

加热炉及热处理炉的 燃烧装置手册

〔苏〕 B. Л. 古索夫斯基 等著

张 永 安 译

郭 伯 伟 校

目 录

前言	V
第一章 设计加热炉和热处理炉供热系统的一般原则	1
1. 1 基本原则	1
1. 2 均热炉	4
1. 3 高温直通式加热炉	5
1. 4 热处理用的直通式和牵引式炉	8
1. 5 周期工作的热处理炉	12
第二章 燃烧装置的分类及对其结构的一般要求	14
第三章 不预混型烧嘴	17
3. 1 不预混型烧嘴基本尺寸的计算	18
3. 2 套管式烧嘴	22
3. 3 套管式烧嘴的选择	27
3. 4 空气消耗系数大幅度调节的烧嘴 IIII型	35
第四章 强化混合式烧嘴	39
4. 1 均热炉烧嘴	40
4. 2 用于低压天然气的 ГНП 型烧嘴	43
4. 3 烧低热值煤气的 ГТН 型涡流式烧嘴	49
4. 4 火焰长度恒定式烧嘴	53
4. 5 ГР 型 径向平焰烧嘴	55
4. 6 ГПП 型平焰烧 嘴	61
4. 7 ГВИЧ型蝶式辐射烧嘴	67
第五章 预混式烧嘴	68
5. 1 喷射式烧嘴计算	70
5. 2 标准烧嘴的选择和换算	84
5. 3 Н 型喷射式烧嘴	86
5. 4 П型喷射式烧 嘴	94
5. 5 В型和ВП型喷射式 烧 嘴	102
5. 6 ГБПm型屏板式无焰烧嘴	108
5. 7 ИА型喷射式 大气烧嘴	110

5. 8	双管喷射式混合器	113
5. 9	ГВ型高速烧嘴	118
5.10	用于无氧化加热的完全预混式烧嘴	120
5.11	СГ型细流稳焰烧嘴	122
5.12	ПІВ型空气消耗系数可调式烧嘴	123
第六章 燃烧液体燃料的喷嘴		127
6. 1	高压喷嘴的计算	128
6. 2	ΦВД型两级雾化高压喷嘴	135
6. 3	ΦК型卡拉宾式短焰喷嘴	141
6. 4	低压喷嘴	142
第七章 煤气-重油烧嘴		148
7. 1	“镰刀与锤子”工厂加热炉用的煤气-重油烧嘴	149
7. 2	ГКВГ型煤气-重油烧嘴	152
7. 3	КГМГ-А型煤气-重油烧嘴	154
第八章 辐射管		159
8. 1	ТРТ型迷宫式辐射管	159
8. 2	ТРР型套管式辐射管	166
8. 3	采用全苏冶金热工研究所-钢设计院烧嘴的U型辐射管	174
8. 4	ТРУ式U型辐射管	179
8. 5	W型辐射管	180
第九章 烧嘴的点火和火焰控制系统		181
9. 1	列宁格勒国家工程设计院设计的可取出式点火器	184
9. 2	莫斯科煤气设计院设计的ИП3型可取出喷射式点火器	185
9. 3	ПЗУ-І型监视-点火装置	185
9. 4	ПЗУ型监视-保护装置	187
9. 5	伊尔玛林工厂的33У型点火-保护装置	187
9. 6	古俄罗斯仪表厂的组合仪表	194
9. 7	安全要求	198
第十章 耐火燃烧坑道		200
10.1	ДВВ和ДНВ型烧嘴的烧嘴砖	201
10.2	ДВС和ДНС型烧嘴的烧嘴砖	204
10.3	ГНП型烧嘴的耐火烧嘴砖	207
10.4	ГР型烧嘴的耐火烧嘴砖	208

10.5	ΓΠΠ型烧嘴的耐火烧嘴砖	208
10.6	喷射式烧嘴的燃烧坑道	210
10.7	喷射式烧嘴喷口直径为100mm以下的耐火燃烧坑道	211
10.8	加热炉用大型喷射式烧嘴的耐火烧嘴砖	212
10.9	IIA型烧嘴的耐火烧嘴砖	213
第十一章 燃烧装置的试验原则		215
11.1	煤气烧嘴的检测试验	215
11.2	辐射管的检测试验特点	231
11.3	煤气-重油烧嘴的检测试验特点	234
第十二章 燃烧装置的制造原则		238
附录 I		245
附录 II		283
附录 III		284
参考文献		287

第一章 设计加热炉和热处理炉 供热系统的一般原则

1.1 基本原则

炉子供热系统是燃烧装置(或加热器)、助燃空气和燃料的供给设备以及烟气的排放和余热利用设备的总称。

当设计炉子供热系统时,应当在下列方面进行选择 and 计算:

(1)燃烧装置或加热器的类型、特点、数量及其在炉子上的布置;

(2)燃烧产物或控制气氛在炉内的流动特征和在某些必要情况下而安装的炉气循环设备;

(3)助燃空气的供给和燃烧产物的排除方法以及燃料和空气的分配系统;

(4)燃料和助燃空气的预热温度、换热器的类型、尺寸和特性。

上述这些问题相互之间是密切相关的。例如,当采用以煤气来喷射空气的喷射式烧嘴时,应当配用管砖式陶土换热器来预热助燃空气,这是因为这种换热器的空气通路的阻力最小,因而烧嘴前的煤气压力不要求很高。

因此,炉子供热系统的设计方案只有综合考虑各个因素才能正确地制定出来。

制定炉子供热系统的目的是保证实现炉子最佳工艺过程所必须的温度制度、热制度以及气体动力学制度,并使炉子工作经济、操作简便。

在设计炉子供热系统时应当依据大量的原始资料,并要满足系统的具体要求。

炉子的类型和结构在很大程度上决定着供热系统的特征。例

如周期工作的炉子，一个车间内可有几十座（如均热炉），最好每座安装一个大功率的具有较大调节比的烧嘴。这样可以减少烧嘴数量以便于操作。因为周期式炉子在末期要大大减少燃料供入量，因而有必要采用调节比大的烧嘴。对直通式和牵引式炉，要用数量较多而功率较小的烧嘴，沿炉长布置供入热量。因为这类炉子的热制度不随时间而变，故可以采用调节范围较窄的烧嘴。对烧嘴数量较多的炉子，在设计燃料与空气的分配管路时，必须采取措施使一个调节区内的各烧嘴的燃料量及空气量保持一致。

根据被加热制品或坯料种类和特点的不同，即使对同一类型的炉子，也可能要求不同的供热系统。例如，板卷退火的罩式炉就与板垛退火的罩式炉不同，它要求马弗内的控制气体强制循环。

在炉内进行的工艺过程是确定炉子供热系统的最重要因素之一。例如，要求在控制气氛中加热时，必须采用辐射管或电阻加热器。如果工艺上规定被加热工件需在一定温度下进行保温，则在连续式炉上要设置恒温段。在恒温段供热系统中需补偿热量损失，并保证炉温的均匀性。当需要快速加热时就不得不采用炉膛温度很高的炉子，即使金属加热温度不太高时也需要这样。为了保证提高料坯在轧前加热的均匀性，在连续式加热炉上往往放弃端部供热，而改用大量顶部烧嘴供热。

炉子供热的温度制度对供热系统的选择影响特别大。例如高温或中温的加热，主要通过辐射加热方式来实现，在这种情况下可以采用敞焰加热或采用辐射管。在 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 以及更低的温度下加热时问题较为复杂。这样的炉子往往采用炉外燃烧室或在高空气消耗系数下燃烧燃料。

利用喷流加热或使炉内气体强制循环，可强化料坯或制品的对流加热。在低温加热时应当采取一些特殊的措施，以保证燃料的点火和进行燃烧控制。

如果需要在炉内实现不同温度制度的操作，如正火和回火，则供热系统的选择就更为复杂。个别情况下，要求实现的制度不

同时，可使被加热制品逆方向通过炉膛，而供热系统应采用能自动关闭的烧嘴组或可大幅度调节空气消耗系数的烧嘴。

炉子供热系统输送燃料、空气和燃烧产物的能力标志着相应的炉子热负荷。热负荷是按最高温度制度下的最大热生产率计算的。但是在设计供热系统时应当注意到，在大部分时间内炉子是在低燃料量下工作的，例如当轧机轧制复杂型材、加热制品改变规格或质量要求、或改变工艺制度等情况下就是如此。当燃料供入量减到很小时，为了保证炉子的正常工作，必须选用具有相应调节比的烧嘴，并能使部分烧嘴自动关闭。炉子热工自动调节系统也应保证在低燃料量时仍能正常工作。当选择换热器保护措施和烟气余热的二次利用方案时，要注意到在低燃料量时炉子长期工作的可能性。

组织好炉内的气体流动也是制定供热系统时应当解决的问题之一。燃烧装置的配置应当使沿炉长方向不产生显著的压力变化。炉膛压力的大小应当是使向炉内吸入的空气量和由炉内向外溢出的燃烧产物量为最少。适当布置烧嘴可使炉内燃烧产物进行循环或再循环，这样可提高炉温均匀度并缩短制品或料坯的加热时间。对于有控制气氛的炉子，出于同样目的，可采用附加循环风扇的供热系统，这种办法可显著地强化炉内的热交换过程。

燃料的种类和特性是影响供热系统选择的根本性因素。如果料坯必须用低热值煤气加热到高温，那就需要或者把燃料和空气进行高温预热，或者采用预混式烧嘴而仅适当预热燃料和空气。并不是所有的燃烧装置在燃烧各种煤气时都能正常工作。因此，燃料种类往往就决定了燃烧装置的选择。联合使用两种煤气时情况便已相当复杂，而联合使用煤气和重油时就尤为复杂。其主要困难在于燃烧气体和液体燃料是按不同的方式组织燃烧过程的。它们燃烧所需要的时间不同，影响着火焰的特征。因而很难找到这样一种燃烧装置，无论烧煤气还是烧重油都能达到满意的工艺要求。在许多情况下不得不在炉子上同时装设两种燃烧装置，分别燃烧不同的燃料。显然，当两种燃料联合供热时会使燃料和空气的

供给以及炉子热制度的调节系统大为复杂化。

炉子供热系统的设计应与炉子热制度自动调节系统作综合考虑，这是完善炉子供热系统的必要条件。采用双位的、阶梯式的或比例调节系统自动控制燃料的供给、采用烧嘴组的自动开关、自动调节空气消耗系数以及其他自动装置都能够相当容易地满足供热系统的要求，甚至在非常复杂的情况下也可以满足。

炉子供热系统的制定，无疑地，应当符合所有的安全技术规程。此外，还应是操作简单，维护方便。应当力求做到炉子供热系统在运行过程中完全不需要手动操作。系统各个单元的工况的监督、维护和修理都应当是易于掌握的。

设计供热系统时还必须采取措施减少有害物质对大气的污染。绝大多数的冶金炉都是以煤气为燃料，其燃烧产物中主要的有害成分是氮氧化物。为了降低氮氧化物的含量应当力求使炉膛的供热点不要过于集中，使燃烧产物进行再循环，减少气体在高温区的停留时间，尽可能实现燃料的两段燃烧和向燃烧区供给二次空气。

设计炉子供热系统时还应考虑经济因素。其主要目的是降低燃料的消耗。供热系统中对这一要求起重要作用的是用来预热燃烧组分的换热器。根据经济分析，在许多情况下采用动力工艺联合机组，这就是把加热炉与蒸汽发生装置以及预热空气的换热器连接起来。应力求使用最低的空气消耗系数、减少向炉内吸入空气和燃烧产物自炉内向外溢出，力求消除在通向余热锅炉或其他余热利用设备的通路中因吸入空气而使燃烧产物被稀释。

下面以黑色冶金轧钢生产用的几种基本类型的加热炉和热处理炉为例，概要介绍上述原则的实际应用。

1.2 均热炉

均热炉，这是一种加热大型钢锭的高温室状炉，炉子各部分结构的特点是在高温和有强机械力作用的条件下能方便而可靠的工作。

现代类型的均热炉是炉底中心供热的炉子，而最现代的是上部单侧烧嘴供热的均热炉（图 1）。炉底中心供热式均热炉的热负荷不小于 5.8MW，上部单侧供热的均热炉不小于 11.6MW。

当炉子用单个烧嘴供入燃料时，火焰长度要受到限制。在炉底中心供热均热炉中受炉盖寿命的限制，火焰应不长于 3 米；在上部单侧供热均热炉中火焰长度应限于到达对面端墙的距离，即应不大于 7~9 m。不然，将增加立放于离烧嘴不同距离处的钢锭加热的不均匀性。因此均热炉上常采用混合条件较好的简单型式的烧嘴，其中煤气以多流股的方式供入。

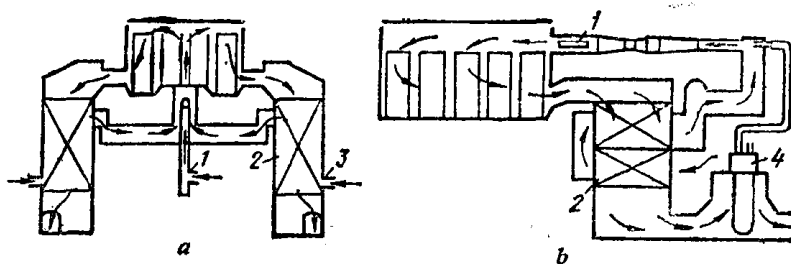


图 1 均热炉简图

a—底部中心供热式；b—上部单烧嘴式； 1—煤气管道；2—陶土换热器；
3—空气管道；4—预热喷射介质的金属换热器

由于均热炉出炉燃烧产物的温度很高，故采用与炉膛直接相连的陶土换热器。在底部中心供热炉子中经过换热器供入烧嘴的空气是由鼓风机供给的，因此在换热器的空气侧与烟气侧之间存在着压力差，结果导致空气向烟气中渗漏。而上部单烧嘴均热炉是利用喷射器把空气经过换热器抽入烧嘴中，喷射介质为压缩空气。

在陶土换热器之后可以设置预热煤气的金属换热器。

均热炉用的燃料为 $5.45 \sim 5.85 \text{ MJ/m}^3$ 或更高热值的煤气。

1.3 高温直通式加热炉

推料式连续炉、步进底式炉、步进梁式炉以及环形炉中金属料的移动和炉内燃烧产物的流动方向是相反的。大型炉子的热负

荷约为 30MW 或更高。

连续式加热炉多是采用端部烧嘴供热 (图2), 烧嘴布置在上下加热的一个、三个、四个或五个端部位置上。

在步进梁式炉的下加热部位 (图3) 有很多的固定支柱和活动梁, 不便装设端烧嘴, 因此要把烧嘴装于侧墙上。这些烧嘴过去曾做成火焰长度恒定式的, 目的是在改变燃料供入量时仍能维持沿炉宽的温度均匀性。但是, 实践表明, 这种使结构复杂化的措施是不必要的, 因为用一般结构的烧嘴就可以达到满意的均匀性。

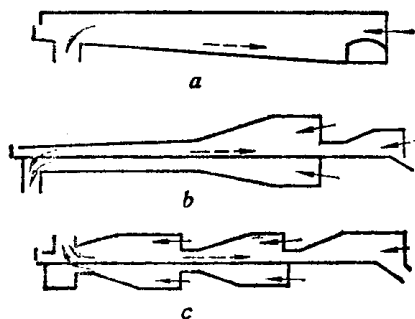


图 2 推料式连续炉简图

a—一段式；b—三段式；c—五段式

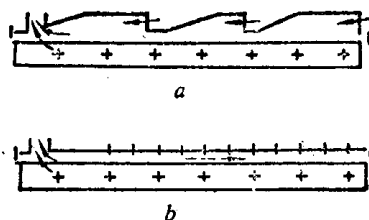


图 3 步进梁式炉简图

a—上加热端部供热；
b—上加热用顶部供热

上加热部分可以用端部烧嘴, 如连续炉那样。但更合理的是沿整个炉长都装设顶部平焰烧嘴 (如图3, b)。这样可达到很高的加热均匀性及操作的灵活性。同时由于去掉了端部供热时炉顶压下处的低温区, 而使炉底上能强化钢坯加热的长度增加, 其结果可使炉子生产率提高约 10% (按同一炉长比较)。此外, 还简化了炉型, 减少了砌体体积, 减轻了钢结构的重量。

在连续式炉上采用顶部烧嘴也可获得同样的效果。

步进底式炉烧嘴的布置与步进梁式炉类似。

环形炉当炉底宽度小于 3.5m 时, 只在外侧炉墙上装设烧嘴, 烧嘴呈切向布置, 这样可使火焰迎着金属料移动的方向逆流流动。

当炉底宽度达 4.5m 或更宽时,则在内外侧炉墙上均装设烧嘴,并呈径向安装。在环形炉上同样可以采用顶部辐射式烧嘴。

高温直通式加热炉用的燃料为各种热值的煤气、重油或煤气与重油的联合使用。

然而,由于这些炉子必须达到很高的量热计温度(指不估计火焰中热分解反应的理论燃烧温度——译者注)($\sim 2000^{\circ}\text{C}$),所以它们的供热系统在很大程度上取决于燃料的种类和特点,或者反过来说,对于一定的炉子类型和结构要求一定的燃料。

例如,当炉子必须使用高炉煤气或发热值为 $Q_p^* \leq 5.85 \text{ MJ/m}^3$ 的高炉-焦炉混合煤气时,则供热系统要在采用空、煤气都预热的预混喷射式烧嘴的基础上来制定。其中空气可利用管砖式陶土换热器预热到 $500 \sim 600^{\circ}\text{C}$,煤气要在金属管状换热器中预热到 $250 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 。在这样条件下,当空气消耗系数 $\alpha = 1.00 \sim 1.05$ 时,喷射式烧嘴在烧嘴附近可达到很高的温度,足以保证把金属坯加热到轧制温度。

当采用 $Q_p^* = 6.25 \sim 7.55 \text{ MJ/m}^3$ 的高炉-焦炉混合煤气时,使用喷射式烧嘴只需把空气在陶土换热器中预热到 $500 \sim 550^{\circ}\text{C}$ 即可。当然,为了节约燃料可以把煤气也预热到 $250 \sim 350^{\circ}\text{C}$,或者在炉子后面装设余热锅炉。

应当指出,采用喷射式烧嘴和陶土换热器的连续式加热炉极为笨重而且造价昂贵,因此,这种组合只是在缺乏较优质燃料的条件下才可应用。陶土换热器与步进底式炉、步进梁式炉以及环形炉组合使用时是很困难的,因此,对这些类型的炉子上述供热系统实际上是不采用的。

高温直通式加热炉不希望使用 $Q_p^* = 7.55 \sim 10 \text{ MJ/m}^3$ 的高炉-焦炉混合煤气或 $Q_p^* < 18.75 \text{ MJ/m}^3$ 的天然气-高炉煤气的混合煤气,因为采用这类混合气做燃料时会大大增加回火的危险性(高炉-焦炉的混合气),同时减小喷射式烧嘴的热生产率。采用不进行预混的套管式烧嘴时,只有把空气预热到足够高的温度才能达到必须的炉膛温度。

上述炉子的最佳燃料是 $Q_p > 10.00 \text{ MJ/m}^3$ 的高炉-焦炉混合煤气以及 $Q_p > 18.75 \text{ MJ/m}^3$ 的天然气和高炉煤气的混合煤气。当用这些煤气供热时，可以采用套管式烧嘴（做端部供热用）或顶部平火焰烧嘴。为了减少燃料消耗量应当利用金属换热器把空气预热到 400°C 。这种情况下炉子结构将最简单、轻便，而炉子设备的投资也将最低。

在黑色冶金企业中单独把重油用做加热炉燃料的情况是很少的，很多情况是重油和煤气联合使用，此时高热值的煤气和重油分开燃烧或者在同一烧嘴中综合燃烧。

实现煤气和重油综合燃烧是非常复杂的。它使炉子热工制度的自动调节系统显著地复杂化。此外，燃烧速度较快的煤气会抢先消耗掉助燃空气中的氧气，结果便使重油的燃烧更加缓慢，并生成机械的和化学的不完全燃烧产物，包括炭黑。因此，通常情况下都是把重油和煤气分别燃烧，并且把重油做为备用燃料。

当用煤气-重油供热时，通常采用不预混的套管式烧嘴，在煤气喷口中插入一个高压油喷嘴；或者使用专门的煤气-重油喷嘴。助燃空气可用金属换热器预热到 400°C 。

上述炉子只用重油做燃料时，可采用二级雾化的高压喷嘴，空气也可预热到 400°C 。

1.4 热处理用的直通式和牵引式炉

热处理炉的热量应当沿炉长分散均匀供入。

在这一类炉子里，被加热制品的输送是利用炉底辊、步进梁和步进底、各种型式的炉用传送带或用推料机沿一定方向推送，如果是带材则借助导辊以牵引方式通过炉膛。

这种型式的炉子长度可达 100m 或更长，而热负荷可达 100MW 。

当要求制品加热到 700°C 或更高时，这类炉子的加热室需装设许多烧嘴，它们通常装在被加热制品的两侧（由上面和由下面），如果这不可能，便只装在上面。当热处理工艺要求在控制气

氛中进行时，则以同样方式安设辐射管。在垂直的牵引式炉中也是在带料通行的两侧安装燃烧装置或辐射管。

多数情况下，直通式和牵引式炉最适于采用以煤气喷射空气的喷射式烧嘴。喷射式烧嘴的调节范围有限，但在炉子的热制度不随时间变化的条件下是可以满足使用的。这类炉子通常需装设大量的烧嘴，因此非常需要避免采用输送空气的管路，因为敷设这些管路会使炉子结构变得很复杂，同时也使操作更加困难。

烧嘴通常直接烧冷煤气，这是因为向烧嘴分配和输送热煤气是很复杂的。此外，这类炉子的煤气管网有很多的支管，即使煤气经过预热，在通过管路时也会很快被冷却。同时由于一般都选用小尺寸的烧嘴，在烧嘴前的煤气管道内部加绝热层是不可能的，而在管道外面进行绝热，根据安全技术规程是不允许的。

辐射管一般都做成带有空气预热器的结构。假如要求被加热制品的温度均匀性好，而且加热强度大，那么应使炉内气体进行再循环。

图4是把炉底上的工件加热到 $900\sim 950^{\circ}\text{C}$ 的步进梁式炉的横断面简图。双管式烧嘴交替地布置在炉底水平面的上部和下部。下部烧嘴与连通炉膛上部的侧墙中的烟道相通，而上部烧嘴则与连通炉膛下部的侧墙烟道相通。经由这些烟道分别从炉膛的上、下部分向火焰根部吸入燃烧产物。结果，在炉内燃烧产物形成了强烈的再循环。这样，可使炉膛断面具有很好的温度均匀性。

用于大型钢丝盘卷进行光亮退火的辊底式炉(加热温度 $770\sim 840^{\circ}\text{C}$)为了强化加热和提高加热的均匀性可设置循环风扇(图5)。

装在炉底上的循环风扇1把炉膛中的控制气体抽吸下来，使气体经由导向装置2流向端头封闭的辐射管3，重新被加热。辐射管沿炉子侧墙垂直安装。被加热的气体穿过放在炉底输料辊5上的钢丝盘卷4，并对其加热。

当进行低温加热($200\sim 600^{\circ}\text{C}$)时，最好是采用强化对流传热过程的供热系统。

图6是大型铝板坯加热到 $400\sim 630^{\circ}\text{C}$ 的步进梁式加热炉横断

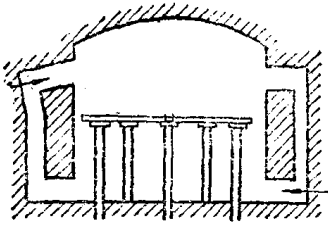


图 4 燃烧产物再循环的步进梁式炉简图

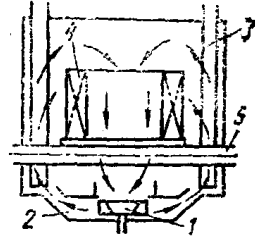


图 5 大钢丝卷光亮退火的辊底式炉简图

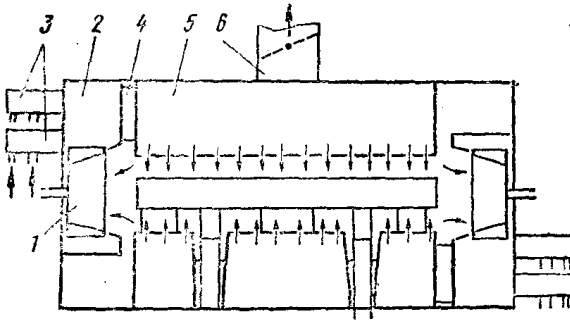


图 6 铝板坯喷流加热炉简图

面简图。设置在炉子侧墙上的循环风扇 1，把炉膛内的气体介质抽过来，送入纵向的通道 2。在此通道内装有能产生低温燃烧产物的烧嘴 3。这两部分气体混合后，经过通道 4 进入热气集风道 5，而后便以极大速度通过许多喷嘴喷向板坯的上下表面。过剩的燃烧产物则经烟道 6 排走。这样一来，利用喷流加热方式可以达到很高的温度均匀性和加热速度。

低温加热炉的另一种供热系统见图 7。该图是成捆棒材加热到 $200 \sim 250^{\circ}\text{C}$ （回火）的步进梁式加热炉的横剖面示意图。掺混了空气的燃烧产物用烟泵从炉内抽出，进入集风管 1，而后又进入支风管 2。在支风管内装有煤气烧嘴，它使煤气在循环的燃烧产物中燃烧，形成低温的燃烧产物，然后进入纵向风道 3，再分头进入横排管 4。在这些管子上开有许多小孔，燃烧产物即从这些

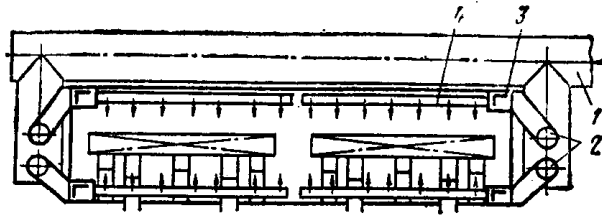


图 7 加热棒束的对流加热炉简图

小孔喷出来加热棒束。这台炉子是分批装料工作的，但是这种供热系统完全可以用于连续炉。

上面两种（图 6 和图 7）再循环系统均沿炉长方向分为几个相同的工作单元。

设计低温炉时必须采取一些专门的措施以保证操作中不发生爆炸事故，比如应当设置点火嘴及火焰的监控设备等。

如果炉子需要进行两种完全不同的温度制度（例如回火和正火），那么供热系统中最好是采用能在很宽范围内调节空气消耗系数的烧嘴。因为这些烧嘴在很大范围调节燃料量和很大的空气消耗系数情况下仍能正常工作，所以当由一种温度制度转换为另一种时无须切断一部分烧嘴。如果需要实现的温度制度，使用这类烧嘴仍无法做到时，则需要采用能切断部分烧嘴的供热系统。

这类系统中烧嘴的开、闭，如果用手操作是很不方便的。为了保证炉子在 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 或更低的温度下工作安全，应当在结构上把这一区域的烧嘴划分出来。这里的各组烧嘴应当配备火焰监控装置、烧嘴灭火时能自动切断煤气的装置以及其他一些低温炉防爆装置。

如果炉子很宽，则可采用顶部烧嘴供热，以保证制品加热的温度均匀性。烧嘴型式应根据炉子工艺制度来选定。

在现代连续热镀锌的机组中，快速加热室内必须实现敞焰无氧化加热。为此，快速加热室用的烧嘴要能保证在空气消耗系数远远小于 1 的情况下正常燃烧，而且能把供入空气中的氧完全利用掉。

直通式和牵引式炉子通常附有点火小烧嘴。设计这种供热系统时，必须以某种方式另给小烧嘴供给煤气和空气，这是为了在主烧嘴改变燃烧组分的供应量时小烧嘴的供应量仍维持不变。

1.5 周期工作的热处理炉

周期工作炉子的特点是温度制度随时间变化，并且在周期的各个阶段整个炉膛内温度分布必须尽可能均匀。因此，在周期的不同阶段供入炉内的热量可相差10~15倍之多。

固定炉底的或用外部机械控制的活动炉底的简单型式的周期工作室状炉现在在冶金企业轧钢车间内已很少采用。广泛采用的是利用炉底辊或步进梁完成装料、出料或把制品由一室送往另一室等工作的炉子。这类炉子的供热系统与直通式和牵引式炉的供热系统类似（如图7所示的炉子就可做为上述炉子来用）。当然，对周期工作的炉子尤其需要能在很大的范围内变化供热量。为了保证整个炉膛内的温度均匀性，应利用由烧嘴喷出的火焰动能或借助于循环风扇组织炉内气体的再循环。

板卷退火用的罩式炉（这是一种用的最广的周期式炉子），它的供热系统较为特殊。这种炉子中，卷垛用金属的马弗罩起来，然后再套上外罩（加热罩），外罩上装有燃烧装置。燃烧产物用空气喷射器从外罩的底部排出。整个加热周期的供热量变化幅度约为1:12~1:15。

最初设计建造的罩式炉是在加热罩周围径向安装带燃烧室的喷射式烧嘴。并用碳化硅板把燃烧室与马弗罩隔开。但是，用喷射式烧嘴达不到必要的调节范围。因此，采用位置调节法。加热周期开始时燃料供给量采用的双位调节位置为：或为全热负荷，或为其10~15%。当标志炉温的热偶测定值到达给定温度时，则开始关闭空气和煤气管路上的闸阀，使最大热负荷减少50%。从这时起，双位调节的位置为：或为热负荷的50%，或为其10~15%。这里最低煤气量是经由调节阀旁的支管路供给的。供给喷射器的喷射介质——空气的供给应使当煤气供给量为最低时罩子下部的

负压增加。这样，可使烧嘴在高空气消耗系数的情况下工作，以消除烧嘴回火的危险性。

这种供热系统用高炉-焦炉混合煤气时能很好地工作，但用天然气时则会发生困难。已经被加热到 $1500\sim 1600^{\circ}\text{C}$ 的燃烧室，在供给最低煤气量时被经由烧嘴吸入的空气快速冷却，同时又被燃烧室对面的料垛局部加热，结果燃烧室很快受到破坏。当用大煤气量工作时，在冷的燃烧室内又会产生小爆炸。如果烧嘴的空气消耗系数为 $\alpha=1.3$ 以及最小煤气量不是通过烧嘴而是经由燃烧室下部的专门管路供给时，上述情况有所改善。这时，燃烧室很少过热，最小煤气量时也不会快速冷却，因为这是来自管路的煤气与从烧嘴吸入的空气进行混合扩散燃烧的。

这些复杂问题若采用部分预混的喷射式大气烧嘴可得到解决。此时，烧嘴沿炉子高度切向设置两排。这样，加热变得平缓，炉子寿命有所提高。但是由于负压的作用吸入了二次空气，结果显著地并且是很难控制地增加了空气消耗系数。当然，这样一来，会使单位燃耗有一定提高。

罩式炉供热系统最有前途的解决办法是采用空气消耗系数调节范围宽的烧嘴。只有在这种情况下才有可能提高加热质量、延长炉子寿命和降低单位燃耗。

上述例子说明了制定炉子供热系统的过程及综合考虑选择燃烧装置和热工调节的必要性，以及估计工艺、操作和经济因素的重要性。