



氟资源综合利用

薛旭金

国家认可实验室 国家认



目录

contents

01

走进多氟多

02

行业现状

03

技术创新

04

发展思考

- ◆ 多氟多成立于1999年，2010年在深交所上市，目前总资产82亿元，在全国各地拥有16家子公司，职工5000余人，是国家高新技术企业、技术创新示范企业和知识产权示范企业。
- ◆ 多氟多是在氟、锂、硅三个元素细分领域进行化学和能源研究及产业化的国家高新技术企业，产品布局无机氟化物、电子化学品、锂电池及材料、电动汽车四大领域。

- ◆ 多氟多（焦作）新能源科技有限公司
- ◆ 白银中天化工有限责任公司
- ◆ 多氟多（昆明）科技开发有限公司
- ◆ 多氟多（抚顺）科技开发有限公司
- ◆ 宁夏盈氟金和科技有限公司
- ◆ 浙江中宁硅业有限公司
- ◆ 山东凌峰智能科技有限公司
- ◆ 河南省有色金属工业有限公司
- ◆ 河北红星汽车制造有限公司
- ◆ 邢台多氟多汽车销售有限公司
- ◆ 共青城捷信新能源投资中心（有限合伙）
- ◆ 安徽多氟多智行汽车租赁有限公司
- ◆ 深圳市多氟多新能源科技有限公司
- ◆ 焦作市中站区富多多小额贷款有限公司

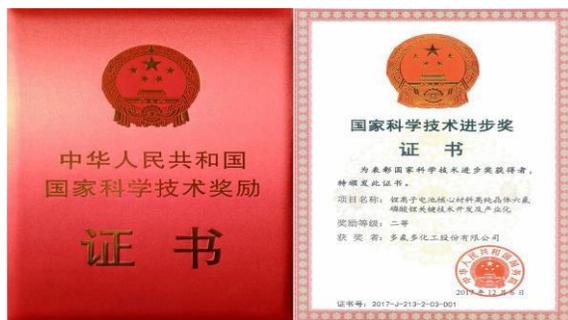
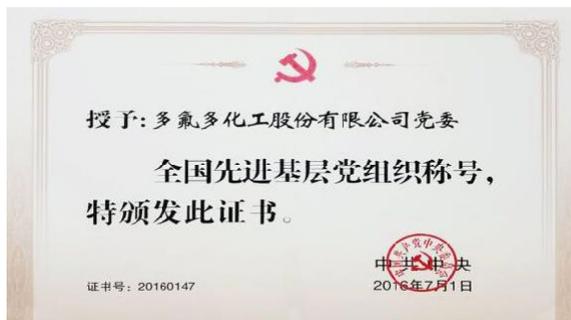


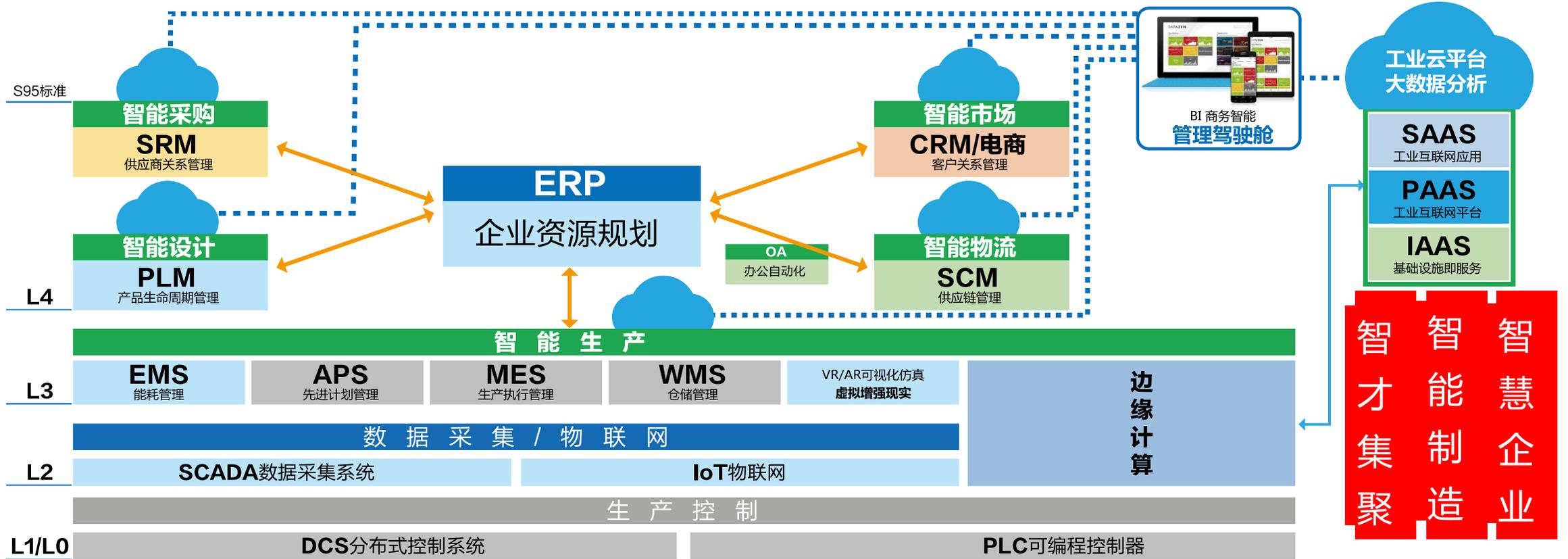
走进多氟多



中国无机氟化工行业第一家上市企业

- 全国先进基层党组织
- 2017年获国家科技进步二等奖
- 国家科技创新示范企业，国家知识产权示范企业
- 国际ISO/TC 226标准氟化盐工作组召集单位
- 氟化工行业全球领军企业
- 六氟磷酸锂产销量全国、全球第一
- 电子级化学品进入半导体领域





多氟多智能制造系统架构

目录

contents

01

走进多氟多

02

行业现状

03

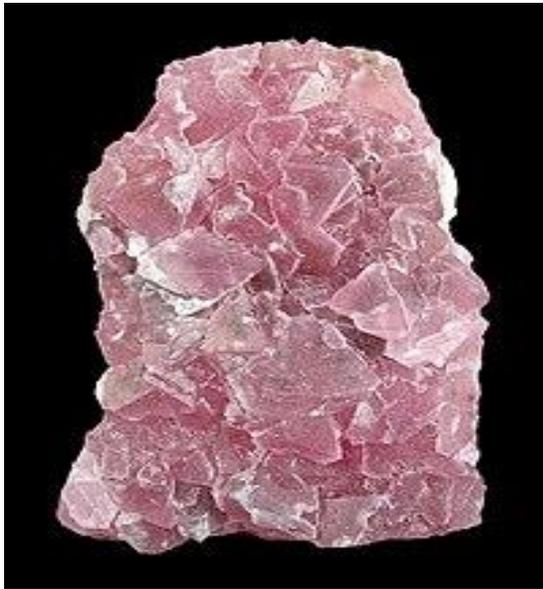
技术创新

04

发展思考

➤ 氟来源

- ◆ 由于氟的强化学活性，在自然界中不存在单质氟，一般与硅伴生于矿石中。迄今为止，自然界中含氟矿物（氟以结构元素的形式进入矿石中）有110多种，最常见的有冰晶石（ Na_3AlF_6 ）、萤石（ CaF_2 ）、氟磷灰石（ $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ ）、锂云母（ $3\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2[(\text{Li}, \text{K})(\text{F}, \text{OH})]$ ）、铀矿（ $x\cdot\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_6\cdot\text{Ca}(\text{F}, \text{OH})_2\cdot y\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_6\cdot\text{UO}_2$ ）、稀土矿（ $(\text{RE}(\text{CO}_3)\text{F})$ ）等
- ◆ 工业上主要的含氟矿物质为萤石、磷矿石以及天然冰晶石三种，天然冰晶石已近乎枯竭



萤石



伴生矿石



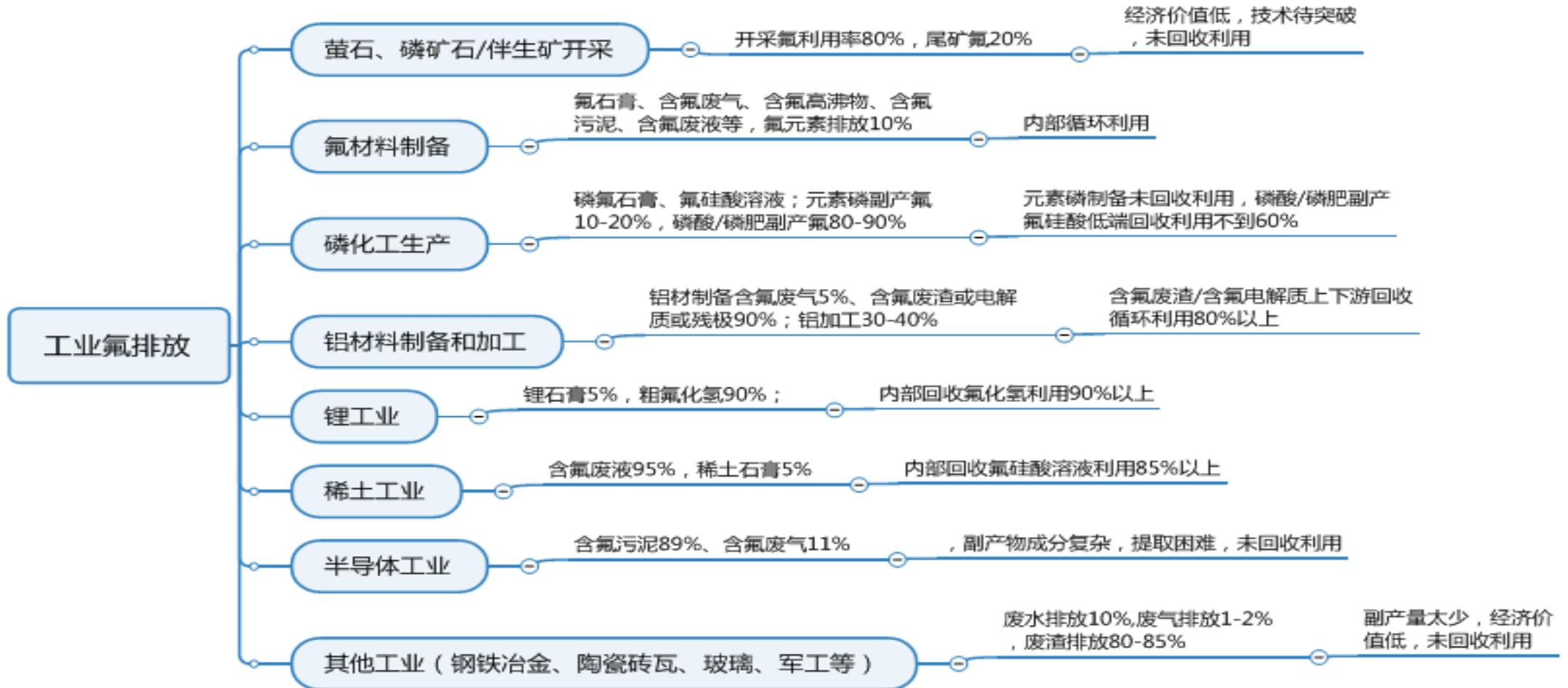
天然冰晶石

- ◆ 萤石是化学元素氟的主要来源，中国目前是全球最大的萤石消费和生产国。由于氟原子独特的化学性质，其用途无法替代，其应用对国家安全、国民经济和社会发展有重要影响，被**定位是“可用尽且不可再生的宝贵资源”**；世界各国都将萤石列入战略物资加以保护，现已限制开采和出口
- ◆ 磷矿石伴生的氟含量虽远低于萤石，但其储存量巨大，伴生的氟资源总量远大于萤石，**未来萤石资源枯竭之时，磷矿石中的氟会成为最重要的氟资源**

来源	储量/亿t		平均含氟量/%	全球氟资源量/亿吨	中国氟资源量/亿吨
	全球	中国			
萤石矿	5	0.76	19.4	0.97	0.147
磷 矿	670	37	3	20.1	1.11
合 计	675	37.76	-	21.07	1.257

➤ 废弃物与资源梯级利用

◆ 氟始终遵循物质不灭定律，从一种状态转化为另一种状态，或从一种物质转化为另一种物质



➤ 高值高效利用必要性

- ◆ 全球氟资源消耗萤石 (CaF₂) 约640万吨/年, 中国年消耗420万吨/年; 从2009年海关数据显示, 中国进口萤石呈上升趋势, 增幅达到150%, 未来中国会成为萤石进口国
- ◆ 目前, 全球磷矿石副产氟硅酸产量约460万吨, 我国副产氟硅酸约150万吨, 折算萤石约合250万吨, 折算氟化氢约合125万吨, 约等于全球氟化氢总量的30%, 实际回收利用的不到80万吨, 氟硅资源未高效利用, 资源浪费严重

氟的提取
难度

资源的有限性



安全环保红线

资源
匮乏



环保标
准升级

高值高效
利用低品
位氟资源

目录

contents

01

走进多氟多

02

行业现状

03

技术创新

04

发展思考

➤ 国外氟资源综合利用历程



中国氟资源综合利用历程



- ◆ 1992年全国计划会议期间，经化工部推动，下发了会议1号参阅文件《氟化盐发展策略》，提出利用磷肥氟资源生产冰晶石、氟化铝产品，节约国家战略资源萤石，原有氟化物转向生产有机氟化工产品。此举推动了全国氟资源综合利用的进展
- ◆ 20世纪90年代初我国引进了4套国外先进的用氟硅酸生产氟化铝生产线，因为产品质量问题及市场原因，江西贵溪、湖北荆襄停产；广西鹿寨、贵州瓮福间断生产。云南氮肥厂筹建的利用氟硅酸生产8.5kt/a冰晶石装置也已停产
- ◆ 现阶段，氟资源综合利用开发涉及磷化工、铝工业、锂工业等多行业

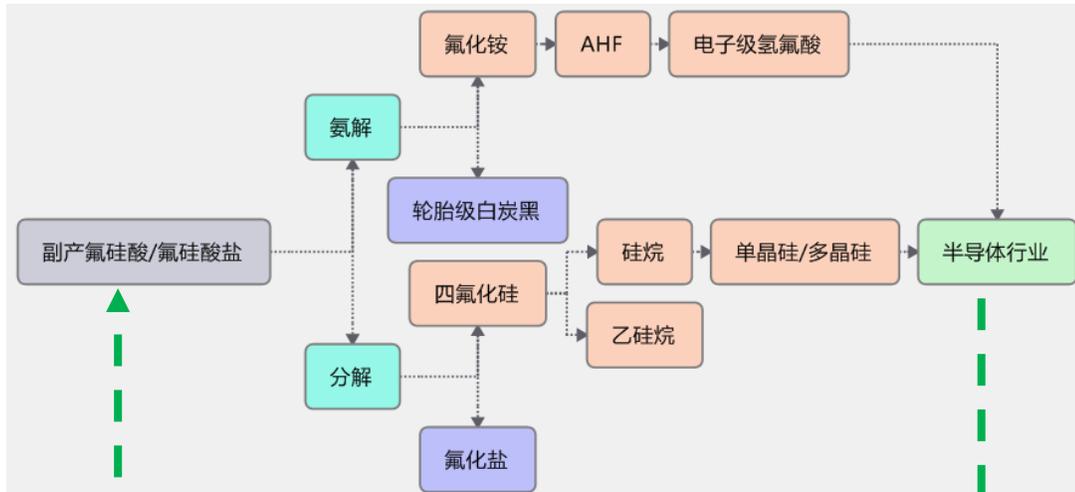
➤ 多氟多氟资源综合利用历程



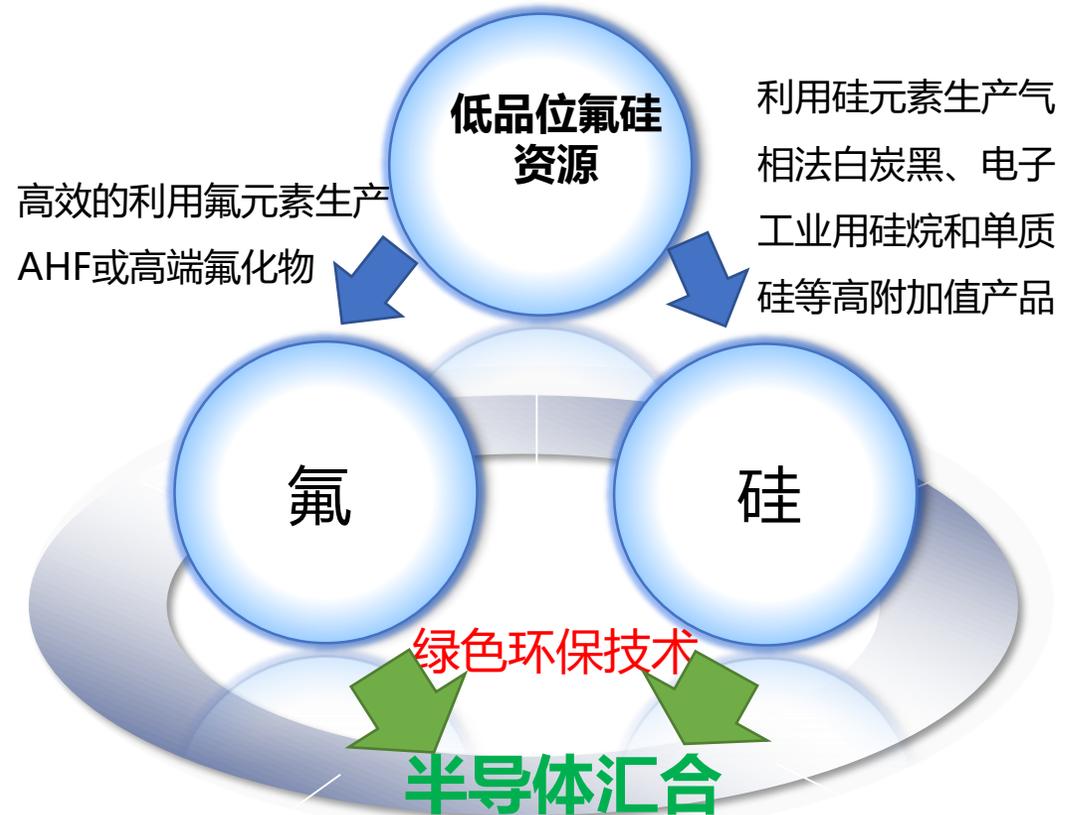
- ◆ 始终以物质守恒、能量守恒定律为理论依据，贯彻循环经济“减量化、再利用、再循环”的3R原则，坚持多行业氟资源综合利用技术创新
- ◆ “废品是放错了地方的资源”，研究小循环、中循环、大循环中氟的来龙去脉
- ◆ 长期开展精益管理，持续推进清洁生产

多氟多低品位氟资源高值高效技术路线图

氟、硅两个元素的相互作用构成了半导体工业的基础

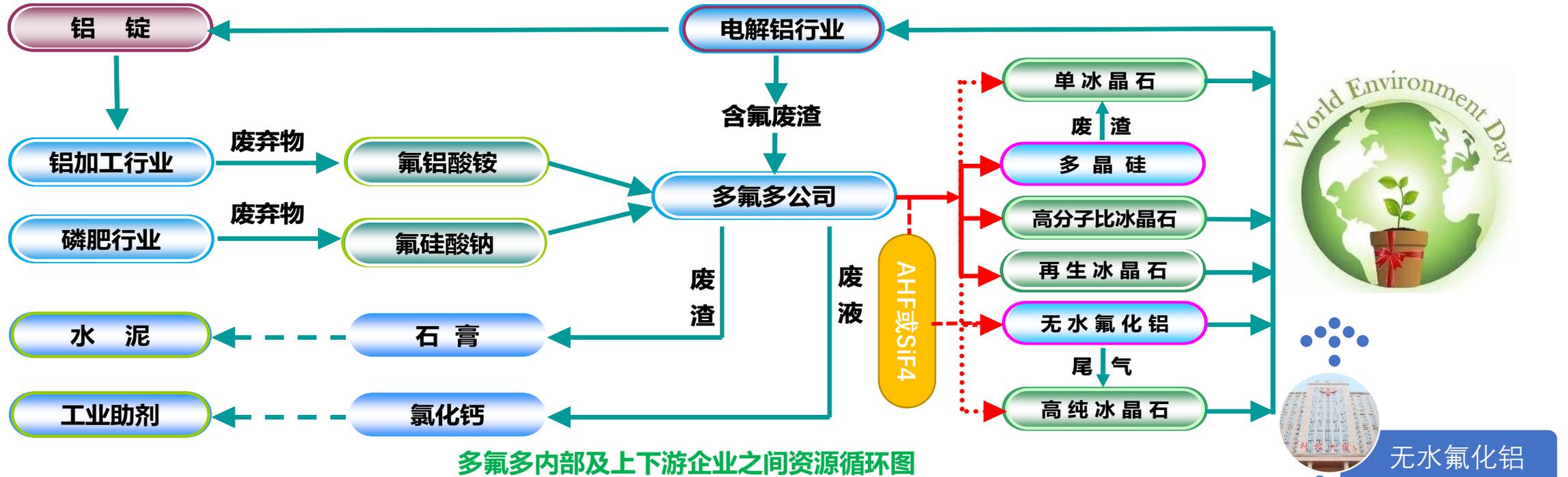


- ◆ 突破产业化氟硅酸盐低温分解热力学瓶颈，开辟氟硅酸盐制备单晶硅/多晶硅新工艺，推动我国半导体行业快速发展
- ◆ 创新氟硅资源高质开发循环利用工艺，纵深发掘氟硅产业链价值提升，实现多行业绿色融合发展



氟硅不分家，氟硅巧分家，氟和硅材料半导体汇合高值高效利用

多氟多氟资源综合利用技术创新成果



多氟多内部及上下游企业之间资源循环图

- ◆ 建立合理的资源开发战略，对原料和废弃物进行再生利用，注重资源化
- ◆ 遵循质量守恒和能量守恒，开发绿色产品，坚持减量化
- ◆ 认真研究氟、锂、硅的去向，做好再利用
- ◆ 首创氟硅酸钠流化法制无水氟化铝和气相白炭黑，再创新高



目录

contents

01

走进多氟多

02

行业现状

03

技术创新

04

发展思考

➤ 行业发展思考



- ◆ 加快经济**结构调整**，限制淘汰关闭浪费资源、污染环境的落后工艺、设备和企业，改变以牺牲生态环境为代价的传统粗放式经济增长发展模式
- ◆ 紧跟全球氟材料技术发展趋势，最大限度地拓宽氟的来源，延伸综合利用产业链，攻克综合利用过程中技术、装备、应用等多方面共性难题，加速从技术研究到首次产业化成果转化速度，重点开展磷矿石伴生氟资源和半导体副产氟资源的高效高值利用，解决困扰行业发展的环保瓶颈，推动**绿色发展和生态文明建设**
- ◆ 坚持行业强强联合，企业主导，政产学研用金结合，加大技术攻关，强化创新突破；同时依据资源禀赋和产业构成，形成产业集群，探索和完善循环经济发展新模式，推进国内氟材料从“**跟跑**”到“**并跑**”“**领跑**”的跨越式发展
- ◆ 政策引导，完善资源回收机制；企业主导，实现经济和资源利用最大化。