



何 剑 / 著

四川轻稀土矿的

S 选矿工艺

ICHUAN

QINGXITUKUANG

DE XU'ANKUANG GONGYI

何 剑 / 著

四川轻稀土矿的

选矿工艺

S

ICHUAN

QINGXITUKUANG

DE XUANKUANG GONGYI

图书在版编目(CIP)数据

四川轻稀土矿的选矿工艺 / 何剑著. -- 成都: 四川科学技术出版社, 2020.12
ISBN 978-7-5727-0057-6

I. ①四… II. ①何… III. ①轻稀土—稀土元素
矿床—选矿—四川 IV. ①P618.706.271

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第269266号

四川轻稀土矿的选矿工艺

SICHUAN QINGXITUKUANG DE XUANKUANG GONGYI

何 剑 / 著

出品人	程佳月
责任编辑	程蓉伟
封面设计	稻草人
责任印制	欧晓春
出版发行	四川科学技术出版社
地 址	成都市槐树街2号
邮 编	610031
成品尺寸	185mm × 260mm
印 张	12
字 数	200千
制 作	成都华桐美术设计有限公司
印 刷	四川华龙印务有限公司
版 次	2021年3月第1版
印 次	2021年3月第1次印刷
书 号	ISBN 978-7-5727-0057-6
定 价	78.00元

■ 版权所有·翻印必究 ■

第一章

概 述.....	1
第一节 国内外稀土资源概况.....	1
第二节 国内外稀土选矿技术的发展现状.....	2
第三节 国内外稀土选矿技术的发展趋势.....	3

第二章

四川稀土资源及开发利用现状.....	5
第一节 四川稀土资源概况.....	5
第二节 开发利用技术现状.....	7

第三章

冕宁稀土资源的地质概况.....	13
第一节 位置、交通、自然及经济地理条件.....	13
第二节 矿床的地质特征.....	15
第三节 稀土矿的开采技术条件.....	22
第四节 尾矿及固体废弃物资源.....	25

第四章

德昌稀土资源的地质概况.....	27
第一节 位置、交通、自然及经济地理条件.....	27
第二节 矿床地质特征及矿区地质构造.....	28
第三节 稀土矿的开采技术条件.....	31
第四节 尾矿及固体废弃物资源情况.....	32

第五章

冕宁轻稀土矿工艺矿物学研究.....	33
第一节 原矿基本分析	33
第二节 原矿嵌布特征	34
第三节 原矿的岩矿鉴定	48

第六章

冕宁轻稀土矿的选矿工艺流程.....	69
第一节 脱硫浮选试验部分.....	69
第二节 高梯度磁选试验部分.....	78
第三节 高梯度磁选稀土总粗精矿重选试验部分	86
第四节 摇床重选尾矿再高梯度磁选回收试验.....	86
第五节 摇床重选尾矿再浮选稀土试验	87
第六节 浮选精矿再高梯度磁选试验.....	97
第七节 回收稀土全流程试验及结果	98
第八节 产品性质研究	101

第七章

德昌轻稀土矿工艺矿物学研究.....	103
第一节 原矿基本分析	103
第二节 矿石类型及特征	104
第三节 轻稀土及有用成分赋存特征.....	108
第四节 稀土的分布率测定.....	114
第五节 连生关系及单体解离度测定.....	115
第六节 本章小结	117

第八章

德昌轻稀土矿的选矿工艺流程..... 118

 第一节 重选抛尾试验方案..... 118

 第二节 高梯度磁选抛尾试验方案..... 119

 第三节 高梯度磁选精矿浮选试验..... 125

第九章

稀土尾矿工艺矿物学特征..... 147

 第一节 尾矿物质组成..... 147

 第二节 工艺特征及嵌布关系..... 151

第十章

稀土尾矿综合利用研究..... 159

 第一节 萤石及重晶石混和浮选粗选..... 159

 第二节 精选一水玻璃用量条件试验..... 169

 第三节 一粗三精捕收剂验证试验..... 170

 第四节 萤石与重晶石分离试验..... 172

 第五节 开路流程试验..... 174

 第六节 闭路流程试验..... 176

 第七节 精矿产品多项分析..... 179

附件

稀土资源合理开发利用“三率”最低指标要求..... 180

主要参考文献..... 185

第一章

概 述

稀土是一种不可再生的具有战略意义的重要资源，被人们誉为“新世纪高科技及功能材料的宝库”。它是发展高新技术的战略元素，在冶金机械、石油化工、玻璃陶瓷和农业、轻纺等传统产业上应用广泛。近年来，稀土在高新技术产业中的应用及发展也十分迅速，目前含有稀土的功能材料已达50多类，包括光学材料、磁性材料、电子材料、核物理材料、化学材料等，其应用遍及航天、航空、信息、电子、能源、交通、医疗卫生等13个领域的40多个行业，新能源和环保产业的迅猛发展，也极大地拉动了稀土产品的需求。稀土是改造传统产业、发展新兴产业及国防科技工业不可或缺的关键元素，也是我国可“卡脖子”的优势关键矿产资源。随着世界科技革命和产业变革的不断深化，稀土在国民经济和社会发展中的应用价值将进一步提升。工信部编制发布的《稀土行业发展规划（2016-2020年）》指出，要“加强稀土战略资源保护，规范稀土资源开采生产秩序，扩大稀土高端应用，提高行业发展质量和效益，充分发挥稀土战略价值和支撑作用”。

第一节 国内外稀土资源概况

稀土是镧、铈、镨、钕等17种金属元素的统称，它们的光学、磁学性质已广泛应用在当今新材料、新能源、新技术领域，常常被比喻为“工业维生素”或“新材料维生素”。

中国是世界上稀土资源最丰富的国家，主要的稀土矿床分布在内蒙古（白云鄂博

氟碳铈矿-独居石混合型稀土矿)、江西(离子吸附型稀土矿)、四川(冕宁-德昌氟碳铈矿)、山东(微山氟碳铈矿)和广东(南山海独居石砂矿)等省。此外,美国、澳大利亚、俄罗斯、巴西、加拿大和印度等国也有一些稀土资源。近年来,在越南、南非、马来西亚、印度尼西亚、斯里兰卡、蒙古、朝鲜、阿富汗、沙特阿拉伯、土耳其、挪威、尼日利亚、坦桑尼亚和埃及等国家和地区也发现了大型稀土矿床,比较有名的稀土矿床有美国加利福尼亚州南部的芒廷帕斯(Mountain Pass)的氟碳铈矿、越南都巴奥的氟碳铈矿(含REO5%~13%)及俄罗斯科拉半岛的铈铌钙钛矿。

第二节 国内外稀土选矿技术的发展现状

国内外稀土矿的选矿一般采用浮选法,并常以重选和磁选作为辅助方法,组成浮选-重选、浮选-磁选-重选等多种组合工艺流程。

稀土资源的主要类型有内生矿床稀土矿和外生矿床稀土矿两类。内生矿床稀土矿在许多国家和地区都有发现,我国稀土主要类型是内生稀土矿床。由于内生稀土矿床中的稀土矿物一般都和重晶石、方解石、萤石、磷灰石、硅酸盐矿物等非硫化物共生,通常采用浮选流程或重选-浮选、浮选-重选-磁选、磁选-浮选等多种选矿方法的组合工艺流程。

美国的芒廷帕斯氟碳铈稀土矿属于内生稀土矿床,主要采用碳酸钠、氟硅酸钠、木质素磺酸铵作为调整剂和抑制剂,以塔尔油作捕收剂,生产含REO 60%~63%的稀土精矿,稀土回收率为65%~70%;越南都巴奥氟碳铈内生稀土矿发现于20世纪60~70年代,所含REO为5%~14%,矿石风化严重,采用的是手选-洗矿筛分-浮选脱重晶石-磁选工艺,其精矿含REO为32.8%,回收率为63%~75%。

四川冕宁稀土矿属于内生稀土矿床,以氟碳铈矿为主,其代表性选矿工艺流程有单一重选工艺、磁选-重选联合工艺、重选-磁选工艺流程和重选-浮选工艺。①在磨矿细度-0.074mm粒级含量占62%的情况下,经水力分级箱分成4级,分别在刻槽摇床上分选,采用单一重选工艺可得到REO含量分别为30%、50%、60%的三种氟碳铈矿精矿,总的回收率为75%。②将原矿细磨后,采用高梯度磁选机经一粗一扫,可

得到REO品位为5.64%的磁性产品，磁选作业回收率为74.20%。将磁选粗精矿经水力分级箱分为4级，分别用摇床重选，重选总精矿含REO为52.30%，稀土回收率为55%左右。③在原矿REO品位为5.30%的条件下，采用磁选-重选联合工艺流程，可得到稀土精矿REO品位为51.50%，回收率为52.00%的工艺指标。④将原矿细度第一段磨至-0.074mm含量占80%，用水力分级箱分为4级，分别经摇床重选（脱除矿泥及部分轻比重脉石），可得到REO品位为30%的重选粗精矿，稀土回收率为74.50%。该粗精矿采用水玻璃为调整剂，邻羟基萘羟肟酸为捕收剂，经一粗一扫一精浮选，获得含REO为50%~60%的稀土精矿，相对原矿的稀土回收率为60%~65%。

包钢稀土矿采用长沙矿冶研究院八五攻关成果“弱磁选-强磁选-浮选回收铁，强磁选中矿浮选回收稀土”工艺流程，将原矿磨至-200目含量大于93%时，弱磁选先选出磁铁矿，其尾矿在磁感应强度1.4T的强磁选机上进行粗选，将赤铁矿及大部分稀土矿物选入强磁粗精矿中，粗精矿经一次强磁精选（磁场强度为0.6~0.7T），强磁精选铁精矿和弱磁铁精矿合并再进行反浮选脱除随磁选带入的萤石、稀土等脉石矿物得到合格铁精矿产品。强磁中矿（精选尾矿）REO品位为9%~12%。将稀土回收率为25%~30%的强磁中矿作为浮选稀土原料，采用邻羟基萘羟肟酸、水玻璃、J102（起泡剂）组合药剂，在弱碱性矿浆中进行浮选，经一次粗选、一次扫选、两次精选，可得到混合稀土精矿（氟碳铈矿和独居石），其REO品位为50%~60%，平均55.62%，稀土回收率为12.56%；稀土次精矿品位为34.40%、稀土作业回收率为6.01%；稀土总回收率为18.56%。

国内外对四川冕宁稀土矿、包钢稀土矿、美国芒廷帕斯氟碳铈稀土矿等内生稀土矿床的研究和所采用的生产工艺技术，主要是根据矿石性质差异而采用不同的选矿工艺流程，主要为重选-浮选、浮选-重选-磁选、磁选-浮选等多种选矿方法的组合流程，但总体存在着稀土精矿品位和回收率不高、资源综合利用率低的问题。

第三节 国内外稀土选矿技术的发展趋势

鉴于稀土入选原料的化学成分、矿物组成、矿石类型、赋存状态、矿石结构和构造、矿物特征及嵌布关系、矿物粒度及解离度、矿物物理性质和表面性质、目的矿

物的可浮性差异等诸多变化因素，任何一种单一的选矿方法都难以得到较好的选矿技术经济指标。我国已开发的内蒙古包头白云鄂博混合型稀土矿、四川冕宁—德昌氟碳铈矿等，均不同程度存在着稀土精矿品位和回收率不高、资源综合利用率低、选矿成本较高等问题。因此，降低选矿生产成本、提高稀土精矿品位和回收率、提升资源利用率、减少环境污染是我国稀土矿选矿的发展方向。目前实现这些目标的途径主要有三：一是选矿新工艺的研究；二是新药剂的研制；三是新设备的开发。工艺、药剂、设备的任一突破，都将给稀土产业的可持续性发展注入活力，而浮选药剂和选矿设备的进步将直接影响到选矿工艺的创新。

在工艺方面，重选-磁选、重选-浮选、磁选-浮选、重选-磁选-浮选（方法可前后交换）联合选矿工艺将是研究的主要内容。

稀土选矿药剂的研发，主要是从新型、高效、无污染的浮选药剂和药剂制度的研制着眼（包括研发和改进螯合型捕收剂），力求利用药剂间的协同效应开发组合药剂，以期改善选矿效果、减少用量、降低成本。在稀土工业生产上应用的捕收剂，不仅要求具有较强的捕收能力和良好的选择性能，还要具备价格低廉及用量少等优点。

随着稀土选矿技术的进步和产品质量要求的提高，重磁浮选设备需要不断地改进和更新。重力选矿设备将向着占地面积少、空间小、处理量大、选矿效率高的方向发展；磁力选矿设备需要背景磁场强度高，同时要求分选空间不易堵塞、处理能力大；浮选设备的开发和研制则应向占地小、处理量大、效率高、易操作的方向发展。考虑待选原料越来越贫、细、杂，对同时兼有重磁选、重浮选、磁浮选特性的复合力场选矿设备的研制和应用，也是设备研发与改良的重点方向。

目前国内外稀土选矿技术的发展趋势，主要是根据原料的性质、冶炼工艺、环保等要求，着重在选冶方法、工艺、流程、设备、药剂等方面进行创新。

第二章

四川稀土资源及开发利用现状

第一节 四川稀土资源概况

四川稀土以氟碳铈矿轻稀土为特色，资源保有储量为328.25万吨（TREO），远景储量约1000万吨，是中国第二大稀土资源大省，其资源集中分布在四川省冕宁县的牦牛坪和德昌县的大陆槽。矿床的工业矿物主要为氟碳铈矿，其次为氟碳钙铈矿及少量硅钛铈矿等。

牦牛坪稀土矿床是富含Pb（铅）、Mo（钼）、BaSO₄（重晶石）、SrSO₄（硫酸锶）、CaF₂（萤石）等伴生有益组分的综合矿床。补充勘探共探获稀土矿（121b）+（122b）+（2S21）+（2S22）+（333）+（334）资源储量（TREO）3169497吨，矿石量10745.8万吨，稀土矿TREO平均品位为2.95%。其中，（121b）储量（TREO）为765797吨，（122b）储量（TREO）为1354645吨，（121b）+（122b）储量（TREO）为2120441吨，（2S21）+（2S22）资源量（TREO）为500716吨，（333）+（334）资源量（TREO）为548340吨，平均地质品位（TREO）为2.978%；主矿体伴生有益组分Pb（334）为597088吨，平均地质品位（Pb）为0.62%；Mo（334）为85324吨，平均地质品位（Mo）为0.09%；CaF₂（334）为13241275吨，平均地质品位（CaF₂）为13.73%；BaSO₄（334）为19760014吨，平均地质品位（BaSO₄）为20.48%；SrSO₄（334）为828968吨，平均地质品位（SrSO₄）为0.86%。

大陆槽稀土矿床氟碳铈稀土资源储量（122B+332+333）约为120万吨（TREO），远景储量约为300万吨（TREO），稀土矿平均品位为3.50%，并伴生丰富的天青石（Sr）、重晶石（BaSO₄）、萤石（CaF₂）等多种重要的矿产资源。经初

步查明的矿物有37种，比牦牛坪稀土矿床（85种）简单得多。其中稀土矿物种类较少，主要为氟碳铈矿矿物相产生，少量呈胶体相次生稀土而赋存于矿泥的铁锰非晶质体，以及呈类质同象替代关系赋存于其他矿物的晶格中。伴生矿物有重晶石、天青石、萤石、霓辉石、方解石、石英、长石、白云母、方铅矿及白铅矿。矿石中伴生的Sr、Ba、CaF₂、Pb等有用组分主要以独立矿物的形式存在。

截至2011年底，四川已初步查明稀土矿床29处，分属9种成因类型。四川稀土矿床主要为轻稀土矿，稀土矿物主要为氟碳铈矿、硅铈铈矿、氟碳钙铈矿和少量独居石，脉石矿物以萤石、重晶石、石英、方解石为主，天青石、磁铁矿、长石、霓辉石、黄铁矿等次之。主要伴生有价矿物为萤石、重晶石、天青石、方铅矿、辉钼矿等，含量已达到综合回收指标，利用价值巨大。四川轻稀土矿主要产地特征及开发利用情况见表2-1。

表2-1 四川轻稀土矿主要产地特征及开发利用情况

产地	开发利用情况	规模	REO平均品位/%	REO查明资源储量/万吨	REO保有资源储量/万吨
冕宁三岔河	已利用	小型	2.14	1.09	0.97
冕宁牦牛坪	已利用	大型	2.95	179.4	161.7
冕宁木洛碛楼山	已利用	中型	4.49	76.70	13.18
冕宁木洛郑家梁子	已利用	中型	2.21	7.86	1.91
冕宁里庄羊房沟	已利用	中型	2.39	13.13	13.04
德昌大陆槽	已利用	大型	2.70	162.25	137.45
合计				440.43	328.25

第二节 开发利用技术现状

一、采矿技术

四川省冕宁县及德昌县稀土矿的采矿方法主要为露天开采及露天-地下联合开采。冕宁牦牛坪稀土矿、冕宁三叉河稀土矿、冕宁里庄洋房沟稀土矿、德昌大陆槽稀土矿采用露天阶梯式台阶开采方式；冕宁木洛郑家梁子稀土矿及冕宁木洛碉楼山（阴山）稀土矿则采用露天-地下联合开采方式。各矿山企业实际开采回采率最高达95%，最低为91%，平均为94.99%，与矿山开发利用方案或矿山设计指标相比略微偏高，有所不同的是，大型企业的开采回采率较高，小型企业的开采回采率相对较低。

在稀土矿的开发利用过程中，四川地区过去长期处于无序状态，由于科学研究工作滞后，稀土选矿技术一直存在着生产成本低、精矿质量低、采选技术含量低、乱采滥挖、采富弃贫等问题，从而造成开采回采率、选矿回收率和资源综合利用率低、资源浪费严重等现象，并且造成了不同程度的环境污染和生态危机。同时，伴生于稀土矿床中的萤石、重晶石、钼、硫等可利用矿物和有益元素，均被排放到尾矿坝或河流中被洪水冲刷殆尽，造成了极大的资源浪费，既损害了国家和行业的整体利益，又严重破坏了矿产资源的综合开发和生态环境，致使宝贵的自然资源没有得到充分有效利用。

四川稀土矿整合以前，入选平均品位（REO）为4%，精矿品位（REO）为50%~60%、精矿回收率（REO）为20%~40%，尾矿品位（REO）为0.8%~1.5%，最低工业品位（REO）为2%；最低可采厚度 $\geq 2\text{m}$ ，夹石剔除厚度 $\geq 2\text{m}$ ，边界品位（REO）为1%；伴生矿种均未回收；开采方式为露采，开采回采率为30%~60%；采矿成本约为150元/吨，选矿成本约为100元/吨。

二、选矿技术

四川稀土矿开发利用始于20世纪80年代，冕宁牦牛坪矿区和德昌大陆槽矿区的开发建设较早，其有代表性的选矿工艺流程主要有以下几种：

(1) 单一重选工艺流程：该工艺是将原矿石磨至细度-200目含量占62%，经水力分级箱分成4级，分别在刻槽矿泥摇床上分选，可得到REO分别为30%、50%、60%的三种氟碳铈矿精矿，重选作业总的回收率为75%。

(2) 磁选-重选联合工艺流程：该流程的入选品位为3.20%的原矿石，经磨矿后采用 Slon磁选机经一粗一扫，再经磁选得到 REO为5.64%的磁性产品，磁选作业回收率为74.20%（产率为42%）。磁选粗精矿经水力分级箱分为4级，分别经摇床重选，重选总精矿REO为52.30%，产率为3.56%，稀土回收率为55%。

(3) 重选-磁选矿工艺流程：在原矿品位REO为5.3%的条件下，采用重选-磁选矿工艺流程，可达到稀土精矿品位REO为51.50%，回收率为52.00%的工艺指标。

(4) 重选-浮选工艺流程：将原矿石第一段磨至细度-200目含量占80%，经水力分级箱分为4级，分别经摇床重选（脱除矿泥及部分轻比重脉石），可得到REO为30%的重选粗精矿，稀土回收率为74.50%。该粗精矿以水玻璃为调整剂，邻羟基萘羟肟酸为捕收剂，矿浆pH=8-9的条件下，经一粗一扫一精闭路流程浮选，可分别获得REO为50%和60%的两种稀土精矿，原矿稀土回收率为60%~65%。

根据上述流程和技术指标来看，可大体得出以下基本结论：①重选是稀土矿的基本流程之一，这是与稀土矿的性质密切相关；其次，采用磁选或浮选方式进行联合作业，是得到高品位稀土矿的重要保障。②大多数小型选矿厂在采用重选及与其他选别方式结合的过程中，往往缺乏连贯，多在重选与磁选或浮选之间进行人工干燥或自然脱水等，导致生产效率低和成本较高。③一些选矿厂的入选原矿品位为2%~7%，但大多数选矿厂的入选原矿品位都为4%~5%，甚至更高。④精矿品位高的，其REO一般为50%~60%，在生产高品位稀土精矿时，其回收率一般为50%~65%。

1. 单一重选工艺

将原矿磨（或用打砂机简单破碎）至-2mm后进行摇床重选，可获得TREO含量为60%~65%的氟碳铈矿精矿，回收率为40%左右。该工艺在20世纪90年代的小型稀土矿选矿厂中应用较为广泛，工艺原则流程见图2-1。

2. 重选-干式磁选工艺

将原矿用颚式破碎机或锤式破碎机破碎至-10mm左右，再采用溢流型球磨机一段闭路磨矿至-2mm，溢流经圆筒筛分级，筛上产品返回球磨，筛下产品进入一粗一精二扫摇床重选作业。将摇床一段中矿进行再选，再选精矿和精选精矿合并后进入

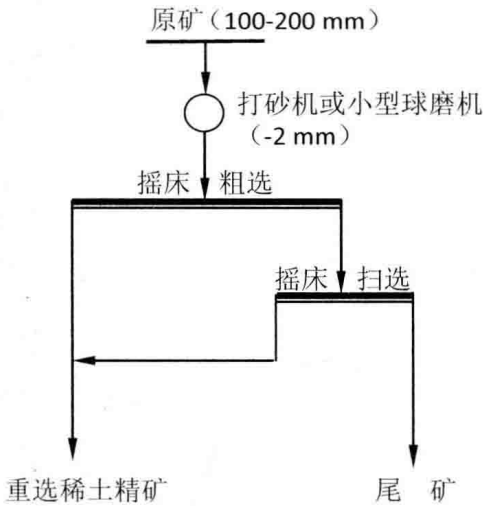


图2-1 细碎——单一重选工艺原则流程

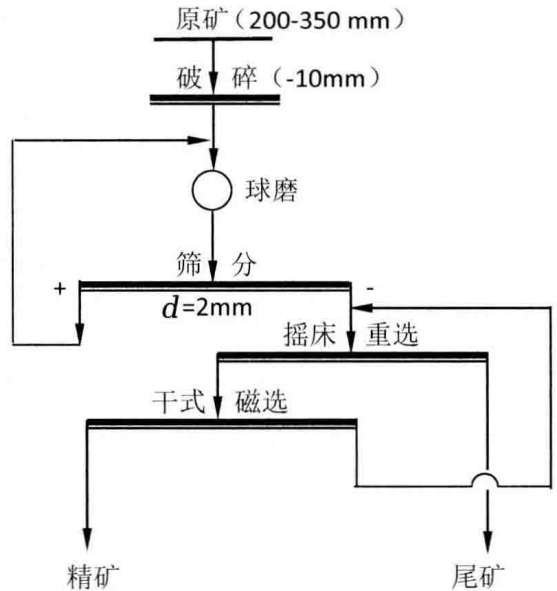


图2-2 细碎（粗磨）-重选-干式磁选工艺原则流程

沉淀池沉淀后，采用烘干机烘干。烘干后的精矿产品采用盘式干式磁选机磁选，精矿作为最终精矿产品，尾矿进行堆存。最终氟碳铈矿精矿REO含量为65%~70%，回收率为50%左右。其中，冕宁稀土矿回收率可达60%，德昌稀土矿回收率为40%~50%。该工艺是2014年前冕宁县及德昌县境内大部分稀土矿生产企业所采用的主要选矿工艺。其工艺原则流程见图2-2。

3. 浮选-高梯度磁选工艺

将原矿磨至细度-200目含量为60%~70%进行浮选，浮选精矿经高梯度磁选后，再将磁选尾矿返回浮选或采用摇床重选。浮选前先用硫化矿捕收剂进行一粗二精硫化铅矿脱除浮选，浮选采用氢氧化钠调浆并分散矿泥，用水玻璃作为脉石矿物硅酸盐的抑制剂，水杨羟肟酸和 H_2O_5 作为捕收剂进行一粗二精三扫稀土浮选，然后再将浮选精矿经高梯度磁选。在原矿REO品位为5%左右的条件下，可获得REO含量为60%左右、回收率为50%左右的稀土精矿。其工艺原则流程见图2-3。

4. 强磁选-浮选工艺

将原矿粗磨并分级后，粗粒级进入强磁选，强磁精矿再磨后与细粒级合并进入浮选作业。该工艺首先将原矿破碎至-15mm进行粗磨（球磨），经直线筛（ $d=0.5mm$ ）分级，筛上返回球磨，筛下经高频筛（ $d=0.15mm$ ）分级后，筛上（0.15~0.5mm）弱

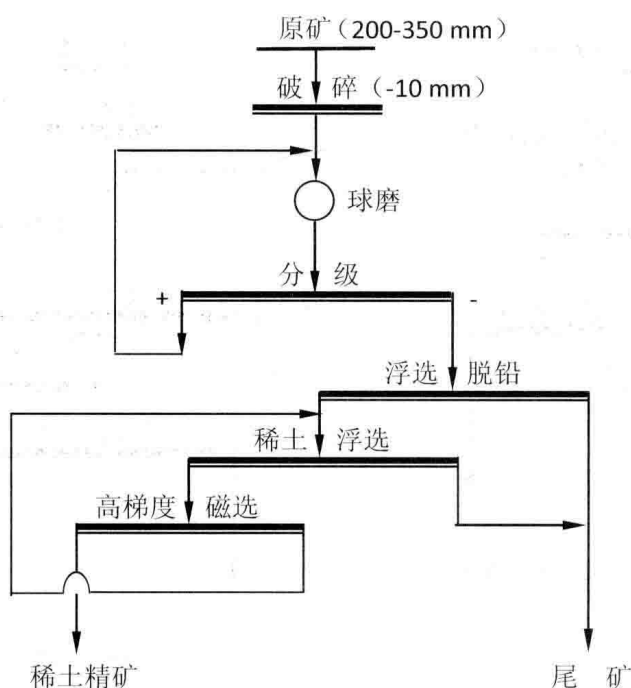


图2-3 浮选-高梯度磁选-磁选工艺流程

磁选后进入一粗三扫，粗扫选精矿合并为强磁精矿；强磁精矿再磨（-200目含量为80%左右）后与高频筛筛下合并进行一粗三精三扫浮选闭路流程；浮选精矿进行一粗二精一扫高梯度磁选，精选2精矿REO含量为67%，精选2中矿REO含量为60%，精选1中矿与扫选精矿合并返回磁选粗选，扫选尾矿返回浮选。经该工艺处理，在原矿REO品位为2%~3%的条件下，最终可获得REO品位达67%以上，回收率45%左右的稀土精矿产品1和REO品位60%以上，回收率为15%~20%的稀土精矿产品2，解决了微细粒、共伴生关系复杂的氟碳铈稀土矿的选矿难题，稀土精矿品位及回收率均达到了60%的良好指标。其工艺原则流程见图2-4。

5. 强磁选-重选-浮选工艺

原矿一段破碎（-100mm）-粗磨（半自磨-0.5mm）-强磁选-强磁精矿摇床重选-重选尾矿再磨浮选的工艺回收稀土矿；强磁尾矿二段分级，+0.15mm粒级磨至-0.074mm 75%左右，-0.038mm粒级排入尾矿库，-0.15mm~+0.038mm粒级产品进入浮选回收萤石重晶石。该工艺原则流程见图2-5。

四川稀土矿均不同程度存在着稀土精矿品位和回收率不高、资源综合利用率低、选矿成本较高等问题。因此，降低选矿生产成本、提高稀土精矿品位和回收率、提高资源利用率、减少环境污染是我国稀土矿选矿的发展方向。实现这些目标的途径

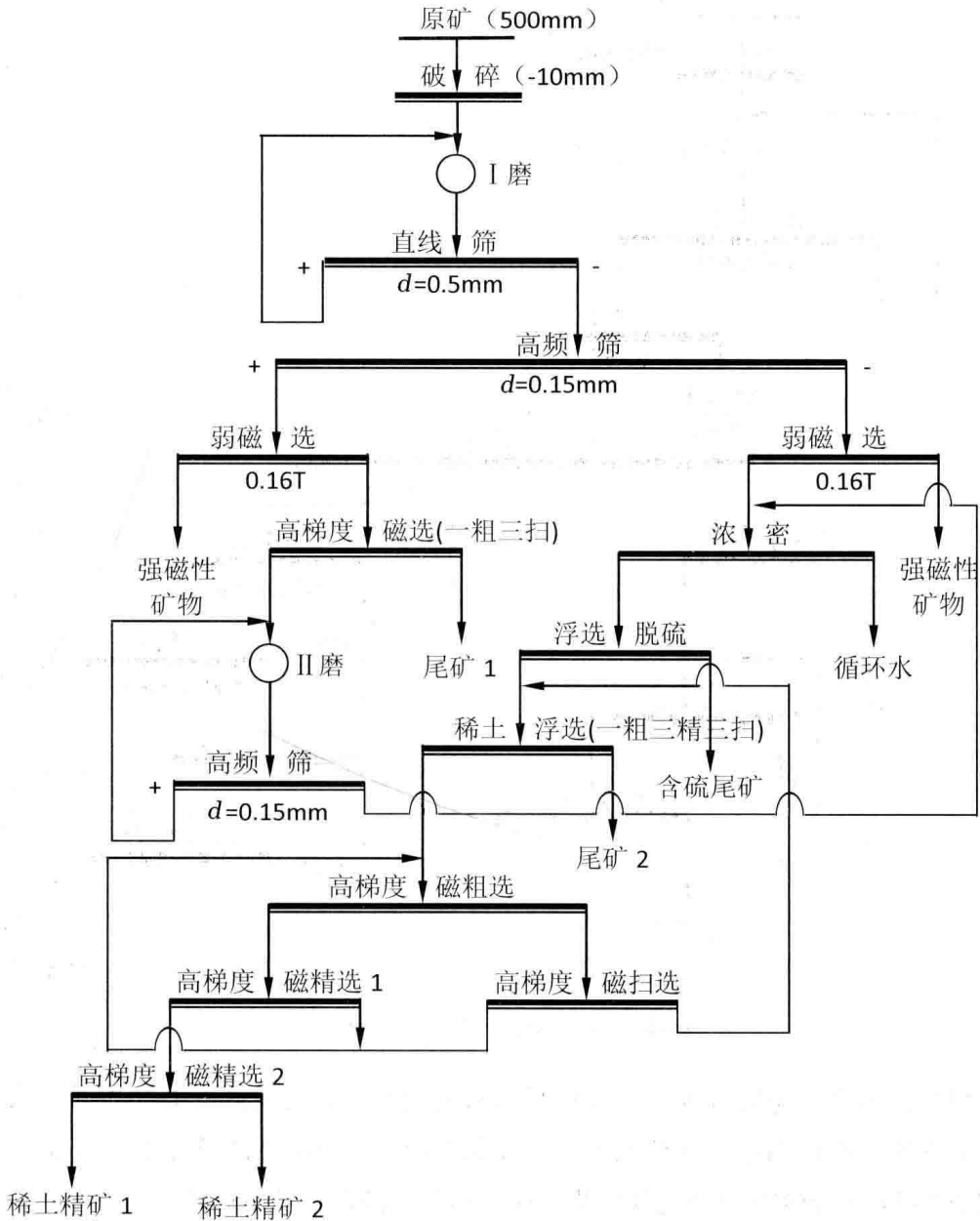


图2-4 强磁选-浮选工艺流程

主要有三：一是选矿新工艺的研究；二是新药剂的研制；三是新设备的开发。工艺、药剂、设备的任一突破都会带来稀土选矿的发展，浮选药剂和选矿设备的进步都将直接影响到选矿工艺的创新。选矿新工艺主要有：“预先筛分抛废-磨矿-重选-磁选-浮选稀土-稀土选别尾矿浮选伴生矿”联合工艺；“磁-浮回收稀土-稀土尾矿浮选萤石-再浮选锶钡含量精矿”联合工艺和全浮选工艺。

稀土选矿药剂的发展主要是新型、高效、无污染浮选药剂和药剂制度的研制（包