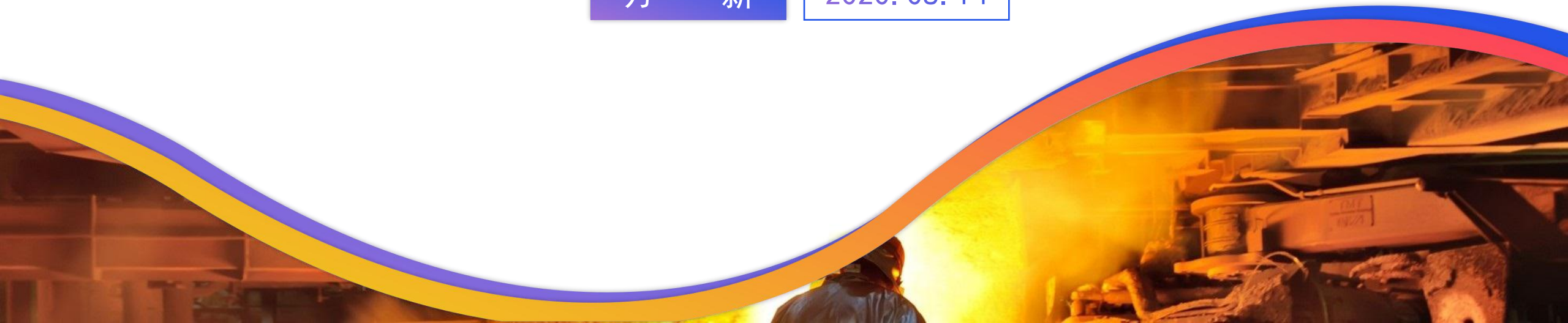


我国高炉炼铁低碳化发展现状

第十二期全国炼铁、烧结、焦化、球团技术专题培训班

万 新

2020. 08. 14



目录

CONTENTS

01

钢铁低碳发展之路

02

国外低碳炼铁技术

03

节能降耗促进低碳

04

大力发展循环经济





01

钢铁低碳发展之路

钢铁制造的低碳化是顺应全球的大势所趋。

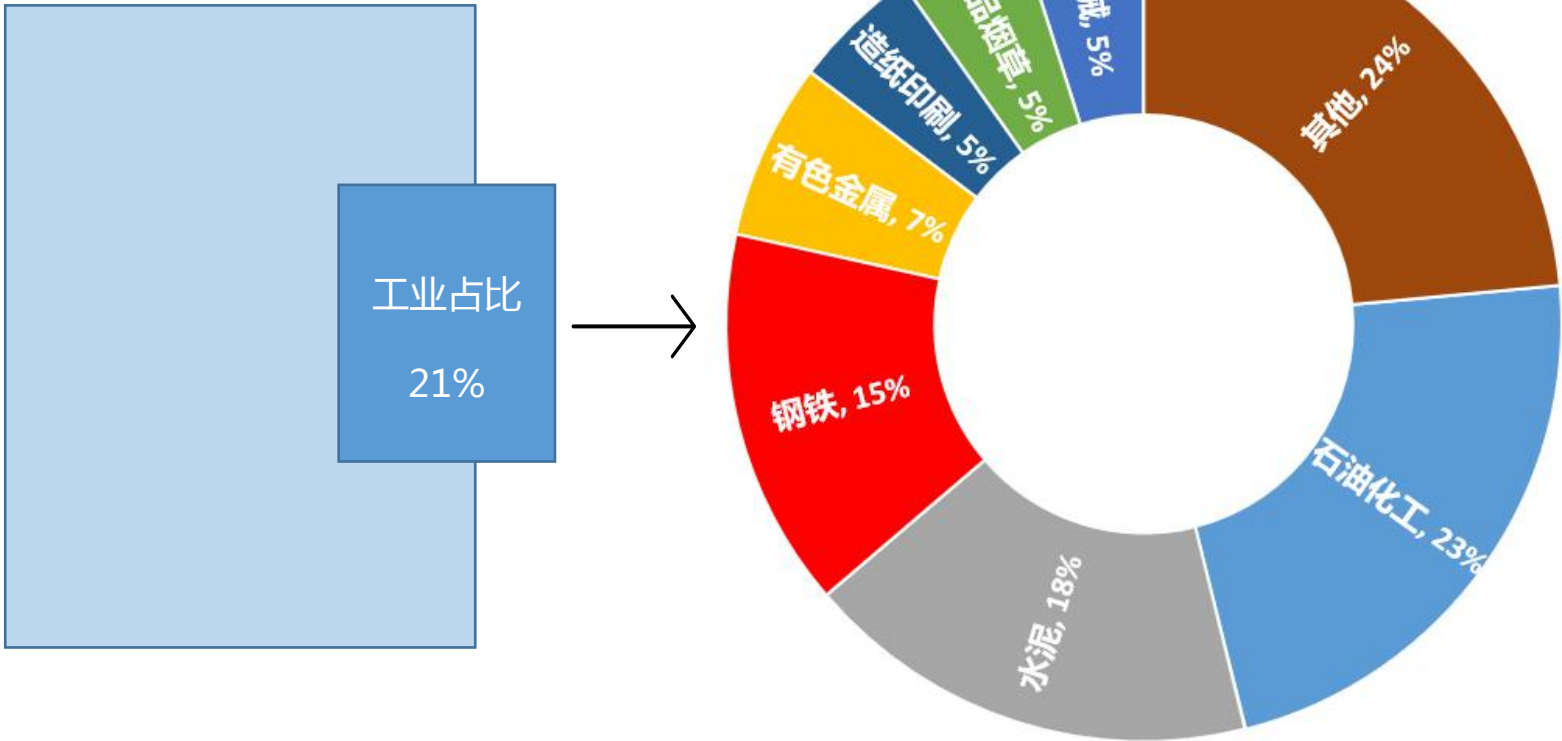
一、钢铁低碳发展之路 >>> ① 低碳发展形势

全球气候变暖已是不争的事实，钢铁工业是温室气体（CO₂）排放的主要行业之一，大气层中主要温室气体的种类和作用见下表。

主要温室气体的种类和作用（以2005 年为例）

项目	温室气体种类	增温效应所占比例/%	存留时间/ 年
《京都议定书》气体	二氧化碳(CO ₂)	63	数十年至上千年
	甲烷(CH ₄)	18	12
	氧化亚氮(N ₂ O)	6	114
	其他(HFCs+PFCs+ SF ₆)	<1	1.4~50000
《蒙特利尔议定书》气体	CFCs+ HCFCs+Halons+ 其他	12	0.7~1700

一、钢铁低碳发展之路 >>> ① 低碳发展形势



行业排放温室气体

由二氧化碳等温室气体引发的全球气候变化已成为国际社会关注的焦点，其中二氧化碳减排应成为钢铁企业必须关注和解决的重大环境问题

从全球来看，工业所产生的CO₂占全球排放量的20%以上，而钢铁生产产生的CO₂占了工业排放总量的15%-20%，相当于世界人为温室气体的3%-4%。

一、钢铁低碳发展之路 >>> ① 低碳发展形势

二氧化碳排放自我评估

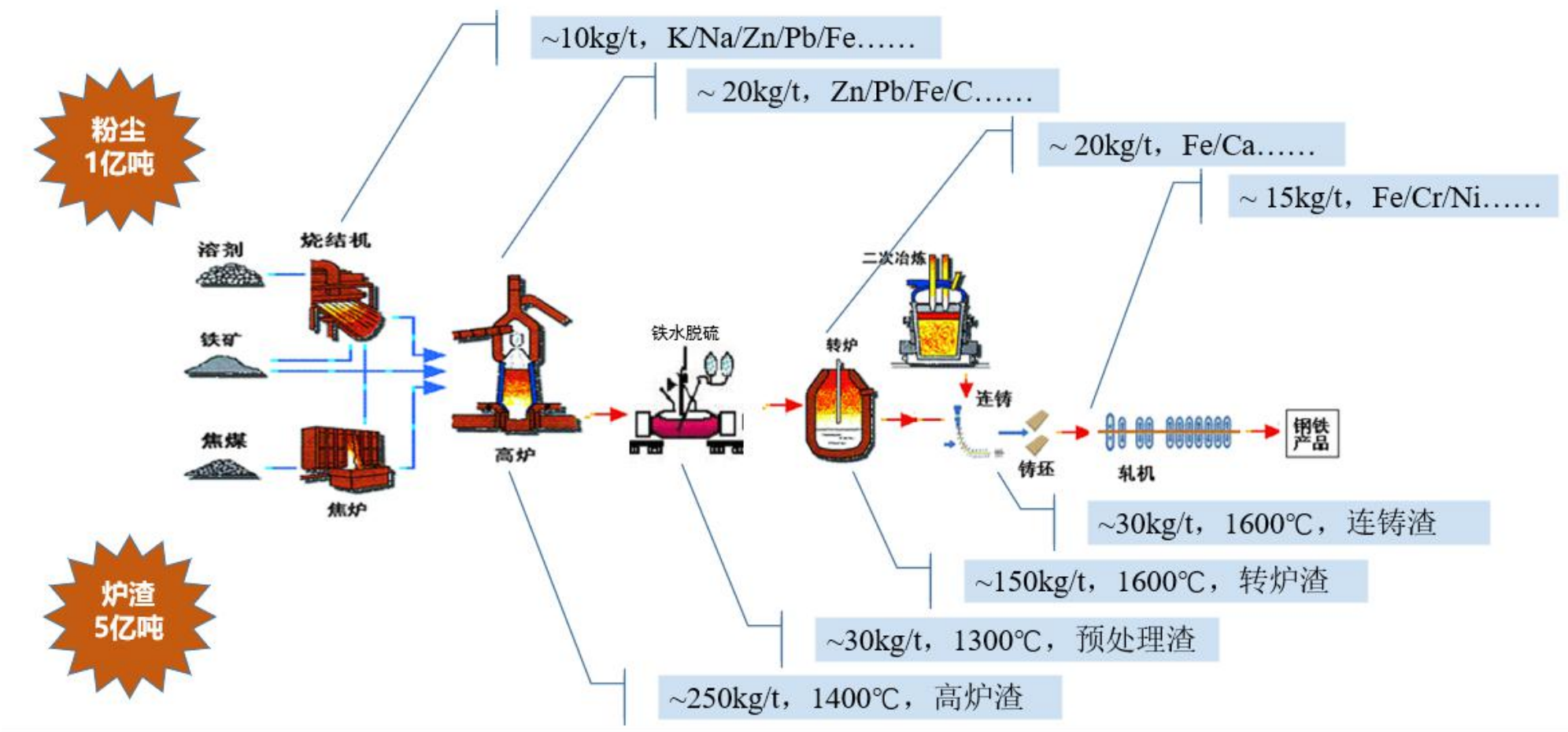
我国钢铁工业的迅速发展使得国际上对我国钢铁工业日益关注，对我国钢铁行业二氧化碳排放问题也存在各种评论，国际钢铁协会也会组织开展对我国钢铁工业二氧化碳排放量进行评估计算。

为避免国际社会对我国钢铁工业在二氧化碳排放方面产生认识上的偏差，我们必须针对我国钢铁企业的实际情况，运用自己的方法对我国钢铁企业二氧化碳排放有一个相对正确的评价。

徐匡迪院士认为：各国不约而同地把未来的钢铁工业方向定位于非碳冶金学。

一、钢铁低碳发展之路 >>> ① 低碳发展形势

大宗固废是行业需要面对的问题



粉尘废弃物是重要的二次资源。

一、钢铁低碳发展之路

① 低碳发展形势

采取的行动

国内发展形势：为了加快推进绿色低碳发展，推动我国在2030年前后达到峰值并争取尽早达到峰值，国务院发布了《“十三五”控制温室气体排放工作方案》，该方案提出到2020年单位国内GDP二氧化碳排放比2015年下降22%，碳排放总量得到有效控制；支持优化开发区域碳排放率先达到峰值，力争部分重化工业在2020年前后实现率先达峰，能源体系、产业体系和消费领域低碳转型取得积极成效。

国际发展形势：主要发达国家凭借低碳领域的技术和制度创新优势，加紧实施低碳经济发展战略，构筑世界新一轮产业和技术竞争新格局，对我国传统的高碳经济和外贸模式形成严峻挑战。



国家自然科学基金委工程与材料学部 “十三五”优先发展领域

面向资源节约的绿色冶金过程工程科学：

主要研究方向：外场强化下的资源转化机理和节能理论；非常规介质特别是高温熔体中强化反应传递过程的机理和调控机制；物质相互作用的特殊现象和反应机理、热力学与动力学调控机制；多因素多组元固/液/气界面结构及界面反应；反应器内及各种物理场下的化学反应、物质、能量传输的耦合机制；资源利用过程中的高效、低碳排放转化的共性科学问题。

一、钢铁低碳发展之路

② 低碳化的手段

（一）构建低碳排放的产业结构

围绕能源体系、产业结构和消费领域开展低碳转型，加快非化石能源发展及智慧能源体系建设，通过产业结构转型升级、控制工业领域，打造低碳产业体系。

中国工业部门重点行业落后产能淘汰量及2016 年产量

	2006-2010	2011-2015	2016 年产量
生铁/Mt	111.7	149.7	700.7
粗钢/Mt	68.6	127.3	808.4
电解铝/Mt	0.8	1.89	31.9

（二）提高能源利用总体效率

目前工业领域依然是我国能源消耗的第一大领域，"十一五"期间通过一系列的措施行动，工业单位国内产值的能耗大比例下降，但是总体来说总能耗依然逐年增加。

2010 年钢铁等行业单位产品能耗比国际先进水平高出10%~20%，虽然目前的差距在不断缩小，但中长期来看行业能源效率改进空间依然很大。

能耗指标/（kg 标准煤）	全国平均水平		国际先进
	2011	2012	2012
粗钢	675	674	610

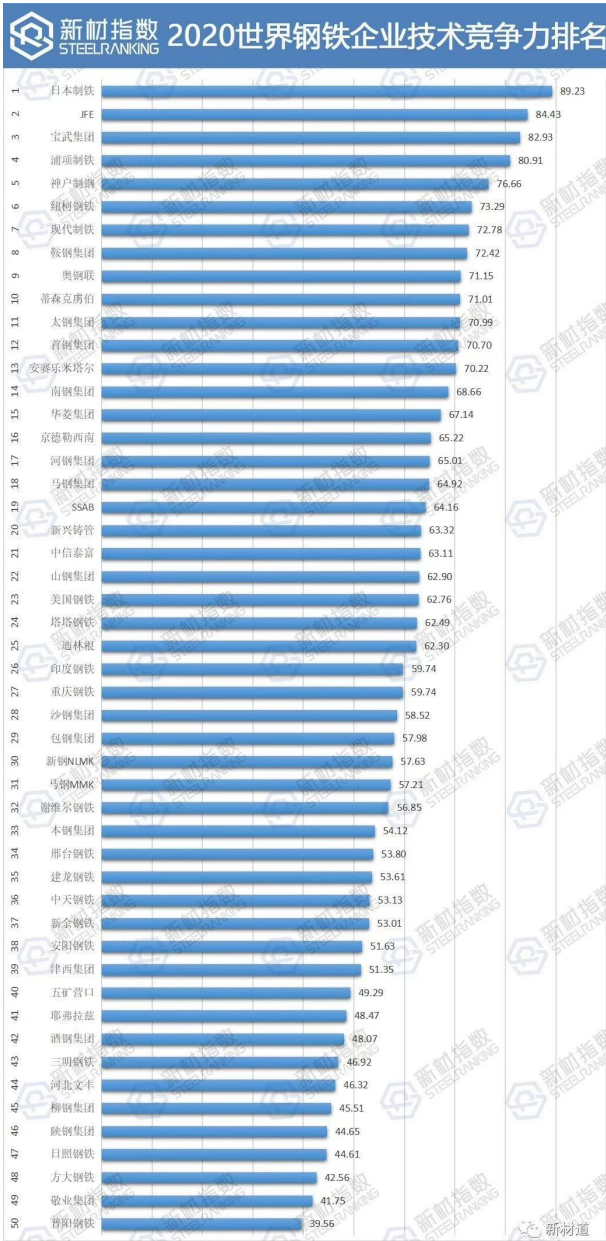
一、钢铁低碳发展之路

② 低碳化的手段

（三）低碳技术创新和推广应用

推广和应用低碳技术是实现工业领域转型升级的重要支撑，更是冲破碳关税和碳交易国际潜在封锁最有力的手段。

科技部发布了两批“节能减排与低碳技术成果转化推广清单”清单；发展和改革委员会发布了三批《国家重点推广的低碳技术目录》。



（四）引导低碳消费模式的发展

- （1）逐渐建立和完善相关标准，推进行业占有市场产品的低碳化。
- （2）对消费模式和行为进行“绿色化”的引导，从制造商的角度鼓励低碳产品的需求。同时从大型企业采购入手，鼓励采购绿色产品和低碳产品，从而推动相关低碳技术和低碳产业的发展。

一、钢铁低碳发展之路



③ 低碳发展展望

- （一）调整产业结构，构建低碳工业体系，促进经济社会发展转型
- （二）转变能源结构，推动能源低碳化转型，构建可持续发展能源体系
- （三）强化科技创新，提高产业低碳竞争力，推进战略性新兴产业发展
- （四）控制消费能耗，建立低碳示范区域，推动低碳消费模式转型
- （五）紧扣行业特点，推进低碳技术改造，制定长期低碳发展路线图
- （六）积极应对碳税试点，研究碳交易机制，灵活运用市场机制

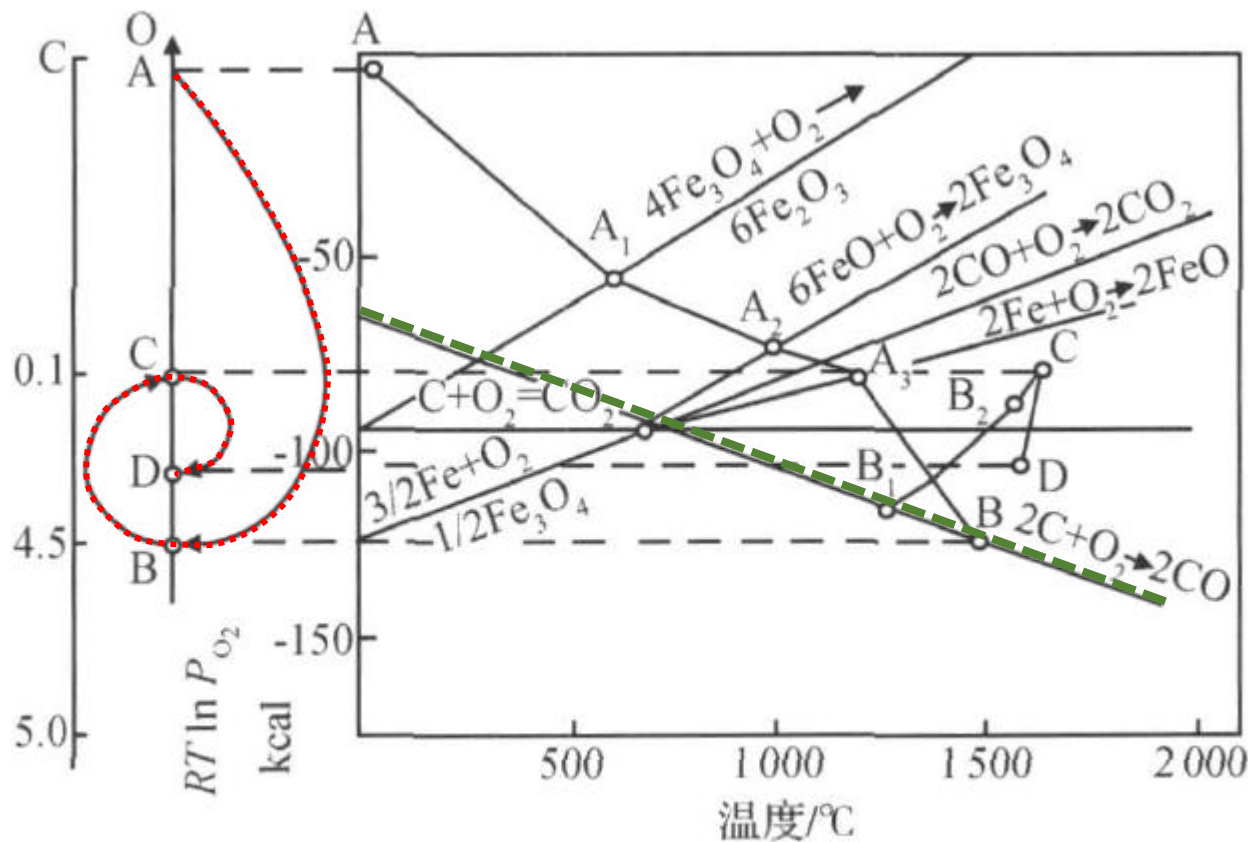


02

国外低碳炼铁技术

各国钢铁工业的主要对策是长流程节能减排，与扩大电炉炼钢为核心的短流程。

二、国外低碳炼铁技术 >>> ① 碳冶金学基础



钢铁生产流程中碳与氧位的变化

钢铁工业的热力学基本特征

- A → B是炼铁过程;
- B → C 是炼钢过程;
- C → D 是脱氧、精炼过程。

碳是钢铁工业过程能量流、物质流的主要载体之一，焦炭是高炉中热量及还原剂的来源。

钢铁工业的主要排放物为CO₂，其中90%是由高炉及铁前工序排放的。目前的长流程工艺，吨钢的碳排放为2.0 ~ 2.2t

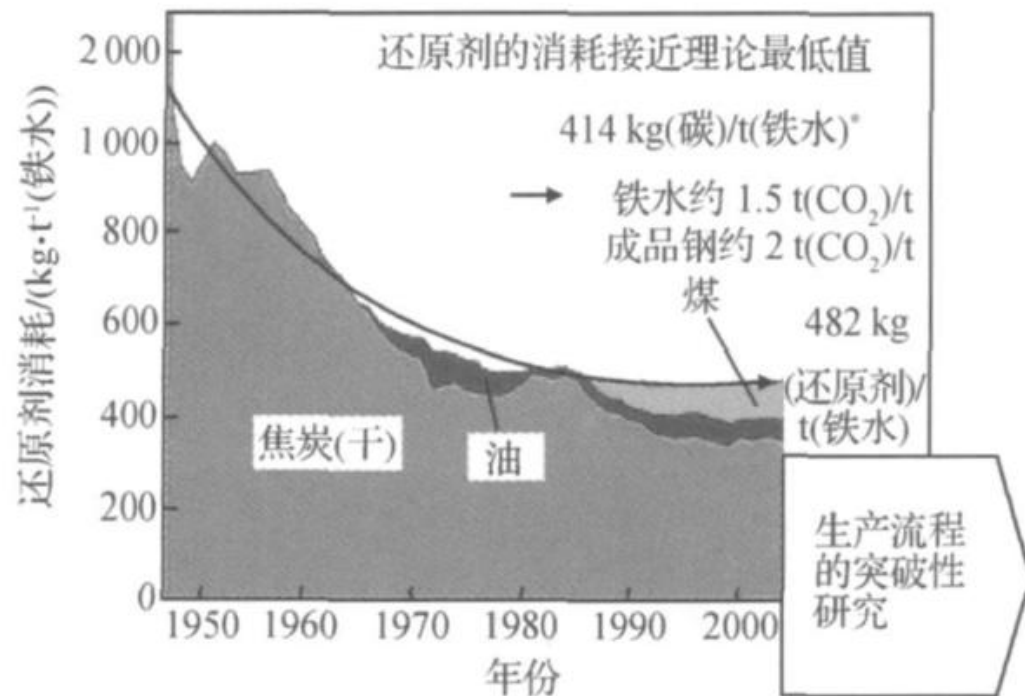
二、国外低碳炼铁技术

① 碳冶金学基础

节能降耗仍然是减排的重要手段

冶金专家正通过各种措施，尽可能减少过程的燃料比(焦比+ 喷煤、喷油比)。在欧洲，最新的成果是482kg(碳)/t(铁水)，这已接近理论计算的414kg(碳)/t(铁水)。尽管这样，以高炉-转炉为核心的长流程，碳排放仍高达1.5t(CO₂)/t(铁水)，如果考虑到后序生产的能耗，则钢铁生产总的碳排放为2.0~2.5t(CO₂)/t(钢)。

- (1) 过程节能降耗；
- (2) 提高性能减少用量；
- (3) 精准制造提高材料利用率。



注：* 414 kg(碳)/t(铁水)，根据 465 kg(碳)/t(铁水)计算。

来源：高炉委员会 VDEh。

还原剂的消耗已降到极低—在现行流程中
没有办法再降低 CO₂ 排放

二、国外低碳炼铁技术 >>> ② 欧盟ULCOS项目

项目背景

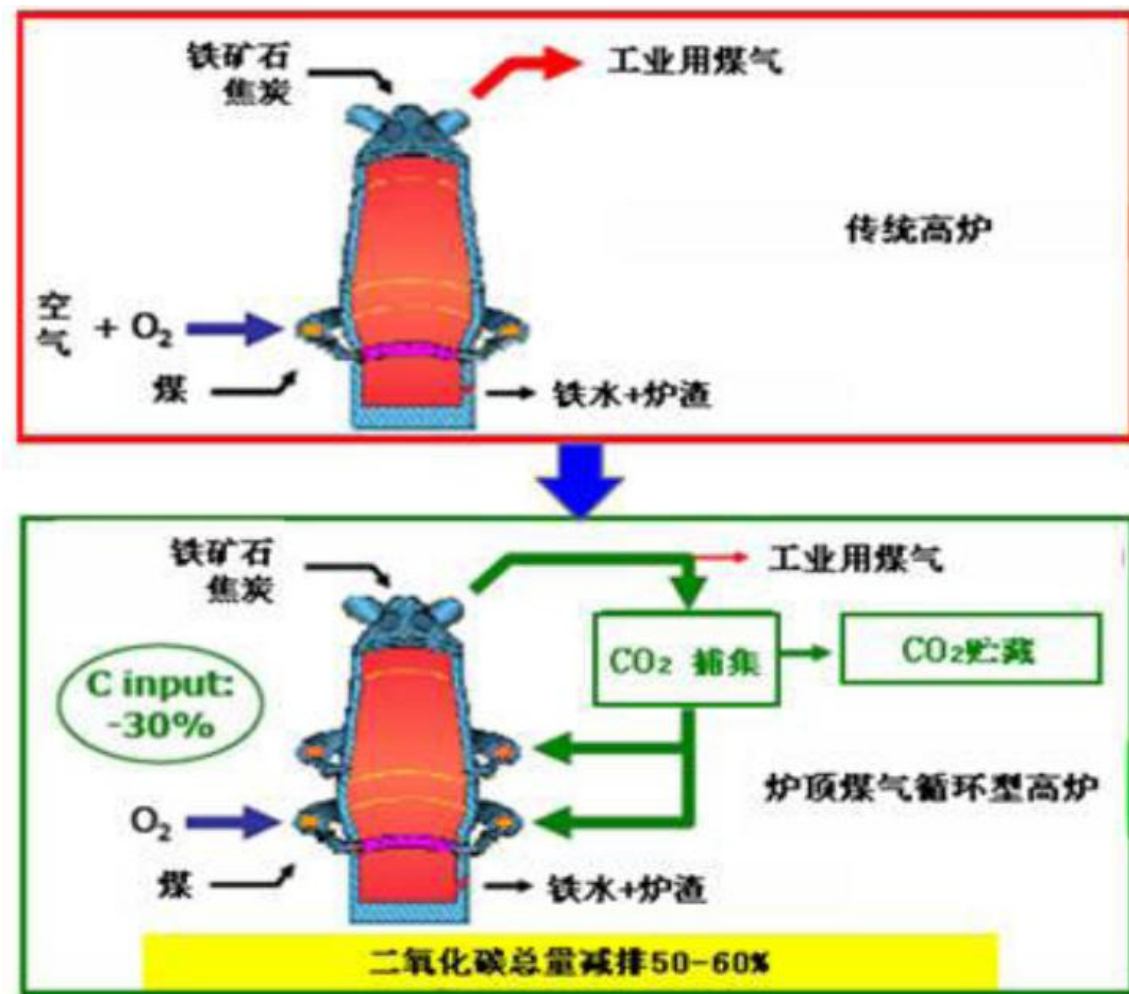
欧洲钢铁业为了降低二氧化碳排放，于2004年成立了ULCOS（超低二氧化碳炼钢）协会，该协会囊括了14个欧洲国家的48个企业和相关机构，由安赛乐米塔尔领导和协调，克鲁斯、蒂森克虏伯、奥钢联等核心成员管理。

目 标：开发突破性的钢铁工艺。

核心课题：循环利用炉顶煤气高炉新技术。

计算预测：该技术可减排二氧化碳量大约25%。

再加上可大量利用的木炭等生物能量，总计可望达到减排50%的目标。



二、国外低碳炼铁技术 >>> ② 欧盟ULCOS项目

项目计划

项目分三个阶段实施。

第一阶段是从2004年到2009年，主要任务是分别测试以煤炭、天然气、电以及生物质能为基础的钢铁生产路线，是否有潜力满足钢铁业未来减排二氧化碳的需求；

第二阶段是从2009年到2015年，进行两个相当于工业化的试验并且至少运行一年，检验工艺并估算投资和运营费用；

第三阶段主要是对第二阶段工业化实验成果进行经济和技术分析的基础上，建设第一条示范工业生产线，该阶段财政上会受到欧盟在的大力支持。

针对性研究重点

ULCOS项目引入很多先进理念，如高炉炉顶煤气循环技术、二氧化碳捕集和贮藏及氢能源利用等等。现阶段ULCOS项目研究的重点课题就是新型无氮气高炉技术（TGRBF）—高炉炉顶煤气循环技术。

针对传统高炉，新技术突破需要针对以下几方面进行研究：

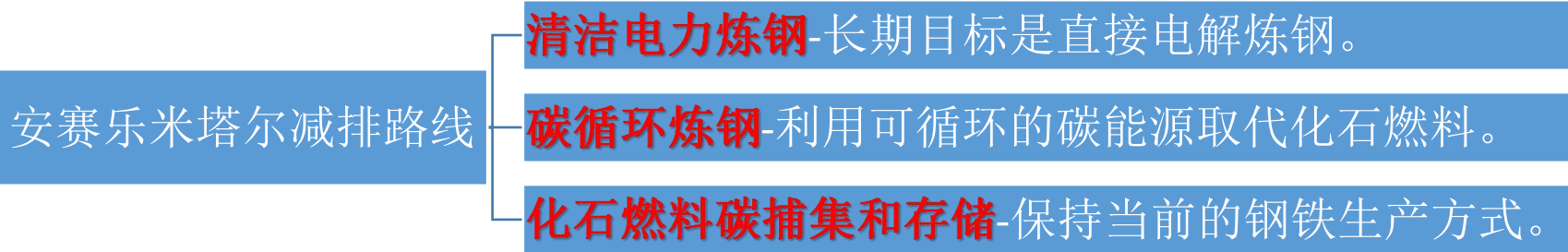
- 1、焦炭燃烧的利用率（不存在预燃烧和后燃烧）；
- 2、熔炼过程中减少焦炭的需求量；
- 3、大幅减少天然气的使用量；
- 4、脱碳氢的预减少和电解；
- 5、中性碳和可持续性生物能源的利用

二、国外低碳炼铁技术 >>> ② 欧盟ULCOS项目

技术要点

新高炉技术将采用炉顶煤气循环技术。在采用该技术的过程中，为防止高温下由于直接还原发展导致碳消耗量增加的现象，铁矿的还原全部由上部交换装置的煤气来完成（温度低于900℃）。为了使铁矿石充分还原，要把大量的还原气体喷进炉体下部。脱碳后大量的一氧化碳和氢气聚积在炉顶，在加热到900℃后，喷进高炉炉体下部。循环的煤气量必须是一定的，风口用冷态的氧气和循环煤气代替空气，促进燃烧。高炉所需的热量可以通过煤的燃烧提供，也可以通过等离子加热器来加热；如果使用等离子，就不再需要额外的氧气或者煤了。

新高炉技术研究实验需要在安赛乐米塔尔工业高炉上进行，主要研究炉顶煤气循环工艺及闭环操作的可行性。



二、国外低碳炼铁技术 >>> ② 欧盟ULCOS项目

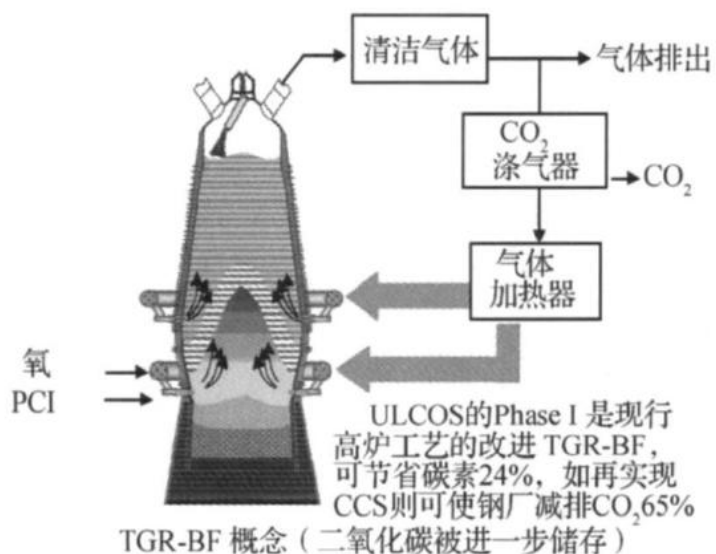
安赛乐米塔尔欧洲公司五个计划研发项目

- (1) 应用催化剂将收集的高炉煤气转化为生物乙醇的研究项目（比利时根特厂）
- (2) 将高炉煤气中的二氧化碳转化为一种合成气体再重新吹入高炉项目（IGAR项目：法国敦刻尔克厂）
- (3) 将废弃木材转化为生物煤取代化石燃料煤技术（Torero项目：比利时根特厂）
- (4) 氢还原铁矿石技术开发（德国汉堡厂）
- (5) 碳捕集和储存技术，降低从废气中捕集、净化和液化二氧化碳的成本（法国敦刻尔克厂）

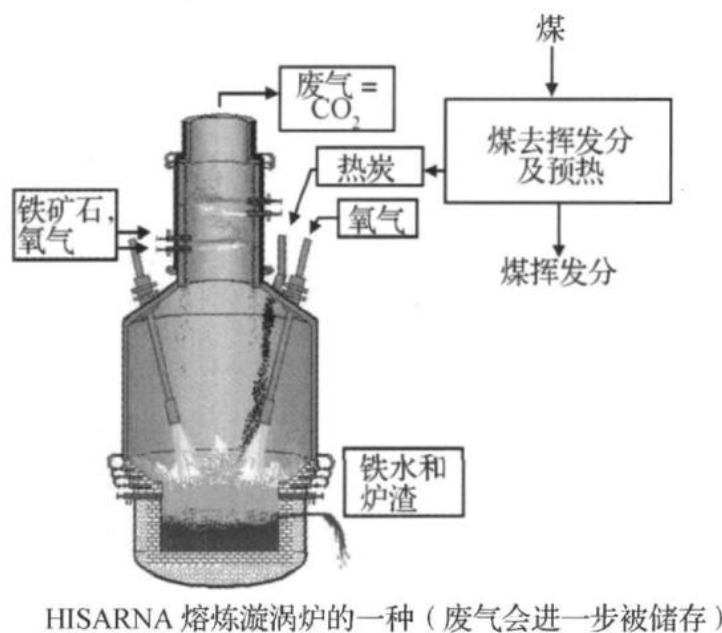
二、国外低碳炼铁技术 >>> ② 欧盟ULCOS项目

炼铁部分的阶段性进展规划

第1阶段（ULCOS I）是现行高炉工艺设备的改进，称之为TGR—BF（即炉顶煤气循环的高炉），可节省碳素24%。第2阶段（ULCOS II）是在一部分焦炉、高炉过了服役期后，引入HISARNA 熔融还原装置，采用纯氧及去挥发分的预热煤，通过充分的二次燃烧保证排出气是纯 CO_2 ，以利于CCS，CCS 技术实现后，则钢厂总的碳减排可望达到65%。



ULCOS 的 Phase I 是现行高炉工艺的改进 TGR-BF，可节省碳素 24%。

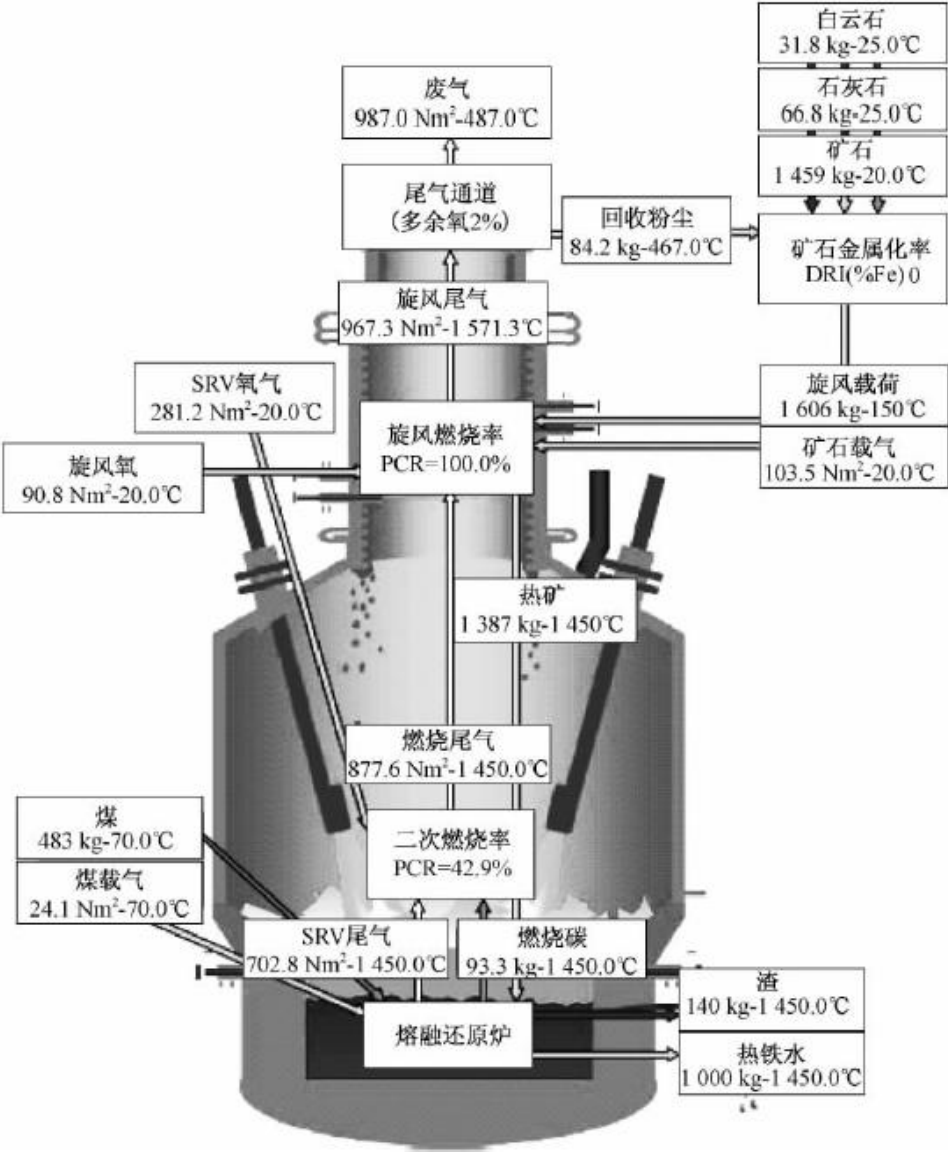


二、国外低碳炼铁技术 >>> ② 欧盟ULCOS项目

突破型的HIsarna 工艺

HIsarna 工艺是ULCOS 开发的一种新的熔融还原工艺，该工艺中直接使用粉矿和粉煤，不需粉矿造块和焦化步骤。粉矿在旋风熔化炉内预还原和熔化，终还原发生在煤氧喷吹的渣铁熔池中。与高炉流程相比，HIsarna 工艺可显著减少煤的用量，大幅减少CO₂ 的排放量。此外，它还可以生物质、天然气或氢部分取代煤。

特点：工艺采用全氧，所以在CO₂ 存放之前的废气处理量最小。



HIsarna 反应器炉型及流程模型

二、国外低碳炼铁技术

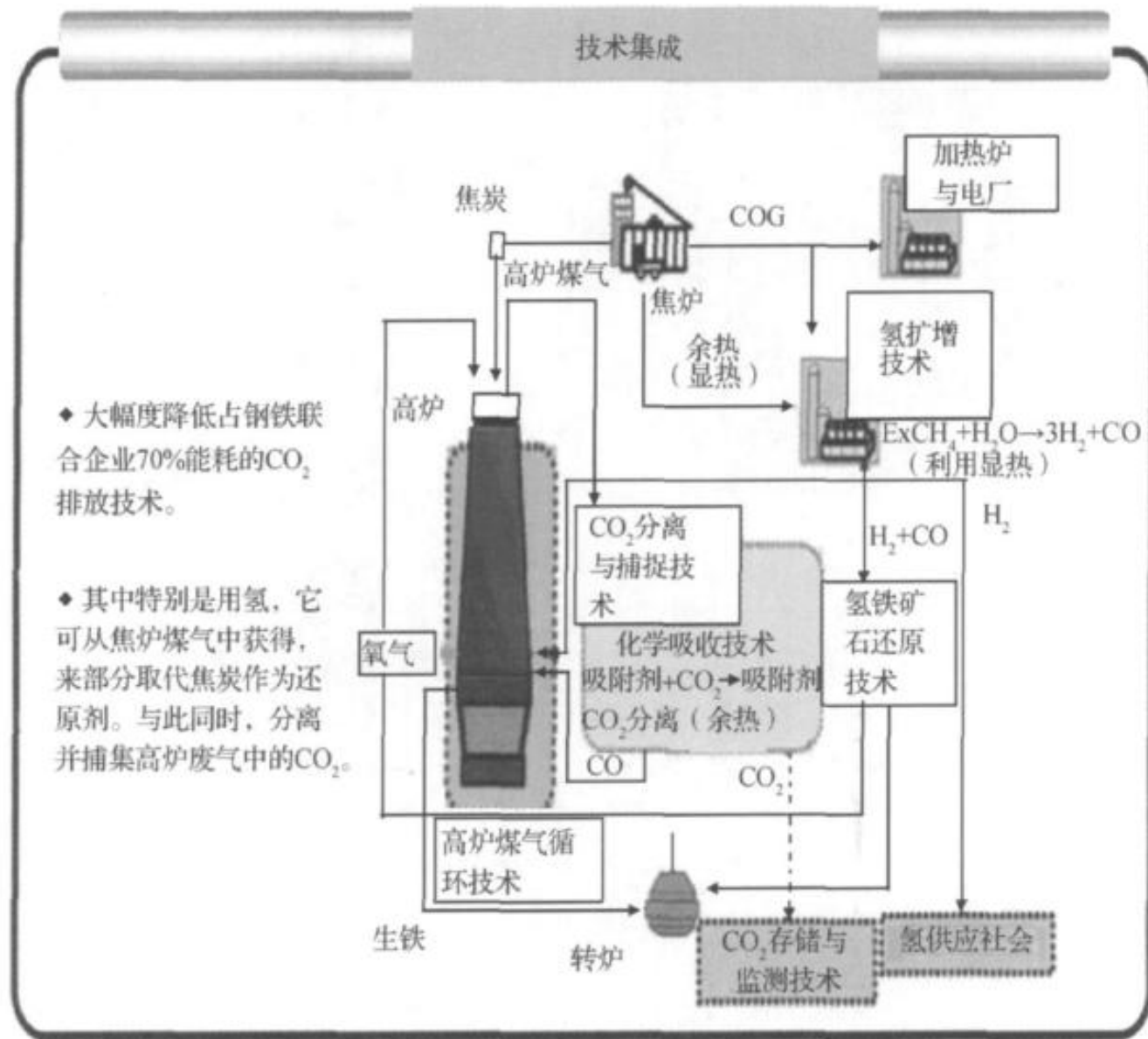
③ 日本COURSE 50项目

日本低碳制钢工艺技术简介

日本启动了技术创新计划“冷地球50”（COURSE 50）项目，目标是减排温室气体30%。

在利用高炉炉顶气中CO 喷吹回炉身的同时，还将重整后的高H₂ 含量焦炉煤气一起喷入，这些还原性气体（特别是其中的H₂）取代了部分焦炭，从而即使没有CCS 也能显著减少碳的排放。

日本一直致力于回收热量，但是在循环高炉煤气方面要滞后于欧洲。

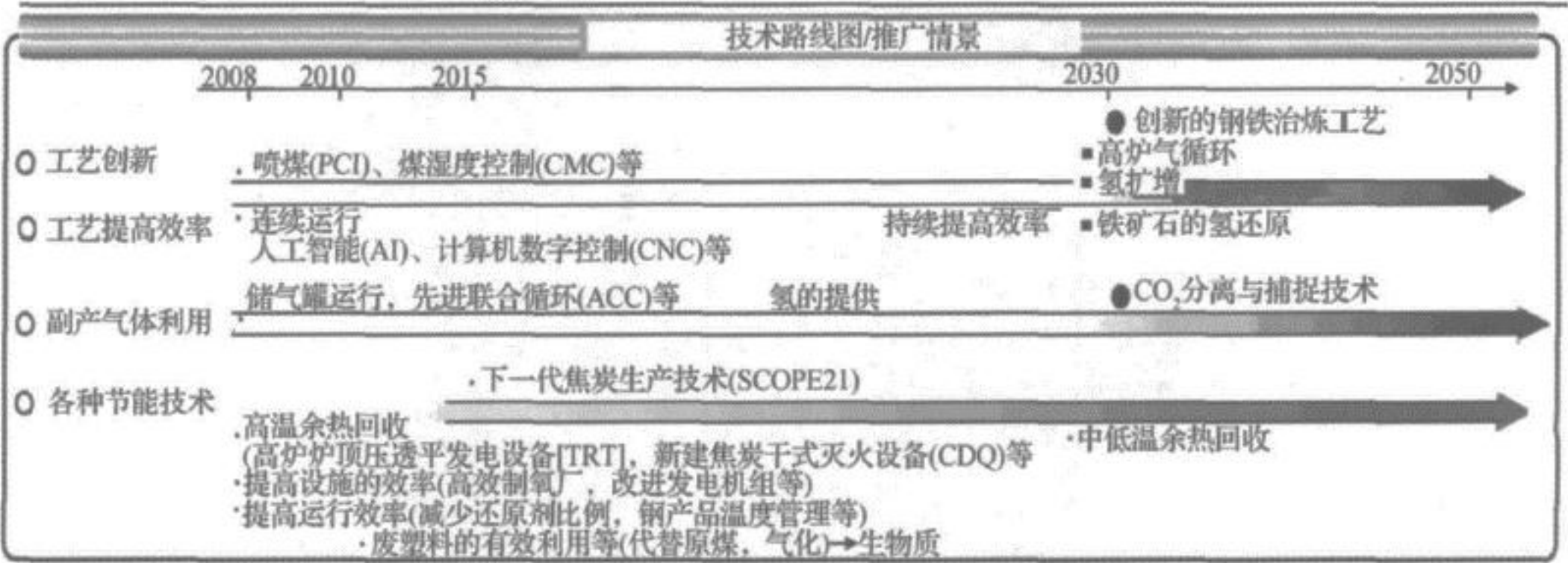


日本低 CO₂ 排放制钢工艺技术

二、国外低碳炼铁技术 >>> ③ 日本COURSE 50项目

日本低碳制钢工艺技术简介

在利用高炉炉顶气中CO 喷吹回炉身的同时，还将重整后的高H₂ 含量焦炉煤气一起喷入，这些还原性气体（特别是其中的H₂ ）取代了部分焦炭，从而即使没有CCS 也能显著减少碳的排放。



日本低 CO₂ 排放钢铁工业技术路线图

二、国外低碳炼铁技术 >>> ④ 韩国驱逐碳的炼铁项目

核反应堆炼铁新技术

浦项制铁制订了长远开发和计划，即开发出第四代核反应堆，用以产生950℃以上的高温且廉价的大量的氢。计划2050年开发出的核反应堆炼铁新技术之前，还将分两步将吨钢的CO₂排放降低9%：

第一步：2015年之前采用减排设备和新技术废热发电，实现CO₂减排3%；

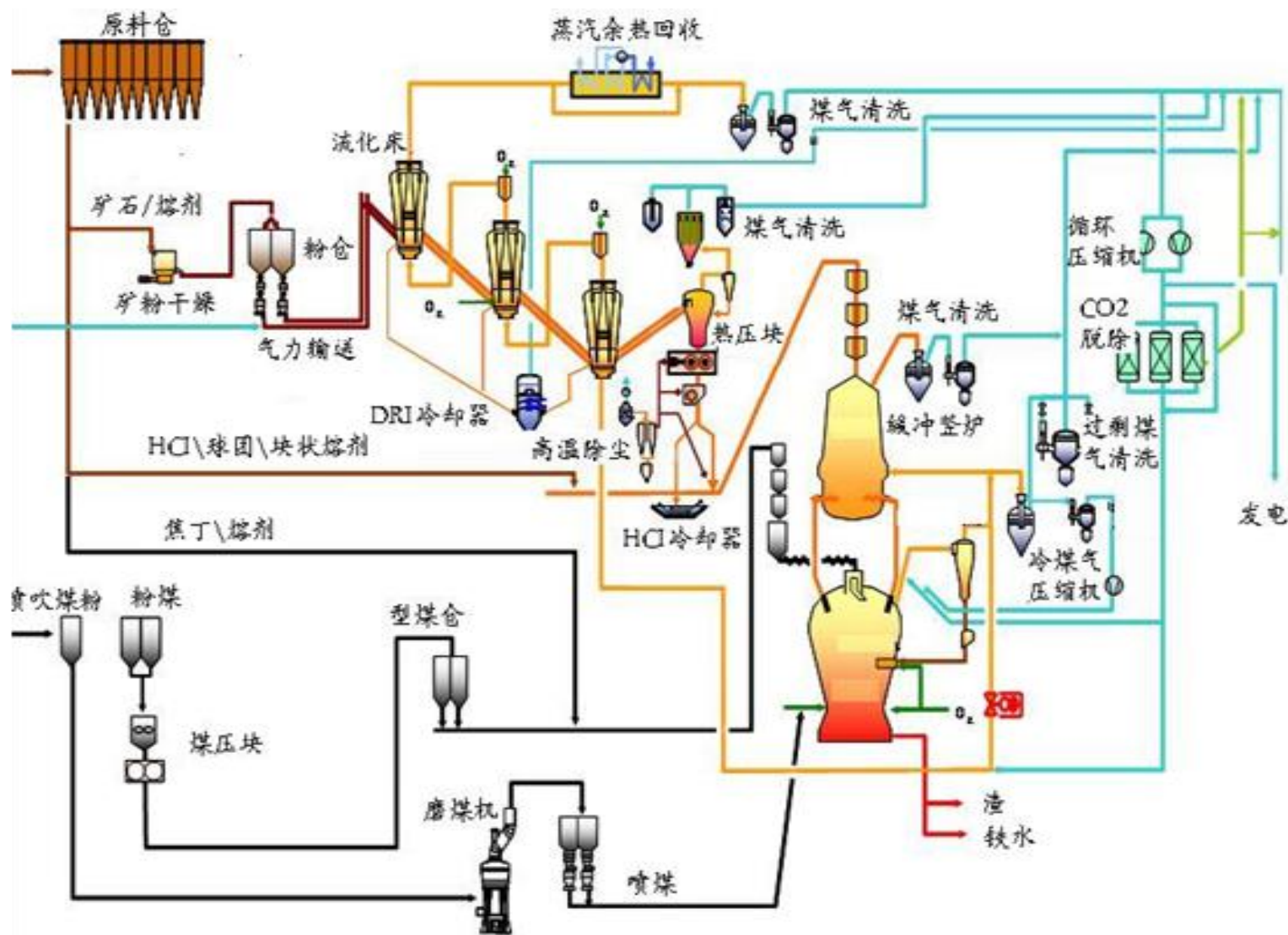
第二步：2020年之前采用不需要再加热的炼钢和热轧工艺技术，再将CO₂减排6%。

二、国外低碳炼铁技术 >>> ④ 韩国驱逐碳的炼铁项目

FINEX项目

FINEX技术是上世纪90年代奥钢联和浦项制铁联合开发的一项炼铁技术。浦项第一套年生产能力为150万t/a的FINEX工厂于2004年8月17日开工建设，2007年4月10日投产，50天后达到设计产能的88%。

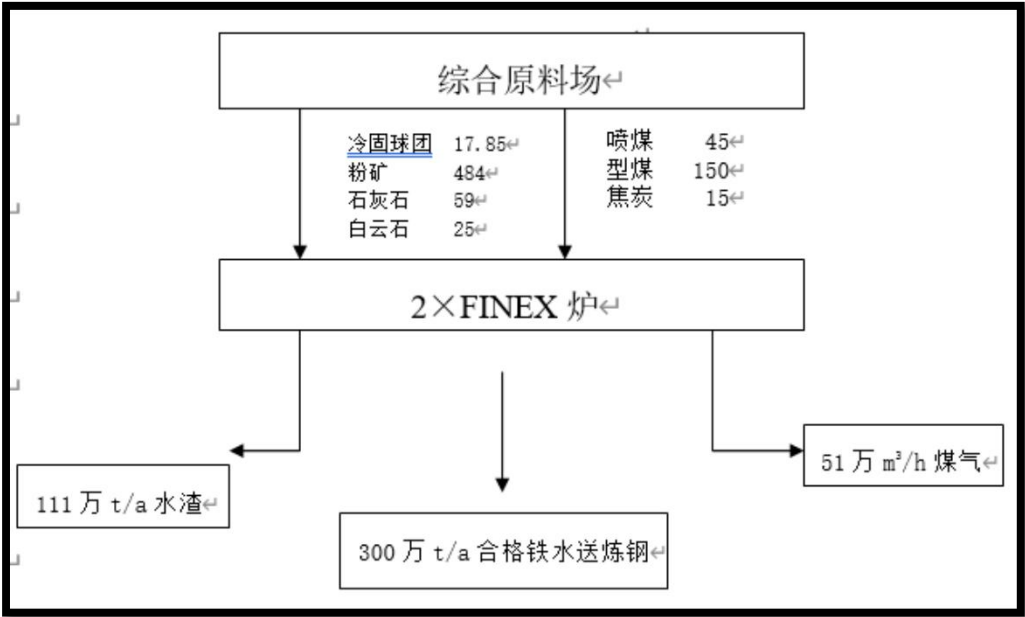
FINEX工艺是两种成熟工艺的组合，即流化床工艺和COREX的熔融气化炉工艺。由于采用了煤气重整技术，因此减排温室气体的效果是肯定的。



二、国外低碳炼铁技术 >>> ④ 韩国驱逐碳的炼铁项目

中国希望曾经拥有该项技术

重钢与POSCO各自出资50%成立“重庆浦渝钢铁有限公司”，注册资本62.7亿元，建设FINEX综合示范工厂，建成2座产能150万吨/a的FINEX设备。



规划的物料平衡

POSCO-重钢 FINEX 综合示范钢厂

环境影响报告书

(送审稿)

正文

建设单位：韩国株式会社 POSCO

重庆钢铁（集团）有限责任公司

评价单位：中冶南方工程技术有限公司

协作单位：重庆市地勘局 208 水文地质工程地质队

二〇一四年十月

二、国外低碳炼铁技术



⑤ 小结

(1) 碳冶金是我们必须要面对的问题。迄今钢铁工业仍以碳冶金为基础,生产每吨粗钢的碳排放在2 t左右(取决于不同流程)。因此,钢铁工业的碳排放占全球总排放的5%~6%,在中国则在15%左右。随着低碳经济的呼声日益高涨,钢铁工业将面临空前的挑战。

(2) 当前节能减排是减碳的重要途径。近期全球主要钢铁产区(EU15、日本、韩国等)的技术对策是在现行装备、工艺上尽量节能、减排。中国与国际先进能耗、减排水平尚有10%~20%差距,应有较大的减排空间。

(3) 近期完善和应用煤气重整技术是重点。在钢铁工业设备达到役期时(2020~2030),首先应考虑高炉炉顶气循环,及焦炉煤气重整后喷吹,从而降低碳排放30%左右,也可用上述H₂/CO气体进行熔融还原,取代高炉向转炉提供铁水。

(4) 协调力量开展前瞻性技术研发。来应对碳减排,促进钢铁工业与低碳经济相适应,主要集中于3个方面:碳捕集技术(CCS)通过现有工业规模的煤气制氢;在非化石能源(核能、可再生能源)占到主流时(2050年左右),可推出氢冶金工业技术。为此,从现在起就要开展相应的理论与基础研究。



03

节能降耗促进低碳

以精料为基础，以低碳炼铁为目标，实现中国高炉炼铁生产科学发展。

三、节能降耗促进低碳 >>> ① 国内高炉生产节能措施

节能减排是低碳经济的第一步

2010年7月杨天均教授发表在《中国冶金》上的“节能减排、低碳炼铁，实现中国高炉生产的科学发展”一文中，提出了以下几个观点：

- (1) 降低燃料比是低碳炼铁的主攻方向
- (2) 低碳炼铁是炼铁技术科学发展观的主要内涵
- (3) 精料是低碳炼铁的基础
- (4) 提高风温是低碳炼铁的重要措施
- (5) 关于煤粉喷吹和高炉富氧的建议
- (6) 高炉煤气流分布及其能量利用

(1) 原燃料冶金性能检验

摘要：就目前状况看,仍需要格外重视3个方面的工作：焦炭质量、高碱度烧结矿性能和球团矿生产。

校企合作能为企业面对的问题提供不一样的分析和研究视角。

常规检测支持：配合企业建设常规的原燃料送检制度，利用现代物流高效完成原燃料检测，为生产提供快速支持。

检测标准比对分析：标准的执行过程中需要定期进行对比校正，原料燃料检测相对小众，积极参与比对校正相互支持。

实验室建设支持：施金良团队研发的冶金检测设备在国内处于领先，工艺研究所作为桥梁利用条件参与支持企业实验室建设。

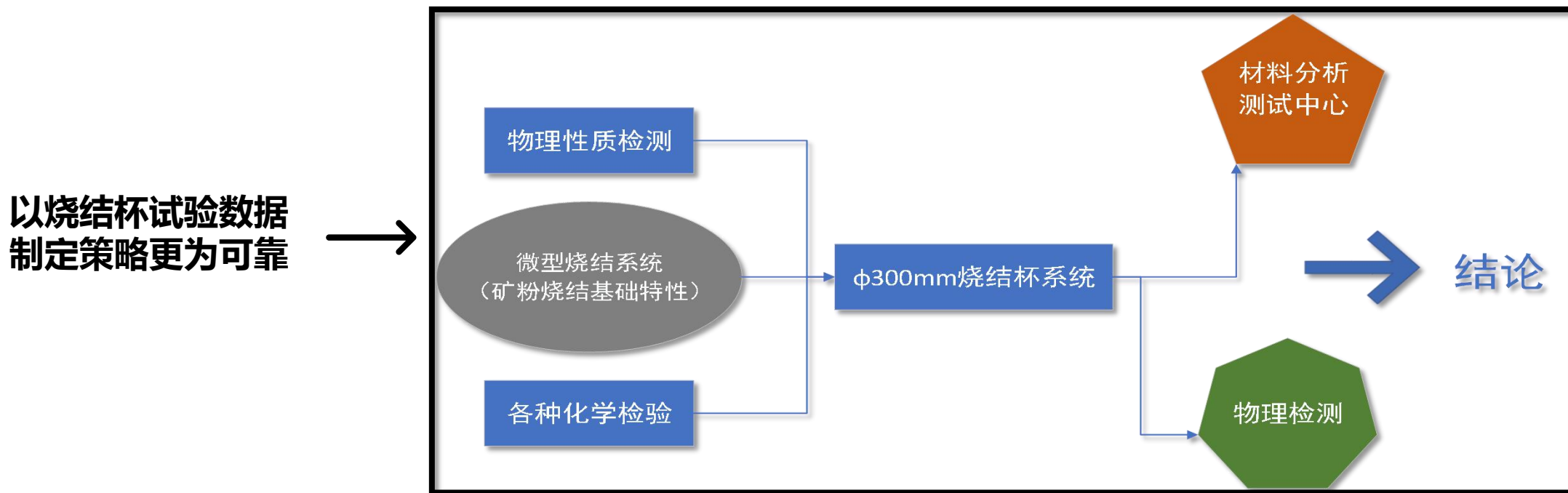
推广检测新方法：建立矿石基础特性检测方法数据库，协同企业建立利用基础特性辅助配矿的新方法。



三、节能降耗促进低碳 >>> ② 工作中的一些体会

(2) 烧结球团技术

摘要：大部分厂家生产的烧结矿，并不是以针状铁酸钙(SFCA)为主要粘结相的高还原性、高强度、粒度组成好的高碱度烧结矿，也没有按SFCA要求的条件组织生产，要获得SFCA高碱度烧结矿，建议采取如下措施。①优化配料；②优化烧结工艺。



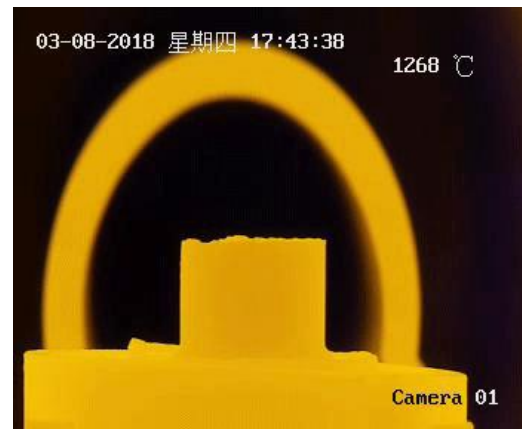
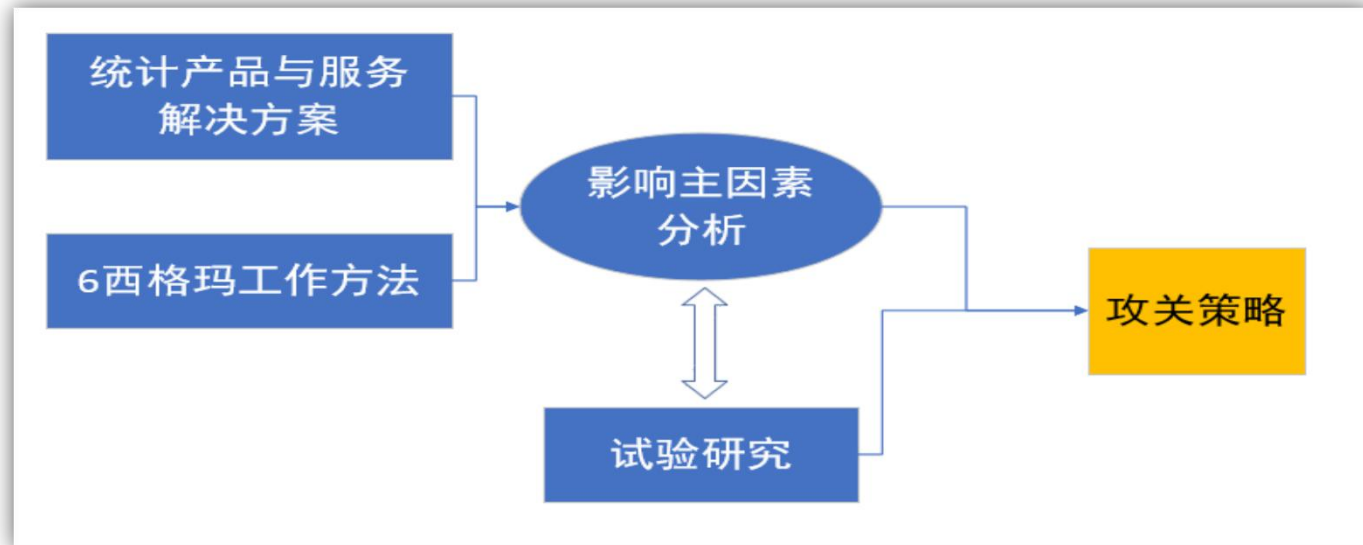
生产以针状铁酸钙(SFCA)为主要粘结相的烧结矿实践起来比较困难，需要具体问题具体分析。

三、节能降耗促进低碳 >>> ② 工作中的一些体会

(2) 烧结球团技术

关键技术攻关

RDI、降低返矿率、改善烧结矿粒度组成等技术攻关。
按照配矿原料的性质、过程工艺参数、成品矿的质量指标，梳理出了影响参数的主要因素，然后针对主要因素进行试验研究，最终提出攻关主要策略。

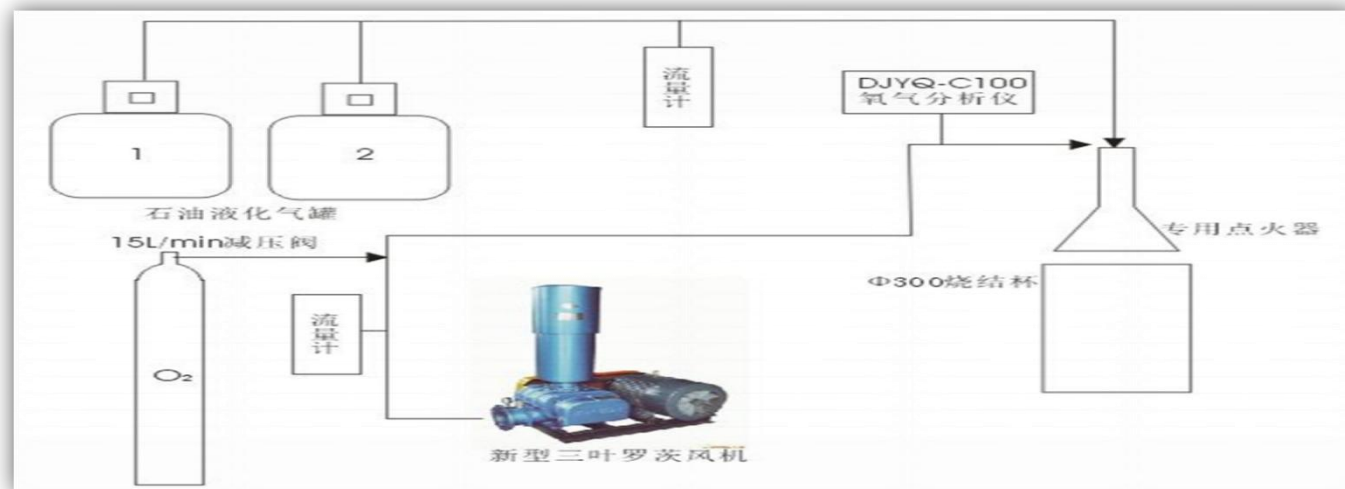


三、节能降耗促进低碳 >>> ② 工作中的一些体会

(2) 烧结球团技术

辅助烧结生产技术

富氧烧结技术、炼钢污泥消化生石灰多相除尘技术、烧结冷却参数优化及节能。针对一些具体问题，结合工况设计不同的研究方案，提出有效工艺措施。

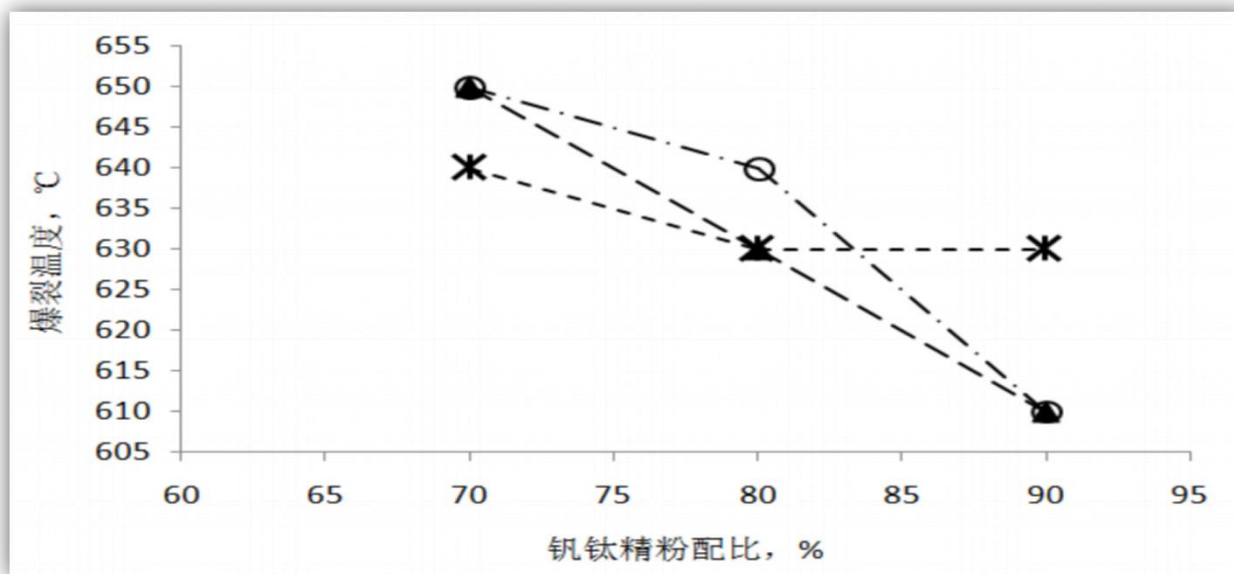


三、节能降耗促进低碳 >>> ② 工作中的一些体会

(2) 烧结球团技术

球团生产工艺制度

球团的基本工艺制度建立、
全钒钛粉烧结的机理及实验
研究、球团生产产质量技术
攻关等。整体来说，在西部
地区特种矿冶炼长期需要技
术支持，重庆科技学院具有
相应的服务支撑条件。



钒钛精粉比对生球爆裂温度的影响

三、节能降耗促进低碳 >>> ② 工作中的一些体会

(3) 高炉渣及铁水

钒钛高炉渣的物理化学性能研究

重点关注炉渣的流动性和脱硫能力，尤其是对影响因素进行了各种条件下的热力学和动力学研究。目前在这一方向上进行了多次的校企合作项目，重要创新是明确了MgO在钒钛炉渣中的作用机理，为选择钒钛合适MgO提供理论依据。

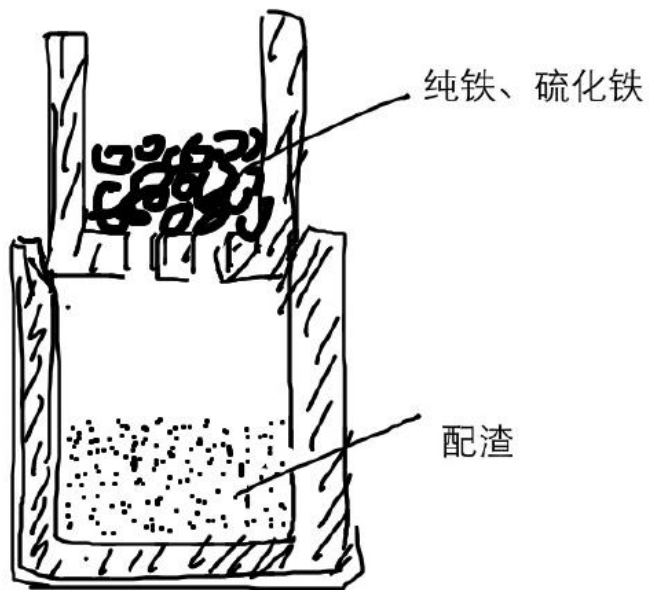


图1 脱硫实验装置示意图

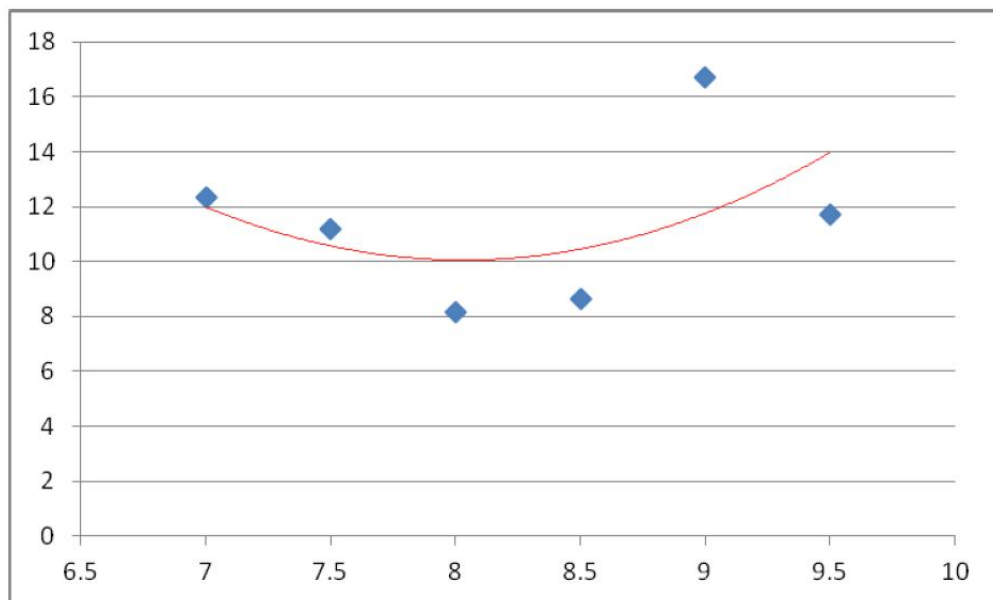


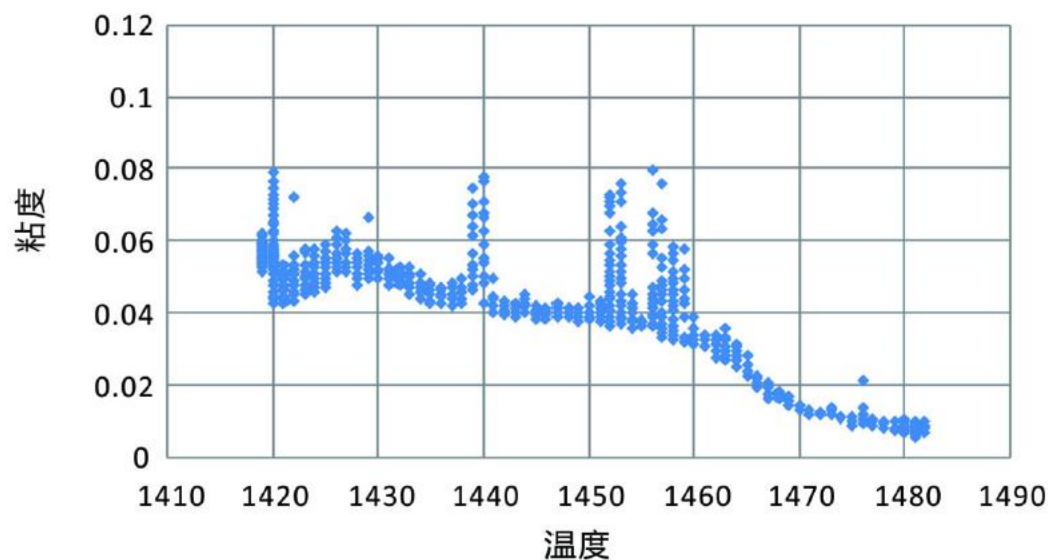
图5 MgO 对脱硫的影响

三、节能降耗促进低碳 >>> ② 工作中的一些体会

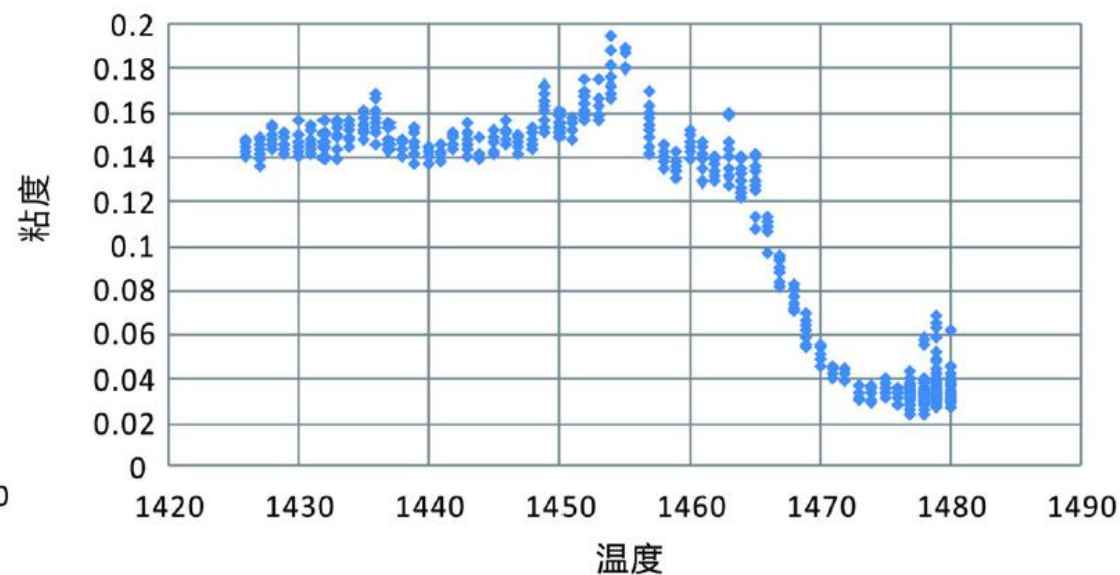
(3) 高炉渣及铁水

铁水含钒对流动性的影响研究

问题来自含钒铁水的[V]工艺控制界限研究，同时含钒铁水随[V]增加铁水变稠的机理一直不甚清楚，通过研究发现了变粘规律的一些特征，同时发现铁水温度降低析碳再加之高[V]含量的共同作用，加剧了铁水的变稠现象。



a $w[\text{Cr}]=0.19\%$ $w[\text{V}]=0.27\%$



b $w[\text{Si}]=0.28\%$ $w[\text{V}]=0.36\%$

② 工作中的一些体会

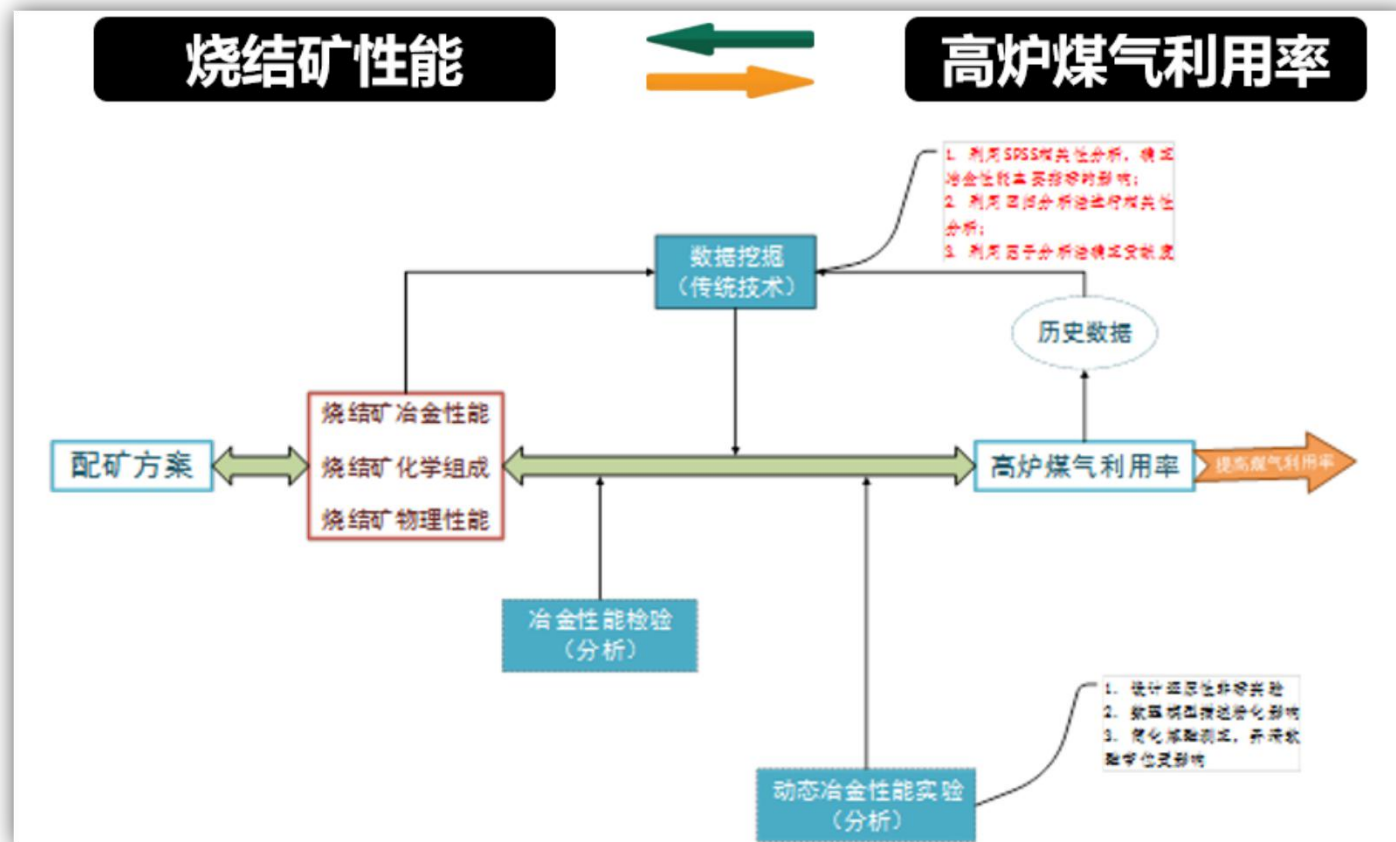
高炉煤气利用率与含铁原料冶金性能的关系

率减低。课题组为此从两个方面开展研究,希望

找到原料冶金性能对煤气利用率影响的作用机理。

研究方法一是进行数据挖掘寻找联系，二是设计

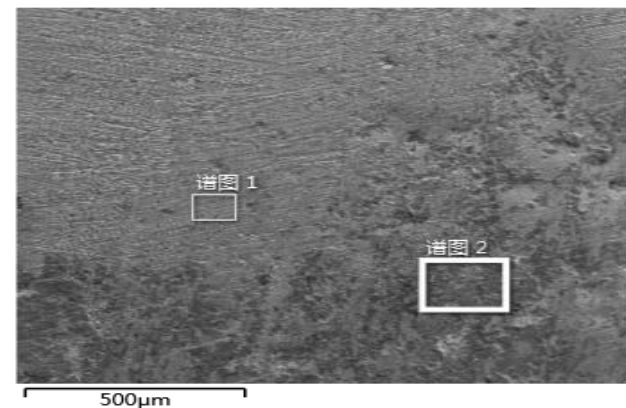
动态冶金性能试验研究作用煤气利用率途径。



(4) 工艺优化与节能降耗

高炉喷吹煤粉的工艺技术研究

早期推广烟煤喷吹，对贫煤和瘦煤的喷吹进行系统性研究，并为企业经济使用煤粉混合喷吹建立了系列的企业标准。目前在喷吹工艺过程中的一些不良结果与企业进行联合研究，包括风口结渣机理、风口破损机理等工业生产问题。



风口小套的纯铜材质（导热系数381）随冶炼的不断进行，锌高会在表面形成黄铜合金（导热系数118），从而导致熔蚀。

元素	图谱1扫描结果		图谱2扫描结果	
	wt%	原子百分比	wt%	原子百分比
C	11.25	37.79	17.4	34.06
O	2.74	6.92	25.7	37.76
Na	0	0	5.33	5.45
Si	0.43	0.62	2.12	1.77
K	0.17	0.17	0.68	0.41
Ca	0.31	0.31	2.97	1.74
Ti	0.11	0.09	0.26	0.13
V	0	0	0.05	0.02
Cr	0.07	0.05	0	0
Fe	1.86	1.35	20.59	8.67
Cu	80.71	51.25	22.63	8.37
Zn	2.35	1.45	0.52	0.19
Al	---	---	1.21	1.06
S	---	---	0.22	0.16
总量:	100	100	100	100

三、节能降耗促进低碳 >>> ② 工作中的一些体会

(4) 工艺与节能

高炉煤气引射器的设计与应用

对热风炉引射混烧焦炉煤气的引射器进行了设计、制造、安装，并制定了使用标准。

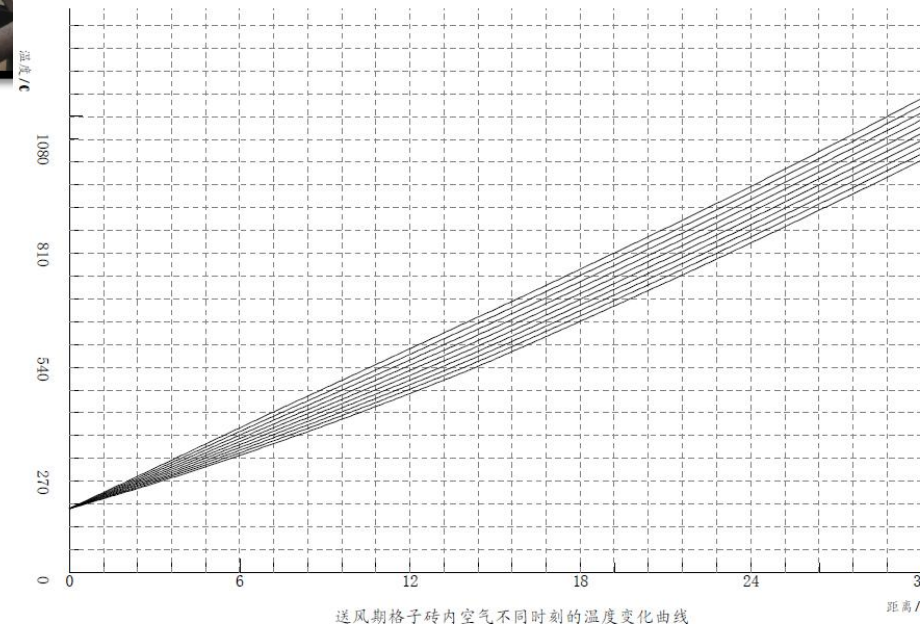
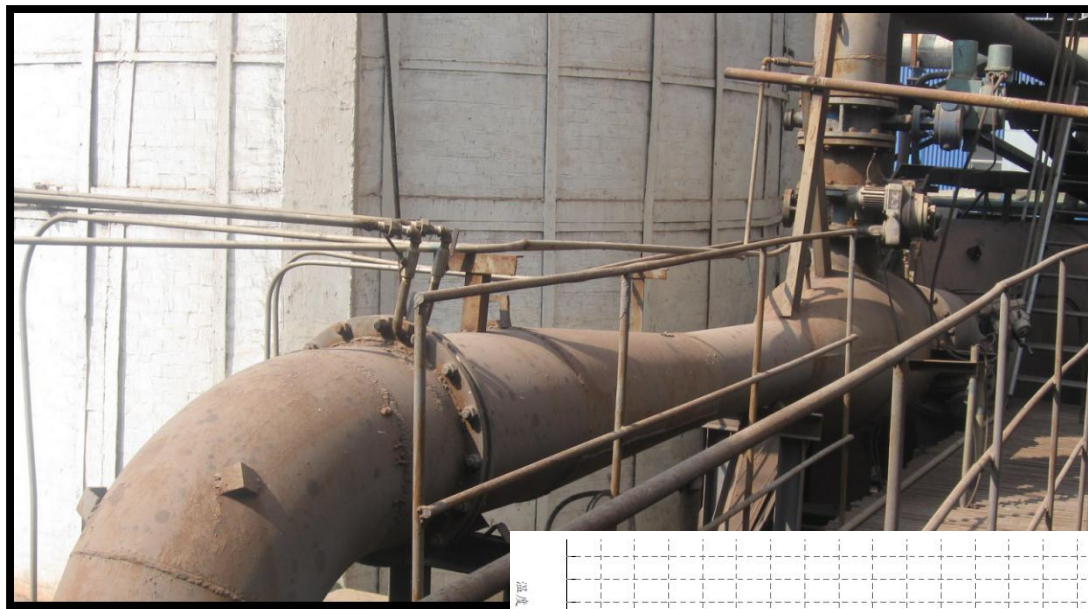


图 3-7 送风期不同高度不同时间格子砖内鼓风的温度分布情况



高炉精料、合理布料、高效长寿、提高风温、富氧喷煤、煤气干法除尘等关键技术，仍是未来高炉低碳绿色发展的重要技术基础、支撑和保障。



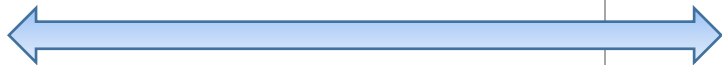
04

大力发展循环经济

节能、提效、减排，发展循环经济，是走向低碳经济的第一步

四、大力发展循环经济 >>> ① 冶金固体废物

冶金工业固体废物



钢铁工业“二次资源”

冶炼废渣含有多种有毒物质，其对土壤的危害比较严重。有毒废渣长期堆存，经过雨雪淋溶，可溶成分随水从地表向下渗透，向土壤迁移转化，使土壤富集有害物质，以致渣堆附近土质酸化、碱化、硬化，甚至发生重金属型污染。

有毒物质一方面通过土壤进入水体，另一方面在土壤中积累而被作物吸收，毒害农作物，进而危害人类。

钢铁尘泥产生量约占粗钢产量的10%，2016年我国钢铁尘泥总量约8000万吨。从资源的角度来看，钢铁尘泥中富含包括Fe、C、Zn、K、Na、In等有价值元素。钢铁尘泥来源主要是烧结、球团、高炉、转炉、电炉和轧钢等工序。

钢铁企业各道工序的尘泥产生具有较大差异，因此在循环利用的过程中需要特殊处理。

四、大力发展循环经济

冶金固体废物

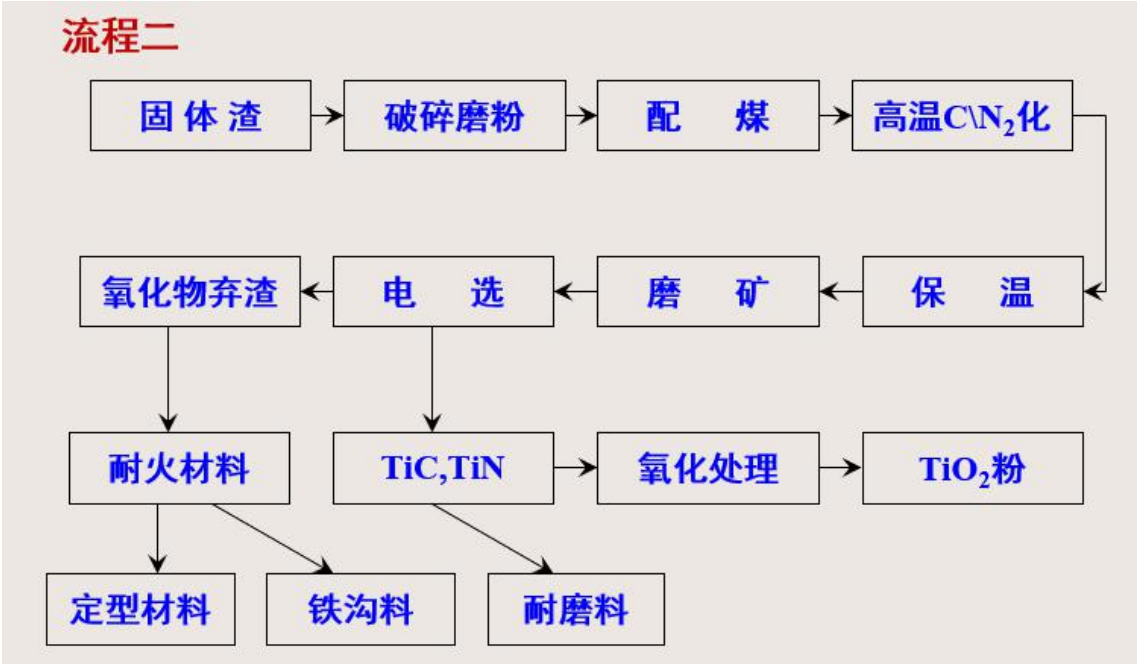
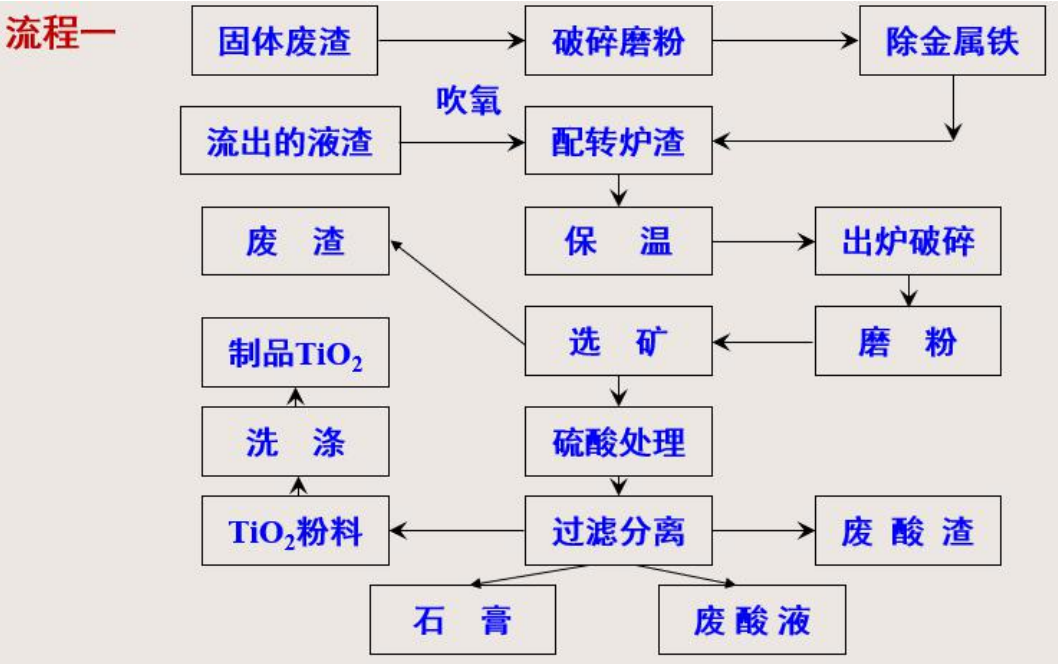
尘泥火法常规处理工艺

名称	工艺特点	优点	缺点	主要业绩
转底炉	原料配比-造球-入炉冶炼-直接还原铁 1、以焦粉、无烟煤作为造球内还原剂 2、天然气或焦炉煤气作为主要燃料 3、原料配比要求严格	1、金属收得率高 2、还原铁运输、堆存方便	1、只能处理细颗粒含铁尘泥 2、不能处理铁鳞、渣铁	新日铁15、19、30万吨 浦项20万吨 马钢20万吨
回转窑	原料配比混合-干燥-入窑还原-冷却窑-直接还原铁 1、褐煤粉作为还原剂 2、焦炉煤气作为燃料	1、投资低、运行简单 2、原料要求低	1、金属化率低 2、生产不稳定	住友12万吨含铁尘泥
OxyCup竖炉	原料配比-压碳砖块、废渣钢-入炉冶炼-铁水 1、以焦粉、煤粉作为碳砖自还原剂 2、焦炭作为还原剂 3、需要大量的氧气、空气	1、金属收得率高 2、铁水可直接用于大生产工序 3、处理含铁物料范围广	1、设备运行周期短 2、维修工作量大	蒂森15万吨除尘灰、8.5万吨渣钢 太钢2×50t/h，两用一备
小高炉	原料配比-压碳砖块、废渣钢-入炉冶炼-铁水 1、以焦粉、煤粉作为碳砖自还原剂 2、焦炭作为还原剂 3、需要大量的氧气、空气 4、利用废弃的小高炉	1、生产工艺和设备成熟稳定， 2、利用闲置的小烧结机和小高炉，无需新的投资	1、能耗高 2、需要烧结工序，存在污染	德国DK公司年处理含铁废弃物46万吨

回转窑工艺、转底炉工艺、OxyCup工艺以及DK工艺都存在不足

四、大力发展循环经济 >>> ② 国内工作进展

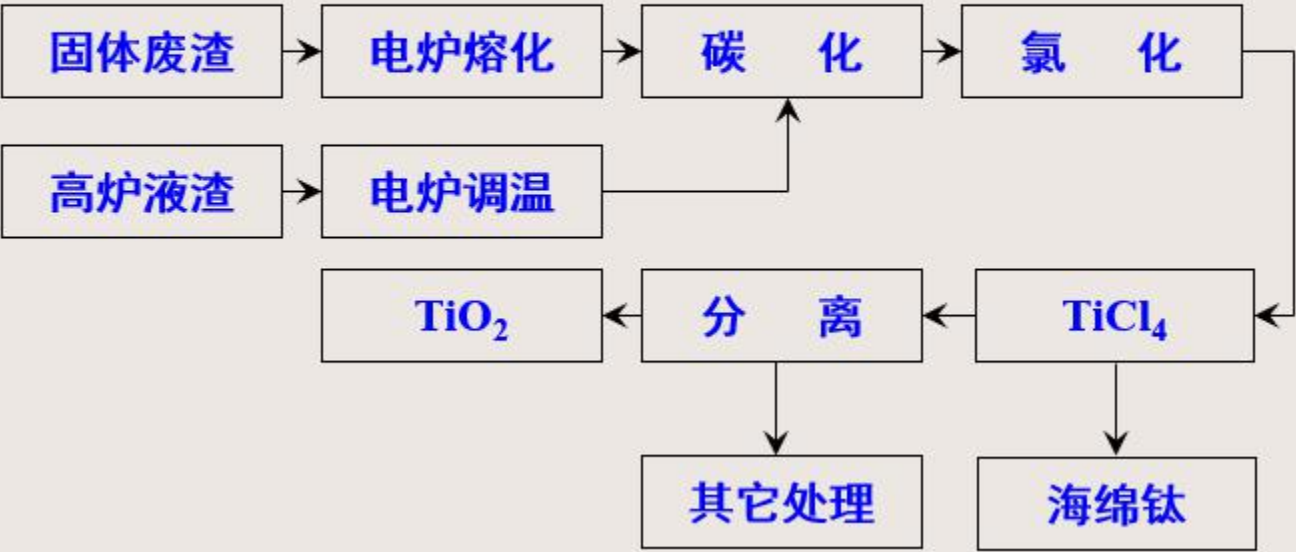
东北大学：钒钛磁铁矿高炉渣综合利用技术进展



四、大力发展循环经济 >>> ② 国内工作进展

东北大学：钒钛磁铁矿高炉渣综合利用技术进展

流程三



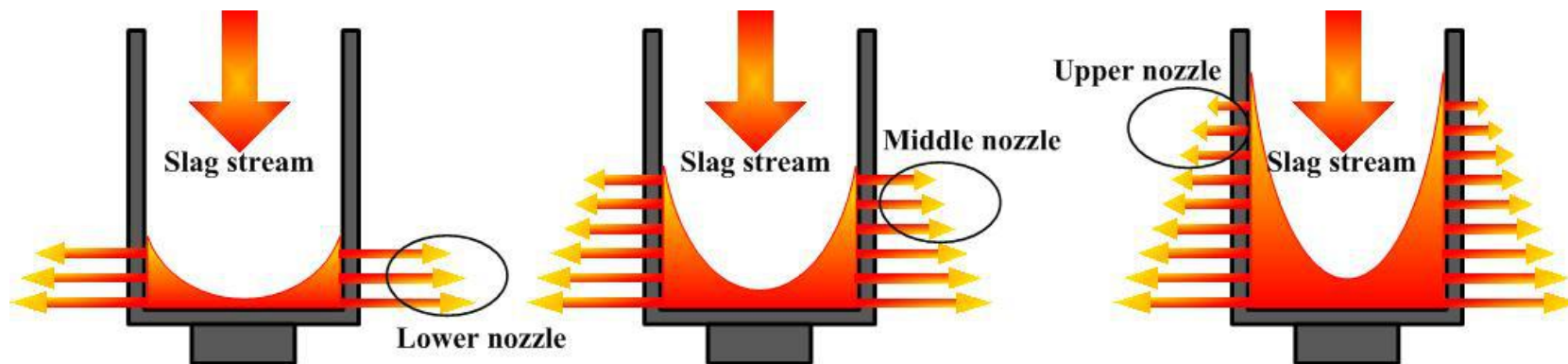
(1) 三个流程共性是把高炉渣作为提取TiO₂的原料对待，而后再利用弃渣。但受到TiO₂收率不理想和弃渣利用时的环境的限制。

(2) 但流程二与三均选择了向简单矿相富集钛组元的路线，使工业实现的可能性较高；流程三因无保温长大过程而实现工业化的可能性最大，但一定要解决环境处理问题。

四、大力发展循环经济 >>> ② 国内工作进展

重庆大学：熔渣粒化回收显技术开发

重庆大学多金属矿绿色提取冶金研究组提出了多孔转杯旋转粒化的方法，通过该方法可达到以下五个方面的效果：



不同熔渣流量时多孔转杯的粒化状态

- (1) 控制熔渣离开转杯时形成渣线的直径，以此来限定形成渣粒的粒径；
- (2) 减少在转杯边缘形成渣线的数量，避免极细渣线形成而产生渣棉；
- (3) 提高转杯对熔渣流量的自适应能力，使得渣粒均匀性得到改善；
- (4) 降低渣线离开转杯时的径向速度，缩短渣粒的飞行轨迹，利于渣粒收集；
- (5) 增加转杯的单位时间熔渣处理能力，改善旋转能的利用效率。

四、大力发展循环经济 >>> ② 国内工作进展

校领导带队赴潼南工业园区实地考察

发布时间：2017-09-19 作者： 编辑：冶金学院 来源：冶金学院

【供稿/冶金与材料工程学院】9月13日上午，学校副校长刘德绍带领科研处、研究生处相关负责人及冶金与材料工程学院相关教师赴潼南工业园区进行实地考察，商讨合作事宜。

重庆科技学院：工业废弃物综合回收利用

重庆科技学院也一直致力于冶金工业的循环经济，其冶金与材料工程学院的栗克建博士拥有9项关于冶金尘泥处理的专利技术，而且拥有韩国昌源大学示范厂建设团队的支持。目前，该项目在稳定推进中。





2020

感谢!

第十二期全国炼铁、烧结、焦化、球团技术专题培训班课件

万 新

2020. 08. 13

