

茅芄 著

金剛

涅槃

——中国钢铁经济透视



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

茅芜 著

金剛 涅槃

——中国钢铁经济透视



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 提 要

本书透过钢铁“爆发”、“当惊世界殊”的奇象,以全球视野和历史景深聚焦中国钢铁经济,展示国色钢花的魅力,探讨如何从钢铁中国走向数字中国,从红与黑的国度升华到绿如蓝的境界!全书分四卷:卷一题为“红与黑”,写钢铁之业态;卷二题为“黑与白”,写冶金之生态;卷三题为“白与绿”,写首钢之动态;卷四题为“绿如蓝”,写发展之势态。

本书论述了中国正值“建造”时代,钢铁行业则进入“金刚涅槃”时期,必须着力提高产业集成度,从黑色冶金转向绿色冶金;从规模经济进军范围经济、循环经济;从红海走向蓝海。整个中国产业都要创新驱动,转型发展。

图书在版编目(CIP)数据

金刚涅槃——中国钢铁经济透视/茅 芜 著. —武汉:华中科技大学出版社,2012.3
ISBN 978-7-5609-7740-9

I. 金… II. 茅… III. 钢铁工业-经济发展-研究-中国 IV. F426.31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 040740 号

金刚涅槃——中国钢铁经济透视

茅 芜 著

策划编辑:王连弟

责任编辑:姚 幸

责任校对:祝 菲

封面设计:阮志翔

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:华中科技大学印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:12.75 插页:2

字 数:326千字

版 次:2012年3月第1版第1次印刷

定 价:30.00元



华中大版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

金 刚 涅 槃

卷一 红与黑

钢铁是黑色金属
但铁水钢花是火红的

卷二 黑与白

黑夜给了我黑色的眼睛
我却用它寻找光明
不管白猫黑猫
能抓住老鼠就是好猫

卷三 白与绿

只有会抓老鼠的白猫才是好猫
从黑色冶金到绿色冶金
与环境友好,与社会和谐
与上下游和竞争者合作共赢

卷四 绿如蓝

绿遍全球铁色新
直挂云帆济蓝海
昨日钢花红胜火
未来铁水绿如蓝

导言

INTRODUCTION

中国是一个钢铁的国度。在钢铁“饥渴”时,举国热火朝天大炼钢;在钢铁“爆发”时,天量“当惊世界殊”!当前,中国钢铁已登峰造极,几乎要占全球钢铁的半壁江山。更为震撼的是,中国人均钢铁消费量倏尔逼近半吨的水平,跃居世界前列。

如果只用一种色调来表现中国,必为“特色”。曾经打下红色江山,也曾“不管白猫黑猫”,春来江水、铁水均须“绿如蓝”。所以中国特色贵在“调色”,而不能简单归之一种色调。如果只用一个术语来表达中国,或许可谓之“熵”。熵是描述系统快速粗放增长的状态参量。称中国为“急之国”,不如“熵之国”贴切。工商热火,经济发展快,消耗资源多,产生的社会和生态压力便较大,区域和产业结构失衡的问题也较多。所以亟待转变发展方式,调整最佳经济速度(例如高速铁路降速),减少熵增。如果只用一种材质来表征中国,应该就是钢铁。过去,中国以钢为纲,曾经全民“大办钢铁”;现在,钢铁支撑了中国快速的工业化、城镇化和制造品出口;支撑了“居有屋”和“出有车”的消费升级;支撑了中国“大兴土铁”的宏伟建设。

正因为此,中国钢铁一反常态地“薄积厚发”,2000—2010年产钢38亿吨,是前50年总和的两倍。

认识中国必须认识钢铁,认识钢铁应该认识首钢——首都钢铁集团。

“金刚涅槃”源于一个“点”,一个新近跻身于世界500强的钢铁企业——首钢。这本书聚焦刚刚过去的10年,中国钢铁“爆发”的10年。历史的维度则延伸到新中国建立前30年和改革开放前、后30年,这恰好是首钢90多年的风雨历程。直到古稀之年,首钢还只是落户首都的钢铁公司;及至1994年,首钢一跃成为中国首屈一指的钢铁大王;现在首钢通过搬迁,挪一步海阔天空,在渤海湾乃至全国布局钢铁新基地,在北京发展“总部”经济,全力打造“首选之钢”的品牌,推行“诚信为首,精益炼钢”的企业文化。

“金刚涅槃”不只喻指首钢的搬迁调整,浴火重生。实际上,整个中国钢铁行业进入了“金刚涅槃”的时代,必须从黑色冶金转向绿色冶金,从规模经济进军范围经济、循环经济,从红海走向蓝海。自然生态面临“三气”:水土的污染殃及“气血”,空气的污染殃及气象,温室气体的排放殃及气候。企业承受的环保压力与日俱增。产业生态之于企业更是生死攸关,因此做好产业链成为企业至关重要的战略。特别是钢铁



企业面对上游暴涨、下游施压、同行竞争、产能过剩的局面,日子更不好过,必须转型发展。事实上,整个中国产业都要优化升级,跳出“微笑”曲线的谷底,提高集中度、集成度。整个中国经济社会都要创新驱动,转型发展,而中国经济和社会面临的这场“转型”,无异于“金刚涅槃”。

本书分四卷,卷一写钢铁之业态,卷二写冶金之生态,卷三写首钢之动态,卷四写发展之势态。

卷一题为“红与黑”。红的是出身和贡献,黑的是外观和外部性(对生态环境、经济社会的影响)。第一章以历史眼光和全球视野考察冶金文明,考察钢铁业的变迁及产业联动。黑色金属的红火历史可以溯及宇宙“大爆炸”之初。中国在春秋之后创造了灿烂的铁器文明,却因怠慢机器文明而在近代落后。第二章论述钢铁的中国和中国的钢铁。从钢铁“饥渴”到钢铁“爆发”,世界钢铁进入了中国世纪。随后两章考察钢铁产业链,分述上游暴涨和下游红火的奇象。上游“说话”,钢铁进入高成本时代;下游火烧赤铁,皆因投资升火、消费升级、出口升温。

卷二题为“黑与白”。黑的是高碳和污染,白的是循环经济和社会责任。第五章强调:中国进入白猫时代,必须从重商转向重熵,从高碳经济转向低碳经济,从中国制造转向中国创造。第六章论述企业的社会责任实为生态责任(包括自然、产业和社会生态责任),钢铁企业要善于调色、调温、调谐。第七章分析钢铁产业如何融入循环经济,变消耗和污染大户为节能环保的典范。走向零排放最终还得依靠技术进步。第八章以首钢为例,解答了三个问题:“首”钢是怎样炼成的,核心能力是怎样形成的,黑猫是怎样变白的。

卷三题为“白与绿”。只有会抓老鼠的白猫才是好猫,只有绿色冶金才可持续发展。第九章综述首钢搬迁的背景、曾经的易业之梦和成功实施的易地发展战略。第十章总结首钢可供其他企业借鉴的主要经验。强调适者方为强者,关键在整合资源、灵活应变、增强企业持续发展的动态能力。第十一章介绍首钢新建的四大绿色钢铁工程。第十二章论述京西的山河重安排和首钢的总部经济。大块文章,引无数英才竞挥毫。

卷四题为“绿如蓝”。昨日钢花红胜火,未来铁水绿如蓝。第十三章立论当今中国处于“中国建造”时代,中国的城镇化堪称世界的历史大事件,城镇化和服务化将为中国未来几十年的发展提供持续的动力源泉。然而,与之俱来的重型经济和“三高”(高投入、高消耗、高排放)形成多重压力,雄关漫道真如铁,钢铁业必须在紧运行环境下转型发展。第十四章立论钢铁业正处于金刚时代:大为王,和为贵,强为梁。强调从集团化到集成化。第十五章展望未来,钢铁企业要从制造转向服务,从重人才到更重人文。百炼钢成绕指柔,是一种很高的境界。达到这种境界,依靠的不只是先进的设备和精湛的技术,更关键的是钢铁企业长期积淀的优良文化。钢成材,人成才,品成牌。成熟的企业一定拥有厚重的文化,以文化人,以人成材!

绿遍全球铁色新,直挂云帆济蓝海。

目录

CONTENTS

卷一 红 与 黑

第一章 冶金文明	/3
一、黑色金属	/3
二、世界钢铁鸟瞰	/9
三、不落的太阳	/15
四、发现价值	/24
第二章 钢铁的中国和中国的钢铁	/30
一、钢铁饥渴——以钢为纲	/30
二、钢铁担纲——改革开放	/32
三、钢铁爆发	/38
四、钢铁格局	/43
第三章 上游暴涨	/46
一、铁石心肠红	/46
二、乌金不沉默	/57
三、上游“说话”	/62
第四章 下游红火	/66
一、亿吨不到头	/66
二、火烧赤铁	/71
三、钢花落何家	/76

卷二 黑 与 白

第五章 中国进入白猫时代	/85
一、改革：经济调色	/85
二、改版：白猫为王	/89
三、改观：科学发展	/93
第六章 钢铁企业的社会责任	/98

一、生态责任	/98
二、钢铁企业的生态责任	/100
三、提高负责任的能力	/102
第七章 融入循环经济的钢铁产业	/105
一、为有能源滚滚来	/105
二、物尽其用不言废	/108
三、走向零排放	/111
四、技术进步	/114
第八章 首都百炼钢	/117
一、“首”钢是怎样炼成的	/117
二、核心能力是怎样形成的	/121
三、黑猫是怎样变白的	/124

卷三 白 与 绿

第九章 白猫总动员：挪一步海阔天空	/131
一、首钢搬迁调整工程的背景	/131
二、易业之梦：首钢奉献华夏芯	/132
三、易地发展：闷其中而肆其外	/137
第十章 增强企业持续发展的动态能力	/140
一、适者成功	/140
二、应运而迁	/142
三、龙出浅水	/144
第十一章 绿色工程	/146
一、直把迁安作长安	/146
二、秦皇岛上宽厚板	/148
三、与汽车同行	/150
四、渤海生红日	/152
第十二章 京西变身	/155
一、西部发展	/155
二、总部经济	/158
三、大块文章	/161

卷四 绿 如 蓝

第十三章 雄关漫道真如铁	/167
一、时代：中国建造	/167
二、时势：城镇化	/169
三、时局：雄关漫道真如铁	/173
第十四章 金刚时代	/176

一、大为王:钢铁的吨位	/176
二、和为贵:集团化之路	/178
三、从集团到集成	/180
第十五章 未来铁水绿如蓝	/185
一、从黑色冶金到绿色冶金	/185
二、从制造商到服务商	/187
三、直挂云帆济蓝海	/190
主要数据来源与参考文献	/193
后记	/194

卷一 红与黑

钢铁是黑色金属，但铁水钢花是红火的。司汤达的《红与黑》是一部世界名著，而黑与红则是钢铁的外表和底蕴的写照。

我是黑色金属
却有赤热衷肠
虽无黄金的身价
却有厚重的历史分量
几百亿吨钢筋铁骨
铸成整个文明世界的栋梁
别看我傻大黑粗
拉出纤长的丝线
让易拉罐分享
冷轧板的轻薄时尚
让汽车和冰箱穿上更漂亮的轻巧时装
我无比坚强
却不乏柔肠
谁说我是夕阳
铁水钢花到处溢彩流光
热血凝固在体内
废旧了还能回到炉膛
重放青春的异彩
再造时代的强梁

第一章 冶金文明

在宇宙大爆炸中凸起铁峰,在铜器时代后铁器晚成。机器文明重塑了钢铁的历史和版图。中国有过冶炼钢铁的历史辉煌,也不乏怠慢机器文明而落后的教训。不过,西方落日东方升,铁碳合金时代的新纪元峰回路转……

一、黑色金属

铁被称为黑色金属。因为锰钢和铬钢是最常见的合金钢,人们连带也把锰和铬归为“黑色金属”一族。除此之外,其他所有金属都荣膺“有色金属”的桂冠。世界上有 86 种金属,为什么铁偏偏被抹“黑”?其实,铁、锰、铬三者都不是黑色的!纯铁是银白色的,锰也是银白色的,而铬是灰白色的。可能因为铁的表面常常生锈,生成一层黑色的四氧化三铁与棕褐色的三氧化二铁的混合物,看上去黑乎乎的,于是,人们衣装取人,给铁送了一个“黑色金属”的名号。“黑色金属”之于铁固然名不副实,但铁由此傲世独立,区别于其他所有金属材料,则刚好彰显其天赋之材的特质。

(一) 铁峰凸起

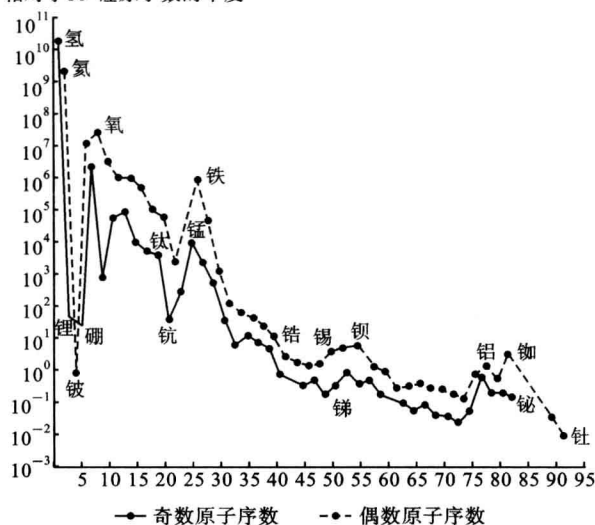
铁(Fe)的出身是红火的。在宇宙大爆炸之初,只有氢、氦、锂、硼、铍等少量的原初元素生成。其他元素都得在恒星演化进程中通过热核反应合成。氢(H)在 2 千万 K 的高温下燃烧合成氦(He);He 在 2 亿 K 的高温下燃烧合成碳(C);C 在 8 亿 K 的高温下燃烧合成氧(O)、镍(Ne)、钠(Na)、镁(Mg);氧在 20 亿 K 的高温下燃烧合成镁、硅(Si);而硅在 30 亿 K 的高温下燃烧合成铁峰元素。可见铁的出世最为红火,要靠前面若干梯次的热核反应奠基,才能炼出铁峰元素。只有烧掉氢,烧掉氦,烧掉碳和氧,最终才能烧出“铁石心肠”。

铁的原子量为 55.84(锰为 54.94,铬为 52),比铁峰元素更重的元素是“烧”不出来的,只能靠中子俘获过程来形成。例如:在发生于恒星内部比 β 衰变慢的所谓慢过程(s-process)中形成铋(Bi,原子量为 209)元素;在超新星爆发时的快过程(r-process)中形成铕(Cf,原子量为 251)元素。

宇宙的演化过程形成了元素的不同丰度。演化的恒星就是巨大的天然冶炼场。铁元素得益于其“火红”的出身和核燃烧的最后终结者的地位,在宇宙元素相对丰度图中,竖起一峰!铁峰凸起,其相对丰度远高于其他金属元素。

在地壳中,铁的丰度列第四位,在金属中仅次于铝(Al)。各元素的含量从大到小依次为:氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、氢,其质量分数分别为:氧 48.6%、硅 26.30%、铝 7.73%、铁 4.75%、钙 3.45%、钠 2.74%、钾 2.47%、镁 2.00%、氢 0.76%,其他 0.76%。铁族元素还有两大特点:一是在上地幔中的丰度远大于地壳中的;二是性喜“扎堆”,易于形成规模大的矿床,储量常可达数亿吨至百亿吨。

相对于 10^6 硅原子数的丰度



(二) 冶炼文明

铁是划时代的工业材料。人类在新石器时代后期开始使用金属,历经铜器时代和铁器时代。在金属时代,人类不仅冶炼金属材料,制造金属器物,同时也在冶炼工业文明,创造新的时代。新石器时期的制陶技术促进了冶金技术的产生和发展。冶金技术的发展则把青铜和铁器推上历史舞台,极大地提高了社会生产力,推动了社会进步。

人类从利用天然金属到探采矿石冶炼金属,不仅创新了技术,也创造了全新的产业文明。矿石炼铜是人类文化发展的重要里程碑。为什么先有铜器时代,而后才有铁器时代?为什么是铜和铁,而不是铝和金或其他有色金属呢?

从天然金属的利用而言,大概铜比铁及其他任何金属更易获得。人类使用天然金属(主要是天然铜)距今不下 8 000 年。在伊朗西部 Ali Kosh 地区发现公元前 7 至 8 千纪用天然铜片卷成的铜珠。在伊朗中部 Tepe Sialk 发现了公元前 5 千纪的铜针。天然金虽然容易发现,但一般块金尺寸较小,数量较少。砂金的利用则有待冶金方法的出现,所以出现较晚。黄金属于贵金属,自然丰度太小,除了成为财富象征和拜金主义的图腾之外,绝难成就黄金时代。至于在地壳中丰度最高的铝,即便在 19 世纪,也堪称“稀有”名贵的金属。人们得到一些铝粒便视同珍宝,其价格与黄金相当。因为从铝矿石中把铝提炼出来极为困难。铝离子还原所需的电位很高,无法以碳还原其氧化物而得到金属铝。现今工业制铝采用的是电解法,即电解熔融状的氧化铝,而氧化铝的熔点很高($2\,050\text{ }^{\circ}\text{C}$)。无论是高温环境的获得还是电能的取得,都不是千年之前可以企及的。因此,铝也绝难成为划时代的大器。

天然铁大概都是从天上掉下来的,但陨铁不如天然铜、金容易识别,使用较晚。目前最早的陨铁器是公元前 4 千纪的铁珠和匕首(镍的质量分数为 $7.5\%\sim 10.9\%$),出土于尼罗河流域的 Gerzeh 和幼发拉底河流域的乌尔(Ur)等地。中国的最早陨铁文物是商代中期(约公元前 13 世纪中叶)的藁城铁刃铜钺。然而,天降之铁自然不会多,铁器时代还得自己创造。

从冶炼技术而言,铜的冶炼应该比铁的冶炼容易。炼铜将为炼铁积累必要的技术和产业能量。

金属材料熔点

名 称	熔点/℃	名 称	熔点/℃	名 称	熔点/℃
锡	232	黄铜	950	各种铸铁	1 200
铅	327	青铜	995	钢	1 300~1 500
锌	419	铜	1 083	纯铁	1 535
镁	649	银	962	铂	1 772
铝	658	金	1 064	钨	3 410
钙	839	镍	1 452	金刚石	3 550

铜的熔点为 1 083 ℃,掺入低熔点物质的青铜和黄铜的熔点分别降为 995 ℃和 950 ℃。这个温度在 3 000 年前是可以企及的,因为木炭火的温度就可以达到 1 200 ℃,而纯铁的熔点为 1 535 ℃,这个温度在公元前是不可能达到的。当然,灰铸铁的熔点可降低到 1 200 ℃。不争的事实是炼铁比炼铜难得多。

人类在寻找石器的过程中认识了矿石,并在烧陶生产中创造了冶金技术。矿石炼铜是人类文化发展的重要里程碑。最先使用的是氧化铜矿(如孔雀石),将其与木炭混合加热还原得到金属铜。已知最早的人工冶炼的铜器出土于伊朗的 Yahya 地区(约当公元前 3800 年前),含有少量砷(砷的质量分数为 0.3%~3.7%)。镍则往往与铜共生,容易炼成镍铜。

青铜主要指铜锡合金,古代青铜往往还含有铅或其他金属。铜中加入锡可以降低熔点,改善铸造性能。最早的锡青铜出现于两河流域,约当公元前 3000~公元前 2500 年。在公元前两千纪,铜及青铜冶炼技术达到了全盛时代。埃及青铜时代约开始于公元前 2600 年。欧洲则在公元前 1800~公元前 1500 年经历过砷铜时代后才出现锡青铜。

商周是中国青铜器的鼎盛时期,在技术上达到了当时世界的顶尖水平。商周青铜器大都采用焙烧过的泥范铸造,晚期则与世界其他国家一样采用少量铜范。冶炼时使用熔剂,以调整炉渣成分,提高渣的流动性。中国最早使用陶质容器作为冶炼设备,后来发展成为带有风嘴的直径约 60 厘米的地炉。早期使用陶尊,外涂草拌泥以保温,内涂耐火泥层,铜矿和木炭直接放置炉内。这一装置不同于从外部加热的“坩埚”,可提高炉内温度。这种内热式陶尊炉逐渐发展成为泥砌或预制陶圈叠成的竖炉,下部设有出渣和铜的孔。

青铜犹盛,铁已登场。人类使用铁至少有五千多年的历史,但进入铁器时代则是在公元前 10 世纪左右。当时使用的炼铁炉主要是地炉和竖炉。地炉直径约 40 厘米,深 20 厘米,冶炼海绵铁。冶炼后取出全部炉料,经过锤打分离炼渣,或者先行破碎,分选后烧结锻造成锭,这种方法称为块炼铁法。这个时期的铁剑有的较软,有的则经过渗碳和反复叠打,并经过快冷或淬火变得更硬。印度在公元 300 年左右锻造出德里铁柱,高 7.2 米,重达 6 吨,历经千年风雨,至今不锈,堪称奇迹。在制钢技术上,逐渐发展出用坩埚冶炼超高碳钢(含碳 1.5%~2%),或渗碳的高碳钢和低碳钢叠打,经淬火后获得硬的刀刃,或用植物酸腐蚀得到各种花样的大马士革钢。

（三）铁器锋出

中国的冶铁技术在春秋晚期宝剑锋出,遥遥领先于世界,创造了灿烂的铁器文明。一个重大的里程碑是生铁的面世,生铁的出现催生了两大发明:一是用生铁退火制造韧性铸铁,二是用生铁为原料制钢。这两大发明对战国与秦汉的经济和军事发展至关重要,在一定程度上,也促进了中华民族的统一和发展。

生铁的出现得益于中国烧陶和冶铜技术的成熟和提高,为冶铁创造了高炉温的条件。铁矿石得以在温度较高的炼铁炉中还原并渗碳,得到含碳3%~4%的液态生铁。汉代大高炉的容积已达50立方米左右。当时中国的炼铁技术和规模均为世界之最。

在汉代,先后发明了四种生铁制钢的方法(钢和铁的分界是碳含量,碳含量在2%之下为钢)。一是铸铁脱碳钢。将含碳3%~4%的低硅铸铁器在氧化气氛中加热脱碳成钢,还可将生铁铸成薄板,脱碳后供锻造用。二是炒钢。“炒”就是搅拌和锻打。一边鼓风,一边搅拌生铁水,以促使生铁中的碳氧化而得到熟铁,再将其渗碳锻打成钢。也可直接把生铁炒成钢(控制合适的碳含量),再锻制成钢制品。炒钢中含有的硅酸铁夹杂物成分比较一致且数量较少。三是始于公元2世纪末的“百炼”工艺,“百炼成钢”由此而来。百炼就是反复叠打变形,皆在细化晶粒和夹杂物。一般用炒钢锻打,甚至可以用不同碳含量的钢材复合叠打。四是灌钢。用生铁水“灌”熟铁,以扩散渗碳而成钢。

中国汉代的钢铁生产工艺还有不少可圈可点之处。一是炼铁高炉大型化。日产铁可达1吨。铸造化铁炉的规模也不断增大。二是从大皮囊鼓风发展成为畜力鼓风的马排、牛排和公元31年出现的利用水力鼓风的水排。三是冶炼时添加碱性熔剂,可大大降低渣的熔点和渣中的含铁量,以利于渣、铁完全分离,改善炉渣流动性。四是使用木炭,无烟煤和煤饼则作为加热炉或退火炉的燃料。五代时已用煤炼铁,用焦炭炼铁则始于16世纪。

铸铁和生铁炼钢法的发明和应用,使中国的冶金技术在明代中叶以前一直居于世界先进水平(世界上长期采用固态还原的块炼铁和固体渗碳钢)。从汉代起,中国的铁产量就超过了铜。铸铁技术比欧洲约早2000年。就金属种类而言,中国在春秋战国时期(公元前7世纪)便已掌握了金、银、铜、铁、锡、铅、汞等七种常用金属。欧洲则迟至罗马帝国末期(公元5世纪)。中国的冶金技术,特别是战国秦汉以后的钢铁冶炼技术,不断向外传播。战国时期传到朝鲜,汉代进一步传到日本。张骞通西域以后,把生铁的冶铸技术带到中亚和西亚。

（四）机器争鸣

中世纪的1000多年内,欧洲冶金技术进展十分缓慢。直到15世纪,尽管熟铁器已经广泛使用,但铜和青铜仍是生产得最多的金属。

时至16世纪,欧洲出现资本主义萌芽。英王亨利八世(1509—1547在位)把属于寺院的采矿和冶金企业拍卖给新生的资本家。资本的机器开动了!沉寂的铁器文明迅速转向轰鸣的机器文明,或者说机器文明在迅速刷新铁器文明。内部是利润冲动,外部是机器的推动和拉动——机器、造船等产业的发展既为冶金业开辟了市场,又为其提供先进的技术和装备。15世纪以前,英国的冶金及其他生产技术都落后于欧洲大陆。在1640年以后的250年中,英国抓住了机器文明带来的巨大历史机遇,一跃成为冶金技术和产业发展的先驱。而中国怠慢了

机器文明,错失先机,冶金技术不可避免地趋于落后。

在炼铁方面:1709年,达比(A. Darby)用焦炭代替木炭炼铁成功,使冶金业摆脱了木炭资源(森林)的限制;1828年,尼尔森(J. B. Neilson)引入预热空气鼓风机使高炉炼铁焦比降低,生产效率成倍提高。

在炼钢方面:①1740年,亨茨曼(B. Huntsman)首次采用坩埚炼钢法生产铸钢件;②1856年,贝塞麦(H. Bessemer)发明转炉炼钢法,向转炉中的铁水吹入空气,使铁水中硅、锰、碳等元素的含量迅速降低,同时产生大量的热能,使液态生铁炼成液态的钢,由此开创了炼钢的新纪元;③1855年,西门子(K. W. Siemens)发明蓄热室,马丁(P. Martin)在1864年利用该原理创造平炉炼钢法,从而扩大了炼钢的原料来源;④1879年,托马斯(S. G. Thomas)和吉尔克里斯特(P. C. Gilchrist)开发出碱性转炉炼钢法,成功解决了高磷生铁冶炼优质钢的问题。

这些发明创造使英国的炼铁、炼钢工业在18至19世纪光照世界。19世纪末,英国在钢铁产量方面虽已被资源丰富的美国超过,但在质量方面仍居于领先地位。炼铜情况也是一样。铜资源并不充裕的英国,在19世纪60年代竟然成了世界上产铜最多的国家。

英国冶金业的后来居上,主要应归功于其从铁器文明向机器文明的跨越。最重要的是资本“机器”与钢铁机器的“媾和”。中国在沉重的封建官商体制的桎梏中呆得太久,而且过度沉湎于冶炼的成就,坐拥优良的铸铁,而忽略了钢铁的塑性加工,始终没有发展轧制生产。

机器文明与科学技术比翼齐飞。“近代轧制之父”科特(H. Cort)用有孔型的轧机轧制熟铁,成为型材的有效加工方法。1836年出现了用蒸汽机驱动的二辊、三辊轧机。为了减薄钢板,英国在1720年前后发明了薄板叠轧的技术。1842年,蒸汽锻锤出现在法国;1861年,水压机在英国发明。19世纪50年代,厚钢板生产的发展已使法、英两国相继用10厘米厚的轧制铁板制造战舰的装甲。

新的冶炼方法和精炼方法不断出现。1866年,德国发明了发电机,为电解法提取纯铜创造了前提(1869年),电冶金这一新领域也得以开辟。埃鲁(P. L. T. Héroult)在1899年首先用电弧炉炼钢。虽然低频感应炉早在1877年已经出现,但没有得到发展;诺思拉普(J. K. Northrop)所发明的高频感应炉炼钢(1927年)法终于取代坩埚法成为高合金钢生产的普遍方法,并使真空冶炼成为可能。

工业的发展促进了对新材料的需要,新的金属不断投入使用。继钨钢(1882年,后来发展为高速工具钢)之后,相继出现了高锰耐磨钢和锰钢(1887—1889年),接着又出现了轰动工程界的镍钢(1889年)和耐蚀铬钢(不锈钢耐酸钢)。在非铁金属方面,包括轻金属(铝、镁、钛)、难熔金属(钨、钼、钨、钨、钨、钨)、稀土金属、放射性元素等,在18至19世纪先后进入工业视野。

从19世纪初,戴维(H. Davy)成功地电解了熔融的氢氧化钠、氢氧化钾,得到金属钠、钾(1807年),开创了熔盐电解方法。1886年,美国的霍尔(C. M. Hall)和法国的埃鲁分别将氧化铝加入熔融冰晶石,电解得到了廉价的铝。经过将近1个世纪的发展,铝已成为用量仅次于铁的第二大金属。

20世纪中叶以来,一些特种冶炼工艺相继问世,极大地促进了新材料的开发和应用,其中最突出的是真空冶金技术。20世纪20年代后出现高频感应炉,40年代后出现真空感应炉,之后又出现真空自耗炉和真空电子束熔炼炉。这些精炼装置对冶金产品质量的提高极为重要。更重要的是,如果没有这些技术装备,化学性质活泼的金属如钛、锆、铀等便难以制备;而熔点

很高的金属如铌、钼之类则只能用粉末冶金方法生产,而且这些金属的脆性问题也难以解决。电渣重熔技术是 20 世纪中叶出现的,这种工艺是前苏联从电渣焊接发展起来的,对去除金属中杂质十分有效。

20 世纪下半叶以来,钢铁冶金又有新的发展。炼铁高炉采用温度高达 1 200 ℃ 的热风和 2.5 个大气压的高压炉顶操作,进一步提升了炼铁生产效率。高炉体积也加大了,日产万吨铁以上的高炉并不罕见。炼钢方面,最主要的是开发出氧气顶吹转炉炼钢(后又发展出底吹和复合吹炼)和连续铸钢技术。轧制则走向高速化和连续化,带钢冷轧速度可高达每分钟 2 500 米。钢的收得率由此提高,能源得到节省。

(五) 工业根基

钢铁是现代工业的食粮,是最为广泛使用的工业材料。从产量看,2006 年全世界粗钢产量达到 12.4 亿吨,是铜的 82 倍,铝的 37 倍,锌的 124 倍。水泥是世界上广泛使用的建筑材料,2006 年的产量高达 25.5 亿吨,粗钢与其在同一量级。粗钢也是最便宜的金属材料之一,单价只相当于铜的 1/9 强,铝的 1/3 弱。在价值上,粗钢的产值规模当于铝、铜的 10 倍左右。

世界主要金属产量

名 称	2006 年产量/吨	2006 年单价/美元	1900 年产量/吨	2006 年产值/亿美元
粗钢	1 244 000 000	※821.80	※172 000 000	9 615.06
铝	33 700 000	2 676	6 800	901.812
铜	15 100 000	6 939	495 000	1 047.789
锡	302 000	12 500	#93 600	37.75
锌	10 000 000	3 500	479 000	350
金	2 460	19 500 000	386	479.7
银	20 200	373 000	5 400	75.346
铂	518	21 100 000	6.62	109.298

注:※号处粗钢产量为 1943 年数据,单价为 2004 年数据;#号处锡产量为 1905 年数据。

106 年来,贵金属中金的产量只增长了 5.4 倍,银只增长了 2.7 倍,铜的产量增长了近 30 倍。粗钢的增长应该高于铜。试比较 1943 年到 2006 年的增长:铜的产量增长了 4.76 倍,而钢的产量增长了 5.8 倍。引人注目的是铝的产量的增长:106 年来,铝的产量增长了 4 954 倍,产量一跃超过铜的一倍而成为仅次于钢的第二大工业用材。这表明:人类社会在经历了青铜时代和铁器时代之后,铝后起直追,也开始成器了。但显然,铝器只能超过铜器一头,而远远不能争抢铁器的风头。技术进步了,各种金属材料都能够提炼,都可以一展身手,但天生我材各有用,材只能尽其用而不能拗其命。铁老大还是铁老大!铜和铝只能做榜眼和探花。新的产业文明也不复维系于一器。如仍以金属材料表征时代,当今世界应该进入了合金时代!其实,钢就是一种铁碳合金。当然,今天之所谓合金将包括更丰富的金属和非金属元素。不同物质的融合会形成更优化的内部结构,产生更佳的材料性能。通常,合金的硬度大于组成它们的金属;合金的熔点低于组成它们的金属;合金的耐蚀能力强于组成它们的金属。

以钢铁为基础、为主材的合金时代必将创造更为灿烂的合金文明。