

冶炼机械设计方法

中国金属学会

冶金继续工程教育丛书

冶金工业出版社

罗振才 主编

冶金继续工程教育丛书

冶炼机械设计方法

罗振才 主编

冶金工业出版社

1993

(京) 新登字036号

内 容 简 介

本书是“冶金继续工程教育丛书”之一。书中在介绍冶炼机械结构型式和特点的基础上,着重阐述了有关设备的设计计算方法。为便于学习和应用每章编写了计算实例。全书共分两个部分,炼铁机械部分重点阐述了高炉上料机和炉顶装料设备,并介绍了原料输送机械设备和炉前机械设备。炼钢机械部分重点阐述了氧气顶吹转炉机械设备和连续铸钢设备,并介绍了电弧炉机械设备。

本书可供从事冶炼机械设计和技术改造的工程技术人员和科研部门有关人员使用,也可供高等院校师生参考。

冶金继续工程教育丛书

冶炼机械设计方法

罗振才 主编

责任编辑 葛志祺

*

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

河北省阜城县印刷厂印刷

*

787×1092 1/32 印张 13.375 字数 304 千字

1993年4月第一版 1993年4月第一次印刷

印数00,001~4,000册

ISBN 7-5024-1009-0

TF·234 定价9.80元

序

中国金属学会组织编写了“冶金继续工程教育丛书”，为大家办了一件好事。积极开展继续教育，对于提高冶金科技人员水平，促进冶金工业的发展具有重要意义。希望冶金战线各级领导重视这项工作，努力创造条件，为科技人员在职学习提供方便；同时也殷切希望广大冶金科技工作者坚持学习，不断吸收新知识，学习新技术，为实现四化、振兴中华做出更大贡献。

中国继续工程教育协会理事

冶金工业部副部长

徐大能

一九八八年十二月

前 言

本书是“冶金继续工程教育丛书”之一。编著者从继续教育特点出发，在介绍冶炼机械结构型式和特点的基础上，结合实际和科学技术的新成果，着重阐述了有关设备的设计计算方法。为便于学习和应用，书中还编写了计算实例。

本书分为炼铁机械和炼钢机械两部分。炼铁机械设备部分重点阐述了高炉上料机械设备和炉顶机械设备，并介绍了供料机械设备和炉前机械设备，炼钢机械设备部分重点阐述了氧气顶吹转炉机械设备和连续铸钢机械设备，并介绍了电弧炉机械设备。

本书可供从事冶炼机械设计和技术改造的工程技术人员和科研部门有关人员使用，也可供高等院校师生参考。

参加本书编写工作的有：东北工学院罗振才(前言、第3、6章)、徐德(第1、2章)；北京科技大学朱允言(第4章)；武汉钢铁学院胡传安(第5章1、4、5、6节)、武汉钢铁设计研究院邹祖华(第5章2、3节)、马鞍山钢铁设计研究院钟思良和北京科技大学李庆鸿(第7章)。

本书由罗振才教授主编；由潘毓淳教授和朱允言教授主审。在本书编写过程中还得到了有关科研部门、设计研究院所、高等院校和企业的支持和帮助，在此一并致谢。

由于编者水平所限，书中不妥之处在所难免，诚恳地欢迎读者批评指正。

编著者

一九九一年五月

目 录

序

前言

1 高炉供料设备	1
1.1 概述	1
1.1.1 热矿供料系统	1
1.1.2 冷矿供料系统	2
1.1.3 焦炭供料系统	3
1.2 闸门	3
1.2.1 闸门的主要参数	3
1.2.2 闸门上受力	6
1.3 给料机	9
1.3.1 电动机振动给料机	9
1.3.2 给料机工作参数的选择	13
1.3.3 给料机隔振弹簧刚度计算	14
1.4 振动筛	16
1.4.1 概述	16
1.4.2 振动筛的基本构造	17
1.4.3 振动筛运动学参数选择	27
1.4.4 生产率的计算	32
1.4.5 电动机功率的计算	32
1.4.6 惯性振动筛动力学	33
1.4.7 概率筛	44
2 高炉上料设备	48
2.1 概述	48
2.2 料车上料机的组成	49
2.2.1 料车	49
2.2.2 斜桥	54

2.2.3	料车卷扬机	60
2.3	料车上料机的生产能力	72
2.3.1	速度图、加速度图和钢绳行程图	72
2.3.2	料车上料机的作业率	74
2.4	钢绳强度计算	76
2.4.1	钢绳静强度计算	76
2.4.2	钢绳动载荷计算	77
2.4.3	钢绳强度计算实例	85
2.5	带式上料机	88
2.5.1	概述	88
2.5.2	带式上料机的布置	88
2.5.3	带式上料机的传动	89
2.5.4	胶带参数的选择与计算	98
2.5.5	电动机功率的计算	103
2.5.6	带式上料机电机功率计算实例	108
3	高炉炉顶设备	114
3.1	概述	114
3.2	布料设备	118
3.2.1	马基式布料器	118
3.2.2	小料钟	120
3.2.3	布料器的密封	121
3.2.4	快速布料器	123
3.2.5	空转螺旋布料器	126
3.3	装料设备	127
3.3.1	装料设备的设计计算	127
3.3.2	大钟拉杆	131
3.3.3	三钟和四钟炉顶结构	131
3.4	钟阀式炉顶设备	135
3.4.1	钟阀式炉顶设备的主要结构设计	136
3.5	无料钟炉顶设备	142

3.5.1	无料钟炉顶 总体结构	143
3.5.2	无料钟炉顶设备 设计	146
3.5.3	无料钟炉顶技术的发展	156
3.5.4	布料器传动装置的设计计算	158
3.6	料钟传动设备	162
3.7	探料设备	172
3.7.1	机械探料设备	172
3.7.2	同位素探料器	175
4	高炉液压泥炮	176
4.1	泥炮的结构类型	176
4.2	BG型液压泥炮的计算	191
4.2.1	打泥机构的计算	194
4.2.2	压炮装置的计算	198
4.2.3	旋转装置的计算	199
4.2.4	液压系统的计算	205
4.3	MHG型液压泥炮的计算	207
4.3.1	炮嘴运动轨迹的计算	207
4.3.2	压炮机构的受力分析	209
5	氧气顶吹转炉机械设备	213
5.1	氧气转炉炼钢设备组成	213
5.1.1	氧气转炉炼钢方法概述	213
5.1.2	氧气顶吹转炉车间的设备组成	214
5.2	转炉炉体及炉体支承系统	215
5.2.1	转炉炉体	216
5.2.2	炉体支承系统	220
5.3	转炉托圈的强度计算	234
5.3.1	基本公式	234
5.3.2	托圈按薄壁封闭曲杆受垂直载荷时的内力计算	239
5.3.3	托圈受水平载荷时的内力计算	245

5.3.4	箱形断面托圈的应力和变形计算	248
5.4	转炉倾动机械	250
5.4.1	倾动机械应具有的性能	250
5.4.2	倾动机械的工作特点及基本设计参数	252
5.4.3	倾动机械的三种配置型式及其结构特点	253
5.4.4	抗扭缓冲装置	259
5.4.5	转炉的传动与调速	263
5.5	转炉倾动力矩计算	264
5.5.1	空炉自重和重心位置计算	265
5.5.2	空炉力矩计算	268
5.5.3	炉液力矩计算	269
5.5.4	耳轴摩擦力矩计算	287
5.5.5	倾动力矩曲线的绘制与分析	287
5.5.6	最佳耳轴位置的确定	290
5.5.7	倾动机械计算载荷的确定	295
5.6	转炉倾动机械的扭转振动	296
5.6.1	阻力起动	298
5.6.2	松弛型起动	301
5.6.3	间隙型起动	302
5.6.4	影响扭振力矩的因素	303
5.6.5	悬挂式(带有柔性抗扭装置)转炉倾动机械的扭 转振动	304
6	电弧炉设备	310
6.1	电弧炉结构	310
6.1.1	炉体和炉盖	311
6.1.2	电磁搅拌装置	314
6.1.3	炉体倾动机构	314
6.1.4	电极系统	315
6.1.5	炉顶装料系统	321
6.2	电弧炉设备设计计算	323

6.2.1	倾动机构设计计算	323
6.2.2	炉盖旋开机构计算	328
6.2.3	电极升降机构计算	329
7	连续铸钢设备	332
7.1	概述	332
7.1.1	连续铸钢的优点	332
7.1.2	连铸机的机型	333
7.1.3	超低头连铸机	334
7.1.4	薄板坯及带钢连铸机	336
7.1.5	旋转圆坯连铸机	338
7.1.6	轮带式连铸机	338
7.2	弧形连铸机总体参数计算	341
7.2.1	钢包浇铸时间	341
7.2.2	铸坯断面	343
7.2.3	连铸机圆弧半径	344
7.2.4	拉坯速度	347
7.2.5	连铸机流数的计算	348
7.2.6	液心长度	350
7.3	结晶器及其振动机构	355
7.3.1	结晶器	355
7.3.2	结晶器振动机构	360
7.4	二次冷却支承导向装置和拉矫装置	367
7.4.1	小方坯连铸机的二次冷却支承导向装置和拉 矫装置	369
7.4.2	板坯连铸机的二次冷却支承导向装置和拉矫装置	375
7.4.3	二次冷却区喷水冷却装置	409
	参考文献	415

高炉供料设备

1.1 概 述

高炉供料设备由输送、给料、排料、筛分及称量等设备组成。这些设备根据冶炼的要求，把矿石、焦炭等原料燃料配成一定重量和比例的料批，供给高炉上料设备。

对高炉供料设备的基本要求：

1) 生产能力大。 1500m^3 高炉称量车能力为 40t ， 2025m^3 高炉的板式运输机每小时运量为 700t ， 4063m^3 高炉的矿石胶带输送机每小时运矿量为 3500t ，振动筛处理量每小时 400t 。为确保高炉连续生产，供料系统设备常采用双套系统布置；

2) 为保证高炉生产的稳定，要求称量机构准确；

3) 设备结构力求简单、操作方便、易于维修；

4) 设备耐磨性能好，机械强度高，使用寿命长，能适应在高温、多尘条件下工作。

供料系统分矿石和焦炭两个系统。矿石系统有热矿、冷矿之分。

1.1.1 热矿供料系统 (图1-1)

温度较高的烧结矿、球团矿，由火车（也有用钢丝网带输送机）运到贮矿槽并卸入矿槽内，再通过闸门、给料机送给矿槽下的称量车（或板式输送机），把组合好的料批卸到

料车式上料设备的料车内。

因为称量车的结构复杂，能力有限，劳动条件差，维修工作量大，很难满足高炉强化和大型化的要求，所以有用板式输送机加称量漏斗来取代称量车供料的趋势。

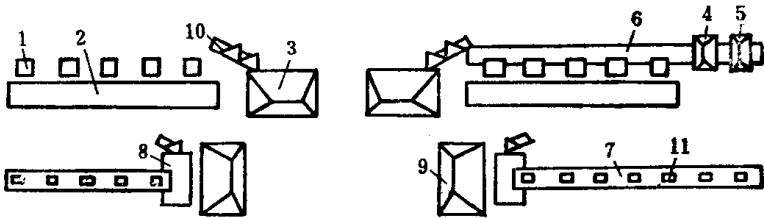


图 1-1 某高炉热矿供料设备图

1—板式给料机，2—板式输送机，3—矿石称量漏斗，4—石灰石称量漏斗，5—石灰石称量漏斗，6—石灰石胶带输送机，7—焦炭胶带输送机，8—焦筛，9—焦炭称量漏斗，10—中间矿槽溜槽双层闸门，11—焦槽闸门

1.1.2 冷矿供料系统

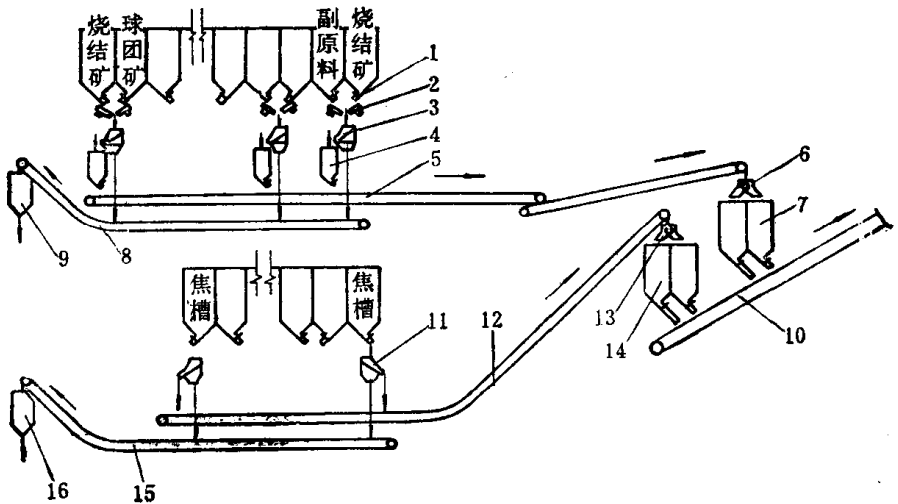


图 1-2 上海宝钢一高炉供料系统图

1—闸门，2—电动振动给料机，3—烧结矿振动筛，4—称量漏斗，5—矿石胶带输送机，6—矿石转换流槽，7—矿石中间料斗，8—粉矿胶带输送机，9—粉矿料斗，10—上料胶带输送机，11—焦炭振动筛，12—块焦胶带输送机，13—焦炭转换流槽，14—焦炭中间称量漏斗，15—粉焦胶带输送机，16—粉焦料斗

冷烧结矿、球团矿，由矿槽上胶带输送机卸入矿槽，经筛分、称量等设备卸入矿槽下胶带输送机上，再经转换流槽，流入矿石中间料斗（组成料批），见图1-2。

1.1.3 焦炭供料系统

由运焦车或胶带输送机运来的焦炭卸入贮焦槽内，再经焦炭筛流到胶带输送机上。合格的焦炭送到焦炭中间称量漏斗。经称量，再按照上料程序把焦炭卸到上料胶带上。筛下的焦粉，由焦粉胶带输送机送到焦粉料斗内贮存起来（见图1-2）。

1.2 闸 门

贮矿槽闸门用作封闭放料口或调节放料口排料流量，一般多采用扇形闸门。

1.2.1 闸门的主要参数

1. 放料口的选择

放料口大小与物料的物理性质、单位时间物料的排出量有关。对于块状物料放料口按下式计算：

$$a \geq \frac{1 + \frac{B}{A}}{2B} (d_b + 80) K \operatorname{tg} \psi \quad (1-1)$$

式中 a —— 方形或矩形放料口短边长度，mm；

A, B —— 矩形放料口边长 ($B > A$)，mm。当筛分后的物料最大块度与最小块度比 $d_{\max}/d_{\min} \leq 2.5$ 时， $d_b = 0.5(d_{\max} + d_{\min})$ ；当 $d_{\max}/d_{\min} > 2.5$ 时， $d_b = K' d_{\max}$ 。

K' ——系数，当最大块料组 $(1-0.8d_{\max})$ 之间的块料总和)含量较少(小于10%)时，取0.8；含量较多(大于10%)时，取1；

ψ ——物料的内摩擦角，($^{\circ}$)；

K ——系数，筛分过的物料取2.6；原物料取2.4。

放料口的大小亦可参考下式决定：

$$a = (3-6)d_b \quad (1-2)$$

式中 a ——指方形或矩形放料口最小边长或圆形放料口的直径。

2. 闸门的排放能力 Q

$$Q = 3600\rho Fv, \text{ t/h} \quad (1-3)$$

式中 ρ ——物料堆积密度， t/m^3 ；

F ——放料口面积(考虑物料颗粒尺寸的影响)， m^2 ；

正方形放料口： $F = (a - d_b)^2$ ，

矩形放料口： $F = (a - d_b)(b - d_b)$ ，

圆形放料口： $F = 0.785(D - d_b)^2$ 。

a, b ——矩形放料口边长， m ；

D ——圆形放料口直径， m ；

d_b ——物料标准块度， m ；

v ——物料流出速度， m/s 。

物料流出速度 v 与物料的抗剪强度 τ_0 。(物料间的附着力)及物料的内摩擦角有关。

对底开式放料口：

当 $R \geq R_e$ 时

$$v = \lambda \sqrt{2g \left(1.6R - \frac{\tau_0}{\gamma f} \right)} \quad (1-4)$$

$R < R_e$ 时

$$v = \lambda \sqrt{3g \left(2.1R - \frac{3.4\tau_0}{\gamma} \right)} \quad (1-5)$$

式中 R ——放料口的水力半径, m;

放料口为:

$$\text{方形: } R = \frac{a - d_b}{4};$$

$$\text{矩形: } R = \frac{(a - d_b)(b - d_b)}{2(a + b - 2d_b)};$$

$$\text{圆形: } R = \frac{D - d_b}{4}。$$

R_e ——物料的临界水力半径, m;

$$R_e = \frac{\tau_0}{\gamma} \lg^2 \left(45^\circ + \frac{\psi}{2} \right)$$

f ——物料的内摩擦系数;

λ ——放料系数, 烧结矿及焦炭可取0.4;

γ ——物料堆积重度, N/m³;

τ_0 ——物料初抗剪强度, N/m², 见表1-1。

对倾斜式放料口:

当 $R \geq R_e$ 时

$$v_a = \sin \alpha \cdot \lambda \sqrt{2g \left(2.1 R_e - \frac{3.4 \tau_0}{\gamma} \right)}, \text{ m/s} \quad (1-6)$$

式中 α ——倾斜面与水平面间夹角;

表 1-1 物料 τ_0 参考值

物料名称	初抗剪强度 τ_0 kN/m ²	物料名称	初抗剪强度 τ_0 kN/m ²
焦炭	0.216	矿 渣	0.687
大块煤矸石	0.480	矿 石	0.490—0.912
中块煤矸石	0.383—0.422	烧 结 矿	0.216

R_e ——垂直于倾斜方向放料口的水力半径, m;

物料的内摩擦系数 f 与内摩擦角 ψ 关系: $f = \lg \psi$ 。

常用物料摩擦系数值见表1-2。

表 1-2 常用物料摩擦系数值

物料名称	内摩擦系数	与钢的摩擦系数	与木材的摩擦系数	与橡胶的摩擦系数
焦炭	0.7—1.19	0.47—0.53	0.83—0.84	—
烧结矿	0.93—1.14	0.51—0.69	0.6—0.74	—
铁矿石	0.7—0.76	0.57—0.84	—	—
石灰石	0.76—1.26	0.56—1	0.7	—
煤	0.51—1.0	0.29—0.84	0.84—1	0.55—0.7

1.2.2 闸门上受力

1. 闸门承受的单位压力

物料作用在闸门上的单位压力 p 取决于物料的物理特性、料仓几何尺寸比例以及料仓的动作方式等。

(1) 对于水平闸门单位压力 p_v (图1-3a)

$$p_v = \frac{\gamma R}{f m} K_0 K_1 \quad (1-7)$$

(2) 对于倾斜闸门单位压力 p_a (图1-3b)

$$p_a = \frac{\gamma R}{f m} K_0 K_1 (\cos^2 \alpha + m \sin^2 \alpha) \quad (1-8)$$

式中 p_v ——垂直方向单位压力, Pa;

p_a ——倾斜方向单位压力, Pa;

α ——闸门对水平面倾角;

γ ——物料堆积重度, N/m³;

K_0 ——放料操作系数, 每次放空取 $K_0 = 2$, 每次不放空 $K_0 = 1$;

K_1 ——修正系数, 取0.5—0.7;

m ——侧压系数, 对于浅仓易流动物料:

$$m = \frac{1 - \sin\psi}{1 + \sin\psi} \quad \text{或} \quad m = \frac{0.18}{f}$$

对于深仓，侧压系数可按图1-4曲线取。

f ——物料的内摩擦系数；

ψ ——物料的内摩擦角。

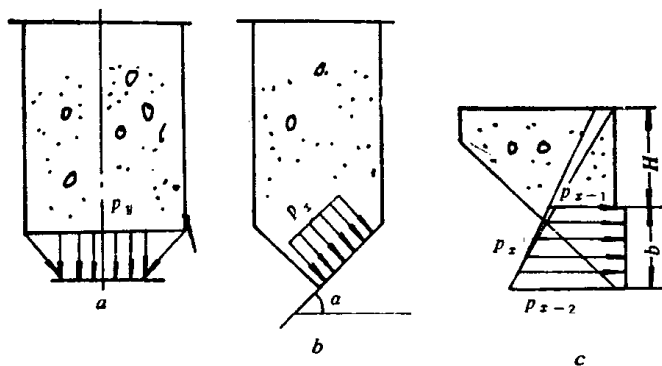


图 1-3 闸门受力示意图

a—水平闸门；b—倾斜闸门；c—称量漏斗闸门

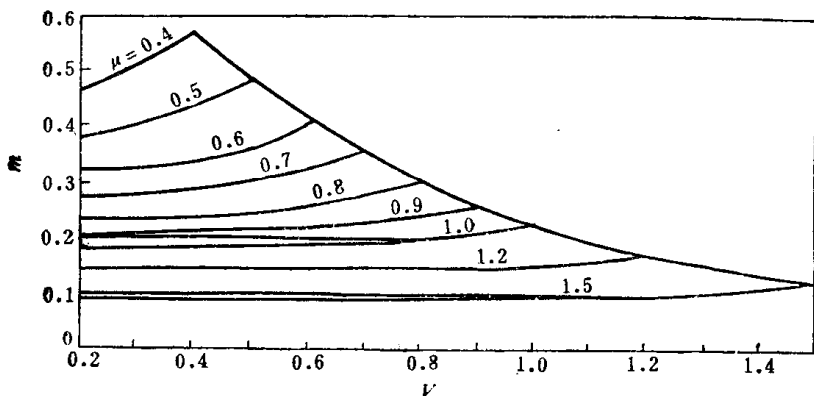


图 1-4 深仓侧压系数曲线

(3) 称量漏斗如图1-3c所示，其闸门水平受力可按公式1-8计算。另外，由于称量漏斗为浅装容器，压力可按式近似计算：

$$p_{x-1} = H\gamma m K_d$$