

第23章 燃烧装置和电热元件的修理

麦润喆 曾正明



燃烧装置有烧煤的燃烧室,燃烧燃料油的油嘴,燃烧各种煤气的烧嘴。

燃烧装置的修理,除了消除缺陷,恢复原设计的设备性能外,在修理时还要经常根据燃料的特点而需不断进行技术完善和技术改进,这是一个非常现实的问题。例如,有的炉子原设计规定使用质量较好的烟煤,但当燃煤供应有变化,改用灰分较高、煤质较差的煤种时,为了避免灰渣与耐火砖烧结成炉瘤,宁可损失一些热量,把炉篦周围的耐火砖墙用铁制水套代替,以减少燃烧室的修理工作。可以认为,这是比较合理的结构和应该采用的技术措施。油嘴和煤气烧嘴,也同样会遇到燃料供应变化的问题,在使用和修理时也应结合实际,注意技术性能的改善。所以,要能做好燃烧装置的修理工作,必须熟悉各种燃料和燃烧装置的性能。

第1节 燃料及其燃烧

(一) 燃料和燃烧装置的选择

1. 燃料选择

根据工厂所在地区的燃料来源情况,并根据国家燃料政策对可能供应的燃料进行热工分析和经济比较,然后选择燃料及燃烧装置。

(1) 固体燃料 常用固体燃料主要为煤,也有使用煤粉的,冲天炉则主要使用焦炭。

各地煤种差异较大,必须因地制宜地选用煤种。

(2) 气体燃料 在大型机械工厂多使用发生炉煤气、焦炉煤气、天然气,少数工厂也有使用混合煤气、油煤气及液化石油气的。

发生炉煤气、焦炉煤气、混合煤气的炉前煤气压力分两种:

1) 高压煤气:工作压力 $\geq 10000\text{Pa}$;

2) 低压煤气:工作压力 $\leq 5000\text{Pa}$ 。

中、小工厂,由于炉子规格小,温度制度易于控制,一般适用高压煤气、宜选用高压喷射式烧嘴。它具有过剩空气少($\alpha=1.03\sim 1.05$)、燃烧完全、可自动控制空气煤气的混合比、操作简便等特点。但工作空间压力大时,空气量不能保证(吸入空气量减少),火焰长度不易控制,当混合气体喷出速度小于火焰传播速度,或空气煤气预热温度太高时将产生回火。

大型工厂,炉子规格大,温度不易控制,一般适于采用低压煤气,应选用低压煤气烧嘴。它是空气煤气强制混合,燃烧所需空气量充分;火焰长度能够调节,特别适用于热处理炉及炉底宽大于3m的加热炉;空气过剩系数不大,一般 $\alpha=1.05\sim 1.1$,能采用自动控制等特点。

(3) 液体燃料 用于工业炉的液体燃料主要为燃料油,也有工厂在使用渣油。

机械工厂一般采用低压油嘴,其特点是火焰短、噪声小、点火容易、燃烧稳定和便于比例调节等优点。

2. 燃烧装置选择

选用不同类型的燃烧装置,在相当大的程度上决定着炉型结构。普通高、低压煤气烧嘴或油嘴,在相互改变类型时,对炉型结构影响不大;但煤炉选型时,随燃烧装置的不同却有根本性变化。

(1) 普通燃烧室(薄煤层)的煤炉 热制度不稳定,送风情况如图23-1-1。曲线ab表明由一次加煤至另一次加煤间隔内,由于炉篦上煤的燃烧,煤层阻力降低,送入燃烧室内的空气量不断增加;曲线cd为煤燃烧时所需的计算空气量。此曲线说明,每次加煤后析出大量挥发分,而送风量不能及时增加,出现空气不足(冒黑烟);其后随着煤的

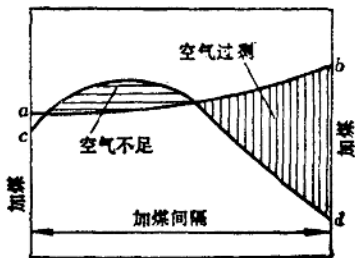


图23-1-1 普通煤炉送风情况

逐渐燃尽，而空气又不能及时减少，出现空气大量过剩（炉温下降、氧化增强）。

（2）阶梯炉篦、封闭式燃烧室 或采用厚煤层，加二次送风，均有助于改善燃烧过程的稳定和加热质量的提高。

（3）带有简易煤气化燃烧室的炉子（称煤气化炉或背包炉） 建立小煤气炉（ $\phi 1.5$ m左右）发生热煤气供几台小炉子使用，这些措施都改变了直接烧煤的落后状况。

（4）平焰烧嘴和高速烧嘴 是近几年来使用的新型燃烧装置，可燃用煤气和油。

1）高速烧嘴：气体出口速度一般为100~200 m/s，燃烧高速气流直接作用在加热件表面上，强化对流加热；增强炉内气体的再循环，达到均匀炉温的目的。

2）平焰烧嘴：获得圆盘形的平火焰，火焰直径1~1.5 m，厚度100~150 mm，在相当大的平面内形成均匀的温度场。与一般烧嘴相比，加热件与烧嘴间的布置距离可缩短，烧嘴布置在炉顶时，可较大降低炉膛高度。选用平焰烧嘴，对缩小炉膛尺寸，提高加热质量有很大作用。

（二）燃料分类和特性

燃料按状态分类：有固体燃料、液体燃料和气体燃料等3种；按来源分，有天然燃料和人造原料两种（表23-1-1）。

1. 固体燃料

固体燃料有煤、可燃页岩和薪柴等，这里只介绍有关煤的资料。

（1）煤的分类和特性 按煤的挥发分及低发热量划分的煤的分类见表23-1-2。

表23-1-1 燃料分类表

物 态	来 源	名 称
固 体	天 然	泥 煤 褐 煤 无 烟 煤
	人 造	焦 木 炭 炭
液 体	天 然	原 油
	人 造	柴 煤 重 焦 油 油 油 油 油 油 油
气 体	天 然	天 然 煤 气
	人 造	焦 炉 煤 气 高 炉 煤 气 发 生 炉 煤 气 水 煤 气 油 气 液 化 气

表23-1-2 煤的分类

类 别	挥 发 分 (%)	低 发 热 量 (kJ/kg)
无 烟 煤	3~9	22200~29000
烟 煤	25~45	18800~29300
贫 煤	9~18	12560~27200
褐 煤	30~50	4200~12600

（2）煤炭产品分类和质量规格 列于表23-1-3。

（3）煤的特性数据 列于表23-1-4。

2. 液体燃料

液体燃料包括汽油、煤油、柴油、焦油、酒精等。这里只介绍工业炉常用的燃料油。

（1）我国重油规格标准 列于表23-1-5。

（2）重油粘度与合适的加热温度 列于表23-1-6。

（3）轻柴油规格标准 列于表23-1-7。

（4）重柴油规格标准 列于表23-1-8。

3. 气体燃料

机械工厂使用的气体燃料主要为各种煤气，包括：发生炉煤气、富氧煤气、焦炉煤气和天然气，少数情况下也使用油气和液化石油气的。

各种煤气的一般组成列于表23-1-9。

表23-1-3 煤炭产品分类和规格

产品类别	品种名称	质 量	规 格	产品类别	品种名称	质 量	规 格
		粒度 (mm)	灰分 (%)			粒度 (mm)	灰分 (%)
精煤	冶炼用炼焦精煤	$<50, <80$ 或 <100	≤ 12.5	粒级煤	洗粒煤	6~13	≤ 40
	其它用炼焦精煤	$<50, >80$ 或 <100	12.51~16		粒煤	6~13	≤ 40
粒级煤	洗中块	25~50, 20~60	≤ 40	洗选煤	洗原煤	不 限	≤ 40
	中块	25~50	≤ 40		洗混煤	0~50	≤ 32
	洗混中块	13~50, 13~80	≤ 40		混煤	0~50	≤ 40
	混中块	13~50, 13~80	≤ 40		洗混末煤	0~25, 0~20	≤ 40
	洗混块	$>13, >25$	≤ 40		混末煤	0~25	≤ 40
	混块	$>13, >25$	≤ 40		洗末煤	0~13	≤ 40
	洗大块	50~100, >50	≤ 40		末煤	0~13	≤ 40
	大块	50~100, >50	≤ 40		洗粉煤	0~6	≤ 40
	洗特大块	>100	≤ 40		粉煤	0~6	≤ 40
	特大块	>100	≤ 40	原煤	原煤、水果原煤	不 限	≤ 40
	洗小块	13~25, 13~20	≤ 40	低质煤	原煤	不 限	$\geq 40 \sim 49$
	小块	13~25	≤ 40		中煤	0~50	$\geq 32.01 \sim 49$
					煤泥	0~1	$\geq 16.01 \sim 49$

表23-1-4 煤的特性数据

种 类	成 分 (重量百分数)							挥发分 %
	C	H	O	N	S	A	W	
泥 煤	37.4	4.2	2.2	1.2	0.4	0.8	30	70
褐 煤	48.1	3.4	11.7	1.2	1.0	15.6	19	41
烟 煤	70	4.4	2.6	1.0	2.0	8	6	35
无 烟 煤	84	3	2	1	1	4	5	7

种 类	着火温度 (°C)	低发热量 (kJ/kg)	理论温度 (°C)	理论空气需要量 (m ³ /kg)	理论燃烧物量 (m ³ /kg)
泥 煤	225	13900	1830	3.7	4.7
褐 煤	400	18420	2100	4.8	5.3
烟 煤	500	27420	2200	7.2	7.6
无 烟 煤	700	31570	2250	8.2	8.5

注：1. A及W表示灰分和水分；

2. 挥发分是指煤在隔绝空气的情况下加热（干馏），煤中有机物质热分解所析出的气体量；

3. 着火温度指煤在这个温度下才开始着火燃烧；

4. 发热量为单位燃料（固体和液体燃料用1kg，气体燃料用1m³）完全燃烧时能放出的热量（kJ）。燃烧产物中的水以蒸汽状态存在称低发热量，水全部以冷凝水状态存在则称高发热量。工业炉应用一般均为低发热量；

5. 理论空气量是指燃料在完全燃烧时用理论计算下所需用的空气量。想要达到完全燃烧，实际上要稍多一些空气。实际空气量与理论空气量之比为过剩空气系数（常用 α 表示）；

6. 理论燃烧产物量是指用理论空气量燃料燃烧的产物量；

7. 理论温度为燃料燃烧在没有热损失的情况下所能达到的燃烧温度；

8. 挥发分对煤的燃烧有较大影响，含挥发分多的煤燃烧时需要供给较多的二次空气，火焰长度长，挥发分少的煤则相反。在同样一台炉子上，用挥发分不同的燃煤，其热效果也不一样，会产生不同热效率。

表23-1-5 重油规格标准 (SY1091—77)

项 目		质 量 指 标				试验方法
		20号	60号	100号	200号	
闪点 (开口) (°C)	不低于	80	100	120	130	GB 267
凝点 (°C)	不高于	15	20	25	36	GB 510
灰分 (%)	不大于	0.3	0.3	0.3	0.3	GB 508
水分 (%)	不大于	1.0	1.5	2.0	2.0	GB 260
硫含量 (%)	不大于	1.0	1.5	2.0	3.0	GB 387
机械杂质 (%)	不大于	1.5	2.0	2.5	2.5	GB 511

注：1.供冶金或机械工业加工热处理的各号重油其硫含量须不大于 1.0%；
2.由水路运输或用直接蒸汽预热卸油时，水分允许不大于 5 %但此时水分的全部重量应从产品总重量中扣除；
3.由含硫 0.5%以上原油制得重油，硫含量允许不高于 3 %；
4.凝点可根据使用条件允许由生产单位和用户协商另订；
5.本标准由中华人民共和国石油化学工业部发布，1977年10月 1 日实施。4 个牌号是按80℃时运动 粘度划分的，主要使用方向为：
20号用在较小喷嘴的燃烧炉上 (30kg/h 以下)；
60号用在中等喷嘴的船用蒸汽锅炉或工业炉上；
100号用在大型喷嘴的炉或具有预热设备的炉上。

表23-1-6 重油粘度与合适的加热温度

50℃时重油粘度		重油的加热温度		50℃时重油粘度		重油的加热温度	
运动粘度 $\times 10^{-6}$ (m^2/s)	机械雾化 (°C)	蒸汽喷射雾化 (°C)		运动粘度 $\times 10^{-6}$ (m^2/s)	机械雾化 (°C)	蒸汽喷射雾化 (°C)	
62	50.0~83.2	36.1~54.0		260	84.4~115.4	63.0~84.4	
74	57.6~88.5	39.3~57.6		302	87.4~118.0	66.0~87.4	
86	61.8~92.5	42.8~61.8		346	89.5~120.0	68.0~89.5	
97	64.8~96.0	44.8~64.8		389	91.5~121.4	69.5~91.5	
109	67.5~99.0	47.2~67.5		432	93.0~122.6	71.0~93.0	
130	71.6~102.0	50.5~71.6		474	94.2~123.8	72.2~94.2	
151	75.2~104.6	54.0~75.2		518	95.4~124.6	73.4~95.4	
173	77.5~107.6	55.2~77.5		560	96.6~127.5	74.6~96.6	
196	79.5~110.0	57.6~79.5		606	97.8~128.5	75.8~97.8	
220	81.5~111.8	59.4~81.5		649	99.0~129.5	77.0~99.0	

表23-1-7 轻柴油规格标准 (GB252—77)

项 目		质 量 指 标					试验方法
		10号	0 号	-10号	-20号	-35号	
十六烷值	不小于	50	50	50	45	43	GB 386
馏程：50%馏出温度 (°C)	不高于	300	300	300	300	300	GB 255
90%馏出温度 (°C)	不高于	355	355	355	350	—	
95%馏出温度 (°C)	不高于	365	365	—	—	350	
运动粘度 (20°C) ×10 ⁻⁶ (m ² /s)		3.0~8.0	3.0~8.0	3.0~8.0	2.5~8.0	2.5~7.0	GB 265
10%蒸余物残碳 (%)	不大于	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	GB 263
灰分 (%)	不大于	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	GB 508
硫含量 (%)	不大于	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	GB 380

(续)

项 目	质 量 指 标					试验方法
	10号	0号	-10号	-20号	-35号	
机械杂质	无	无	无	无	无	GB 511
水分 (%) 不大于	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	GB 260
闪点 (闭口) (°C) 不低于	60	60	60	60	50	GB 261
腐蚀 (铜片, 50°C, 3 h)	合格	合格	合格	合格	合格	GB 378
酸度 (mgKOH/100mL) 不大于	10	10	10	10	10	GB 258
凝点 (°C) 不高于	10	0	-10	-20	-35	GB 510
水溶性酸或碱	无	无	无	无	无	GB 259
实际胶质 (mg/100mL) 不大于	70	70	70	70	70	GB 509

注: 1. 由含硫 0.3% 以上的原油制得的轻柴油, 硫含量许可可不大于 0.5%; 由硫含 0.5% 以上的原油制得的轻柴油, 其硫含量许可可不大于 1%;

2. 由中间基原油生产或混有催化馏分的各号轻柴油十六烷值允许不小于 40;

3. 本标准适用于由各种石油的真值柴油馏分, 催化柴油馏分或混有热裂化柴油馏分所制成的轻柴油。产品适用作高速柴油机燃料, 牌号是按凝点划分的。

表23-1-8 重柴油规格标准 (GB445—77)

项 目	质 量 指 标			试验方法
	10	20	30	
运动粘度 (50°C) $\times 10^{-3} (\text{m}^2/\text{s})$ 不大于	13.5	20.5	36.2	GB 265
残炭 (%) 不大于	0.5	0.5	1.5	GB 268
灰分 (%) 不大于	0.04	0.06	0.08	GB 508
硫含量 (%) 不大于	0.5	0.5	1.5	GB 387
机械杂质 (%) 不大于	0.1	0.1	0.5	GB 511
水分 (%) 不大于	0.5	1.0	1.5	GB 260
闪点 (闭口) (°C) 不低于	65	65	65	GB 261
凝点 (°C) 不高于	10	20	30	GB 510
水溶性酸或碱	无	无	—	GB 259

注: 1. 由含硫 0.5% 以上的原油炼制的重柴油, 出厂时硫含量许可可不大于 2.0%, 残炭许可可不大于 3.0%;

2. 海运和河运时水分许可可不大于 2%, 但须由总量中扣除水分全部重量。

3. 使用重柴油的设备必须有完善的过滤设备和预热设备。

表23-1-9 各种煤气的一般组成

煤 气 名 称	干煤气体积成分 (%)							密度 (kg/m ³)		低发热量 (kJ/m ³)
	CO ₂ + H ₂ S	O ₂	C _m H _n	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	煤气	烟气	
发生炉煤气 (烟煤)	3~7	0.1~0.3	0.2~0.4	25~30	11~15	1.5~3	其余	1.1 ~1.13	1.3 ~1.35	5000 ~6000
发生炉煤气 (无烟煤)	3~7	0.1~0.3		24~30	11~15	0.5~0.7	其余	1.13 ~1.15	1.34 ~1.36	5000 ~5200
高氧煤气	6~20	0.1~0.2	0.2~0.8	27~40	20~40	2.5~5	其余	1.09 ~1.12	1.28 ~1.33	6000 ~7500
水煤气	10~20	0.1~0.2	0.5~1	22~32	42~50	6~9	2~5	0.7 ~0.74	1.26 ~1.3	10500 ~11700
半水煤气	5~7	0.1~0.2		35~40	47~52	0.3~0.6	2~6	2.7 ~0.71	1.28	8400 ~9200
焦炉煤气	2~5	0.3~1.2	1.6~3	4~25	50~60	18~30	其余	0.45 ~0.55	1.21	14600 ~18800
天然气	0.1~6	0.1~0.4	0.5	0.1~4	0.1~2	98	1~5	0.7 ~0.8	1.24	33494 ~37681
高炉煤气	10~12			27~30	2.3~2.5	0.1~0.3	其余			3730 ~4060

注: C_mH_n泛指C₂H₄ C₂H₆ C₄H₁₀等。

(三) 燃料燃烧计算

燃料燃烧计算主要是确定燃料发热量、燃烧时所需的空气量、燃烧产物量和燃烧温度。

1. 低发热量的计算

(1) 固体和液体燃料 按元素分析成分的低发热量计算:

$$Q_{\text{低}} = 339C + 1030H - 109(O - S) - 25W \quad (\text{kJ/kg})$$

例1 烟煤的成分为: C(70%)、H(4.4%)、O(8.6%)、N(1.0%)、S(2.0%)、A(8%)、W(6%)。

$$Q_{\text{低}} = 339 \times 70 + 1030 \times 4.4 - 109(8.6 - 2) - 25 \times 6 = 23730 + 4532 - 719 - 150 = 27393 \quad (\text{kJ/kg})$$

(2) 气体燃料 发热量的计算:

$$Q_{\text{低}} = 126CO + 108H_2 + 358CH_4 + 600C_2H_4 \quad (\text{kJ/m}^3)$$

例2 发生炉煤气成分为: CO(30%)、H₂(14%)、CH₄(2%)、C₂H₄(0.5%)、CO₂(3.3%)、O₂(0.2%)、H₂S(0.1%)。

$$Q_{\text{低}} = 126 \times 30 + 108 \times 14 + 358 \times 2 + 600 \times 0.5 = 3780 + 1512 + 716 + 300 = 6308 \quad (\text{kJ/m}^3)$$

2. 理论空气量及燃烧产物量的计算

(1) 固体和液体燃料 其理论空气量:

$$L_0 = 8.89C + 26.7 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 3.33S \quad (\text{m}^3/\text{kg})$$

例3 烟煤成分同例1。

$$L_0 = \left[8.89 \times 70 + 26.7 \left(4.4 - \frac{8.6}{8} \right) + 3.33 \times 2 \right] + 100 = (622.3 + 88.1 + 6.6) + 100 = 717 \quad (\text{m}^3/\text{kg})$$

(2) 固体和液体燃料 其燃烧产物量:

$$V = (\alpha - 0.21)L_0 + 1.867C + 11.2H + 0.7S + 1.244W + 0.8N \quad (\text{m}^3/\text{kg})$$

例4 烟煤成分同例1, $\alpha = 1.2$ (空气过剩系数)。

$$V = (1.2 - 0.21)717 + 1.867 \times 70 + 11.2 \times 4.4 + 0.7 \times 2 + 1.244 \times 6 + 0.8 \times 1 = 7.1 + (130.69 + 49.28 + 1.4 + 7.46 + 0.8) + 100 = 9 \quad (\text{m}^3/\text{kg})$$

(3) 气体燃料 其理论空气量:

$$L_0 = \frac{1}{0.21} (0.5H_2 + 0.5CO + 2CH_4 + 3C_2H_4 - O_2) \quad (\text{m}^3/\text{m}^3)$$

例5 发生炉煤气成分同例2。

$$L_0 = \frac{1}{0.21} (0.5 \times 1.4 + 0.5 \times 30 + 2 \times 2 + 3 \times 0.5 - 0.2) + 100 = 1.3 \quad (\text{m}^3/\text{m}^3)$$

(4) 气体燃料的燃烧产物量:

$$v = 1 + \alpha L_0 - \left[0.5H_2 + 0.5CO - \left(\frac{n}{4} - 1 \right) C_n H_n \right] \quad (\text{m}^3/\text{m}^3)$$

例6 发生炉煤气成分同例2, $\alpha = 1.05$ 。

$$v = 1 + 1.05 \times 1.3 - [0.5 \times 1.4 + 0.5 \times 30 - 0] + 100 = 2.365 - 0.22 = 2.15 \quad (\text{m}^3/\text{m}^3)$$

理论空气量及燃烧产物量也可以按表 23-1-10 的经验公式计算。

3. 燃料理论燃烧温度计算

在燃料燃烧的全部热量中, 除去由于气体分解而引起的化学不完全燃烧的热损失外, 此时的燃料燃烧温度称为理论燃烧温度。由于气体分解热损失很小可略去, 理论燃烧温度可按下式计算:

$$t_{\text{理}} = \frac{Q_{\text{低}} + C_p t_r + C_s t_s L_a}{C_p V_y} \quad (^\circ\text{C})$$

式中 V_y ——燃烧生成气量 $[\text{m}^3/\text{m}^3(\text{kg})]$;

t_r 、 t_s ——燃料及空气温度 $(^\circ\text{C})$;

C_p 、 C_r 、 C_s ——燃烧生成气、燃料及空气热容量 $[\text{kJ}/\text{m}^3(\text{kg})^\circ\text{C}]$;

L_a ——不同空气过剩系数时的单位空气耗量 $[\text{m}^3/\text{m}^3(\text{kg})]$ 。

例7 求烟煤的理论燃烧温度, 烟煤成分同例1。

1. $Q_{\text{低}} = 27393$ $t_r = 20^\circ\text{C}$ $t_s = 20^\circ\text{C}$ $C_r = 1.26$

$C_s = 1.33$ $L_a = 8.6$ $C_p = 1.62$

$$t_{\text{理}} = \frac{27393 + 20 \times 1.26 + 1.33 \times 20 \times 8.6}{1.62 \times 9} = 1896 \quad (^\circ\text{C})$$

例8 求发生炉煤气的理论燃烧温度, 成分同例2。

$$t_{\text{理}} = \frac{6308 + 1.36 \times 20 + 1.33 \times 20 \times (1.3 \times 1.05)}{1.60 \times 2.15} = 1852 \quad (^\circ\text{C})$$

实际上理论温度是不可能达到的。工业炉上能够达到的实际温度按不同炉型而异。通常以表23-1-11的系数乘以理论温度得出可能的实际炉温。

表23-1-10 理论空气量及燃烧产物量的经验计算公式

燃料名称	低发热量 $Q_{\text{低}}$ [kJ/m ³ (kg)]	理论空气消耗量 L_0 [m ³ /m ³ (kg)]	燃烧产物量 V [m ³ /m ³ (kg)]
固体燃料	23000~29300	$\frac{1.01}{1000}Q_{\text{低}} + 0.5$	$\frac{0.89}{1000}Q_{\text{低}} + 1.65 + (\alpha - 1)L_0$
液体燃料	37700~42000	$\frac{0.85}{1000}Q_{\text{低}} + 2$	$\frac{1.1}{1000}Q_{\text{低}} + (\alpha - 1)L_0$
高炉煤气	3800~4200	$\frac{0.8}{1000}Q_{\text{低}}$	$\alpha L_0 + 0.97 - \left(\frac{0.13}{1000}Q_{\text{低}}\right)$
发生炉煤气	<5234	$\frac{0.85}{1000}Q_{\text{低}} - 0.01$	$\alpha L_0 + 0.98 - \left(\frac{0.13}{1000}Q_{\text{低}}\right)$
	5300~5700	$\frac{0.85}{1000}Q_{\text{低}}$	$\alpha L_0 + 0.98 - \left(\frac{0.13}{1000}Q_{\text{低}}\right)$
	>5700	$\frac{0.85}{1000}Q_{\text{低}} + 0.03$	$\alpha L_0 + 0.98 - \left(\frac{0.13}{1000}Q_{\text{低}}\right)$
混合煤气	<12600	$\frac{1.075}{1000}Q_{\text{低}}$	$\alpha L_0 + 0.68 - 0.1\left(\frac{Q_{\text{低}} - 4000}{1000}\right)$
焦炉煤气	12600~18800	$\frac{1.075}{1000}Q_{\text{低}} - 0.25$	$\alpha L_0 + 0.68 + 0.06\left(\frac{Q_{\text{低}} - 4000}{1000}\right)$
天然气	33500~37700	$\frac{1.105}{1000}Q_{\text{低}} + 0.02$	$\alpha L_0 + 0.38 + \left(\frac{0.075}{1000}Q_{\text{低}}\right)$
水煤气	8400~11700	$\frac{0.876}{1000}Q_{\text{低}}$	$\frac{1.08}{1000}Q_{\text{低}} + (\alpha - 1)L_0$

表23-1-11 高温系数选取表

炉型	高温系数 (η)
室式加热炉	0.75~0.8
连续式加热炉 (产量 500~600kg/ (m ² ·h))	0.7~0.75
连续式加热炉 (产量 200~300kg/ (m ² ·h))	0.75~0.8
均热炉	0.68~0.73

$$t_{\text{实}} = \eta t_{\text{理}} (^{\circ}\text{C})$$

为了使实际炉温提高,通常利用废气温度预热空气或煤气,这不仅提高炉温还能节省燃料。

4. 燃料消耗量的核算

燃料消耗量是考核炉修理质量的重要指标。炉子修理前,由于炉衬损坏等原因,热损失要大,经过炉子修理,应该使炉子有最好的热效率。燃料消耗的计量有各种不同方法,固体燃料可用称量法或容量计量,液体燃料可用油罐标尺测量消耗的办法或用油量表计量,气体燃料一般都用流量表测定。

锻造炉、热处理炉、冲天炉等的燃料消耗常以煤耗[kg(标准煤)/kg(钢)]、油耗[kg(油)/kg

(钢)]、气耗[m³(煤气)/kg(钢)]、电耗[kW·h(电)/kg(钢)]、铁焦比[kg(铁)/kg(焦炭)]等指标进行计算比较。由于燃料消耗量与很多因素有关,如炉型、燃料种类、发热量、产品产量、过剩空气系数、燃料与空气的预热情况、金属预热情况、燃烧质量、排烟温度 and 操作制度等,所以燃料消耗的指标相差较大。但对炉子修理来说,因可以对修理前后的燃耗进行比较,其经济意义可立即显示出来。用单位金属热耗[kJ/kg(钢)]作为燃耗指标也是经常使用的。如一台室式烧煤锻造炉加热钢件,每班用 $Q_{\text{低}} = 27000\text{kJ/kg}$ 的烟煤300kg,加热锻件毛坯1200kg,则单位热耗为:

$$R = \frac{27000 \times 300}{1200} = 6750 \text{ kJ/kg(钢)}$$

产品的单位热耗为:

$$M = \frac{R}{Q_{\text{低}}} = \frac{6750}{27000} = 0.25 \text{ kg(煤)/kg(钢)}$$

上例单位煤耗因为煤的发热量各异,不能确切说明热效率,通常还有以发热量29308kJ/kg(煤)

的标准煤作为指标的。

$$\text{即: } M = \frac{6750}{29308} = 0.23 \text{ kg(标准煤)/kg(钢)}$$

作为单位标准煤耗。

因燃料发热量各异、以煤耗、气耗等单位不容易确切反映燃料利用对比,所以在工厂中以单位金属热耗来计算也经常使用的。这就很容易计算炉子的热效率,如已知上例中锻件的加热温度为1250℃,则每千克锻件的有效热为:

$$Q_{\text{有效}} = c_{\text{钢}} \Delta t \text{ kJ/kg(钢)}$$

式中 $c_{\text{钢}}$ ——钢材平均比热容。一般锻钢在1270℃时, $c_{\text{钢}} = 0.67 \sim 0.71 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$

Δt ——锻件由室温加热的温度差(℃)。

$$\text{则 } Q_{\text{有效}} = 0.696 \times 1250 = 870 \text{ kJ/kg(钢)}$$

上例的炉子热效率为:

$$\eta = \frac{Q_{\text{有效}}}{R} = \frac{870}{6750} = 13\%$$

各种燃料油的发热量都在42000kJ/kg(油)左右,焦炭发热量都在27000kJ/kg(焦炭)左右,电的热当量为3600kJ/(kW·h)。由于以上3种发热量比较固定,所以,油耗、铁焦比、电耗等3种指标亦经常使用。

(四) 燃料换算

因某种原因改用另一类燃料,需要重新验算燃料消耗量时;或者设计中采用某一计算参数,其依据的燃料条件改变、而需按新燃料条件重新核算

时,均需进行燃料换算。两类燃料之间的换算关系,与燃料的燃烧效率、燃料的热量利用率、燃料及燃烧所需空气量是否进行预热有直接关系。

1. 换算公式

不同类别、不同发热量的两种燃料,其消耗量之间的换算关系如下式:

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{(Q_{\text{理}} + q_{\text{w}})_1 \eta_1}{(Q_{\text{理}} + q_{\text{w}})_2 \eta_2}$$

式中 B_1 、 B_2 ——燃料1、2的消耗量[m³(kg)/h];

q_{w} ——燃料及空气预热后带入的热量[kJ/m³(kg)]

η_1 、 η_2 ——燃料1、2的热量利用率,

$$\eta = \frac{Q_{\text{理}} + q_{\text{w}} - (Q_{\text{y}} + Q_{\text{hj}})}{Q_{\text{理}}}$$

式中 Q_{y} ——离炉烟气带走的热量;

$$Q_{\text{y}} = V_{\text{g}} C_{\text{y}} t_{\text{y}} [\text{kJ/m}^3(\text{kg})];$$

V_{g} ——单位燃料的烟气体积[m³/m³(kg)];

t_{y} 、 C_{y} ——离炉烟气热容量及温度(℃);

Q_{hj} ——单位燃料的化学及机械不完全燃烧热损失;

对于煤气: $Q_{\text{hj}} = (0 \sim 0.01) Q_{\text{理}}$

对于燃料油: $Q_{\text{hj}} = (0.01 \sim 0.03) Q_{\text{理}}$

对于煤: $Q_{\text{hj}} = (0.05 \sim 0.1) Q_{\text{理}}$ 。

各种燃料的热量利用率列于表23-1-12。

2. 计算示例

例1 台车式热处理炉,炉底面积18m²,燃烧用 $Q_{\text{理}} = 5530 \text{ kJ/m}^3$ 发生炉煤气,煤气耗量 $B_1 = 1500$

表23-1-12 各种燃料的热量利用率

燃料名称	低发热量 [kJ/m ³ (kg)]	预热温度 (℃)	下列离炉烟气温度(℃)时的η值										物理热 q _w [kJ/m ³ (kg)]
			300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	
发生炉 煤气	5230	$t_{\text{h}} = 0$	0.84	0.78	0.73	0.67	0.61	0.55	0.49	0.43	0.37	0.31	0
		$t_{\text{h}} = 300$	0.93	0.87	0.81	0.76	0.7	0.64	0.58	0.52	0.45	0.39	427
		$t_{\text{h}} = t_{\text{w}} = 250$	0.98	0.92	0.86	0.81	0.75	0.69	0.63	0.57	0.5	0.44	695
	5530	$t_{\text{h}} = 0$	0.84	0.79	0.74	0.68	0.62	0.56	0.5	0.44	0.38	0.32	0
		$t_{\text{h}} = 300$	0.93	0.88	0.82	0.76	0.71	0.65	0.59	0.53	0.47	0.41	452
		$t_{\text{h}} = t_{\text{w}} = 250$	0.98	0.92	0.87	0.81	0.75	0.70	0.64	0.58	0.52	0.46	716
	6280	$t_{\text{h}} = 0$	0.85	0.80	0.75	0.70	0.64	0.59	0.53	0.48	0.42	0.36	0
		$t_{\text{h}} = 300$	0.94	0.89	0.84	0.78	0.73	0.67	0.62	0.56	0.51	0.45	532
		$t_{\text{h}} = t_{\text{w}} = 250$	0.98	0.93	0.88	0.82	0.77	0.71	0.66	0.60	0.55	0.49	779

(续)

燃料名称	低发热量 [$\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3(\text{kg})}$]	预热温度 ($^{\circ}\text{C}$)	下列离炉烟气温度 ($^{\circ}\text{C}$) 时的 η 值										物理热 $q_m[\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3(\text{kg})}]$
			300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	
混合煤气	7540	$t_k = 0$ $t_k = 300$	0.86 0.95	0.82 0.9	0.77 0.85	0.72 0.80	0.67 0.75	0.62 0.70	0.56 0.65	0.51 0.60	0.46 0.55	0.41 0.49	0 628
焦炉煤气	16750	$t_k = 0$ $t_k = 300$	0.87 0.97	0.83 0.93	0.78 0.89	0.74 0.84	0.69 0.79	0.64 0.74	0.59 0.70	0.54 0.65	0.50 0.60	0.45 0.55	0 1637
天然气	35600	$t_k = 0$ $t_k = 250$	0.87 0.97	0.82 0.92	0.78 0.87	0.73 0.83	0.68 0.78	0.63 0.73	0.58 0.68	0.53 0.63	0.48 0.58	0.43 0.53	0 3157
燃料油	40200	$t_k = 0$ $t_k = 250$	0.84 0.96	0.79 0.91	0.73 0.85	0.67 0.79	0.62 0.73	0.56 0.67	0.50 0.62	0.44 0.55	0.38 0.49	0.32 0.43	0 3400
煤	27210	$t_k = 0$ $t_k = 250$	0.87 0.96	0.82 0.91	0.77 0.87	0.73 0.82	0.68 0.77	0.63 0.72	0.58 0.67	0.53 0.62	0.48 0.57	0.42 0.52	0 2360

注: 1. t_k 、 t_w —空气及煤气的预热温度;

2. 空气过剩系数: 煤气 $\alpha = 1.05$; 油 $\alpha = 1.1$; 煤 $\alpha = 1.35$;

3. 化学及机械热损失: 煤气 $Q_{A_j} = 0$; 燃料油 $Q_{A_j} = 0.02Q_{\text{低}}$; 煤 $Q_{A_j} = 0.07Q_{\text{低}}$ 。

m^3/h , 改用 $Q_{2\text{低}} = 40200 \text{ kJ/kg}$ 燃料油时, 求油耗量 B_2 。

解 取离炉烟气温度为 900°C , 查表 23-1-12,

得 $\eta_1 = 0.5$, $\eta_2 = 0.5$

$$\begin{aligned}\text{则油耗量: } B_2 &= B_1 \times \frac{(Q_{1\text{低}} + q_{w1})\eta_1}{(Q_{2\text{低}} + q_{w2})\eta_2} \\ &= 1500 \times \frac{(5530 + 0)0.5}{(40200 + 0)0.5} \\ &= 206 \quad (\text{kg/h})\end{aligned}$$

例 2 同上例, 改用 $Q_{2\text{低}} = 6280 \text{ kJ/m}^3$ 发生炉煤气且空气煤气同时预热 250°C 时, 求煤气耗量 B_2 。

解 查表 23-1-12, 得 $\eta_2 = 0.66$, $q_w = 779 \text{ kJ/m}^3$

则煤气耗量:

$$B_2 = 1500 \times \frac{(5530 + 0)0.5}{(6280 + 779)0.66} = 890 \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

例 3 同例 1, 如改用 $Q_{\text{低}} = 27210 \text{ kJ/kg}$ 烟煤时, 求煤耗量。

解 查表 23-1-12, 得 $\eta_2 = 0.58$ 。

$$\begin{aligned}\text{则煤耗量: } B_2 &= 1500 \times \frac{(5530 + 0)0.5}{(27210 + 0)0.58} \\ &= 263 \quad (\text{kg/h})\end{aligned}$$

第 2 节 固体燃料燃烧装置

(一) 燃煤装置的类型和特性

燃煤装置按照燃烧方法来分类有: 薄煤层燃烧室、半煤气燃烧室、机械加煤往复活动炉排燃烧室与煤粉燃烧室等。按照炉篦结构来分有: 梁式炉条、蜂窝炉篦 (板式与阶梯式) 与水平活动炉篦等。

1. 薄煤层燃烧室

这是一种短火焰操作的普通燃烧室 (图 23-2-1), 其特点是燃烧完全、操作简单, 热负荷分布不均匀, 提高产量时, 加热质量不良。煤层厚度一般在 $100 \sim 150 \text{ mm}$, 燃烧室采用梁式炉条, 也有采用板式蜂窝炉篦的。炉条下除灰, 大多数为水封除渣结构, 水封高度通常为 $120 \sim 180 \text{ mm}$ 。炉篦下的鼓风压力为 $1000 \sim 1500 \text{ Pa}$ 。

2. 半煤气燃烧室

实际上属于厚煤层燃烧室, 只是把加煤门的门坎提高, 因而煤层厚度可增至 $300 \sim 400 \text{ mm}$ 或者更厚 (图 23-2-2)。其特点是火焰长, 热量分布较均匀, 波动小, 加热质量好, 但调整燃料时燃烧较差。厚煤层操作时供给一次空气量不足的, 需要供给

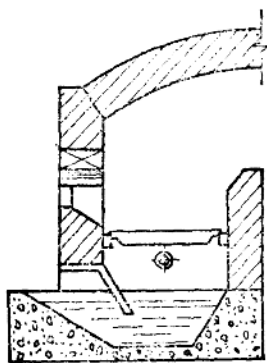


图23-2-1 薄煤层燃烧室

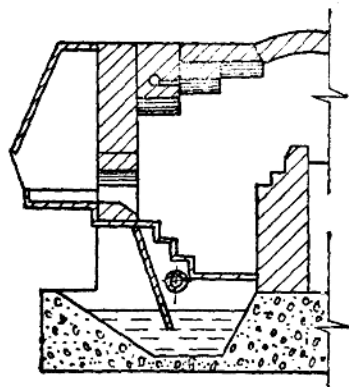


图23-2-2 半煤气燃烧室

二次空气。二次空气占总空气量的15%~25%，二次空气要预热并分成细流股送入。半煤气燃烧室的炉篦，一般采用阶梯式蜂窝炉篦较好。

3. 煤气化燃烧室

它的结构原理是一个简易的煤气发生炉（图23-2-3）。其特点是简易煤气发生炉与炉膛分开，由于它装置简单，大多数是手工操作。煤是一次投入发生炉中，煤层厚度有的为400~600mm，有的为600~900mm，有的甚至达1000mm。煤在发生室内从正常气化产生煤气时始，经过燃料层逐渐被烧穿，最后直至残留的碳燃烧终了时止，往往需要5~6h。

4. 机械加煤往复活动炉排燃烧室

这种燃烧室的送煤机构主要由

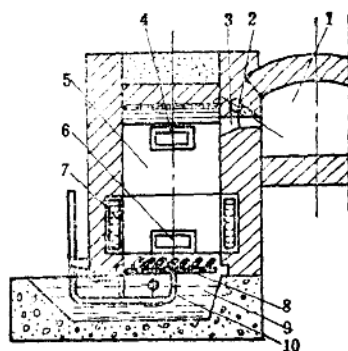


图23-2-3 简易煤气炉示意图

1—加热室 2—二次风管 3—煤气输出口 4—加煤门 5—煤气发生室 6—消渣门 7—水套 8—煤气发生室炉篦 9—水封灰池 10—一次风管

水平炉排、固定炉排、活动炉排和液压缸组成。其中活动炉排又分推煤炉排和推渣炉排两种，分别由两个液压缸推动。固定炉排和活动炉排是交错布置。当煤从煤斗落下后，由活动炉排向前推进。煤的燃烧过程可分成3个区域，即煤的预热干馏区，燃烧区和煤渣余燃区，但是，3个区并没有严格的界限。煤的预热干馏过程，是煤从煤斗被推到第4块炉排时止。这几块炉排未开风眼，由于燃烧室内高温辐射，煤被预热，水分开始蒸发，挥发分开始析出，煤的燃烧过程主要在1至4块炉排上进行。未烧尽的煤和渣被推到水平炉排上，煤继续燃烧，渣最后被推渣炉排推入水池中（图23-5-4）。

机械加煤往复活动炉排代替了人工加煤，减轻了

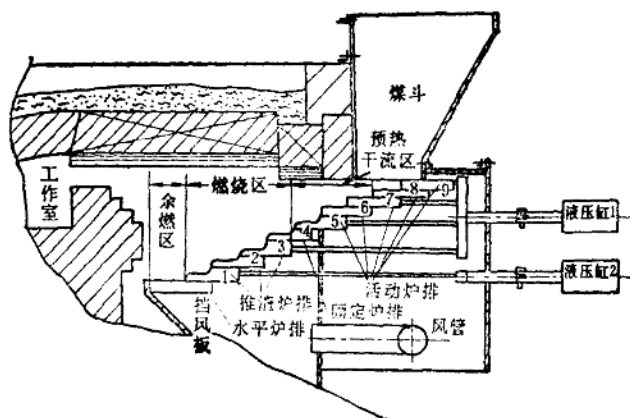


图23-2-4 机械加煤往复活动炉排燃烧室

劳动强度，烟囱、炉门不再冒黑烟，对保护环境卫生、消烟除尘有显著改善。由于送煤均匀、稳定，既保证了加热质量，比人工加煤的炉子可节约煤炭约15%~20%。

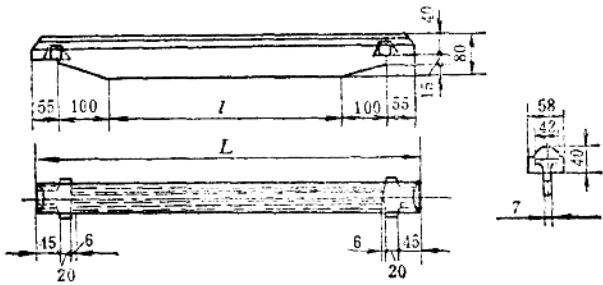
机械加煤往复式炉排占地面积大，活动炉排的使用寿命短。

(二) 炉篦类型和易损零部件

1. 梁式炉条

这种炉条用来组成水平炉篦，其通风面积占炉篦面积15%~30%。梁式炉条和炉条捆铁的尺寸分别列于表23-2-1~表23-2-2。

表23-2-1 梁式炉条尺寸



序号	L	l	材料
1	454	144	HT150
2	570	260	HT150
3	686	376	HT150
4	744	434	HT150
5	802	492	HT150
6	860	550	HT150
7	918	608	HT150
8	976	666	HT150
9	1034	724	HT150
10	1150	840	HT150

2. 蜂窝炉篦 (板式与阶梯式)

这是目前使用较多的一种，它的优点是煤的机械不完全燃烧损失小，清渣除灰方便，使用效果较好。缺点是更换炉篦比梁式炉条困难。蜂窝炉篦有两种：①板式蜂窝炉篦 (图23-2-5) 的出风口面积占炉篦总面积约15%，阶梯蜂窝炉篦的出风口面积占炉篦总面积约12%。一般只在垂直面上留一排出口，大燃烧室留两排；②阶梯式蜂窝炉篦的水平部分可以做成翻板式结构 (图23-2-6)，便于清灰渣。

3. 水平活动炉篦

它是由左右固定部分炉篦组成的，活动炉篦通

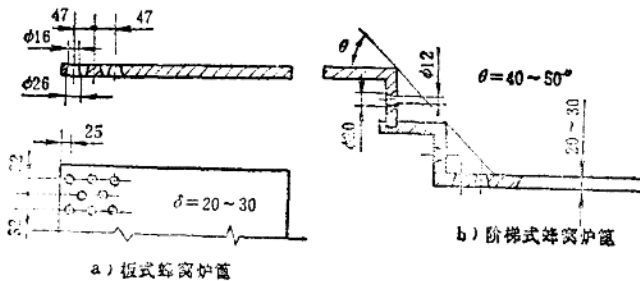
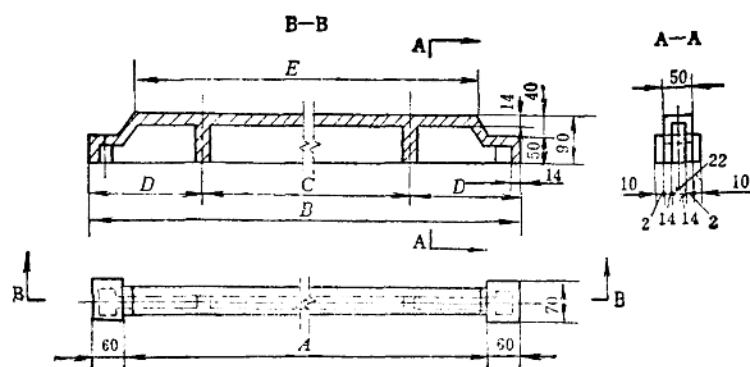


图23-2-5 蜂窝炉篦

表23-2-2 炉条架铁的尺寸



序号	A	B	C	D	E	材 料
1	464	584	140×2=280	152	444	HT150
2	580	700	175×2=350	175	560	HT150
3	696	816	200×2=400	208	676	HT150
4	812	932	230×2=460	236	792	HT150
5	928	1048	200×3=600	224	908	HT150
6	1044	1164	230×3=690	237	1024	HT150
7	1160	1280	210×4=840	220	1140	HT150
8	1276	1396	230×4=920	238	1256	HT150
9	1392	1512	210×5=1050	231	1372	HT150
10	1508	1628	230×5=1150	239	1488	HT150

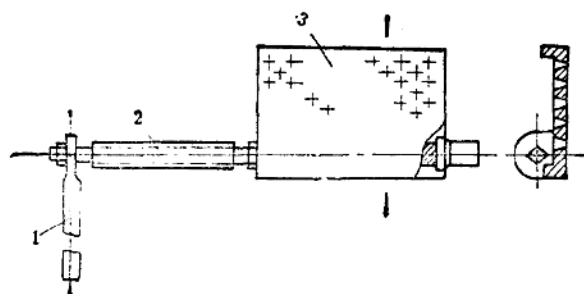


图23-2-5 炉条翻板

1—拉杆 2—套管 3—水平炉管

过两端轴套支撑并转动（图23-2-7）。水平活动炉篦可用于锻造加热炉上。

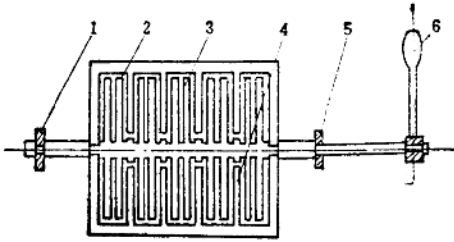


图23-2-7 水平活动炉篦

1—后轴套 2—左固定炉排 3—活动主炉排
4—右固定炉排 5—前轴套 6—拉手柄

（三）煤粉燃烧装置的特性

煤的粉状燃烧是在块状燃烧基础上的一个新发展，粉状燃烧是把煤粉与空气一起用特制的机械装置（粉煤机）和烧嘴吹入燃烧室或炉膛中，煤粉能象液体和气体燃料那样很快着火燃烧。例如锻工加热炉的旋风式燃烧室是一个圆弧平底形的炉膛，砌筑于加热室的侧旁，如图23-2-8。喷粉嘴装置以 27° 的倾斜角由下部吹入旋风燃烧室，与二次风一起混合燃烧，在燃烧室内造成一个旋转的动力场。煤粉在燃烧室内高温下不断旋转而燃烧，促使其充分燃尽。燃尽后的热量，通过反火口射入加热室内。

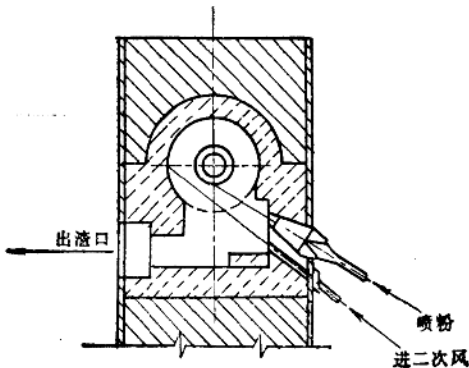


图23-2-8 旋风式燃烧室

煤的粉状燃烧与块状燃烧相比具有下列的特点：

1) 对燃料的适应性较强，能燃用各种劣质煤；燃烧稳定，炉膛温度比较均匀；易于控制和调

节，操作方便；金属烧损少，加热质量好；

2) 煤粉能在最少量的空气过剩系数中快速燃烧，这样就能保证在燃烧过程中得到高温，燃烧温度高达 1800°C ；

3) 燃料的热能利用率高，燃烧比较完全，升温快，生产效率高，降低了燃料消耗量；

4) 容易实现加煤机械化，减轻劳动强度。

但是，煤粉炉也有其缺点，如煤粉炉灰多，在燃烧室和加热室内有积灰，对加热质量受到一定程度的影响。同时，由于煤粉粒微细，易于飞扬，使车间内煤灰弥漫，恶化了环境卫生。另外需要有一套制造煤粉的机械设备，因此，对煤粉炉的普遍推广，使用与发展，受到一定的影响。

（四）安装与维修

煤炉燃烧室的组成包括：加煤炉门、炉门升降机构、炉篦、燃烧室炉墙、炉顶、风管与水封板等。其砌筑与安装根据施工图的设计尺寸进行。

1. 炉门升降机构的安装

炉门升降机构安装的要点如下（图23-2-9），

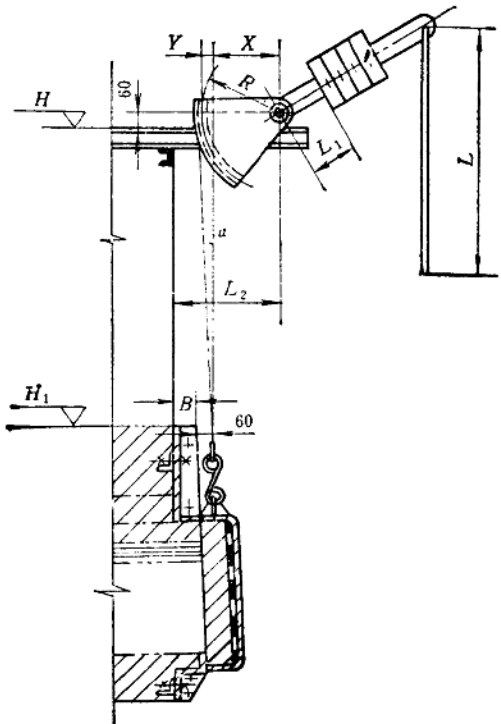


图23-2-9 炉门升降机构

- 1) 炉门上升倾斜角 $\alpha=2^{\circ}30'$;
- 2) H 高度不得低于 2700mm, 具体尺寸在炉架安装时决定;
- 3) 平衡锤安装尺寸 L_1 根据 炉门重量由现场安装时调整决定;
- 4) 扇形轮中心离炉墙外缘距离 L_2 见炉架安装图;
- 5) 拉杆长 L 尺寸根据 H 高度选用;
- 6) 扇形轮中心离炉墙外缘距离 L_2 的计算 (图 23-2-9)。

已知: $\alpha=2^{\circ}30'$ $x=R-y$ $y=[H-H_1+60]\text{tg}2^{\circ}30'$

则 $L_2=x+60+B=(R-y)+60+B=R-[H-H_1+60]\text{tg}2^{\circ}30'+60+B$

2. 风管安装

为了保证燃烧室炉篦下的风压, 风管伸进炉墙部分的空洞, 在风管放进去以后, 要用耐火泥封严堵牢。另外从鼓风机接到燃烧室炉篦下的管路系统, 要尽力做到少拐弯, 非拐弯不可的地方, 要做到圆滑过渡。

3. 燃烧室的维修

燃煤炉子的最高温度区域是在燃烧室, 因此燃烧室最易损坏, 炉子维修工作的好坏, 常以燃烧室的检修周期来进行考核。有的工厂由于炉子产量不断提高, 燃烧室进行强化操作, 这样使炉内热负荷加大, 因而严重地缩短了检修周期。燃烧室的寿命, 加热炉一般在 1~1.5 年, 热处理炉在 2 年左右, 干燥炉在 2 年以上。燃烧室寿命最低的部位是炉顶, 炉顶损坏的原因有以下几个方面: 一是砌筑质量差; 二是砖缝太大, 经受不住高温火焰的冲刷和侵蚀; 三是耐火材料的质量差。燃烧室的维修范围分为小修、中修和大修。

(1) 小修的范围 包括炉衬砖的掉落, 拆换燃烧室的拱顶; 炉篦与炉篦架铁的更换。

(2) 中修的范围 包括燃烧室靠炉篦周围的炉墙; 拆换燃烧室的拱顶; 炉篦与炉篦架铁的更换。

(3) 大修的范围 包括全部拆掉燃烧室的炉墙; 拆换燃烧室的拱顶; 更换炉篦和炉篦架铁 50% 以上。

(4) 双层炉门排烟拱的砌筑 燃煤锻造加热炉的双层炉门拱是进出料门不冒烟喷火的排烟结构, 也有用在热处理炉上的, 其砌砖图如图 23-2-10。砌筑要点, 外炉门 H_1 低于内炉门 H_2 , 一般压下一块横砖, 厚 116mm, 扩散室 (中间拱环) H 的高度愈大愈好。

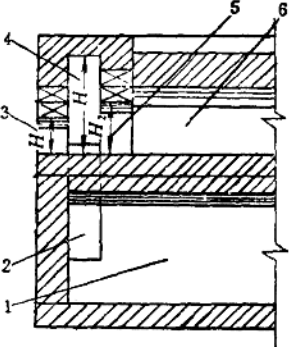


图 23-2-10 双层炉门拱排烟结构
1—炉下烟道 2—排烟道 3—外炉门 4—扩散室 5—内炉门 6—加热室

双层炉门拱排烟结构通常用在加热炉、热处理炉和推杆式连续炉。

4. 常见故障分析

固体燃料燃烧装置的常见故障分析列于表 23-2-3。

表 23-2-3 固体燃料燃烧装置的常见故障分析

序号	易损部位	故障现象	产生原因	排除方法
1	燃烧室拱顶	拱环间裂缝冒火	1. 砌筑质量差, 耐火砖尺寸不规整。拱环计算有误差, 砌筑用砖号不全 2. 使用前烘炉升温速度太快	1. 每砌一环砖, 先对好尺寸, 摆好并编成号, 然后拿下来抹泥再砌 2. 严格遵守砌筑质量和烘炉等制度规定
		拱顶砖脱落	1. 燃烧室垮度两侧墙的立柱, 所选型钢强度不够 2. 拱脚砖向外移动	1. 增加立柱型钢的强度 2. 拱脚砖砌到墙里边, 不能暴露外

序号	易损部位	故障现象	产生原因	排除方法
1	燃烧室拱顶	拱顶砖脱落	3.拱顶砖被烧损, 砖的耐火度不够	面被火焰烧损 3.拱顶砌砖用一级耐火粘土砖
2	燃烧室炉墙	炉墙靠近炉底处结渣	砌筑炉墙砖的耐火度不够, 被烧熔了和炉渣粘结在一起	易结渣部位做成水套结构

第3节 油 嘴

(一) 常用油嘴的类型和特性

现在工业炉上常用的油嘴有K型、C型、R型、RC型、RK型、F型、QRF型低压油嘴及转杯式机械雾化油嘴等。它们的特性、应用范围见表23-3-1。

1. K型低压油嘴

这种油嘴的结构特点是: 空气通过带有角度的叶片喷头, 呈切线方向喷出, 产生强有力的旋转涡流。当与油股相遇时, 油股被打散, 以达到较好的雾化效果。头部带有锥度的控油针, 可通过收缩的孔孔调节油量大小, 并可在油嘴不停止工作的情

况下排除油嘴喷头堵塞与结焦现象。因而具有结构简单、调节容易、拆卸与维修方便和漏油少的特点。它适用于小型锻造炉, 油嘴结构及其装配尺寸列于表23-3-2。

2. C型低压油嘴

当移动风柄改变风出口处截面积, 达到调节风量; 油量调节是通过带有V形槽的控油杆前后移动而实现的。这种油嘴结构简单, 便于拆装及维修, 但存在漏油严重、雾化质量较差、容易结焦堵塞等缺点。它适用于大型加热炉和锻造用炉。油嘴结构及其装配尺寸见表23-3-3。

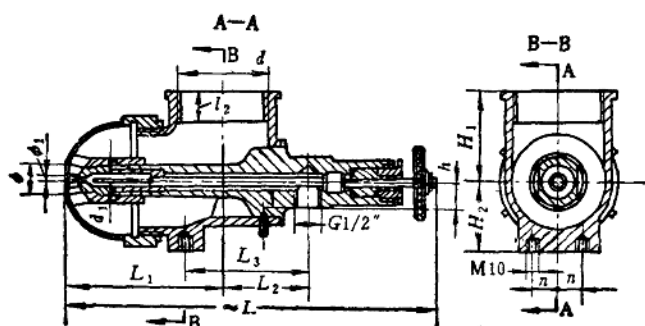
3. R型低压油嘴

它具有三次空气雾化, 风与油是按比例调节的, 采用内回油, 以保证嘴内油温与油量稳定。风量的调节是靠改变二次、三次风出口截面来实现,

表23-3-1 工业炉常用油嘴的性能

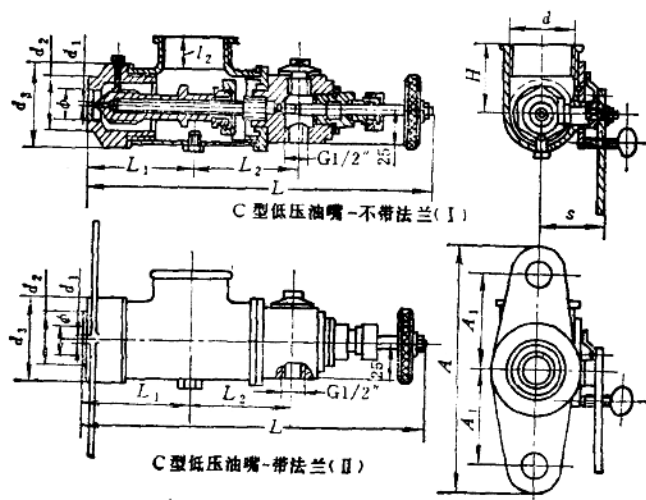
序号	特 性	低 压 油 嘴	转杯式机械化油嘴
1	工作原理	风压在 10kPa 以下的空气为雾化剂, 使燃料油雾化	油随着高速旋转运动在离心力的作用下, 使燃料油雾化
2	油压力 (kPa)	49~400	30~150
3	燃油量 (kg/h)	4~200	50~500
4	要求油粘度 ($\sim 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$)	24~36	15~58
5	调节比	1:5	1:4
6	空气过剩系数	1.1~1.15	1.1~1.2
7	雾化剂出口速度 (m/s)	50~80	—
8	雾化剂消耗量	75%~100%的理论空气量	—
9	空气最高温度 (°C)	500	—
10	雾化及燃烧性能	雾化质量好, 能使空气全部参加雾化、火焰短	雾化质量好, 扩张角较大, 火焰短而宽, 易于控制
11	油嘴结构	较简单	较复杂
12	助燃空气供给方式	较简单	较复杂
13	能量消耗量及经常费用	较低	较少
14	应用范围	加热炉、热处理炉、熔炼炉	热处理炉, 特适用单台工业炉

表23-3-2 K型油嘴结构和装配尺寸



d	ϕ	ϕ_1	d_1	$\sim L$	L_1	L_2	L_3	h	H_1	H_2	l_1	l_2	n
$2\frac{1}{2}"$	26	3 3.5	12	297	127	69	99	20	72	55	12.5	27	20
	32			299	129								
	35			301	131								
$4"$	42	4	17	359	167	83	113	42	100	80	32	36	25
	50			362	170								
	56			366	174								
$6"$	64	4	20	442	212	120	160	62	140	115	51	42	40
	73			446	217								
	86			453	223								

表23-3-3 C型油嘴结构及其装配尺寸



类别	d	ϕ	d_1	d_2	d_3	S	H	l_1	l_2	A	A_1	L	L_1	L_2
I U	1 $\frac{1}{2}$ "	21	25	40	63	48	52	14	22	— 180	— 70	260 260	80 80	80 80
I H I H	2 $\frac{1}{2}$ "	30	3	75	95	72	72		27	— 250 —	— 100 —	326 334 326	120 128 120	102 102 102
		40	3	75	95	72	72			— 250	— 100	326 334	120 128	102 102
I H I H	4"	52	4	110	135	92	100		36	— 280 —	— 110 —	405 413 405	165 173 165	136 136 136
		60	4	110	135	92	100			— 280	— 110	405 413	165 173	136 136
I H	5"	75	5	110	155	110	125		38	— 280	— 110	485 493	205 213	176 176
I H	6"	95	5	150	190	126	150		42	— 360	— 140	535 550	230 245	201 201

二次风是切线方向引进，呈旋流状态喷出，三次风与油雾相遇夹角大，冲击和破碎作用强，雾化效果好。油量调节是靠油出口处带有V形眉毛槽的旋塞实现，由于风柄转动也使旋塞转动，从而改变V形眉毛槽的截面积以达到调节油量大小。

这种油嘴雾化质量好，调节范围宽，密封性好，漏油现象少，风量与油量成比例，并可实现自动控制。但油嘴结构复杂，零件加工精度要求高，加工困难，拆卸与维修较难，易于堵塞。它适用于要求较高的热处理炉和无氧化加热炉。它的结构见图23-3-1。

4. RC型低压油嘴

这种油嘴（图23-3-2）与RK型油嘴基本相同，所不同的是将控油针改成C型油嘴带有V形槽控油针。其结构特点和应用范围同RK型油嘴。

5. RK型低压油嘴

它是目前油和空气混合形式较好，雾化质量较为理想的一种燃烧器，这种喷嘴结构简单、使用、维护均很方便。

RK型油嘴是吸取R型油嘴三级雾化的风量调节结构和K型油嘴的油量调节结构而制成的，既改进了K型油嘴一级雾化的缺陷，也简化了R型油嘴结构复杂的缺点。油量调节是通过旋转锥形把手，带动控油杆前后移动，相应改变了喷油孔面积而达到调节油量的目的。空气量调节是通过转动调风轮，在螺旋槽和导向螺钉作用下

下使空气喷头前后移动，相应改变了二次风和三次风喷出口面积，从而达到调节空气分配量的目的。一次风量的变化是微小的。

RK型油嘴结构较简单，使用效果良好，但不能实现油、空气的按比例调节。油嘴结构和尺寸见表23-3-4，其性能列于表23-3-5。

6. F型自动比例调节燃油喷嘴

F型系列油压自动比例调节低压燃油喷嘴，系我国自行设计和制造的一种新型燃油喷嘴。它吸取了国内外各种喷嘴的优点，同时创造性地运用油压

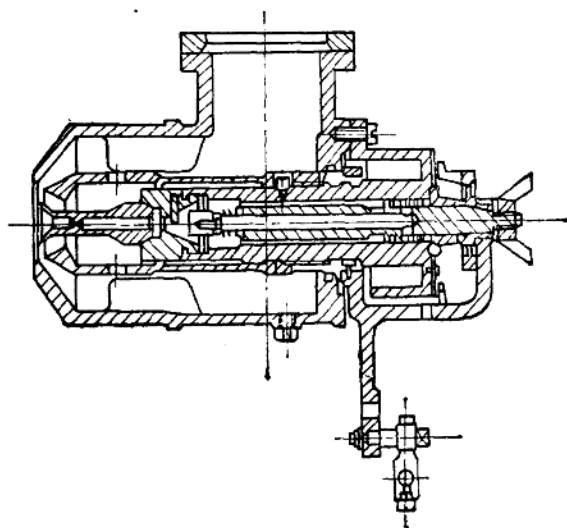


图23-3-1 R型油嘴结构