2008年7月第一版 2008年7月第一次印刷

\*

书号: 155066 · 1-32056 定价 16.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68533533



GB/T 21736-2008

## 前 言

本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国热处理标准化技术委员会(SAC/TC 75)归口。

本标准起草单位:北京机电研究所、中国热处理行业协会、中国机械工程学会热处理分会。

本标准主要起草人:樊东黎、徐跃明、贾洪艳。

目 次

前言 ..... I

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 燃料的选择 ..... 2

5 热处理炉型选择 ..... 2

6 节能热处理燃烧炉的必备条件 ..... 2

7 燃烧炉的环境保护、安全卫生要求..... 3

附录 A（规范性附录） 燃料燃烧的各种指标 ..... 4

# 节能热处理燃烧加热设备技术条件

## 1 范围

本标准规定了用于金属热处理加热的高效燃烧设备的必备技术条件。

本标准适用于气体和液体燃料为能源的高效热处理加热设备。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 7232 金属热处理工艺术语

GB/T 9452 热处理炉有效加热区测定方法

GB/T 12603 金属热处理工艺分类及代号

GB/T 13324 热处理设备术语

GB 15735 金属热处理生产过程安全卫生要求

GB/T 17358 热处理生产电能消耗定额及其计算和测定方法

GB/Z 18718 热处理节能技术导则

GB/T 19944 热处理生产燃料消耗定额及其计算和测定方法

## 3 术语和定义

GB/T 7232、GB/T 13324、GB/Z 18718 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**一次能源 primary energy**

直接从自然界获得,而且可以直接应用的燃料或动力。一般指煤炭、石油、天然气等化石燃料以及水力能。

### 3.2

**二次能源 secondary energy**

通常指一次能源经过加工制得,使用更方便、价值更高的能源,如汽油、柴油、煤气和电力等。

### 3.3

**温室气体 greenhouse gases**

太阳热辐射穿透大气,使地表温度升高。地表热能以长波方式向外辐射。此辐射又被大气中的二氧化碳和水蒸气吸收,使大部分长波辐射能被阻留在地表和下层大气,形成温室效应,造成全球性危害。大气中的二氧化碳和水蒸气被称为温室气体。

### 3.4

**热值 calorific value**

单位质量(或体积)的燃料完全燃烧时放出的热量,有高热值和低热值之分。高热值是燃料燃烧热和水蒸气冷凝热的总和(燃烧总热值);低热值是燃烧总热量减去冷凝热的差数(只是燃料的燃烧值)。固体和液体燃料的热值以 kJ/kg 表示,气体燃料的热值以 kJ/m<sup>3</sup> 表示。

3.5

**燃料炉热利用系数** heat utilization coefficient

保留在炉膛内热量与所有输入炉内热量的比值(空炉测量或计算)。

3.6

**炉子热效率** furnace calorific efficiency

加热工件的有效热量和所用燃料低热值的体积分数。

3.7

**单位热耗指标** specific heat consumption

加热 1 kg 金属所需热量,一般以 kJ/kg 表示。

3.8

**离炉烟气** exhaust fume

燃料炉排出炉外,带有大量热的燃烧气体产物。

4 燃料的选择

4.1 液体(重油、柴油)和气体(天然气、液化石油气)燃料从能源利用率角度比用电高。因地制宜,适当地提倡热处理炉用燃料加热从节能和降低生产成本考虑是可取的。

4.2 在所有燃料中用天然气最便宜和方便。天然气又是产生温室气体最少的燃料(见附录 A 表 A.1)。在天然气供应充足的地区,热处理能源应优先选择天然气。

4.3 用煤直接燃烧加热对环境危害大,炉温不易控制,且不符合煤的综合利用原则,不提倡煤作为热处理能源。

4.4 用电比用燃料简便,温度容易控制,在水电、核电资源丰富,电价较便宜地区,用电作为热处理能源也是一种正确选择。

5 热处理炉型选择

5.1 根据各种炉型的炉底热强度指标计算燃料消耗(见附录 A 图 A.1 及表 A.2)作为选择燃烧加热炉的依据之一。

5.2 根据各种炉型的工件单位热耗指标(见附录 A 表 A.3、表 A.4、表 A.5)作为选择燃烧加热炉的依据之二。

6 节能热处理燃烧炉的必备条件

6.1 燃料炉的热效率必须保证在 30% 以上。

6.2 燃料炉正常燃烧的空气过剩系数应控制在 1.05~1.20 范围(见附录 A 图 A.2、图 A.3 及表 A.5)。

6.3 燃料炉必须配备利用离炉烟气废热的空气预热器,空气预热温度应符合表 1 要求(见附录 A 图 A.4),其结构原理参见附录 A 图 A.5。

6.4 燃料炉开式燃烧器推荐用高速烧嘴见附录 A 图 A.6,以提高炉温均匀性。其炉温均匀性应达到 GB/T 9452 中热处理炉按保温精度分类及其技术要求的规定。

6.5 热处理燃料炉应采用轻质耐火绝热炉衬,以减少炉子蓄热和散热损失(见附录 A 图 A.9)。炉子外壁温升不应超过 50℃。

6.6 热处理燃料炉推荐采用配备蜂窝蓄热再生式空气预热的双向交替工作烧嘴和辐射管(见附录 A 表 A.6、图 A.7、图 A.8),力图使能源利用率达到 80% 以上。

6.7 采用离炉烟气废热多次利用措施,除用于较低温度热处理设备外,尚可用于清洗、烘干等辅助工序,以及蒸汽锅炉、洗浴、烹饪等生活设施。

7 燃烧炉的环境保护、安全卫生要求

- 7.1 燃料的安全使用应满足 GB 15735 关于易燃易爆物注意事项和人员健康影响的规定。
- 7.2 提高燃料炉空气预热温度的节约燃料效果显著(见表 1 和附录 A 图 A. 4)。但在提高温度的同时,必须采取有效措施(见附录 A 图 A. 10~图 A. 12),以保证离炉烟气中的 NO<sub>x</sub> 不超过 GB 15735 规定的限量。

表 1 规定的空气预热温度和燃料节约效果

| 烟气温度/℃              |       | 800 |      |      | 1 000 |      | 1 200 |      |      |      |
|---------------------|-------|-----|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 规定的最低空气预热温度/℃       |       | 300 |      |      | 400   |      | 500   |      |      |      |
| 空气预热温度/℃            |       | 200 | 300  | 400  | 200   | 400  | 200   | 400  | 500  | 600  |
| 节约燃料体积分数<br>(参考值)/% | 发生炉煤气 | 9.0 | 12.5 | 14.0 | 10.5  | 18.8 | 12.50 | 22.0 | 25.1 | 28.2 |
|                     | 重油    | 7.7 | 11.5 | 15.3 | 9.2   | 18.2 | 11.10 | 21.8 | 25.8 | 29.8 |

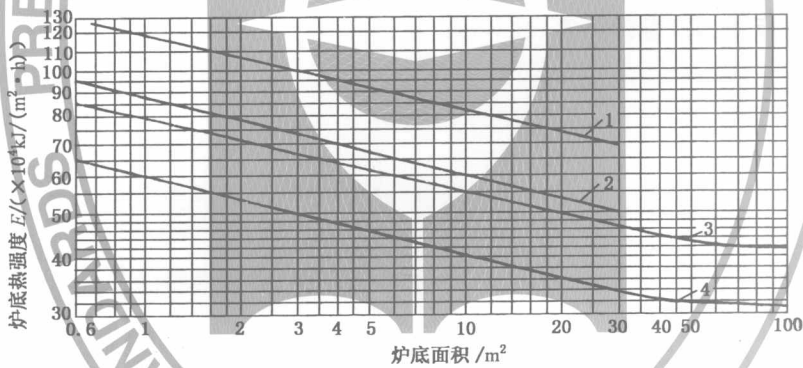
附录 A  
(规范性附录)

燃料燃烧的各种指标

A.1 燃料燃烧的各种指标见表 A.1~表 A.6 及图 A.1~图 A.12。有关热处理工艺的分类的规定,应符合 GB/T 12603 的要求。有关电能消耗及燃料消耗的计算应符合 GB/T 17358 及 GB/T 19944 的要求。

表 A.1 各种燃料燃烧时排出的 CO<sub>2</sub> 量

| 燃料    | 产生 41 900 kJ(10 000 kcal)热时的 CO <sub>2</sub> 排出量/kg | 以天然气作为 100 时的指数 |
|-------|-----------------------------------------------------|-----------------|
| 天然气   | 2.11                                                | 100             |
| 液化气   | 2.43                                                | 115             |
| 煤油    | 2.81                                                | 133             |
| A 型重油 | 2.95                                                | 140             |
| C 型重油 | 2.98                                                | 141             |
| 煤     | 3.98                                                | 189             |



- 1——炉温 950℃ 燃煤热处理炉；
- 2——炉温 550℃~650℃ 燃煤热处理炉；
- 3——炉温 950℃ 燃油、燃煤气热处理炉；
- 4——炉温 550℃~650℃ 燃油、燃煤气热处理炉。

图 A.1 箱式及台车式炉炉底热强度指标



表 A.2 热处理炉的炉底热强度

| 炉 型                                         | 炉底最大热强度/(kJ·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup> ) | 炉底平均热强度/(kJ·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 箱式炉                                         | 8.37×10 <sup>5</sup>                           | 5.86×10 <sup>5</sup>                           |
| 台车式炉(<10 m <sup>2</sup> )                   | 8.37×10 <sup>5</sup>                           | 5.86×10 <sup>5</sup>                           |
| 台车式炉(10 m <sup>2</sup> ~30 m <sup>2</sup> ) | 6.28×10 <sup>5</sup>                           | 5.86×10 <sup>5</sup>                           |
| 台车式炉(>30 m <sup>2</sup> )                   | 5.23×10 <sup>5</sup>                           | 4.31×10 <sup>5</sup>                           |
| 坑式炉                                         | 5.23×10 <sup>5</sup>                           | 3.14×10 <sup>5</sup>                           |
| 井式炉(高 4 m~20 m), <700℃                      | (1.00~1.67)×10 <sup>5</sup>                    | (0.500~0.837)×10 <sup>5</sup>                  |
| 井式炉(高 4 m~20 m), 700℃~1 000℃                | (1.67~2.10)×10 <sup>5</sup>                    | (0.837~1.047)×10 <sup>5</sup>                  |
| 注 1: 根据炉底(或容积)最大热强度算出的燃料消耗能量最大炉子最大消耗量。      |                                                |                                                |
| 注 2: 较小的炉子用上限,较大的炉子用下限。                     |                                                |                                                |
| 注 3: 井式炉为容积热强度[kJ/(m <sup>3</sup> ·h)]。     |                                                |                                                |

表 A.3 热处理燃料炉工件单位重量燃料消耗

| 热处理工艺                                                  | 炉型      | 炉温/℃        | 工件单位燃料<br>消耗 <sup>a</sup> /(kJ m <sup>-3</sup> ·kg <sup>-1</sup> ) | 热效率 <sup>b</sup> /% |       |
|--------------------------------------------------------|---------|-------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------|-------|
| 正火及淬火                                                  | 箱式炉     | 800~850     | 3 000~2 810                                                        | 12~17               |       |
|                                                        |         | 860~880     | 3 500~4 350                                                        |                     |       |
|                                                        | 推杆式炉    | 800~850     | 2 500~3 264                                                        | 18~22               |       |
|                                                        |         | 860~880     | 3 000~3 810                                                        |                     |       |
|                                                        | 辊底式炉    | 800~850     | 3 000~3 810                                                        | 12~17               |       |
|                                                        |         | 860~880     | 3 500~4 350                                                        |                     |       |
|                                                        | 转底式炉    | 800~850     | 2 500~3 264                                                        | 18~25               |       |
|                                                        |         | 860~880     | 3 000~3 810                                                        |                     |       |
| 退火 <sup>c</sup>                                        | 箱式炉     | 850~870     | 3 000~4 350                                                        | 10~12               |       |
|                                                        | 台车炉     | 850~870     | 3 500~4 898                                                        | 8~15                |       |
|                                                        | 罩式炉     | 920~1 100   | —                                                                  | 15~20               |       |
|                                                        | 回火      | 箱式炉         | 450~650                                                            | 1 500~2 177         | 12~17 |
|                                                        |         | 箱式炉         | 180~200                                                            | 500~816             | —     |
|                                                        |         | 推杆式炉        | 400~650                                                            | 1 250~1 632         | 18~22 |
|                                                        |         | 辊底式炉        | 450~650                                                            | 1 500~2 177         | 12~17 |
|                                                        | 固体渗碳    | 箱式炉         | 900~920                                                            | 8 000~9 251         | 12~18 |
| 推杆式炉                                                   |         | 7 500~8 707 |                                                                    | 15~22               |       |
| 旋转罐式炉                                                  |         | 7 500~8 707 |                                                                    | 15~20               |       |
| 气体渗碳                                                   | 井式炉     | 900~950     | 5 000~6 530                                                        | 18~20               |       |
|                                                        | 推杆式马弗炉  |             | 4 000~4 898                                                        | 18~22               |       |
|                                                        | 推杆式无马弗炉 |             | 4 000~4 898                                                        | 20~25               |       |
| <sup>a</sup> 燃料用低落热值 $Q_d=36\,000\text{ kJ/m}^3$ 的天然气。 |         |             |                                                                    |                     |       |
| <sup>b</sup> 不预热空气。                                    |         |             |                                                                    |                     |       |
| <sup>c</sup> 退火时间小于 24 h。                              |         |             |                                                                    |                     |       |

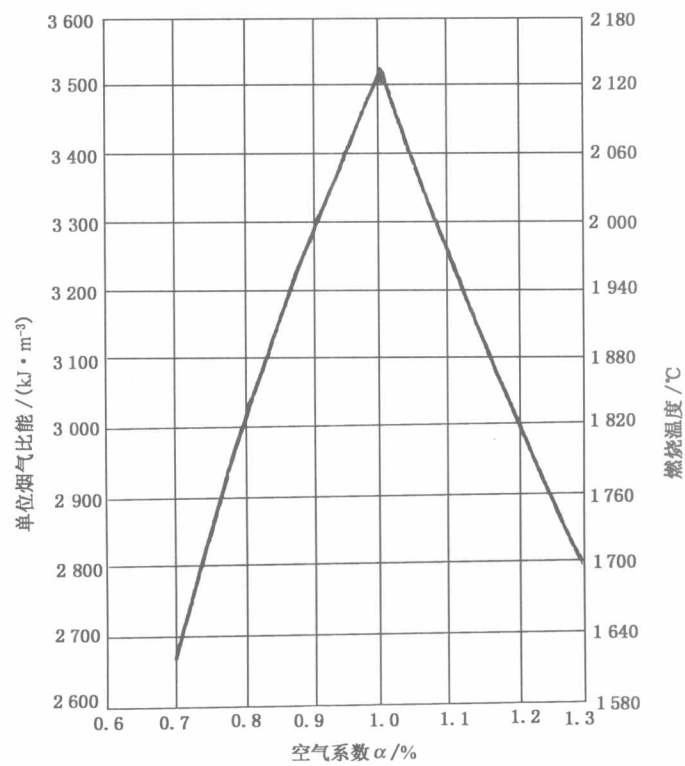


图 A.2 空气系数与燃烧温度的关系

表 A.4 热处理炉工件单位热消耗量

| 热处理工艺及炉子类型 |       | 加热温度/℃  | 工件单位热消耗量 $q$ /(kJ · kg <sup>-1</sup> ) |
|------------|-------|---------|----------------------------------------|
| 回火         | 箱式炉   | 550     | 1 465~2 093                            |
|            | 输送带式炉 |         | 1 046~1 674                            |
| 淬火、退火及正火   | 箱式炉   | 800~925 | 2 093~4 186                            |
|            | 转底式炉  |         | 2 093~3 348                            |
|            | 推杆式炉  |         | 3 140~4 186                            |
|            | 输送带式炉 |         | 2 512~3 767                            |
|            | 台车式炉  |         | 3 358~4 186                            |
|            | 辊底式炉  |         | 2 093~3 140                            |
| 渗碳         | 箱式炉   | 900     | 5 023~6 279                            |
|            | 推杆式炉  |         | 4 186~5 023                            |

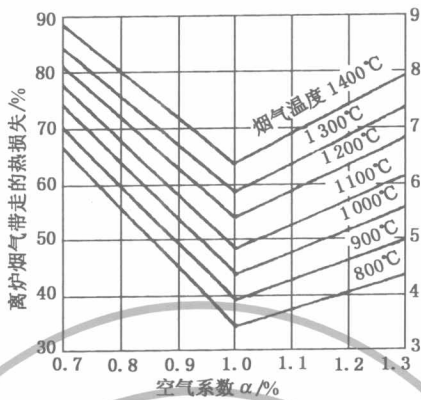
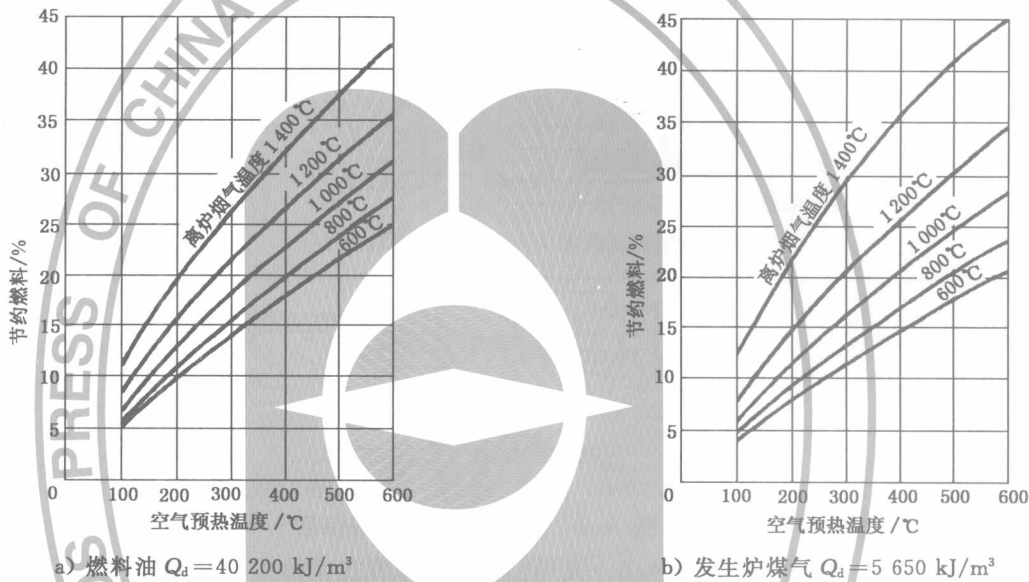


图 A.3 空气系数与离炉烟气带走热损失的关系



a) 燃料油  $Q_d=40\ 200\ \text{kJ/m}^3$       b) 发生炉煤气  $Q_d=5\ 650\ \text{kJ/m}^3$

图 A.4 空气预热温度与燃料节约率的关系

表 A.5 降低空气系数后的燃料节约率

| 离炉烟气温度/℃ | 原始空气系数 $\alpha$ /% | 降低后的空气系数 $\alpha'$ /% |       |      |      |
|----------|--------------------|-----------------------|-------|------|------|
|          |                    | 1.3                   | 1.2   | 1.1  | 1.0  |
| 700      | 1.4                | 3.76                  | 7.26  | 10.5 | 13.5 |
|          | 1.3                | —                     | 3.65  | 7.01 | 10.1 |
|          | 1.2                | —                     | —     | 3.48 | 6.74 |
|          | 1.1                | —                     | —     | —    | 3.38 |
| 900      | 1.4                | 5.94                  | 11.27 | 16.0 | 20.2 |
|          | 1.3                | —                     | 5.66  | 10.7 | 15.2 |
|          | 1.2                | —                     | —     | 5.29 | 10.1 |
|          | 1.1                | —                     | —     | —    | 5.04 |
| 1 100    | 1.4                | 9.43                  | 17.3  | 23.8 | 29.4 |
|          | 1.3                | —                     | 8.67  | 15.9 | 22.1 |
|          | 1.2                | —                     | —     | 7.91 | 14.7 |
|          | 1.1                | —                     | —     | —    | 7.36 |

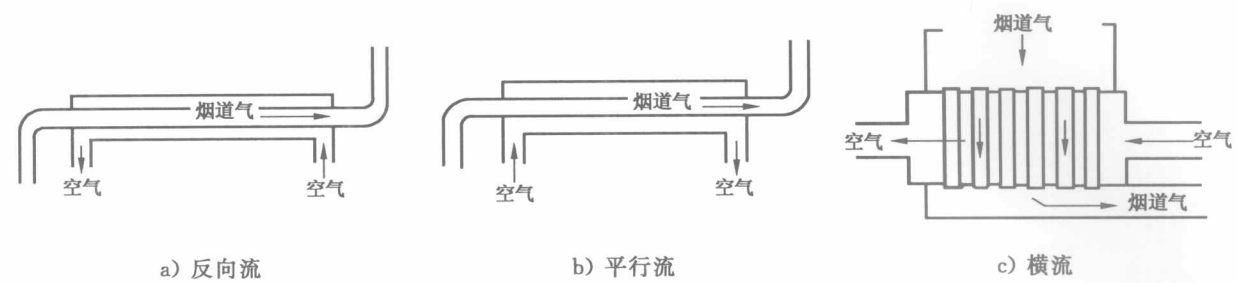


图 A.5 换热器原理

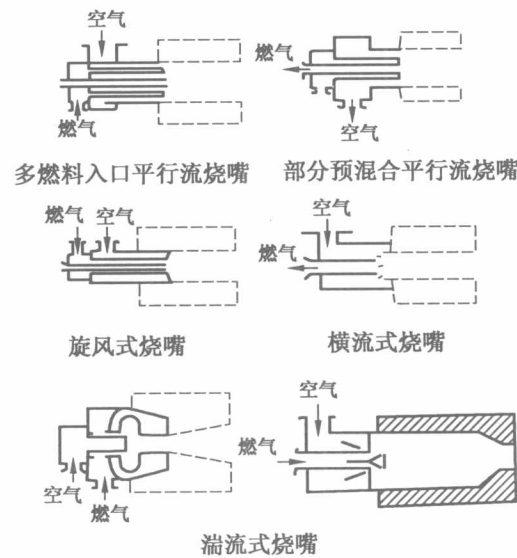
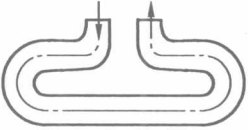
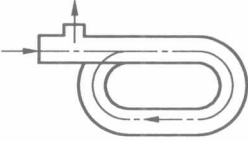


图 A.6 几种直燃式高速烧嘴

表 A.6 火焰辐射管类型及热工特性

| 名称  | 形状 | 表面负荷/<br>(kJ/cm <sup>2</sup> ·h) | 热效率/% | 特点                        | 用途                              |
|-----|----|----------------------------------|-------|---------------------------|---------------------------------|
| 直管型 |    | 12~21                            | 40~50 | 结构简单,使用方便,热效率低            | 用于炉温 1 000℃ 以下的室式或连续式炉,垂直安装     |
| 套管型 |    | 12~21                            | 60~75 | 结构复杂,内套管材要求高,造价高,热效率高     | 用于炉温 1 000℃ 以下的室式、井式或连续式炉,垂直安装  |
| U 型 |    | 12~17                            | 55~65 | 结构较简单,应用普遍,空气、煤气便于预热,效率较高 | 用于炉温 1 000℃ 以下的各种炉型,水平安装        |
| W 型 |    | 12~15                            | 65~65 | 用一个烧嘴得到较大的传热面积,热效率较高      | 一般用于炉温 900℃ 以下的各种立式炉、回转式炉等,水平安装 |

表 A.6 (续)

| 名称  | 形状                                                                                | 表面负荷/<br>(kJ/cm <sup>2</sup> · h) | 热效率/% | 特点                                | 用途                    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-----------------------|
| O 型 |  | 12~15                             | 50~60 | 其结构随炉型而定。制造复杂,温度分布不均              | 用于炉温 900℃ 以下的罩式炉,水平安装 |
| P 型 |  | 3~16                              | 50~60 | 烟气再循环。结构复杂,制造困难,热应力大,寿命较低         | 同 U 型管,较少采用           |
| 三叉型 |  | 16~21                             | 60~65 | 两个燃嘴共用一个排气管,燃烧能力强,温度分布较均匀,是新型的辐射管 | 同 U 型管,加热能力强          |

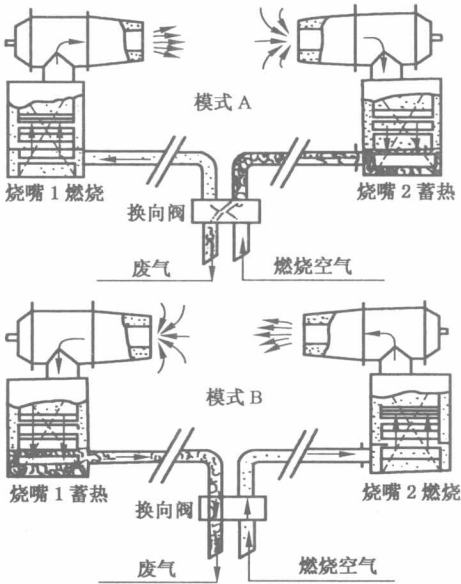


图 A.7 再生燃烧器燃烧过程示意图

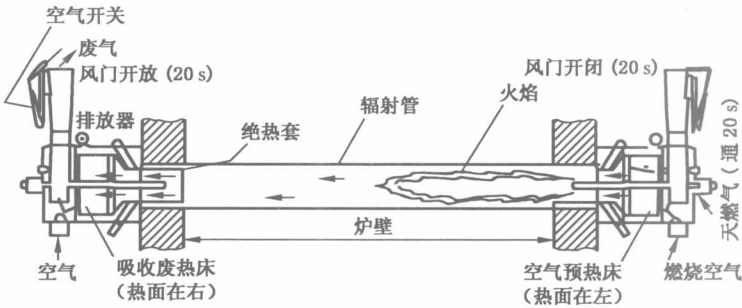


图 A.8 再生式双向交替燃烧辐射管

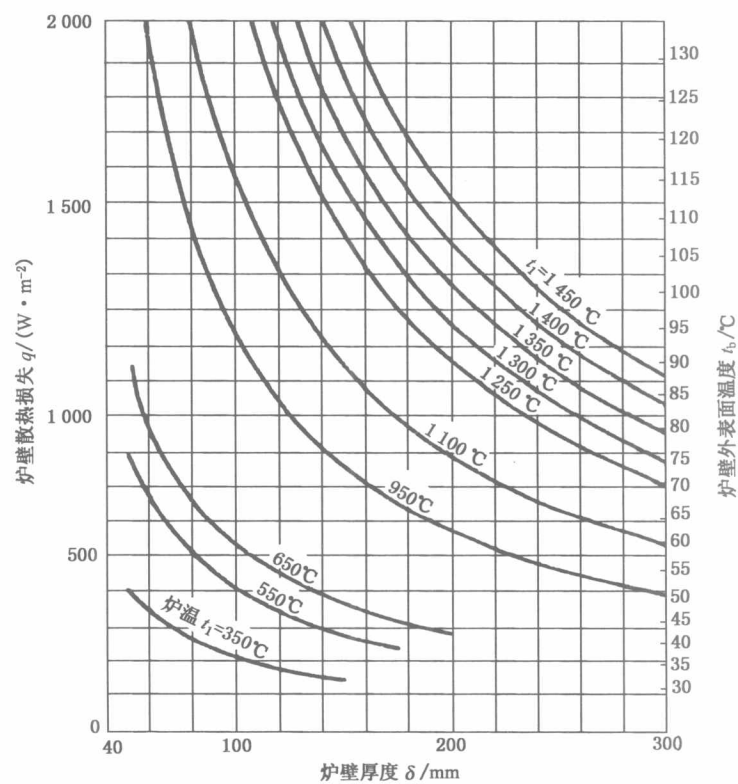


图 A.9 耐火纤维毡(毯)密度为 130 kg/m<sup>3</sup> 时,不同炉衬厚度的  $q$  值和  $t_b$  值

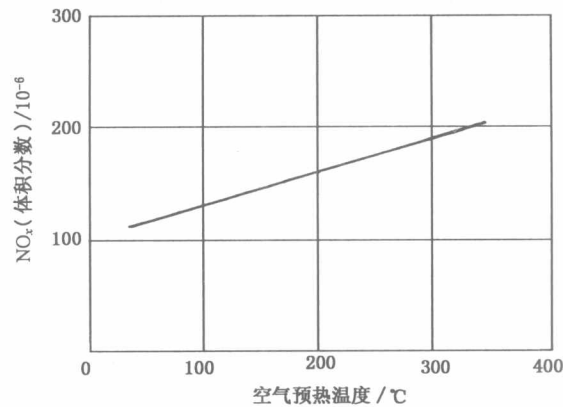


图 A.10 空气预热温度对离炉烟气中  $\text{NO}_x$  量的影响

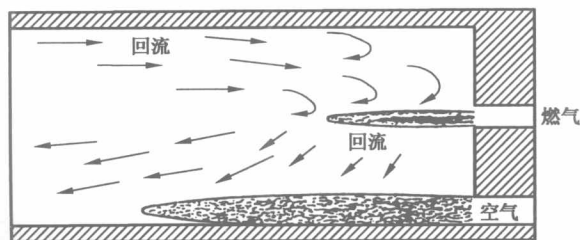
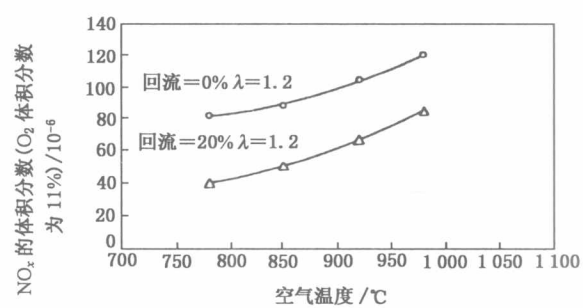


图 A.11 少  $\text{NO}_x$  燃烧气体回流燃烧器

图 A. 12 烟气再循环燃烧和 NO<sub>x</sub> 含量的关系