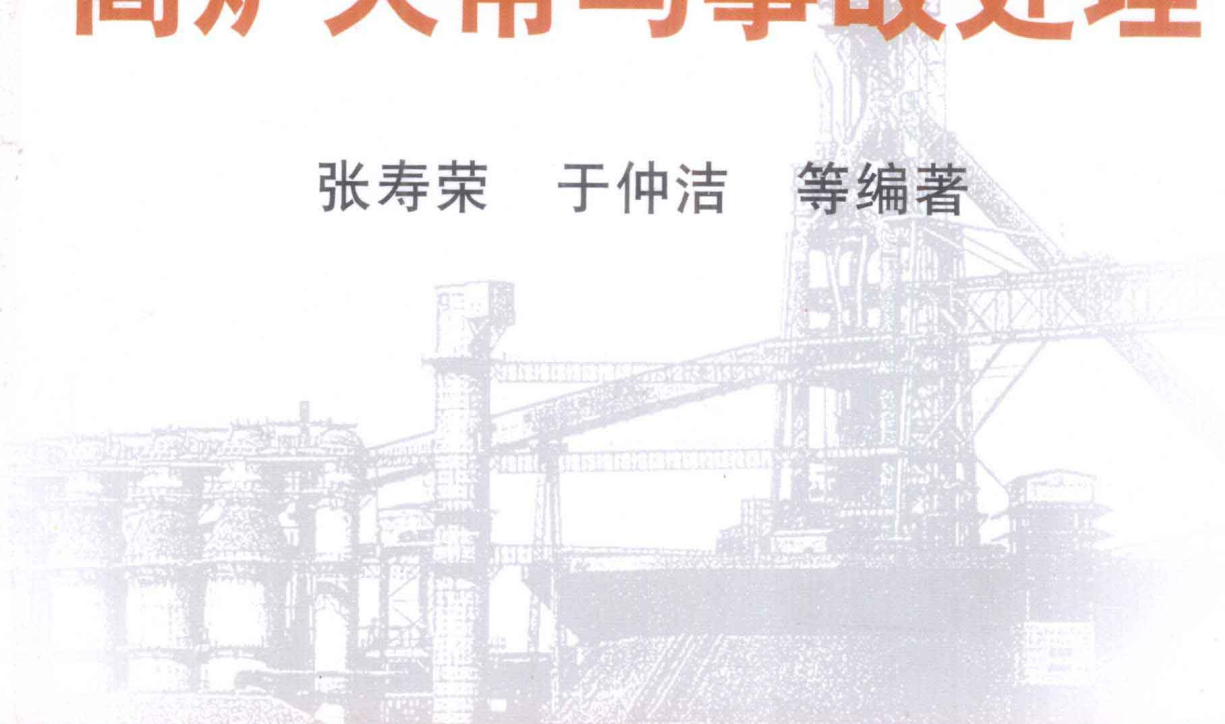


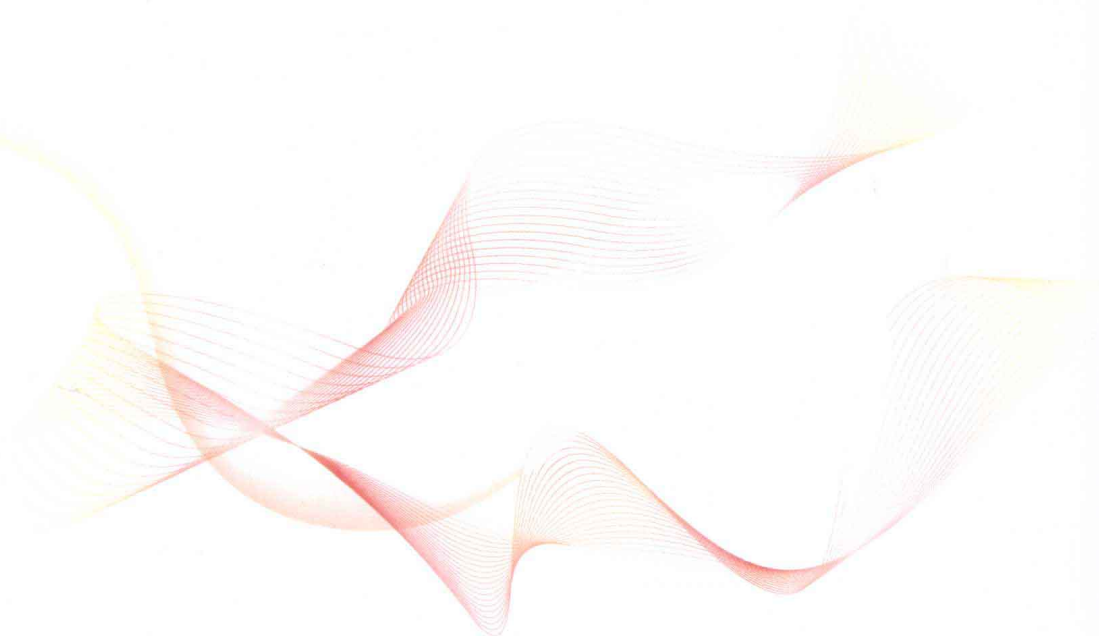
GAOLU SHICHANG YU SHIGU CHULI

高炉失常与事故处理

张寿荣 于仲洁 等编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



ISBN 978-7-5024-5784-6



9 787502 457846 >

定价65.00元

销售分类建议:冶金工程

高炉失常与事故处理

张寿荣 于仲洁 等编著

北 京
冶金工业出版社
2012

内 容 提 要

高炉炼铁技术发展到目前的水平,从事故带来的挫折中积累起来的经验教训在高炉炼铁技术水平的提升上发挥了重要作用。顺行是高炉炼铁生产追求的一种状态,因为高炉失常与事故往往是炉况不顺不断累积的结果。为预防和正确处理高炉事故与炉况失常,及时找出原因使炉况恢复顺行,高炉炼铁界数代人积累了宝贵的知识财富。本书所介绍的高炉事故的知识、教训和处理事故的经验,不仅需要传承,更重要的是要与今天和将来的炼铁工作者分享。从挫折中学习,将继续是不断提升高炉炼铁技术水平的一条重要途径。

本书首先扼要地阐释高炉炼铁在我国工业化进程中的重要地位,指出高炉事故与炉况失常是钢铁工业走向可持续发展的一大障碍,进而提出解决问题的根本方法。本书分章阐述高炉各类事故的基本征兆,剖析事故产生的原因,并选取有代表性的高炉事故案例,介绍事故处理的经验、教训和预防方法。

本书可供高炉炼铁领域的生产、科研、设计、管理、教学人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

高炉失常与事故处理 / 张寿荣等编著. —北京:冶金工业出版社, 2012. 1

ISBN 978-7-5024-5784-6

I. ①高… II. ①张… III. ①高炉炼铁—事故处理
IV. ①TF549

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 231223 号

出 版 人 曹胜利

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 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 刘小峰 张熙莹 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 卿文春 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5784-6

北京兴华印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2012 年 1 月第 1 版, 2012 年 1 月第 1 次印刷

169mm × 239mm; 21.5 印张; 415 千字; 328 页

65.00 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)

前 言

进入 21 世纪，钢铁工业资源和能源的全球化，技术装备的现代化、大型化、自动化，冶金工业的科研发现和技术创新，以及信息技术的应用，使钢铁工业科学技术实现了历史性的巨大跨越。在此期间，我国高炉炼铁几乎逐年刷新历史最高水平，生产技术指标不断改善，事故不断减少。不少高炉保持了长期稳定生产，有的操作人员工作 10 年以上未经历过高炉事故。这个结果来之不易，应当珍惜。同时应该看到，高炉事故的偶然性和随机性又决定了高炉事故还不可能杜绝。一旦事故发生，操作人员缺乏处理经验可能会措手不及，给生产带来不必要的损失。高炉炼铁技术发展到目前的水平，从事故带来的挫折中积累起来的经验教训在高炉炼铁技术水平的提升上发挥了重要作用。有关高炉事故的知识、教训和处理事故的经验是高炉炼铁界数代人积累下的宝贵知识财富，应当传承下去，使今天和将来的炼铁工作者能够分享。科学和技术永远是在克服挫折中前进的。从挫折中学习，将继续是不断提升高炉炼铁技术水平的主要途径之一。

2009 年 12 月初，中国金属学会在北京开会，总结举办第 5 届国际炼铁科技会议的经验。会议期间，武钢、鞍钢、首钢等单位的炼铁专家共同关注了近年国内高炉事故频发，带来巨大损失的问题。议论之后大家决定撰写一本总结高炉事故处理和炉况失常经验的专著。本书由中国工程院院士张寿荣发起和组织，武钢、鞍钢、首钢等单位的一些炼铁专家参加撰写，广泛搜集国内高炉事故案例，认真进行剖析，希望能对高炉事故的预防和正确处理有所裨益。

本书结构和各章的主要撰稿人如下：

第 1 章 绪论（张寿荣）

第 2 章 炉缸冻结事故（刘 琦）

第 3 章 炉缸堆积（刘云彩）

第 4 章 炉缸炉底烧穿事故（汤清华）

第5章 炉墙结厚与结瘤 (杨佳龙)

第6章 炉前事故 (杨佳龙)

第7章 恶性管道与顽固悬料 (张世爵)

第8章 高炉煤气事故 (汤清华 邬虎林)

第9章 高炉爆炸事故 (刘 琦)

第10章 其他重大事故 (于仲洁)

第11章 从挫折中学习 (张寿荣)

在本书撰写过程中,各撰稿人得到国内很多炼铁厂和炼铁界老朋友的大力支持,获得大量有价值的素材。有的章节还利用了《高炉事故处理一百例》一书(徐矩良、刘琦著,冶金工业出版社1986年出版)中有参考价值的案例。本书第8章和第9章涉及高炉煤气爆炸事故,部分内容稍有重叠。这两章由三位炼铁专家撰写,各包括了一部分爆炸事故的案例。

由于全书不同素材的撰写年代跨越时间长,撰写背景不尽相同,因而内容和格式差异较大。为了尽量统一各个事故案例的体例格式,全书由于仲洁进行统稿整理,最后由张寿荣审定。

炉况失常往往是一个累积的过程,即由短期性的炉况不顺逐渐演变为炉况失常。如在出现炉况不顺时能及时找出原因,使炉况恢复顺行,炉况失常就不会发生。而每个高炉事故的发生都有其特定条件。由于高炉炼铁生产、技术、操作和组织管理的复杂性,决定了高炉事故具有多样性。本书各章中所列举的事故都是在特定条件下发生的,高炉事故没有完全相同的,不可能有完全重复的。因此,这些高炉事故的处理经验只能借鉴参考,而不能照搬照套。以上两点是本书编著者的基本观点,特别提醒读者参阅本书时考虑。

在统稿整理事故案例时,我们力求领会每个案例的精髓,只进行必要的删减或补充,但仍可能无法完全准确地表达,希望原作者和广大读者予以批评指正。最后,对为本书提供宝贵技术资料的所有炼铁厂家和炼铁界同仁表示最诚挚的感谢。

编著者

2011年8月

目 录

1 绪论	1
1.1 回顾与展望	1
1.2 钢铁工业是我国实现工业化的重要支撑	1
1.3 新型工业化过程中钢铁工业的责任	2
1.4 高炉事故与炉况失常是钢铁工业走向可持续发展的一大障碍	3
1.5 消灭事故与炉况失常需要长期艰苦的努力	3
1.5.1 高炉冶炼过程的复杂性	3
1.5.2 高炉冶炼过程的决定性因素	4
1.5.3 为高炉冶炼创造更加优越的条件是消灭事故与炉况失常的 物质基础	7
1.6 不断提升炼铁专业队伍技术和理论水平是永恒的课题	8
参考文献	10
2 炉缸冻结事故	11
2.1 炉缸冻结的征兆	11
2.2 炉缸冻结的原因	12
2.2.1 炉况失常	12
2.2.2 操作失误	12
2.2.3 大量冷却水漏入炉缸	12
2.2.4 长期休风或封炉	13
2.2.5 设备事故诱发	13
2.2.6 原燃料质量恶化	13
2.3 炉缸冻结事故的处理	13
2.3.1 熔化渣铁和冷料	14
2.3.2 按单风口风量送风	15
2.3.3 排出冷渣铁	15
2.3.4 慢捅风口	16
2.3.5 加强炉前工作	16

2.3.6	长期休风时闭小冷却水	16
2.3.7	恢复正常	16
2.3.8	炉缸冻结事故处理小结	16
2.4	炉缸冻结事故的预防	17
2.4.1	防止炉况失常, 防止炉凉	17
2.4.2	控制压差	17
2.4.3	长期休风或封炉操作	18
2.5	炉缸冻结典型案例剖析	18
2.5.1	鞍钢 11 号高炉长期休风冷却设备漏水造成的炉缸冻结事故	18
2.5.2	武钢 4 号高炉中修开炉后发生的炉缸冻结事故	22
2.5.3	首钢 4 号高炉检修后开炉发生的炉缸冻结事故	24
2.5.4	鞍钢 1 号高炉生产中漏水造成的炉缸冻结事故	29
2.5.5	本钢 5 号高炉因恶性管道行程引起的炉缸冻结事故	31
2.5.6	重钢 1200m ³ 高炉炉缸冻结事故	35
2.5.7	三明钢厂 1 号高炉炉缸冻结事故	39
2.5.8	新余 6 号高炉炉缸冻结事故	41
2.5.9	鞍钢 10 号高炉炉缸冻结事故	44
2.5.10	邯钢 3 号高炉炉缸冻结事故	46
2.5.11	唐钢 2560m ³ 高炉炉缸冻结事故	48
2.5.12	青钢 2 号高炉炉缸冻结事故	51
2.5.13	湘钢 1 号高炉炉凉事故	53
2.5.14	衡钢 1000m ³ 高炉炉缸冻结事故	57
2.5.15	铁本高炉使用高碱焦炭造成的死炉事故	61
2.5.16	沙钢 5800m ³ 高炉成功处理长期事故休风造成的急剧炉凉	63
	参考文献	70
3	炉缸堆积	71
3.1	炉缸堆积的征兆	71
3.1.1	风压、风量及料速的变化	71
3.1.2	铁水及炉渣特点	71
3.1.3	炉底、炉缸温度下降	72
3.1.4	煤气分布特点	72
3.1.5	风口工作及风口破损	72
3.1.6	高炉顺行较差	73
3.2	炉缸堆积的主要原因	73

3.2.1 炉芯带的特点	73
3.2.2 炉缸堆积的本质	74
3.2.3 炉缸堆积形成的原因	75
3.3 炉缸堆积的处理原则和方法	78
3.3.1 提高焦炭质量	78
3.3.2 利用上下部调剂, 处理炉缸堆积	79
3.3.3 减少慢风、停风及漏水	80
3.3.4 严重堆积时用锰矿洗炉	81
3.3.5 改善渣铁流动性	83
3.4 炉缸堆积典型案例剖析	83
3.4.1 宣钢 8 号高炉炉缸堆积事故	83
3.4.2 马钢新 1 号高炉炉缸堆积事故	88
参考文献	92
4 炉缸炉底烧穿事故	93
4.1 炉缸炉底烧穿事故的危害性	93
4.2 国内外高炉炉缸烧穿事故概况	93
4.2.1 国内情况	93
4.2.2 国外情况	96
4.3 炉缸炉底侵蚀机理分析	97
4.3.1 机械侵蚀	97
4.3.2 化学侵蚀	98
4.4 炉缸炉底烧穿原因简析及改进探讨	98
4.4.1 先天性的设计缺陷	98
4.4.2 冷却壁制造和安装施工存在不足	100
4.4.3 投产后操作维护存在不足	101
4.5 炉缸炉底烧穿事故的处理和预防	102
4.5.1 炉底烧穿处理	102
4.5.2 炉缸烧穿的处理	102
4.5.3 炉缸炉底烧穿的预防	102
4.6 炉缸炉底烧穿典型事故案例	103
4.6.1 鞍钢新 3 号高炉炉缸烧穿事故	103
4.6.2 沙钢宏发炼铁厂 2500m ³ 高炉炉缸烧穿事故	108
4.6.3 首钢 4 号高炉炉缸烧穿事故	113
4.6.4 北台炼铁厂 2 号高炉炉底烧穿事故	117

4.6.5 阳春炼铁厂2号高炉炉缸渗铁事故	119
参考文献	124
5 炉墙结厚与结瘤	125
5.1 概念界定	125
5.2 炉墙结厚或结瘤的征兆	125
5.2.1 高炉炉况特征	125
5.2.2 炉体热状态	125
5.2.3 结厚(结瘤)的个别特性	126
5.3 炉墙结厚、结瘤的起因	126
5.3.1 入炉原燃料问题	126
5.3.2 高炉操作不当引起	127
5.3.3 设备故障引起	127
5.3.4 冷却设备问题	128
5.4 炉瘤位置的判定	128
5.4.1 炉身探孔法	128
5.4.2 降料面观察法	128
5.4.3 传热算法	128
5.5 处理原则与方法	129
5.6 结厚(结瘤)的预防措施	129
5.7 高炉结厚(结瘤)案例	130
5.7.1 包钢1号高炉炉墙结厚与处理	130
5.7.2 承钢新4号高炉消除下部炉墙结厚实践	137
5.7.3 马钢2500m ³ 高炉炉墙结厚的处理	143
5.7.4 梅山2号高炉炉身结厚及处理	145
5.7.5 酒钢2号高炉(1513m ³)炸瘤生产实践	149
参考文献	153
6 炉前事故	154
6.1 风口区域事故	154
6.1.1 风口大量烧穿事故	154
6.1.2 高炉直吹管烧坏与烧穿	174
6.2 铁口区域事故	181
6.2.1 高炉铁口泄漏煤气的处理	181
6.2.2 高炉浅铁口的危害、成因、预防及处理	184

6.2.3 武钢4号、5号高炉铁口保护板、框架烧损与处理 (武钢 刘和平, 张建鹏)	187
6.2.4 某高炉因铁口泥套问题导致降压堵口	189
6.2.5 某高炉铁口保护砖崩出造成泥套缺损	189
6.2.6 唐钢3号高炉铁口喷溅的治理	190
6.2.7 铁口散喷及其控制	194
6.2.8 某高炉出铁口异常大喷及其处理	196
6.2.9 某高炉堵口时泥炮灌膛	196
6.2.10 鞍钢高炉开炉时渣铁口来水放炮事故及处理	197
6.2.11 包钢2号高炉铁口自动吹出造成的跑铁事故	200
6.2.12 武钢1号高炉铁口烧穿事故分析	201
6.2.13 攀钢2号高炉铁口堵不上造成的生产事故	203
6.2.14 武钢1号高炉炉前堵口冒泥与处理	204
6.3 出铁场区域事故	204
6.3.1 某高炉摆动流嘴烧穿及铁水下地	204
6.3.2 本钢5号高炉撇渣器残铁眼跑铁事故	205
6.3.3 某高炉主沟漏铁及其处理	206
6.3.4 武钢4号高炉东铁沟斜坡下部烧穿事故	206
6.3.5 首钢260t 鱼雷罐烧穿漏铁事故分析及改进措施	207
参考文献	211
7 恶性管道与顽固悬料	213
7.1 管道行程	213
7.1.1 管道行程的特征	213
7.1.2 管道生成的主要原因	213
7.1.3 管道行程的处理	214
7.2 顽固悬料	215
7.2.1 悬料的特征	215
7.2.2 悬料的原因	215
7.2.3 悬料的处理	215
7.3 管道和悬料案例	216
7.3.1 南(昌)钢新1号高炉炉况失常的处理	216
7.3.2 太钢5号高炉难行炉况的处理	219
7.3.3 济钢1号高炉炉况失常的分析和处理	222
7.3.4 济钢3号高炉炉况失常的分析和处理	225

7.3.5 安钢8号高炉炉况失常的处理	228
7.3.6 武钢6号高炉炉况失常的处理	230
7.3.7 本钢5号高炉恶性管道事故	232
参考文献	236
8 高炉煤气事故	237
8.1 煤气种类及性质	237
8.1.1 钢铁企业常用煤气的种类	237
8.1.2 煤气性质	238
8.2 煤气事故的分类	239
8.2.1 煤气中毒事故	239
8.2.2 煤气着火事故	239
8.2.3 煤气爆炸事故	240
8.2.4 高炉煤气系统产生负压事故	241
8.3 煤气事故的处理原则和方法	241
8.3.1 煤气中毒的预防与处理	241
8.3.2 煤气着火的预防与处理	243
8.3.3 煤气爆炸的预防与处理	244
8.3.4 煤气系统负压事故预防与处理	245
8.4 煤气事故案例	246
8.4.1 煤气中毒事故案例	246
8.4.2 煤气着火事故案例	249
8.4.3 煤气爆炸事故案例	253
8.4.4 煤气系统负压事故案例	269
9 高炉爆炸事故	271
9.1 综述	271
9.1.1 高炉爆炸事故的原因	271
9.1.2 高炉爆炸事故的预防	272
9.2 高炉爆炸事故典型案例	273
9.2.1 酒钢1号高炉崩塌事故	273
9.2.2 首钢4号高炉炉身爆炸事故	285
9.2.3 冀东某厂5号高炉爆炸事故	287
9.2.4 河南某厂高炉2006年爆炸事故	288
参考文献	290

10 其他重大事故	291
10.1 高炉停水事故	291
10.1.1 马钢一铁厂高炉停水事故	291
10.1.2 鄂钢炼铁厂高炉停电断水事故	294
10.1.3 高炉停水事故评述	297
10.2 高炉炉壳开裂事故	297
10.2.1 梅山铁厂 2 号高炉炉壳崩裂事故	297
10.2.2 酒钢 2 号高炉炉壳开裂事故	298
10.2.3 攀钢 4 号高炉炉壳烧穿事故	301
10.2.4 炉壳开裂事故评述	304
10.3 高炉大钟坠落和漏损事故	305
10.3.1 武钢 4 号高炉小修时的大钟坠落事故	305
10.3.2 水钢 1 号高炉生产中大钟坠落事故	306
10.3.3 包钢 2 号高炉大钟漏损引起的炉况严重失常	311
10.3.4 大钟坠落和漏损事故评述	313
10.4 高炉无钟炉顶布料溜槽事故	313
10.4.1 马钢 2500m ³ 高炉布料溜槽磨损事故	314
10.4.2 酒钢 1 号高炉布料溜槽穿漏和脱落事故	317
10.4.3 邯钢 5 号高炉布料溜槽磨漏事故	319
10.4.4 湘钢 2 号高炉溜槽磨漏事故	324
10.4.5 布料溜槽事故评述	326
参考文献	326
11 从挫折中学习	327
11.1 高炉事故的随机性与多样性	327
11.2 出现苗头及时决策	327
11.3 保持头脑清醒是关键	327
11.4 从挫折中学习不断提升高炉炼铁技术水平	328

1 绪 论

1.1 回顾与展望

虽然我国是世界上冶铁技术历史最悠久的文明古国之一，但工业革命以来，我国钢铁工业远远落后于工业化先进国家。1949 年新中国成立时，当年我国钢产量只有 15.8 万吨，仅占世界钢产量的 0.1%。新中国成立以来，我国一直把发展钢铁工业放在优先位置，尽管经历了艰难曲折、跌宕起伏，1978 年党的十一届三中全会后，我国钢铁工业终于走上了健康发展的轨道。1995 年和 1996 年，我国生铁和粗钢年产量分别超过了 1 亿吨。进入 21 世纪，我国钢铁生产规模的增长进入了快车道。2008 年我国粗钢产量达 5.0048 亿吨，占世界钢产量的 37.64%。在世界金融危机的影响下，由于我国政府投资拉动经济的政策，2009 年我国钢产量增长到 5.6784 亿吨，占世界钢产量的比例增至 46.55%；生铁产量增至 5.4374 亿吨，占全世界生铁总产量的 60.53%。

我国钢铁工业高速增长的拉动力是日益加速的工业化进程对钢铁产品日益增长的需求^[1]。为应对国际金融危机，2008 年下半年以来扩大固定资产规模，使我国市场钢材表观消费量在 2009 年出现超常规增长。这种增长是阶段性的。在固定资产投资规模恢复正常后，市场钢材表观消费量将恢复至正常水平。我国经济发展的目标是 2020 年基本实现工业化。我国是拥有 13 亿人口的大国。2020 年之前，国内市场对钢材的需求将保持在较高水平（预计不会低于 4 亿吨/a）。到 2020 年，全世界基本实现工业化国家的人口可能达到 30 亿，届时全世界还有一半以上的人口有待于实现工业化。由此可见，在 21 世纪内，钢铁将继续是人类社会所使用的主要材料，人类社会仍将处于“铁器”时代。

1.2 钢铁工业是我国实现工业化的重要支撑

任何国家在实现工业化过程中，都要建设大批工厂和大量的公共基础设施。这些项目都要使用大量钢材。作者曾对全球拥有独立的工业体系的国家进行过统计，发现这些国家在进入工业化进程时，钢的生产能力必须具备一个起码的水平，作者当时称之为“门槛值”。统计结果显示，“门槛值”为人均年产钢 100kg^[2]。换句话说，一个国家要实现工业化至少具备人均年产钢 100kg 的生产能力。2000 年以前，当时有一种观点认为中国钢的生产规模应控制在年产钢 1 亿

吨以内。在北京密云召开的一次讨论会上,作者提出年产钢1亿吨是不能支撑我国实现工业化的。工业发达国家在19~20世纪期间完成了工业化任务,这些国家在工业化过程中,有的人均年产钢达到800~1000kg,少的也有300~500kg。我国年产钢量在20世纪内未达到人均100kg,因而在实现工业化的进程中,我国长期是钢的净进口国。进入21世纪,我国钢铁工业高速发展,在2007年成为钢净出口国。世界金融危机后,我国加大社会固定资产投资力度,市场钢材表观消费量大增。2009年我国钢产量比2008年增长6700万吨,而钢产品进出口基本平衡。2009年在全球经济衰退的情况下,我国GDP增长8.7%,对世界经济早日转向复苏作出了重要贡献。由于我国各地区经济无序发展,高炉大型化后新的大高炉投产,而应淘汰的小高炉继续生产,以及地方经营的落后产能过剩,使钢铁工业成为产能过剩的代表之一。但从另一个角度看,钢铁工业在2009年有力地支撑了我国GDP增长,在应对世界经济危机中发挥积极作用也应当予以肯定。由此可见,在我国工业化过程中,钢铁工业是重要的支撑。

1.3 新型工业化过程中钢铁工业的责任

如上所述,在我国工业化过程中,钢铁工业的重要作用毋庸置疑的。然而,钢铁工业致命的缺点在于“两高一资”,即资源、能源的高消耗和废弃物的高排放导致地球环境的高负荷以及对化石资源的严重依赖。自工业革命以来,先期工业化国家走的是“两高一资”传统工业化的老路。到今天,积累起来的对地球环境增加的负荷已到了地球环境难以继续承受的程度。20世纪80年代,人们提出要寻求人类社会可持续发展的道路。为实现人类社会的可持续发展,人们在探索走新型工业化道路。对发展中国家,要实现工业化,走新型工业化道路是唯一正确的选择。发展中国家实现工业化,离不开钢铁工业强有力的支撑。“两高一资”是钢铁工业自工业革命以来数百年带来的弊端。新型工业化道路的核心是使所有的工业都转变为资源节约型和环境友好型的新型产业。为了人类社会的可持续发展,使我国钢铁工业逐步转变为资源节约型和环境友好型是我国责无旁贷的严肃任务。

自20世纪钢铁工业第一个高速增长期起,钢铁工业工艺流程形成两种主要类型:以铁矿石为原料的高炉→氧气转炉流程和以废钢为原料的废钢→电炉流程。进入21世纪,两种工艺流程并存的格局未发生根本性改变。由于发展中国家社会废钢积蓄量少,其钢产量在世界钢总产量中的份额增长很快,目前,高炉→转炉流程所占的份额已超过70%。在我国,高炉→转炉流程所占的份额已超过90%。

由于高炉→转炉流程“两高一资”弊端表现突出,自20世纪中期起,不少专家开始研究、探索“非高炉炼铁流程”。研究取得许多令人瞩目的进展,有的

流程已付诸工业化。然而令人遗憾的是,迄今为止,尚未出现一种能够完全替代高炉的新流程。21 世纪内,在可预见的将来,高炉炼铁工艺仍将是从小矿石获取生铁的主要工艺流程。随着钢产量的不断增长,社会的废钢积蓄量将会增多,电炉钢的比例将会增加,转炉钢的比例将降低,生铁产量将下降,这对钢铁工业节能减排有利。

由此可见,21 世纪钢铁工业走向可持续发展的路径将是小现有工艺流程为基础的技术创新,主要有节能降耗、资源综合利用、减少排放和污染物治理以及提升钢材的使用性能、降低单位 GDP 的钢消费量等。总之,对现有的钢铁制造工艺流程的优化和技术创新,将是 21 世纪钢铁工业技术进步的重点。要在不断的技术创新过程中,使钢铁制造流程逐步靠近资源节约型和环境友好型的目标。

1.4 高炉事故与炉况失常是钢铁工业走向可持续发展的一大障碍

在高炉→转炉流程中,炼铁工序的能耗占钢铁制造流程总能耗的 70%。只有稳定均衡生产,高炉炼铁才能取得较好的效果。

现代化大规模工业生产的特征之一是小要求工业生产的各个环节,从原料、能源供应、生产过程直至产品销售尽可能地均衡、稳定、有序。这是因为只有稳定、均衡运行,现代化的大规模工业才能获得好的经济效益。钢铁工业对稳定、均衡的要求比其他行业更高。钢铁工业属于流程制造业,与一般制造业的主要区别之一在于其生产流程是串联式的,上工序的产出就是下工序的输入,生产流程中任何一个工序出现问题,均可能影响全局。钢铁制造工艺与一般制造业的另一重要区别在于其整个流程属于高温冶金过程,流程中的物质流是 1000℃ 以上的固体、液体和气体。钢铁厂出事故,往往造成资源、设备和人员的重大损失。钢铁企业出现重大事故,往往使企业遭受严重损失。要求钢铁企业不发生事故是企业必须履行的最基本的职责。炼铁工序的能耗占钢铁制造流程总能耗的 70%,要求高炉不发生事故或不出现炉况失常是理所当然的起码要求。但是,原燃料性能和质量变化、设备出现故障、操作人员的失误等,使高炉炉况失常又时有发生,处理不及时和不当又转为事故。高炉事故与炉况失常是钢铁工业走向可持续发展的重大障碍,与高炉事故和炉况失常做斗争是高炉工作者的天职。

1.5 消灭事故与炉况失常需要长期艰苦的努力

1.5.1 高炉冶炼过程的复杂性

钢铁制造过程从物理化学观点看就是铁、碳、氧三种元素的反应过程。作为钢铁制造流程的主要工序,高炉的基本任务是从铁矿石(铁的氧化物)中提取金属铁。从铁矿石中铁的化合物(主要是氧化物)提取金属铁需要还原剂,同时还要提供充足的热量,以达到必要的温度。高炉实质上是散料床组成的竖炉反

应器和热交换器。焦炭和散状含铁炉料从竖炉顶部装入，热风从下部的风口送入竖炉，使焦炭燃烧，产生热量和热还原性气体，使铁氧化物的还原过程得以进行。液态的金属铁和炉渣按密度的不同分离并从竖炉底部排出，而上升的炉内产生的煤气则从竖炉顶部排出。

高炉冶炼过程，从传输原理观点分析，其本质是在特定的竖炉内逆向流动的物质流和能量流的传热、传质和相变过程。这个过程是交错的、互相依赖的，而有时是互相矛盾的。高炉冶炼过程是动态的、非平衡的，永远处于变化之中，参与过程的能量流与物质流中任何变化都会对过程产生影响。炼铁的目标是期望高炉稳定、均衡、优质、高效地生产铁水。换句话说，期望高炉内的过程长期处于优化的平衡状态。与所有的流程制造业一样，流程中的反应过程不平衡是绝对的，平衡是相对的。使高炉内的反应过程长期处于优化平衡状态，难度是很大的。

高炉内逆向运动的物质流是在不断变化的。从高炉顶部装入含铁炉料与焦炭，其温度基本接近室温，在下降过程中被上升煤气流加热。在升温过程中发生的反应过程有：水分的蒸发，化合水的分解，焦炭挥发分的挥发和分解，碳酸盐的分解，铁氧化物的间接还原，矿石的软化和熔融，初成渣的形成，焦炭的溶解损失，升温过程中含铁炉料与焦炭的降解，氧化铁的直接还原，高炉内软熔带的形成，生铁的渗碳，硅、锰、磷、钛、砷等元素的还原和进入铁水等。从高炉风口鼓入的热风，除了氧气外还携带水分和喷吹燃料。在风口区内，碳、氧和水蒸气之间发生一系列化学反应，在炉腹区形成炉腹煤气的初始分布。在炉腹煤气上升过程中，除了煤气将热量传给下降炉料之外，还进行一系列的化学反应（传质）和煤气流分布状态的变化。逆向运动物质流在高炉内的变化状况，决定着冶炼过程的效率。逆向运动物质处于不断变化的状态，而且经常是随机的，因而造成了高炉冶炼过程的复杂性。

1.5.2 高炉冶炼过程的决定性因素

影响高炉冶炼过程的因素很多，其中具有决定性作用的可归纳为4类。

1.5.2.1 原燃料特性和供应水平

原燃料是高炉冶炼的基础。这主要包含两方面涵义：第一，不具备基本的原燃料供应条件，炼铁高炉就不能生产；第二，原燃料条件、特性决定着炼铁生产工艺流程、操作制度和高炉冶炼过程的效率和经济性。铁矿石种类繁多，如使用高铁分矿石，粉矿可以用于生产高碱度烧结矿，而块矿在整粒后可以直接装入高炉，高碱度烧结矿配块矿是合理炉料结构的一种类型。如使用低铁分矿石，则必须先经过选矿流程，去除大部分脉石，提高铁分。如选矿后得到的精矿粒度粗，可以与高铁粉矿配矿生产烧结矿或高碱度烧结矿。如得到的精矿粒度细（如小于200目，即0.074mm），则以生产球团矿为宜，高碱度烧结矿配酸性球团矿同样