

元素宇宙（下）

行业评级：看好

2023年11月23日

分析师	施毅
邮箱	shiyi@stocke.com.cn
证书编号	S1230522100002

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

《元素宇宙》系列报告对金属新材料领域应用广泛的近90种元素、材料的制备工艺、耗能水平、下游应用进行系统梳理，旨在为投资者提供一份翔实的新材料研究指南。

报告分为上、中、下三篇展开，为方便查阅，全篇将根据材料的拼音字母排序，下篇我们梳理了T—Z系列的26类元素/材料。

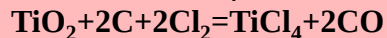
T				X			
		铁氧体	9			盐湖提锂（高镁锂比）	20
钛	3	特钢	10	锡	15	硬磁铁氧体	21
钽	4	铜	11	稀土	16	萤石	22
碳化硅	5	铜扁线	12	稀土磁材	17	有机硅	23
碳纳米管	6	铜加工	13	锌	18	预焙阳极	24
锑	7	W		Y		Z	
铁	8	钨	14	盐湖提锂（低镁锂比）	19	锆	25
						正极材料 （磷酸铁锂）	26
						正极材料 （三元材料）	27
						仲钨酸铵	28

T: 钛 (原子量: 48)

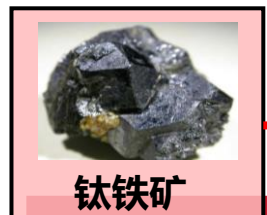
钛铁矿的还原反应

钛铁矿的基本成分是偏钛酸铁 (FeTiO_3)，其中 TiO_2 含量为 52.66%。

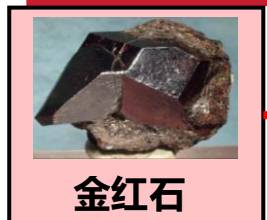
将 TiO_2 (或天然的金红石) 和炭粉混合加热至 1000 ~ 1100K，进行氯化处理，并使生成的 TiCl_4 蒸气冷凝。



在 1070K 用熔融的镁在氩气中还原 TiCl_4 可得多孔的海绵钛。
(用量: 1 吨海绵钛约需 1.5 吨镁)
$$\text{TiCl}_4 + 2\text{Mg} = 2\text{MgCl}_2 + \text{Ti}$$



钛铁矿

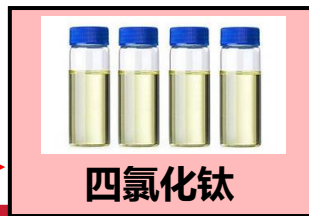


金红石

二氧化钛 TiO_2 含量: 95% 以上



高钛渣



四氯化钛

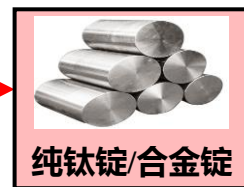


海绵钛

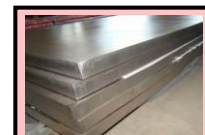


钛白粉

四氯化钛经高温氧化，再经过滤、水洗、干燥、粉碎得到钛白粉产品。



纯钛锭/合金锭



板材、管材、棒材、丝材、锻材、环材、铸件.....

中国下游应用 (2022年)

石油化工(50%)

航空航天(23%)

医药(4%)

电力(4%)

海洋工程(3%)

传播(3%)

制盐(1%)

冶金(1%)

体育休闲(1%)

其他(10%)

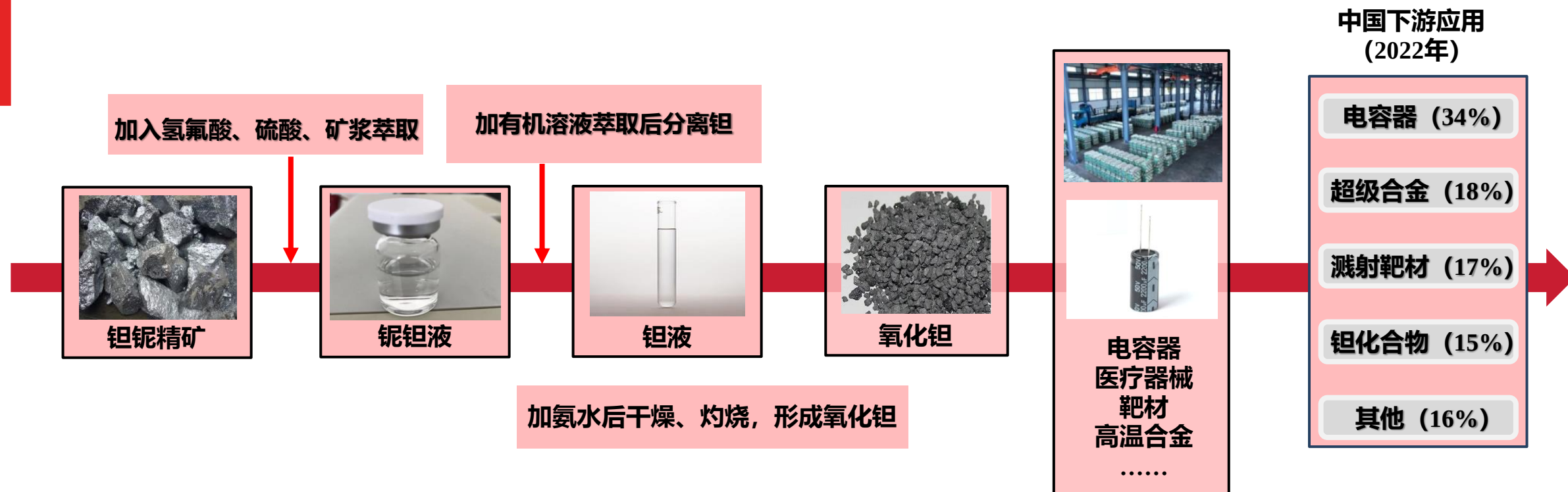
- 2022 年全球海绵钛行业产量为 27.9 万吨;
- 2015 年至 2022 年间国内海绵钛产量由 5.9 万吨持续增长至 17.5 万吨，年均复合增速达到 16.80%。

上游: 原料制备

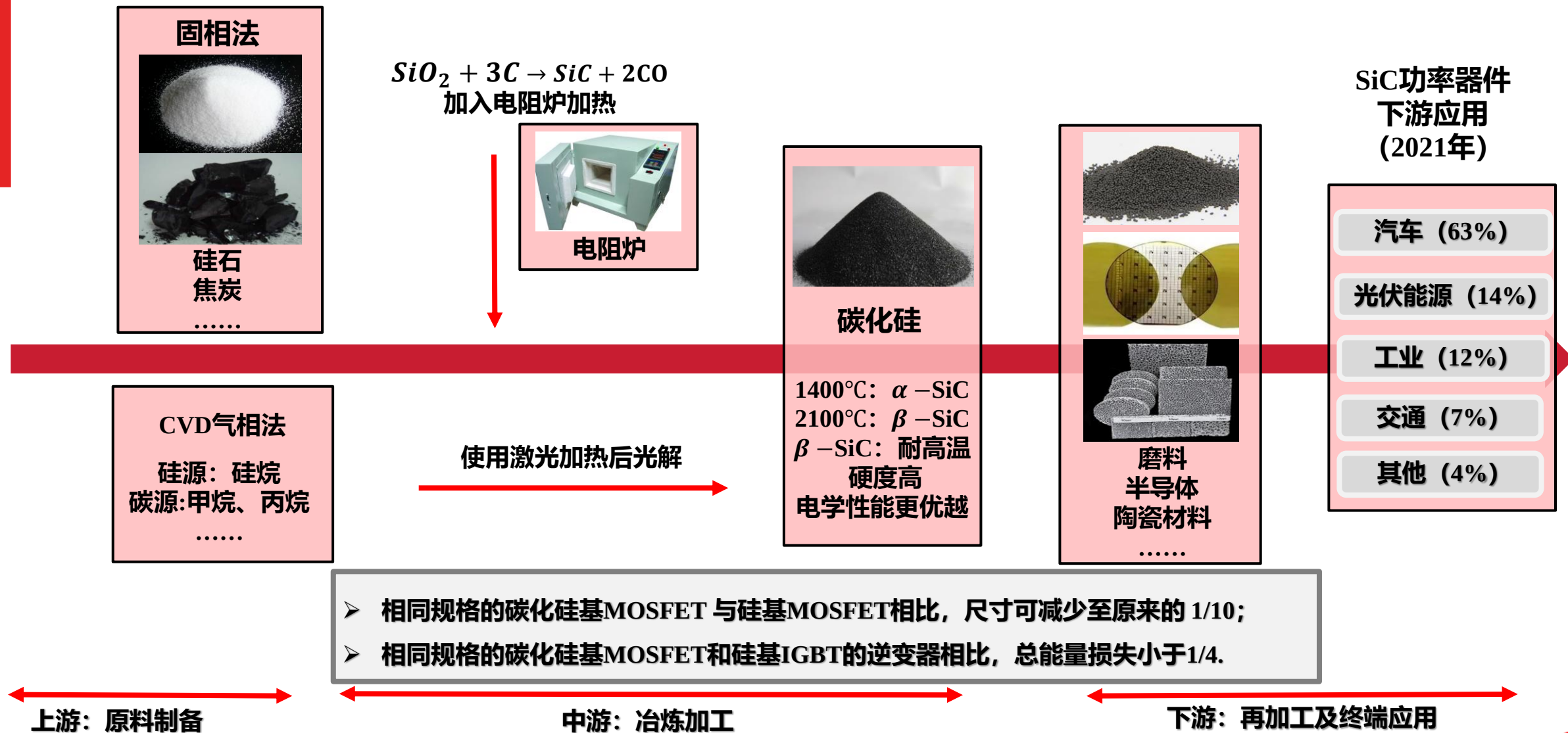
中游: 冶炼加工

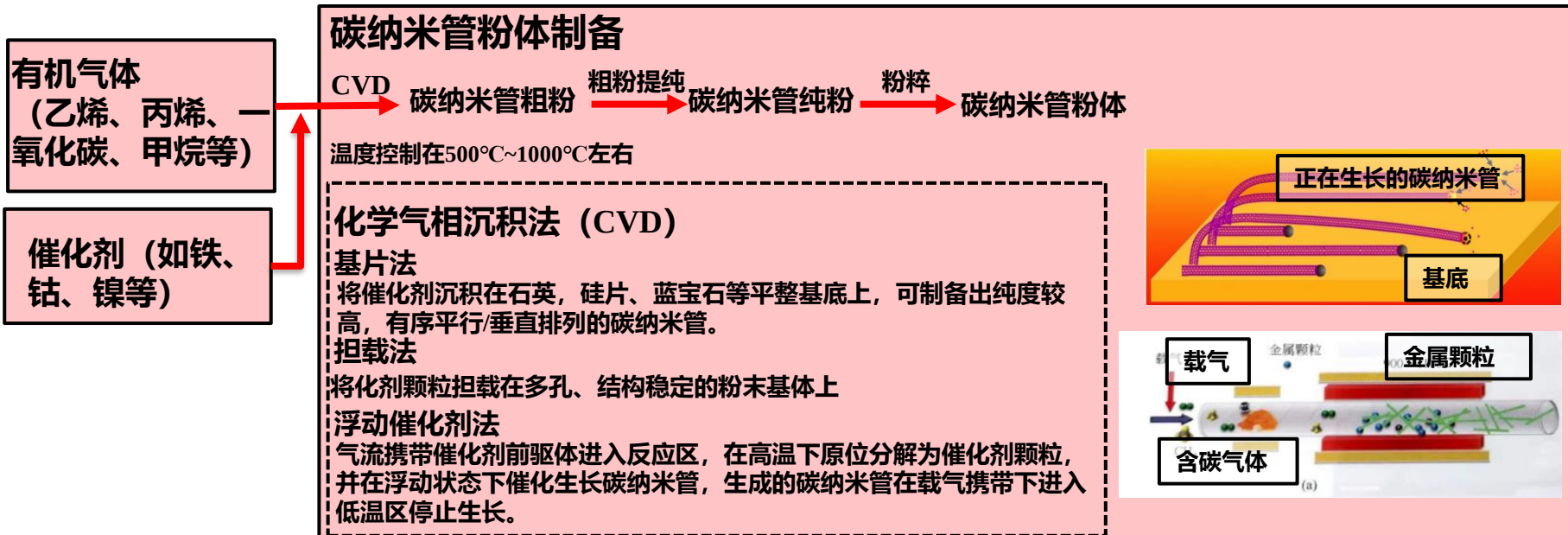
下游: 再加工及终端应用

T: 钽 (原子量: 181)



- 2021年全球钽精矿产量达2100吨，与2020年产量相同；
- 2021年中国钽精矿产量为76吨，占世界总量3.6%。



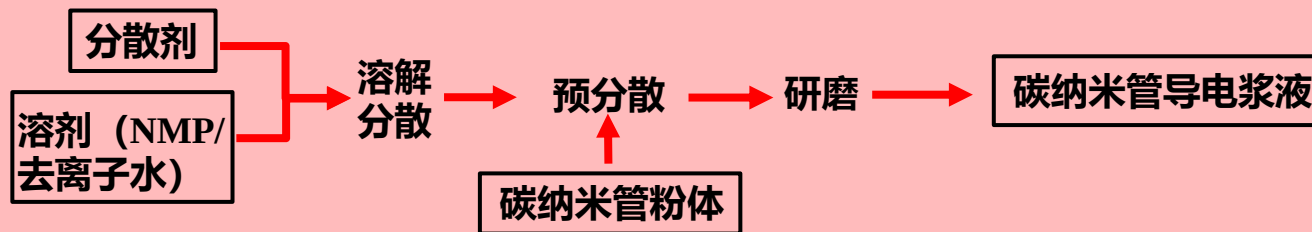


2021年下游应用占比

锂电池 (85.9%)

导电塑料 (14.1%)

碳纳米管导电浆液制备



名称	组分比	EIS阻抗 (Ω)
SP	/	100
科琴黑	/	87.5
碳纳米管	/	49.4
石墨烯	/	286.2
SP+科琴黑	1:1	52.7
SP+碳纳米管	3:2	55.3
SP+石墨烯	5:1	43.2
碳纳米管+石墨烯	3:2	22.8
SP+碳纳米管+石墨烯	67:30:3	50.4

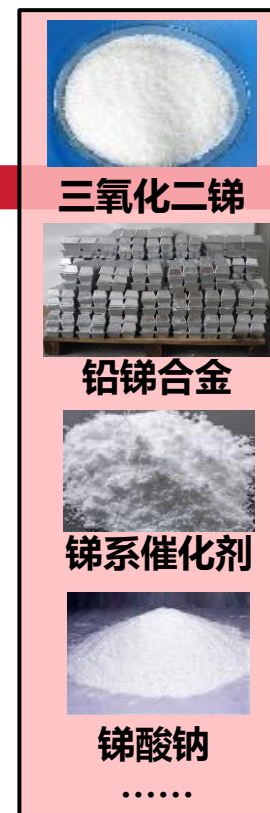
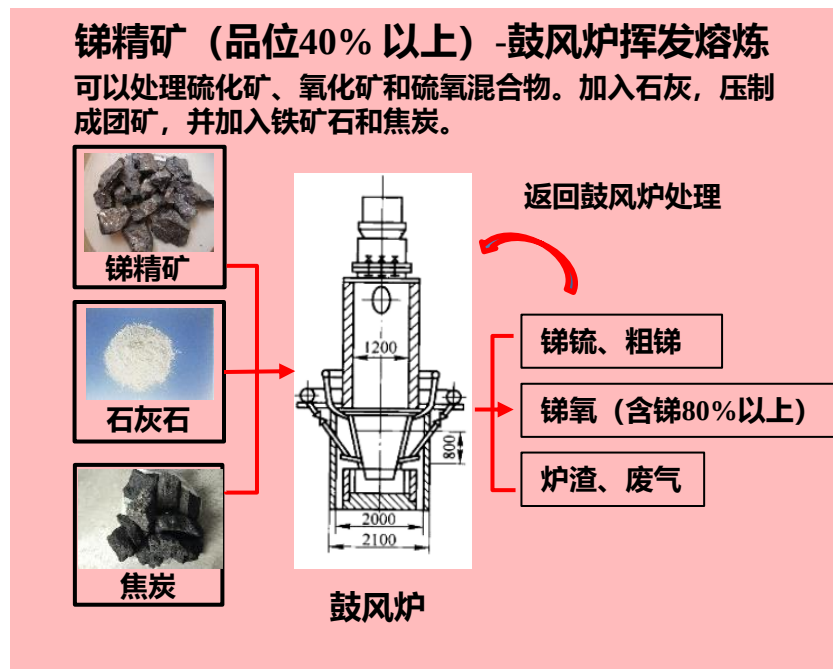
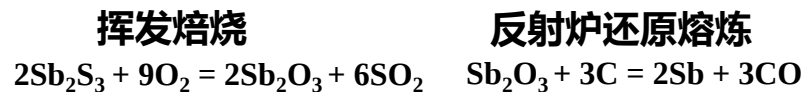
上游: 原材料

中游: 加工

下游消费

6

T: 锑 (原子量: 122)



下游应用 (2021年)

阻燃剂 (55%)

铅酸电池 (15%)

聚酯催化 (15%)

玻璃陶瓷 (10%)

其它 (5%)

上游：原料制备

中游：冶炼加工

下游：再加工及终端应用

T: 铁



T: 铁氧体

硬磁铁氧体电阻率高，属于半导体类型，故涡流损耗小，矫顽力大，能有效地应用在大气隙的磁路中，特别**适于作小型发电机和电动机的永磁体**。
软磁铁氧体本身不带磁性，只有外加通电螺线管时，才会产生磁场，当外加电流撤去，磁场就不复存在。多**用于通讯、家电、新能源、汽车电子等**。

氧化铁的分子量：159.7

氧化铜、氧化锌、氧化镍等以及烧结助剂



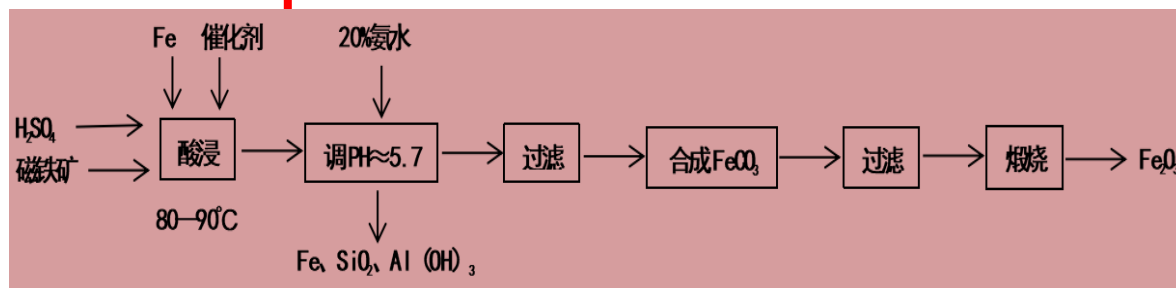
磁铁矿



铁红



预烧料



硬磁铁氧体



矩磁铁氧体



软磁铁氧体



压磁铁氧体



旋磁铁氧体

注：塑磁一般是塑胶原料加铁氧体磁粉融合而成，磁力很低

下游应用
(2022年)

电动机(25%)

声波设备(20.4%)

消费电子(17.2%)

发电机(15.4%)

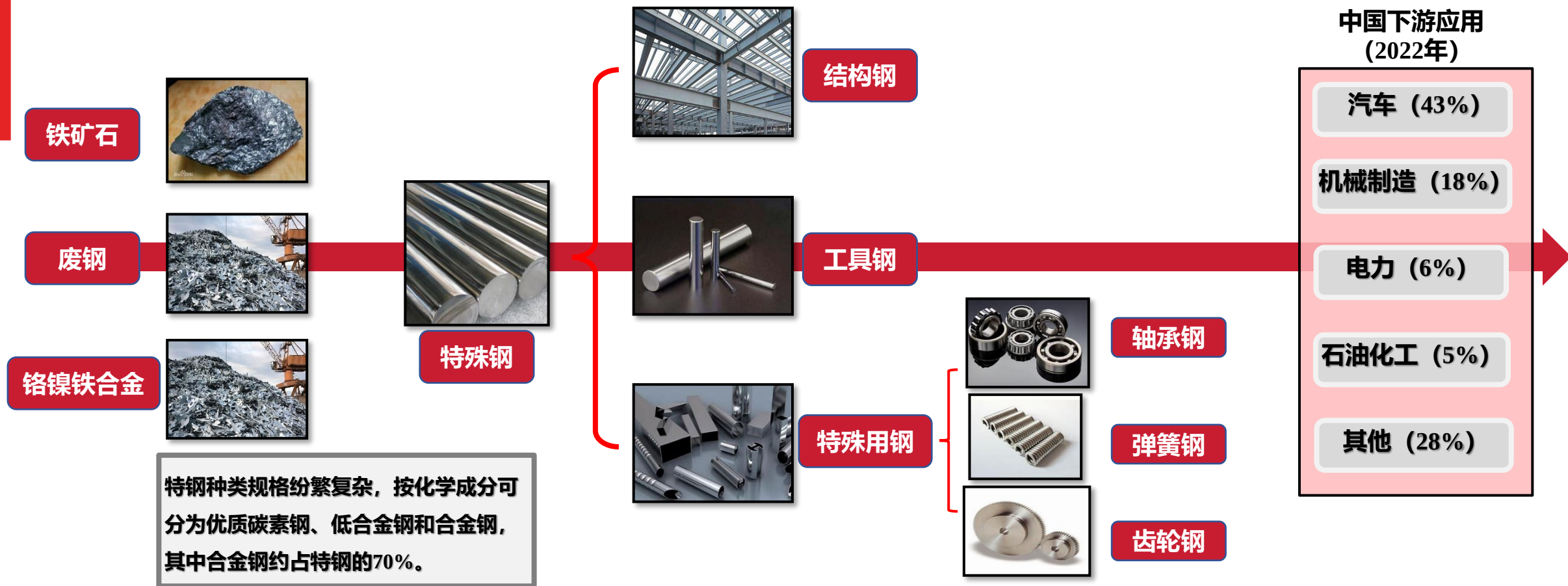
医疗器械(11.5%)

其他(10.5%)

上游：原料制备

中游：冶炼加工

下游：再加工及终端应用



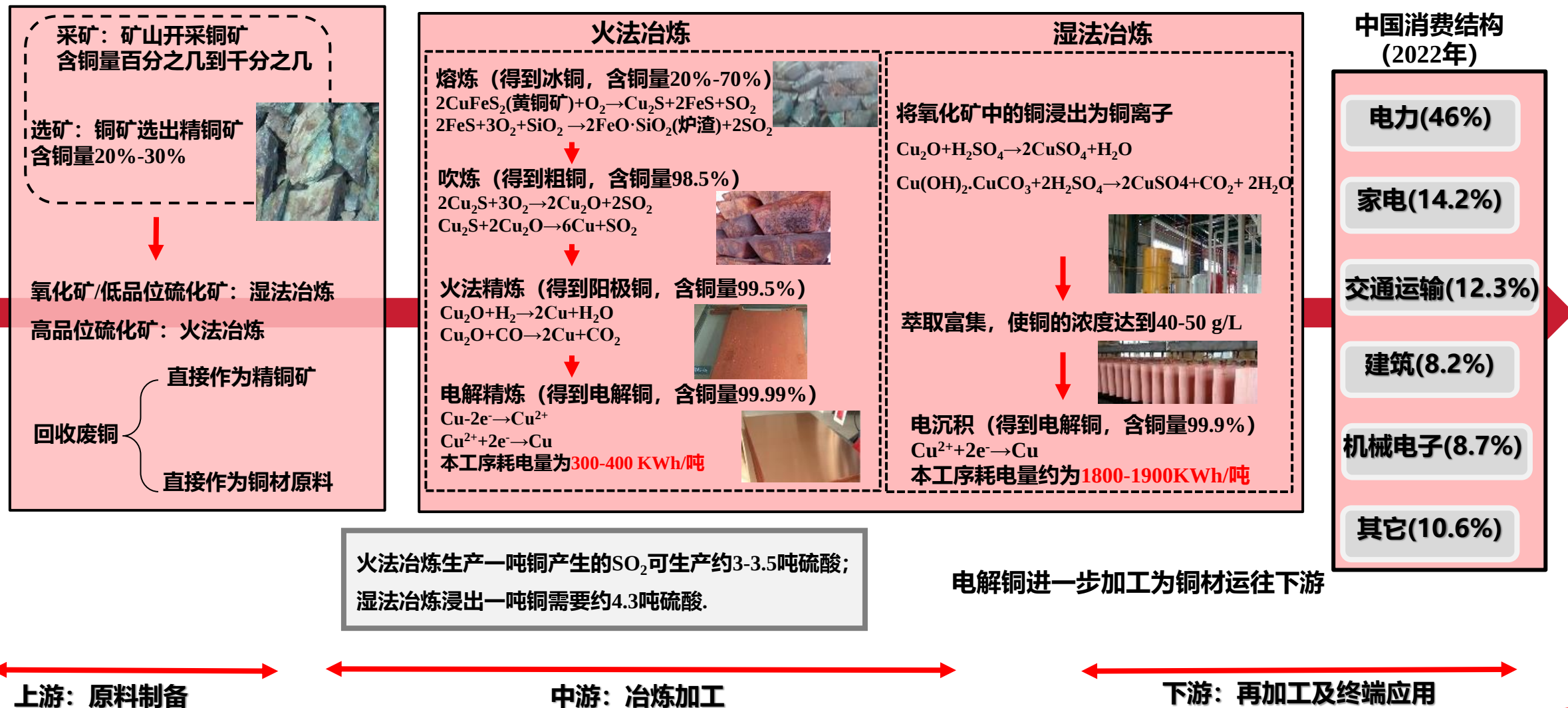
上游：铁原料制备

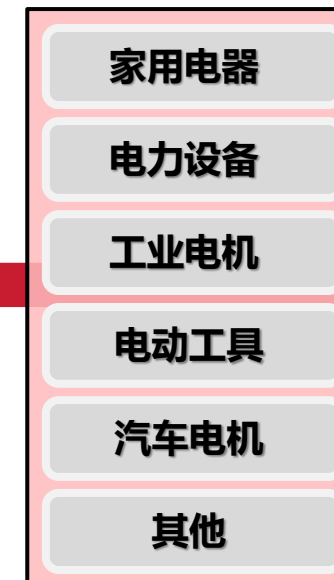
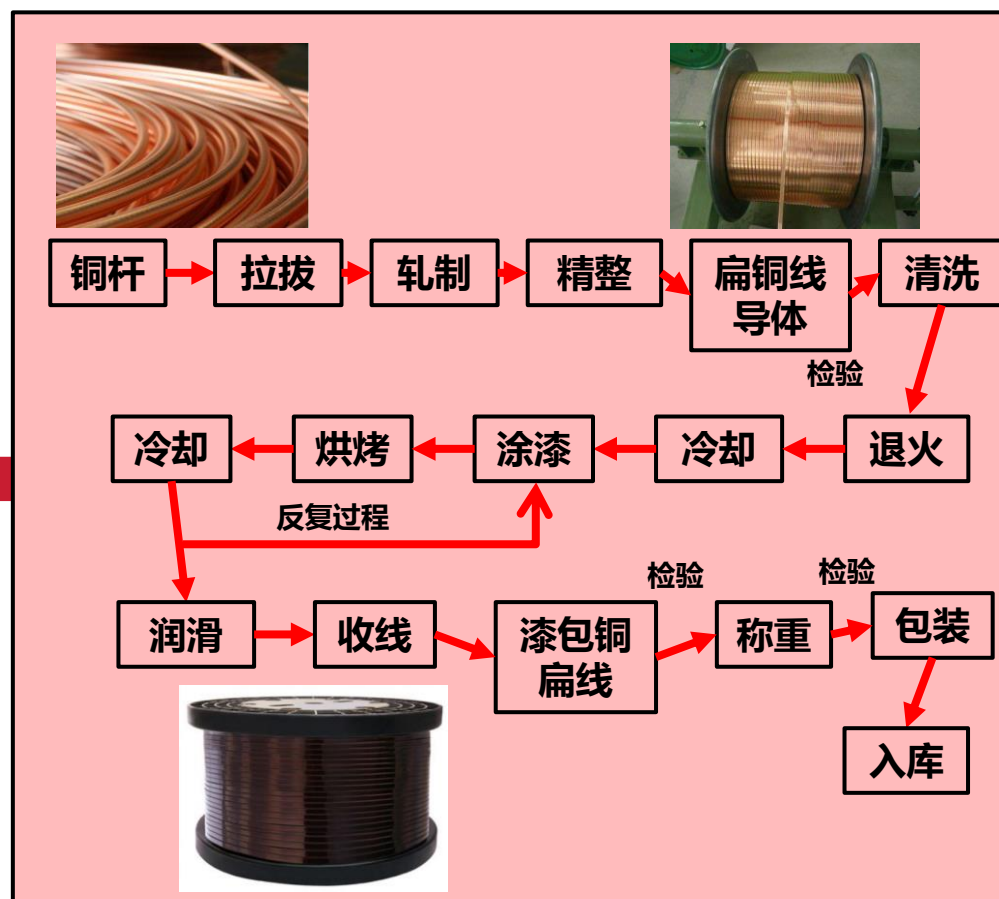
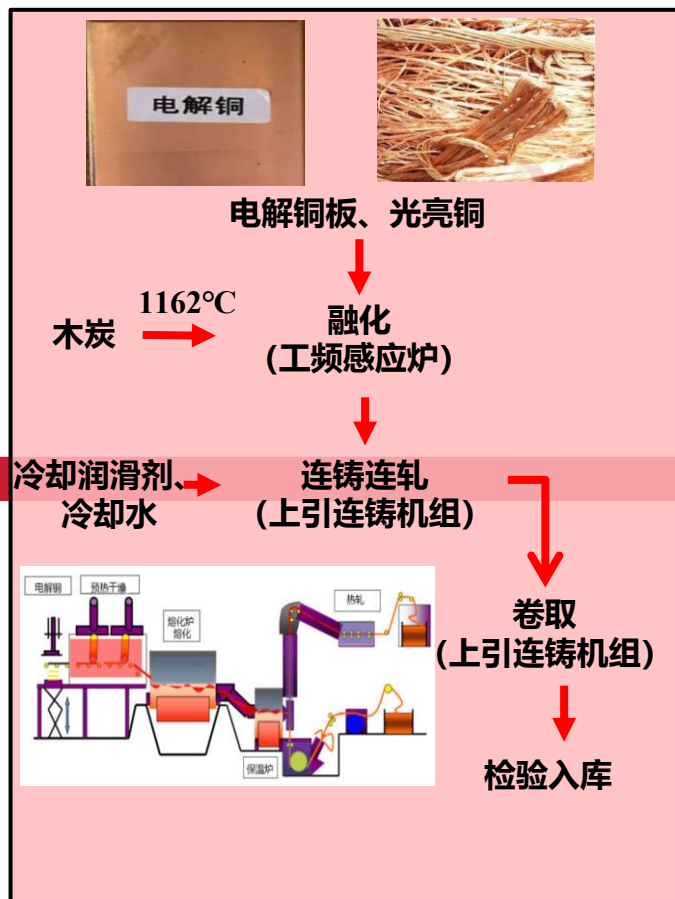
中游：特钢冶炼加工

下游：终端应用

10







上游：原料制备

中游：冶炼加工

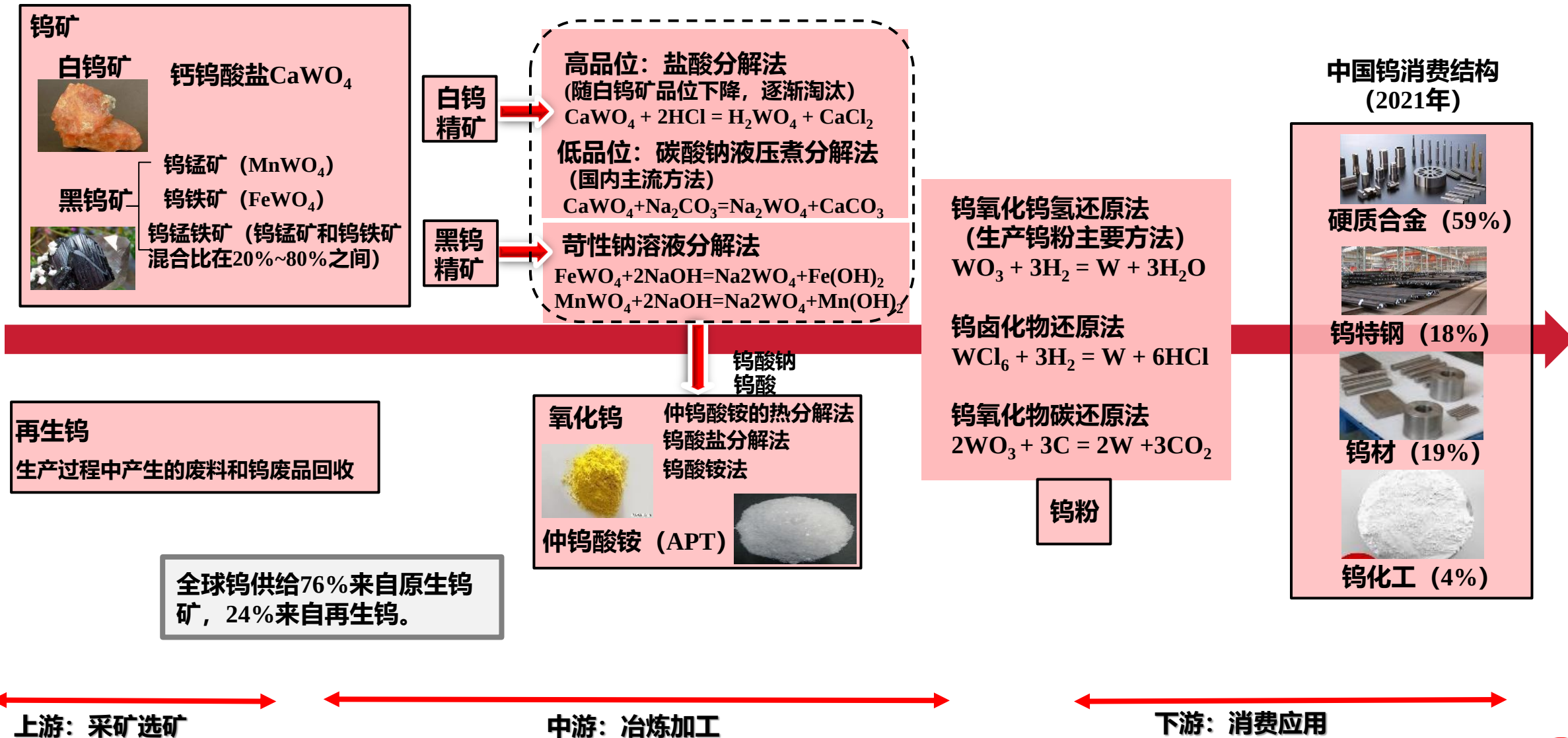
下游：再加工及终端应用

2022年中国铜加工材细分占比

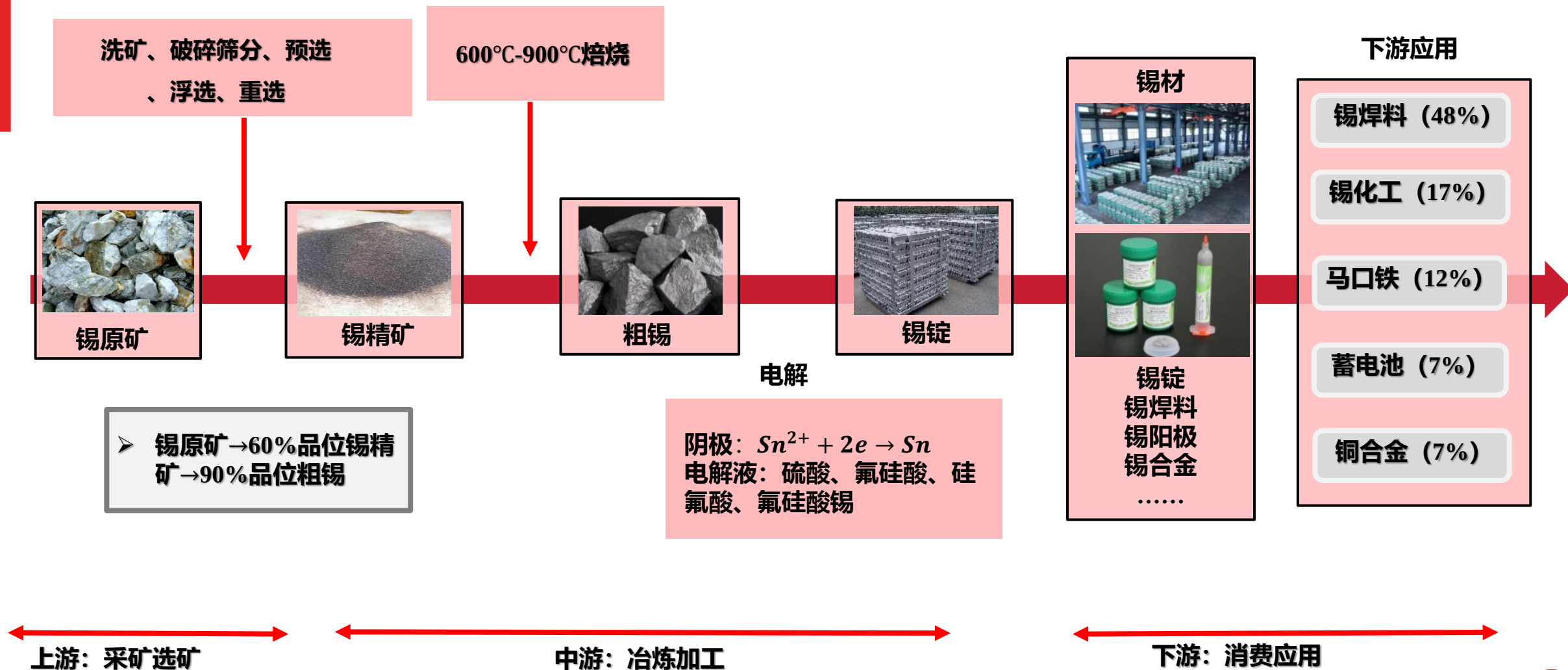
中国消费结构 (2022年)

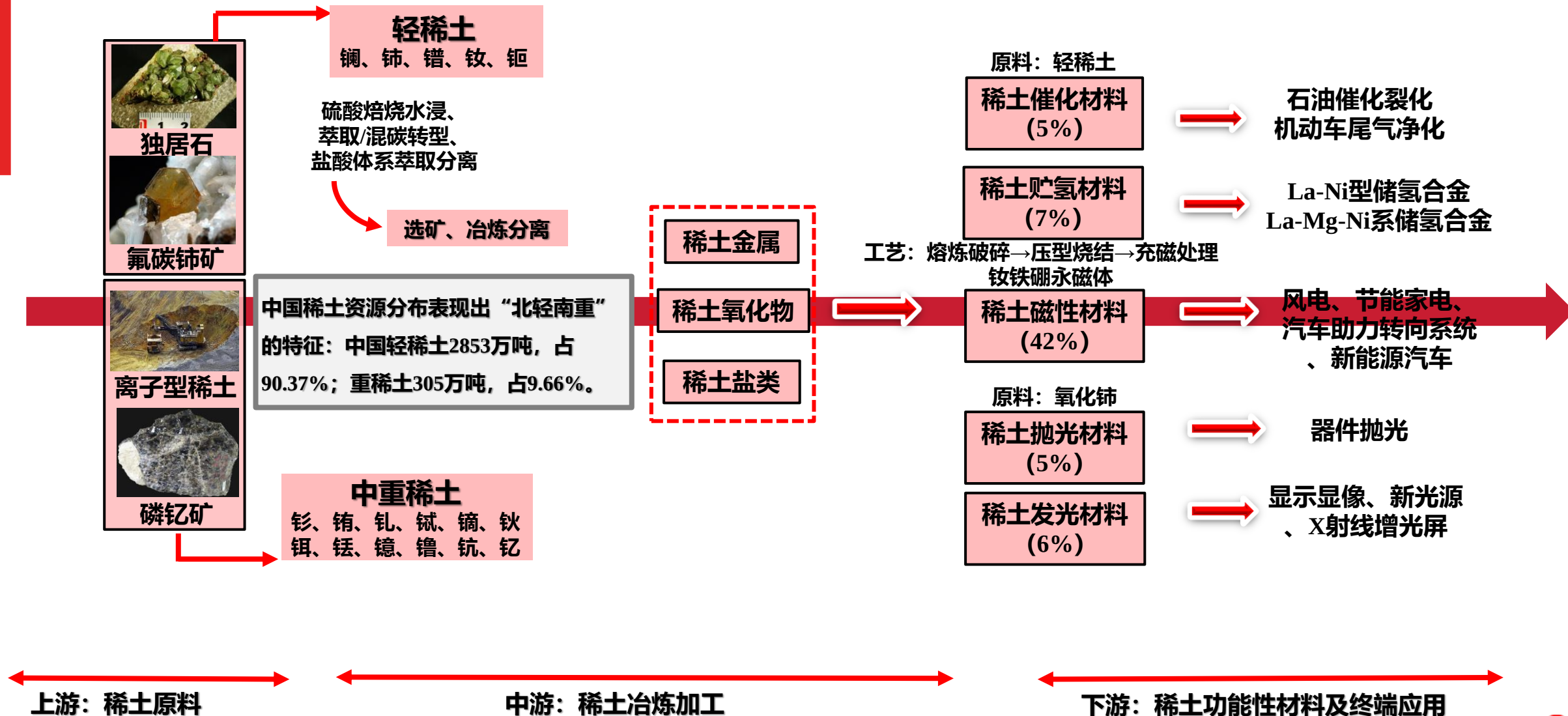


W: 钨 (原子量: 184)



X: 锡 (原子量: 119)





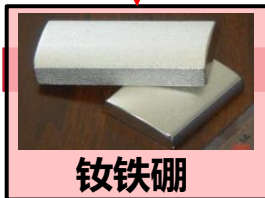
X: 稀土磁材

中国稀土永磁材料产量占比：
烧结法钕铁硼永磁材料：95%
粘结法钕铁硼永磁材料：4%
钐钴永磁材料：1%

烧结法钕铁硼

熔炼炉温达到1300度左右，持续四个小时来完成。

钕铁硼 ($\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$)，是由钕、铁、硼形成的四方晶系晶体。



钕铁硼



熔炼



制粉

制粉：将钕铁硼甩带片通过氢破炉和气流磨制粉。

目前普遍采用的压型方法有三种：膜压法、模压加冷等静压、橡胶模等静压。



取向与压型

机械加工和表面处理



烧结与回火

高剩磁、高矫顽力、高磁能积、高性价比，应用最广



烧结钕铁硼

中国下游应用
(2020年)

传统汽车 (29%)

风电 (29%)

新能源汽车 (13%)

节能电梯 (8%)

工业应用 (8%)

消费电子 (7%)

变频空调 (6%)

上游：原料制备

中游：冶炼加工

下游：再加工及终端应用

X: 锌 (原子量: 65)

锌矿



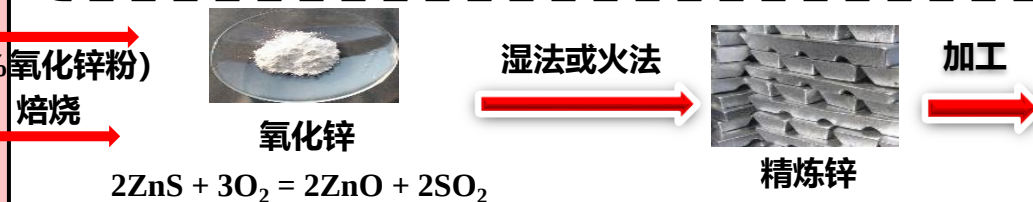
锌工业矿物:

- 闪锌矿 (主要成分 ZnS)
- 红锌矿 (主要成分 ZnO)
- 菱锌矿 (主要成分 ZnCO_3)
- 硅铅锌矿 (主要成分 ZnPbSiO_4)
- 异极矿 (主要成分 $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
- 水锌矿 (主要成分 $\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$)

我国锌矿山中平均品位2.69%

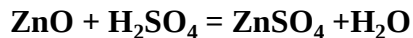
火法炼锌

熔炼: $\text{ZnO} + \text{C} = \text{Zn} + \text{CO}$
1000°C以上温度熔炼, 用碳还原, 得到含锌量98%以上的粗锌
精炼: 熔析法、重蒸馏法、电解精炼法和精馏法等

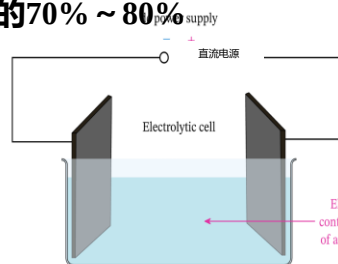
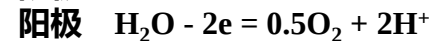
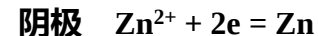


湿法炼锌

浸出 (得到硫酸锌溶液)



电积 (得到含锌量99.5%电解锌)



阴极: 纯铝板

阳极: 含银0.5%~1%的铅银合金板

电解液的主要成份为 ZnSO_4 、 H_2SO_4 和 H_2O

初级消费



镀锌



锌合金



黄铜和青铜



锌半成品



化工



其他

终端消费

基础设施 (33%)

建筑 (23%)

交通运输 (15%)

耐用消费品 (14%)

机械 (6%)

其他 (9%)

上游: 采矿选矿

中游: 冶炼加工

下游: 消费应用

Y: 盐湖提锂（低镁锂比）



含锂卤水
(低镁锂比)

我国盐湖卤水型锂资源丰富，这类型锂矿分别占我国锂资源储量和查明资源储量的89.8%和85.1%



蒸发除钠

在盐池中利用太阳能蒸发水分，钠首先达到饱和，以NaCl形式析出。



继续蒸发，钾也达到饱和，析出物为KCl与NaCl混合物。

进一步蒸发除钾

蒸发至卤水中锂饱和（LiCl浓度36%），制成老卤。

低镁锂比老卤可由此提锂，高镁锂比老卤还需其他方式除镁。



萃取除硼

用煤油萃取法萃取除去溶液中的硼。



加入Na₂CO₃（纯碱），使得镁离子转换为MgCO₃沉淀，这一步可去除约80%的镁。

沉淀除镁

加入Ca(OH)₂（熟石灰），使剩余的镁离子转化为Mg(OH)₂沉淀，调节PH值后再加入Na₂CO₃，使锂离子转化为Li₂CO₃沉淀。



下游应用

产品碳酸锂送至下游锂深加工企业。

Y: 盐湖提锂 (高镁锂比)

吸附+膜法
(锂浓度特别低)
(镁锂比特别高)

吸附富集锂

膜分离提纯

浓缩沉锂

下游应用

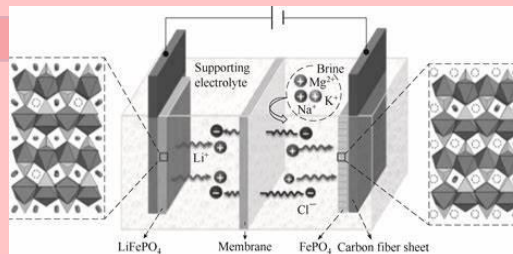


含锂卤水
(低锂浓度)
(高镁锂比)

电渗析法
(镁锂比不宜
大于400)



铝盐吸附剂选择性吸附溶液中的锂，化学方程式如下： $x\text{LiCl} + (1-x)\text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot (n+1)\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
吸满锂的吸附剂用水淋洗脱锂，得到低镁富锂母液，镁锂比降到5:1或更低。吸附剂也得到再生，重新投入卤水中吸附锂。



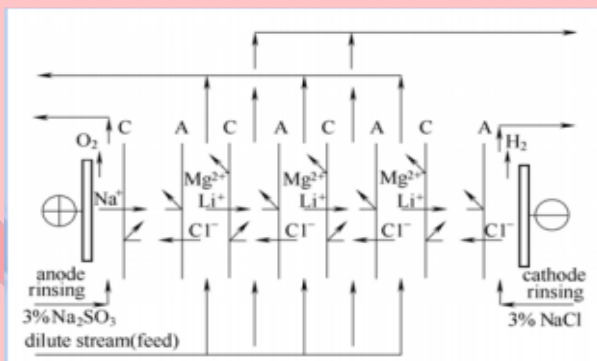
纳滤膜可以让一价离子通过，二价及以上的离子被截留。母液加压通过纳滤膜， Li^+ 、 Na^+ 能通过， Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 被截留。本步骤一般要求镁锂比在30以内，故不能直接用于高镁锂比卤水。



反渗透初步浓缩
↓
太阳能二次浓缩
↓
加入 Na_2CO_3 (纯碱),得到 Li_2CO_3



产品碳酸锂送
至下游锂深加工
企业。



电渗析提纯

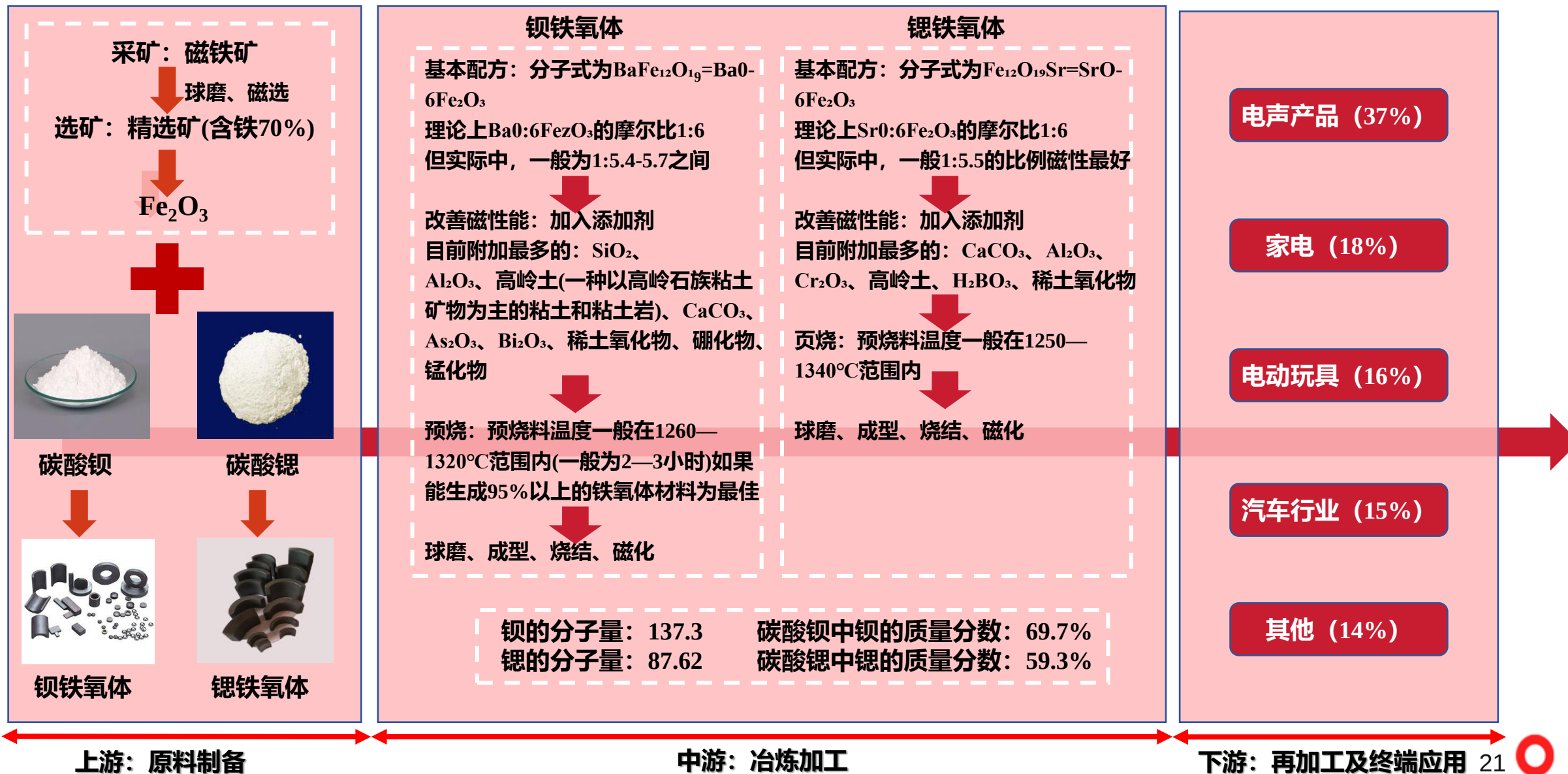
卤水流过一个定向电场， Li^+ 与 Mg^{2+} 都在电场作用下向负极定向移动。 Mg^{2+} 被一价离子选择性离子交换膜截留， Li^+ 能通过离子交换膜进入另一侧的溶液，得到富锂浓缩液，同时硼、 SO_4^{2-} 也被除去。



进一步精制除镁
↓
蒸发浓缩溶液
↓
加入 Na_2CO_3 (纯碱),得到 Li_2CO_3

浓缩沉锂





Y:萤石(氟化钙分子量: 78、氟化氢分子量: 20)

萤石矿(主要成分CaF₂)
原矿分类:
单一型萤石矿(CaF₂平均含量为54%)伴生萤石矿(CaF₂含量在26%以下)我国萤石资源的平均品位34.7%



浮选药剂:
PH调整: 硫酸、碳酸钠
抑制剂: 水玻璃、单宁酸等
捕收剂: 油酸等

冶金级萤石
CaF₂含量大于等于75%.作为钢铁等金属冶炼用的助溶剂、排渣剂。



高品位萤石块矿
CaF₂含量大于等于65%,用于钢铁等金属冶炼、陶瓷、玻璃等生产



酸级萤石
CaF₂含量大于等于97%氟化工产业链的原料



2020年中国萤石消费结构

冶金工业(23%)

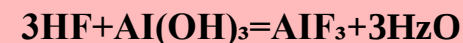
萤石作为助溶剂(降低难溶物质熔点、促进炉渣流动、充分实现渣与金属分离)

建材工业(10%)

应用于玻璃工业、陶瓷工业、水泥工业等细分行业, 降低烧成温度

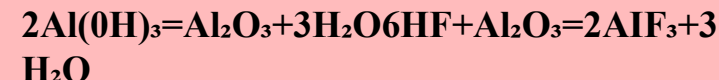
氟化工(63%)

干法氟化铝:



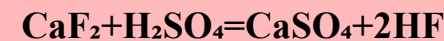
煅烧得AlF₃+3H₂O

湿法氟化铝:



无水氟化铝: $3\text{HF} + \text{Al}(\text{OH})_3 = \text{AlF}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

氢氟酸



每吨氢氟酸单耗萤石2.3吨

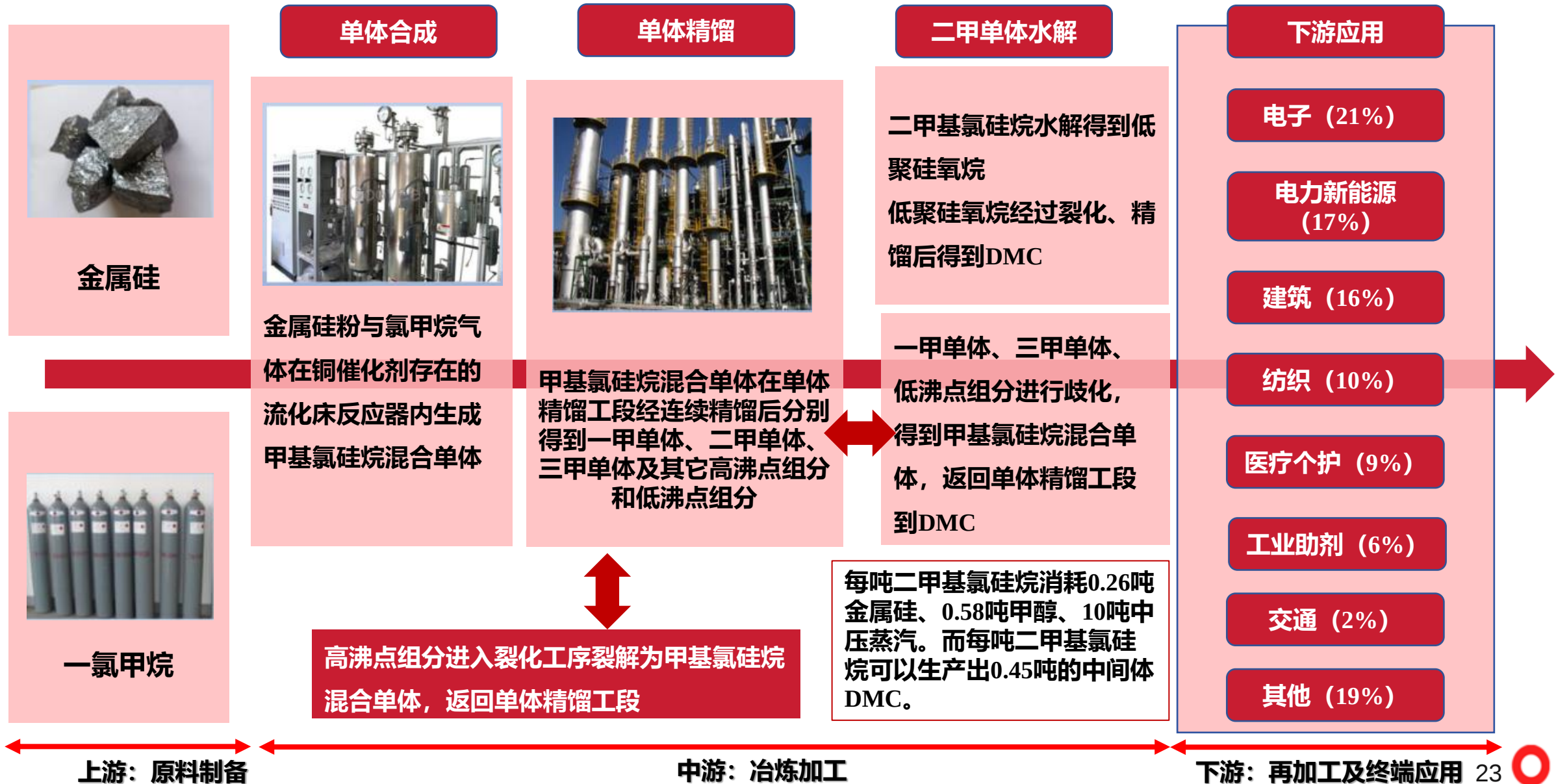
主要应用有: 含氟烷烃、氟化盐(如六氟磷酸锂)、含氟聚合物、氟精细化学品、ODS及代替品(如制冷剂)

上游: 原料制备

中游: 冶炼加工

下游: 消费应用

Y:有机硅(DMC)



Y:预焙阳极

上游原材料



石油焦
(作为骨料)



固体沥青
(作为粘结剂)

制备1吨预焙阳极需要1吨石油焦和0.2吨煤沥青

中游加工



粗碎

煅烧

中碎、筛分分级

煅烧：除去水分、部分硫、提高机械强度、抗氧化性。

预热

混捏

成型

焙烧

预焙阳极

破碎

融化



液体沥青

下游应用

每生产1吨原铝约需要0.5吨预焙阳极，大约占原铝冶炼成本的10%-20%



锗的提取与富集

有色金属冶炼
副产物丹宁沉锗、真空蒸
馏法、萃取法

含锗褐煤

再次挥发

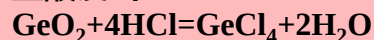
鼓风炉挥发、回转
窑挥发

含锗矿渣

浮选

锗难独立成矿，主要以伴生
形式存在，锌精矿是我国提
取锗的重要原料

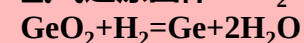
盐酸浸出



氯化蒸馏

利用 GeCl_4 沸点较低，为 84°C

氯化蒸馏法

氢气还原固体 GeO_2 温度控制在 $650-740^\circ\text{C}$ ，既利于Ge的生成，
又使 GeO_2 的挥发损失较小

物理冶金进一步提纯

温度控定向结晶、区域熔炼得到多晶锗，拉
单晶法（直拉法或垂直梯度法）得到单晶锗

锗精矿

- 锗精矿中锗以 GeO_2 存在
- 含锗量2%-20%

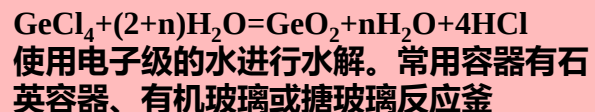


四氧化锗



高纯二氧化锗

水解



金属锗

全球下游应用



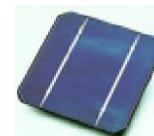
红外光学 (30%)



PET催化剂 (20%)



光导纤维 (20%)



太阳能电池 (15%)

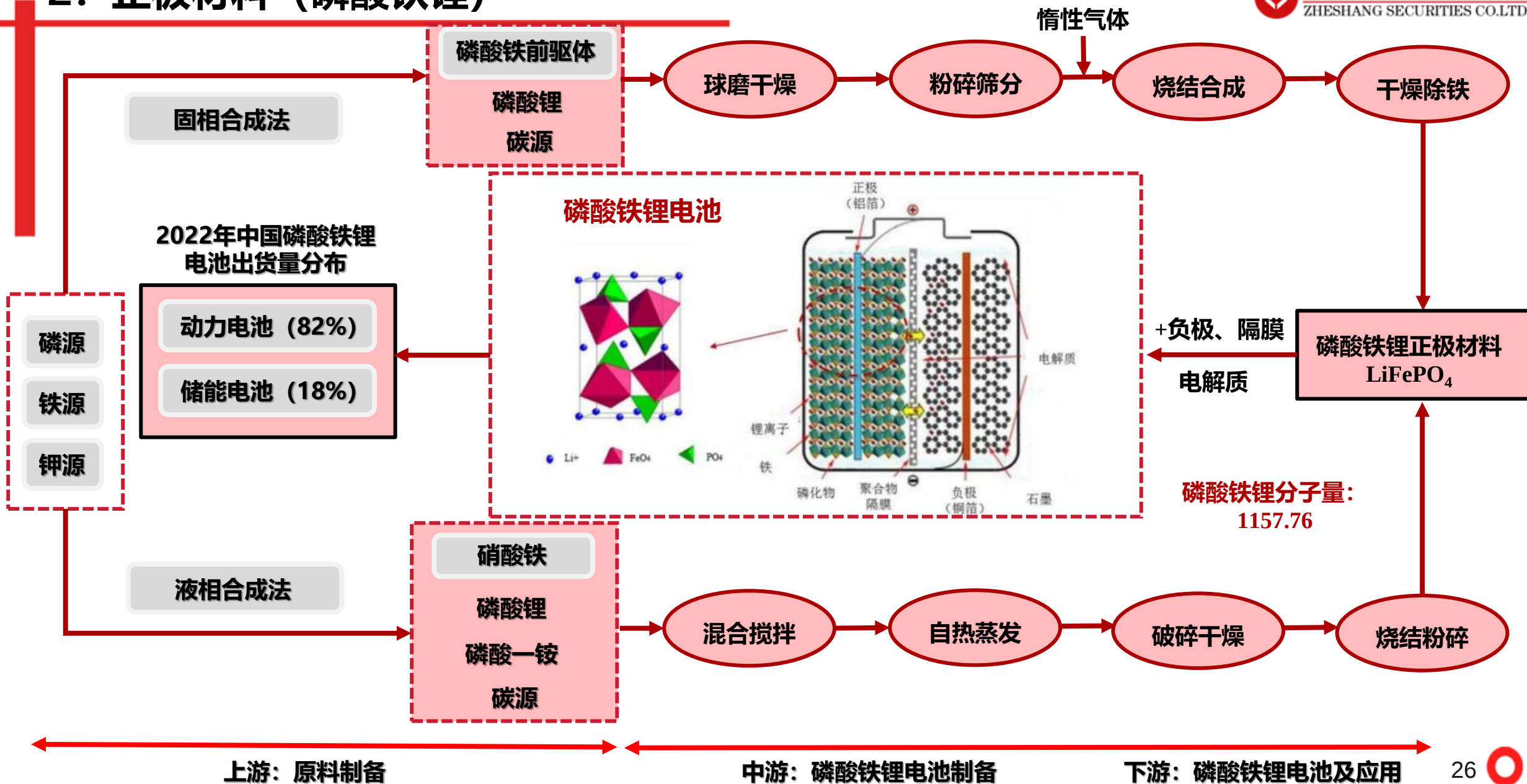
其他 (15%)

上游：采矿选矿

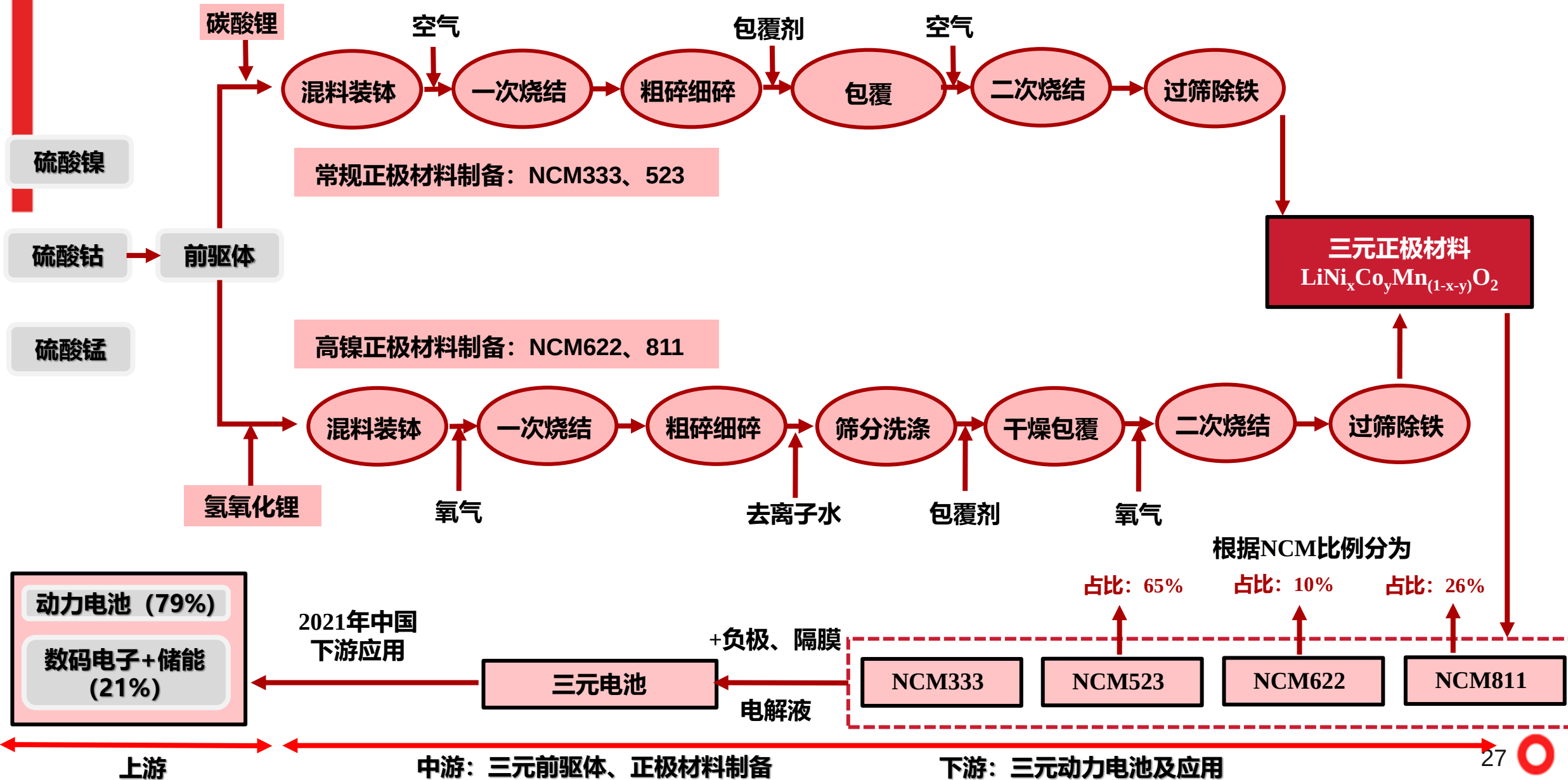
中游：冶炼加工

下游：消费应用

Z: 正极材料（磷酸铁锂）



Z: 正极材料（三元材料）



Z: 仲钨酸铵 (APT)

钨精矿 $(WO_3 \geq 65\%)$ $\xrightarrow{\text{白钨矿碳酸钠液压煮分解 或碳酸钠液压煮}}$ Na_2WO_4



白钨精矿碳酸钠液压煮分解
 $CaWO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2WO_4 + CaCO_3$



黑钨精矿苛性钠液分解
 $FeWO_4 + NaOH \rightarrow Na_2WO_4 + Fe(OH)_2$
 $MnWO_4 + NaOH \rightarrow Na_2WO_4 + Fe(OH)_2$

传统法

溶剂萃取法

离子交换法 (我国主要采用方法)

吸附 $2R_4NCl + WO_4^{2-} \rightarrow (R_4N)_2WO_4 + 2Cl^-$

R代表离子交换剂的骨架。 WO_4^{2-} 被吸附到树脂上，而 Cl^- 被置换下来。溶液中其他杂质阴离子（如 SiO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} ）通过树脂床时，刚开始被吸附，但随着钨酸根的吸附容量增加，随之被置换下来

阴离子交换树脂：国内最常用强碱201×7，是在交联为7%的苯乙烯-二乙烯苯共聚体上带有季铵基 $[-N(CH_3)_3OH]$ 的阴离子交换树脂



解吸 $(R_4N)_2WO_4 + 2NH_4Cl \rightarrow 2R_4NCl + (NH_4)_2WO_4$
 $NH_4Cl + NH_4OH$ 溶液作解吸剂，将树脂上的 WO_4^{2-} 重新解吸下来，得到纯净的钨酸铵溶液

结晶



通过蒸发结晶、中和结晶或者冷冻结晶制取APT
我国大多采用蒸发结晶
 $12(NH_4)_2WO_4 \rightarrow 5(NH_4)_2O \cdot nH_2O + 14NH_3 + (7-n)H_2O$
当温度低于 $50^\circ C$ ， $n=11$ ，针状结晶
当温度高于 $50^\circ C$ ， $n=5$ ，片状结晶

离子交换法生产一吨APT耗电量约为1000KWh

蓝色氧化钨

黄色氧化钨

碳化钨粉

钨粉

上游：采矿选矿

中游：冶炼加工

下游：消费应用

产业技术更新，工艺迭代进步超预期；
材料用量测算误差；
同种材料不同规格性质存在差异；
下游需求不及预期。

行业的投资评级

以报告日后的6个月内，行业指数相对于沪深300指数的涨跌幅为标准，定义如下：

- 1、看好：行业指数相对于沪深300指数表现 + 10%以上；
- 2、中性：行业指数相对于沪深300指数表现 - 10% ~ + 10%以上；
- 3、看淡：行业指数相对于沪深300指数表现 - 10%以下。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重。

建议：投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者不应仅仅依靠投资评级来推断结论

法律声明及风险提示

本报告由浙商证券股份有限公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，经营许可证编号为：Z39833000）制作。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但浙商证券股份有限公司及其关联机构（以下统称“本公司”）对这些信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不发生任何变更。本公司没有将变更的信息和建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本公司的客户作参考之用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告仅反映报告作者的出具日的观点和判断，在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本公司的交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。本公司的资产管理公司、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

本报告版权均归本公司所有，未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、发布、传播本报告的全部或部分内容。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明本报告发布人和发布日期，并提示使用本报告的风险。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

浙商证券研究所

上海总部地址：杨高南路729号陆家嘴世纪金融广场1号楼25层

北京地址：北京市东城区朝阳门北大街8号富华大厦E座4层

深圳地址：广东省深圳市福田区广电金融中心33层

邮政编码：200127

电话：(8621)80108518

传真：(8621)80106010

浙商证券研究所：<http://research.stocke.com.cn>