

莱钢发展循环经济的模式与实践

张胜生

(莱芜钢铁集团有限公司, 山东 莱芜271104)

摘要: 莱钢在发展循环经济的实践中, 形成了以生态理论研究为先行, 生态理论工业化, 技术创新边界化, 钢铁制造、能源转换、社会大宗废弃物消纳处理、固体废弃物资源化的四大功能完善化, 资源利用3R化, 企业环境友好化的“五化”方针为指导, 以系统科学管理、技术措施、自主创新同步实施为手段, 以企业各厂内部、企业各厂(工序)之间和企业与社会之间的物质与能量合理流动构成的三个层次充分循环以及钢铁产品高效生产链、工业用水循环链、二次能源回收利用循环链、固体废弃物再利用循环链的四个物链为核心, 以创建资源节约型、环境友好型企业为目的的循环经济发展模式并具体实践, 取得了良好的社会效益、经济效益和环境效益。

关键词: 莱钢; 循环经济; 发展模式; 资源节约型企业; 环境友好型企业

中图分类号: F407.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-4620 (2007) 04-0001-06

Laiwu Steel's Mode and Practice in Developing Circular Economy

ZHANG Sheng-sheng

(Laiwu Iron and Steel Group Corporation, Laiwu 271104, China)

Abstract: In the practice of developing circular economy, the circular economy developmental mode was formed and practiced in Laiwu Steel Group, obtaining fine social, economic and environmental benefits. The concrete doings are as follows. With the study of ecological theories going ahead, taking the following five aspects of being industrialized in ecological theory, reaching boundary in technical innovations, being perfect in the four key functions of iron -and steel-making, transforming energy resources, assimilating and disposing large amounts of social discards and turning solid waste into resources, being 3 R's in resource utilization to build an environment -friendly enterprise as a guiding principle, synchronous implementation of systematical and scientific management ,technological measures and independent innovations as the means, the three-level sufficient circulation of rational circulation in matters and energy inside each plant in the enterprise, among plants (working steps), the enterprise and society and the four chains of matter of highly efficient production of iron and steel products, industrial water circulation, secondary energy callback and utilization and reutilization of solid wastes as the core, we are creating a resource-saving, environment-friendly enterprise.

Key words: Laiwu Steel; circular economy; developmental mode; resource -saving enterprise; environment-friendly enterprise

1 基本情况

莱钢始建于1970年1月, 是中国冶金行业首批通过ISO9002质量管理体系、ISO14001环境管理体系和OHSAS18001职业安全健康管理体系国家认证的企业, 2005年被国家发改委确定为国家第一批循环经济试点单位, 是全国最大、规格最全的H型钢生产企业, 最大的齿轮钢生产企业。

进入新世纪以来, 莱钢创新经营理念, 积极探索与实践提升企业发展品质的有效途径, 制定并实施了

《莱钢走新型工业化道路实施纲要》，搭建起“科技莱钢”、“数字莱钢”、“生态莱钢”和“人文莱钢”的基本框架，加快转变增长方式，大力发展循环经济，实现了发展速度与质量效益的统一，以及社会、企业、经济、环境的共同发展。

经济效益高速增长。莱钢销售收入、利税、利润总额2006年分别达到450亿、43亿和23亿元，分别比2000年增长了7.3倍、9.8倍和10.5倍。

节能降耗、减污增效成效显著。“十五”以来，莱钢吨钢综合能耗由872 kg标煤下降到679 kg标煤；吨钢耗水由13.58 t下降到3.41 t，达到世界先进水平；累计节电33.83亿kW·h，节水3.23亿t，节约动力煤297万t，实现节能降耗效益36亿元。

环境质量明显改善。工业废水“零”排放，固体废物“零”抛弃，废气达标率100%，厂区绿化率达到30%。

能源与资源高效利用。钢铁主生产线高效运行，转炉煤气全回收，高炉煤气、焦炉煤气回收利用率达到97%，余热、余能、余压得到有效利用。

2 战略思路

宗旨：落实科学发展观，走新型工业化道路。发展战略：突出结构调整，着力自主创新，打造钢铁精品，做出莱钢特色，建设一流强企。指导方针：生态理论工业化，技术创新边界化，四大功能完善化，资源利用3R化，企业环境友好化，简称“五化”方针。工作思路：理论先行，优化创新，“三箭”（管理、技措、研发）齐发，大力推进，实现“三个层次”充分循环，“四种物链”高效利用。

3 发展模式

莱钢在发展循环经济的实践中，逐渐形成了以生态理论研究为先行，以“五化”方针为指导，以“三箭”齐发为手段，以“三层四链”为核心，以创建资源节约型、环境友好型企业为目的的循环经济发展模式（简称“一理五化三箭，三层四链一”的模式）。

3.1 理论研究先行，建立循环经济运行体系

2000年，莱钢在工业企业最早开始工业生态学理论研究，聘请中国科学院殷瑞钰院士、陆钟武院士为课题指导，组织莱钢院士生态行活动，与钢铁研究总院、东北大学共同研究，2004年完成《莱钢生态化钢厂总体规划》课题。工业生态学的基本观点来源于自然生态系统，要求工业生产，从原料提取、制造、到产品使用和废物处置全过程，都尽可能多地模仿自然生态系统，使物质和能量得以充分利用，用最少天然资源和最小排放生产尽可能多的产品。莱钢把工业生态学理论用于实践，指导生产经营活动和新系统的建设，逐步建立完善“3224”循环经济运行体系，即遵循“3R”原则（减量化、再使用、资源化），实现两提高（提高资源效率，提高吨钢减负量）、两降低（降低吨钢生态包袱，降低末端排放量），完善四大功能（钢铁制造功能、能源转换功能、社会大宗废弃物消纳处理功能、固废资源化功能）。实现将莱钢建成资源节约型、清洁生产型、环境友好型、持续发展型的一流钢铁强企的目的。

3.2 三个层次充分循环

莱钢发展循环经济重点突出三个层次的循环，即小循环、中循环、大循环。企业各厂内部工业用水串级使用，污水回收处理后再利用；转炉溅渣护炉、烧结合热回收热风烧结、低温冲渣水回收等节能降耗技术措施，实现工厂内部物质和能量的合理流动，构成小循环。在企业内部工序（厂）间的物质与能量的合理流动循环，构成“中循环”：炼钢炼铁除尘灰返回烧结厂作为生产烧结矿原料；热电厂除盐废水供炼铁厂冲渣使用；轧钢厂切头废钢返回炼钢做原料等。研究开发高效节能H型钢，为社会提供新型建材用于钢结构建筑和绿色住宅建设，具有节能和易回收的特点，回收后又可作为钢铁冶金原料。这就构成了原料取之社会，经加工后产品供向社会，建成厂房、桥梁等，服役周期结束后又能回归钢厂重新炼钢；研究利用钢铁工业的高温工艺和设备处理城市生活垃圾和医疗垃圾废塑料技术，将城市废塑料加工成为冶金工业原料，焦炉配加废塑

料炼焦，高炉喷吹废塑料炼铁，然后进一步转化为能源、冶金或化工产品，为社会提供能源和原材料，干熄焦发电、TRT发电、CCPP发电及低温余热等，实现了社会与企业之间物质和能量的合理流动，即构成大循环。

3.3 四种物链高效利用

3.3.1 钢铁产品高效生产链 在钢铁企业，长期以来只注重工序内的单元优化，而不重视全工序间的全流程优化。莱钢自2001年以来，致力于全流程优化，贯彻精料方针，以求源头削减，实施《炼铁系统赶超全国一流优化大纲》，进行炼焦、烧结、球团、炼铁等工序间的流程优化。制定实施了《愿景415，系统超越白皮书》、《深度挖潜方略》，实现了莱钢全工艺流程优化。使轧机作业率从40%提高到83%，各工序间单位时间金属流量相等，高效匹配运行，实现转炉负能炼钢，炉龄3 772炉，生产效率从年产钢200万t提升到2004年的600万t和2006年的1 073万t，行成高效铁素循环的主产品生产循环链。

3.3.2 工业用水循环链 根据工艺特点建设分散污水处理设施，根据用水工艺，按质供水。实现水的串级利用，满足生产用水和节水需求，形成“三干一串七循环”的节水模式和工业水循环链。

3.3.3 二次能源回收利用循环链 推广应用高炉、转炉煤气回收利用技术，高炉TRT、CCPP和干熄焦发电技术、低温余热发电技术、炉窑废气CO与污氮合成氨技术，行成二次能源循环链，提高余热余能回收利用水平。

3.3.4 固体废弃物再利用循环链 依托氧化铁皮等钢铁副产品，自主研发生产粉末冶金；利用粉煤灰、高炉渣、石灰石尾矿生产水泥；利用焦化副产品建设煤化工项目；高炉除尘灰、烧结除尘灰、转炉污泥等含铁资源实现闭路利用，形成固体废弃物循环链。

4 具体实践

莱钢以生态理论工业化循环经济理论贯穿实践全过程，以科学管理为保障，以技术创新为支撑，以技措技改为手段，形成管理、科研、技措三箭齐发的推进方式，确保多层次充分循环，四个物链高效利用，取得了良好的经济效益、社会效益和环境效益。

4.1 科学系统管理，创造发展条件

4.1.1 强化计量工作，夯实管理基础 1999年，利用莱钢主干网，建立了DOS环境下的能源动力信息网，实现了部分能源介质（高炉煤气、焦炉煤气、氧气等）的动态监控。2002年，在原来基础上升级为Windows操作系统。目前，莱钢煤气、氧气、蒸汽、水、电等能源介质全部实现了在线监控。2003年建立了基于B/S结构的能源统计管理信息系统，实现了能源系统信息网络化传递、自动化处理的目标，能源管理实现了程序化、标准化，各类统计报表完全由计算机自动生成，能及时快速地查询相关资料，并通过网络传送给各个子公司和管理部门，实现了信息的快速传递和及时响应。

对固体资源建立了一套实时、远程监控的智能网络数据制造执行信息系统，实现了计量磅房无人值守，集中监控，同时最大限度地满足各管理部门、物流能源管理和生产单位对数据信息的总体需求和个性化的要求，开创企业信息化建设的先河。莱钢数据生产制造执行系统，不仅解决了企业数据自动化处理的需要，而且为莱钢ERP建设夯实了坚实的基础，具备了与企业的发展过程中建立的新的信息化平台无缝连接的功能，每年降低人工费用700多万元。

4.1.2 加强制度建设，完善运行机制 根据有关规定，建立健全了莱钢各项能源管理、循环经济、环境保护规章制度，并着力抓好制度的落实，使各项管理措施执行到位，达到应有的目的。2006年，根据莱钢《循环经济试点实施方案》制定《循环经济实施细则》和《循环经济推进考核办法》，把各项指标细化分解到工序，同时制定《工艺技术升级指南》，构建《做强莱钢—技术支撑体系》。每月召开一次“做强莱钢技术支撑体系例会”，使循环经济工作强力推进，有效落实。

4.1.3 制定严格的考核体系 目前节能减排循环经济考核共分为3类：一类是月度经济责任制百分考核，节能减排循环经济占15%；第二类是日考核，纳入《循环经济实施细则》和《工艺技术升级指南》指标实行日考核，每天在公司晨会上公布考核结果，同时设立节能减排循环经济现场检查制度，检查结果及考核情况也

在公司晨会上发布；第三类考核为单项考核，2007年莱钢与各有关单位签订《节能减排循环经济目标责任书》，并对领导班子进行考核。设立否决指标，分为两级，工序能耗为否决指标，工序水耗未完成视同工序能耗未完成。完成指标的，根据贡献大小进行奖励，指标未完成“一票否决”，不得参评任何先进，同时否决领导班子的奖励年薪。

4.2 采取技术措施，实现节能环保本质化

2000年以来，莱钢用于环境保护、循环经济、环境建设的技术措施总投资达21.72亿元。为推动环保、节能、循环经济持续健康发展，提供了物质基础和技术保障。

4.2.1 钢铁产品主链实现现代化技术及集成优化技术 莱钢依托技术进步和技术创新，引进和消化吸收具有国际先进水平的设备和技术，实施工艺产品结构的重大调整，实现了高炉、转炉、焦炉、烧结、制氧等主体设备的大型化、现代化、自动化。同时，加快淘汰落后工艺，共淘汰20 t电炉3座，42孔4.3 m焦炉2座，从根本上治理污染源点，提高资源利用效率、降低了能源消耗。

实施精料方针。从源头上减少资源消耗，废弃物减量化。包括炼铁精料、炼钢精料。高炉铁渣比由500 kg/t降到280 kg/t，转炉渣比由150 kg/t降到100 kg/t。

低硅烧结技术。通过采取优化原料结构、提高烧结矿碱度、推行厚料层烧结技术等措施，成功实施了低硅烧结生产。烧结矿SiO₂含量降低1.5%，品位提高了3%，满足了高炉增铁节焦的需要。项目实施后，高炉的焦比降低6%、产量增加9%。

750 m³高炉创出品牌。21世纪初，750 m³高炉因技术经济指标落后，被认为是应淘汰的炉型。莱钢以研究制定实行《炼铁系统赶超全国一流水平优化大纲》为主线，在750 m³高炉上成功应用了PW紧凑型串罐无钟炉顶、顶燃式热风炉、高炉煤气全干法布袋除尘、炉顶布料成像等技术，主要经济技术指标大幅提高，达到先进水平。顶燃式热风炉可使风温达到1 200 °C，比原用内燃式热风炉提高风温100 °C，降低焦比15 kg/t，高炉利用系数3.74 t/(m³·d)，综合焦比473 kg/t，煤比178 kg/t，成为国内行业公认的经济形炉型，形成了莱钢750 m³高炉技术品牌，并在中日金属学会技术交流会上推出。

高炉粒煤喷吹技术。引进国外先进的粒煤喷吹技术，改变了国内喷煤粒度不断细化的理念，实现了粒度3 mm粒煤的喷吹。目前1 880 m³高炉粒煤喷吹量稳定在150 kg。

高炉低硅冶炼技术。通过加强管理及改进操作，提高原燃料质量，改造冷却系统等，低硅冶炼水平达到历史新高，高炉生铁含硅量降至0.5%以下，同时促进了高炉其它技术的进步，入炉焦比达到360 kg/t，煤比160 kg/t。

铁水“三脱”技术。实现对铁水预处理，进行脱硅、脱磷和脱硫，实现少渣冶炼，提高钢水纯净度，使大批量生产低磷低硫钢成为可能；降低全工序的成本（如合金和耐材的消耗）；转炉操作的简化和标准化，转炉产能提高；成分命中率提高，工序更易于调度。

转炉自动控制技术。提高转炉过程控制本质水平，提高终点命中率，吨钢钢铁料消耗下降30 kg。

转炉溅渣护炉技术。使转炉炉龄达到37 000多炉，生产效率提高50%，耐火材料消耗降低90%，能耗降低10%。

高效连铸技术。通过对结晶器、二冷系统、保护渣及作业率等方面的一系列改造，流量提高5倍，铸坯收得率提高5%。

钢坯热装热送技术。热送温度800 °C，热送率95%以上；热装温度750 °C，节能40%。直接利用钢坯显热资源，降低能耗。

数字化蓄热式加热炉技术。加热炉采用蓄热式燃烧技术，热效率提高20%。

型、线材多切分轧制技术。提高产能，扩大产品规格范围。

4.2.2 水资源节约利用技术 钢铁企业是耗水大户，莱钢地处山区、水资源匮乏，节水工作尤为重要。

“十五”初期，专家曾经断言，莱芜地区的水资源，只能支撑200万t左右的钢铁生产。为此，莱钢把节水作为一项战略性的任务提到重要议程，坚持开源节流并重，采取一系列管理和技术手段，实施节水工程。吨钢水耗连续3年保持国内领先水平，带动国内钢铁企业节水技术突破。突出的做法是“三千一串七循环”。

1) “三千”——莱钢大胆尝试无水或少水工艺，推广和应用了干熄焦、高炉煤气全干法除尘、转炉干

法除尘技术（简称“三干”技术）。

高炉煤气干法除尘技术。坚持引进和自主创新相结合，莱钢在国内首次使用了高炉煤气全干法除尘技术，拥有6项自主知识产权，与湿法除尘技术相比，吨铁水耗由500 kg下降到2 kg，节水99.6%，节地50%以上，节省投资30%，煤气热值提高6%，TRT发电量多30%，杜绝了水污染，便于除尘灰闭路利用。

转炉煤气干法除尘技术。继宝钢之后在国内使用转炉煤气干法除尘技术，与湿法除尘技术相比，吨钢水耗由200 kg降低到40 kg，节水80%、节电80%、节地50%，吨钢转炉煤气回收量提高30 m³，杜绝了水污染，便于除尘灰闭路利用。2004年，中国钢铁工业协会在济南召开技术推广会，专门推广莱钢高炉、转炉干法除尘技术。

干熄焦技术。干熄焦技术是目前国内外炼焦行业最先进的熄焦技术，具有提高焦炭质量、改善环境、回收能源三大优点。莱钢焦化厂5号、6号焦炉配套工程引进的1号干熄焦系统于2005年12月投产，杜绝了湿式熄焦造成的大气污染，吨焦节水500 kg；吨焦回收过热蒸汽0.55 t，节约折动力煤 8.5 t/h；焦炭质量明显提高。

“三干”技术实施后，年节水450万t。

2) “一串”——水的串级利用技术。莱钢采用用水网络集成技术，优化企业用水网络系统，根据用水工艺和按质供水的原则，合理调配、控制水量，确保整个水系统的水量平衡。在提高各系统循环率的基础上，进一步将各水系统的排污水进行串级利用，满足了生产的用水需求。

串级一：炼钢工序新水达到了五级串级利用，即净循环水系统的排污水，补充给浊循环水系统；浊循环水系统的排污水补充给煤气洗涤水系统；煤气洗涤水系统的排污水补充给渣循环水系统；最后被炉渣吸收或蒸发，实现了整个水系统的零排放。

串级二：建设分散污水处理设施，处理达标后的废水，返生产系统继续使用。在钢铁生产中，焦化污水是最难处理的工业污水，具有污染物浓度高、组分复杂和危害性大等特点。焦化废水采用A-A-O法生物脱氮处理工艺，出水氨氮含量远远低于钢铁行业一级排放标准（15 mg/L），可用于其它工序。莱钢焦化工序是全国焦化行业首家实现废水“零”排放的工序。

串级三：生活污水资源化技术。积极回收生活污水和矿井外排水，建立水处理设施，中水用于工业生产，年回收利用各类社会废水540万t。

3) “七循环”——水在焦炉、烧结、炼铁、炼钢、连铸、轧钢、热电工序循环利用，实现内部“小循环”。

以上措施的实施，保证了莱钢发展对水资源的需求。

4.2.3 二次能源高效回收利用技术 莱钢积极推广应用高炉、转炉煤气回收利用技术及高炉TRT发电技术，干熄焦及燃气蒸汽联合发电技术（CCPP），目前余热余能装机容量达18万kW，今年底余热余能发电能力可以达到用电量的30%。积极研究水资源低温余热利用技术，即转炉余热锅炉蒸汽发电、加热炉余热蒸汽余热发电、烧结机余热蒸汽发电、冲渣低温热水发电技术等，不断提高余热余能利用水平。

4.2.4 固废资源高效利用技术 依托氧化铁皮等钢铁副产品，自主研发并掌握了国家“863”攻关成果——《轿车用高性能钢铁粉末规模化生产技术》，建成了亚洲最大的粉末冶金生产基地，2006年粉末冶金产量达4.6万t；利用粉煤灰、高炉渣、钢渣微粉技术生产水泥年产达到200万t，使全部炉渣等固体废弃物资源化；利用焦化副产品建设煤化工项目，目前已有产品14种，年产值5亿多元；高炉除尘灰、烧结除尘灰、转炉污泥等含铁资源实现了闭路利用。2006年莱钢固体废弃物综合利用率达到96%。

4.2.5 延伸钢铁产业链技术 依托主导产品H型钢，独家承担了建设部2001年重点研究课题——“H型钢钢结构节能住宅建筑体系研究”，于2003年9月通过了建设部的鉴定。对实现钢铁资源的循环利用，降低传统建筑材料开发中对环境的破坏产生了积极的作用。莱钢是目前国内最早系统研究开发结构体系、建设钢结构住宅建筑体系、施工组织体系、墙体材料开发体系，并建设了示范工程的单位，达到了国内领先水平。其中，墙体材料采用了大量的矿石尾矿、粉煤灰、废弃泡沫、石膏等社会废弃材料。钢结构节能住宅体系与传统产品相比，节约钢材15%，并实现了建筑钢材产品可回收、再利用。与传统建筑体系相比，具有生态、节能、

抗震、抗火等特点。建筑拆除后80%以上的建筑材料可加工再利用，减少永久性垃圾。建筑节能50%以上，使用节能70%以上。

4.3 着力自主创新，引领节能环保发展方向

莱钢发展循环经济的过程中，注重先进技术的引进、消化、吸收和再创新的同时，积极开展生态理论工业化研究，开发了大量先进实用技术，为循环经济发展提供了强力支撑。

4.3.1 连铸中间包水口不断流及高寿命中间包研究与应用技术 该技术使中间包寿命从6 h提高到100 h，钢水收得率提高3%，全社会年效益10亿元。

4.3.2 利用冶金废气生产合成氨的研究 钢铁厂生产过程中产生大量的废气，例如：焦炭干馏过程中产生的焦炉煤气；制氧过程伴生的副产品氮气；石灰竖窑产生的尾气；转炉和加热炉产生的饱和蒸汽。目前，焦炉煤气主要用于冶金设备的加热；部分氮气和饱和蒸汽用于生产和生活，其余全部放散；石灰竖窑尾气全部放散。焦炉煤气和石灰竖窑的尾气经过提纯，可获得纯度较高的氢气和二氧化碳。

针对焦炉煤气低值利用和大量废气排放现状，提出了升值资源化利用的新思路。利用焦炉煤气中的氢气、氮气、二氧化碳和蒸汽作为生产合成氨及其相关产品的重要原料，该技术不但降低了合成氨及其相关产品的生产成本，而且可以减少二氧化碳排放，保护生态环境，经济和社会效益显著。目前，可行性研究方案已通过论证，焦炉煤气短流程提氢关键技术实现突破。

4.3.3 废塑料利用技术研究 2000年我国生活垃圾总量已达到1.5亿t，且每年以10%的速度增长。我国废塑料制品约占城市生活垃圾的5%~14%，"白色污染"极为严重。消纳社会废弃物是钢铁企业的重要功能之一，废塑料炼焦和废塑料高炉喷吹技术是治理"白色污染"，减少炼铁系统温室气体排放，使废塑料得以资源化利用、无害化处理和节约能源的有效综合利用方法。莱钢正致力于该项技术的研究。

废塑料炼焦技术是传统煤炼焦技术与现代废塑料加工处理和热解油化回收技术的有机结合。其基本思路是将废塑料与炼焦配煤混合加入焦炉中进行共焦化，产生的焦炭、焦油和煤气可直接利用传统焦化工艺进行处理和回收。莱钢计划2010年实现吨焦废塑料配加量10 kg，每年可消纳废塑料4万t。

高炉喷吹废塑料技术是将废塑料作为高炉炼铁的燃料和还原剂，利用废塑料燃烧向高炉冶炼提供热量，同时利用废塑料中的C、H元素，还原铁矿石中的Fe，并降低冶金焦炭消耗的技术。莱钢计划2010年实现吨铁喷吹废塑料10 kg，每年可消纳废塑料10万t。

目前我国全面开展垃圾分类条件尚不成熟。垃圾的分类收集是钢铁企业消纳社会废塑料的重要前提和保证。因此，需要全民意识的提高和国家政策的扶持。

4.3.4 热泵技术的研究 莱钢一直致力于超低温余热利用途径的研究，提出利用热泵技术回收30~40℃冷却水余热的新思路。热泵从30~40℃的冷却水中获取低品位热量，经电力压缩机对循环的工质做工，输出介质温度可达70~80℃，用于生活采暖。同时，可将冷却水降低到20~30℃，满足进水温度的要求，可谓一举两得。

4.3.5 低温余热发电综合技术研究 针对转炉、余热蒸汽、烧结机余热蒸汽及高炉冲渣水等大量低温余热无法高效利用的问题，按照"低温余热全部发电"的总体布署，构建钢铁企业余热发电新模式。该技术不但可实现低品质蒸汽的发电，甚至90℃高炉冲渣水也可用于发电。莱钢正在借鉴国内外成功的经验，将低品位的或废弃的热能转化为电能。

4.3.6 烟气脱硫技术及副产品综合利用研究 钢铁工业产生的SO₂污染源主要是烧结工序，占总排放量50%。加快实施烧结烟气脱硫是钢铁工业环境治理急需解决的重要问题。国内烧结烟气脱硫处于起步阶段，技术难度较大。莱钢按照"烟气高效脱硫、副产品能高效利用"的原则，积极研究开发适合钢铁企业烧结工序的脱硫工艺。目前正在进行"石灰-石膏法"脱硫工艺研究，在确保实现烟气高效脱硫的同时，脱硫副产品全部用于生产水泥和墙体建材。

4.3.7 低合金高性能新一代钢铁材料的研究与应用 莱钢参加了国家"863"新一代钢铁材料——低成本高性能400 MPa级和500 MPa级热轧带肋钢筋的重大课题研究，利用现有的Q235级别的碳素钢，在基本不改变材料成分，不提高材料成本的前提下，通过控制轧制工艺和轧制温度，在保证韧性和塑性的同时，使热轧带肋钢筋强度提高1倍，以代替同强度级别的低合金高强度钢。莱钢将在低成本高强度螺纹钢生产技术的基础

上，将新一代钢铁材料技术用于扁平材和型材产品的开发，用普通碳素钢生产的300~500 MPa系列低成本高强度热轧板卷和型钢产品，逐步取代一部分这一级别的微合金钢和低合金高强度钢，有效地降低资源消耗，增加高附加值产品的生产能力，推动钢铁及相关领域的生产工艺、设备和产品的升级换代，全面提升钢铁基础材料产业的技术水平。

4.3.8 耐候钢的研发 自2001年9月，着力于耐候钢、耐火钢、耐候耐火抗震钢和低成本耐候钢的研究开发工作，取得了较明显的成果。在耐候钢的研发上，先后进行了09CuPCrNi 机车底梁用冷轧耐候钢代用钢和LWR390（12MnCuCr）耐候抗震H型钢产品的开发。LWR390进行了工业性试验并轧制成200×100 H型钢，用在了莱钢H型钢民用建筑示范工程中。随后又相继成功试制出Q235级别的LFR390耐火H型钢和Q345级别的LFR490耐火H型钢，并在此基础上开发出物美价廉的建筑用高强度耐火耐候抗震H型钢。莱钢目前正承担国家973重大基础研究“提高钢铁质量和使用寿命的冶金学基础研究项目”子课题“工业大气环境下铁素体/珠光体型耐候钢合金化与组织控制理论研究”项目研究，目前在LWR390B、LWR490B（12Mn2Cu）锰铜系低成本高强度系列耐候钢开发上取得突破，产品性能达到了美国Corten钢水平。

5 体会与收获

莱钢在节能降耗、环境保护、发展循环经济方面，行动早，见效大，主要得益于在发展循环经济上的认识，即企业生存之所系、发展之所求、社会之所期。

生存之所系。随着经济社会的快速发展，节能降耗、保护环境已成为国际社会普遍关注的问题。企业是社会的一员，必须增强节能降耗、环境保护的责任意识、危机意识、社会意识，环境保护“关乎企业生存、危及企业发展”的意识，莱钢在年产100万t钢时就缺水，那时吨钢耗水量30多t。1999年，莱钢200万t钢的产量，仍然缺水，吨钢耗水达到15 t左右。水是莱钢生存的需要，不能低水耗，就不能发展，也不能生存。所以，莱钢吨钢耗新水在2005年达到3.5 t，这是生存的压力压出来的。

发展之所求。莱钢地处山区，其资源、能源及环境容纳量有限，不是企业消灭污染，就是污染消灭企业。真正的强势企业不仅体现在规模优势上，更重要的是在价值创造能力上。莱钢要“做强”，根本出路就是不断提高价值创造能力。一方面，通过大力发展循环经济，切实转变经济增长方式，提高运营效率和资源综合利用水平，降低发展成本。另一方面，把发展循环经济作为一种新的产业来对待。比如粉末冶金、余热余能发电、煤焦油加工、苯加氢、合成氨、固体废弃物利用等项目都可以做成大产业。通过加大投资力度和产品深度开发，提高循环经济在集团收益中的比例，实现企业价值最大化，快速提升盈利水平，将莱钢建设成为实实在在的钢铁强企。

社会之所期。企业发展的目的，就是以人为本，不断提高职工的生活水平和生活质量，造福当代、惠及子孙。这就要求企业，在发展过程中不仅要追求经济效益，还要讲求生态效益；不仅要促进经济增长，更要不断改善职工的生活条件，让职工和居民喝上干净的水、呼吸清洁的空气，在良好的生态环境中工作、学习、生活。莱钢从长远的眼光出发，牢固树立可持续发展意识，本着对国家、对社会、对企业、对子孙后代高度负责的态度，重视和加强环保、节能、循环经济建设，搞好规划，狠抓落实，不断拓展新的发展空间，努力提高经济效益、社会效益和环境效益，实现了内涵发展、清洁发展、和谐发展、可持续发展，使天更蓝、地更绿、水更美，人与自然、社会更和谐。