

钢铁厂工业炉设计

参考资料

下 册

冶金工业出版社

钢铁厂工业炉设计参考资料

下 册

《钢铁厂工业炉设计参考资料》编写组

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书分上、下两册出版。

上册内容包括：燃料与燃烧、气体流动计算、传热、钢材加热与冷却、燃烧装置、预热器以及与工业炉设计有关的常用数据。

下册内容包括：均热炉、连续式加热炉、步进式炉、罩式炉、环形炉、辊底式炉、带钢连续处理炉等工业炉的设计资料。

本书供钢铁厂工业炉设计人员使用，亦可供机械、国防、化工系统工业炉设计人员、热工技术人员和大专院校冶金炉专业师生参考。

钢铁厂工业炉设计参考资料

下 册

《钢铁厂工业炉设计参考资料》编写组

(限国内发行)

冶金工业出版社出版

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 22 7/8 字数 756 千字

1979年11月第一版 1979年11月第一次印刷

印数00,001~13,000册

统一书号：15062·3416 定价3.35元

前 言

为适应钢铁工业发展的需要，我们在总结二十多年来我国钢铁厂工业炉生产和建设经验的基础上，编写了《钢铁厂工业炉设计参考资料》一书，供有关设计人员使用和参考。

全书分上、下两册出版。上册主要内容是工业炉计算和部件设计的资料；下册主要内容是工业炉炉型设计资料。此外，还选录了部分国外有关资料，可供读者参考和借鉴。

本书由冶金部北京钢铁设计院主编。参加编写的单位有重庆钢铁设计院、武汉钢铁设计院、鞍钢钢铁设计院、包头钢铁设计院、马鞍山钢铁公司设计院和北京冶金设计公司。

由于我们水平有限，书中还会存在一些缺点和错误，诚恳希望读者批评指正。

在编写过程中，编写人员深入现场调查研究，曾得到有关部门的大力支持和帮助，在此谨致谢意。

《钢铁厂工业炉设计参考资料》编写组

1979年7月

目 录

第三篇 各种炉型的设计

第二十章 均热炉	1
第一节 均热炉的形式	1
一、蓄热式均热炉	1
二、炉底中心烧嘴均热炉	1
三、四角烧嘴均热炉	2
四、上部单侧烧嘴均热炉	2
第二节 均热炉组数的确定	3
一、炉坑容量	3
二、炉坑尺寸	3
三、钢锭加热时间	5
四、其他热工作时间	9
五、均热炉日历作业率 和有效作业率	10
六、炉坑数量的确定	10
第三节 均热炉间设计	12
一、均热炉间平面布置	12
二、出渣方法与设施	17
三、均热炉间主要设备	21
第四节 均热炉炉体设计	23
一、上部单侧烧嘴均热炉炉体 结构特点	25
二、均热炉炉体砌筑	28
三、上部单侧烧嘴均热炉 用烧嘴	29
第五节 均热炉燃料消耗量	32
一、炉坑热负荷	32
二、均热炉热制度实例	33
三、均热炉的热耗	34
四、均热炉间燃料消耗量	35
第二十一章 推钢式连续加热炉	38
第一节 加热炉基本方案的选择	38
一、炉子燃料	38
二、炉子的热工制度与炉型	39
三、装出料方式	47
四、排烟设施与余热利用	47
五、出渣方式	47
六、炉子的检测与自动化操作	47
七、主要技术经济指标	48
第二节 炉子产量计算	49
一、单座炉子小时产量计算	49
二、炉子总的加热能力的确定	51
三、关于炉子潜力 和预留发展问题	52
第三节 炉子燃料消耗量计算	53
一、热耗指标计算法	53
二、热平衡计算法	57
三、炉子各供热段燃料分配	57
第四节 炉子结构设计	60
一、炉型尺寸	60
二、出料端	63
三、均热段炉底结构	68
四、装料端	69
五、炉底水管及其绝热	70
第五节 国内加热炉技术性能	79
第六节 连续加热炉计算	88
第二十二章 步进式炉	97
第一节 上加热步进式炉	98
一、炉底结构	98
二、加热时间和炉子产量	100
三、热量分配和热耗	101
四、上加热步进式炉的实例 和技术性能	101
第二节 上下加热步进式炉	105
一、炉型结构	105
二、加热时间和产量	106
三、供热方式、热量分配 和热耗	106
四、上下加热步进式炉的实例 和技术性能	110
第三节 其他形式的步进式炉	115

一、简易上下加热步进式炉	115	第二十五章 钢带连续热处理炉	152
二、交替步进的步进式炉	115	第一节 硅钢带连续热处理炉	152
三、炉底分段的步进式炉	116	一、硅钢带的热处理工艺	152
四、有部分下加热的步进式炉	116	二、一次和二次脱碳退火	
第四节 步进式炉设计的其他问题	117	用卧式炉	152
一、装出料方式	117	三、脱碳退火用折叠式炉	
二、炉底下部空间的劳动条件	118	及塔式炉	160
三、步进梁的升降高度和步距	118	四、拉伸回火炉	165
第五节 步进式炉的计算	119	五、涂层干燥装置	165
第二十三章 转底式炉	123	六、无取向(电机)硅钢带连续热处理	165
第一节 概述	123	七、硅钢带连续热处理炉	
第二节 转底炉产量计算	126	技术性能	165
一、钢坯的加热	126	第二节 不锈钢带连续热处理炉	165
二、炉子产量及炉底尺寸		一、不锈钢带的热处理工艺	165
的确定	127	二、不锈钢带连续热处理炉	165
第三节 转底炉结构	130	三、不锈钢带光亮热处理炉	169
一、炉体结构	130	四、不锈钢带连续热处理炉	
二、膨胀缝和炉体受力的分析	136	技术性能	175
三、排烟方式	137	第三节 钢带连续镀锌热处理炉	175
四、环缝及密封装置	137	一、钢带连续镀锌工艺	175
第四节 炉子供热	139	二、钢带热处理工艺	177
一、燃料消耗指标确定	139	三、炉子结构	177
二、烧嘴布置	139	四、炉内气氛	178
三、各段长度和燃料分配	142	五、炉衬材料	178
四、采用不氧化或少氧化的		六、锌锅及其加热	178
加热制度	142	七、其他	179
五、炉子技术性能表	142	第四节 镀锡钢带的连续退火炉	179
第二十四章 快速加热炉	143	一、镀锡钢带的连续退火工艺	179
第一节 概述	143	二、塔式炉	179
第二节 快速加热炉的结构	143	三、折叠式炉	187
一、燃烧装置	143	第五节 深冲钢带的连续退火	188
二、炉子形式	144	一、卧式炉连续处理深冲钢带	188
三、排烟方式	147	二、塔式炉连续处理深冲钢带	189
四、热工控制段的划分	147	第六节 钢带连续热处理炉	
五、炉内输料装置	147	主要设计计算	189
六、炉子技术性能	148	一、钢带加热时间的计算	189
第三节 产量计算	149	二、保温时间	191
一、加热时间	149	三、钢带冷却时间计算	191
二、炉子产量及炉长	150	四、钢带热处理制度的	
第四节 快速炉的供热	151	一些实际数据	195

第二十六章 辊底式炉和链式炉197	二、马弗炉产量和钢丝加热时间.....252
第一节 辊底式炉概述.....197	三、炉子供热.....255
一、加热温度.....197	四、马弗炉的技术性能.....255
二、炉温制度.....197	第二节 铅锅.....256
三、操作制度.....198	一、铅锅长度和在铅时间.....256
四、炉底机械.....198	二、结构与供热.....256
第二节 辊底式炉产量计算.....198	三、铅温的控制.....257
第三节 辊底式炉燃料消耗量计算.....201	四、劳动保护和其他淬火方法.....258
第四节 辊底式炉结构.....202	五、技术性能.....259
一、炉型尺寸.....202	第三节 钢丝明火加热.....259
二、炉体结构.....203	第四节 电直接加热钢丝装置.....260
第五节 辊底式炉实例.....204	一、电直接加热钢丝装置的组成.....260
一、中厚板热处理炉.....204	二、电直接加热钢丝装置的计算.....262
二、薄板热处理炉.....204	三、技术性能.....265
三、钢管热处理炉.....204	第五节 镀锌炉、干燥炉.....265
四、盘条和棒材热处理炉.....211	一、镀锌炉.....265
五、炉子的技术性能.....213	二、干燥炉.....270
第六节 链式炉.....215	第二十九章 机修及其他用炉271
一、概述.....215	第一节 间断式炉.....271
二、炉子结构.....217	一、车底式炉.....271
三、链式炉的燃料及其消耗量.....219	二、外部机械化炉.....277
四、链式炉的产量.....219	三、室式炉.....278
五、技术性能.....219	四、坑式炉.....283
第二十七章 罩式炉221	五、井式炉.....284
第一节 罩式炉的选用.....221	第二节 干燥炉.....286
一、罩式炉的用途和特点.....221	一、砂型干燥炉.....286
二、罩式炉的种类.....222	二、红外线干燥.....291
三、罩式炉车间布置.....233	三、电工设备蒸汽干燥炉.....292
第二节 炉子结构.....237	第三节 熔化炉.....294
一、外罩.....237	一、反射炉.....294
二、内罩.....237	二、铸造冲天炉.....297
三、炉台.....238	第三十章 炉子机械301
四、循环风扇及导向器.....238	第一节 推钢机和出钢机.....301
五、对流板.....239	一、推钢机.....301
六、密封结构.....240	二、出钢机.....305
第三节 产量计算.....242	第二节 车底式炉机械.....312
第四节 燃料消耗与供热能力.....245	一、台车.....312
第二十八章 钢丝生产用炉247	二、台车的牵引.....316
第一节 马弗炉.....247	第三节 辊底炉机械.....319
一、马弗炉结构.....248	一、常用的几种炉辊结构.....319

二、炉辊辊套金属材料的选用	320	五、炉底机械实例	338
三、炉辊传动方式的选择	321	第七节 钢带连续热处理机组	341
第四节 链式炉机械	322	一、活套	341
一、概述	322	二、转向辊	341
二、炉内运送机的计算	325	三、钢带张力	341
第五节 步进式炉机械	327	四、钢带纠偏装置	342
一、步进梁传动机构	327	五、机组组成实例	344
二、步进梁的传动装置	330	第八节 其他专用炉子机械	348
第六节 环形炉炉底机械	336	一、斜底炉管坯上料机	348
一、炉底钢结构	336	二、地上装料机	349
二、支承辊	336	三、均热炉揭盖机	351
三、定心辊	336	四、环形炉管坯装出料机	352
四、传动机构	337	附录 关于钢板喷雾冷却的研究	353

第三篇 各种炉型的设计

第二十章 均 热 炉

均热炉是初轧生产中加热钢锭用的重要设备。炼钢厂生产的钢锭，一般要求迅速送到均热炉中加热或均热，以便用较短的时间将钢锭均匀加热至要求温度。在炼钢和初轧生产有时不能互相衔接或某些品种要求钢锭冷却后进行检查处理时，需要加热一部分冷钢锭。近年来，虽然连续铸钢得到很大的发展，但是目前还不能完全取代初轧机。因此，不少新建钢铁厂中还要配备初轧

机和均热炉，近年来，在均热炉技术方面也有新的发展。

在设计均热炉时，应力求做到：

1. 炉膛温度均匀并易于控制，钢锭加热质量好；
2. 燃料和耐火材料等消耗低；
3. 单位炉底面积产量高，单位车间长度年产量高，基建投资省；
4. 操作方便，劳动条件好。

第一节 均 热 炉 的 形 式

均热炉的形式很多，目前国内使用的形式有四种。

一、蓄热式均热炉（图20-1）

蓄热式均热炉的炉坑为长方形，现在生产的按每四个炉坑为一组，其中两坑之间有一公用墙，下部有渣道连通，液体渣由外坑侧排出。炉坑两端分别设有空气和煤气蓄热室，并有换向设备。空气和煤气经过蓄热室预热至 $800\sim 850^{\circ}\text{C}$ ，上升至炉坑下部汇合进入炉膛燃烧。烟气经由对面的空气、煤气蓄热室排出。钢锭靠两侧炉坑放置。每个炉坑设有单独的揭盖机。这种炉型的主要特点是：

1. 采用蓄热室预热煤气和空气，预热温度高。可用高炉煤气或其他低热值煤气加热，燃料消耗低，最佳年平均热耗达 0.211×10^6 千卡/吨钢锭。
2. 加热速度快，单位炉底面积产量高。
3. 炉坑底部温度高，液体出渣方便。
4. 炉坑两端温度高，靠近煤气喷出口的钢锭容易

过烧，换向操作比较复杂，自动调节困难。

5. 为了使炉坑温度均匀，炉坑长度受限制，难于扩大炉坑装入量。

6. 炉子热惰性大，不宜于加热需要晾炉后装炉的钢锭。

二、炉底中心烧嘴均热炉（图20-2）

这种炉型的炉坑接近正方形，每组两个炉坑，与车间平行布置成两排。炉底中心设置烧嘴，两侧有空气粘土管状预热器，空气预热到 $750\sim 800^{\circ}\text{C}$ 后经炉底下方的热风通道送往中心烧嘴。火焰由炉底垂直向上，遇炉盖而沿炉膛四周向下循环。烟气从炉底两侧烟道口排出，然后经预热器和烟道流入两组炉合用的烟囱。钢锭靠四周炉坑放置。公用揭盖机沿操作平台的轨道行走。使用发热量为 $1400\sim 1800$ 千卡/标米³的煤气作燃料。这种炉型的主要特点是：

1. 钢锭靠炉坑四周放置，火焰垂直向上不直接冲

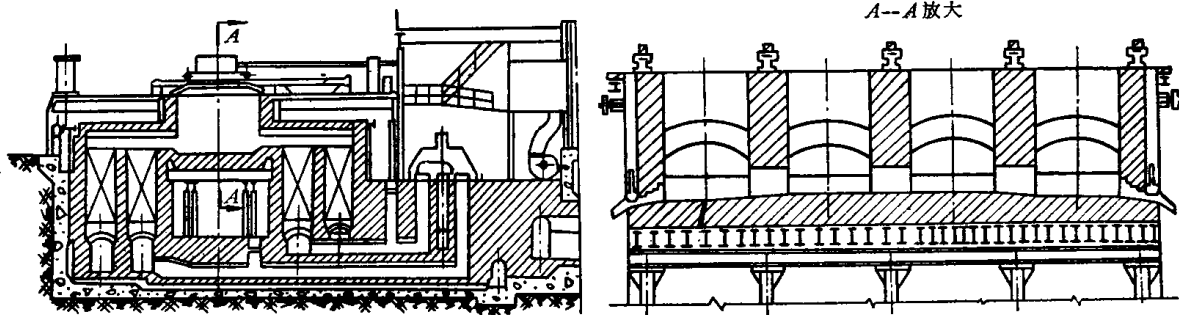


图 20-1 蓄热式均热炉示意图

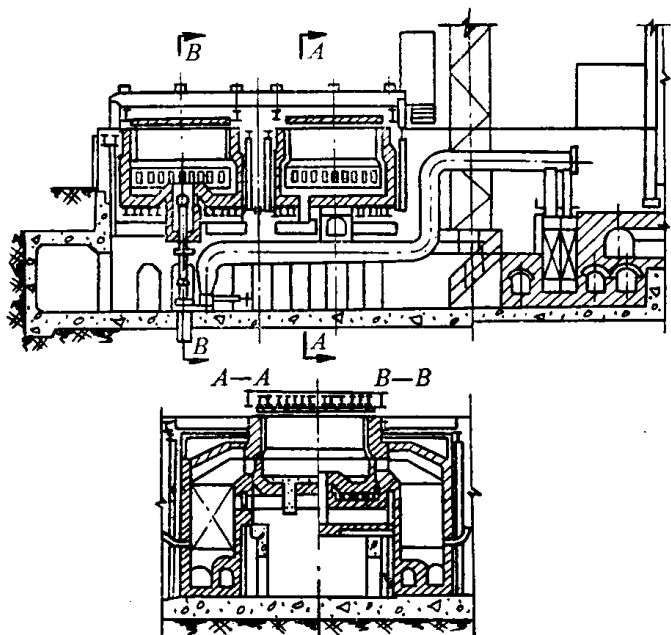


图 20-2 炉底中心烧嘴均热炉示意图

刷钢锭表面。因此，火焰对炉内每根钢锭的给热量相差不大。但是，对同一根钢锭而言，钢锭上下之间，以及靠火焰与靠炉墙面之间的温差较大。由于炉底温度较低，不适宜液体出渣。

2. 粘土管状预热器可以将空气预热到 $750\sim 850^{\circ}\text{C}$ 。由于粘土管砖的严密性差，采用鼓风机送风时空气漏失大，供热量受到限制。

3. 炉底利用率低，单位车间长度容量小。

4. 炉底结构复杂，中心烧嘴及其围墙维护困难，耐火材料消耗较高。

三、四角烧嘴均热炉（图20-3）

为了克服炉底中心烧嘴均热炉的一些缺点，这种炉型取消了炉底中心烧嘴，改在炉膛上部四角设置烧嘴，并加深炉坑。从粘土管状预热器出来的热空气，经由墙角内的上升道，通入喷嘴与煤气混合。在炉膛上部，四角烧嘴喷出的火焰形成旋转气流。烟气仍从底部

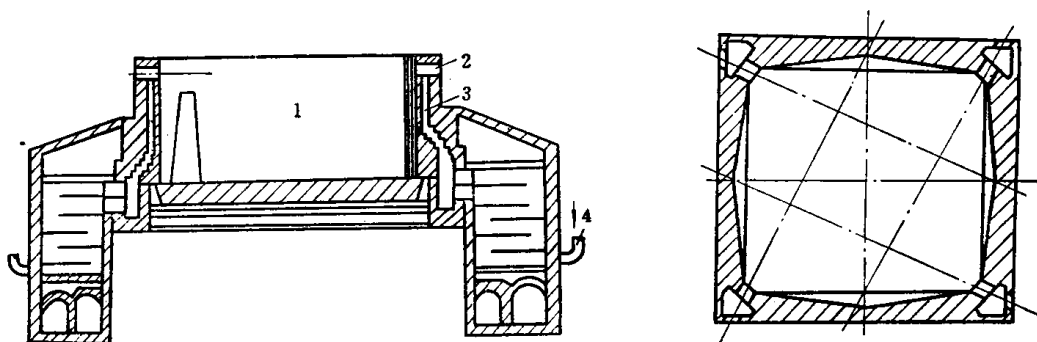


图 20-3 四角烧嘴均热炉示意图

1—炉膛；2—上部角烧嘴；3—热风道；4—空气管道

两侧之烟道口排出。为了提高炉底温度，便于液体出渣，在底部四角装设烧嘴，其供热量约占全坑热负荷的四分之一。这种炉型的特点是：

1. 烧嘴数量多，炉膛温度均匀性有所改善。

2. 由于取消了炉底中心烧嘴，可以减少炉底的维修工作，并改善了装钢操作。

3. 用底部烧嘴提高炉底温度，便于采用液体出渣。

4. 烧嘴数量多，操作复杂，自动控制困难。

四、上部单侧烧嘴均热炉（图20-4）

这种炉型的炉坑为长方形，在炉坑上部一端设一个或两个烧嘴。从烧嘴喷出的火焰经马蹄形流路，从同侧下部的烟道口排出。钢锭沿两侧炉墙放置，装入量大时，还可在中间再放一排钢锭。这种炉型的特点是：

1. 炉坑装入量大，能和大容量的炼钢设备配合。

2. 单位车间长度容量大，运锭距离可以缩短，

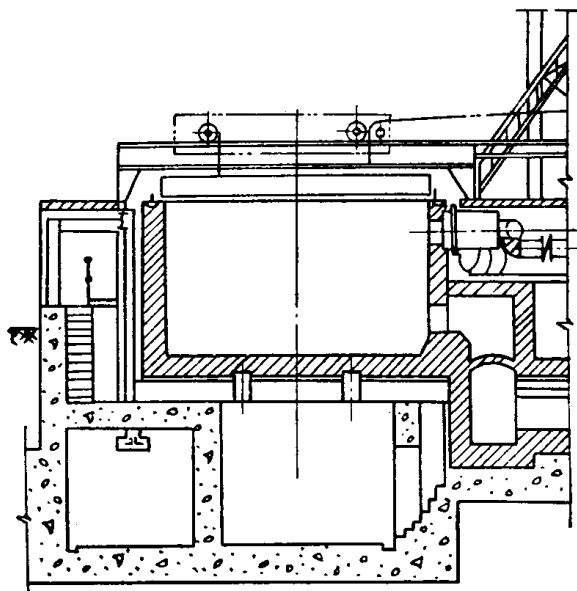


图 20-4 上部单侧烧嘴均热炉示意图

投资也比较省。

平。

3. 炉膛结构简单,操作方便,易于实行自动调节。

5. 炉膛下部温度较低,一般采用干出渣。

4. 炉坑长,火焰流路远,炉膛上下和两端温度不易均匀。温差的大小决定于烧嘴的结构和操作控制水

几种均热炉的单位车间长度容锭量和产量比较见表 20-1。

几种均热炉炉型的单位车间长度容锭量和产量比较表

表 20-1

炉 型	炉坑尺寸 (米)	每组 坑数	锭重 (吨)	容 锭 量		每组炉子占车 间长度 (米)	单位车 间长度 容锭量 (吨/米)	年 产 量		备 注
				(块/组)	(吨/组)			每组炉子	单位车间 长 度	
蓄热式	4.8×2.14	4	5.6	40	224	17.5	12.8	30	1.72	两坑公用炉墙
炉底中心烧嘴	4.83×4.6	2	2.4	36	86	15	5.7	10	0.67	
上部单侧烧嘴	5.5×2.32	2	3.5	20	70	12	5.8	9	0.75	单独炉墙，公用揭盖机
四角烧嘴	5.1×4.8	2	7.1	32	227	15	15.1	20	1.33	
上部单侧烧嘴	7.91×3.2	3	7.1	51	362	21.9	16.5	33	1.51	单独炉墙
上部单侧烧嘴	8.8×3.2	2	7.1	36	256	12	21.3	22.5	1.85	单独炉墙
上部单侧烧嘴	8.8×3.2	4	7.1	72	512	22	23.3	45	2.05	四坑公用炉墙
上部单侧烧嘴	8.0×3.48	4	15	40	600	27	22.2	50	1.85	单独炉墙
上部单侧双烧嘴	9.0×5.2	3	19.8	33	693	23	30.1	50	2.18	三坑公用炉墙
上部双侧烧嘴	6.1×3.35	2				16	12.5	16	1.00	

第二节 均热炉组数的确定

一、炉坑容量

决定炉坑容量,要考虑按罐装钢的原则,以避免混号。一般是一罐钢锭装一坑或两坑,也可以一坑装两罐至三罐钢,这时必须注意装出炉时不要造成混号。

炉坑装锭的数目不宜过多(一般不超过16~20个)。锭数太多时,装出料辅助作业时间增加,影响产量。另外,对上部单侧烧嘴均热炉,炉坑过分狭长会使钢锭加热温度不均,并增加主跨的宽度。

二、炉坑尺寸

炉坑尺寸根据炉坑容量和加热钢锭大小确定。钢锭之间要留出一定间隙,以便装出料。采用10吨以下的夹钳起重机时,最小间隙可取200~250毫米。采用10吨以

上的夹钳起重机时,最小间隙取250~350毫米。

(一) 蓄热式均热炉

蓄热式均热炉内一般都靠墙放置两排钢锭。图20-5表示一种炉坑内钢锭放置的情况。

(二) 中心烧嘴均热炉和四角烧嘴均热炉

中心烧嘴和四角烧嘴均热炉,目前实际炉坑装入量如表20-2所示。

(三) 上部单侧烧嘴均热炉

上部单侧烧嘴均热炉的装锭方式见表20-3。除特别指出者外,都是装两排钢锭。炉坑深度一般取烧嘴中心线到炉口的距离为1米左右,到钢锭顶部的距离为0.8~1米,并考虑炉底铺焦粉和渣层的厚度。

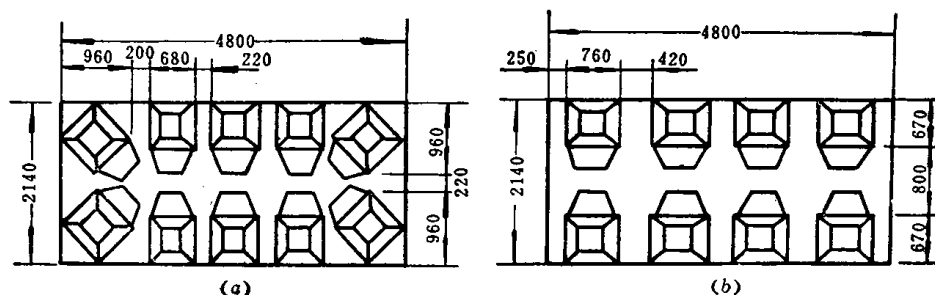


图 20-5 蓄热式均热炉内钢锭布置

(a) 10个5.6吨钢锭; (b) 8个7.1吨钢锭

中心烧嘴和四角烧嘴均热炉的装锭量

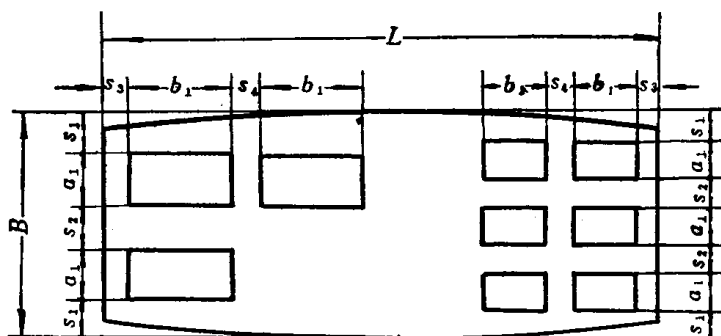
表 20-2

炉 型	炉 坑 尺 寸			加 热 钢 锭				炉坑装锭个数	
	长	宽	深	单 重	上 断 面	下 断 面	全 高	合 适 的	最 大 的
	(毫米)			(吨)	(毫米)				
中心烧嘴	4830	4600	3000	2	480×480	405×405	1675	20	24
				2.4	510×510	430×430	1755	18	24
				3	550×550	450×450	1835	18	
四角烧嘴	4830	4600	3000	4	560×560	610×610	1850	16	20
				5.5	680×680	580×580	2210	12	20
				6.8	450×1050	500×1000	2030	10	14
				7.1	710×810	610×700	2300	8~10	15
	5100	4800	3000	7.1	710×620	760×670	2280	17~18	20
				7.1	760×670	680×580	2455	17~18	20
				8.3	815×735	705×625	2480	17~18	18
				9.1	1400×460	1450×500	2100	13~14	15
				10.7	1110×620	1150×670	2200	12~13	14
				11.4	1250×640	1210×530	1955	12~13	14
				13.1	1450×640	1410×540	2010	10~11	12
				15.0	1650×640	1600×540	1890	9~10	10

注：镇静钢锭全高包括保温帽。

上部单侧烧嘴均热炉的装锭方式

表 20-3



炉坑尺寸(毫米)			每坑装 锭个数	钢锭单重 (吨)	钢锭断面尺寸(毫米)		锭高② (毫米) h	间 隙 (毫米)			
长	宽	深			上 部	下 部		s ₁	s ₂	s ₃	s ₄
L	B	H			a ₁ ×b ₁	a ₂ ×b ₂					
4800	2760	4000	10	5.6	680×680	580×580	2200	0	1400	240	230
			8	7.1	670×760	580×680	2455	0	1420	355	350
			8	7.1	620×710	670×760	2280	0	1520	395	390
5500	2320	3700	14	2.2	480×480	420×420	1600	0	1360	275	265
			12	2.5	540×540	450×450	1600	0	1240	330	320
			10	3.5	560×560	470×470	1700	0	1200	450	450
5500	2320	4100	10	3	550×550	465×465	1545	0	1220	455	460
			8	4.5	540×540	604×604	2260	0	1240	330	320
6100	2180	4000	16	2	480×480	405×405	1670	0	1220	255	250
			14	2.4	510×510	430×430	1755	0	1160	305	320

续表 20-3

炉坑尺寸(毫米)			每坑装 锭个数	钢锭单重 (吨)	钢锭断面尺寸(毫米)		锭高② (毫米)	间 隙(毫米)			
长	宽	深			上 部	下 部		s ₁	s ₂	s ₃	s ₄
L	B	H			a ₁ ×b ₁	a ₂ ×b ₂					
7540	2760	4100	16	7.1	760×670	680×580	2455	0	1240	250	240
7910	3200	4350	16①	7.5	635×730	685×780	2280	320	327	515	500
			8	16	705×1375	755×1425	2400	597	596	485	480
			14	8.4	690×785	550×655	2190	0	1820	302	302
8000	3480	4700	12	12.5	850×980	900×1030	2200	590	600	310	300
			8	21.5	850×1400	900×1450	2600	590	600	480	480
			10	12.5	680×1200	570×1130	2550	700	720	320	340
8800	3200	4340	18	7.6	830×620	870×660	2300	510	520	322	322
			14	9.7	930×825	715×640	2420	0	1340	378	378
9000	5200	4800	6	35	900×2400		2300	1200	1100	450	450
			6	40	955×2450		2500	1100	1090	410	410
			12①	19.8	935×1225		2500	599	599	820	820
8450	3350	4260	6	40	900×1728	1067×1982		520	510	818	815
7700	4100	4800	12①	13.5	695×1400			504	504	420	420

注：① 钢锭放置3排；

② 镇静钢锭高度包括保温帽。

三、钢锭加热时间

(一) 均热炉的钢锭加热时间和温度制度

钢锭加热时间与钢种、锭型尺寸、装出炉温度、燃

料种类及发热量、炉型、炉温制度和热负荷，以及钢锭出炉时所要求的断面温度差等因素有关。现有的理论计算与实际生产有一定的出入，表20-4~11列出了一些生产厂的实际加热时间数据，供参考。

2~4.5吨钢锭在燃油上部单侧烧嘴均热炉内的加热时间(时-分)

表 20-4

装炉钢锭温度 (℃)	钢 种					
	低 碳 钢 (C<0.4%)		低 碳 镇 静 钢	中 碳 钢 (C=0.4~0.6%)	高 碳 钢 (C>0.6%)	硅 钢
	锭 重 (吨)					
	4.5	2.1	3	3	3	4.5
冷锭	4—50	3—20	4—40	5—30	6—30	8—00
200	4—10	2—50	4—00	4—30	5—20	6—10
400	3—30	2—30	3—20	3—40	4—20	4—50
600	2—40	2—00	2—30	2—40	3—20	3—30
700	2—20	1—40	2—10	2—20	3—00	3—10
800	2—00	1—20	1—50	2—00	2—40	2—50
900	1—40	1—00	1—30	1—40	2—20	2—30
热锭装炉炉温	1350℃	1350℃	1320℃	1320℃	1290℃	1200℃
最高炉温	1400℃			1360℃	1320℃	1260℃
出钢时炉温	1300~1320℃			1280~1300℃	1260~1280℃	1200~1230℃

2~4.5吨钢锭（冷锭）的晾炉及加热制度

表 20-5

钢 种 组 别	低碳组	中 碳 组	高 碳 组
晾 炉 温 度	不受限制	900℃闷炉30分钟	500℃闷炉40分钟以上
升 温 速 度		120℃/时, 1小时; 150℃/时, 1小时; 以后升温速度不限	120℃/时, 2.5~3小时, 保温1小时; 800±50℃以后升温不限; 均热时间不小于1小时

5.6吨钢锭在蓄热式均热炉内的加热时间（时-分）

表 20-6

装 炉 钢 锭 温 度 (℃)	钢 种				
	低 碳 钢	中 碳 钢	高 碳 钢	电 机 硅 钢	变 压 器 硅 钢
冷 锭	6—15	7—15	8—30	13—00	—
车注冷锭	6—00	6—10	7—00	9—00	10—30
200	4—50	5—15	5—40	8—00	9—00
400	3—55	4—20	4—35	6—00	6—30
600	3—05	3—15	3—20	4—10	3—40
700	2—35	2—45	2—50	3—50	3—20
800	2—05	2—15	2—20	3—30	3—00
900	1—35	1—45	1—50	3—10	2—40

注：每坑装入10个钢锭。

7.1吨钢锭在蓄热式均热炉内的加热时间（时-分）

表 20-7

装 炉 钢 锭 温 度 (℃)	钢 种						
	低 碳 钢	低碳镇静钢	中 碳 钢	高 碳 钢	低 合 金	D21电机硅钢	D22变压器硅钢
冷锭	6—30	6—45	7—50	8—30	8—20	13—30	—
200	5—40	5—45	5—15	5—40	5—45	8—00	8—00
400	4—30	4—40	4—20	4—35	4—50	5—30	4—00
600	3—10	3—35	3—15	3—20	3—45	4—10	2—55
700	2—40	3—05	2—45	2—50	3—15	3—50	2—20
800	2—05	2—25	2—15	2—20	2—45	3—30	2—00
900	1—35	1—50	1—45	1—50	2—15	3—10	1—40
1000	1—05	1—20	1—15	1—05	1—45	2—50	1—20
加热终了钢锭 表面温度(℃)	1310~1330		1290~1310	1270~1290	1320~1340	1200~1250	1050~1100

7.1吨钢锭在上部单侧烧嘴均热炉内的加热时间（时-分）

表 20-8

装 炉 钢 锭 温 度 (℃)	钢 种						
	低 碳 钢	低碳镇静钢	中 碳 钢	高 碳 钢	低 合 金	D21电机硅钢	D22变压器硅钢
冷锭	8—30	8—00	9—00	10—00	9—30	15—00	—
200	6—40	6—10	6—40	7—30	7—10	8—30	10—00
400	5—50	5—20	5—50	6—30	6—20	6—30	7—30
600	4—40	4—20	4—40	4—40	5—10	4—40	4—10
700	3—50	3—40	3—50	3—50	4—20	4—00	3—30
800	3—20	3—00	3—20	3—20	3—50	3—20	2—50
900	3—00	2—40	3—00	3—00	3—30	3—00	2—30
加热终了钢锭 表面温度(℃)	1310~1330		1290~1310	1270~1290	1320~1340	1200~1250	1050~1100

7~15吨钢锭在四角烧嘴均热炉内加热时间(时-分)

表 20-9

装 炉 钢 锭 温 度 (℃)	钢 种										
	低 碳 钢						中 碳 钢			高碳钢	
	锭 重 (吨)										
	7.1	8.3	8.23 9.1 10.7	11.4	13.1	15	8.3	11.4	13.1	15	8.3
	装 入 钢 锭 个 数										
	13~14	12~13	9~10	9~10	8~9	8	12~13	9~10	8~9	8	12~13
0	7—10	7—50	7—50	8—50	9—40	11—30	8—30	9—10	10—40	12—30	9—50
200	5—50	6—20	6—30	7—30	8—40	8—40	7—05	7—30	8—40	8—40	8—35
400	5—05	5—35	5—45	6—30	7—40	7—40	6—00	6—30	7—40	7—40	7—45
500	4—40	5—05	5—05	5—50	6—45	6—45	5—20	5—50	6—45	6—45	6—15
600	4—10	4—30	4—25	5—05	5—55	5—55	4—45	5—05	5—55	5—55	5—35
700	3—35	4—00	3—55	4—25	5—05	5—05	4—15	4—25	5—05	5—05	4—50
800	2—55	3—25	3—10	3—50	4—15	4—15	3—35	3—50	4—15	4—15	4—00
900	2—15	2—50	2—40	3—10	3—25	3—25	3—00	3—10	3—25	3—25	3—15
1000	1—45	2—15	2—00	2—30	2—35	2—35	2—30	2—30	2—35	2—35	2—35
最高炉温 (℃)	1390						1380			1360	

7~15吨钢锭(冷锭)的晾炉及加热制度

表 20-10

项 目	钢 种				
	低碳钢	中 碳 钢	高 碳 钢		
锭 温 (℃)	不 受 限 制	当大气温度大于0℃时, 冷锭晾炉1100℃装钢。闷炉 30分钟 当大气温度低于0℃时, 冷锭晾炉700℃装钢,闷炉 30分钟	冷锭大气温度<0℃		冷锭大气温度>0℃
晾炉温度(℃)			400		500
升 温 速 度			闷钢, 1小时; 60℃/时, 2小时; 80℃/时, 2小时; 100℃/时, 2小时; 900℃以后加热上升温 度不受限制		闷钢, 1小时; 60℃/时, 2小时; 80℃/时, 2小时; 100℃/时, 2小时; 900℃以后加热温度上 升速度不受限制
(℃/时)					450~500 1000~1100 不 受 限 制

四角烧嘴均热炉中低合金钢和硅钢加热时间(时-分)

表 20-11

装炉钢 锭温度 (℃)	装炉时 炉 温 (℃)	自由升温 时 间 (时)	炉温预热 到1000℃ 的 时 间 (时)	加热到最 高炉温的 时 间 (时)	保 温 时 间 (时)				总 加 热 时 间 (时)			
					锭				重 (吨)			
					8.3	11.4	13.1	15.0	8.3	11.4	13.1	15.0
≥800	<1300	—	—	不限	不限	不限	不限	不限	4—00	4—30	5—30	6—30
750	<1300	—	—	不限	不限	不限	不限	不限	4—30	5—00	6—00	7—00
700	<1300	—	—	不限	不限	不限	不限	不限	5—00	5—30	6—30	7—30
650	<1300	—	—	不限	不限	不限	不限	不限	5—30	6—00	7—00	8—00
600	<1100	0—30	0—30	2—00	3—30	4—00	4—30	5—30	6—30	7—00	7—30	8—30
550	<1000	0—30	1—00	2—00	3—30	4—00	4—30	5—30	7—00	7—30	8—00	9—00
500	<900	0—30	2—00	2—00	3—30	4—00	4—30	5—30	8—00	8—30	9—00	10—00
450	<800	1—00	2—30	2—00	3—30	4—00	4—30	5—30	9—00	9—30	10—00	11—00
400	<700	1—00	3—00	2—30	3—30	4—00	4—30	5—30	10—00	10—30	11—00	12—00
<400	<600	2—00	3—30	2—30	4—00	4—30	5—00	6—00	12—00	12—30	13—00	14—00

(二) 影响加热时间的主要因素

1. 热锭温度和热锭率

热锭温度是指在装炉时最后一根钢锭的表面温度。从加热时间表中可以看出, 当入炉锭温从 600°C 提高 800°C 时, 加热时间可以缩短 $15\sim 30\%$ 。所以, 改进送锭和调度工作, 提高装炉热锭温度, 是挖掘均热炉生产潜力、降低消耗指标的有效措施。

从钢锭浇注完毕到装入均热炉为止所间隔的总时间, 称为传捆时间。沸腾钢钢锭在浇完冷凝后, 经脱模再送往均热炉间。钢锭从铸完到脱模这一段时间是在模

内冷却, 而脱完到装炉这段时间是在大气中冷却。因此, 钢锭装炉时的温度决定于模内冷却时间和模外冷却时间。镇静钢锭则仅在脱模间把锭模脱松, 随同锭模一同送往均热炉间, 在装炉前一直在模内冷却。

在实际生产中, 各初轧厂一般都由本厂常用的钢锭锭型中, 选择一种镇静钢锭和一种沸腾钢锭为代表, 通过实测数据制订传捆时间和钢锭温度的关系表, 表 20-12~14 列出一些初轧厂的传捆时间和钢锭温度的关系表, 供参考。

4.5吨沸腾钢锭传捆时间和钢锭温度的关系表

表 20-12

模内时间 (时)	模 外 时 间 (时)										
	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	钢 锭 温 度 ($^{\circ}\text{C}$)										
0.5	1040	825	770	640	550	485	425	370	320	280	240
1	1008	810	750	625	540	475	415	360	315	270	230
2	910	735	685	575	495	430	375	325	270	230	185
3	835	680	635	535	455	390	335	285	235	185	145
4	765	625	585	490	420	360	305	255	200	165	120
5	705	585	550	460	390	330	275	230	180	135	
6	650	535	505	420	355	295	245	195	150	105	
7	600	495	465	380	320	260	210	160	110		
8	560	460	430	350	285	230	175	125			
9	515	430	395	315	255	195	140				
10	475	385	360	280	215	155	120				
11	435	345	320	245	180	115					

7.1吨沸腾钢锭传捆时间和钢锭温度的关系表

表 20-13

模内时间 (时)	模 外 时 间 (时)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	钢 锭 温 度 ($^{\circ}\text{C}$)								
1	1050	805	645	540	475	430	380	345	315
2	920	715	575	480	435	395	335	315	280
3	850	650	530	445	395	365	305	280	250
4	775	600	490	410	360	335	275	250	220
5	710	550	435	380	330	300	245	220	190
6	650	480	400	340	280	250	215	185	160

3吨、7.1吨镇静钢锭传捆时间和钢锭温度的关系表

表 20-14

传捆时间 (时)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	3 吨	950	830	725	635	550	475	385	335	300	253	213	170	120	80	冷	
	7.1 吨		1020	900	800	735	675	615	570	520	490	460	430	400	370	340	310

热锭率也是均热炉一项重要指标。它对于提高均热炉产量、降低燃料消耗有重要意义。提高热锭率的途径

在于加强炼钢与轧钢的配合。表 20-15 列出一些初轧厂的热锭率，供参考。

某些初轧厂热锭率、热锭平均装炉温度和合金比

表 20-15

指 标 名 称		普 通 钢 厂				合 金 钢 厂	
		1150 轧 机	1100 轧 机	1000 轧 机	850 轧 机	850 轧 机	750 轧 机
热 锭 率 (%)	1972 年	91	84.8	53.58	90	34	44.48
	历史最高	93.7	87.7	53.58		36.6	43.78
热锭平均温度 (℃)	1972 年	675	652	577	530	550~650	500~600
	历史最高	786	750	754	550	550~650	550~600
1972年合金比 (%)				5.43	5.7	34.25	28.7

2. 钢种和钢锭的断面尺寸

高碳钢和合金钢的导热系数较低，钢锭在加热初期会因温差过大而产生热应力，因此要求控制升温速度。不同钢种所需的加热时间也不同。热锭温度愈高，因钢种不同而造成的加热时间的差别愈小。钢锭断面尺寸也是影响加热时间的重要因素，钢锭断面尺寸愈大，所需加热时间也愈长。

3. 炉坑装入量

炉坑装入量对加热时间有影响，装入量过多，将延长钢锭的加热时间；装入量过少时，虽然能缩短加热时间，但降低了均热炉的产量。因此要选择合适的炉坑装入量，一般可考虑装锭的炉底覆盖率为 35~40%。图 20-6 为某厂四角烧嘴均热炉装炉块数与产量的关系。

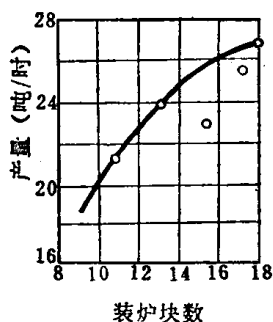


图 20-6 装炉块数与产量的关系

从图中可以看出，7.1 吨钢锭的合适装入量为 17~19 块。

4. 炉坑热能力（或最大热负荷）

炉坑的热能力要能保证满足钢锭允许最大加热速度的需要。

在生产中由于某些原因，例如粘土预热器漏风、炉子排烟能力不足等，妨碍炉坑热能力的发挥，从而延长钢锭的加热时间。

5. 炉温均匀性

炉温均匀性主要与炉型、燃烧设备和操作情况有关系。炉温不均匀会延长钢锭的加热时间。

四、其他热工作时间

（一）晾炉时间

低于 500℃ 的高碳钢和合金钢钢锭，装炉时要求一定的炉温，以防止钢锭内外温差过大而产生裂纹。各种

钢锭装炉时所要求的炉温，可参阅表 20-4、5、10、11。

为了达到要求的装炉温度，在装炉前要进行晾炉。均热炉的晾炉时间，主要决定于炉型、预热器型式和要求的晾炉温度。用粘土预热器或蓄热室的均热炉蓄热量大，需要的晾炉时间长。用金属预热器的均热炉晾炉时间就短些。图 20-7 是两种均热炉的晾炉曲线。晾炉时炉盖全开，烟道闸门关闭。

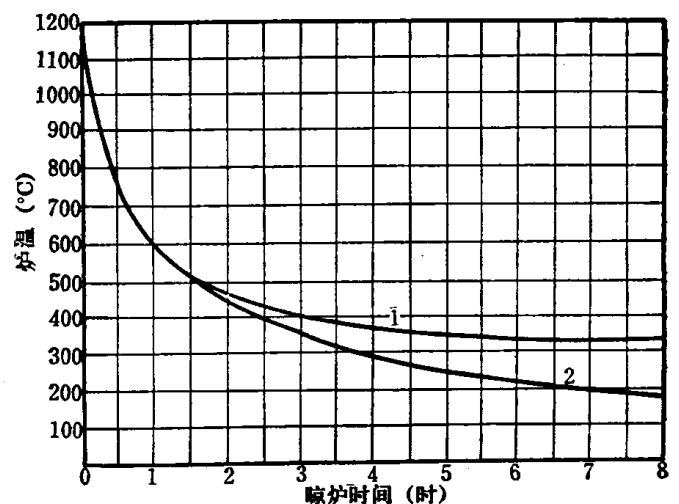


图 20-7 均热炉的晾炉时间

1—炉底中心烧嘴均热炉；2—上部单侧烧嘴均热炉

（二）装出炉时间

装炉时间决定于钢锭数目、运锭距离、夹钳起重机的性能和调度，以及操作的熟练程度等因素。当装吊下注沸腾钢锭时，要扭断汤道钢，有时也要多花时间。一般装一根钢锭的时间约 50~90 秒。钢锭的出炉时间，首先决定于轧机的轧制周期。在操作比较熟练的情况下，一般出一根钢锭所需时间约 1 分钟。

必要时用两台夹钳起重机同时装炉或出炉，可缩短每炉钢的总装出炉时间。

（三）出渣时间

出渣时间与炉子形式、出渣方式和炉内渣量及渣况