

“科创中国”生态环境产业创新论坛（@江苏·宜兴，2023年11月）



钢铁工业水处理绿色低碳创新实践与展望

中冶京诚工程技术有限公司

梁思懿 中冶集团专业技术领域（环境工程）首席专家
教授级高级工程师



中冶京诚工程技术有限公司
MCC Capital Engineering & Research Incorporation Limited



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing



清华大学环境学院
SCHOOL OF ENVIRONMENT, TSINGHUA UNIVERSITY

中冶京诚工程技术有限公司（原冶金工业部 北京钢铁设计研究总院）成立于1951年，是我国最早从事冶金工程咨询、设计、工程总承包的国家级大型科技型企业，隶属于世界500强中国五矿集团和中冶集团，历经70余年的发展，业务范围已覆盖冶金、市政、公路、公用基础设施、建筑、水务多个领域。

500余家客户

近70年来服务河钢、宝武、鞍钢、太钢、首钢、中信、沙钢、建龙集团等知名企业。

8000项服务

覆盖钢铁冶金全产业链、全生命周期工程服务

35个国家地区

美国、俄罗斯、韩国、伊朗、印度、巴西、孟加拉、印尼、越南、尼日利亚等

收入三百亿

连年来年合同额300亿元以上，年营业超过100亿元，持续攀升

最强资质



中冶京诚国内首家同时拥有“**综合设计甲级资质**”、“**工程咨询综合甲级资信证书**”、“**综合监理甲级资质**”、“**冶金工程施工总承包特级资质**”的企业。同时还拥有充分支持公司发展多行业工程业务的规划、勘察、造价、环境影响评价等一系列**国家最高级别**的行政许可。

目录

一

背景概述

二

探索 & 实践

三

未来展望

01 背景概述

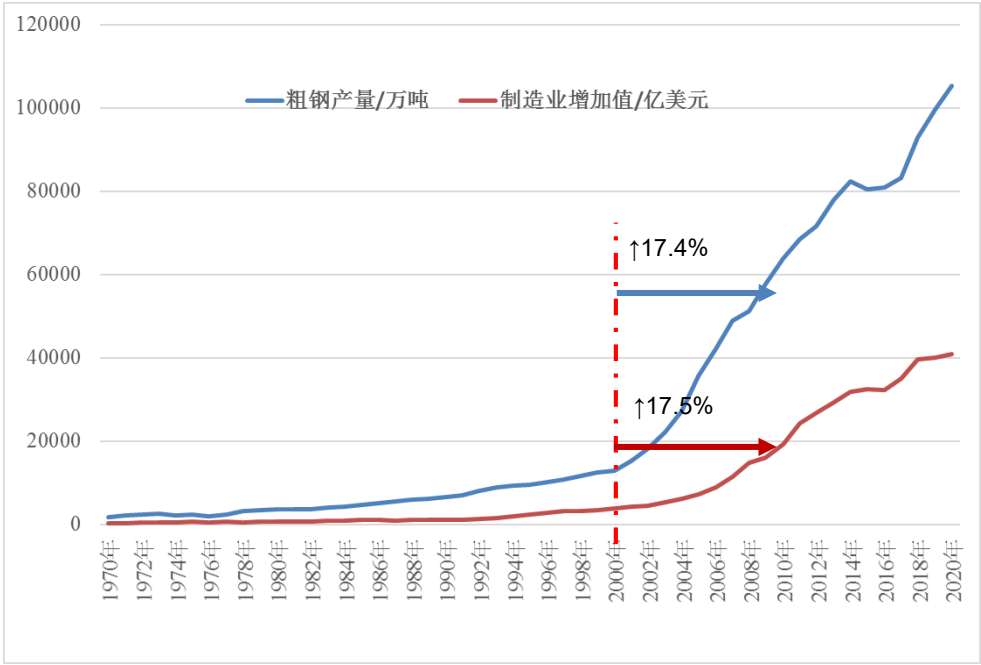
1.1 钢铁工业是国民经济的重要支撑

钢铁工业在国民经济发挥**中流砥柱**的作用，是工业的粮食，国防的基础，是衡量一个国家综合国力和工业化程度的**重要标志**。



提供重要的基础结构材料和功能材料

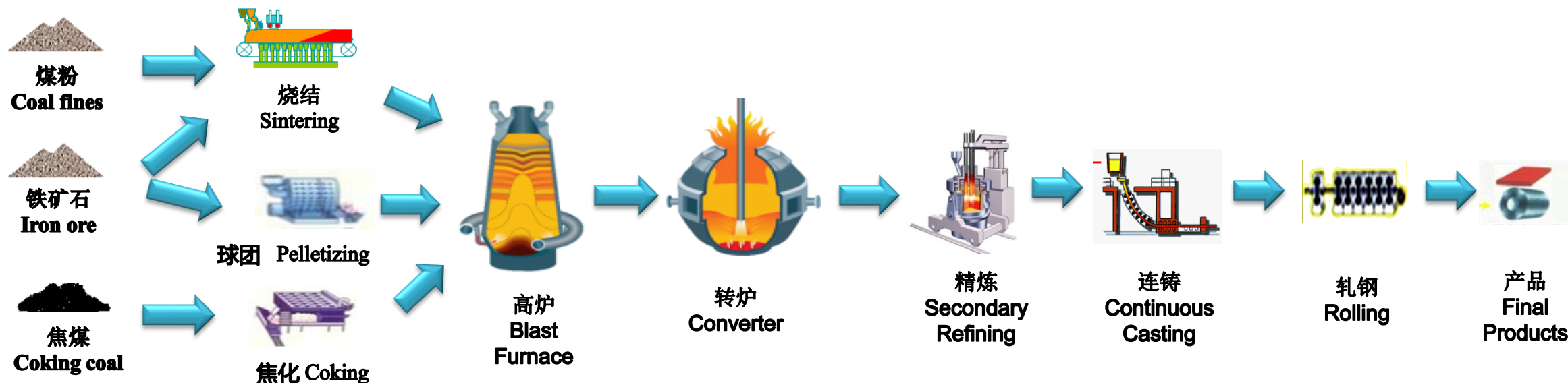
我国粗钢产量与制造业增加值 “同步变化”



➤ 2011-2020的十年间，国内制造业增加值与粗钢产量的年均增速分别为7.9%和5.1%，**稳定支撑着我**国制造业高质量发展。

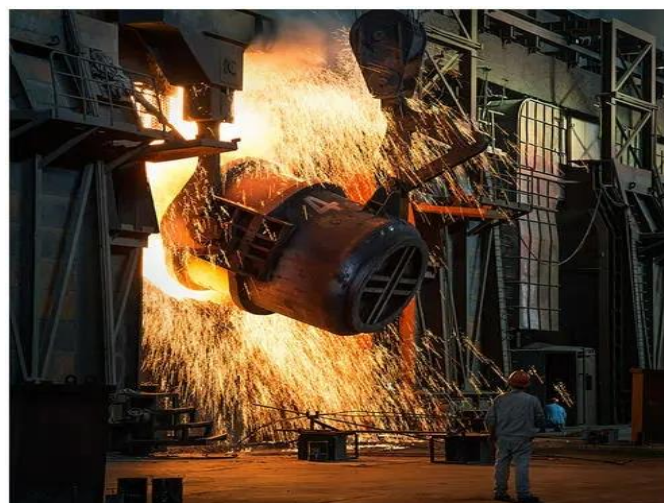
冶金工业规划院.,深入推进钢铁行业绿色低碳发展,2021

1.2 我国钢铁生产特征分析



➤ 钢铁冶金流程：

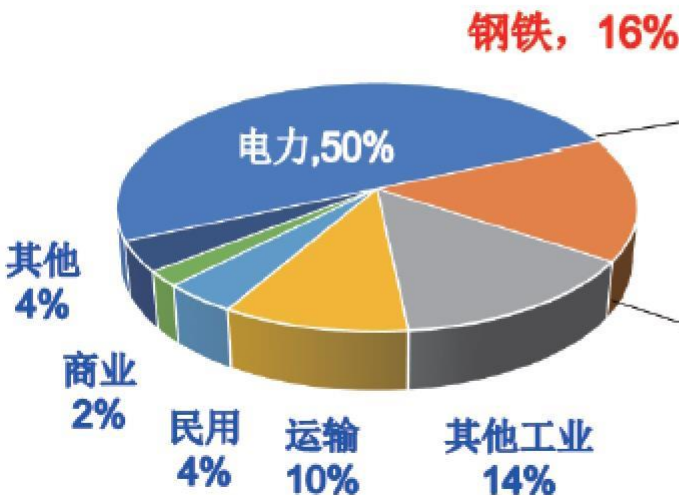
- 钢铁生产过程主要经历炼铁、炼钢、轧钢等流程。从钢铁生产各工序来看，按照目前行业最先进指标显示，每生产1吨钢需要消耗约**546kg**标准煤，碳排放为**1610kg**（不计二次能源工序碳排）；
- “烧结+球团+焦化+高炉”的铁前系统占据了总能耗的**85%**左右和总碳排放的**95%**左右。



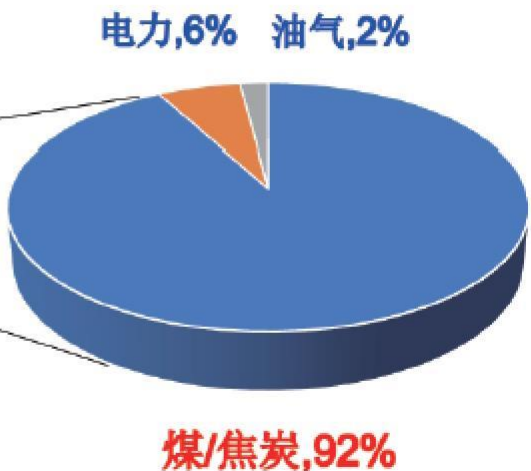
1.3 我国钢铁工业的双碳工作进程

- ✓ 典型钢铁生产的能量载体主要来源于**碳元素**，钢铁工业气体排放物主要是**碳氧化物**；
- ✓ 从全球范围来看，钢铁工业一直是二氧化碳直接排放大户，占人类总排放的~**5%**；
- ✓ 近年来，我国钢铁产量保持在每年**10亿吨**以上，占全球钢铁产量的**55%**左右，钢铁每年排放二氧化碳约**18亿吨**，占全国碳排放总量的~**16%**；
- ✓ 钢铁行业碳减责任十分艰巨，是我国“双碳”目标实现的**重点领域**。

中国各行业碳排放分布



中国钢铁工业能源结构



钢铁行业作为工业的重要领域，是能源消费大户，同时也是CO₂排放大户。钢铁工业由化石燃料消耗引起的CO₂排放（不含外购电力）**占全国的1/8，占工业的1/4，约占流程工业的1/2。**

数据来源：中国工程院咨询项目《过程工程与低碳经济》研究报告

图：我国各行业碳排放及钢铁行业能源结构图

1.3 我国钢铁工业的双碳工作进程

作为我国工业制造领域碳排放的“**老大哥**”，钢铁企业积极开展“双碳”行动。2022年8月15日，中国钢铁工业协会发布 **《钢铁行业碳中和愿景和低碳技术路线图》**，明确行业低碳变革路线图和阶段目标。

河钢集团

2021年3月12日，河钢集团发布了碳达峰、碳中和总体目标：**2022年实现碳达峰**，2025年实现减碳10%以上，2030年实现减碳30%以上，**2050年实现碳中和**。

鞍钢集团

2021年5月27日，鞍钢集团发布《鞍钢集团碳达峰碳中和宣言》；**12月29日**，发布低碳冶金路线图。宣布**2025年前实现碳达峰**，2030年实现前沿低碳冶金技术产业化突破、深度降碳工艺大规模推广应用，力争**2035年碳排放总量较峰值降低30%**；持续发展低碳冶金技术，成为我国钢铁行业首批实现碳中和的大型钢铁企业。

宝武集团

2021年1月20日，宝武集团宣布**2023年实现碳达峰**，2025年具备减碳30%工艺技术能力，2035年实现减碳30%，**2050年实现碳中和**。7月15日，宝武集团成立了碳中和股权投资基金，总规模500亿元。

包钢集团

2021年5月14日，包钢集团宣布**2023年实现碳达峰**，2030年具备减碳30%工艺技术能力，2042年碳排放量较峰值降低40%以上，**2050年实现碳中和**。

其他企业

建龙（2022年3月10日）、太钢（2022年5月30日）、首钢（2022年9月8日）等等，钢企全面统筹推进“双碳”行动。

1.4 全球首例“氢冶金示范工程”投产



2023年5月，河钢集团张宣科技**全球首例**120万吨“**氢冶金示范工程**”（HYMEXTM）项目实现安全顺利连续生产，产品高纯直接还原铁金属化率已稳定在**94%以上**，达到国际一类标准，成为世界钢铁史上由传统“碳冶金”向新型“氢冶金”转变的**重要里程碑**，将引领钢铁冶金工艺变革，全面开启绿色、低碳发展新纪元。

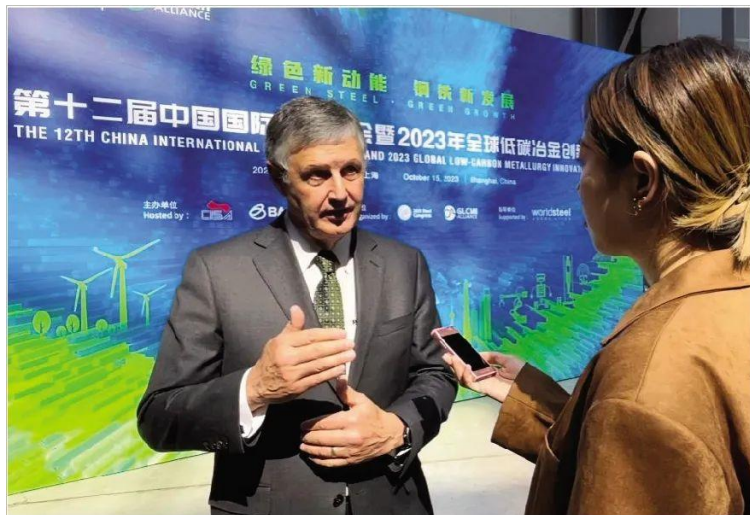




- 以能效标杆为切入点，覆盖 **全行业** 和 **全产能** 的第三大钢铁改造工程 — **钢铁极致能效工程**
- 围绕极致能效工程，中国钢铁工业协会发布《**钢铁工业能效标杆三年行动方案**》，开展“**双碳最佳实践能效标杆示范厂**”**培育**，有序推动钢铁行业能效达到标杆水平，促进绿色低碳转型



- 2022年12月9日，钢铁行业能效标杆三年行动方案现场启动会在湛江召开。会上钢协同时发布了《**钢铁极致效能技术清单**》，涉水技术包括**分质供水**、**梯级用水**、**管网检漏**、**智慧管控**及**设备节能**技术等。



埃德温·巴松（世界钢铁协会总干事）

※ 中国钢铁工业在世界钢铁舞台上的 **领导地位** 不再只因为其庞大的规模，更因为其拥有了越来越多值得其他国家借鉴的先进技术。特别值得肯定的是，在全球多数超高层建筑中都有中国钢铁的身影。

※ 中国钢铁工业表现优异。目前中国钢铁工业已经 **‘干净’** 到了没有任何其他一个国家可以做到的程度。

※ 中国钢铁工业的高炉使用比例高。长流程生产工艺中的高炉炼铁是钢铁生产过程中碳排放量最多的环节。虽然短流程生产工艺的碳排放量仅相当于长流程的30%，但是 **短时间内全面彻底地淘汰高炉并不现实**。

产能调整永远不会停止，这是全球钢铁工业都需要长期面对的问题。钢铁产业的发展会经历平缓增长、快速增长、达到顶峰后开始下降几个阶段。目前，中国钢铁工业步入了稳定发展阶段，日本、美国等国家步入了下降阶段。**下降阶段是最困难的阶段**，钢铁企业必须大量关闭产能，还会造成失业人口增加等社会问题。整个发展过程是**非常漫长**的，大多数国家都需要花费20年-40年的。例如，日本在经历了1990年—2010年的缩减阶段后才达到现在的状态。

受人口老龄化、经济增速放缓、房地产市场需求不足等影响，中国的钢铁需求将减少，可能会带动**新一轮的产能削减**。

中华人民共和国工业和信息化部

Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China

工业和信息化部

新闻动态

政务公开

政务服务

公众参与

工信数据

专题专栏

看新闻

找文件

查办事

提意见

查数据

要投诉

统一登录

首页 > 政务公开 > 政策文件 > 文件发布 > 通知

发文机关：工业和信息化部 国家发展改革委 财政部 自然资源部 生态环境部 商务部 海关总署

标 题：工业和信息化部 国家发展改革委 财政部 自然资源部 生态环境部 商务部 海关总署关于印发《钢铁行业稳增长工作方案》的通知

发文字号：工信部联原〔2023〕131号

成文日期：2023-08-21 发布日期：2023-08-25

发布机构：工业和信息化部 分 类：原材料工业管理

七部门关于印发《钢铁行业稳增长工作方案》的通知

工业和信息化部 国家发展改革委 财政部 自然资源部 生态环境部 商务部 海关总署

关于印发《钢铁行业稳增长工作方案》的通知

工信部联原〔2023〕131号

各省、自治区、直辖市及新疆生产建设兵团工业和信息化、发展改革、财政、自然资源、生态环境、商务主管部门，海关总署广东分署、各直属海关，各有关中央企业：

现将《钢铁行业稳增长工作方案》印发给你们，请结合实际，认真贯彻落实。

工业和信息化部
国家发展改革委
财政部
自然资源部
生态环境部
商务部
海关总署
2023年8月21日

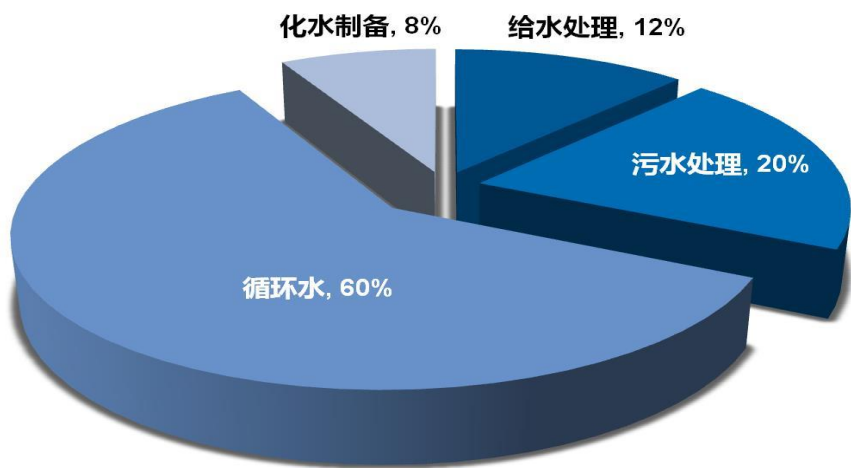
- 2023年总体来看，钢铁**供给强于需求**的态势依然明显。前三季度粗钢产量增长1.7%，表观消费量下降1.5%，钢厂库存持续高位。
- 从效益方面来看，钢材价格降幅大于成本降幅，前三季度钢协重点统计企业利润同比下降34.1%。虽然近期利润有所修复，但行业整体与去年相比**利润下滑**仍较为明显，企业经营面临一定挑战。
- 不同地区、不同品种、不同水平的企业之间**经营分化**正在持续加剧。

“一个成熟的中国钢铁必将在经历各种周期历练后诞生”
——中国钢铁工业协会 党委副书记、副会长兼秘书长 姜维

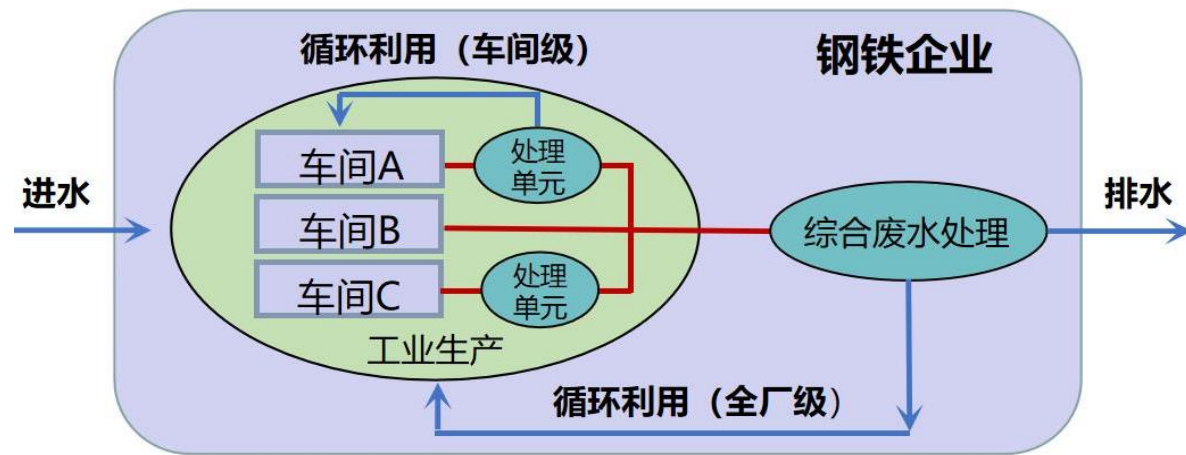
02 探索 & 实践

2.1 钢铁工业水系统概述

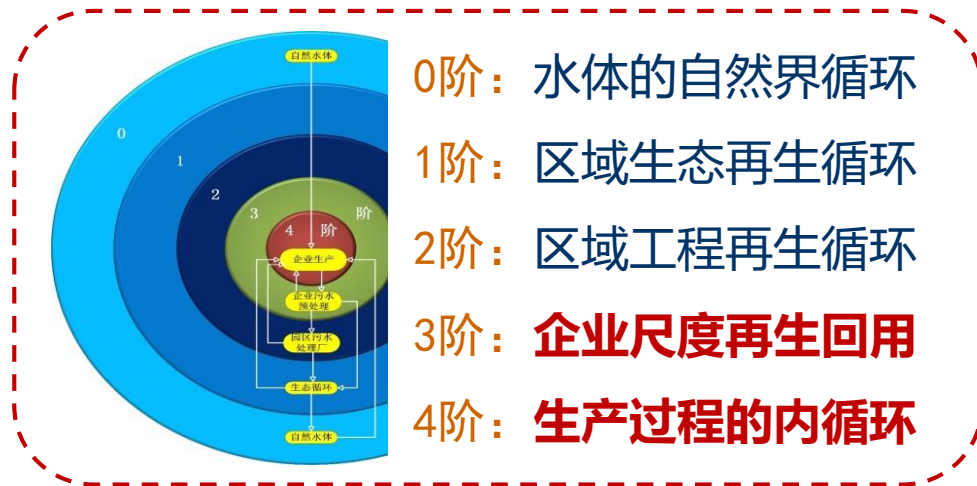
- 水是钢铁生产的血液。钢铁的整个生产过程都与水**密不可分**，选矿、烧结、焦化、炼铁、炼钢、轧钢该工序都需要消耗大量水资源
- **功能**：冷却、除尘、润滑等。冷却用水占比**80%**
- 耗水量占工业总水耗**14%**，排水量占工业总排**12%**
- 钢铁企业水系统电耗约为 **40-50kwh/吨钢**



图：典型钢铁企业水系统能耗占比

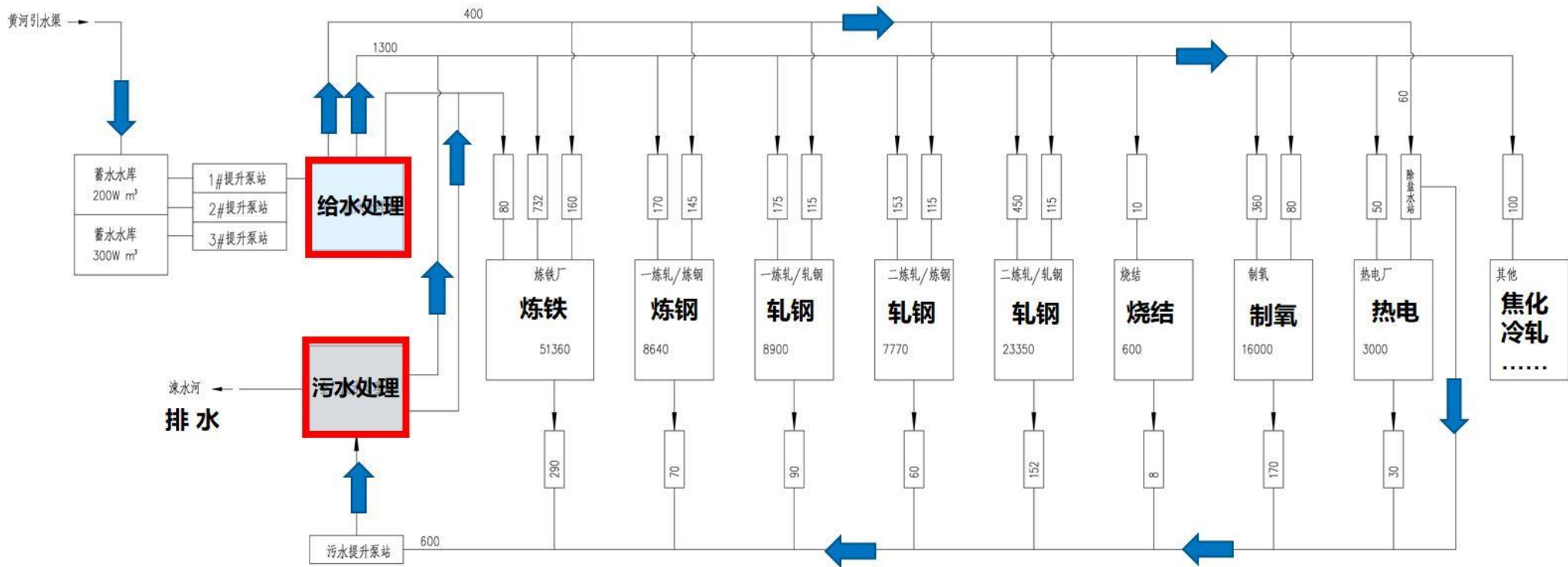


图：钢铁企业水循环利用模式



图：钢铁企业水资源介循环层级结构

2.2 钢铁企业水量平衡图



图：钢铁企业典型水量平衡图

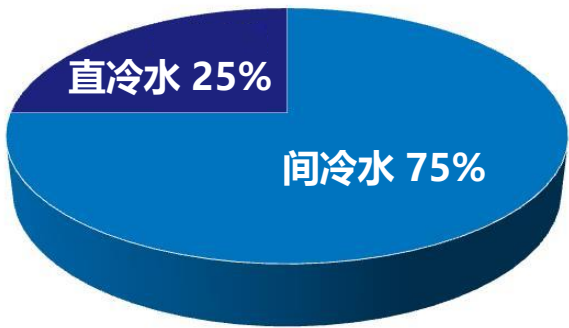
- **给 水**：水源净化与处理系统 / 消防水系统 / 化水系统 / 生活给水系统 / 海水淡化系统
- **排 水**：全厂废水处理与回用系统 / 雨水收集与利用系统 / 特种废水处理系统
- **循环水**：生产循环水系统 / 软水循环系统 / 除盐水循环系统 / 海水循环系统

2.3 钢铁工业水系统 – 间接冷却水

□ **间冷水定义：**主要用于设备的间接冷却，不与物料或产生的气、固、液直接接触，故仅有水温升高，经冷却后可循环使用。

□ **间冷水形式：**

- ✓ 密闭式循环水系统
- ✓ 开路循环水系统



图：典型钢铁企业循环水系统电耗占比



间接冷却水降本增效措施：

- ✓ 校核设计工况与实际匹配情况（生产、季节）
- ✓ 管理制度优化（上下游、工序间协同）
- ✓ 设备节能改造（动力、冷却系统等）
- ✓ 智慧管控系统（加药、主辅联动等）

2.4 钢铁工业水系统 – 直接冷却水

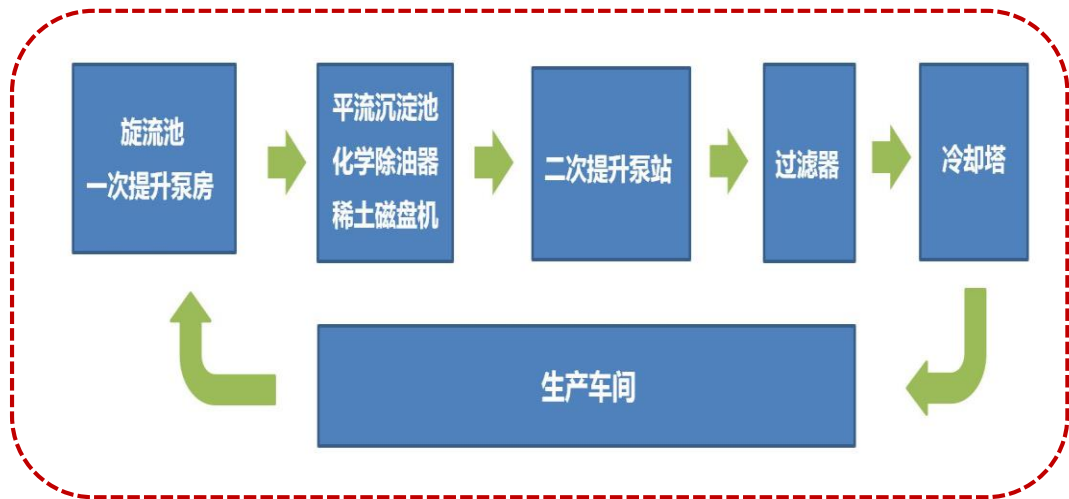
□ **直冷水定义**：一般为直冷开式循环水系统。钢铁企业浊环用水点多，分布广。除原料、烧结、焦化、炼铁、炼钢、轧钢工序外，辅助设施也常有各样的直接冷却水系统。

□ 技术特点：

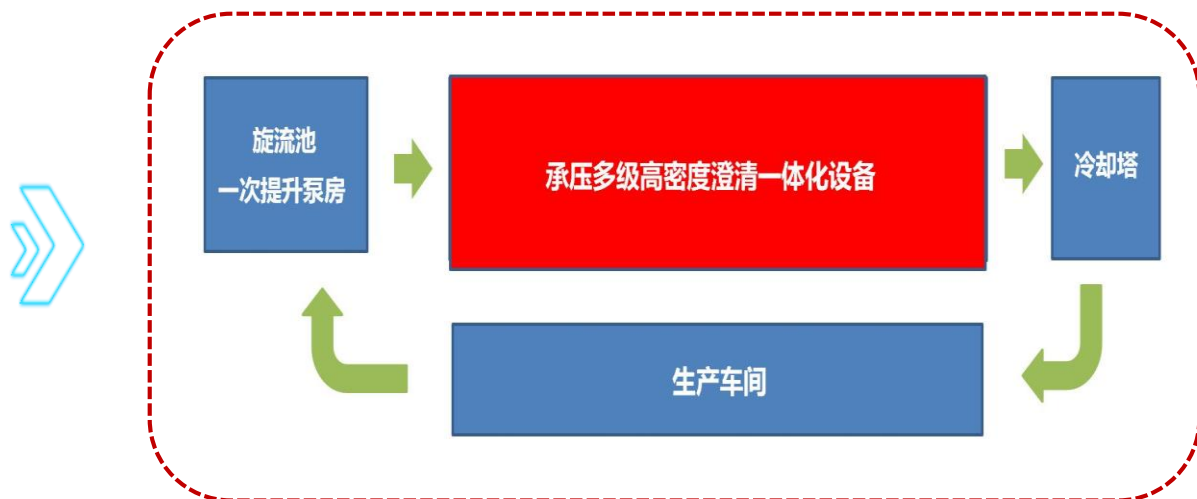
- 节能效果**30%**，节省占地**40%**
- 效果稳定，操作便捷，环境友好



◆ 连铸、热轧传统处理工艺：

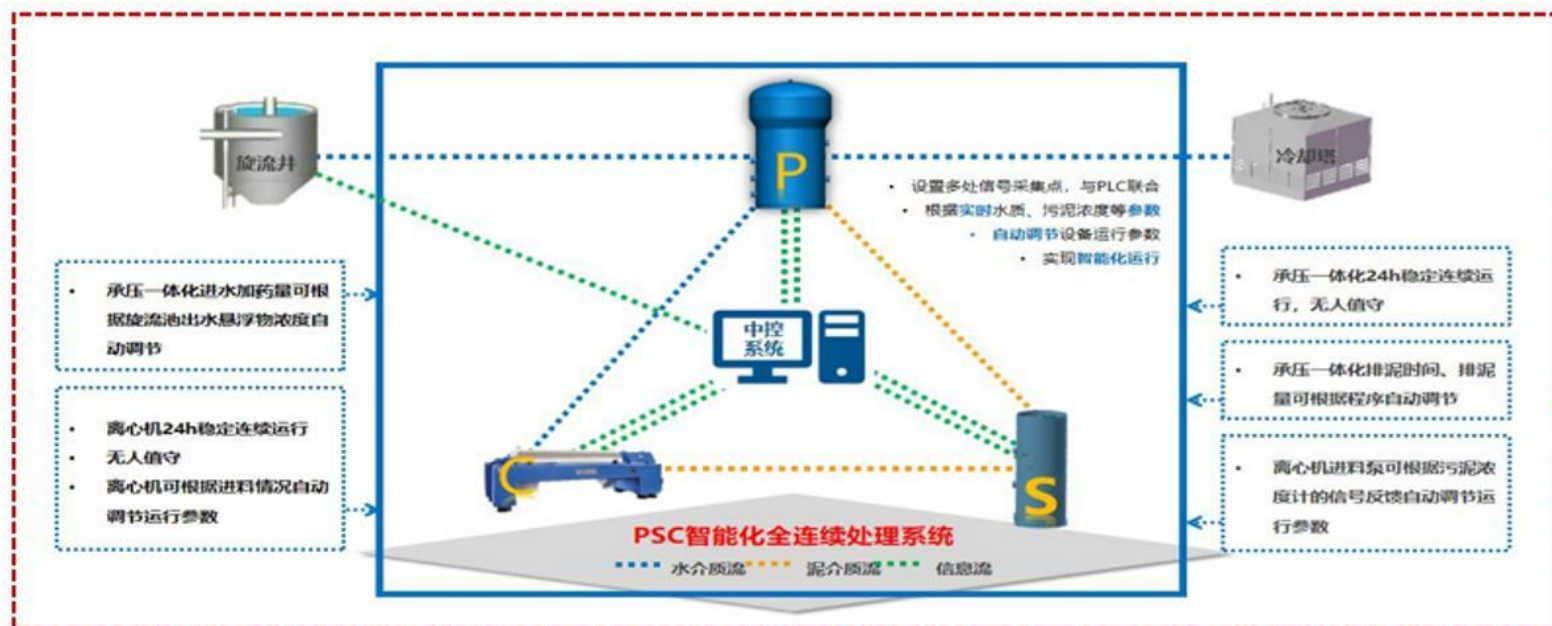


◆ 降本增效革新工艺：



2.4 钢铁工业水系统 – 直接冷却水

连铸、热轧直冷水处理系统改造升级



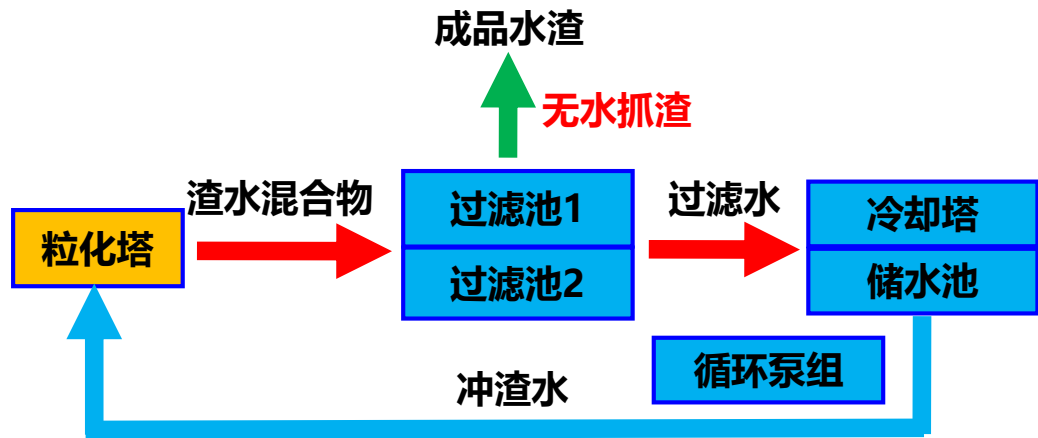
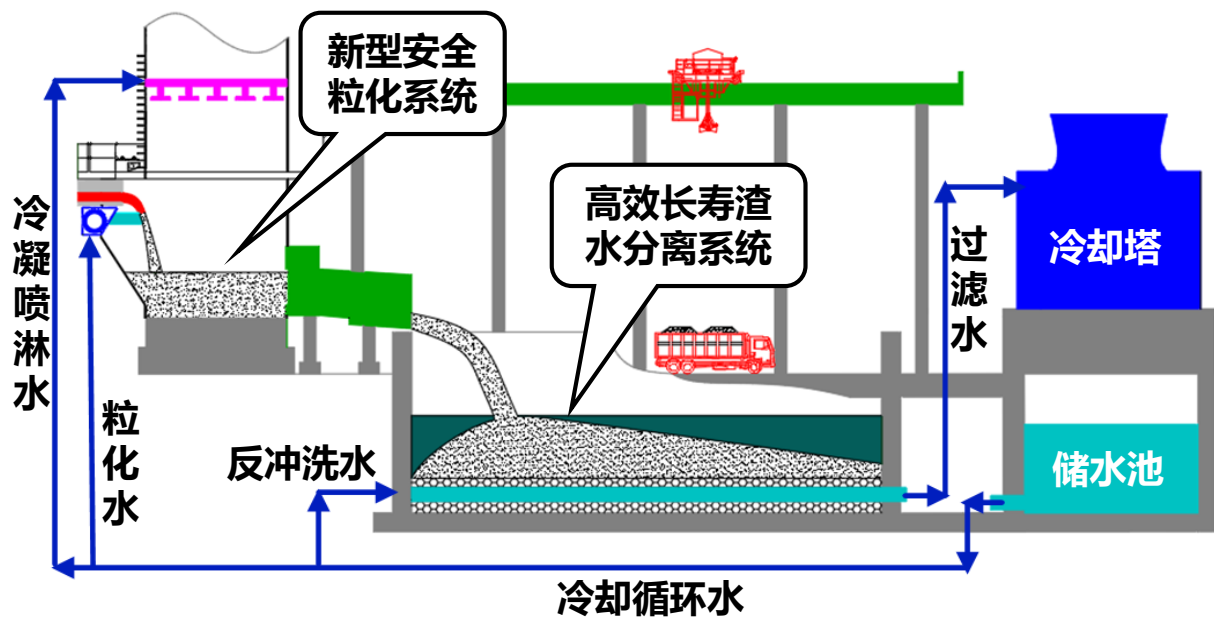
- **高浓度含铁污泥脱水装置**——实现了污泥自动连续处理
- **第五代承压式一体化设备**——满足用户高品质水质需求
- **浊环水智能化短流程工艺**——无人值守和高效低耗运行

- ✓ 短流程浊环水处理工艺已于2021年陆续实现工程应用;
- ✓ 实现了高浓度含铁污泥的自动连续脱水处理, 热轧浊环水污泥含水率小于20%;
- ✓ 出水悬浮物可稳定在10mg/L以下, 含油量小于1mg/L, 运行电耗减少~30%;
- ✓ 系统实现无人值守, 生产操作环境极大改善。



2.4 钢铁工业水系统 – 直接冷却水

- **高炉环保型高效底滤法处理技术**：开发了高效底滤炉渣处理工艺、新型蒸汽环保回收系统、智能抓渣系统及系列化装备；
- **应用范围广**：既适用于新建，也适用于改造，可以实现**不停炉在线改造**；
- 本技术从2008年开始研发，在实践应用中历经不断的技术升级，国内外应用**90余台套**，为企业**节约投资5亿元**，节水、节电、节省维护费用等效益 **2.34亿元/年**；
- 获**2018中国专利奖**、**2023环境保护科技二等奖**等



2.4 钢铁工业水系统 – 直接冷却水

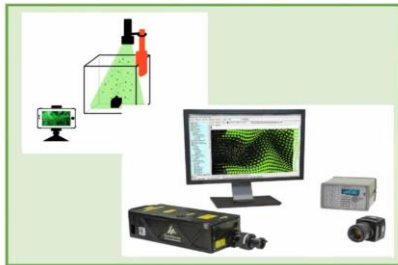
高
浊
河
水



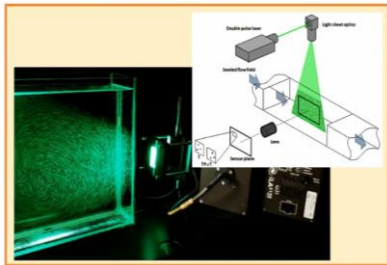
选
矿
渣
环



流场可视化装置



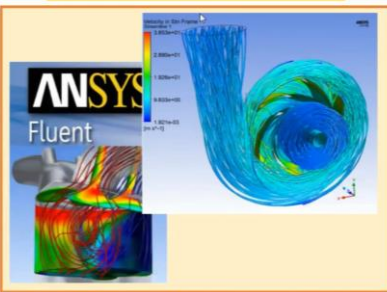
高速流场可视化系统



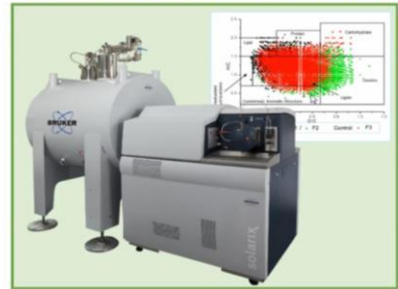
SolidWorks高精度建模



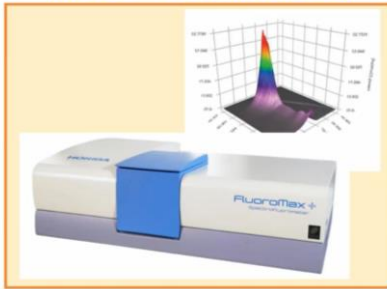
Fluent流场模拟及可视化



傅立叶变换离子回旋共振质谱仪



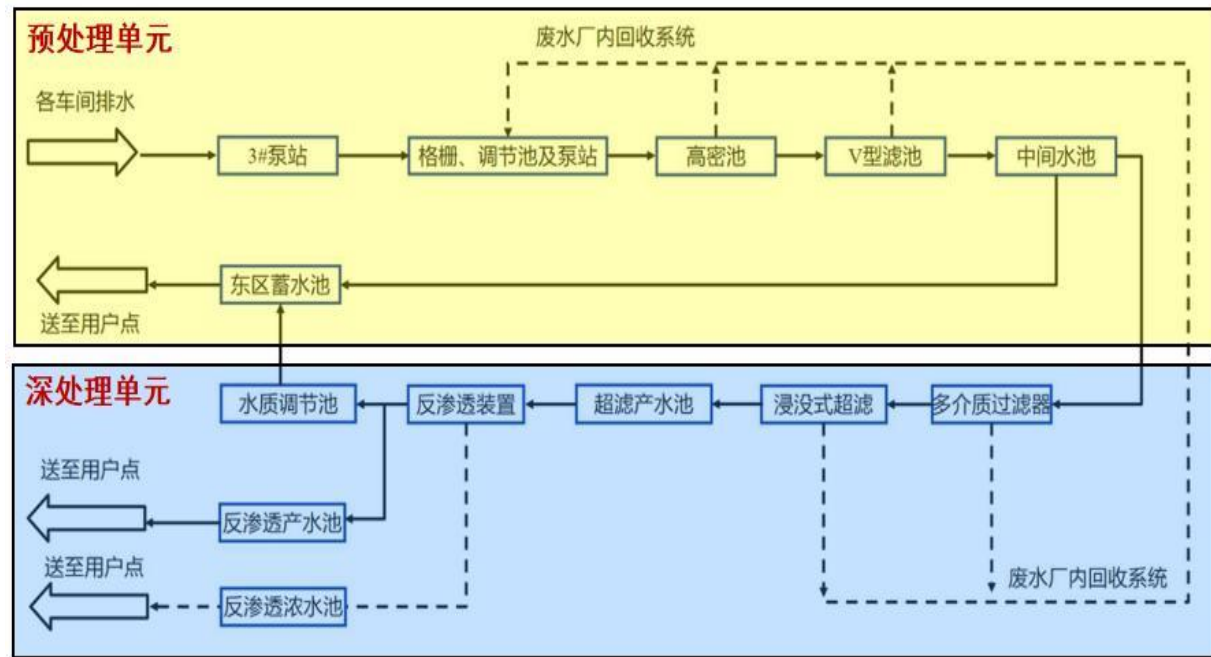
高灵敏一体式荧光光谱仪



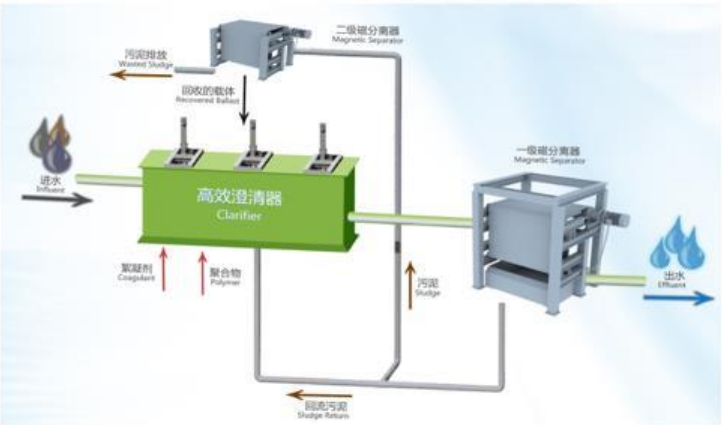
□ **全厂综合废水**：主要来源于生产过程用水，包括烧结球团、炼钢、炼铁、热轧、发电等工序的生产废水，以净环、浊环等**循环冷却水系统的排污水为主**，还可能包含少量经过处理的焦化废水、冷轧废水、其他废水及厂内生活污水（不超过30%）。

典型钢铁企业全厂综合废水水质

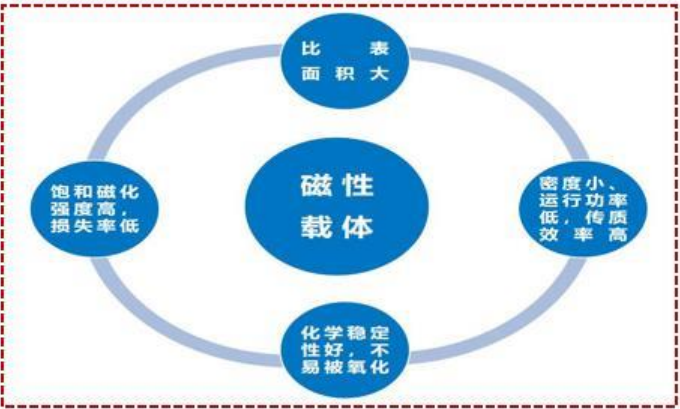
序号	项目	单位	指标
1	pH	-	6.5-9.5
2	悬浮物	mg/L	20-200
3	CODcr	mg/L	30-90
4	油	mg/L	2-10
5	总硬度（以CaCO ₃ 计）	mg/L	200-800
6	TDS	mg/L	600-1500



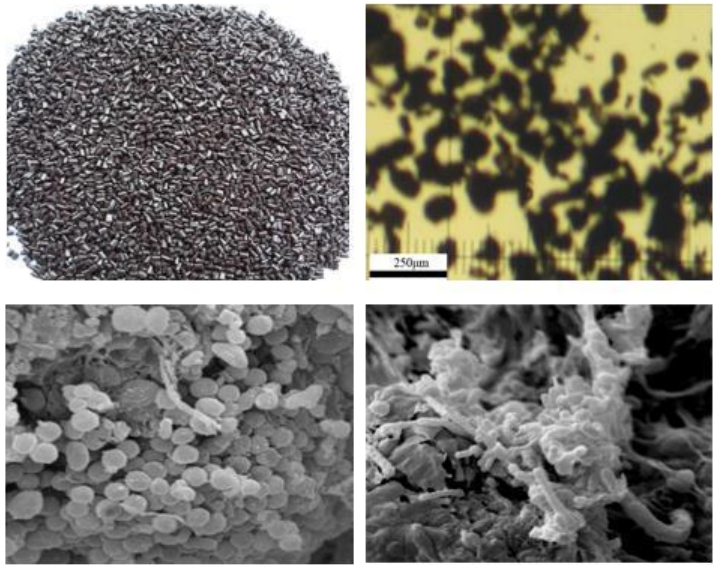
高密度澄清池技术升级



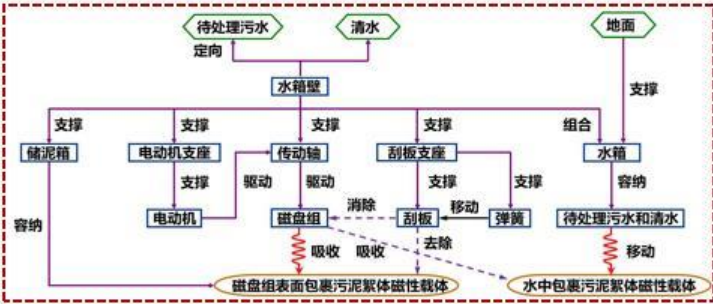
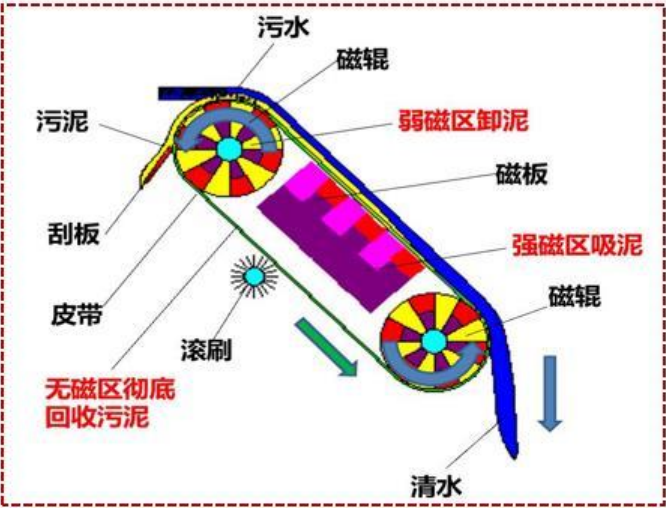
磁性载体



磁性载体是采用**高分子材料**和**天然矿物**制备而成，具有适宜的粒度、密度、表面性质、较好生物相容性、强的磁性和抗氧化能力，同时为微生物生长提供更适宜环境。



板式磁分离

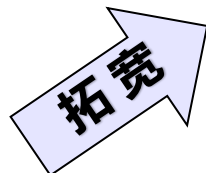


2.5 钢铁工业水系统 – 全厂综合废水



现有指标体系

- 进水细菌数量
- 饱和密度指数LSI<0
- 污染密度指数SDI<5



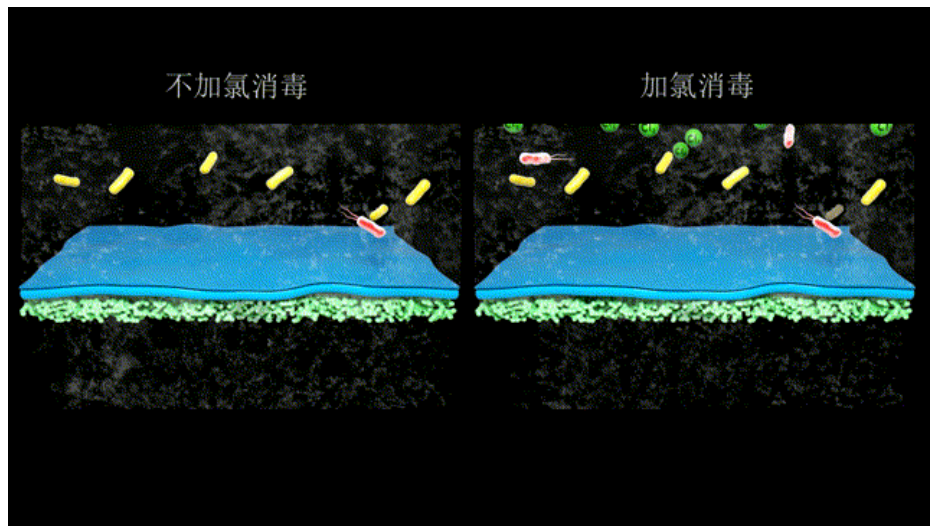
创新指标体系

- 疏水中性组分HON
- 游离钙镁离子
- 生物可同化有机碳
- 微生物群落结构

控制指标

设计指标

- 溶解性有机碳<4mg/L
- 饱和密度指数LSI<0
- 污染密度指数SDI<5



环境学院“再生水处理高效能反渗透膜制备与工艺绿色化关键技术”项目荣获2022年度环境保护科学技术奖一等奖

清华大学环境学院 2022-11-28 17:08 发表于北京

清华大学环境学院
School of Environment, Tsinghua University

热爱我环境 光大我事业

11月24日，中国环境科学学会发布2022年度环境保护科学技术奖获奖项目公告，清华大学环境学院胡洪营教授团队与沃顿科技股份有限公司、金科环境股份有限公司、蓝星工程有限公司、中冶京诚工程技术有限公司、合众环境（北京）股份有限公司、清华大学深圳国际研究生院等单位联合完成的“再生水处理高效能反渗透膜制备与工艺绿色化关键技术”项目荣获2022年度环境保护科学技术奖一等奖。

2.5 钢铁工业水系统 – 全厂综合废水

- 项目名称：安阳钢铁股份有限公司全厂污水处理厂
- 工艺流程：V型滤池产水 → **浸没式超滤** → **反渗透**
(原工艺：V型滤池产水 → 多介质过滤 → 反渗透)
- 设计水量：3200 m³/h
- 投运时间：2022年9月—至今

- 系统吨水生产成本：较原工艺降本~**20%**
- 反渗透高压泵扬程：120~130m → **80~90m**
- 保安滤芯更换周期：2月 → **6月以上**
- 对全厂水系统效益：全厂循环水补水电导**下降50%**
循环水系统浓缩倍率**显著提升**



中国环境
全国生态环境信息平台

首页 | 环境号 | 时政 | 直播 | 攻坚 | 思想汇 | 法治 | 产经 | 生活+ | 固废 | 视频 | 舆情 | 环境经济 | 专题 | 地方+

工业水系统如何“降本增效”？ 技术应用评定由“投资最低”原则转向“全生命周期综合价值最优”

时间：2023-11-11 20:51:05 来源：中国环境 作者：中环境记者乔建华

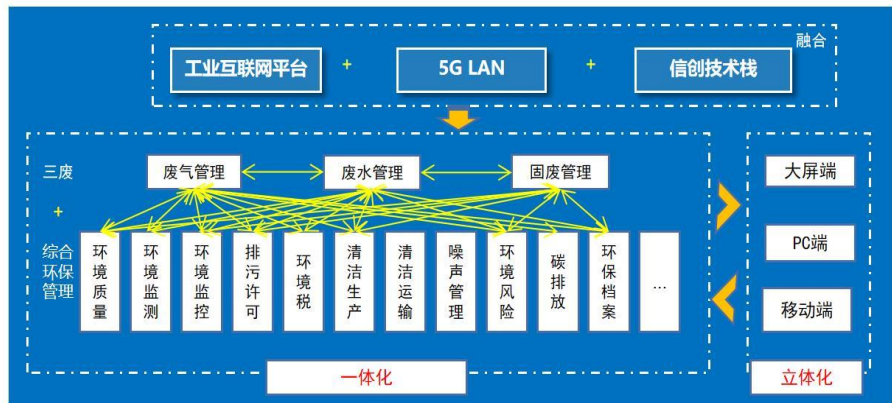
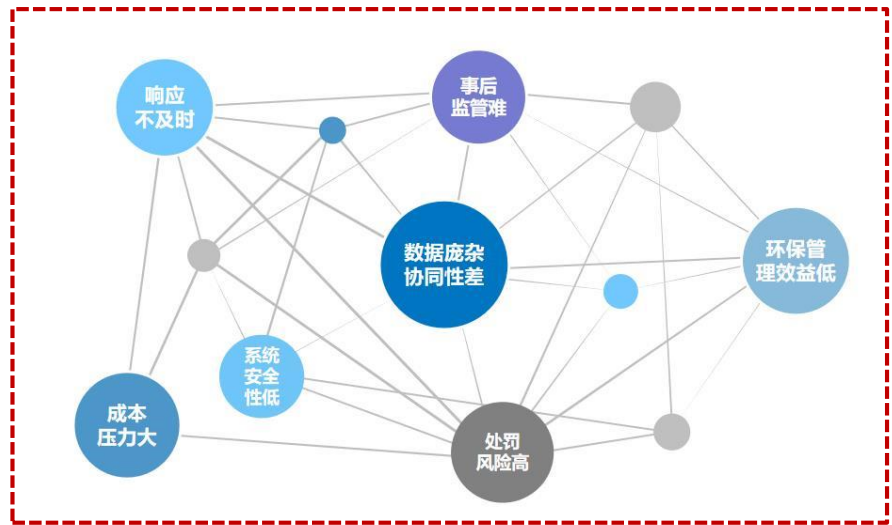
“理念革新”引领“降本增效”

近年来，关键性的“理念革新”越来越多地体现在作为“决策者”和“管理者”的工业企业身上，很多企业已摒弃“投资最低”的评定原则，转向从“全生命周期综合价值最优”的角度评定技术应用。

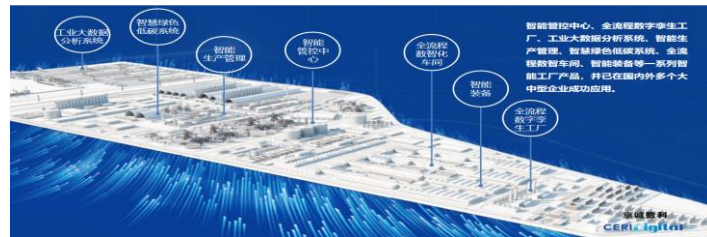
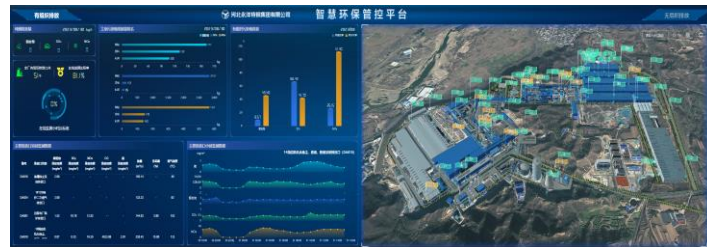
2022年9月，河南安阳钢铁（以下简称安钢）全厂污水处理厂优化升级项目正式投运，项目采用双端抽吸的浸没式超滤替代原有多介质砂滤器，同时将反渗透系统更换成低能耗、高通量、抗污染的膜元件。在项目运维中，安钢积极通过“精细管控”创造效益，打造行业水系统节能标杆。从2023年前3季度的运行数据来看，产水总量已达优化升级前的两倍，而运行总能耗仅为优化升级前的90%，同时带来全厂循环水补水电导下降50%，循环水系统浓缩倍率显著提升的全厂性综合效益。



2.6 基于5G技术的多维度生态环保管控系统



多维度生态环保管控系统



03 未来展望

3.1 打造钢铁工业水系统高质量服务体系

中冶京诚联合多家单位推出**DIAP水信息技术咨询服务**（**D**ata **I**nsight of **A**qua **P**roduction），旨在为我国钢铁企业提供专业的辅助性技术服务，帮助企业实现水系统安全可靠、水资源高效利用、降低用水成本、提高水质水量、解决难点痛点，助力企业的绿色可持续发展。



3.1 打造钢铁工业水系统高质量服务体系

DIAP水信息技术咨询服务内容：

水质分析

- ✓ 定期水质化验；
- ✓ 水质抽检与复核；
- ✓ 药剂系统监督与协管；

A

B

- ✓ 消防水系统设计优化；
- ✓ 企业水处理设施安全性分析；
- ✓ 区域水环境安全排查与应急；

系统安全

能耗梳理

- ✓ 关键设备效率测算；
- ✓ 系统能耗关键点检查；
- ✓ 节能措施建议；

C

D

- ✓ 循环水系统补排水量统计；
- ✓ 优化补水制度；
- ✓ 校核设计工况与实际匹配度

水耗控制

设施评价

- ✓ 循环水系统补排水量统计；
- ✓ 优化补水制度；
- ✓ 现场巡检并及时上报问题

E

F

- ✓ 突发的或临时问题；
- ✓ 技术交流与培训；
- ✓ 联合技术攻关与研发

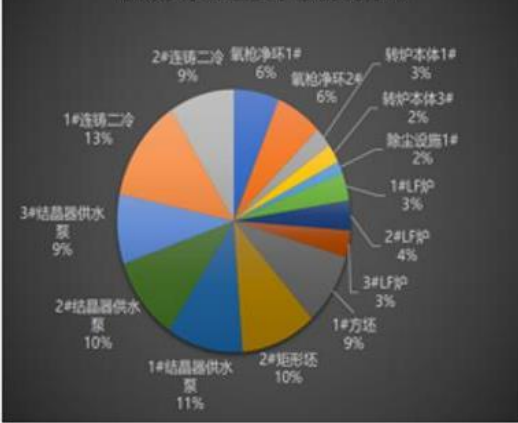
其他方面

3.1 打造钢铁工业水系统高质量服务体系

钢铁车间循环水系统梳理诊断



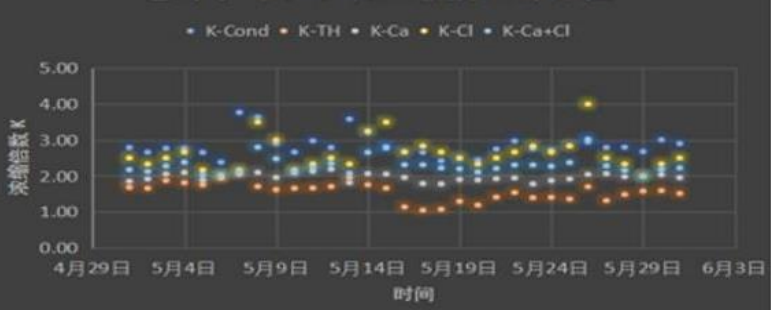
炼钢水泵房主要水泵能耗分布



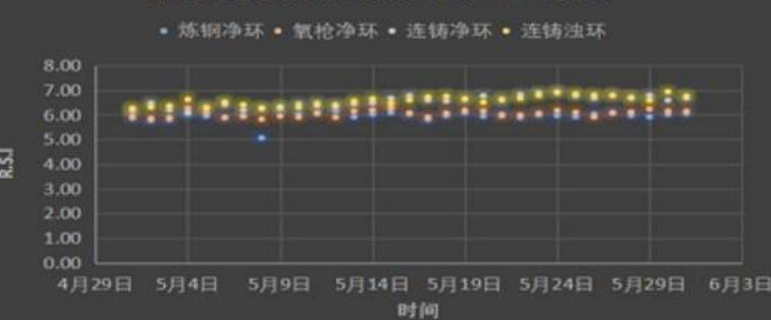
炼钢水泵房主要水泵效率汇总



连铸净环水系统浓缩倍数计算值



炼钢水泵房开路循环水R.S.I指数

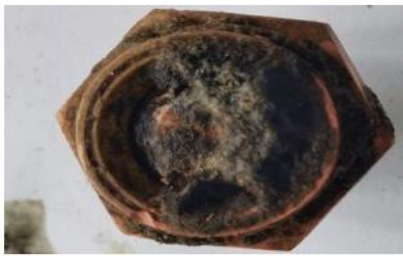


炼钢水泵房开路循环水P.S.I指数



3.1 打造钢铁工业水系统高质量服务体系

炼钢连铸车间喷嘴堵塞诊断



××钢铁集团有限公司

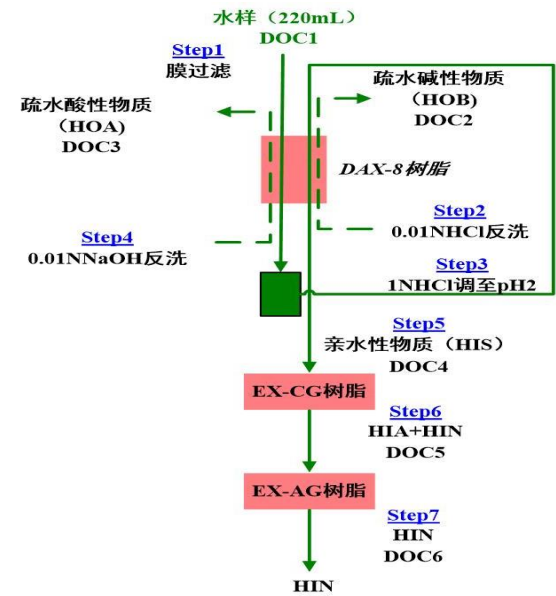
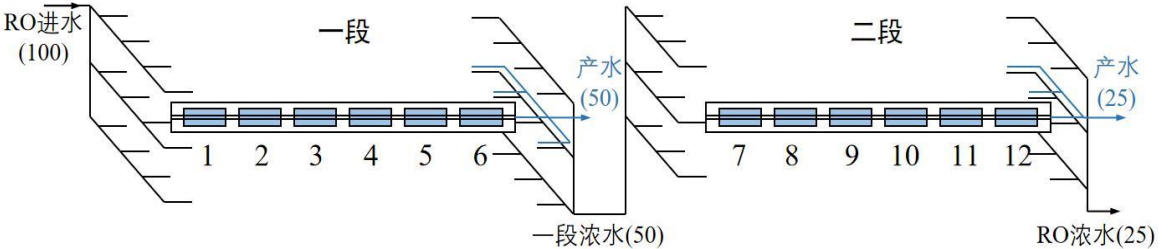
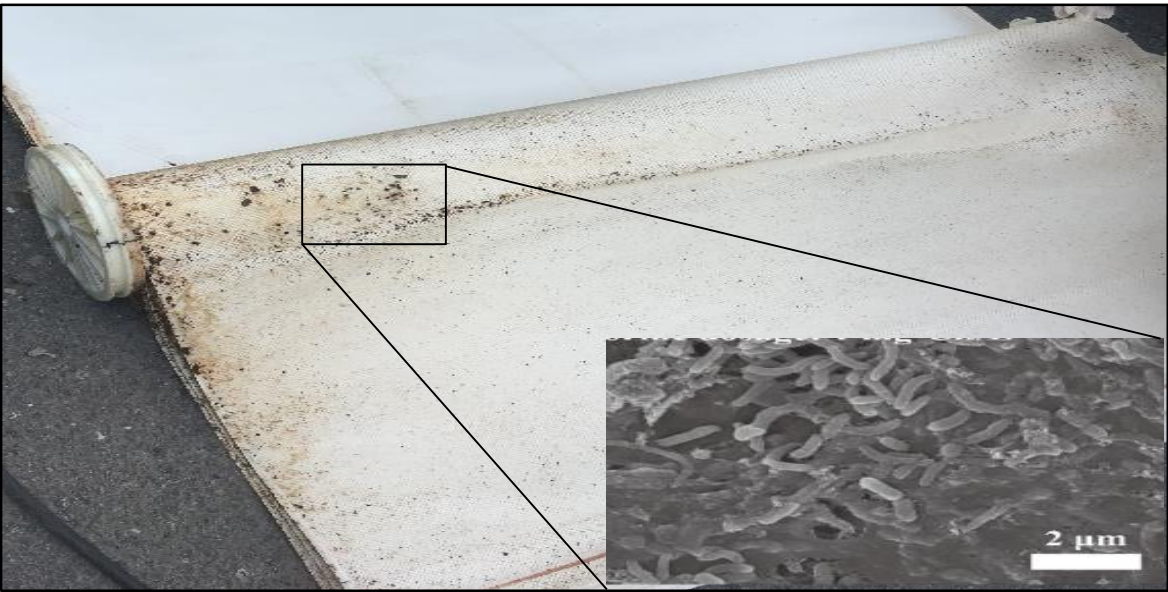
连铸二冷水喷嘴堵塞问题技术攻关

项目方案

中冶京诚工程技术有限公司

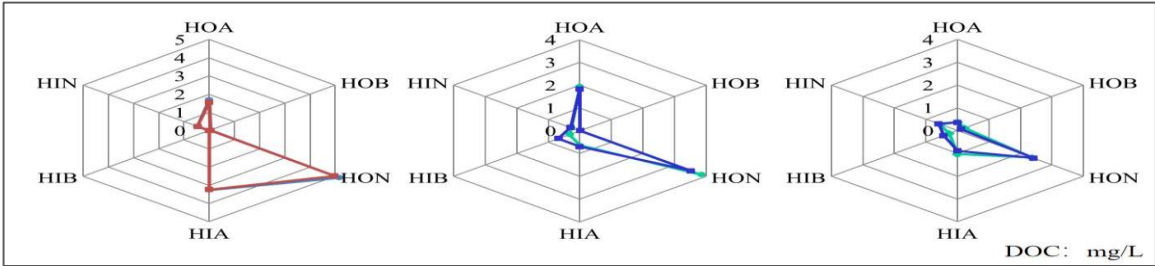
2023 年 8 月

RO膜污堵分析与控制



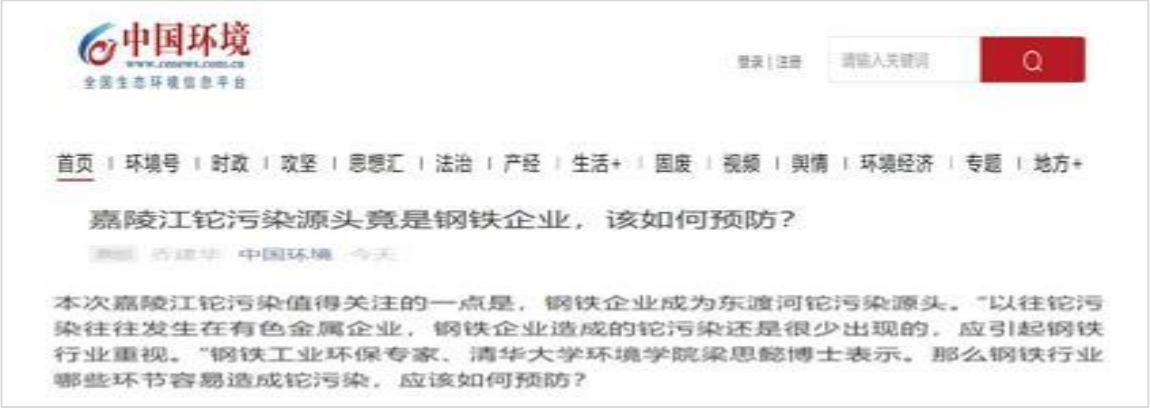
有机组分	
HOA	疏水酸性
HOB	疏水碱性
HON	疏水中性
HIA	亲水酸性
HIB	亲水碱性
HIN	亲水中性

ZL.201710470552.2
Tang et al., Chemosphere, 2013, 93, 2562
Tang et al., Water Research, 2016, 90, 329

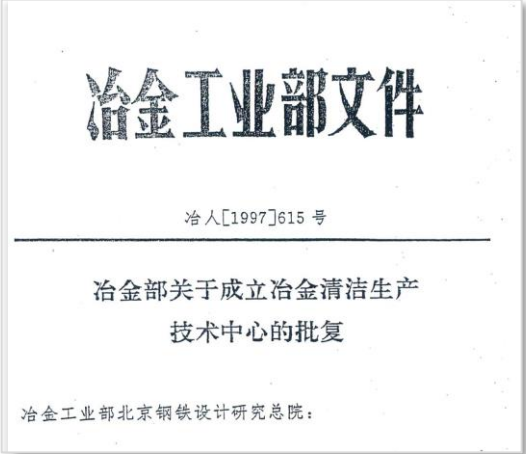


3.1 打造钢铁工业水系统高质量服务体系

企业生产安全 → 区域环境安全



3.2 通过钢铁清洁生产革新实现源头减污



□ 2023年，中冶京诚研发推出**湿式抛砂除鳞工艺**，利用**钢砂和水**的混合物经过抛砂设备高速抛射到带钢表面，去除带钢的氧化铁皮，**替代盐酸酸洗环节**，所用介质**全部循环利用**，先后在江西新余、鞍钢成功投用，实现了板卷的批量化生产。



热轧原料卷

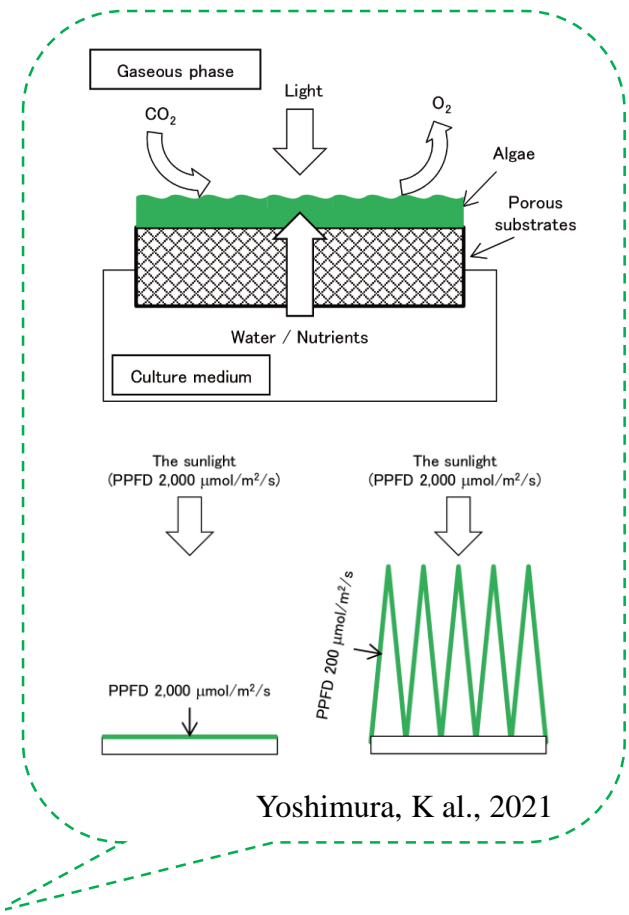
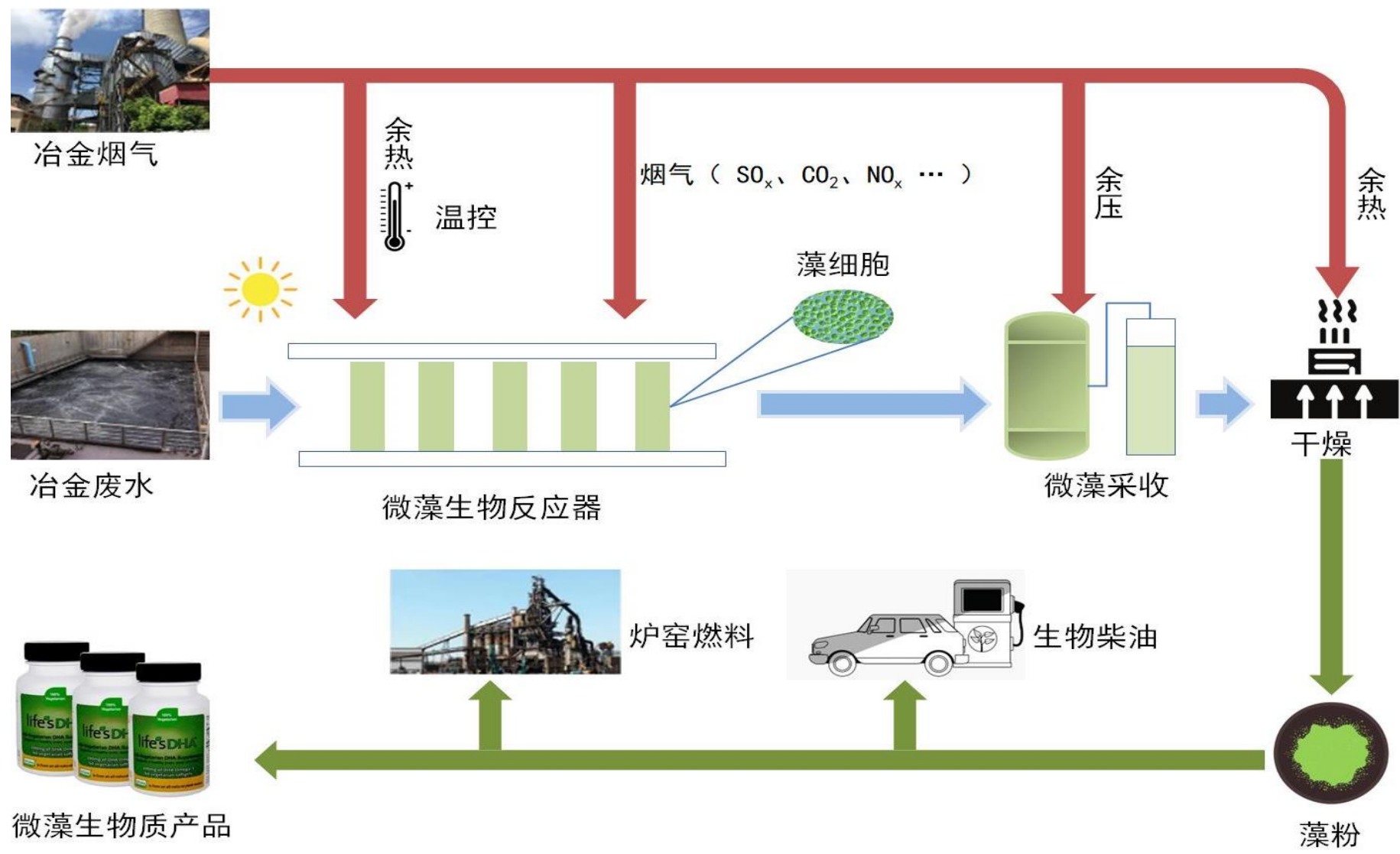


酸洗卷

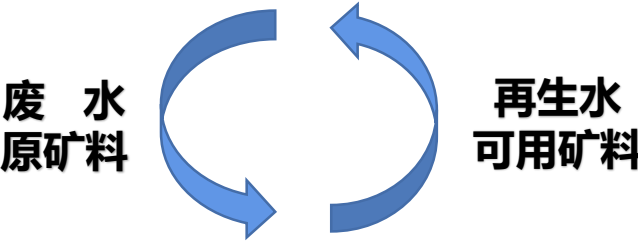
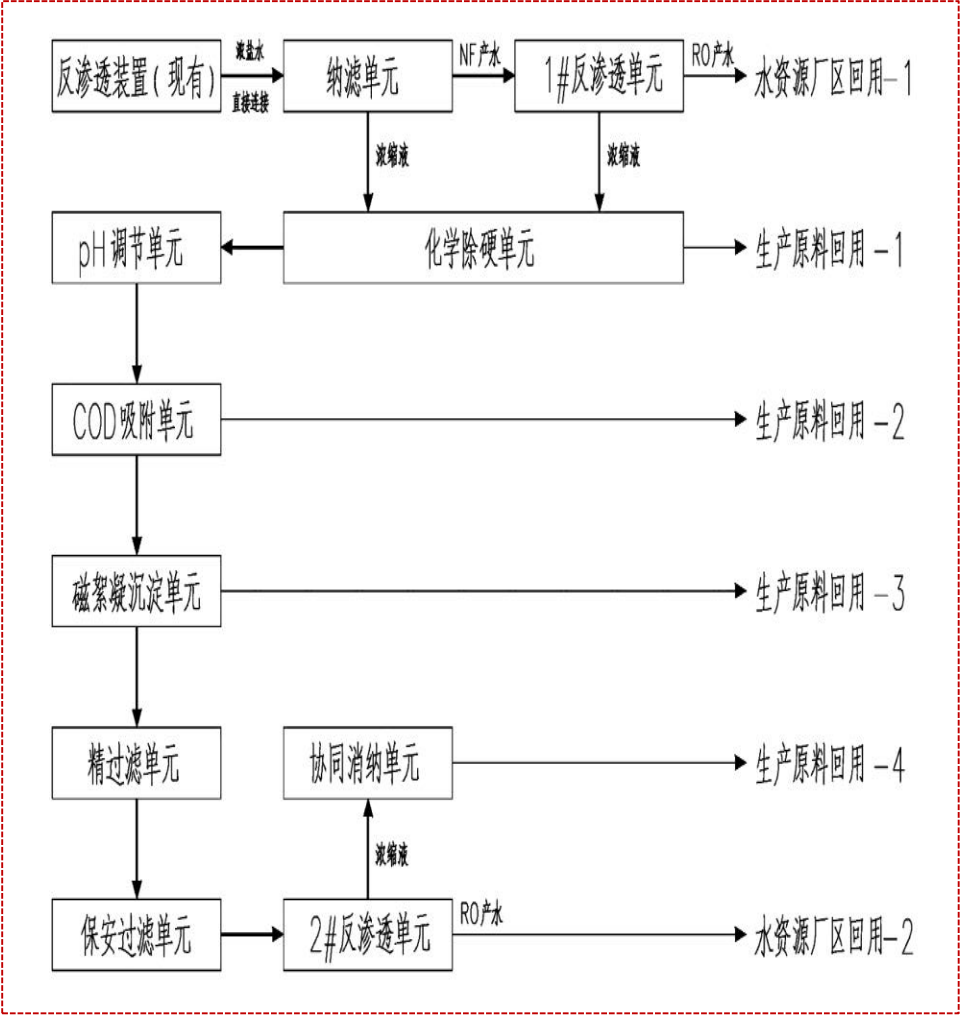


湿式抛砂除鳞卷

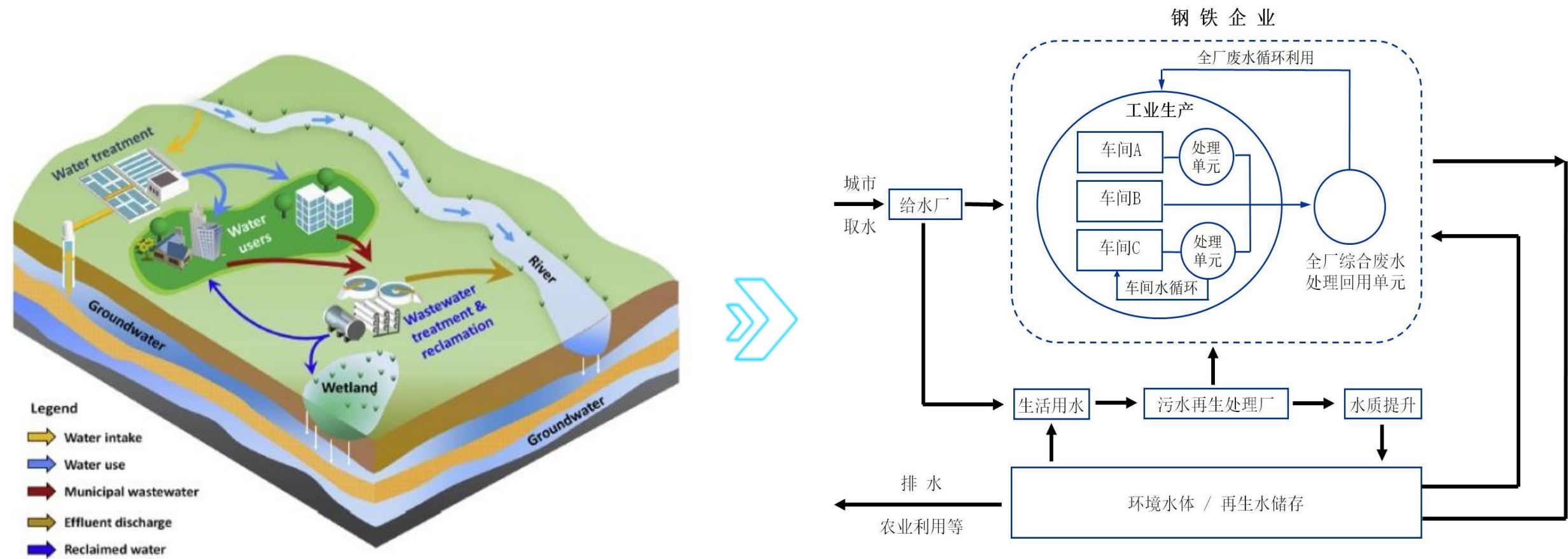
3.3 探索钢铁企业污染物协同资源化处置新技术



3.3 探索钢铁企业污染物协同资源化处置新技术



3.3 构建产城融合的水资源生态媒介循环利用新模式



图：水资源生态媒介循环利用模式

Chen et al., Water Cycle., 2022 ; Liang et al., Water Reuse, 2023

感谢聆听