

我国磷资源开发利用及趋势

张文学

(云南磷化集团有限公司,云南 昆明 650600)

摘 要:中国是世界磷矿石、磷肥磷化工产业大国,磷矿资源的开发利用在世界经济社会发展中具有重要影响和作用.中国磷资源开发利用已处于一个新的阶段和水平,将朝着“贫富兼采、全层开采,集中选矿加工、综合利用”的方式转变和升级,磷矿采选及深加工技术、装备将得到全面提升和发展到更高水平.

关键词:磷矿资源;采选化利用;发展趋势

中图分类号:TD97

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2011.02.001

磷矿资源在粮食生产和磷化学工业中占有极其重要的地位和作用.随着我国对“三农”问题的高度关注以及全球经济一体化进程的加速,磷矿石日益成为国家的重要战略资源.据统计,我国磷矿资源的 80% 以上用做磷肥,粮食增产量约 35%~40% 由增施化肥获取,我国粮食的稳定增长使占世界 9% 的耕地养活了世界上 20% 的人口.

我国已发展成为世界磷矿石、磷肥磷化工产业大国,磷矿资源的开发利用在世界经济社会发展中具有重要影响和作用.因此,开发利用好有限的磷矿资源备受国内外业内人士的广泛关注.

1 我国磷资源及分布特点

a. 我国保有磷资源储量为 178.6 亿 t,其中储量 11.8 亿 t,占 6.6%,基础储量 31.7 亿 t 占 17.7%,资源量 146.9 亿 t 占 82.3%^[1],仅次于摩洛哥,居世界第二位.从变化来看,储量在大幅下降,资源量在增加;资源远景较好,但富矿资源在急剧耗减,难采、难选、难冶加工的中低品位资源在增加,资源贫化加剧.

b. 我国磷矿床按其产出地质条件和形成方式,分为外生(沉积磷块岩矿床),内生(磷灰石矿床),变质(磷灰岩矿床三大类)^[1],以沉积磷块岩矿床储量、规模最大,分布最广,占 70% 以上;磷灰岩矿床次之,占 23% 左右,磷灰石矿床最少,仅 7% 左右.沉积磷块岩矿床主要产出在古生代及新元古代的浅海相——滨海沉积层内,按矿床形成条件分为生物化学沉积和风化淋滤沉积两个亚类;磷灰石矿床主要为岩浆分异或贯入作用形成,按成矿母岩岩石类型的不同分为基性-超基性和偏碱性-超基性岩两个亚类;磷灰岩矿床主要产于元

古宙和太古宙的变质岩层内,按成因分为沉积变质与变质交代两个亚类^[1].

c. 我国磷矿资源平均品位仅 17% 左右,主要有以下几方面的特点:一是资源储量大,分布相对集中,保有储量的近 80% 分布在云、贵、川、鄂、湘、南多北少,形成“南磷北运,西磷东调”的产销格局.二是富矿少,中低品位矿多, wP_2O_5 大于 30% 的富矿只占 8.5%,不能直接利用的中低品位磷资源占 90% 以上,而且有很大部分资源从经济角度看,是不经济和暂不能开发利用的.三是矿床赋存条件差,开采难度大.大部分磷矿床呈倾斜至缓倾斜产出,薄至中厚矿层多,无论是露天开采还是地下开采,技术难度大,开采成本高.四是易选矿少,难选矿多,我国磷矿以沉积型磷块岩(胶磷矿)为主,成矿年代较早,沉积的矿石已经岩化,胶结程度高,颗粒细,嵌布紧,有害杂质多,选矿难度大^[2].五是资源总量可观,人均占有量少^[3],人均磷矿资源占有量仅 13.5 t 左右,资源紧缺性潜在.

我国磷资源经过近百年的开发利用,已呈现“贫、细、杂、难”.为满足我国磷肥、磷化工产业的发展和用矿需求,许多磷矿企业都进行了技术改造和设备更新,加大了开采规模和产品量生产,特别是加大了中低品位磷矿的采、选力度和开发规模.

2 我国磷资源开发利用

2.1 我国磷资源开采

我国磷矿开采情况是点多、面广、集中度不高.

2.1.1 开采工艺及规模

我国磷矿开采企业有 339 家,其中,大中型矿山企业 60 家,小型矿山企业 279 家,年开采总规模 6635 万 t.年产量 10

万吨以上的 60 家企业,生产量占磷矿总产量的 55%,其中年产量超过 100 万 t 的有四家,生产量占磷矿总产量的 24%,10 万 t 以下的小型矿山企业生产量占磷矿产总量的 45%。已建成云南昆阳、贵州瓮福和开阳、湖北宜昌和荆襄、四川金河—清平等六大磷矿生产基地。开采能力和生产总量基本满足国内需求,正以富矿开采为主逐步向中低品位矿及贫矿开采过渡。

我国磷矿分为露天和地下开采两种,前者占 60%,后者占 40%。露天磷矿多为山坡露天矿,以公路运输开拓为主。如云南磷化集团昆阳磷矿属缓倾斜薄至中厚带夹层矿体,采用大型采、装、运设备,以大功率推土机直接裂矿集堆或经穿爆后集堆为主的“长壁式”露天采矿法;贵州瓮福、湖北大峪口等几座大型露天磷矿,也是采用大型采、装、运设备进行开采。我国大型露天磷矿回采率一般可达 95%~98%,部分小型露天磷矿因开采技术落后,装备程度低,回采率仅 70%左右。

地下开采主要为空场法和崩落法,其中以房柱法和分段崩落法为主。贵州开阳磷矿采用锚杆护顶分段空场法;四川金河磷矿采用房柱法、底盘漏斗采矿有底柱分段崩落法;湖北荆襄刘冲磷矿采用房柱法、浅孔留矿分段采矿法。我国主要大型地下开采磷矿的矿石回采率一般可达 60%~70%,贵州开阳回采率可达 70%~80%。但大部分地下磷矿技术较落后,矿石回采率仅 50%左右。

2.1.2 开采装备 随着我国采掘业的不断发展和进步,一些大型、节能、智能、安全的采、装、运、排新设备在我国磷矿开采业得到应用。云南磷化集团铲装主要用小松 PC1250、PC750、沃尔沃 EC700 挖机、FWK-5A 电铲,裂矿集堆主要用卡特 D9R、小松 D275 推土机,运输主要用沃尔沃 37t/39tA40D/E、小松 36.5tHD325/326 大车;贵州瓮福磷矿铲装主要用小松 10 m³ 前装机和日立 10 m³ 液压铲,运输主要用北重 77 t、91 t 大车;湖北黄麦岭铲装主要使用 4 m³ 电铲和卡特 988F 装载机,运输使用 3307 C 特雷克斯 45 t 大车。贵州开阳磷矿地下开采主要用无轨自行设备,美国瓦格纳 EST-5C 型遥控电动铲运机,芬兰坦姆洛克 MINIMATIC H107B 掘进台车、PARAMATIC H107B 中深孔回采台车和 ROBOLT H495-29 树脂锚杆台车;其它几家大型地下磷矿开采主要用 TQ-80、YG-80 和 YGZ-90 型凿岩机凿岩,用 ZYQ-12G 和 ZCZ-26 型风动装岩机装岩出矿,用 2DPJ-30 和 2DPJ-28、ZPK-14 电耙搬运^[4]。

近年来,我国磷矿开采技术、装备水平、管理

水平、企业规模和集中度虽取得了长足发展和不断提高,但与国外发达国家相比还有一定的差距。

2.2 我国磷矿选矿

与世界其它产磷国相比,我国在矿石性质、类型、品质和可选性等方面都存在较大差异^[5],普遍含较高的 MgO、Al₂O₃ 和 Fe₂O₃ 等有害杂质,磷矿物和脉石矿物共生紧密,嵌布粒度细小,绝大部分磷矿必须经过选矿富集才能提高品位、降低杂质含量,为后续深加工所用。长期以来,我国许多科研院所、高等院校和企业的专家学者不断地进行中低品位磷矿的选矿攻关研究和产业化开发,根据矿石类型和性质的不同,研究开发了多种不同的选矿工艺技术和方法,主要有浮选、擦洗脱泥、重选、焙烧—消化、化学浸取、光电选矿、联合选矿,以及光电拣选、磁罩盖法等工艺技术,使我国磷矿选矿取得了长足发展和进步,年浮选规模达到 1 585 万 t。磷矿浮选、擦洗脱泥、重介质选在我国已有广泛应用,其它选矿法及工艺技术在我国虽有许多研究,但大多局限于试验室研究与探索,受成本和技术成熟度的限制,还没有工业化应用。

2.2.1 磷矿选矿工艺技术 浮选是磷矿选矿用得最多的一种方法,分为直接浮选、反浮选、正一反(反—正)浮选和双反浮选工艺。生产实践中用得较多的是直接浮选、反浮选和正反浮选工艺。

a. 直接浮选工艺是采用有效的抑制剂抑制磷矿石中的脉石矿物,用捕收剂将磷矿物富集于浮选泡沫中。该工艺已成功应用于岩浆岩型磷灰石和沉积变质型磷灰岩矿石的选矿,选矿回收率普遍高于 90%。河北马营磷矿、江苏锦屏磷矿和湖北黄麦岭磷矿选矿厂早已得到生产应用。

b. 沉积型硅钙(钙硅)质磷块岩是世界公认的难选磷矿石。随着“S”系列、“OT”系列、“YP”系列、“PA”系列等多种高效抑制剂和捕收剂的成功开发与应用,用正一反或反—正浮选选别该类矿石的选矿技术取得了突破性进展。正一反加温浮选工艺在湖北大峪口已成功应用于选矿工业生产,回收率达到 82%以上;正一反常温浮选工艺已成功应用于云南磷化集团建成的 2 座 200 万 t/a 浮选厂和在建的 450 万 t/a 浮选厂,回收率达到 84%以上,超越了湖北荆襄王集磷矿选矿厂用直接浮选工艺回收率不到 80%的工业生产效果。

c. 反浮选工艺主要用于磷矿物和白云石的分离,以无机酸作为矿浆 pH 值调整剂,在弱酸性介质中用脂肪酸捕收剂反浮白云石,将磷矿物富集于槽内。该工艺技术瓮福磷矿已成功应用于沉积型钙质磷块岩的选矿工业生产,选矿回收率达到

88%以上甚至超过90%;云南磷化集团也成功应用于沉积型硅钙质磷块岩的选矿工业生产,选矿回收率达到85%以上。磷矿双反浮选工艺正在研究开中,目前未见工业化生产成功应用的报道。

擦洗脱泥工艺:该工艺技术主要用于处理风化型、含泥质物多的中高品位低镁磷矿石。最早以云南磷化集团海口磷矿60万t/a擦洗厂建成投产为标志,将磷矿石进行破碎、擦洗、脱除矿泥,筛分分级生产不同矿产品,取得了较好效果,继而扩大到滇池周边的低镁风化富矿的开发。目前云南滇池周边地区的矿山利用该技术建成多家擦洗厂,总处理能力1000万t/a左右,精矿产率达到85%以上,回收率达到88%以上。较典型的、规模最大的是云南磷化集团晋宁磷矿160万t/a擦洗厂。

重介质选矿工艺:磷矿重介质分选技术是利用矿物之间的比重差异以加重剂为介质来分选磷矿石的方法。我国第一座磷矿重介质选矿厂(湖北宜昌花果树磷矿选矿厂),以重介质旋流器为分选设备,以磁铁矿为加重剂,采用一段洗矿脱泥和一粗一精重介质选矿流程,处理硅质条带磷块岩获得了成功。随后,天地科技股份有限公司唐山分公司在多年重介质分选工艺研究基础上,经过不断地科技攻关,成功将无压给料三产品重介质旋流器应用于磷矿分选,取得了较好效果。在湖北宜昌花果树磷矿、广远化工有限公司和宝石山矿业有限公司,重介质旋流器选磷已得到广泛应用^[6-8]。

2.2.2 选矿药剂 广大选矿科技工作者研制开发了多种新型磷矿选矿药剂,已经取得一些新的进展和成果,有的新药剂已在生产上成功使用。

云南磷化集团与武汉工程大学联合研制的YP系列胶磷矿浮选药剂,已成功应用于云南中低品位胶磷矿常温正反浮选工业生产。瓮福磷矿自主开发的WF-01磷矿反浮选捕收剂在瓮福选矿厂应用效果较好。武汉工程大学研制的捕收剂OT-8,对宿松磷矿和海州磷矿试验研究获得了较好选矿指标^[9];研制的高效反浮选抑制剂W-98与硫酸联合作反浮选抑制剂,选别四川马边碳酸盐型磷块岩分选效果好、排镁率高。武汉理工大学研制的一种高效阳离子脱硅捕收剂GE-609,应用于磷矿石反浮选效果较好,可大幅度提高磷精矿品位;开发的新型捕收剂B-3^[10]对湖北某磷矿进行反浮选脱镁试验研究获得了较好指标。贵州大学研制的TS药剂^[11]在弱酸性介质中反浮选胶磷矿,对贵州某磷矿进行试验研究获得了较好指标。云南磷化集团研发中心开发研制的一种碳酸盐抑制剂YY1^[12],用于云南磷矿正浮选试验研究效果较好。

2.2.3 选矿设备 随着选矿设备的不断改进,一些新型高效、大型化、自动化程度高的选矿设备被用于磷矿选矿。磷矿专用三产品重介质旋流器的成功研制应用,填补了我国在高密度非磁性矿物分选技术领域的空白,磷矿采用该专用旋流器可以实现要求高分选密度的磷矿石的有效分选^[13]。云南磷化集团2007年底建成投产的2座200万t/a磷矿浮选厂,大型反击式锤式破碎机、高效圆锥破碎机、KYF-50 m³大型浮选机、NXZ-30大直径高效浓密机的应用,以及DCS与PLC自动监控系统的应用^[14],极大提高了我国磷矿选矿设备大型化、高效率、自动化水平。云南磷化集团即将建成的晋宁450万t/a磷矿浮选厂130 m³大型浮选机和150 m³大型浮选柱的应用,开创了我国磷矿选矿设备大型化运用的先例。

我国中低品位磷矿选矿,经过多年的持续攻关和开发研究,在选矿工艺技术、药剂、设备、环保、回水利用等方面都取得了新的突破和进展,云天化云南磷化集团、瓮福、宜化为代表的中低品位胶磷矿选矿技术和装备水平世界领先,为推动我国大中型磷矿选矿厂建设,提高资源利用率,扩大资源可采量发挥了重要作用。

2.3 磷肥与磷化工

我国磷矿消费结构中磷肥占71%,磷化物占16%,黄磷占7%,磷酸盐占6%。磷矿石深加工分为湿法和热法两种工艺路线。湿法工艺是用各种无机酸分解磷矿粉,生产磷酸、水溶性磷肥和磷酸盐;热法工艺是在高炉或电炉内,经高温熔融磷矿石制取钙镁磷肥或生产黄磷。

截至2009年底,我国磷肥产能2000万tP₂O₅左右,其中,高浓度磷肥产能达到1450万tP₂O₅。高浓度磷复肥加工能力为:磷酸二铵(DAP)能力(实物,下同)1200万t,磷酸一铵(MAP)能力1300万t,重钙(TSP)能力200万t;硝酸磷肥(NP)90万t;高浓度NPK复合肥能力5000万吨左右,NPK复混(合)肥有生产许可证的4624家,加工能力2亿吨。自2005年我国磷肥产量超过美国以来一直居世界第一^[15]。通过近几年的发展,我国磷肥产业基于矿肥结合、酸肥结合、肥化结合原则,布局趋于合理,产业集中度大幅提高,行业技术和装备水平显著提高,大型磷复肥技术和装备已达国际先进水平。针对我国磷矿品位低、杂质高的特点,先后研制成功了料浆法磷铵技术,聚晶法和快速萃取法磷酸生产技术,传统法DAP与料浆法MAP联产技术,低温转化生产硫酸钾复合肥技术,中低品位磷矿与难溶性钾矿生产熔融磷钾肥

技术,以及各种新型高效复肥、缓控释肥技术,同时磷石膏综合利用技术也有较快进展.随着大型磷酸萃取槽、过滤机、磷酸料浆泵、球磨机、造粒机、干燥机及管式反应器等关键设备的研制与应用,我国磷肥装置的国产化、大型化取得突破性进展,年产 30 万吨磷酸、60 万吨磷铵、配套 80 万吨硫磺制酸装置全部实现了国产化.我国湿法磷酸生产磷收率一般可达到 96% 以上,云天化国际三环分公司磷收率可达到 97% 以上.

截至 2009 年底,我国磷化工企业总数在 500 家以上,磷化工产品生产能力在 700 万 t/a 以上,年产量约 400 万 t/a,生产品种 80 多个,100 多个规格型号.从产能和产量上看,我国已列为世界第二磷酸盐大国,个别产品能力和产量位居世界第一^[15].全世界现有黄磷生产能力已逾 150 万 t/a,我国约占 75%,位居第一,黄磷生产磷收率达到 92%~93%.我国磷化工产品仍以基础产品磷酸、三聚磷酸钠、饲料磷酸氢钙为主,产品产量居世界第一.为此,随着近年来磷肥、磷化工产业的快速发展,我国已成为世界磷矿、磷肥、磷化工生产大国,对磷矿资源的开发利用量已居世界第一.

3 磷资源开发利用存在的主要问题

我国磷资源的开发利用,按照科学开发、有效利用、可持续发展的要求还存在着以下问题.

a. 我国磷矿开发利用虽具一定规模,但存在个体矿山规模小、集约化程度低,开发方式粗放,规模优势,整体效应不强.

b. 我国磷矿采选技术、管理和装备水平参差不齐,总体水平不高,与发达国家相比,开采技术、装备水平和资源利用水平还存在不小的差距.

c. 受经济和开采条件限制,采易弃难,采富弃贫,掠夺性开采,破坏资源环境现象屡禁不止.对磷矿资源的价值和稀缺性认识不足,对磷资源开发的长远规划、有序接替和可持续性缺乏统筹考虑.

d. 在中低品位磷矿开发利用方面,我国大多数磷矿企业特别是中小型磷矿企业缺乏选矿加工技术和能力,没有建设配套的磷矿选矿厂,在开采富矿过程中附带采出的或留存的大量中低品位磷矿石未得到选矿加工回收,中低品位磷矿选矿开发的力度和规模不够.

e. 我国有 1/3 以上的磷矿伴生和共生有铀、碘、铁、钛、稀土、钨、锆等多种有益高价有用元素,由于重视和研究不够,共伴生资源综合利用率低.

f. 我国有相当一部分优质磷矿石被用于生产中低浓度的普通磷肥,存在“优矿劣用”的浪费情

况.我国湿法磷酸净化技术和精细磷化工加工技术比较薄弱,难生产高端、高精细磷化工产品;同时,磷化工产品结构不够合理,低附加值的无机磷化工产品比例过大,高附加值的有机磷产品比例较小.我国磷化工企业的生产技术和原料路线较落后,精、深加工能力差,机械化和自动化程度低.

4 我国磷矿资源开发利用未来趋势

a. 以“磷矿资源整合、资源高效利用”为主线,将逐步加大磷矿企业的整合重组力度,推行安全高效、规模化、集约化的磷矿开采技术,由目前“采富弃贫,采易弃难”逐步转向“贫富兼采,全层开采”,提高资源回收率和开发集中度,形成规模化、集约化开采,传统的、粗放的开发利用格局将得到调整 and 改变.

b. 随着高品位磷矿资源的急剧减少和资源的日益贫化,正逐步从以富矿开发为主转向中低品位磷矿开发为主的时代,中低品位磷矿采选开发利用将成主流.综合利用磷矿石中共伴生的高价有用元素,提高资源综合利用率也将成为重点.

c. 磷矿开采:一是大型特大型、自动化、数字化、智能化的先进矿山设备应用将成主流.露天矿通过配置高效、低耗的大型铲、装、运、推设备,地下矿广泛应用掘进能力强,铲装运载能力大、生产效率高、舒适性和自动化程度都较高的无轨化、自动化采矿设备,提高整体开采技术、装备水平和资源利用水平.二是开采技术进一步提升.露天矿连续化开采工艺技术的应用,采用单斗电铲采掘—移动式破碎—胶带输送机运输—推土机排土的半连续工艺.地下矿山,大直径深孔落矿空场法在磷矿开采中将得到应用,并朝着高阶段、大采场,一步骤回采和采准切割合二为一的方向发展.同时,铲运机—移动式破碎机—胶带输送机采矿系统在部分地下磷矿山也将得到应用.三是信息技术和高效安全开采技术的广泛应用,用数字化、仿真虚拟技术再现矿床模型,通过矿山高度信息化,实现高效、安全采矿、遥控采矿和无人采矿.

d. 磷矿选矿:开发高效环保药剂、多种流程结构形式和多种工艺流程,以及新型大型高效能设备和自动控制技术的应用是磷矿选矿的总趋势.一是研究开发选择性高、专属性强、环境友好的高效浮选药剂.如在磷矿正浮选中石英、硅酸盐高效抑制剂的开发,低温下溶解分散性强、选择性高、经济环保的阴离子捕收剂的开发,反浮石英、硅酸盐高效环保阳离子捕收剂的开发,及新型多官能团螯合剂的开发等.二是继续正反(反正)浮选工艺的再研究和双反浮选工艺的研究与产业化,研

究开发适应性强、经济性好、技术指标先进的工艺和流程。三是进行磷矿浮选新型大型设备和成套设备及集成技术的研究应用。磷矿选矿设备向大型化、自动化、高分选性、低能耗发展是一种趋势。如新型大型浮选机、浮选柱在磷矿选矿上的应用，大型高效破碎机、自磨和半自磨机中的应用，以及选矿过程自动化控制技术及设备的应用等。四是多种流程结构形式的优化组合应用是磷矿选矿发展的一种趋势。随着磷矿石不断向“贫、细、杂”发展，开发采用多段浮选、分支串流浮选、多种流程结构形式，不断提高磷矿选矿技术经济指标和资源回收率是改进的方向。五是多种选矿方法和工艺流程的联合应用。比如重选—浮选、光电选—浮选、磁选—浮选或几种选矿方法的联合运用。

e. 湿法磷酸加工工艺将围绕提高装置产能、提高湿法磷酸净化和副产氟、硅元素及磷石膏综合利用技术的方向发展。即主要是对现有装置系统进行技改升级，提高装置效能和磷回收率。湿法磷酸净化：一是以有机溶剂萃取方法将稀磷酸净化成高品质磷酸，进一步开发高选择性的萃取剂；二是阳离子的净化、农用磷铵生产工业磷铵技术开发，应用离子平衡原理与乳液液膜技术，脱除湿法磷酸产品、农用磷铵中的钙、镁、铁、铝等高价金属阳离子；三是开发混酸法湿法磷酸净化脱杂预处理技术，实现混酸法脱硫脱氟除铁、镁等一次完成预处理，提高精制磷酸质量。磷化工将以发展精细磷化产品及有机磷化工为主线，积极开发以黄磷和热法磷酸为原料的深加工产品，加快发展阻燃剂、增塑剂、磷化工等有机磷产品的开发，提高深加工产品的科技含量和附加值。

f. 随着磷肥、磷化工向集群化、循环化、精细化、高端化发展和产业链的横向扩展和纵向延伸，按照国家大力发展“循环经济、低碳经济”和“转方式、调结构”的要求，必将推动我国磷矿资源开发

向“资源节约型、环境友好型”方向发展，由传统的“选采、选用”向“贫富兼采、全层开采，集中选矿加工、综合利用”的方式转变。磷资源开发利用采选技术装备和磷的深加工水平将得到更大的提升。

参考文献：

[1] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T0209—2002 中华人民共和国地质矿产行业标准[S]. 北京：中国标准出版社，1994.

[2] 袁俊宏. 世界磷资源综合利用及发展趋势[EB/OL]. [2010-11-01]. <http://www.baiinfo.com.htm>.

[3] 刘建雄. 我国磷矿资源开发利用趋势分析与展望[J]. 磷肥与复肥，2009(2)：1-4.

[4] 钱建林，杜悦周，黄建华. 地下化工矿山设备的现状[J]. 矿山机械，1990. 9.

[5] 李成秀，文书明. 我国磷矿选矿现状及其进展[J]. 矿产综合利用，2010(2)：22-25.

[6] 符瑞良，樊旭东. 宜昌磷矿重介质选矿的生产实践[J]. 化工矿山技术，1993(2)：1-3.

[7] 马宏云，崔亮. 重介质分选简化工艺在分选磷矿中的应用及研究[J]. 煤炭技术，2008，27(9)：133-135.

[8] 王金生. 重介质旋流器在宝山选矿厂的应用[J]. 科技情报开发与经济，2009，19(5)：195-196.

[9] 罗惠华，王俊. 海州市磷矿低温浮选的研究[J]. 中国矿业，2006，15(10)：92-94.

[10] 高惠民，许洪峰，荆正强，等. 湖北某胶磷矿反浮选试验研究[J]. 化工矿物与加工，2008(2)：4-6.

[11] 唐云，张覃. TS 药剂在磷矿浮选中的作用研究[J]. 矿业研究与开发，2003(3)：4-6.

[12] 梁永忠，罗廉明，夏敬源，等. 磷矿浮选碳酸盐抑制剂应用研究[J]. 化工矿物与加工，2009(2)：1-2.

[13] 孙华锋. 重介质旋流器在分选磷矿石中的应用[J]. 选煤技术，2006(4)：54-56.

[14] 柏中能. 云南中低品位磷矿浮选工业化现状及展望[J]. 磷肥与复肥，2009(3)：93-94.

[15] 武雪梅. 中国磷肥工业现状与发展浅析[EB/OL]. [2009-11-17]. <http://www.cheminfo.gov.cn.htm>.

Development and utilization trend of phosphate resources in China

ZHANG Wen-xue

(Yunnan Phosphate Chemical Group, Co., Ltd, Kunming 650600, China)

Abstract: The development of phosphate resources plays an increasingly important role in the international community. China, as a kingdom of world phosphate rock, phosphate fertilizer and phosphorus chemical industry, has entered a new stage in the development of phosphate resources. The Beneficiation and deep processing equipment will be overall improved to reach a new level by upgrading the present development and utilization to the pattern that abide by principles of “simultaneous exploitation of low-and high-grade ore, each layer exploitation, centralized beneficiation and comprehensive utilization”.

Key words: phosphate resource; mining and beneficiation utilize; development trend 本文编辑：陈小平