

实用热能管理计算图表集

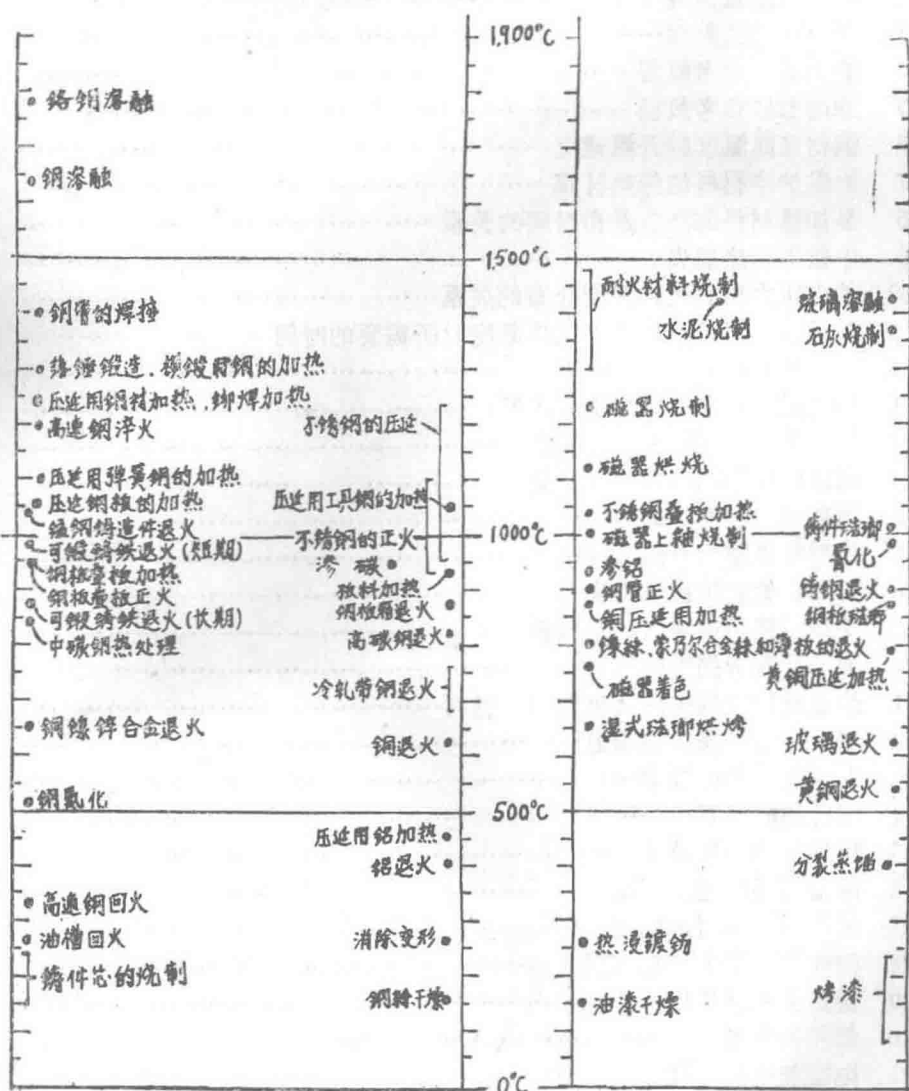
(下册)

第八章 窑 炉 (包括电炉)

8—1	炉内温度的标准值	(216)
8—2	工业炉热量消耗基准	(217)
8—3	间隙炉的热效率	(219)
8—4	炉子设计参考数据	(220)
8—5	炉内加热参考数据	(221)
8—6	钢材表面温度的升温速度	(222)
8—7	恒温炉中材料的传热计算	(223)
8—8	被加热材料的温度差和时间的关系	(224)
8—9	炉壁的传热损失	(225)
8—10	炉内压力和耐火砖温度分布的关系	(227)
8—11	炉子从冷却状态加热至工作温度时所需要的时间	(228)
8—12	炉壁的散热量	(229)
8—13	轻型耐火砖炉壁的恒定放热量	(230)
8—14	炉底散热量计算 (恒定状态)	(231)
8—15	间歇操作炉的散热损失计算	(232)
8—16	间歇操作炉的冷却	(233)
8—17	轻型砖炉壁的升温时间	(234)
8—18	周期炉炉壁砖蓄热损失	(235)
8—19	从炉门缝隙中潜入的空气量	(236)
8—20	炉子开孔所损失的热量	(237)
8—21	炉壁及排气损失降低可节约的燃料	(238)
8—22	连续推出炉操作基准值	(239)
8—23	钢板加热炉的效率	(240)
8—24	回转炉的计算	(241)
8—25	热风炉的加热效率	(242)
8—26	保温材料经济厚度	(243)
8—27	保温材料的耐热厚度	(244)
8—28	钢在加热炉中的烧损量	(245)
8—29	蓄热室的总传热系数	(246)
8—30	低频炉参考值	(247)
8—31	电阻丝直径的计算	(248)
8—32	电阻丝长度的计算	(249)
8—33	电弧炉参考值	(250)
8—34	碳化炉、铁合金电弧炉的特性	(251)
8—35	高频加热参考值 (1)	(252)
8—36	高频加热参考值 (2)	(253)

8—1

炉 内 温 度 的 标 准 值



8—2

工业炉热量消耗基准值

加 热 目 的	加热温度℃	加 热 条 件	热消耗量 kcal/t	
			平 均	最低记录
钢 压 延	1,175~1,240	冷态装入,连续,无热回收	620,000	450,000
"	1,175~1,240	热态装入, " "	500,000	390,000
"	1,175~1,240	连续,同流换热器	450,000	280,000
"	1,175~1,240	连续,安装蓄热室	460,000	310,000
"	1,175~1,240	一端进出,无热回收	1,230,000	620,000
"	1,230	一端进出,安装蓄热室	870,000	450,000
"	1,150~1,280	回转型,蓄热或换热	530,000	390,000
"	1,175~1,240	均热炉,冷态装入	220,000	93,000
"	1,175~1,240	均热炉,热态装入	1,070,000	780,000
不锈钢压延	1,315	一端进出,安装换热器	1,180,000	950,000
钢 锻 造	1,175~1,240	一端进出,无热回收	1,960,000	700,000
"	1,175~1,240	一端进出,安装换热器	1,260,000	560,000
"	1,175~1,240	回转炉床	840,000	730,000
"	1,175~1,240	连 续	790,000	
φ1,500mm钢锭 锻 造		间歇型,14小时加热	6,500,000	
钢落锤锻造	1,150~1,370	一端进出,无热回收	2,240,000	1,400,000
"	1,150~1,370	一端进出,安装换热器	1,260,000	790,000
制管钢板焊接	1,370	一端进出,安装蓄热室	1,400,000	730,000
铸钢退火		台车型	840,000	500,000
钢 退 火		连续,对流	420,000	280,000*
钢 板 退 火		箱式退火	1,400,000	1,070,000+
	700	外壳薄砖,箱式退火	620,000	
镀锡卷材退火	700	外盖薄耐火砖	270,000	
钢 板 退 火	815	连续,安装滚筒	530,000	280,000
钢 丝 退 火		坩埚炉	1,180,000	480,000
		连 续	1,120,000	340,000
盐浴钢丝淬火	钢 丝	连续,包括铅浴	1,600,000	
压 延	钢 (815℃)	薄板炉和线材炉	1,200,000	

8—2

工业炉热量消耗基准值 (2)

(续表)

加 热 目 的	处 理 物 质 (温度)	加 热 条 件	热消耗量 kcal/t 成品	
			平 均	最低记录
正 火	(汽车车体)钢板	各种炉	950,000	500,00,‡
"	不锈钢钢板	连 续	1,400,000	‡
"	钢 管	连 续	790,000	340,000§
淬 火	钢	间歇炉	730,000	
"	"	连 续	390,000	
拉深或回火	"	间 歇	420,000	170,000
		连 续	250,000	
箱 内 渗 碳	"	间歇炉	2,240,000	
		连续、逆向	1,070,000	560,000×
上 珐 琅	钢	马沸炉、间歇型	2,520,000	2,240,000**
"	钢	连 续	1,260,000	++
"	钢 精	连 续	930,000	++
压 延	黄 铜	连续挤压式	250,000	200,000
"	铜	"	310,000	250,000
退 火	黄 铜	间歇式	390,000	310,000
"	"	电动滚柱炉底		84,000‡‡
"	铜	箱式退火(辉光)	1,540,000	
"	"	退 火	252,000	
镀 锡	镀 锡 板	热浸处理	240,000	
烧 固	水泥熔渣		1,100,000	850,000

〔注〕

* 钢和托盘之比 = 2:1

+ 薄板和(箱体+盖)之比 = 1:1

‡ 薄板和导架之比 = 1:1

§ 无容器,在倾斜炉床上滚翻

|| 钢和(渗碳剂+容器)之比 1:2

× 钢和(渗碳剂+容器)之比 1:1.5

** 成品和工具之比 1:3

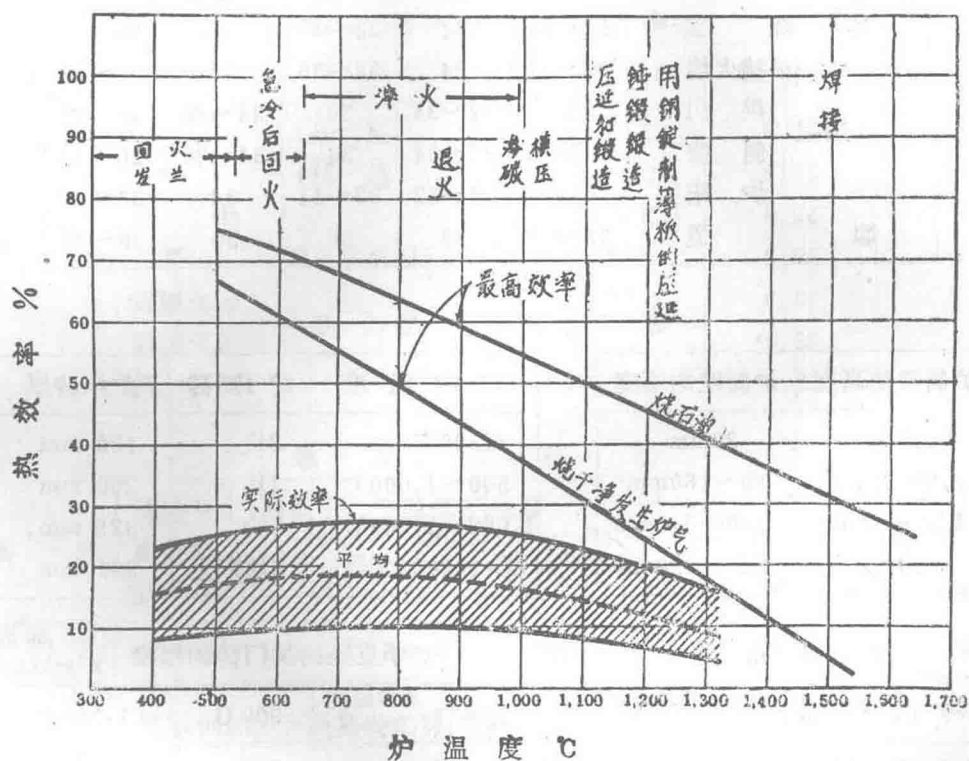
++ 成品和工具之比 1:1

‡‡ 黄铜和铜的重量比 10:1

8—3

间 歇 炉 的 热 效 率

(参考值)



[注]最高效率是按照排气温度比工件高28℃来求得的,所以几乎是直线。

炉用耐火砖的SK(塞格锥)

炉温℃		<700	700~ 1,000	1,000~ 1,250	1,250~ 1,450	>1,450
炉子部位						
燃 烧 室		32~34	34	34~36	36	36~38
加 热 室	挡火墙	32~34	34	34~36	36	36~38
	拱 门	32	32~34	34	34~36	36~38
	侧 壁	32	32~34	34	34~36	36~38
	炉 床	30	30~32	32~34	34	34~36
烟 道		23~30	30	30	30	30~32

耐 火 砖 厚 度

炉侧壁的高度	炉侧壁的厚度
<1.0m	80mm
1.0~2.5m	80~160mm
2.5~4.0m	160~240mm
>4.0m	240~320mm

炉 内 温 度	炉 床 砖	炉床砖厚
<500℃	2块	130 mm
500~1,000℃	4块	260 mm
1,000~1,200℃	5块	325 mm
>1,200℃	6块以上	390 mm

拱 门 曲 率

砖 的 收 缩	拱门曲率半径 炉子直径
无 收 缩 砖	0.9~1.0
收缩小的高级熟料	0.8~0.9
收缩小的一般熟料	0.7~0.8

炉子直径的拱门砖的厚度

厚度	炉内温度	
	900℃	1,300℃
105 mm	<1.4mm	<1.0mm
215 mm	<4.0mm	<3.2mm
320 mm	<5.6mm	<5.0mm
430 mm	<6.5mm	<6.5mm

膨胀接缝的间隙尺寸

砖 的 种 类	间隙尺寸 (mm/m)	砖 的 种 类	间隙尺寸 (mm/m)
熟 料 砖	5~7	硅 砖 (机制)	15
高氧化铝(50%)砖	5~7	氧 化 镁 砖	19
高氧化铝(>60%)砖	7~10	铬 砖	12
硅 砖 (手工)	10~15		

8—5

炉 内 加 热 参 考 数 据

炉 内 对 流 传 热 的 比 例

炉 温 范 围	低	中	高
对 流 传 热 比 例 %	90	40	10

常 用 炉 壁 材 料 的 辐 射 率

	温 度 $^{\circ}\text{C}$	辐 射 率
铝 (压 延)	$< 480^{\circ}\text{C}$	0.07
铝 (铸 造)	$< 480^{\circ}\text{C}$	0.25
黄 铜	$< 260^{\circ}\text{C}$	0.04
铜 (清 净 平 滑 面)	27°C	0.03
新 耐 火 砖	$< 1,000^{\circ}\text{C}$	0.80
旧 耐 火 砖	"	0.85
锈 钢	$< 1,030^{\circ}\text{C}$	0.85

燃 烧 辐 热 率

条 件	冷空气 粗燃料 混合不均	气温低于 260 $^{\circ}\text{C}$ 粗 燃 料 混合不大均	气温低于 260 $^{\circ}\text{C}$ 微 细 燃 料 混合不均	气温 260~540 $^{\circ}\text{C}$ 极 微 细 燃 料 混合非常均匀	气温 540 $^{\circ}\text{C}$ 极 微 细 燃 料 完全混合或 很多小燃烧器	空气与燃料 预先混合 炉内炽热燃烧
辐 热 率 $\text{kcal/m}^3\text{h}$	48,000	192,000	320,000	580,000	1,050,000	16,000,000

低 碳 钢 加 热 至 所 需 要 的 时 间 及 其 材 料 表 面 与 中 心 的 温 度 差

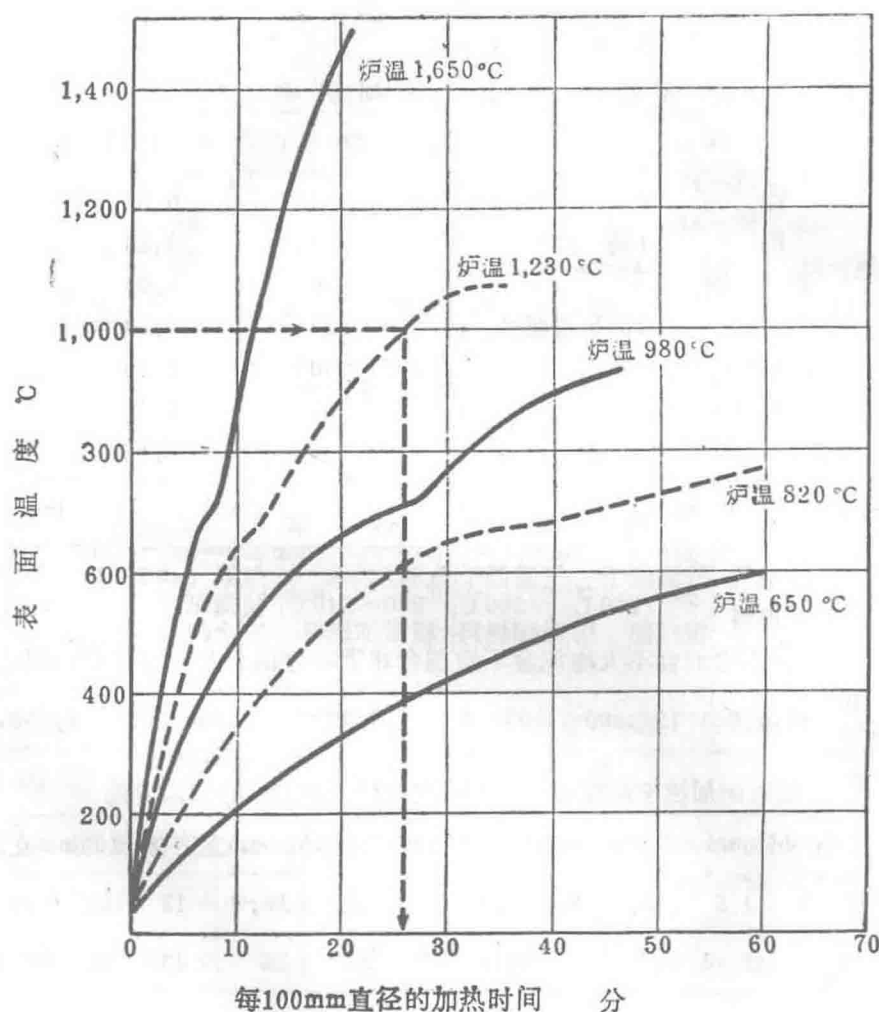
材料的大小	$\phi 50\text{mm}$	$\phi 63\text{mm}$	$\phi 75\text{mm}$	63mm立方体	88mm立方体	100mm立方体
需要时间(分)	4.5	5.5	8.5 15.5	7 12.5	10.5 12	13.5 15.5 19.5
温度差($^{\circ}\text{C}$)	45	56	53 32	42 24	56 43	80 47 31

加 热 钢 锭 整 个 表 面 所 需 要 的 时 间 (概 略 值)

初始状态	钢 锭 重 量 (ton)	钢 材 种 类	需要时间(h)
冷	3	低 碳 钢	5.5
冷	6	"	11
热	3	"	1
冷	3	合 金	8
热	3	"	2

8—6

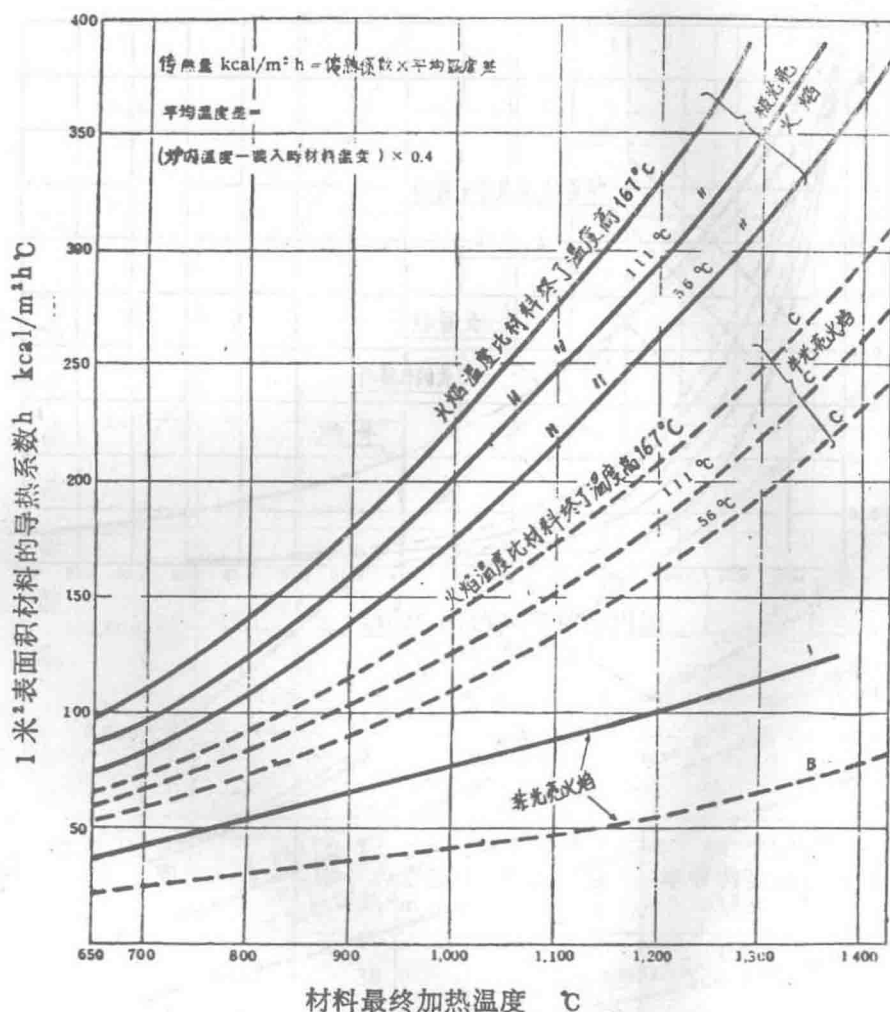
钢材表面温度的升温速度



〔注〕 本图适用于炉壁内面积较小，在半光亮火焰炉内加热厚钢材的情况。

〔例〕 炉温1,230℃，直径150mm钢材表面温度上升至1000℃所需的加热时间为

$$26 \times \frac{150}{100} = 39 \text{ 分}$$



曲线A：可燃气在材料周围充分循环，火焰或气体层的厚度平均为600mm，砖和金属表面之比为1.2时。

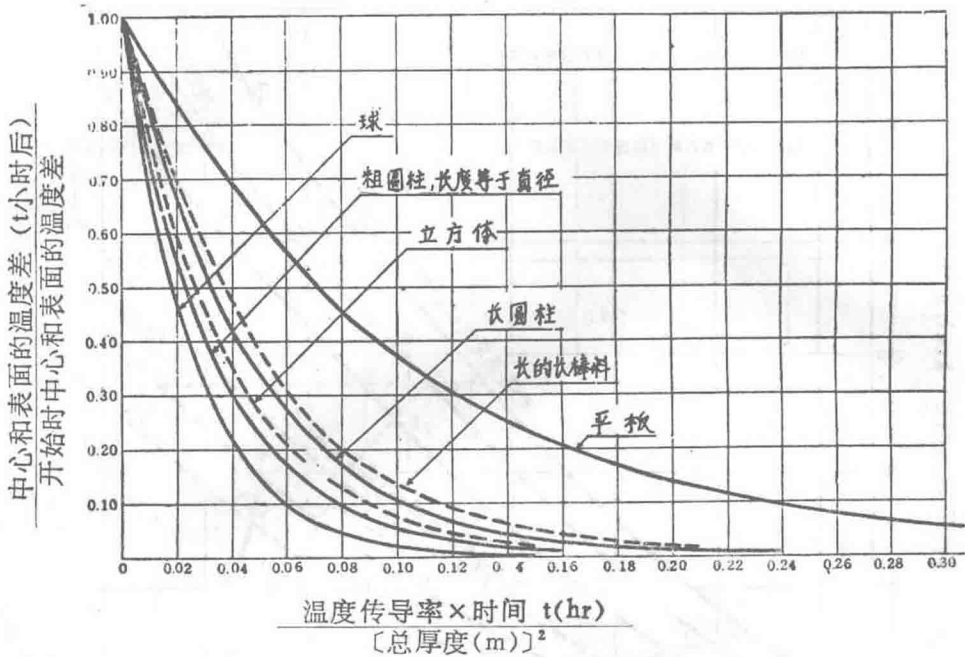
曲线B：火焰或气体层的厚度为200mm，其它同A。

曲线C：砖表面和金属表面之比为1.2。

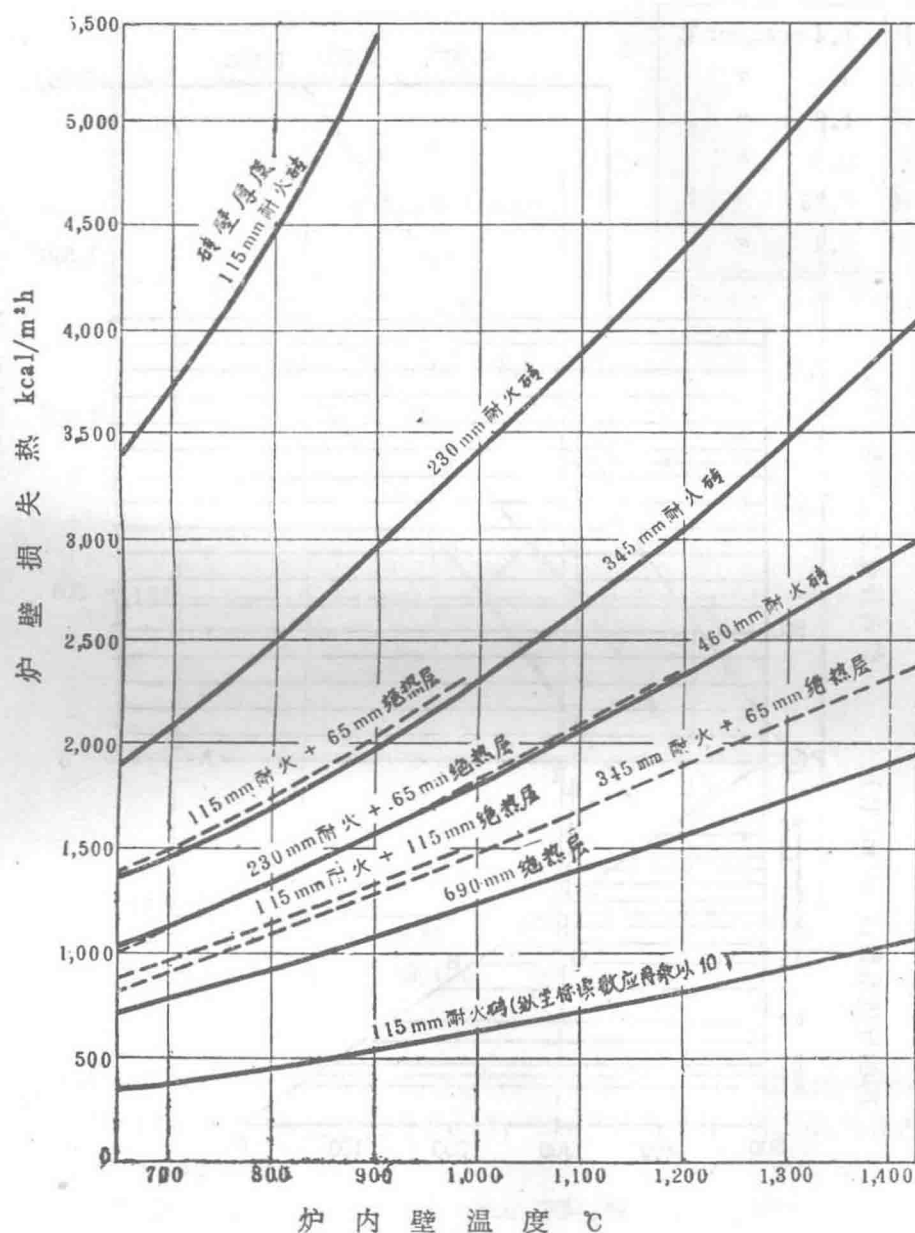
铜、黄铜和铝的传热系数为其0.47倍。

8—8

被加热材料的温度和时间 的关系



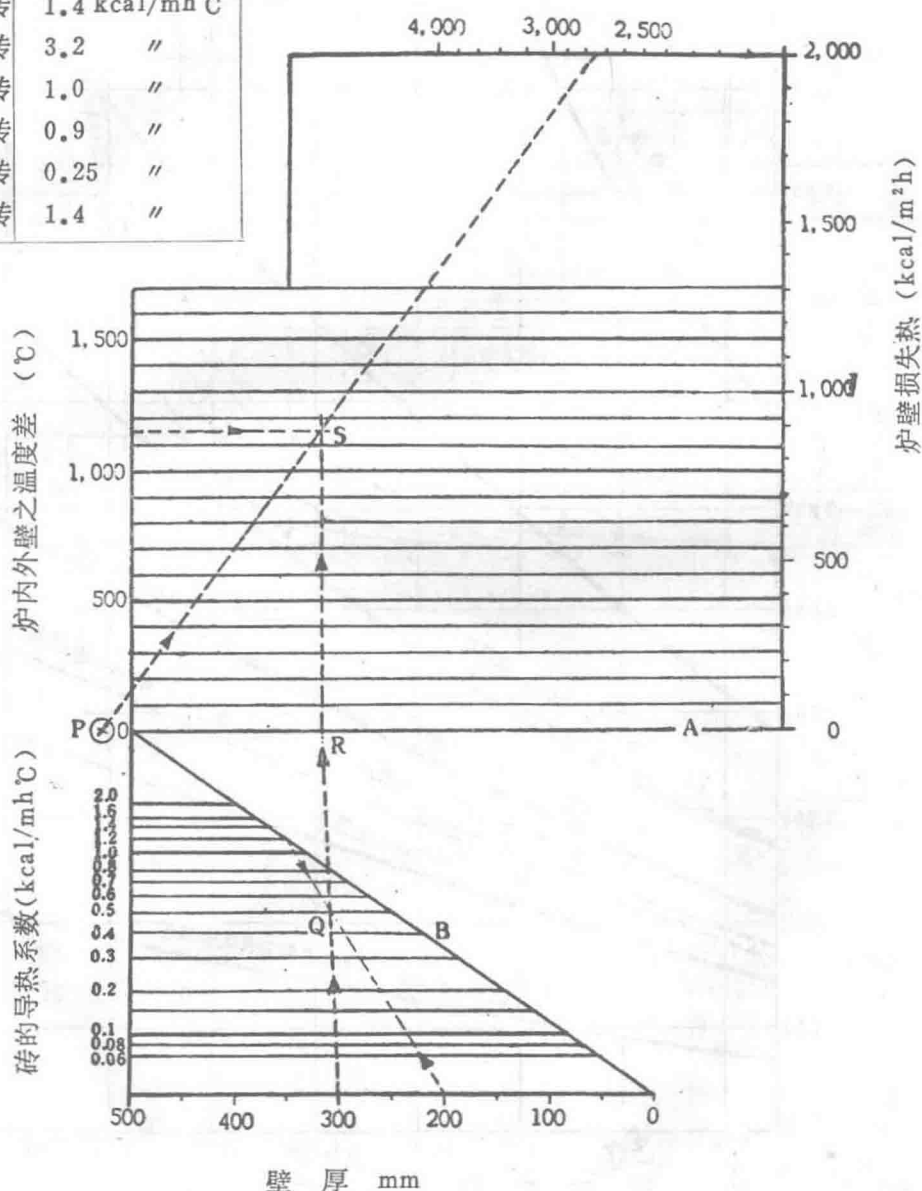
金 属	38℃ 时的 温度传导率 m^2/h	金 属	38℃ 时的 温度传导率 m^2/h	金 属	38℃ 时的 温度传导率 m^2/h
纯 铁	0.057	铜	0.35	铝 合 金	(0.21)
普 通 钢	0.050	黄 铜	0.11	92%Al, 8%Cu	
工 具 钢	0.037	青 铜	0.093	铝 合 金	0.19
铸 铁	0.050	锰 青 铜		8 %其他	
可锻铸铁	0.051	磷 青 铜	0.063	锌	0.14
铬钢13%Cr	0.0205	蒙乃尔合金	0.0205	锌基压铸件	
镍钢30%Ni	0.0084	镍	0.056	铅 (固体)	0.081
锰钢10%Mn	0.011	铸 铝	0.24	铅 (溶融)	0.040
		压延退火铝	0.28		



〔注〕由于炉子接缝龟裂等因素的影响，其热损失还要增大30%左右。

砖的导热系数 (供参考)

铬 砖	1.4 kcal/mh℃
氧化镁砖	3.2 "
熟料砖	1.0 "
硅 砖	0.9 "
保温砖	0.25 "
普通砖	1.4 "



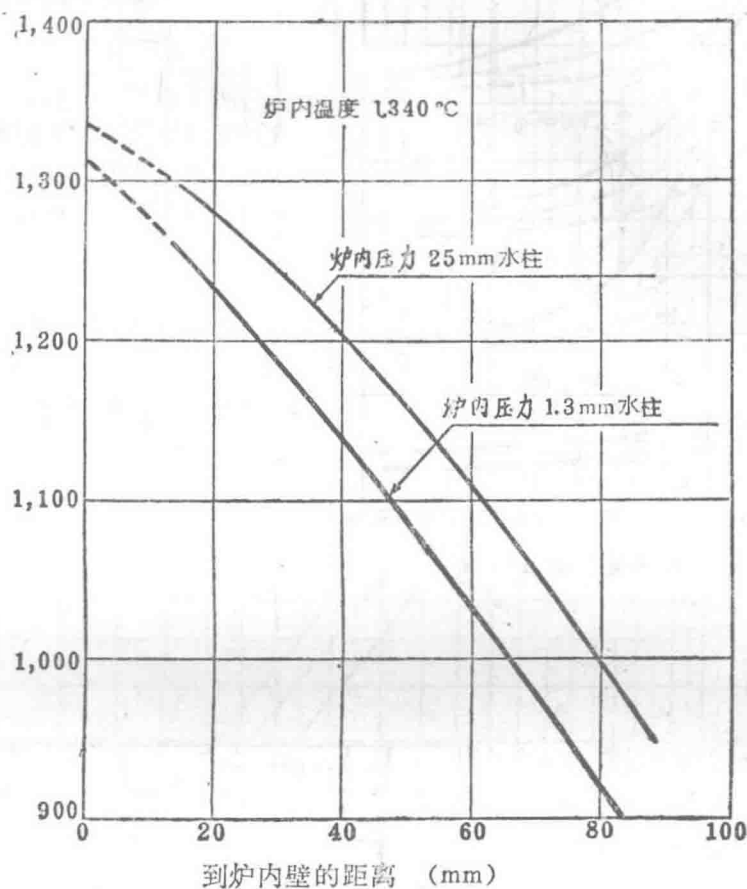
〔例〕耐火砖的导热系数为 $1.2 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ 厚度为 200 mm 绝热层的导热系数为 $0.5 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ 厚度为 100 mm 时,若温度差为 $1,150^\circ\text{C}$,侧炉壁损失为 $2,750 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}$

〔注〕答案表示 1 m^2 炉体外壁的损失热量。

8—10

炉内压力和耐火砖温度分布的关系

砖内温度 (°C)

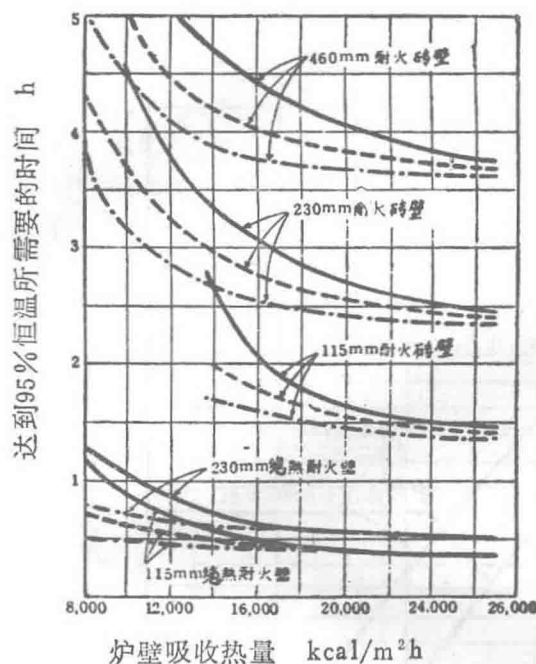


〔注〕图中数值为Howe和Phelps的测定结果。如果炉内压力高，则高温气体进入砖的气孔中，使砖的温度上升；如果炉内是负压，则外界气体进入，使砖的温度下降。

砖内温度也和砖的气孔率，表面状态有很大关系。

8—11

炉子从冷却状态加热至工作温度时所需要的时间



炉子加热所需要的时间

炉子内壁温度达到恒定工作温度的95%所需要的时间如左图所示。如果上次工作时间的余热未完全散失时，则所需要的时间要短一些。

图中曲线：

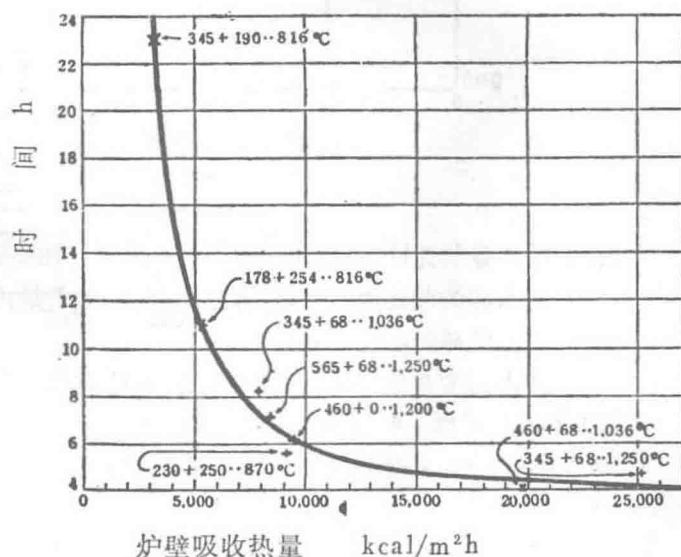
实线——炉温1,200℃

虚线……炉温1,040℃

点划线—·—炉温870℃

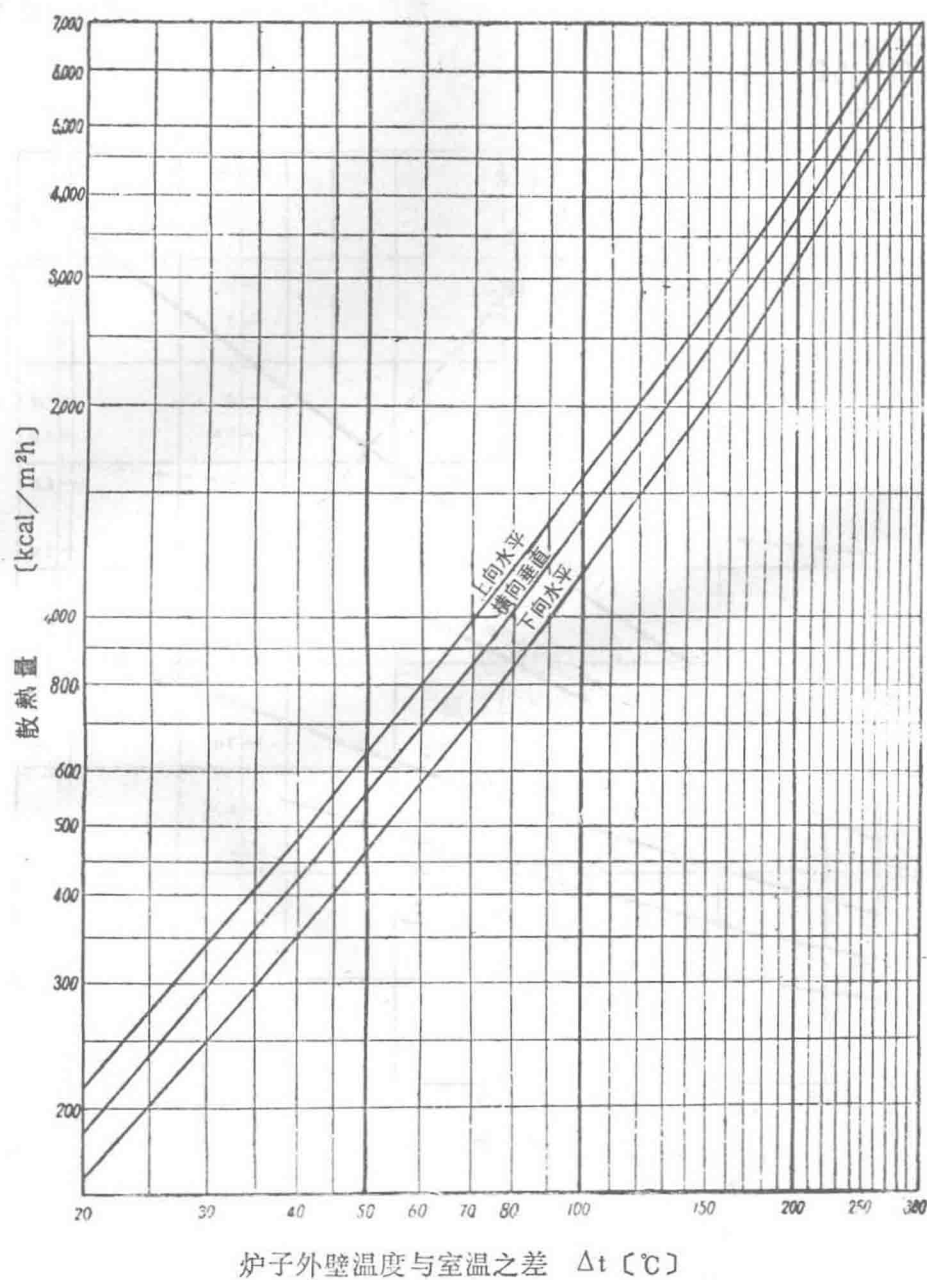
Mawhinney的实测值
右图为M.H. Mawhinney对各种炉壁进行实测值。

在右图中，左边的数字表示耐火砖的厚度（mm），中间的数字表示绝热层的厚度（mm），右边的数字表示工作温度（℃）。



8—12

炉 壁 的 散 热 量



炉壁损失热量
kcal/m²h

