

新一代钢铁厂循环经济发展模式的构建

张福明^{1,2}

(1 北京科技大学冶金与生态工程学院, 北京 100083; 2 北京首钢国际工程技术有限公司, 北京 100043)

摘 要: 本文分析了现代钢铁工业发展中存在的问题, 提出了现代钢铁工业发展循环经济的基本模式。新一代可循环钢铁厂要具备钢铁产品制造、能源转换和消纳社会废弃物的三种基本功能, 循环经济将是未来钢铁厂生存和发展的必由之路。本文结合首钢京唐钢铁厂的设计论述了新一代钢铁厂的高效可循环的设计理念, 阐述了“减量化、再利用、再循环”原则的在新一代钢铁厂设计中的应用。

关键词: 循环经济; 钢铁工业; 节能减排; 设计理念

The Construction of Recycling Economic Advanced Mode for New Type Iron and Steel Factory

Zhang Fuming^{1,2}

(1 Metallurgical and ecological engineering college of University of science and technology Beijing; 2 Beijing Shougang International Engineering Technology Co., Ltd.)

Abstract: New briefing the open question of developing iron and steel industry recently and represent the advanced recycling economic mode for iron and steel industry. It is equipped with 3 kind fundamental functions such as products manufacture, energy transfer and sale satisfied the social wastes. The recycling economic is only way for survive and developing of iron and steel industry. A high efficiency design involved the principal of "decrement, reuse and recycle" already applied in Shou-Gang Jing-Tang iron and steel factory.

Key words: recycling economic; iron and steel industry; energy saving and decrease discharge; design idea

1 钢铁工业发展循环经济理念的提出

在工业化发展的进程中, 环境破坏和生态恶化的根源是工业系统所采用的以“高开采—低利用—高能耗—高排放”为特征的单向发展模式造成的。钢铁行业是高消耗、高能耗型行业, 也是对环境污染比较严重的行业, 钢铁行业的能耗约占全国总能耗的 10%。钢铁生产的末端治理需要大量资金、回收的资源得不到有效地利用, 影响企业自身的可持续发展、企业的经济效益和当地的环境质量。

随着我国经济社会的发展以及人民对生存环境日益提高的要求, 国家对钢铁行业提出越来越严格的资源、能源与环境要求。保护地球环境是实现可持续发展, 是 21 世纪钢铁工业面临的巨大挑战。钢铁制造实现绿色化, 是 21 世纪钢铁产业发展的奋斗目标^[1]。

循环经济是一种可持续发展的生态经济。是按照自然生态系统的物质循环、能量守恒和生态规律利用自然资源和环境容量重构经济系统, 目的旨在使经济系统和谐地纳

入到自然生态系统的物质循环过程中。“减量化 (Reduce)、再利用 (Reuse)、再循环 (Recycle)” (简称“3R”原则) 是循环经济最重要的实际操作原则。20 世纪 90 年代以来, 发展循环经济已成为国际社会的一大趋势。

传统经济是由“资源—产品—污染排放”所构成的物质单向线性流动的开环式经济过程。循环经济是一种建立在物质不断循环利用基础上的经济发展模式, 它要求经济活动按照自然生态系统的模式, 组织成一个“资源—产品—资源再生”的闭环反馈式循环过程, 以期实现“最佳化的生产、最适度的消费, 最少量的废弃”。循环经济倡导的是一种与环境、社会和谐的经济发展模式。

钢铁材料作为最重要的结构材料和工程材料, 在未来相当长的时期内是不可替代的基础性和功能性材料, 同时也是最易于回收和可再生的资源。钢铁材料能够大规模、低成本地制造、循环往复地利用, 并做到与环境友好。钢铁企业通过实施清洁化生产、节能减排和物质循环, 能够生产出

更多性能优良、使用寿命长、效率高和对环境影响符合要求的优质产品,实现经济效益、环境效益和社会效益的协调统一,促进工业经济的可持续发展。

贯彻落实科学发展观,发展循环经济的直接目的是通过发展产品深加工,延伸产品链,优化整体物流链,扩展物质的循环利用领域;通过提高资源和能源利用效率,实现“资源效率提高—原材料燃料消耗降低—环境改善—钢铁产品成本降低—企业市场竞争力提高”的良性循环。目的就是最大限度地提高能源、水资源和矿产资源的利用效率;最大限度地提高环境空间利用效率;最大限度地提高钢材产品的使用效率;最根本的目的是要开发出高档次、高质量的满足社会需要的钢材产品。

2 发展循环经济的基本思路

2.1 指导思想

按照科学发展观的要求,钢铁企业以市场为基础,以持续提高企业的核心竞争力为目标,按照循环经济的“3R”原则,通过实施可持续发展战略,促进金属资源节约、能源高效利用、水资源节约、清洁生产、节能减排以及资源回收与综合利用,追求生态环境和经济效益的最佳化。发展具有市场潜力和比较优势的钢铁制造系统,延长产品生产链,生产高档次、高附加值的精品板材,以获取更高的资源利用价值和钢材使用价值。构建资源和能源节约、生产与管理高效、环境清洁的运行管理模式,使 21 世纪钢铁厂成为与环境友好的能源和资源节约型绿色冶金工厂。

2.2 基本思路

循环经济是把清洁生产、资源综合利用、可再生能源开发、产品的生态设计和生态消费融为一体,运用生态学规律来指导人类社会经济活动的模式。从而达到“生态工业系

统”与“自然生态系统”相耦合的自然循环型。

钢铁制造流程经过不断的技术开发和集成优化,可以使整体功能得到拓展,不断地延伸其制造链、经营链形成工业生态链。由于工业生态链的构成,铁素资源形成循环经济中的重要一环。同时,钢铁厂的社会经济职能也通过生态化转型得到进一步扩展^[2]。

从钢铁企业的未来社会经济角色来看,钢铁厂生产流程应该具有三种主要功能^[3]:

- (1) 钢铁产品制造功能;
- (2) 能源转化功能;
- (3) 社会部分大宗废弃物的处理—消纳功能。

在此认识前提下,实施清洁生产、绿色制造、生态化转型等技术进步措施,解决好钢铁厂与生态环境的和谐发展,承担起应负的社会责任,即在获得良好的市场竞争力的同时,实现可持续发展。

建设循环型企业的目标是“零排放”,企业内部建立资源循环、能源循环、水循环、冶金渣和固体废弃物循环的四个循环体系。

钢铁企业将面向市场,调整产品结构;依靠技术进步,促进产业升级;加大力度,实现可持续发展,拓展企业的钢铁生产功能,使它除充分发挥钢铁生产功能外,还具有能源转换、固体废弃物处理和为相关行业提供原料等功能,实现物质和能源的大、中、小循环。

小循环——以铁素资源为核心的上下生产工序之间的循环;

中循环——各生产分厂之间的物质和能量循环;

大循环——钢铁企业与社会之间的物质和能量循环。

图 1 是新一代钢铁厂循环经济模式的示意图,图 2 是以钢铁厂为核心的循环经济产业链。

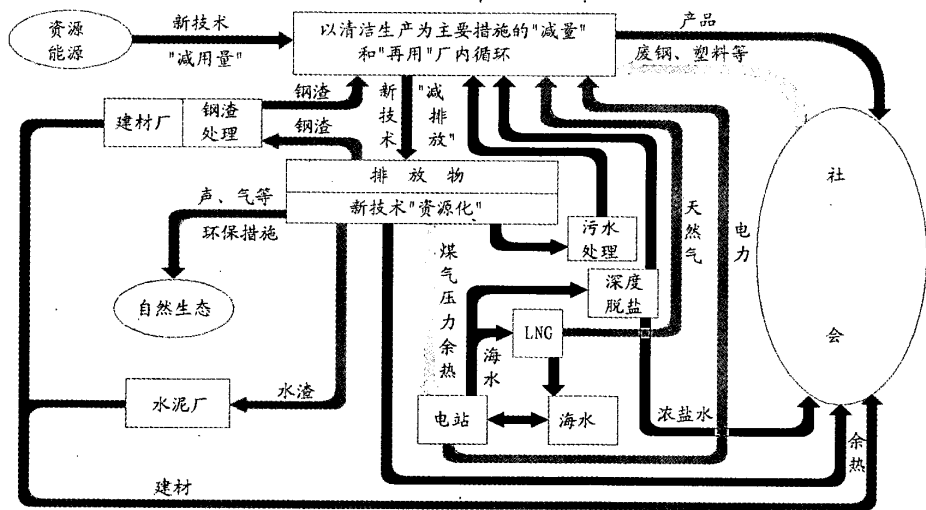


图 1 首钢京唐钢铁厂循环经济模式示意图

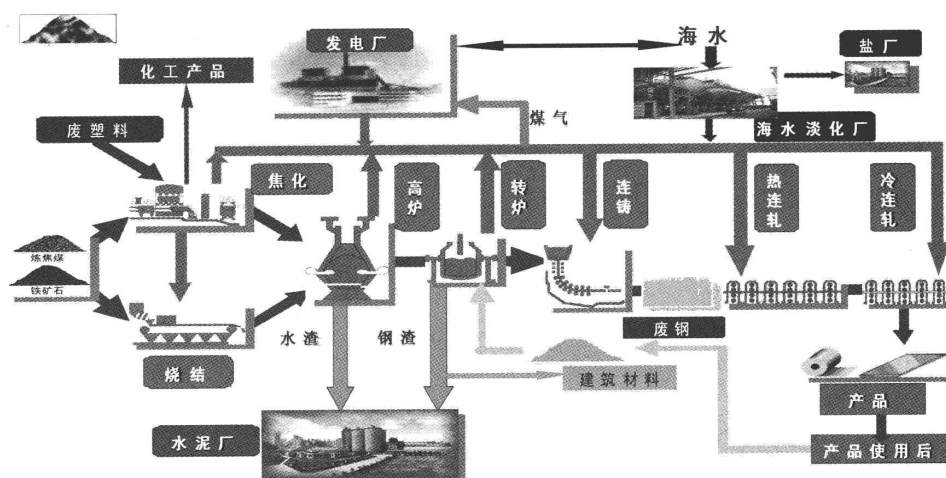


图2 以钢铁厂为核心的循环经济产业链

首钢京唐钢铁厂发展循环经济的基本思路是：

(1) 以循环经济理念为指导，按照“减量化、再利用、再循环”的原则统筹规划，使资源充分、合理利用，有效控制和消除环境污染；使用较少的资源、原材料和能源投入，生产出更多市场需要的高性能、高附加值产品，使钢铁生产的资源利用更合理、更充分，产品生产成本更低、市场竞争力更强，实现钢铁生产经济效益和环境效益共赢的目标。

(2) 全面推广采用先进的节能、节水、资源回收利用和环保技术，走新型工业化道路，实现“少投入、多产出、低污染、零排放、高效益、可持续发展”的战略目标，使企业具有很强的核心竞争力。

(3) 强化能源与环境的科学管理。包括建立完善的能源调度和环境监测管理体系，对各种能源实行集中管理和统一调配，把科学、完善的节能与环境监测管理体系纳入生产管理之中。

(4) 面向市场，调整和优化产品结构，提高产品的加工深度，发展精品板材产品。

(5) 贯彻全面协调、可持续发展的科学发展观。一方面，钢铁企业为相关行业提供工业原料，同时把钢铁产品生产过程中的二次能源用于城市生活，改善城市的环境质量；另一方面，把钢铁厂作为社会废弃物无害化处理中心，实现企业和社会、人与自然和谐发展，实现企业效益、社会效益和环境效益相统一。

3 首钢京唐钢铁厂发展循环经济的实施方案

3.1 减量化

通过大力推广应用大型化技术装备、先进的工艺技术、现代管理理念，最大限度降低原燃料、原材料及各种资源消耗，从而降低生产过程中废渣、废料、废次材及污染物的产

生，节约资源，降低成本、减少排放、提高效益。

(1) 烧结采用 500m² 大型烧结机和厚料、低 SiO₂、低 FeO 烧结工艺，提高烧结矿强度、质量和利用率，烧结矿品位达到 58% 以上，转鼓指数达到 78% 以上，高炉返矿率由传统的 12% 降低到 8%。为高炉生产提高精料水平、降低原料消耗创造了良好的条件。烧结利用废气余热作为原料干燥的热能和用于点火助燃空气，降低能耗，燃料用量由传统工艺的 50kg/t 降低到 43kg/t。

(2) 球团采用大型带式焙烧机，物料在整个焙烧过程中处于静止状态，其生产工艺和链蓖机—回转窑工艺相比，单机产能大，原料消耗少，铁矿粉耗量由传统工艺的 1010kg/t 降低到 990kg/t 以下。

(3) 焦化采用 7.63m 特大型焦炉和 2×260t/h 特大型干熄焦工艺，提高焦炭强度，降低高炉返焦率，提高入炉焦成品率，减少炼焦煤用量。采用干熄焦工艺使焦炭强度 M40 提高 3%~8%，M10 降低 0.3%~0.8%。M40 增加 1%，铁水可降低燃料消耗 3~5kg/t，M10 降低 0.2%，铁水可降低燃料消耗 4~7kg/t，有利于降低炼铁工序的燃料消耗。煤气脱硫采用真空碳酸钾配制酸工艺生产硫酸，减少硫酸生产所需硫酸的外购量每年 2.96 万 t/a。

(4) 炼铁采用 5500m³ 超大型高炉，采用精料技术和合理炉料结构，熟料率提高到 90%，综合入炉品位提高到 61% 以上，吨铁入炉矿降低到 1600kg/t 以下。通过优化炉料结构，采用并罐式无料钟炉顶装料设备和无中继站直接上料工艺，采用高风温和富氧、大喷煤技术，焦比由传统的 380kg/t 降低到 270kg/t 以下，年节约焦炭约 100 万 t/a。渣比由传统的 310kg 降低到 250kg/t 以下，每年减少水渣约 54 万 t/a。大幅度降低了炼铁生产过程的燃料消耗和工序能耗。

(5) 炼钢采用“2+3”300t 大型转炉“全三脱”洁净钢冶

炼工艺技术、铁水 100%预处理措施、“少渣法”冶炼、副枪及智能化科学炼钢、顶底复合吹炼等综合技术,吨钢入炉钢铁料消耗由传统的 1085 kg/t 降低到 1068kg/t, 每年减少钢铁料消耗约 17 万 t/a。

采用活性石灰、挡渣出钢等技术,吨钢石灰、白云石等原材料消耗由传统的 70kg/t 和 20kg/t 分别降低到 40kg/t 和 15kg/t, 吨钢渣量由传统的 110~130kg/t 降低到 70~90kg/t, 每年减少转炉渣排放 40 万 t/a。

总图布置上缩短了炼铁与炼钢的距离, 缩短铁水运输距离, 采用“一包到底”铁水运输工艺, 减少运输过程的温降和金属损失; 提高连铸机作业率和连浇炉数, 钢水成坯率由传统的 97% 提高到 97.5%。

(6) 轧钢减少氧化铁皮和废钢的产生, 提高金属成材率。采用节能型加热炉, 减少烧损量; 连铸坯热送热装率达到 75%, 减少二次加热烧损; 采用连续化生产工艺, 综合成材率提高到 93.02%。

3.2 再利用

3.2.1 含铁固体物的处理及综合利用

为实现企业循环经济的目标, 对烧结、球团、炼铁、炼钢、轧钢等各主要生产工序含铁尘泥充分回收, 并在厂内循环利用, 回收炼钢钢渣中的渣铁, 炼钢、轧钢产生的废钢全部回收作为炼钢入炉料。

通过充分回收及利用钢铁厂生产过程中的铁素资源, 使铁素资源得到 100% 利用。钢铁厂生产系统铁素资源循环流程见图 3。

3.2.2 非含铁固体物的处理及综合利用

(1) 主要非含铁固体物的处理及综合利用

贯彻循环经济原则, 除含铁资源循环利用外, 所有固体废弃物, 如高炉水渣、转炉渣等, 均需综合利用, 既要节约成本, 又要保护环境。固体废弃物具体利用, 大部分采用地区经济协作的方式进行有效处理。钢铁厂非铁固体废弃物资源循环流程见图 4。

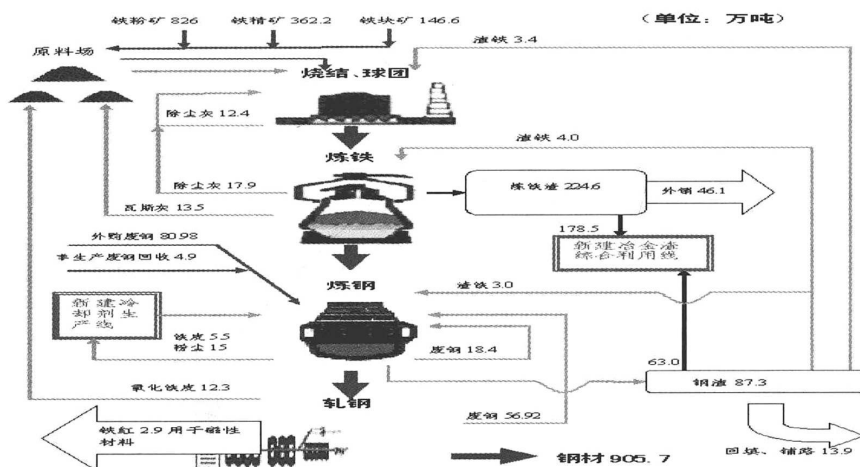


图3 钢铁厂生产系统铁素资源循环流程

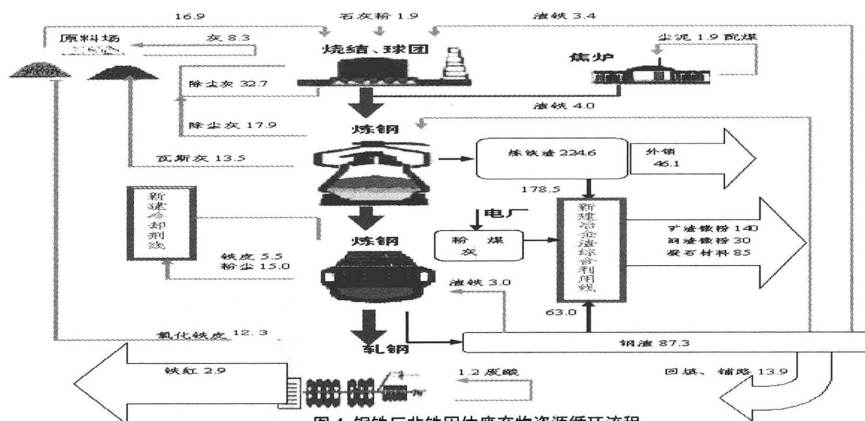


图4 钢铁厂非铁固体废弃物资源循环流程

(2)其它非含铁固体物的处理及综合利用

①脱苯系统再生器产生的残渣混入如焦油中回收;焦油渣、生化处理污泥均掺入炼焦煤中再利用,其总量约1万t/a;

②锌渣约1.2万t/a,全部送冶炼厂重熔使用;

③冷轧产生的废盐酸1.2万t/a,设置废酸再生站进行再生处理利用;

④自备电站锅炉粉煤灰渣约26万t/a,用于生产建筑材料。

3.2.3 能源循环利用

(1)能源循环利用的设计原则

在现代化大生产中循环经济体现在生产的各个环节,充分利用生产过程中产生的余压、余热、余气进行能源转化,最大限度降低能源消耗,提高资源的利用率,改变传统的“高消耗—低利用—高排放”的生产模式,通过对废弃物进行回收利用、无害化及再生的方式,以达到资源的永续利用,促进社会经济的可持续发展,体现“低消耗—高利用—低排放”的现代新型工业化生产特征。

(2)能源循环利用措施

利用高炉炉顶煤气余压、干熄焦显热和富裕高炉煤气进行发电,每年自发电55.04亿kWh,电力自供率达到94%。利用热风炉废气对助燃空气、煤气进行预热和作为干燥剂干燥喷吹煤粉。利用烧结环冷机高温废气和干熄焦烟气通过余热锅炉,产生蒸气,回收转炉和加热炉气冷却产生的蒸汽用于其他工序生产需要,每年通过回收余热、余汽增加蒸汽约312万t/a。图5是钢铁厂煤气循环利用示意图。

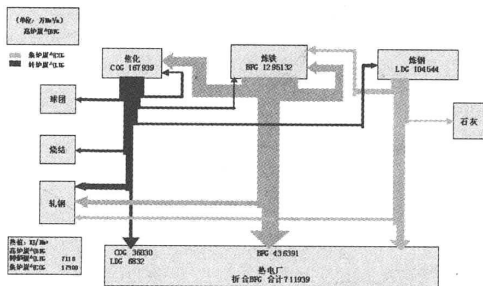


图5 钢铁厂煤气循环利用流程

3.3 再循环

实现企业与社会资源大循环,实现钢铁废物社会资源化,社会废物钢铁资源化,将钢铁厂优势转化为社会优势,使钢铁厂成为循环型社会的重要部分。

3.3.1 钢铁厂废物社会资源化

(1)每年产生高炉水渣224.6万t,可直接用于水泥厂作为水泥原料使用,每年生产钢渣87.3万t,一部分钢渣经加工细磨后可用于高活性水泥掺和料,另一部分经磁选后的钢渣可加工用于道路基层材料和生产钢渣砖,用于建筑材

料。由于利用钢铁厂水渣、钢渣制造水泥,每年减少水泥行业石灰石开采量约320万t,减少水泥行业CO₂排放约220万t,减少标准煤消耗约22万t,减少粉尘排放约7万t。

(2)焦化每年生产硫铵、焦油、轻苯、重精苯约27.8万t,为社会提供优质化工原料。

(3)钢铁厂利用厂内余热进行海水淡化,将淡化后高含盐水用于当地盐厂进行制盐,为社会提供良好的制盐资源。

3.3.2 社会废物钢铁厂资源化

(1)钢铁厂每年消纳社会废钢资源约100万t。

(2)焦化工序设计预留了废塑料添加系统,具备消纳社会废塑料功能。

图6是钢铁厂与社会之间的物质和能量循环示意图。

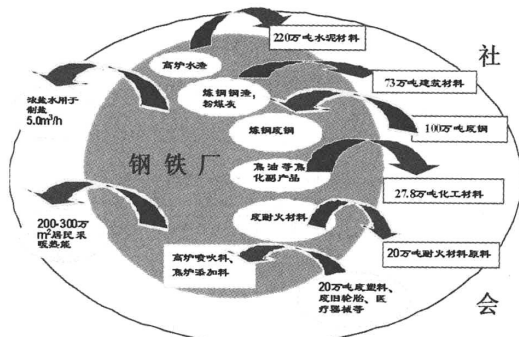


图6 钢铁厂与社会之间的物质和能量循环示意图

4 结语

21世纪新一代钢铁厂实施循环经济战略,促进金属资源节约、能源高效利用、节约水资源、实现清洁化生产、节能减排、保护生态环境,达到企业与社会、人与自然之间的高度和谐发展,实现可持续发展。钢铁厂设计中煤气100%循环利用,铁素资源100%循环利用,工业废水100%回收处理循环利用,固体废弃物100%循环利用,水循环利用率可以达到97.5%,废水基本实现“零排放”,吨钢耗新水为3.84m³/t,电力自供率达到94%,吨钢粉尘排放量0.3kg/t、SO₂为0.25kg/t,吨钢综合能耗为669kg/t,吨钢综合能耗为669kg/t,达到21世纪国际先进水平,基本实现了废水、固体废弃物“零排放”的目标。为构建新一代可循环钢铁生产流程、发展循环经济进行了卓有成效的探索。

参考文献

- [1] 张寿荣.21世纪前期钢铁工业的发展趋势及我国面临的挑战. 2007中国钢铁年会论文集.冶金工业出版社,2007.11 P1-107
- [2] 刘铁男.钢铁产业发展政策指南.经济科学出版社,2005.12 P185-191
- [3] 殷瑞钰.冶金流程工程学.北京:冶金工业出版社,2005