

刘云彩 著

高炉布料规律

(第4版)



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

高 炉 布 料 规 律

(第4版)

刘云彩 著

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2012

内 容 简 介

本书最初于1984年出版,本次是第4版。书中重点讨论无钟布料操作,提出确定批重的方法,再次讨论中心加焦及煤气流分布,对四种类型煤气流分布进行了讨论和补充。

书中附有布料模型,便于高炉操作者及高炉技术开发者使用。

本书可供高炉炼铁操作者、技术人员及相关专业的大专院校师生和科研人员等阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

高炉布料规律/刘云彩著. —4版. —北京:
冶金工业出版社, 2012. 10
ISBN 978-7-5024-6077-8

I. ①高… II. ①刘… III. ①高炉—布料
IV. ①TF542

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第240296号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号, 邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbbs@cnmip.com.cn

责任编辑 常国平 刘小峰 美术编辑 李 新 胡 雅 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-6077-8

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

1984年2月第1版, 1993年12月第2版, 2005年1月第3版,

2012年10月第4版, 2012年10月第1次印刷

850mm×1168mm 1/32; 10.375印张; 276千字; 314页

39.00元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱: tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

第4版 前言

近几年到一些工厂访问，看到新一代炼铁专家以空前的创造力使我国炼铁生产水平进入了国际先进行列。其中，有些高炉的技术水平已经登上了世界高峰。在此期间，我与部分高炉操作人员，就高炉生产问题有些讨论，对《高炉布料规律》（第3版）有些评议。我参考部分意见，对旧作进行了修改，包括把原来的重点由大钟布料，转向无钟操作；把第五章删掉，有用的材料分到其他几章。此外，删除陈旧或不合本书要求的25~27页、114~115页、169~183页、234~238页的部分或全部内容，改写部分章节。除第二章、第三章改动较少外，其他各章均有补充。

在《高炉布料规律》（第3版）以前，一直用以 β 角为基础的“统一布料方程”计算，此次完成 α 角的公式变换（第六章），为无钟布料计算带来方便。关于无钟布料，提出确定批重的方法；再次讨论中心加焦及煤气流调节。对四种类型煤气分布再次讨论，基本观点依旧，但对有争议的分歧，补充了些背景资料。

对书中引用参考文献要做些说明：很多读者希望提供原始文献，但考虑到有些文献，在工厂或小城市，难以找到，所以尽量列出不同刊物出处，特别是有中文译文的文献，方便查找阅读。有的没能直接列出原文，或是未能找到或是我

不懂那类文字。

第二章第十二节中，有两个数据，按首钢技术研究院张雪松博士的验算结果做了改正。北京科技大学的代兵博士为部分章节的图表、公式编号，按要求在原稿上改变。有些朋友对本书插图进行了加工，作者一并感谢。感谢本书责任编辑刘小峰、常国平为提高本书质量所做的努力。没有他们的友情帮助，本书很难在如此短期内完成，作者对他们的慷慨帮助，深表谢意。

刘云彩

2012年6月4日于北京

第3版 前言

本书第2版于1993年出版发行，至今已十余年。为适应炼铁技术发展，作者在第3版中改写了前版第六章“无钟布料操作”，并加写了第七章“大钟布料操作”和第八章“布料模型”，使本书更适用于高炉操作者及高炉技术开发者参考。书中重点介绍无钟布料和大钟布料，如何操作、如何编制高炉布料模型。

高炉布料是高炉频繁使用的操作技术，对高炉的作用是多方面的。本书系统讲解布料操作如何影响高炉冶炼进程，便于读者理解和灵活运用布料操作基本规律，以应对不同高炉、不同炉况。

布料操作本身有局限性，对有的高炉故障无能为力；作者对布料操作的理解，也不全面，也经历过处理失误。不断完善本书是作者的心愿。欢迎读者对本书提出宝贵意见。

本书唯一的计算程序，是作者请徐陵编写的，不熟悉程序的读者，可参照此例编写其他计算程序。邯钢炼铁厂青年工程师王国英向作者指出，第2版书中第227页关于炉料落到料面的位置和溜槽位置的关系计算，重算了越前角，利用这次再版的机会，做了改正。

冶金工业出版社杨传福总编、赵培德编辑为提高本书质量付出了辛勤劳动。

作者感谢徐陵同志的真诚帮助。感谢所有为本书编写提出过意见和建议的专家和学者。

感谢首钢对本书出版的资助。

刘云彩

2004年9月30日于北京

第2版 前 言

《高炉布料规律》第1版于1984年出版。该书出版后受到不少读者、同行的鼓励。承蒙王之玺、成兰伯、恩·斯坦迪什(N. Standih)、安朝俊、刘述临、周取定、阿瑟·郑(Arthur S. Cheng)、樊哲宽和于仲洁等专家教授对本书评阅、推荐,《高炉布料规律》荣幸地被评为“1984年度冶金工业部优秀科技图书”。

近些年来,由于无钟炉顶布料技术的发展,对高炉布料的研究不断深入。在宋阳升等同志和冶金工业出版社的支持下,有机会得以对本书进行修订。第2版(修订版)中,补上了作者近年来关于无钟炉顶布料规律的研究结果。与第1版比较,增写了第六章和另外四节(目录中带*号的),并补上了在第1版公式(1)中漏掉的 l_0 。部分章节根据读者意见,做了补充说明。

宣钢张聪山同志对原书中摩擦系数的论述提出建议,并指出有些溜槽转动轴位置高于溜槽底面。对此,第2版中做了补充说明。首钢徐陵同志将本书第一章中讨论的料速、摩擦系数、料线深度等变量对炉料分布的影响,编成程序,在计算机上做模拟试验;徐陵、白宝柱同志对式(22)~式(28)

进行了验算。在此一并向他们表示感谢。

感谢我国冶金界老前辈、学部委员王之玺同志为本书初版题写书名。

刘云彩

1992年10月13日于北京

第1版 前言

这本小册子是我对高炉布料研究的总结。

我的有关高炉布料的文章曾先后在《首钢科技》、《金属学报》、《钢铁》杂志上刊出，受到不少同志的鼓励。同时，也有部分同志觉得数学推导较多，文字叙述过少。这次将已发表的文章整理成册，考虑到各方面的要求，做了补充修改，着力阐明实际应用，公式推导力求简单，以免复杂的数学推导影响读者理解全书内容而花费很多时间和精力。

本书重点是第四章、第五章，是在前三章理论分析的基础上，结合生产实践写成的，读者对象主要是从事高炉生产的领导者和工程技术人员。即使不读前面部分，只读这两章，也不妨碍对这部分内容的理解。前三章为后面部分提供了理论基础，运用了一些数学分析的方法；其中第二章的主要内容是我在1956年北京钢铁学院首届学生科学报告会上提出的。这部分的读者对象主要是从事炼铁科研、高炉设计的同志和大专院校有关专业的师生。

陶少杰、杨永宜两位教授的精彩讲学，启发研究问题的讲授，对本书的写成是至关重要的。首钢的安朝俊、高润芝同志，北京钢铁学院的杨永宜、刘述临、王筱留、杨熙冲同志，东北工学院的陆旻同志以及上述三个杂志编辑部的王之玺、范学光、谭炳煜、冯有为、于宝君等同志，对发表在杂

志上的文章曾给予评阅，并提出了宝贵意见，本书如果比发表在杂志上的文章有所提高的话，与这些同志的意见是分不开的。加拿大麦克马斯特大学卢维高（W. K. Lu）教授多次赠送他所主编的讲义，使我有机会了解西方冶金学家关于高炉布料问题的系统观点；柯俊教授在百忙中为我的部分布料文章的英文稿仔细斧正，在此一并致以深切的谢意。

由于本人忙于高炉生产，时间匆忙，书中有些问题未能仔细推敲，不当之处，请读者指正。

作 者
1981 年 12 月

目 录

绪论 布料的历史沿革	1
参考文献	17
第一章 布料方程	19
第一节 炉料在溜槽上的受力分析	21
第二节 炉料在空区中的运动	23
第三节 炉料初速度 C_0 和摩擦系数 μ 的确定	26
第四节 溜槽倾动轴高于溜槽底面的计算公式	32
第五节 计算实例	36
第六节 大钟布料方程	47
参考文献	50
第二章 炉料分布规律	51
第一节 料线的作用	51
第二节 装料次序的作用	54
第三节 界面效应	58
第四节 批重的作用	63
第五节 批重特征数	68
第六节 布料特征数	68
第七节 炉料分布的计算方法	71
第八节 修正系数的确定	75
第九节 阻力系数的确定	76
第十节 炉料堆角的确定	78

第十一节	修正炉料堆角	84
第十二节	计算实例	86
	参考文献	95
第三章	各参数对布料的影响	97
第一节	对布料方程的证明	97
第二节	炉料粒度和堆角对布料的影响	101
第三节	炉料堆密度对布料的影响	107
第四节	大钟直径和炉喉直径对布料的影响	108
第五节	大钟角度和溜槽角度对布料的影响	114
第六节	溜槽转速对布料的影响	116
第七节	溜槽倾动距对布料的影响	118
第八节	不同空区煤气速度对布料的影响	121
	参考文献	124
第四章	装料制度的作用	125
第一节	炉料分布对软熔带的影响	127
第二节	布料与高炉寿命	133
第三节	煤气分布的判定标准	138
第四节	利用边缘气流处理炉墙结厚	144
第五节	布料操作与高炉行程	150
第六节	合理的煤气分布	160
	参考文献	172
第五章	无钟布料操作	174
第一节	炉料落点的不同	174
第二节	炉料偏析	175
第三节	批重的选择	180
第四节	并罐式无钟的圆周均匀布料	183

第五节 布料环位和料面平台	192
第六节 布料操作	197
参考文献	208
第六章 无钟布料操作 (续)	210
第一节 统一布料方程中布料角度的变换	210
第二节 高炉布料与煤气分布的调节	215
第三节 中心加焦	222
第四节 布料矩阵	228
第五节 观察煤气流分布	230
第六节 无钟操作事故的诊断及处理	236
参考文献	245
第七章 大钟布料操作	246
第一节 批重的选择	246
第二节 不同批重操作的实践	260
第三节 料线的选择	263
第四节 低料线操作	265
第五节 装料次序的选择	268
第六节 装料制度的选择实例	271
第七节 同装和分装	275
第八节 大批重与小批重结合	280
第九节 等料线及不等料线	282
第十节 半倒装	286
第十一节 炉料在大料斗及炉喉内的分布	286
参考文献	288
第八章 布料模型	289
第一节 测定方法	290

第二节	料面形状描述	296
第三节	径向料层的负荷及碱度	297
第四节	料层的塌落与变形	299
第五节	料层塌落的定量计算	303
第六节	气流速度对料面的影响	304
第七节	红外线和激光自动检测	305
第八节	布料模型编制	307
参考文献		308
本书中主要符号		310

绪论 布料的历史沿革

高炉在中国出现，已有 2700 年的历史^[1]。由于古代生产装备差、技术水平低，虽然 2000 年前（西汉末年）已有 50m³ 的巨型高炉生产^[2]。但当时还不懂布料，煤气利用极差，每冶炼 1t 铁要用 7~8t 木炭^[1,2]，燃料消耗高，煤气直接放散到大气里，致使高炉附近黑烟蔽日。前秦（公元 350~390 年）高僧道安著的《释氏西域记》中，曾记述当时新疆库车地区的实况：“屈茨北二百里，有山，夜则火光，昼日但烟，人取此山石炭，冶此山铁，恒充三十六国。”^[3]在欧洲，阿格里科拉（Georg Agricola, 1494~1555 年）作的《论金属》中的一幅图（见图 1），描述了当时北欧高炉生产状况，高炉较小，有固定的加料平台，炉料从高炉固定的一侧倒入^[4]。显然，当时还没有认识到布料的作用。

18 世纪有一张高炉图（见图 2）描述了法国高炉加料情形^[5]。在炉喉周围有一层平台，加料工人可以沿炉喉周围加料，炉喉直径较小，加料比较均匀。倒料工人的对面有另一个人手持工具，估计他是在用一个耙子平料，以改善煤气利用。

第一个兼有布料和回收煤气的炉顶设备是 1850 年在英国应用的巴利式布料器（见图 3），它用手工操作，炉料放进料斗后，开大钟，炉料沿大钟斜面布到炉内，使炉内料面呈漏斗形：边缘料面高，中心料面低。边缘料多，使沿炉墙上升的煤气阻力增加，有利于改善煤气利用；中心料面低，高炉中心的料柱阻力减少，有利于在整个高炉断面改善炉料与煤气的接触，对改善炉缸工作也有良好作用。虽然巴利式布料器在结构上存在严重缺点，但它对高炉布料起到了启蒙作用，开拓了现代料面分布的重要方向。一百余年来，高炉炉料分布基本沿用巴利式大钟布料器所形成的漏斗形。

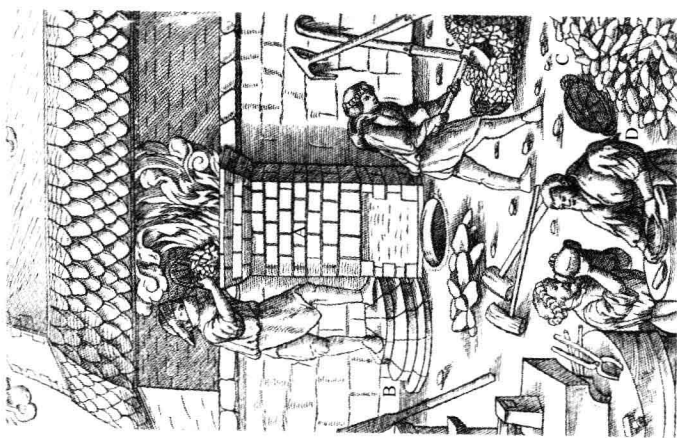


图1 《论金属》中高炉冶炼和加料情形
A—高炉；B—台阶；C—矿石；D—煤

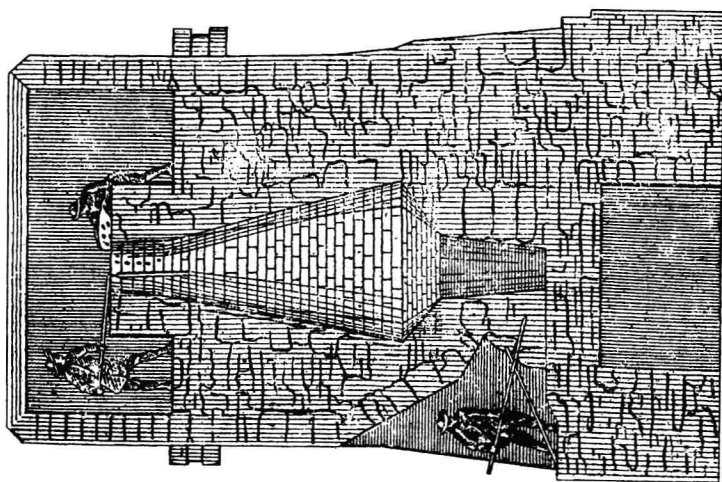


图2 18世纪法国高炉的加料图