

现代冶金的发展与创造性思维

Development of Modern Metallurgy and Creative Thinking

张 建¹ 王 皖² 王新华¹

(北京科技大学冶金学院¹ 北京 100083; 安徽马鞍山钢铁股份有限公司设计研究院²)

“钢铁大国”=“钢铁强国”?

1996年我国的粗钢产量第一次超过1亿吨,达到1.011亿吨,占世界总产钢量的13.5%,跃居世界第一,几代人的“钢铁大国”梦变成现实。然而,欣喜之余我们却不能不冷静地面对我国冶金企业总体意义上长达数年之久的经济滑坡,许多钢铁企业包括一些重点大型联合企业出现了亏损现象或濒临亏损。从作为经济“晴雨表”的股市中反馈的信息看,我国沪、深两地股市的钢铁板块中的数十支股票在“牛市”中仍几乎无一例外地成为低价股,其主要原因是这些上市的钢铁企业经营业绩不佳,微利或在亏损边缘挣扎。考虑到被批准上市的钢铁企业

在整个冶金行业中尚属佼佼者,则整个冶金行业的形势就相当严峻了。

近20年来,世界粗钢产量一直稳定在7.0~7.8亿吨之间,各主要先进的产钢国家,不再强调钢产品数量的增长,而是着力提高产品质量,降低产品成本,发展高技术含量、高附加值产品,进行产品结构的优化。而这几方面也正是中国钢铁工业的薄弱点。其具体表现是,尽管钢产量每年已达亿吨,但近年来我国平均每年仍需进口钢材800万吨以上;我国目前还有一些高技术含量、高附加值的钢产品不能生产或生产能力远远不能满足国内需求,如1998年冷轧硅钢片满足率为33%、石油油井管为44%、镀锡板为29%、不锈钢板仅仅20%^[1]。与此相应,我国的钢材产品在国际市场上缺乏竞争力、产

高温超导限流器的研究建议

1986年高温超导体被发现以后,工业发达国家都对超导体在电力方面的应用研究给予了高度的重视,所以才有如今展现在我们眼前的一幅美妙的超导限流器的前景图。与此同时,高温超导变压器、电缆、电机和超导储能系统(SMES)的研究也取得了长足的进展以致超导电力系统的研究都开始启动了。目前,超导电力系统被普遍认为是21世纪电力系统的发展方向。

我国是一个拥有13亿人口的大国,经济发展刚刚起步,电能需求的增长速度比发达国家快得多,因此SFCL的研究和开发对我国的经济意义和紧迫性都将远远超过其它国家。当今,全球的经济越来越以知识经济为主导,一个国家的强大及其经济的可持续发展与否将越来越取决于其高技术产业在全球所占的比重。我国开展超导体在电工方面的应用研究已有30多年的历史。通过30多年的不懈努力,已积累了十分良好的实验条件并拥有一批优秀的世界级水平的研究开发人员。面对一个新的潜在的超导限流器的国际大市场,我们强烈建议我国有

关部门排除一切障碍,积极地、高强度地支持在我国开展超导限流器的研究和开发工作,使超导限流器尽快在我国形成规模产业以带动下世纪我国超导产业的发展,从而确立我国在具有经济战略意义的超导产业中的国际地位!

我们建议首先开展面向配电系统的高温超导限流器的研究与开发工作,因为高温超导限流器运行成本低、稳定性高。目前,高温超导材料的性能已越来越接近实用化的水平,它以后在很多方面必将取代低温超导体。因此,开展HTSFCL的研究还可以为以后从事其它超导电力设备和超导电力系统的研究和开发打下基础,并通过高温超导限流器的研究开发和试验运行,使我国在高温超导的电力应用方面有重大技术突破并达到国际一流水平。总体而言,我们眼下不应急于研制更高电压等级的超导限流器,我们应尽快使面向配电系统的HTSFCL产业化并最终为在下个世纪的国际超导产业中占有一席之地打下基础。

(感谢林玉宝副研究员、韩燕生副研究员和博士生叶林在调研和本文成稿过程中给予的有益帮助和建议)

(责任编辑 王宏章)

品价格低。1995 年,我国出口钢材的平均价格为 393 美元/吨,而同时期我国进口钢材的平均价格为 477 美元/吨。

与此同时,冶金学科的发展也逐渐失去了昔日的勃勃生机,走到了十字路口,传统的冶金学知识结构、研究领域、研究方法和科研思维方式等不断地受到冲击和挑战。看来钢铁大国并不等于钢铁强国,钢铁强国之路尚“漫漫兮”,需“上下而求索”。

“夕阳工业”是危言耸听吗?

今天,我国的钢铁工业到底处于一个什么境地?争论并没有停止。有人认为我国钢铁工业面临危机或处于“十字路口”的看法不过是危言耸听。然而以史为鉴,不无裨益。纵观世界钢铁工业发展史,两个产钢量曾经最多的国家前苏联和美国,在达到其最高年产量以后,都先后陷入困境,在激烈的竞争中败下阵来。前苏联对钢铁工业采取了不正确的

发展方针,把增加产量放在第一位,而把改进品种、提高质量、降低成本放在第二位,从而导致恶果。美国的情况有所不同,在 1953 年钢产量达到 1 亿吨之后,在继续增产的同时,重视品种质量,经过 20 年后独霸天下,到 1973 年钢产量达到最大 1.368 亿吨;但其后钢铁生产急转直下,一蹶不振近 20 年,1984 年其钢产量退到 6 000 万吨,并在这段时间里每年进口 2 000 多万吨钢材^[2]。这对曾经是最大的产钢国的美国,真是莫大的讽刺。究其原因,是因为在世界钢铁技术迅猛发展的 50~70 年代,美国放松了钢铁工业技术改造,技术落后了,生产成本居高不下,品种质量没有改善。而同时期的日本及欧洲国家大量采用新技术,其钢铁产品价廉物美,重建钢铁工业取得了成功。

而今,我国钢铁工业也发展到了钢产量 1 亿吨的水平,并开始步入困境。若不尽早采取有效对策和措施,我国钢铁工业步美国之后尘,成为真正意义上的“夕阳工业”不是没有可能。

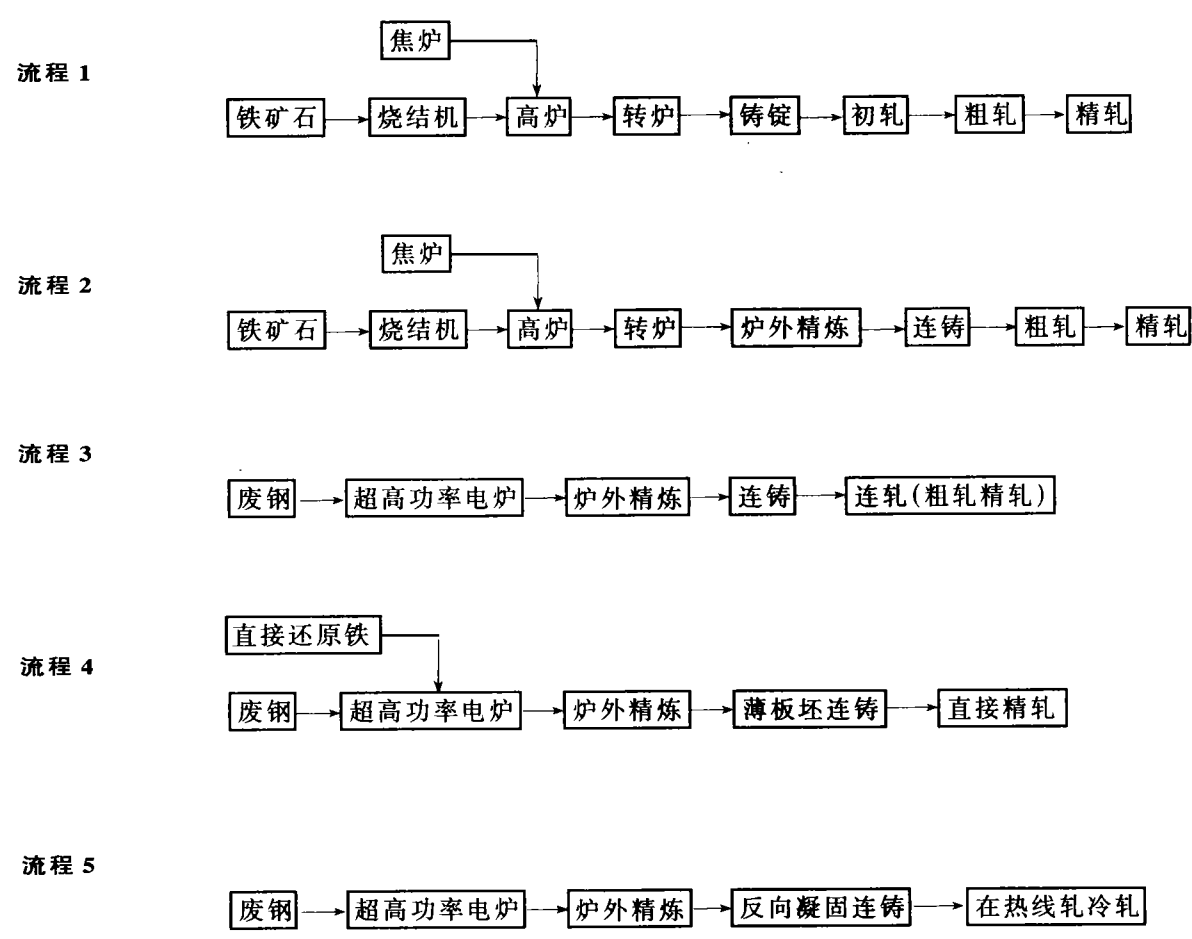


图 1 钢铁生产中几种典型的工艺流程

历史告诉我们

总的说来,在世纪之交,在现代科学技术汹涌澎湃的今天,只有跳出传统思维的框框,解放思想,拓宽思路,积极呼应现代科学技术革命的发展,采用最先进的技术和管理手段,改进传统的钢铁工业工艺、流程和模式,才能彻底改变钢铁工业的面貌,使之走出困境。

此处我们不讨论具体采用什么样的钢铁工业发展战略以及技术、管理改革措施,而是强调中国的现代冶金(包括工业和学科)的进一步发展需要创造性的现代思维方式。

当许多传统工艺流程的钢厂,举步维艰,失去竞争力,逐步退出其世袭产品领地之时,一支新军却以其勃勃的生气在钢铁企业中独树一帜,大放异彩。这就是以近终形连铸技术为主要核心的铸轧一体化的短流程钢厂(小钢厂)。这种小钢厂工艺环节配合紧凑,流程短而合理,且投资少、管理层次简单、效益明显,具有强大的生命力。美国钢铁工业在70年代开始的大倒退以后,能够在90年代重新崛起,原因之一是得益于现代化的短流程的小钢厂的发展。现在美国的短流程钢厂已达到相当高的水平,其产率为90%,每位雇员平均年产钢量达862吨,吨材成本中劳动力费用约为50美元,而传统长流程的联合企业的这三个指标约为84%、430吨和125美元或更高些。对照传统钢铁联合企业的长流程,仔细剖析小钢厂的以近终形连铸技术为核心的短流程,我们可以发现短流程钢厂发展过程中的许多闪光的现代思维创意。正是由于这些特别的“反常规”的天才创意,使这一几乎可以看作是革命性的新工艺成为现实。

图1示出了几种有代表性的钢铁生产工艺流程,从流程1到流程4的工艺系统不断优化组合的演进中,现代系统思维方式的印迹逐渐明晰。流程1基本上反映了六七十年代以前的典型工艺之一(另外还有平炉流程)。在这一时期,钢铁生产的主要技术进步大都体现在每一个单体设备上(如高炉、转炉等),力争使其效率提高、能耗降低、生产成本降低等,很少将整个流程看作一个整体考虑,因此就有了高炉厂与转炉厂相距很远的布置,需通过铁路运输铁水;对于高炉-平炉流程,甚至有先将高炉铁水冷却铸成生铁块,再运至平炉重新化铁炼钢;对钢水则是先铸成冷钢锭,其后加热初轧开坯成钢坯,再送至均热炉加热,然后轧制。这样每道工序各自独立、各自为政,造成了工序环节繁多,大量的能源被浪费,生产效率低下。

随着科学技术的发展,现代系统理论终于在钢

铁生产找到了立足点,人们将原来各自独立的炼钢和轧钢工艺第一次结合起来,在一个小规模的(与后来的大系统相比)整体中系统地考察工艺流程的优化问题,产生了初步优化的流程2。其中连续铸锭技术作为一个关键的联接技术将炼钢和轧钢系统初步结合起来。其直接的结果是节省了初轧和整模、脱模设备,大大精简了钢水到钢坯的工艺流程,提高了劳动生产率;节约了能源和原材料;节省了人力并减轻了劳动强度;为炼钢生产的自动化和连续化创造了有利条件。当然为了适应这个小规模系统的整体要求,系统中的各个环节、各个单体设备都要进行不同程度的技术改进以及建立相应的、符合系统要求的生产管理调度。

实践证明,钢铁生产的整体能力和效益并不是其单体设备或生产单元(如高炉、转炉)的简单叠加,在一定水平上的整体和谐、协调统一的钢铁生产流程,将会导致相应水平的整体效益的增长。现代系统思想和钢铁工业的第一次真正的结合,使古老的冶金焕发了青春,带来了巨大的效益。数据表明,与模铸流程相比,连铸流程可节省基建投资30%,金属收得率提高约12~15%,热能消耗降低70~80%,生产成本降低10~12%,占地面积减少30%。更重要的是由现代系统思想而推动的创造性思维方式开阔了人们的思路,从此深深地扎根于人们的脑海之中,促进了冶金领域里创造性思维的形成和发展,为以后钢铁工业的更大发展提供了思维方法上的有力保证。

人们从流程2的实践中尝到了甜头,并开始不再满足于这种小系统的改造。进一步的研究开发,导致了流程3的出现。在炼铁系统中包括一个相当长的从矿山采矿、选矿到烧结、高炉的子流程,在这一生产过程中设备庞杂、繁多,投资巨大,能耗巨大,结合松散。为了使铁系统与钢系统更好、更紧凑地联结,并促进整个工艺系统在更高水平上的和谐协调,必须对铁系统进行优化。流程3所示的电炉流程中以废钢取代了整个高炉炼铁系统,这一创造性方案的独特之处在于,巧妙地回避了对原先铁水生产设备的局域优化,跳出了“炼铁”环节必不可少的这一习惯性思维框框,以废钢作为替代铁源,实现了最简洁的紧凑化流程,使炼铁“融进”炼钢之中。当然流程3出现的不可忽略的前提是丰富的废钢资源储备和充足的电力供应保障。另一方面,在炼钢与轧钢的连接和协调上又进了一步,采用连铸连轧或连铸直轧,把铸和轧置于同一条生产线上,向浇铸和轧制的更进一步的结合又迈进了一大步。正是依靠这种短流程小钢厂,美国钢铁工业才得以从大衰退中逐步复苏,重振雄风。

流程4是当今世界钢铁工业工艺的最先进代表之一,它融入了现今最先进的科技成果及现代化

的控制理论,其核心技术即为直接还原铁技术和以近终形连铸技术——薄板坯连铸为代表的铸轧一体化技术。从现代思维方式的角度看,该工艺系统达到了迄今为止最优化的和谐与统一,工艺流程中各环节匹配良好。另外,成功地将数学运用于过程控制,彻底地改变了“冶金=经验”的传统思维观念,推动生产过程由定性化控制逐步向定量化控制转变,并达到良好的统一。正是这种以数学为基础的定量与定性的结合才使得能将现代科技革命中最有力的工具——计算机应用于生产过程,从而保证了整个工艺流程都处于自动在线的控制之中。

反其道而行之

值得一提的是如上所述的薄板坯连铸技术。传统冶金理论和经验认为钢水只有在凝固成固态的钢坯以后进行轧制,才能保证冶金过程顺利进行并获得内部和外部质量良好的钢材。而薄板坯连铸技术的精华是,它跳出了传统的定向思维模式,反其道而行之,当铸坯尚未完全凝固,其心部还是液体时,就给予一定的压下量,使得在连铸的过程中铸坯的厚度减小,最后可获得20~50毫米厚的薄板坯。与传统的板坯连铸机生产的150~250毫米厚的板坯相比,薄板坯更接近于成品板材的厚度,这也就是近终形连铸名称的由来。显然,薄板坯连铸技术的使用,省去了热粗轧机组,减少了轧制道次,同时也使得铸坯质量得到了一定程度的提高。流程4的典型代表有已实现工业化的美国纽柯(Nucor)公司的克劳福兹维尔(Crawfordsville)钢厂(CSP工艺)^[3]及意大利的阿维迪(Arvedi)钢厂(ISP工艺)^[4]。纽柯(Nucor)公司的生产实践表明,由此流程所生产的热轧和冷轧板,质量与传统方法生产的相当或更好,但成本降低50美元/吨。薄板坯连铸工艺使该厂从生产线材的小厂挤身于生产板材的大钢厂,1997年获得了4.6亿美元的利润,在美国所有的钢厂中仅次于美钢联位居第二。而从另一角度看,这一技术只不过是逆向思维方式的一次成功应用。

创造性逆向思维方式在冶金工艺技术中应用的另一个典型例子是反向凝固法生产薄带坯技术。众所周知,自钢铁冶金成为大工业生产的百年来钢水铸成锭坯的方法都是将钢水注入冷模之中(连铸机的结晶器只不过是没底的模子),液态钢水的热量由内向外传递,从而首先在钢水与冷模的界面处形成冷凝的固态坯壳,随着散热过程的不断进行,钢水的凝固前沿逐渐由外向内推移,最后全部的钢水凝固而成钢坯。由于凝固过程中的体积收缩,铸坯内部常形成疏松、缩孔等质量缺陷。反向凝固工艺则完全相反(如图2),该工艺让一定厚度的母带以一定速度从凝固器内的钢水中通过,控制钢水温度稍高

于液相线温度,母带通过钢水时其表面附近的钢水

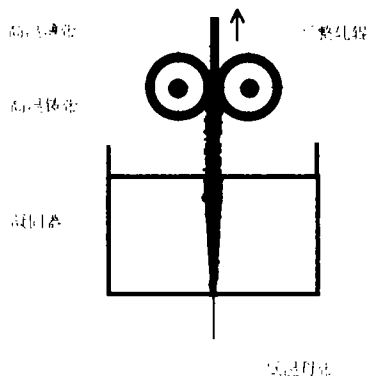


图2 反向凝固法连铸薄带工艺原理简图

降温,发生凝固,在母带表面形成新生相。可以看出钢水的凝固方向由内向外,与传统的连铸凝固方向相反。当新生相表面还处于半凝固状态时,进行初步轧制,以得到表面平整、厚度均匀的连铸薄带,在同一生产线上进一步冷轧可得到高精度的冷轧带材,实现连铸-热轧-冷轧连续一次完成。其流程见图1中的流程5。将凝固方向反向进行这一创造性的思维构想运用于钢铁生产,突破了传统的连铸和轧制模式,目的在于获得流程最短、生产成本最低的工艺。合理的预测指出^[5],对于年产30~50万吨的冷轧带钢生产线,成绩较传统工艺降低一半,吨钢投资仅为传统工艺的20%,生产人员减少85~90%,并且产品质量好、环境效益高。该研究目前尚处于实验室研究阶段,属冶金领域里的国际前沿课题之一,它可望成为连续生产薄带的革命性新工艺^[6]。

启 迪

从上述钢铁工业中几个典型工艺流程的发展及现今冶金生产中几个最前沿技术的构思中,我们受到启发:

第一,现代系统思想应用于冶金流程的优化具有重大意义。将整个冶金工艺作为一个大的系统加以考察研究,尽量地简化压缩系统的工艺流程,重视各环节之间的协同配合,确保全系统和谐协调,可以获得更好的效益。系统和谐协调的程度将反映到系统的整体效益。

第二,数学在冶金领域中大有可为。钢铁工业必须彻底地改变过去的“傻大黑粗”的形象和生产的经验模式,这首先要改变过去的“数学无用”的传统思维模式,积极借鉴近代数学的最新成果,促进冶金生产由定性化向定量化发展,并实现定量和定性的统一。

第三,以电子计算机为硬件支撑的信息技术是现代科技革命中最强大的“武器”,也必将改造传统冶金工业的有力工具。在冶金系统工艺流程的优化、生产过程的自动化控制、冶金过程的定量化等多

面向 21 世纪,加速低温技术及其相关工业的发展

To Speed Up the Development of the Low Temperature Technology and Its Relative Industries

费人杰

(中国纺织工业设计院 北京 100037)

技术发展的一般规律

到 20 世纪末剩下的时间已经很少了,新世纪的来临迫使专家们对各自从事的专业技术领域中取得的成就进行总结,并且尽可能提出今后的发展方向。

所有的预测,包括科学技术方面的预测是很难的事情,犯错误的可能性很大。为了使错误尽量少,应该从一开始就遵循在分析科技进步过程中采用的一些原则,这些原则是建立在技术发展的普遍规律的基础上的。实际上,这一普遍规律存在于对已有技术的革新中和存在于建立在最新科学成就基础上的新技术的发展过程中。这里指的科学成就,不只是理解为基础研究成果,也包括工程技术科学发展过程中所取得的突出成果。

这一规律可以形象地用被称为 S 曲线的图形来表示。S 曲线反映出在技术的发展过程中由一系列指标(如效率、比质量、资源、价值等)组成的综合质量特性随时间而变化的情况。图 1 为表示技术随时间发展的 S 曲线。

S 曲线的第一个水平段(或接近水平段) 1-a 为建立新技术项目的初始探索阶段。在这一阶段中同时有几个方案进行竞争,结果往往是其中之一获胜。当确认一个方案比其他方案有较好的前景时,开始新装置的改进过程,它的性能指标迅速提高。

方面,以现代数学为基础的信息技术将是不可替代的工具保证。

第四,钢铁工业的新的革命性变革、钢铁工业的未来需要创造性的思维,需要打破陈旧的框框和模式,需要跳出传统的思维定势和思维逻辑,在扬弃经典的冶金科技理论和成果的基础上,大胆构想,小心求证。

第五,钢铁工业、钢铁企业在市场经济的运作中,进行“控制总量,优化结构”的改革,更需要破除成规,更需要创造性的思维和开创性的探索。

参考文献

[1] 王万宾. 控制总量优化结构大力提高冶金工业发展的质量和效益. 中国冶金报, 1999.2.14(1)

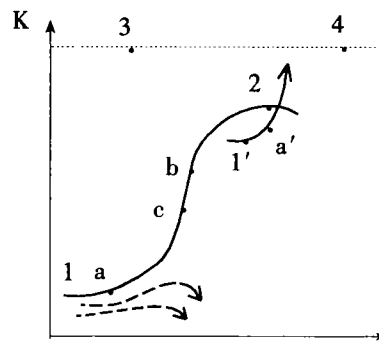


图 1 表示技术随时间变化的 S 曲线

K: 综合质量指标; τ : 时间; 3-4: 综合质量指标极限值

这一阶段在 S 曲线上的相应线段为 a-b。到了一定阶段,原来认为是新的技术变成了老的技术,用当时的技术和工艺手段来实现改进的技术储备几乎用完了,质量指标的改进也减慢了,然后又几乎停止了,达到了饱和阶段,在曲线上相应的线段为 b-2。曲线上的转折点为 c,正是从这个时候开始,质量指标的迅速成长变成缓慢成长,这意味着饱和阶段即将来临,应着手寻找彻底改进技术对象的途径。科学技术的发展是不断延续的。新的技术思想的产生,一是在本技术领域内或借用其他技术领域的已有方案进行改进的,二是在新的科学数据或科学发现的基础上产生的。新的、年轻的技术对象又重复

[2] 周传典. 正视钢铁工业第三次革命的来临. 科技导报, 1994;4:27-29

[3] Iverson B A, Buith K. A review of first year CSP operations at Nucor Steel's new thin slab casting facility. MPT International, 1991; 1:40-51

[4] Pollock B A. ISP technology evolves with experience. Iron & Steelmaker, 1993; 11:59-61

[5] Fritz - Peter Pleschiutchnigg, Ingo Von Hagen, Tarek El Gammal, et al. Inversion casting—a new method for producing near-net-shape cast strips. Stahl Und Eisen. 1994;114:47-53

[6] 张建. 反向凝固法连铸薄带技术基础研究(博士学位论文选题报告). 北京:北京科技大学, 1998:16,26

(责任编辑 王宏章)