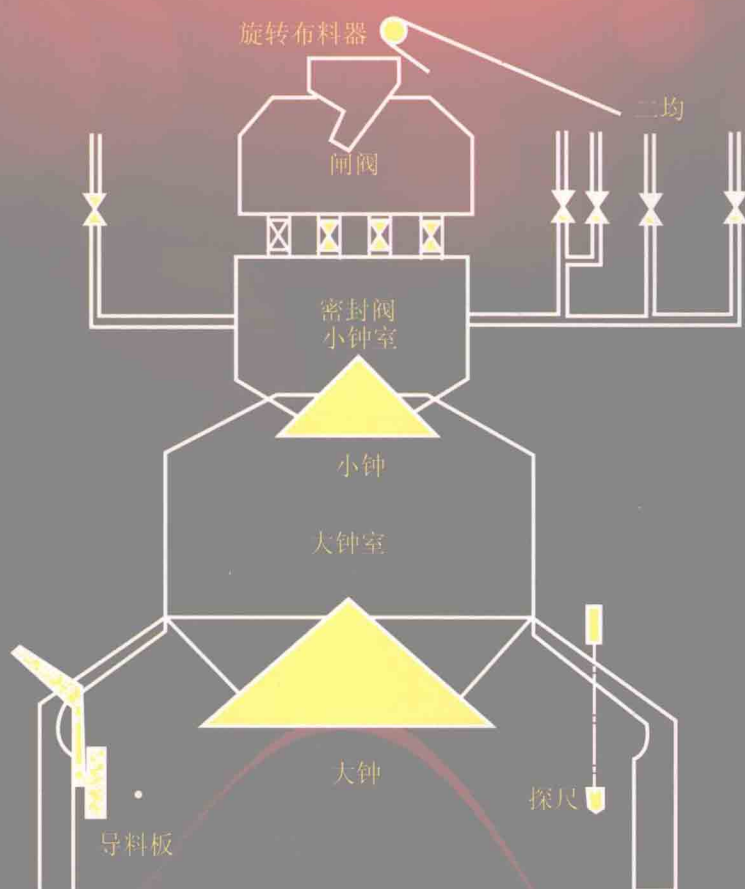


刘敏丽 主编 高岗强 副主编

高炉炼铁操作

GAOLU LIANTIE CAOZUO



化学工业出版社

刘敏丽 主编

高炉炼铁操作

GAOLU LIANTIE CAOZUO



化学工业出版社

·北京·

本书内容主要包括“上料操作”、“送风操作”、“喷煤操作”、“炉内操作”、“炉前操作”、“冷却操作”、“安全生产及管理”七大工作岗位和安全教育。书中内容突出生产现场实践、操作，岗位技术要求及操作规程，还配有大量的生产典型案例，让读者不仅有真正置身于生产一线的感觉，而且可以达到学完就能动手的效果。

本书可作为冶金相关专业职业院校的教材，也可供炼铁企业工程技术人员、现场操作人员阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

高炉炼铁操作/刘敏丽主编. —北京: 化学工业出版社, 2010. 8
ISBN 978-7-122-08758-4

I. 高… II. 刘… III. 高炉炼铁 IV. TF53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 105227 号

责任编辑: 刘丽宏

装帧设计: 周 遥

责任校对: 王素芹

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京市振南印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 13¼ 字数 342 千字 2010 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

前 言

近年来，我国高炉炼铁工业处于高速发展阶段，对冶炼人才的需求不断加大。为了顺应炼铁行业的发展，必须提高冶炼技术人员的知识和技能水平。为此，我们编写了这本实践性、操作性、指导性兼具的《高炉炼铁操作》图书。

本书坚持以能力为本位，把提高读者的技术应用能力放在首位，围绕高炉炼铁相关岗位的能力培养，以冶金企业真实生产任务设计相关内容。书中主要介绍了“上料操作”、“送风操作”、“喷煤操作”、“炉内操作”、“炉前操作”、“冷却操作”、“安全生产及管理”七大工作岗位和安全教育。重在突出生产现场的岗位技术及操作，还配有大量的生产典型案例，让读者不仅有真正置身于生产一线的感觉，而且可以达到学完就能动手的效果，初步具备高炉冶炼各工种的操作能力。

全书在内容体系上，紧密结合生产实际，遵循“精简、综合、够用”的原则，既考虑了工艺知识的系统性，又考虑了读者技能提升的需要，打破以知识传授为主要特征的传统图书编写模式，引入行业、企业技术标准，参照职业岗位操作要求，以岗位模块、项目和任务取代章、节，按照工作流程组织内容，让读者在完成具体项目的过程中学习相关知识，训练职业技能。本书可作为职业院校相关专业的教材，也可供炼铁相关领域工程技术人员、一线操作人员阅读。

本书由内蒙古机电职业技术学院刘敏丽主编，高岗强副主编。参加编写工作的还有包头钢铁集团王少鹏、赵福刚，内蒙古机电职业技术学院石富、包头钢铁集团李海滨对全书进行了审阅，并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

限于编写时间和编者水平，书中不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

岗位 1 上料操作 1

 【知识目标】 1

 【能力目标】 1

 【知识系统】 1

 知识点 1.1 原料、燃料质量指标 1

 知识点 1.2 原料系统设备 3

 知识点 1.3 上料系统设备 4

 知识点 1.4 装料制度 7

 【上料区域岗位操作】 10

 1. 上料岗位班中作业 10

 2. 处理炉顶蓬料作业 10

 3. 处理料线零位错位作业 11

 4. 处理料线卡尺作业 11

 5. 处理溜槽倾角不对应作业 11

 6. 处理皮带接口开裂作业 11

 7. 更换皮带作业 12

 8. 更换平轮、托轮作业 12

 9. 滚筒加油作业 12

 10. 万向轴注油点加油作业 12

 11. 校称作业 13

 12. 布袋检漏作业 13

 13. 炉顶清灰作业 13

 14. 炉顶点火作业 13

 15. 料车掉道作业 14

 16. 加料微机工作业 14

 17. 钉带作业 14

 18. 更换除尘三角带 15

 19. 清理松弛保护 15

 20. 减速器加油 15

 21. 零位检查 15

 22. 检查传感器 15

 23. 调整钢丝绳 16

 24. 下料流开不到位处理 16

 25. 炉顶布料溜槽不转处理 16

26. 炉顶料罐压力放不净处理	16
27. 溜槽更换作业	16
28. 更换上密封圈操作	17
29. 更换下密封圈操作	17
30. 更换均压放散阀	17
31. 马槽皮更换作业	17
【典型案例】	18
案例 1 ×炼铁厂 1#高炉操作	18
案例 2 ×高炉上料系统应急处理	21
案例 3 ×炼铁厂装料工操作	28
案例 4 ×炼铁厂 1#高炉开炉料面的测定	31
案例 5 1BF2#炉顶放散阀泄漏处理	33
岗位 2 送风操作	36
【知识目标】	36
【能力目标】	36
【知识系统】	36
知识点 2.1 热风炉系统	36
知识点 2.2 送风制度	39
【热风炉区域岗位操作】	42
1. 燃烧转送风作业	42
2. 送风转燃烧作业	42
3. 计划休风作业	42
4. 翻眼镜阀作业	43
5. 紧急休风作业	43
6. 倒流作业	44
7. 热风炉倒流作业	44
8. 复风作业	44
9. 引煤气作业	44
10. 助燃风机突然断电作业	45
11. 助燃风机和高炉同时断电作业	45
12. 高炉突然断电作业	45
13. 突然停水作业	45
14. 热风炉各阀门开、关不到位作业	46
15. 阀门水路堵塞作业	46
16. 阀门漏水作业	46
17. 跑风作业	47
18. 热风炉微机操作工作业	47
19. 热风炉阀体运输和存放	48
20. 阀体安装	48

21. 阀体调试	48
22. 阀门液压杆销脱落安装作业	48
23. 顶燃式热风炉烘炉	48
24. 顶燃式热风炉凉炉作业	49
25. 阀门清洁	49
26. 阀门加油润滑	49
【典型案例】	49
案例 1 ×炼铁厂 8#高炉更换风口操作	49
案例 2 ×炼铁厂热风炉操作	52
案例 3 2BF 易地大修热风炉硅质火泥问题	58
案例 4 16#风口熔损后的维护	59
案例 5 高炉热风送风压力检测系统故障处理	61
岗位 3 喷煤操作	63
【知识目标】	63
【能力目标】	63
【知识系统】	63
知识点 喷煤系统主要设备及技术参数	63
【岗位操作】	66
1. ×炼铁厂桥式起重机操作	66
2. 备煤岗位操作	69
3. 烟气升温炉操作	70
4. 制粉岗位操作	74
5. 喷煤工操作	78
6. 插枪工操作	81
【典型案例】	83
案例 1 1BF 喷吹故障导致喷吹煤量突然降低时的操作对策	83
案例 2 2BF 区域高炉喷煤系统故障处理	84
案例 3 3BF 喷煤中间罐均压软管脱落时炉内应对措施	85
岗位 4 炉内操作	87
【知识目标】	87
【能力目标】	87
【知识系统】	87
知识点 4.1 炉内检测	87
知识点 4.2 炉况判断	90
知识点 4.3 处理失常炉况	100
知识点 4.4 高炉特殊操作	120
【炉内岗位操作】	136
1. 值班工长日常工作要求	136
2. 值班工长日常调剂炉况要求	136

3. 值班室开风引煤气作业	137
4. 正常休风作业	137
5. 炉况分析	138
6. 高压转常压作业	138
7. 低料线作业操作	138
8. 大喷煤下停煤操作	139
9. 高炉断水作业	139
10. 原、燃料筛分检测	140
11. 变料作业	141
12. 取渣样作业	141
13. 处理炉皮烧红作业	141
14. 切煤气作业	142
15. 取铁样作业	142
16. 动力介质的管理	143
17. 紧急休风作业	143
【典型案例】	143
案例 1 1BF 炉身喷补效果分析	143
案例 2 1#高炉炉况失常及处理	145
岗位 5 炉前操作	147
【知识目标】	147
【能力目标】	147
【知识系统】	147
知识点 5.1 泥炮操作	147
知识点 5.2 开口机操作	149
知识点 5.3 堵渣机操作	150
知识点 5.4 吊车作业	151
【炉前岗位操作】	152
1. 铁口岗位	152
2. 放渣岗位	156
3. 看罐岗位	157
4. 砂口岗位	158
5. 高炉出铁场维护操作	158
6. 炉前作业工作程序	160
7. 炉前操作牌制度	163
8. 环境保护	163
9. 事故处理	163
【典型案例】	165
案例 1 某炼铁厂 2BF3#泥炮故障减风堵口事故	165
案例 2 某炼铁厂 3 高炉 2#主沟漏铁烧坏冷却壁水管和电缆	166

岗位 6 冷却操作	168
【知识目标】	168
【能力目标】	168
【知识系统】	168
知识点 6.1 高炉冷却一般知识	168
知识点 6.2 高炉冷却系统冷却设备及冷却制度	169
【岗位操作】	170
1. 操作要求	170
2. 设备维护要求	175
3. 高炉紧急停电、停水处理	175
4. 炉缸烧穿紧急处理	176
岗位 7 安全生产及管理	178
【知识目标】	178
【能力目标】	178
【知识系统】	178
知识点 7.1 安全知识	178
知识点 7.2 班组管理	181
【高炉操作管理要求】	182
1. 炉温管理基准	182
2. 透气性管理基准	183
3. 煤气流分布管理基准	183
4. 装料管理要求	183
5. 风量管理要求	184
6. 喷煤管理要求	185
7. 富氧管理要求	186
8. 加湿和风温管理要求	186
9. 高压管理要求	186
10. 负荷管理要求	187
11. 炉温管理要求	187
12. 造渣制度管理要求	187
13. 冷却制度管理要求	188
14. 低碱度烧结矿、低 MgO 烧结矿、落地烧结矿、落地焦炭的使用管理	188
附录 1 炼铁工（中级）理论知识复习题	189
附录 2 炼铁工（中级）理论知识复习题答案	200
参考文献	204

岗位 1 上料操作

【知识目标】

- 掌握原、燃料基础知识；
- 掌握上料系统知识；
- 掌握装料制度知识；
- 了解上料系统工作原理及设备参数、掌握设备操作规程及制度、掌握设备的日常维护知识。

【能力目标】

- 能完成原燃料备料、称量、取料工作；
- 具备上料卷扬机操作能力；
- 能按装料制度完成炉顶装料工作；
- 能熟练操作设备，能对设备进行日常维护。

【知识系统】

知识点 1.1 原料、燃料质量指标

入炉原料应以烧结矿和球团矿为主。应采用高碱度烧结矿，搭配酸性球团矿或部分块矿，在高炉中不宜加熔剂。入炉原料含铁品位及熟料率应符合表 1-1 的规定。

表 1-1 入炉原料含铁品位及熟料率要求

炉容级别/m³	1000	2000	3000	4000	5000
平均含铁/%	≥56	≥58	≥59	≥59	≥60
熟料率/%	≥85	≥85	≥85	≥85	≥85

注：不包括特殊矿。

烧结矿质量应符合表 1-2 的规定。

表 1-2 烧结矿质量要求

炉容级别/m³	1000	2000	3000	4000	5000
铁分波动/%	≤±0.5	≤±0.5	≤±0.5	≤±0.5	≤±0.5
碱度波动	≤±0.08	≤±0.08	≤±0.08	≤±0.08	≤±0.08
铁分和碱度波动的达标率/%	≥80	≥85	≥90	≥95	≥98
含 FeO/%	≤9.0	≤8.8	≤8.5	≤8.0	≤8.0
FeO 波动/%	≤±1.0	≤±1.0	≤±1.0	≤±1.0	≤±1.0
转鼓指数+6.3mm/%	≥71	≥74	≥77	≥78	≥78

注：碱度为 CaO/SiO₂。

球团矿质量应符合表 1-3 的规定。

表 1-3 球团矿质量要求

炉容级别/m ³	1000	2000	3000	4000	5000
含铁量/%	≥63	≥63	≥64	≥64	≥64
转鼓指数+6.3mm/%	≥89	≥89	≥92	≥92	≥92
耐磨指数-0.5mm/%	≤5	≤5	≤4	≤4	≤4
常温耐压强度/(N/球)	≥2000	≥2000	≥2000	≥2500	≥2500
低温还原粉化率+3.15mm/%	≥85	≥85	≥89	≥89	≥89
膨胀率/%	≤15	≤15	≤15	≤15	≤15
铁分波动/%	≤±0.5	≤±0.5	≤±0.5	≤±0.5	≤±0.5

注：不包括特殊矿石。

入炉块矿质量应符合表 1-4 的规定。

表 1-4 入炉块矿质量要求

炉容级别/m ³	1000	2000	3000	4000	5000
含铁量/%	≥62	≥62	≥64	≥64	≥64
热爆裂性能/%	—	—	≤1	<1	<1
铁分波动/%	≤±0.5	≤±0.5	≤±0.5	≤±0.5	≤±0.5

原料粒度应符合表 1-5 的规定。

表 1-5 原料粒度要求

烧结矿		块 矿		球团矿	
粒度范围/mm	5~50	粒度范围/mm	5~30	粒度范围/mm	6~18
>50	≤8%	>30	≤10%	9~18	≥85%
<5	≤5%	<5	≤5%	<6	≤5%

注：石灰石、白云石、萤石、锰矿、硅石粒度应与块矿粒度相同。

焦炭质量应符合表 1-6 的规定。

表 1-6 焦炭质量要求

炉容级别/m ³	1000	2000	3000	4000	5000
M ₄₀ /%	≥78	≥82	≥84	≥85	≥86
M ₁₀ /%	≤8.0	≤7.5	≤7.0	≤6.5	≤6.0
反应后强度 CSR/%	≥58	≥60	≥62	≥65	≥66
反应性指数 CRI/%	≤28	≤26	≤25	≤25	≤25
焦炭灰分/%	≤13	≤13	≤12.5	≤12	≤12
焦炭含硫/%	≤0.7	≤0.7	≤0.7	≤0.6	≤0.6
焦炭粒度范围/mm	75~20	75~25	75~25	75~25	75~30
大于上限/%	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10
小于下限/%	≤8	≤8	≤8	≤8	≤8

高炉喷吹用煤应根据资源条件进行选择。喷吹煤质量应符合表 1-7 的规定。

表 1-7 喷吹煤质量要求

炉容级别/m ³	1000	2000	3000	4000	5000
灰分 A _{ad} /%	≤12	≤11	≤10	≤9	≤9
含硫 S _{t,ad} /%	≤0.7	≤0.7	≤0.7	≤0.6	≤0.6

入炉原料和燃料应控制有害杂质量。其控制宜符合表 1-8 的规定。

表 1-8 入炉原料和燃料有害杂质量控制值

单位：kg/t

K ₂ O+Na ₂ O	≤3.0	As	≤0.1
Zn	≤0.15	S	≤4.0
Pb	≤0.15	Cl ⁻	≤0.6

知识点 1.2 原料系统设备

1.2.1 工艺流程

原料系统工艺流程如图 1-1 所示。

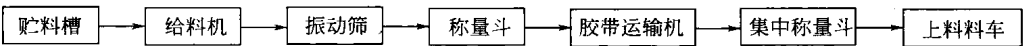


图 1-1 原料系统工艺流程

1.2.2 设备结构

(1) 作用及用途 按高炉冶炼要求，把一定数量的原、燃料按一定顺序进行称量并送往上料系统。同时，当原、燃料供应系统发生故障或检修时，矿槽系统贮存的原、燃料能够维持高炉一定时间的连续生产。

(2) 主要结构及特点 矿槽系统：由贮矿（焦）槽、给料机、振动筛、称量斗等设备组成。

① 贮矿（焦）槽：一般用钢筋混凝土浇灌成四棱截形，内衬耐磨衬板，其数量与容积应根据高炉使用原料品种、料批、矿批、称量斗、筛等来确定。

② 给料机：一般采用电磁式振动给料机，由电机及给料机体等组成。

③ 振动筛：由电机、筛体、筛网和弹簧等构成。

④ 称量斗：由称量斗和压头传感器组成。

(3) 操作及维护要点

① 启动矿槽系统要按设备启动程序进行，禁止逆向启动和误操作。

② 定期检查矿槽闸门开度，发现异常及时手动调整。

③ 定期检查筛网堵塞情况，堵塞率超过 30%及时清理。

- ④ 定期检查设备磨损情况，漏料严重时及时维修。
- ⑤ 定期检查胶带输送机运转情况，并及时纠偏。
- ⑥ 定期校核称量秤“零点”，防止称量有误。

知识点 1.3 上料系统设备

1.3.1 工艺流程

无料钟炉顶工艺流程如图 1-2 所示。

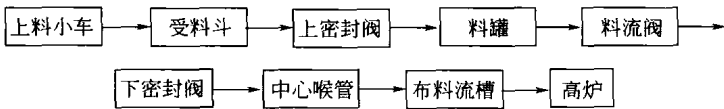


图 1-2 无料钟炉顶工艺流程

1.3.2 主要设备

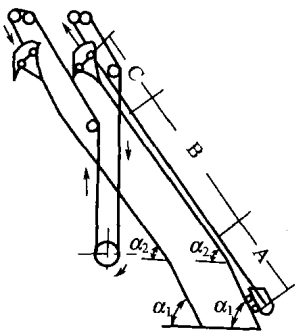
上料系统主要设备有料车上料机和炉顶装料装置。

(1) 料车上料机

① 作用和用途：料车上料机长期以来被认为是比较完善的高炉上料设备，并得到了广泛的应用，它是目前国内高炉上料的主要形式之一。其作用和用途是安全、及时、准确地把高炉冶炼的各种原、燃料运送到炉顶，经布料装置，合理地将分布于高炉内，实现高炉生产的最佳操作。

② 主要结构和特点：料车上料机主要由斜桥、料车和卷扬机三部分组成。

a. 斜桥：它是一个专门装置，类似斜梯的结构件。安装有料车行走轨道等。料车行走轨道通常分为三段：料坑段、中间段、曲轨段。其工作原理如图 1-3 所示。



b. 料车：主要由车体、前后轮和钢绳张力平衡装置组成。

i. 料车：料车内壁的底部和两侧用耐磨衬板保护。衬板所形成的交界做成圆形角，防止卡料，料车尾部开有小孔，便于人工把撒料重新装入车内。

ii. 前后轮：前后轮的构造不同，前轮只有一个踏面，轮缘在斜板轨道内侧；沿主轨道和主曲轨道滚动；后轮有两个踏面，轮缘在两个踏面之间。在料坑段和中间段时，后轮内踏面与轨道接触；在曲轨道段时，外踏面与辅助轨道接触，内踏脱离主曲轨道，实现卸料。

iii. 钢绳张力平衡装置：它是套杠杆机构，由三角杠杆、横栏杆和直接杆等组成。用所补偿钢绳不均衡的拉长，实现两根钢绳张力的基本平衡。

c. 卷扬机：是高炉生产的关键部件，由机座、驱动系统、卷筒和安全保护装置四部分组成。

i. 机座：用来支撑料车卷扬机的各部件之间的相对位置和正常工作。并把外载负荷传给基础。

ii. 驱动系统：包括电机、齿轮传动装置和工作制动器等部件。

iii. 卷筒：卷筒的圆周表面有双线左旋绳槽，供钢绳缠线用。钢绳用梳形板咬住，再用斜铁楔压紧，然后用螺栓紧固，防止钢绳抽出。

③ 操作与维护要点

- a. 定期检查驱动钢绳润滑状况，并及时给油脂润滑。
- b. 定期检查轨道平行度，防止变形卡料车。
- c. 定期检查料坑内撒料，并及时清理装入料车。
- d. 定期检查卷扬机减速器润滑状况，并及时给油脂润滑。
- e. 按工艺要求及时准确将炉料送往炉顶。
- f. 按设备参数进行装料操作，防止装料过满等现象。
- g. 开启上料系统要平稳，防止出现钢绳过松或过紧现象。

(2) 高炉装料装置“无料钟炉顶”式装料形式介绍如下。

① 作用及用途：同钟式炉顶的作用相同，也是把送到炉顶的炉料，按一定工艺要求装入炉内。同时能够防止炉顶煤气外溢。布料方式有单环、多环、扇形、定点和螺旋布料等方式。各布料方式特点如下。

a. 单环布料：无钟布一批料，溜槽转动6~12圈，放料时间比大钟长5~10倍。炉料在缓慢流动中，粉末易在落点附近停留，形成炉料偏析。因此单环布料不适合无钟操作，它不仅失去了无钟的技术优势，而是发挥了它的短处，所以单环布料是扬短避长；大钟布料与无钟完全不同，大钟打开后，炉料迅速落到炉内，时间短，偏析少，但界面效应严重。

b. 多环布料：按等面积原理，将炉喉截面分成若干个等面积圆环，每个圆环对应一个溜槽倾角—— α 角。在布料过程中，将每一圈炉料分布到相同面积的圆环里，炉料在炉内的厚度互相接近或其厚度有成倍的差别，从而达到控制炉喉径向矿焦比变化，进而控制炉内煤气流分布的目的。

c. 螺旋布料：与多环布料基本相同，主要是解决多环布料过程中出现的“台阶”问题，达到炉喉径向矿焦比变化更合理。

d. 扇型布料：可以实现将一批料落入到炉喉内某一扇形区域，从而达到控制炉喉内某一扇形区域矿焦比，进而控制炉内煤气流分布。

e. 定点布料：可以实现将一批料落入到炉喉内某一区域，从而达到控制炉喉内某一区域矿焦比，进而堵塞或发展炉内某一区域煤气流。

② 主要结构和特点：无钟炉顶按料罐布置方式分为串罐式和并罐式两种基本形式。串罐式又分为卢森堡式、SS型和紧凑式3种。串罐式无料钟炉顶示意图如图1-4所示。并罐式无料钟炉顶示意图如图1-5所示。并罐式炉顶主要由受料斗、料流闸阀、密封阀、密封称量料斗（料罐）、布料溜槽、均压装置、探料尺装置及控制系统等组成。

- a. 受料斗：形状与上料形式有关，分固定式和移动式两种。
- b. 料流闸阀：由两个半球面闸阀构成。每个半球带双爪，开口呈方形。
- c. 密封阀：安装在料流闸阀下面，密封称量斗入口和出口处。由阀柄和密封胶圈

组成。

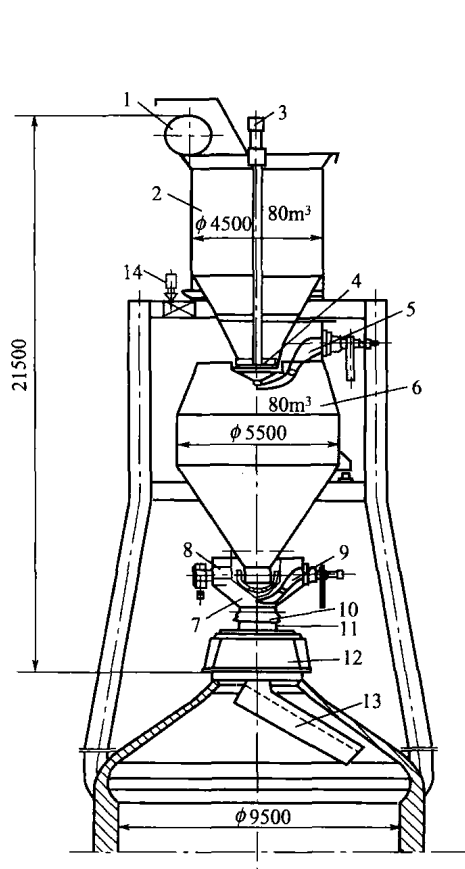


图 1-4 串罐式无料钟炉顶示意图

- 1—带式上料机；2—旋转料罐；3—油缸；4—托盘式料门；5—上密封阀；6—密封料罐；7—卸料漏斗；8—料流调节阀；9—下密封阀；10—波纹管；11—眼镜阀；12—传动齿轮箱；13—溜槽；14—驱动电机

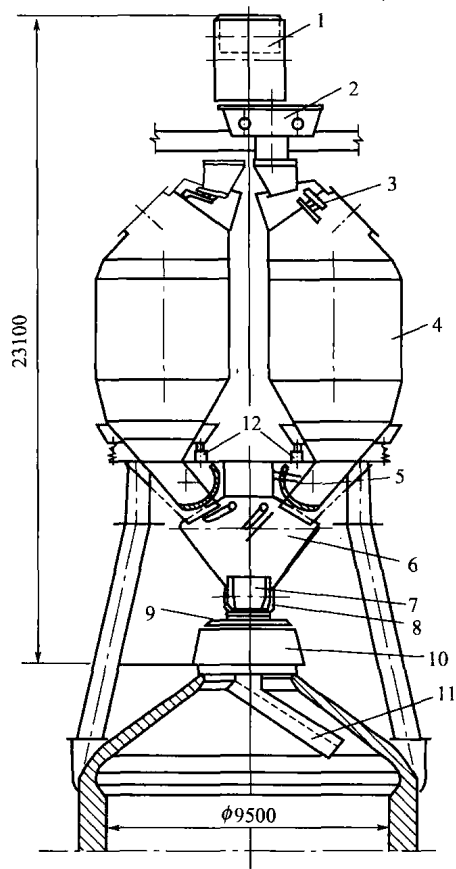


图 1-5 并罐式无料钟炉顶示意图

- 1—带式上料机；2—移动小车；3—上密封阀；4—料罐；5—料流调节阀；6—下密封阀和导料漏斗；7—挡料环；8—波纹管；9—眼镜阀；10—传动齿轮箱；11—溜槽；12—电子秤

d. 密封称量斗（料罐）：由罐体、称量传感器、 γ 射线料位计等组成。密封称量斗（料罐）采用悬挂方式，通过弹性较好的波纹管同高炉其他部位及均压管道相连接。

e. 布料溜槽：包括流槽和传动、倾动机构（气密箱）。

f. 均压系统：包括管道、均压阀、放散阀。

g. 探料尺装置：包括尺斗、链条及电机、电控装置等。

③ 操作及维护要点

a. 定期校对探尺“零点”，防止“零点”漂移。

b. 定期检查装料设备密封状况，发现泄漏及时处理。

c. 按工艺要求进行装料作业。

d. 定期检查受料斗下料口翻板，发现偏移卡料等及时处理。

e. 定期检查装料设备润滑状况，并及时给油脂润滑。

f. 密封阀操作要先松动后移动，关闭料流阀要先全开后关闭，防止卡料。

知识点 1.4 装料制度

1.4.1 装料操作及注意事项

(1) 装料操作

① 首先确定煤气分布类型。

② 确定批重大小。小批重加重边缘，大批重加重中心。如批重过大，不仅加重中心，而且也有加重边缘的趋势。一般批重的大小，可参照同类型、同条件（条件相近）指标较好的高炉进行选择。关于合适批范围曾有许多经验式，刘云彩指出：一批料落入料面后，边缘与中心的厚度比 D_K 是一个特征值。随着批重由小到大的变化， D_K 值可划分为激变、微变和缓变区，合理批重应选在微变区。

③ 确定料序。在批重和料线不变的情况下，由加重边缘走向加重中心的料序排列一般是：正同装——正装——倒装——倒同装。因此，可根据各种料序对边缘、中心煤气流作用的不同，由几种料序（一般为两种，过多易出错）组成一个循环批数。循环批数的确定要考虑均匀布料的要求，避免某种料总布在同一位置上，并以不超过 10 批为宜。

不同种类和粒级的铁矿石应分批入炉，辅料用量不大时可每隔 2~5 批加入 1 次。矿石类炉料落入炉内的顺序是：锰矿、洗炉料、铁矿石。碱性熔剂应避免加在边缘。碎铁块加在—批料的中间，以保护装料设备。

④ 确定料线。一般不宜采用过深料线，以免浪费高炉有效容积。落料深度在炉喉碰撞区以下时，由于炉料反弹，堆尖位置难以显出规律性的变化，徒增破碎机会，故料线应选择碰撞区以上。落料深度在炉喉碰撞区以上范围内，料面堆尖位置随着料线降低而靠近炉墙。

(2) 注意事项

① 变更料线属于装料制度中一种较为常用的调剂方法。因此高炉料线的零位，每次计划检修时都需要校正。

② 禁止过长时间（如 2h）用单料尺工作。作为一种防止装料过满的措施，高炉如发生偏料时以高料尺为装料标准。

③ 禁止低料线作业。若发生低料线情况，应设法在 1h 内赶上正常料线，与此同时应注意炉顶温度，不使其超过 500°C （钟斗式高炉）或 300°C （无钟炉顶）。

④ 定期检查炉顶装料设备的工况。布料器故障若超过 2h，应采取必要的补救措施。

⑤ 定时查看料车中是否有剩料；料车中炉料体积是否正常；以及上料系统各岗位执行装料制度是否正确等。

⑥ 装备先进，检查仍要仔细。对装料设备、装料制度检查疏漏而引起的炉冷事故已多次发生，值得警惕。

⑦ 实际调剂中应注意的问题

a. 装料制度的调剂要与送风制度相适应，首钢将两者关系作如下概括：“如装料制度以疏导中心为主，下部能够接受较高的风速；如装料制度以发展边缘为主，则下部接受的风速将要降低。反过来说，高炉风速较低时，装料制度不应过分堵塞边缘气流，只能在疏导中心的同时适当加重边缘；如下部中心气流较为发展时，装料调剂也不能一下子堵塞中心，应适

当疏导边缘以减轻中心。”这就是以疏为先，疏堵结合的调剂方针。

b. 在变动装料制度时，尽量固定几个因素，变动一个因素。变动时分量不可过激。遇情况，批重、料序、料线一齐动是一种自乱阵脚的鲁莽操作，不可取。

c. 变动装料制度时还要估计到热制度的变化，特别是由加重边缘的装料制度向疏松边缘的装料制度变动时，应根据变动比例适当减轻焦炭负荷。临时改用若干批疏松边缘的料序时，应注意变更前后的实际料序情况，确定起止料批序号，避免边缘气流的过分发展。小高炉料序简单，加上炉缸热量贮备不足，尤应重视这一点。

1.4.2 装料顺序

(1) 合理批重的选择 由生产实践和实验知道，若批重过小，炉料在炉喉内既布不到边缘也布不到中心，如图 1-6 所示。随着批重的增加，炉料在炉内的分布同时向边缘和中心延伸；再增加批重，炉料在向边缘和中心一起延伸的同时，炉料首先布满边缘侧（炉墙与堆尖之间）；继续增加批重，炉料既在边缘侧增厚，又同时向中心侧延伸直至布满中心侧。称此时的批重为临界批重，其数值称为临界值。

当批重大于临界值时，随矿石批重增加而加重中心，过大则炉料分布趋向均匀，当批重小于临界值时，矿石布不到中心，随批重增加而加重边缘或作用不明显。

为说明这一规律，做如下试验。给批重 W_0 （为一具体数值）一个增量 ΔW ，则可算出炉料在炉喉内增加的厚度。即炉料在高炉中心线处的厚度 y_0 、炉料在高炉边缘（炉墙）处的厚度 y_B 以及炉料在堆尖处的厚度 y_G 。以 y_B/y_0 和 y_G/y_0 、批重 W_0 和 $W_0 + \Delta W$ 的关系，描述一条炉料批重的特征曲线，如图 1-7 所示。由图可以明显看出，批重有三个不同特征的区间：激变区、缓变区、微变区。批重值在激变区，增加批重时边缘减轻极快，中心加重也极快；批重值在微变区，不论批重增加或减少，对炉料分布影响都不大；批重值在缓变区，批重变化对炉料分布的影响介于两者之间。由此可知：

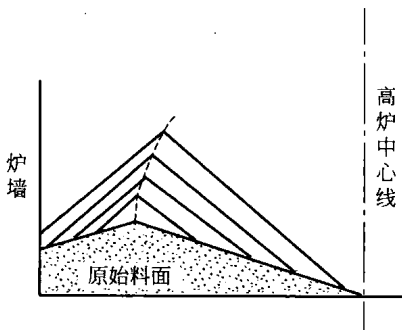


图 1-6 批重的选择

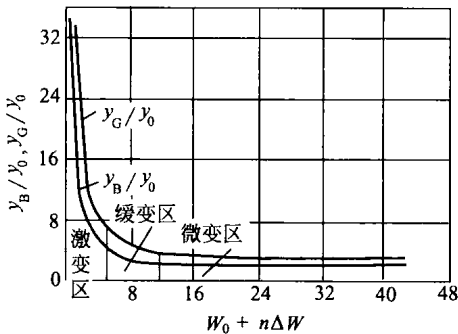


图 1-7 炉料批重特征曲线

① 当矿石批重在激变区时，批重波动对布料影响较大。所以，矿石批重选在激变区是不合适的。矿石批重在微变区时，不论批重扩大或减少，对炉料分布均无显著影响。在微变区炉料分布稳定，煤气流稳定，特别是有利于形成合理的软熔层，对高炉稳定顺行、改善煤气利用，均有重要作用，因此批重值应在微变区。在这种条件下，批重作为临时调剂手段，已失去意义。