

# 从引进消化走向自主集成创新 ——武钢投产五十年的回顾

张寿荣

武汉钢铁集团公司, 武汉 430083

E-mail: [srzhang@public.wh.hb.cn](mailto:srzhang@public.wh.hb.cn); [0071td@163.com](mailto:0071td@163.com)

收稿日期: 2008-05-22; 接受日期: 2008-07-21

**摘要** 武汉钢铁公司是新中国成立后我国新建的第一座钢铁联合企业. 武钢是 20 世纪 50 年代前苏联援建 156 项工业项目之一. 经过 20 世纪 60 年代的自行开发, 80 年代引进当时技术领先的 1700 mm 轧机系统和消化吸收, 以及 90 年代的自主集成创新, 武钢已成为具有当代国际先进水平的大型钢铁联合企业. 从技术层面讲, 武钢 50 年的历史就是从技术引进, 消化吸收, 走向自主集成创新的发展史.

## 关键词

技术引进  
消化吸收  
自主集成创新

## 1 前言

我国是世界最早掌握冶铁技术的文明古国之一. 秦汉时期就设立“铁官”. 湖北大冶从宋朝起就是炼钢制造兵器的中心. 1893 年投产的汉阳铁厂是我国第一座钢铁联合企业. 汉阳铁厂应当属于世界上建设最早的钢铁联合企业之一. 全世界第一座钢铁联合企业(integrated steelworks)美钢联的南芝加哥厂 1882 年投产. 德国的蒂森 1890 年投产. 美国的伯利恒 1891 年投产. 加拿大钢铁公司(Stelco)1895 年投产. 汉阳铁厂与日本的八幡属于同时投产的钢厂. 汉阳铁厂投产当时引起世人注目. 图 1 是 1906 年美国商人参观时的照片, 可见当时人气是兴旺的. 由于政治腐败, 汉阳铁厂以倒闭告终. 汉阳铁厂的造轨厂是我国第一座产钢轨的工厂, 抗战期间迁至重庆.



图 1 美国商会参观汉阳铁厂高炉

新中国成立后, 第一个五年计划期间决定建设三个钢铁基地: 鞍钢、武钢和包钢。鞍钢属于老厂扩建改造, 武钢、包钢属于新建。武钢是新中国成立后我国新建投产的第一座钢铁联合企业。

## 2 引进消化苏联技术阶段

半封建半殖民地的旧中国, 工业十分落后。钢铁工业主要分布在日本占领下的东北。日本投降后, 东北的鞍钢、本钢停产。华北、华东、西南地区有小型钢铁厂。1949 年建国时, 全国钢产量仅为 15.8 万吨。

“一·五”期间计划建设的三个钢铁基地均属于当时苏联援建的“156 项”的内容。由苏联提供设计、技术和主要设备。武钢设计规模为一期产钢 150 万吨, 二期增加 150 万吨, 最终规模为 300 万吨。一期主要技术装备包括: 4.3 m 焦炉 4 座, 75 m<sup>2</sup> 烧结机 4 台, 1386 m<sup>3</sup> 高炉 2 座, 250 t 平炉 2 座, 500 t 平炉 4 座, 1150 mm 初轧机一套, 650/800 大型轧机一套和 2800 mm 中板轧机一套。这些技术装备是当时苏联所能提供的最新的技术, 与当时我国的钢铁厂相比, 技术上提高了一个台阶。武钢的生产技术骨干队伍是从鞍钢成建制调过来的, 对从苏联引进的新技术装备不熟悉, 必须组织学习和培训。当时的有利条件是, 除设计图纸和资料外, 苏联还提供了设备制造图纸。当时的冶金部、机械部组织了重大装备的国产化工作。到上世纪 60 年代初, “调整、充实、巩固、提高”之后, 我国已具备了 1000 m<sup>3</sup> 大型高炉全套设备、4.3 m 焦炉、500 t 平炉和 1150 mm 初轧机的制造能力。

在生产操作方面, 由于受资金限制, 武钢各生产厂不能按工序顺序要求建成投产。如: 设计的高炉炉料是 100% 自熔性烧结矿, 而烧结厂建设和投产比高炉晚一年多。一、二号高炉投产时不得不全部使用块矿开炉。炼钢厂平炉投产比高炉晚一年多。初轧厂比平炉又晚一年。投产进度与工艺流程要求不一致, 使生产难以达到设计规定能力。

武钢投产不久, 大跃进、大办钢铁席卷全国。1961 年开始, 国家进行全面经济调整, 武钢的生产规模压缩至一期工程能力的一半。1965 年, 国家经济形势好转, 武钢开始提升生产水平。1966 年上半年, 武钢两座高炉达到设计一期的生产能力, 从 1958 年 9 月 13 日一高炉点火时算起, 武钢一期工程达产经历了 7 年半。

然而好景不长, 1966 年夏季开始的文化大革命, 使武钢陷入停产半停产, 武钢生产处于混乱状态。

## 3 自主发展阶段

虽然前苏联为武钢提供的设计是当时苏联所能提供的最新技术, 然而由于当时技术水平的限制, 留有许多未解决的技术难题。如:

- 大冶铁矿的选矿技术不过关, 氧化矿精矿含铁量低, 含铜量高, 生铁含铜有时高达 0.3% ~ 0.5%, 而不得不开发含铜钢;
- 烧结矿冷却技术不过关, 烧坏运送皮带, 被迫向烧结矿打水冷却, 使烧结矿粉化, <5 mm 部分有时高达 20% ~ 30%;
- 不设铁矿石混匀场, 矿石用火车直供烧结机和高炉, 成份波动大;

- 高炉炉身寿命短，冷却器破损严重，不得不中修炉身砖衬；
- 平炉用煤气做燃料，冶炼周期长，炉顶寿命短。

上世纪 60 年代初，前苏联中断了技术援助，撤回专家。武钢投产后出现的技术难题，包括设计遗留的技术难题，必须依靠自己的力量解决。尽管有文化大革命的干扰，仍取得显著效果。如：

- 改进大冶铁矿氧化矿浮选工艺，降低了铁精矿的铜含量，提高了铁含量，提高了铜精矿产量，解决了高炉生铁含铜高的问题；
- 弄清了武钢烧结矿布料反常的原因，为武钢高炉炉顶调剂提供了依据；
- 用带式冷却机取代冷却盘，解决了烧结矿冷却的难题，提高了入炉烧结矿质量；
- 实施烧结矿入炉前槽下过筛，改善炉料透气性，为提高高炉冶炼强度创造条件；
- 利用库存 1513 m<sup>3</sup>高炉主要设备，建成当时我国最大的 2516 m<sup>3</sup>高炉(国内第一座 2000 m<sup>3</sup>以上高炉)；
- 确立高氧化镁渣是武钢高炉的基本造渣制度；
- 采用风口喷吹技术，上世纪 60 年代进行喷沥青试验，以后改为喷重油，80 年代改为喷煤粉；
- 开展高炉炉体破损调查和高炉长寿的探索；
- 进行高碱度烧结矿试验，将高碱度烧结矿配酸性块矿确立为武钢高炉炉料的基本结构；
- 将平炉由烧混合煤气改为重油平炉，缩短冶炼时间；
- 将大型轧机由 650/800 mm 改为 760/800 mm，扩大产品范围。

#### 4 引进消化国际先进技术阶段

经过自主发展，武钢生产水平逐步提高，但技术层次上依然是国际 20 世纪五、六十年代水平。由于技术装备落后，上世纪六、七十年代，我国所需要的高质量冷轧、热轧薄板，镀锌、镀锡板及冷轧硅钢全部依赖进口。国家决定引进国外先进装备，由国内生产，减少对国外的依赖。1974 年国家决定引进一米七轧机系统并建在武钢。1700 mm 轧机系统包括：热轧带钢厂、冷轧带钢厂、冷轧硅钢片厂和连铸车间。1700 mm 轧机系统的产品是国家急需而当时又不能生产的。1978 年部分生产线试车，1980 年一米七轧机系统全部进入试生产，1981 年接受国家验收。

一米七轧机系统的建设，实质上是在武钢原有生产系统炼钢工序之后加了一个 20 世纪 70 年代国际先进水平的连铸和轧钢的后工序，见图 2。

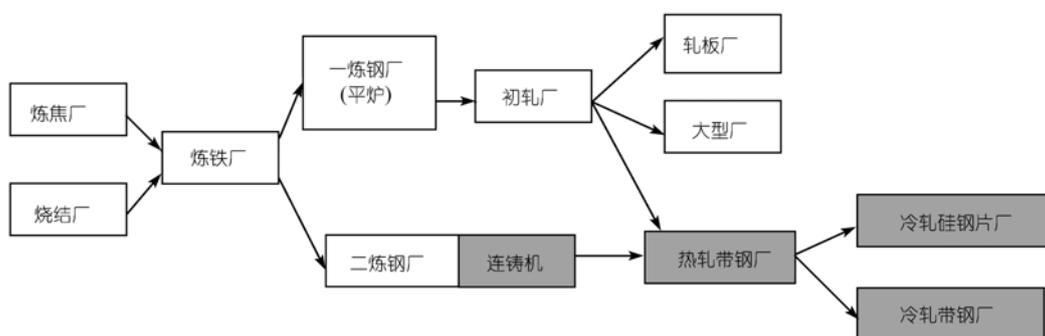


图 2 一米七轧机建成时的武钢生产流程

新系统与武钢老系统, 在技术水平上差距大约 20 年. 这一差距使一米七轧机系统投产后出现了一系列的“不适应”, 其中最重要的是前工序的半成品不适应新系统的要求. 具体来讲, 老厂炼的钢, 不能满足一米七轧机系统要求. 废品率高达 10%, 武钢生产极度被动.

在困境中, 武钢确定将掌握和发挥一米七轧机系统潜力为中心. 一方面抓引进技术的消化、吸收和国产化, 一方面抓老系统的技术改造(重点对前工序和能源介质系统的改造), 加强职工教育培训和推行全面质量管理. 重点技术进步项目有:

- 选矿采用细筛再磨工艺, 磁选、浮选结合, 降低精矿含硫量, 提高含铁量;
- 大冶铁矿东露天扩帮工程, 增加可采储量;
- 在工业港建设矿石混匀料场;
- 改进烧结机整粒系统, 增加铺底料设施;
- 大修炉体损坏的焦炉;
- 改造平炉为吹氧平炉以适应冶炼低碳钢, 并采用电除尘器改进平炉烟气除尘;
- 能源系统的改造, 使电、水、煤气、空气、氧、氮、氩的质量满足一米七轧机的要求.

在解决新、老系统“不适应”的同时, 在一米七轧机引进技术的基础上进行了创新. 重点创新内容有:

- 二炼钢厂转炉为 LD 转炉, 为满足冶炼低碳钢需要, 1984 年自主开发顶底复合吹炼工艺;
- 转炉增设铁水预处理及钢水精炼工艺. 引进 KR 脱硫装置, 使铁水含硫降至 0.005% 以下. 引进 RH 脱氧装置, 使[H]脱至 4 ppm 以下, [C]脱至 30 ppm 以下;
- 二炼钢厂 1985 年实现全连铸(原设计连铸比 80%), 是国内第一座全连铸炼钢厂. 同时实现连铸坯热送热装;
- 硅钢工艺改进. 原引进专利, 取向硅钢为模铸, 1984 年改为全连铸. 硅钢品种自行开发专利未引进的品种;
- 开发引进品种以外的国内需求的新钢种;
- 炼钢、连铸所需耐火材料的国产化.

1985 年, 武钢钢、铁年生产能力和一米七轧机系统各厂均达到设计水平. 1986 年全面超设计产量水平. 到 1986 年上半年武钢上缴利税已相当于国家对一米七轧机系统的全部投资. 由于国际钢铁工业技术发展很快, 一米七轧机系统属于上世纪七十年代的先进水平. 尽管努力追赶, 仍落后于国际先进水平. 1992 年武钢决定第二次引进硅钢专利. 1996 年建设成的三炼钢厂和其后的二热轧厂和二冷轧厂, 均引进了国外新开发的技术.

## 5 走向自主集成创新

在一米七轧机系统超设计能力后, 国家决定将武钢的规模由年产钢、铁各 400 万吨扩大到年产钢、铁各 700 万吨. 当时有两种做法可选: 将已有装备摆积木式的叠加或是采用最先进的技术装备. 最后的决策是建 3200 m<sup>3</sup>高炉一座和 250 t 转炉钢厂一座. 三炼钢厂属于利用外资项目. 3200 m<sup>3</sup>高炉则采用引进国际有关炼铁的单项先进技术, 由武钢自行集成. 该高炉采用的单项技术有无钟炉顶、内燃式热风炉陶瓷燃烧器、软水全密闭循环系统、环形出铁场、炉顶余

压煤气发电(TRT)、高炉煤气干法除尘、炉前电除尘、炉渣炉前粒化装置(INBA)、电动交流变频鼓风机、高炉炉况监控计算机系统等。上述技术中,炉前电除尘是武钢自行开发的,其他则是从6个国家的8家公司引进的。设计的目标是年产铁量224万吨,一代利用系数 $2.0\text{ t/m}^3$ ,一代炉龄寿命10~12年,焦比 $450\text{ kg/tFe}$ ,喷煤比 $100\sim 120\text{ kg/tFe}$ 。这些指标在当时属于国际先进水平。该高炉(现为五号高炉)于1991年10月19日点火投产,投产后的实践证明,武钢的自主集成是成功的。

3200  $\text{m}^3$ 高炉投产带动了武钢炼铁系统的技术改造。工业港供烧结厂与炼铁厂的矿石全部改为皮带机运输。焦化厂开始建设6 m高的焦炉,该焦炉是在引进日本的6 m焦炉的基础上国产化的。建设440  $\text{m}^2$ 烧结机,该烧结机是在引进日本的450  $\text{m}^2$ 烧结机的基础上国产化的。对4座90  $\text{m}^2$ 烧结机进行改造,改为360  $\text{m}^2$ 烧结机一台。这些改造项目的完成,使炼铁前工序出现了新面貌。

在3200  $\text{m}^3$ 高炉引进技术集成取得预期效果的基础上,在武钢1996年以后大修的高炉上这些技术得到推广。1996年四号高炉大修,采用这些技术,使高炉面貌焕然一新。2000年一号高炉大修,采用这些技术,并加以改进,取消了炉身砌砖,炉身采用铜冷却壁,使高炉长寿水平进一步提高,并将高炉容积由原来的1386  $\text{m}^3$ 扩大为2200  $\text{m}^3$ ,取得良好效果。

一号高炉大修投产不久,3200  $\text{m}^3$ 高炉投产10年,未曾中修(连喷补也未有),炉体仍十分完好,当时估计,一代寿命有可能超过15年。综合分析研究后认为:将已掌握的先进技术综合运用,大胆改进,将其集成起来,就有可能创造出具有武钢特色的一代寿命(不中修)20年以上。一代每立方米容积产铁量14000 t以上,一代(按日历时间)容积利用系数 $2.0\text{ t/m}^3\cdot\text{d}$ 以上既长寿又高产的大型高炉。以这个目标为方向,利用武钢规模扩大到钢1500万吨/年的机会,建设了七号高炉。除原已采用的技术外,七号高炉采用烧结矿分级入炉,炉身全部不砌砖,炉缸盛铁渣区改用铸铜冷却壁,炉底厚度减薄至2800 mm,炉缸炭砖壁厚减至1000~1200 mm。为缩短大修施工工期,增设实施模块安装的装置。七号高炉的预期目标是一代炉龄寿命(不中修)超过20年,大修(工期60天以内)后即可恢复正常生产的高效率高炉,符合钢铁工业可持续发展大方向的大型高炉。

为检验自主集成的效果,2007年七号高炉进行了强化冶炼试验,取得月平均日产生铁9000 t的好成绩,这一水平属于国际领先水平。证明这一自主集成是成功的。

冷轧硅钢技术是1974年从日本引进的专利技术。武钢硅钢厂工程项目1981年交工经国家验收。1982年引进专利技术考核合格。经过消化和局部改进,到1985年冷轧硅钢片产量达到设计指标年产7万吨。其后进行开发和部分改造,无取向硅钢生产能力有所提高,但取向硅钢研发进展较慢。进入上世纪90年代,考虑与日本的差距继续拉大,1992年第二次引进日本技术(主要是取向硅钢生产技术)。经过消化引进技术,武钢取向硅钢年产量由一期引进时设计2.8万吨,增至12万吨以上。进入21世纪,我国经济高速发展,对取向硅钢需求量大增,武钢打算新建第二座和第三座硅钢厂。当时希望能与日本企业合作,受到婉言拒绝,武钢不得不依靠国内力量,自主集成。一些国内不能提供或功能达不到要求的设备,采取单项引进的办法,建设第二、第三冷轧硅钢厂。工艺流程由武钢确定。涉及专利技术的关键设备,武钢与国内制

造厂共同在原引进技术的基础上自行开发制造. 目前, 第二硅钢厂已投产, 第三硅钢厂在建设中, 2009 年将全部投产. 新建硅钢厂的生产线陆续投入, 2005 年以后武钢冷轧硅钢产量增加较快(见图 3).

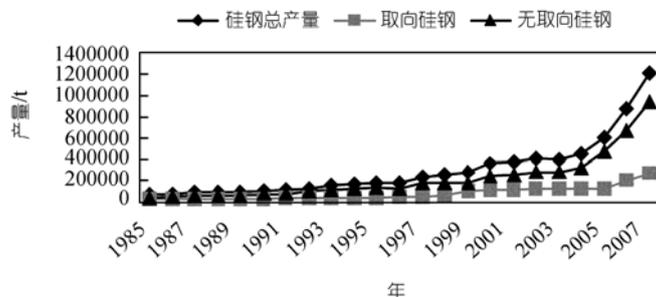


图 3 1995 ~ 2007 年武钢冷轧硅钢产量

硅钢新型高温退火环形炉的开发可以作为引进消化再创新的例子. 第一次引进硅钢专利技术, 取向硅钢高温退火用的是罩式炉, 耗电量高、产量低. 第二次引进硅钢技术, 引进环形炉替代罩式炉, 产量提高, 能耗降低. 21 世纪硅钢扩建工程中, 武钢在原引进技术基础上将罩式炉加以改造, 提高了功能, 实现了国产化(表 1).

表 1 武钢环形炉改进前后指标的对比

	退火能力	年产量	投资额	吨钢卷耗焦炉煤气量
原引进环形炉	50 台平装 100 钢卷	7 万吨	5.5 亿人民币/台	167 m <sup>3</sup> /t
国产化的环形炉	50 台平装 120 钢卷	9 万吨	2.2 亿人民币/台	104 m <sup>3</sup> /t

武钢硅钢发展的目标为年产量大于 160 万吨, 其中取向钢大于 40 万吨, HiB 大于 20 万吨. 成为世界重要的硅钢生产基地. 第二和第三硅钢厂的建设是武钢自主集成创新的一个例子.

## 6 几点体会

武钢的五十年从技术层面上讲就是引进消化先进技术并走向自主集成创新的历程. 武钢已从原规划的铁、钢 300 万吨, 发展到 2008 年的铁、钢各 1400 万吨, 并将继续发展. 武钢在某些钢铁工艺技术上已进入国际先进行列. 武钢及我国钢铁工业的发展经历, 使我们体会到:

(1) 我国工业基础落后, 为较快地实现工业化, 引进国际先进技术是必要的, 实践证明, 中国近二十年钢铁工业的快速发展, 主要的技术支撑是消化引进的先进技术;

(2) 我国重复引进多, 主要原因在于重引进, 轻消化吸收与国产化, 消化、吸收投入少, 不愿承担国产化的风险, 是一项技术多次重复引进的原因;

(3) 当前, 我国从国外引进先进技术日趋困难, 今后我国工程技术的发展应当将自主集成创新和自主研发和集成作为技术创新的重点.