

# 中国北方内生磷矿资源分布特征及潜力

夏学惠<sup>1</sup>, 连 卫<sup>2</sup>

(1. 中化地质矿山总局地质研究院, 河北 涿州 072754; 2. 中化地质矿山总局, 北京 100101)

**摘 要:**华北地块北缘和塔里木地块北缘是中国两个巨型成矿带, 主要分布有超基性—碱性岩型、超基性—碳酸岩型、碱性岩型、超基性岩型、基性岩型、伟晶岩型、绿岩带型等 8 种成因类型的磷矿床, 磷矿在大地构造上产于古老地台边缘带, 受深大断裂控制。容矿岩石为镁铁质—铁质岩系列, 矿物的共生组合主要为透辉石+磷灰石+磁铁矿+黑云母。进一步确定出 12 个磷矿找矿潜力区。

**关键词:**内生磷矿; 成矿类型; 资源分布; 找矿潜力

**中图分类号:** P619.213; P612

**文献标识码:** A

**doi:** 10.3969/j.issn.1674-2869.2011.03.024

## 0 引 言

中国内生磷矿主要分布在华北地块北部和塔里木地块北缘及其地槽过渡带。这两个地区地质构造复杂, 岩浆活动频繁, 具十分有利的成磷构造条件和岩浆岩条件, 构成重要的内生磷矿成矿带。

## 1 内生磷矿产出构造环境及分布

中国内生磷矿主要分布在华北地块北部与塔里木地块北缘。华北地块内长期隆起的内蒙地轴与磷铁成矿关系密切的是华北太古代古陆核与辽吉南部太古代古陆核中绿岩花岗岩地体。长期拗陷的燕辽沉降带, 西起河北阳原, 经蓟县向东至辽西地区。该带历经各期构造运动, 伴有深源岩浆活动, 其中幔源超基性—碱性—碳酸岩侵位是其重要特点之一, 构成晚华力西至印支期构造岩浆岩带。区内断裂构造发育, 深断裂多伴生有数条近于平行的次级断裂, 构成断裂带。含磷岩体多分布于深大断裂与一般断裂的交汇部位。华北地块岩浆岩发育, 构成两个成矿期。组成含磷岩体的岩石类型主要有橄榄岩、辉石岩、蛇纹岩、透辉岩、斜长岩、苏长岩、辉石岩、黑云母辉石岩、辉石正长岩和正长岩等, 以透辉岩、苏长岩、辉石岩、黑云母辉石岩为主要含矿岩石。

塔里木地块北缘褶皱、断裂构造发育, 火山—岩浆活动较频繁。在哈尔克山南麓及塔里木北缘一带发育古元古代晚期—晚加里东期的碱质火山岩和变火山岩, 在其西部地区还有喜马拉雅期的碱性岩浆喷发产物。侵入岩以华力西期花岗岩和超基

性—碱性岩为主, 并沿褶皱轴或深断裂侵入。发育有南哈尔克山深断裂、塔里木地块北缘的深断裂及台内深断裂三种不同构造类型的断裂, 其多期次活动控制了北缘深源超基性—碱性岩浆的喷出和侵入。含磷岩体多分布于深断裂一侧, 基性—超基性含磷杂岩体受兴地深大断裂控制明显, 且呈串珠状分布。组成含磷岩体的岩石类型主要为偏碱性基性岩、偏碱性超基性岩、碳酸岩等<sup>[1-4]</sup>。

## 2 岩浆岩型磷矿成矿特征

根据含磷岩体的岩石类型及成因, 将中国内生磷矿划分为八类(表 1)。

### 2.1 岩浆岩体分布与成矿

华北地块北缘基性、超基性岩体相当发育。岩体侵入时代从阜平期—喜马拉雅期, 以吕梁期和晚华力西期最为发育; 岩石类型包括基性岩、超基性岩、超基性—碱性杂岩。其分布明显受东西向的深大断裂带控制, 与磷矿有关的构造岩浆岩带有 4 条。

①赤城—丰宁—建平太古代基性火山岩绿岩花岗岩地体分布带, 呈近东西向展布。区内尚义—平泉深断裂横贯全区。绿岩带以中部基性—酸性火山岩组合和上部沉积岩组合发育, 是古代大陆裂谷环境的产物。该带分布有承德地体、辽西地体、抚南地体、清原—靖宁地体等四个地体。绿岩地体分别产有河北丰宁招兵沟, 辽宁建平勿兰乌苏、抚南通什和黑背、吉林靖宁天合兴等铁磷矿床。太古代绿岩带是金、铁、磷矿的主要矿源层, 华北地块北部 20 多个绿岩地体是铁磷潜在的找

矿远景区.

表 1 中国内生磷矿床分类

Table 1 The classification of endogenetic phosphate rock in china

成因类型	成矿模式	地理地质分布	典型矿床
超基性—碱性岩型	矾山式	华北地块北缘 燕辽沉降带	河北矾山、姚家庄、山东枣庄沙沟
超基性—碳酸岩型	且干布拉克式	塔里木地块北缘 华北地块北缘	新疆且干布拉克、天津蓟县马伸桥
碱性岩型		辽宁、山西	辽宁凤城施家堡、山西紫金山
碳酸岩型	白云鄂博式	内蒙、新疆	内蒙白云鄂博、新疆瓦吉尔特格
超基性岩型	卡乌留克塔格式	塔里木地块北缘 内蒙地轴	河北小张家口、新疆卡乌留克塔格、多克斯、团结村北山、陕西凤县九子沟、青海上庄、山东栖霞观里
基性岩型	马营式	华北地块北缘 塔里木地块北缘	河北马营、黑山、大庙、新疆大西沟
伟晶岩型	右所堡式	华北地块	内蒙卓资、丰镇、河北右所堡、山西天镇
绿岩带型	招兵沟式	华北古陆核 山东古陆核	河北丰宁招兵沟、山东莱芜雪野、掖县
	勿兰乌苏式	辽吉古陆核	辽宁建平勿兰乌苏、簸箕山

②尚义—平泉—凌源—北票—沙河中元古代基性岩、超基性岩带,受内蒙地轴南缘岩石圈深断裂控制,分布有超基性岩体 99 个,基性岩体 16 个,主要为吕梁期和华力西期形成.超基性岩体的岩石组合为橄榄岩—辉石岩—角闪石岩,部分岩体含磷和铂.基性岩体的组合为斜长岩—苏长辉长岩、辉长岩、辉绿岩,斜长岩—苏长辉长岩赋存磷灰石矿床.该带含矿元素组合主要为 Cr、Pt、P 及 Fe、Ti、P.

③阳原—密云—喜峰口—青龙—锦西—海城—草河口晚华力西至印支期超基性、碱性和碳酸岩杂岩带,受燕山台褶带穿壳断裂控制,分布于密云—喜峰口大断裂及延伸带上.出露超基性岩体 162 个,偏碱性超基性—碱性杂岩体 3 个.岩石组合为纯橄岩、辉橄岩、橄辉岩基蛇纹岩.偏碱性、超基性—碱性岩体,为华力西期形成,岩石组合为辉石岩—黑云辉石岩—正常辉石岩—辉石正长岩.姚家庄、矾山磷矿即与该类岩体有关.葛家等碱性岩体则形成于印支期.华力西期岩体含矿性有明显的差异性.该带含矿元素组合主要为 Fe、Ti、P.

④清源—辉南—桦甸—敦化超基性—碱性杂岩带,受铁岭—靖宇台隆北缘岩石圈断裂控制.地台边缘与褶皱带过渡区及地台内部深断裂带区域,特别是二者交汇地区是磷矿成矿有利部位.如吉林辉发河与古洞河两深断裂带及其与槽台过渡带交汇区,是内生磷矿的成矿有利地段,桦甸地区含磷碱性—基性杂岩群分布区沿辉发河深断裂带构成一超基性、基性、碱性岩杂岩型磷矿远景区.

塔里木地块北缘岩浆活动主要集中在地台北缘深断裂两侧,呈近 EW 向展布,该区超基性—碱性杂岩均有强烈活动.地台北缘三条深断裂的多期次活动,控制了该带深源碱性岩浆的喷出和侵

入.碱性杂岩活动主要以晚志留海盆扩张时形成的碳酸熔岩以及在微陆块削减—收敛阶段侵入的碱性岩群为主.碱性杂岩主要分布于深断裂两侧,与内生磷成矿作用有关的主要为地块内测偏碱性杂岩.该类型碱性—超基性杂岩主要分布于塔里木地台北缘库尔勒深断裂南侧.目前已发现各类杂岩体 33 处.可分为东西中三个基型超基型—碱性杂岩带.

⑤尉犁—兴地杂岩带,区内已发现偏碱性超基性杂岩体多处.在尉犁县的且干布拉克杂岩体内已发现大型蛭石—磷灰石矿床,在卡乌留克杂岩体内已发现大型低品位铁磷矿床<sup>[1]</sup>.

⑥巴楚—阿图什基型—碱性杂岩带,在瓦吉尔特格杂岩体内发育碳酸岩脉,碳酸岩脉中含有磷灰石、天青石与氟碳铈矿,已形成小型磷矿床.

⑦温宿—拜城杂岩带,以波孜果尔碱性杂岩体为代表,杂岩体内发现最具找矿意义的含铌、钽矿物烧绿石,是寻找 Nb-Ta-P 矿床前景最佳区段;在克其克果勒碱性杂岩与志留纪碳酸熔岩内,发现霓霞正长岩、霓霞岩、磷霞岩等捕虏体,推测深部可能有含磷碱性杂岩与磷矿体存在,具有较好的找矿前景.

2.2 含磷岩体岩石学特征

超基性—碱性岩型磷矿:含矿杂岩体岩石组合主要有辉石岩、黑云母辉石岩、黑云母磷灰石岩、磁铁矿磷灰石岩、正长辉石岩、辉石正长岩、正长岩等.杂岩体形成具有多期性,形成时间顺序多以超镁铁质岩开始,到正长岩结束.含矿岩石 SiO<sub>2</sub> 含量一般在 35%~40.38%之间,属超基性岩.在铁镁比值(Mg/TFe)与基性度(TFe+Mg)/Si 变异图中,岩石大都落在铁质区,少数落在铁镁质

区,反映了辉石岩、黑云母辉石岩均属于铁质与铁镁质岩类.岩石中  $K_2O+Na_2O$  含量较高,显偏碱性特征.碱金属中  $K_2O$  高于  $Na_2O$ ,属于钾质偏碱性岩系列.

**超基性—碳酸岩型磷矿:**含矿杂岩体岩石组合主要有辉石岩、黑云母透辉石岩、含磷黑云母次透辉石岩、磁铁矿次透辉石岩、纯橄榄岩、蛇纹石化橄榄岩、含磷灰石磁铁矿碳酸岩、白云石碳酸岩等.杂岩体具有多期性,一般以超镁铁质岩开始,经超镁质岩阶段,到碳酸岩结束.含矿岩石  $SiO_2$  含量变化较大,一般在  $37.16\%\sim 44.54\%$  之间.在铁镁比值 ( $Mg/TFe$ ) 与基性度  $(TFe+Mg)/Si$  变异图中,岩石均落在铁质区与铁镁质区,反映了黑云母透辉石岩、磁铁矿透辉石岩均属于铁质、铁镁质超基性岩类.岩石中  $K_2O+Na_2O$  含量变化在  $0.88\%\sim 3.28\%$ ,在碱金属与硅变异图中,分布在贫碱质—强弱碱质区内.

**碱性岩型磷矿:**世界典型碱性岩型磷矿岩石组合有霞石正长岩—霓霞岩—磷霞岩—粗面正长岩—白榴石正长岩—斑霞正长岩.中国含矿岩体岩石组合主要为黑云正长岩—霓辉正长岩—黑云霓辉岩—云霞正长岩—霓霞正长岩—云霞正长岩—白榴斑岩—假白榴石响岩—粗面响岩等.杂岩体具有多期性,一般以钠质碱性岩开始,到钾钠质喷出岩结束.岩石具低  $SiO_2$ 、富碱、K、Fe、贫 Mg 的岩石化学特征,属于中—基性高钾碱系列.岩石平均化学组分偏钾质,硅不和饱和,富高价铁,贫钙镁.岩浆活动自早期到晚期由高钾低钠向高钠低钾演化.一般磷矿化主要出现在第一期富钾低钠的霓辉岩相或黑云母辉石岩中.

**碳酸岩型磷矿:**典型碱性岩型磷矿岩石组合为方解石碳酸岩—白云石碳酸岩—黑云母碳酸岩—磁铁白云石碳酸岩—菱铁矿碳酸岩等.岩石中矿物组合可分为白云石±方解石—铁白云石—磷灰石—烧绿石;方解石±白云石—磁铁矿—磷灰石;白云石±方解石—磁铁矿—磷灰石—烧绿石;菱铁矿—磷灰石—磁铁矿;金云母—白云石—氟磷新镁石—磷灰石.

**超基性岩型磷矿:**岩体岩石组合主要有辉石岩—黑云母辉石岩—角闪辉石岩—角闪石岩.岩体形成具有明显分异现象,一般可形成磷灰石的富集,在磷富集地段可形成磷灰石透辉石岩,磷灰石含量可达  $20\%\sim 35\%$ .岩石中矿物组合可分为辉石—磁铁矿—磷灰石;黑云母—透辉石—磷灰石;角闪石—磷灰石—磁铁矿.岩石  $SiO_2$  含量均在  $45\%$  以下,  $MgO/FeO$  值小,在  $1.01\sim 3.14$  之间.当  $SiO_2$  含

量大于  $55\%$  时,构成工业磷矿的机会较少;该类型岩石  $CaO$  含量高,一般在  $12\%\sim 23\%$  之间,足够的  $CaO$  浓度,作为磷酸盐阴离子的沉淀剂,才有机会形成磷灰石富集.含磷岩石绝大部分为铁质区与铁镁质岩.岩石中  $K_2O+Na_2O$  含量变化在  $0.71\%\sim 5.96\%$ ,反应出该期岩石碱质变化较大.含磷岩石相当于铁质—铁镁质超基性岩类.

**基性岩型磷矿:**含矿岩体岩石组合主要有斜长岩—苏长岩,该类岩体蚀变较强,多形成钠黝帘石斜长岩、纤闪石化斜长岩、绿泥石化斜长岩等;辉长岩.岩石中矿物组合可分为紫苏辉石—磷灰石—磁铁矿—含钒磁铁矿—钛铁矿;斜长石—纤闪石—磷灰石—钛磁铁矿;普通辉石—斜长石—磁铁矿—磷灰石.岩体中  $SiO_2$  含量一般在  $42.38\%\sim 53.56\%$  之间;  $K_2O+Na_2O$  在  $3.14\%\sim 6.25\%$  之间.含铁磷的岩石  $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $K_2O+Na_2O$  含量偏低,  $TiO_2$ 、 $TFe$ 、 $MgO$  等含量高,铁镁指数为  $0.28\sim 0.97$ ,含磷岩石相当于铁质基性岩类.在  $K_2O+Na_2O$  对  $SiO_2$  投影图上所有岩石的投影全部落在强碱质区,说明属于强碱质岩类.

**伟晶岩型磷矿:**含矿岩体岩石组合主要有透辉钾长岩;透辉石岩—金云母透辉石岩;透辉石岩;透辉岩—透辉钾长岩;方解石金云母透辉石岩等.

**绿岩带型磷矿:**含磷岩系岩石组合为闪辉钛磁铁磷灰岩、磷灰角闪片麻岩、磷灰黑云角闪岩等.含矿岩石  $SiO_2$  含量变化在  $32.75\%\sim 39.39\%$  之间,属超基性岩范畴.  $TiO_2$  与  $FeO+Fe_2O_3$  含量高,前者可达  $6.57\%$ ,后者在  $19\%$  以上,属于铁质、镁铁质岩范围.将不同矿区的岩(矿)石化学成分投在 ( $Mg/TFe$ ) 与  $(TFe+Mg)/Si$  变异图中,绝大部分落入铁质区,个别落入铁镁质区.岩石中  $K_2O+Na_2O$  含量变化在  $1.89\%\sim 9.21\%$ ,在碱金属与硅变异图中投点均落在强碱质区,反应出与矿化有关的岩石碱质含量较高,规律性明显.含磷岩石相当于碱性铁质—铁镁质超基性岩类.

### 3 内生磷矿成矿规律

#### 3.1 古老地台边缘深大断裂控岩控矿

内生磷矿在大地构造上多产于古老地台区,尤其地台边缘及地台活化区的边缘带.天山地区产出的内生磷矿处在哈萨克斯坦地块及塔里木古地块的边缘带内,成矿大地构造条件优越.

深大断裂,特别是区域性的穿壳断裂对含磷杂岩起重要的控制作用,这类区域性断裂与其控制的杂岩常常形成具有很大成矿远景的构造—岩浆岩带.含矿杂岩和矿体多产于主干断裂与其羽状断裂

交汇处或不同方向的区域性断裂交汇处,该区杂岩体主要受瓦吉尔塔格—库尔勒—兴地近东西向深断裂控制,已发现的尉犁—兴地杂岩带受库尔勒—兴地深大断裂控制明显,含磷杂岩体主要分布在深大断裂旁侧或次级断裂构造交叉处。

3.2 容矿岩石为偏碱性—铁质岩系列

岩浆岩型铁磷矿床的岩石化学成分具有独特的特征, SiO<sub>2</sub> 的含量明显偏低,一般在 35%~45%之间,属于超基性岩范畴; K<sub>2</sub>O 和 Na<sub>2</sub>O 的含量明显偏高. 容矿岩石碱质含量均较高,在 SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O 关系研究中,反应容矿岩石原始岩浆应为碱性玄武岩系列;从 SiO<sub>2</sub> 含量来看为超基性岩,但 MgO 的含量并不高. 镁铁比值(Mg/TFe)与基性度(TFe+Mg/Si)研究表明,容矿岩主要为铁质岩及铁镁质岩类<sup>[2-3]</sup>。

3.3 容矿岩石主微量元素明显不和谐

主微量元素具明显的不谐和性,容矿岩石中不相容元素明显富集(Ba、Sr、Zr、P、REE),相容元素(Cr、Co、Ni 等)明显亏损. 从容矿岩体中主要元素与微量元素的关系可看出,二者间的不谐和性,超基性岩中丰度高的元素 Cr、Ni、Co 等含量却低,而中酸性岩中富集的元素却含量高. 这些特点是含磷偏碱性铁镁质—铁质岩所特有的,是磷、铁在岩浆演化中富集的重要因素<sup>[3]</sup>. 杂岩含矿性受 SiO<sub>2</sub> 活度和 K<sub>2</sub>O+N<sub>2</sub>O 化学位的双重控制. 低硅高钙,一定的碱是磷灰石富集的有利条件。

3.4 稀土元素平缓右倾斜模式

稀土元素总量 ΣREE 较高,轻稀土元素高度富集,铈无明显异常, δEu 值接近 1, δCe 显轻度负异常. 稀土配分模式为向右倾斜较平直的曲线。

3.5 共生组合特征规律

岩浆岩型铁磷矿具有共生组合规律,表现为元素的共生、矿物的共生、岩石类型的共生等. 元素的共生主要表现为 P、Fe、Ti、V、REE 具显著相关性<sup>[4]</sup>. 矿物的共生主要表现为透辉石+磷灰石+磁铁矿+黑云母组合;斜长石+磷灰石+磁铁矿+钠黝帘石组合;辉石+磷灰石+磁铁矿组合等特征. 岩石类型的共生表现在黑云母透辉石岩、辉石岩、碱性辉长岩、斜长岩、碳酸岩的共生等。

4 成矿远景及潜力分析

4.1 华北地块北缘磷矿成矿带

该成矿带东西长约 1 600 km,南北宽约 400 km. 带内断裂构造十分发育,伴随有不同规模、不同性质的岩浆活动. 以基性、超基性、超基性—碱性杂岩、碱性岩以及碳酸岩等岩体的广泛出露为特征. 这些岩体

与岩浆岩磷矿有密切的成因联系,已发现的 18 处大中小型磷矿床以及多处磷矿点、矿化点都是岩浆结晶分异、熔离贯入等成矿作用的产物. 该带具有有利的岩浆岩磷矿成矿构造条件和岩浆岩条件. 可划分为 8 个聚磷区(图 1)。

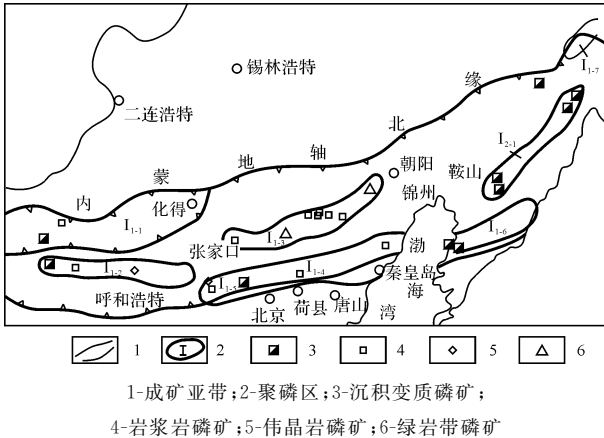


图 1 华北地块北缘磷矿成矿带分布图

Fig. 1 The distribution of phosphate rock-forming belts in the northern border of North China Block

固阳—集宁超基性—碳酸岩型磷矿聚磷区:位于成矿亚带的西部,呈东西向带状分布,长约 360 km,宽 25~60 km. 区内断裂构造发育,岩浆活动强烈. 侵入岩从酸性岩、基性超基性岩到碱性岩及碳酸岩均有出露,以超基性岩体数量最多,分布最广,碳酸岩体分布次之. 该区已发现磷矿床(点)多处,并有磷异常 10 多处。

凉城—怀安伟晶岩型磷矿聚磷区:位于成矿亚带的中部偏西,大致呈东西向带状分布,长约 200 km,宽约 100 km. 区内东西向及北东向深大断裂发育,伴随深大断裂活动形成的北东向或北西向构造裂隙分布广泛,其中含磷伟晶岩脉十分发育,常成群出现. 岩脉类型为含磷灰石透辉岩脉、钾长正长岩脉和碳酸岩脉. 该区已发现磷矿床 5 处,矿点多处。

崇礼—丰宁基性超基性岩型磷矿聚磷区:位于成矿亚带的中部,东西长约 200 km,宽 20~50 km,区内东西向、北东向深断裂发育,岩浆活动强烈,侵入岩有花岗岩、闪长岩、基性岩、超基性岩等,以超基性岩最为主要,出露岩体有 64 处. 已有 4 处超基性岩类磷矿(点). 据河北地矿局资料,区内物化探异常呈带状分布规律明显,有 31 处航磁异常带,55 处磷异常。

大庙—平泉基性岩型磷矿聚磷区:位于成矿亚带的中部,东西长约 120 km,宽约 20~40 km,呈带状展布. 区内断裂构造(主要是东西向断裂)发育,岩浆岩分布广,且数量多,有酸性岩、中性

岩、基性岩、超基性岩,其中以基性岩最为主要,不仅规模大而且数量多。已发现基性岩类磷矿床5处,矿点2处。区内物化探异常呈带状分布,有21处航磁异常,11处磷异常。

磴口—涿鹿—绥中超基性—碱性杂岩型磷矿聚磷区:位于成矿亚带中部,西起内蒙磴口经河北涿鹿、北京密云、河北青龙到辽宁绥中东西长约2500 km,宽约30~50 km,呈带状展布。区内断裂构造、侵入岩均发育。断裂以东西向为主,北东向、北西向次之,侵入岩有酸性岩、中性岩、基性岩、超基性岩、超基性—碱性杂岩等,以超基性—碱性杂岩体最为主。现已发现6处超基性—碱性杂岩型磷矿床与矿点。

凤城—宽甸碱性岩型磷矿聚磷区:位于成矿亚带东部,东西长约100 km,宽20~40 km。区内断裂构造发育,以北东向为主。沿断裂有碱性岩体的广泛分布。碱性岩体具有多期侵入相,分异作用良好,属钠质霞石正长岩类。这是一套有利的含磷岩石类型。目前已发现磷矿点及矿化点。

辉发河—桦甸碱性—基性杂岩聚磷区:位于成矿亚带东段地台北缘与褶皱带过渡区及地台内部深断裂带区域,特别是二者交汇地区,吉林辉发河与古洞河两深断裂带及其与槽台过渡带交汇区,是内生磷矿的成矿有利地段,桦甸地区含磷碱性岩基性杂岩群分布区沿辉发河深断裂带构成一超基性、基性、碱性岩杂岩型磷矿远景区,该区找寻碱性岩型磷矿前景较好。

丰宁—建平—靖宇绿岩带型磷矿聚磷区:位于河北北部赤城、丰宁、承德向东到辽西建平,呈近东西向展布的远景区。区内分布有承德地体、辽西地体、抚南地体、清原—靖宁地体等四个地体,构成具有工业矿床的太古代绿岩带型磷铁矿,如河北丰宁招兵沟和辽宁建平勿兰乌苏两个大型矿床, $P_2O_5$ 平均3%~5%,TFe平均15%~23%。抚南通什和黑背、吉林靖宁天合兴等铁磷矿床。在该带应进一步开展找矿工作。

#### 4.2 塔里木地块北缘磷矿成矿带

该成矿带位于塔里木地块北缘,属超基性—碳酸岩杂岩型磷矿,是世界最有前景的磷矿类型之一。在断裂西部地段,发现有超基性岩体及碳酸岩体。可以推断该成矿域内可能是一个超基性—碱性—碳酸岩杂岩群分布区,极有利于岩浆岩型磷矿的形成,因此是一个有重大远景的岩浆岩磷矿成矿带。根据含磷建造分布区域特征,成矿条件等,可将其进一步划分为4个聚磷区。

尉犁—兴地超基性—基性—碳酸岩型磷矿聚

磷区:位于库鲁克塔格磷矿成矿带中,沿库尔勒—兴地断裂近东西向分布有18处航磁异常及多处碱性—超基性岩杂岩体,其中且干部拉克属超基性—碳酸岩型磷矿。此外在断裂带的西段,发现有超基性岩体及碳酸岩体。推断该成矿域可能是一个超基性—碱性—碳酸岩杂岩群分布区,极有利于岩浆岩型磷矿的形成,是一个有重大远景的内生磷矿成矿区。通过近几年预测与勘查,在该区首次发现的一系列隐伏大型低品位铁磷矿床<sup>[1,3]</sup>通过对卡乌留克塔格铁磷矿、大西沟铁磷矿的详查,对奥尔塘普查,对团结村北山、多克斯的预查,共提交铁磷矿资源量3亿多吨,找矿前景较好。

觉罗塔格超基性—基性岩型磷矿聚:位于塔里木板块觉罗塔格磷矿成矿带中,聚磷区中部有一深大断裂,走向北西,区内发现十余处磁异常。岩浆岩主要为花岗闪长岩、辉石岩。其中辉石岩呈岩墙、小岩株状产出。对磁异常钻探验证,发现铁磷矿化体赋存在辉石岩内,TFe品位13.60%~25.05%。 $P_2O_5$ 含量较高。矿石矿物主要为磁铁矿、磷灰石。聚磷区内含矿辉石岩断续出露,长约6400 m,找矿前景十分有利。

黑英山—克其克果勒碱性杂岩型磷矿聚磷区:主要分布克其克果勒碱性杂岩与志留纪碳酸熔岩,碱性杂岩总体向北西延伸,为形态不规则的岩株状侵入体。在晚志留世地层中赋存有厚200~300 m的碳酸熔岩,延伸大于5 km。碳酸熔岩含有较多的磷霞岩、霓霞岩、霓霞正长岩等捕虏体。推测在其深部有较大的碱性杂岩体存在。碳酸熔岩内的磷霞岩是重要的磷灰石矿物的富集体。如俄罗斯的希宾碱性杂岩型磷矿,磷灰石矿物均赋存在磷霞岩和含磷霓霞岩中,此种类型岩石含磷灰石15%~75%,是重要的找矿标志。是一处重要的碱性岩型磷矿找矿远景区。

皮羌—巴楚超基性—基性—碳酸岩型磷矿聚磷区:位置属于塔里木地台北缘西段的巴楚隆起。该区岩浆活动强烈,以海西期基性、超基性、碱性岩浆活动为主。基性—超基性—碱性杂岩见于瓦吉尔塔格及麻扎尔塔格,出露面积约16 km<sup>2</sup>。杂岩体的北部辉石岩类岩石中分布有规模大小不等的40余条碳酸岩脉。碳酸岩脉普遍含磷与稀土, $P_2O_5$ 平均含量变化在2.18%~6.64%,最高17.33%,除磷灰石外,稀土 $TR_2O_3$ 平均含量变化在2.02%~12.41%。

皮羌含磷杂岩体呈不规则椭圆形侵入于中、上石炭统地层中。杂岩体主要由辉石岩类和辉长岩类组成,由于岩浆分异作用形成了辉长岩、橄榄辉长岩、含磁铁矿辉长岩、黑云母辉长岩、含磷灰

石辉长岩及含长辉石岩. 含磷灰石辉长岩主要分布于岩体的南北边缘. 经取样分析  $P_2O_5$  平均品位 6.18%, TFe 含量 30.13% ~ 41.26%,  $TiO_2$  为 13.3%, 磷灰石含量高, 找矿前景较大.

参考文献:

[1] 夏学惠, 谭云基, 袁家忠, 等. 新疆库鲁克塔格地区铁磷矿成矿条件及找矿预测[J]. 化工矿地质, 2008, 30(2): 91 - 98.

[2] 夏学惠, 袁家忠, 郝国庆, 等. 塔里木地台北缘内生磷矿预测及资源远景评价[J]. 化工矿地质, 2009, 31(3): 129 - 158.

[3] 夏学惠, 袁家忠, 郝国庆, 等. 新疆大西沟杂岩体地球化学及铁磷矿床特征[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2010, 40(4): 879 - 885.

[4] 夏学惠, 东野脉兴. 中国北方内生低品位磷铁矿床综合利用前景, 资源环境循环经济[M]. 北京: 中国大地出版社, 2005: 256 - 262.

Distribution characteristics and potential of endogenetic phosphate rock in north China

XIA Xue-hui<sup>1</sup>, LIAN Wei<sup>2</sup>

(1. China Chemical Geology and Mine Bureau Geology Research Institute, Zhuozhou 072754, China;  
2. China Chemical Geology and Mine Bureau, Beijing 100101, China)

**Abstract:** The northern border of North China Block and northern margin of Tarim Basin are two huge ore-forming belts in china, in which there are 8 types genetic classification phosphate rock such as basic-alkaline rock, ultra basic-carbonatite, alkaline rock, ultra basic rock, basic rock, pegmatite, greenstone belts and so on. Phosphate rock in old platform margin of tectonic belt is controlled by deep fracture. The host rock is mafic-ferruginous rocks suite, and the mineral association mainly is diopside + apatite + magnetite + biotite. This paper has further outlined 12 phosphate rock-prospecting potentials.

**Key words:** endogenetic phosphate rock; metallogenic types; resource distribution; ore-prospecting potential

本文编辑: 龚晓宁



(上接第 80 页)

Exploration of the effect of sulfuric acid addition point on Haikou low grade phosphate rock reverse flotation operation effect

YANG Wen-quan, LUO Lian-ming, PENG Jie

(Development and Research Centre, Yunnan Phosphate Chemical Group Co. Kunming 650113, China)

**Abstract:** It was studied that sulfaric acid and collector YP-3 was added in different dosing point with Haikon low grade phosphate rock reverse flotation operation. The results of the test indicated that: in the same dosing point and adding sulfuric acid and collector YP-3, flotation index is poor, pure mineral rate is low, and content of MgO is high. Such ore reverse flotation homework needs different dosing points respectively adding sulfuric acid and collector YP-3, in order to improve the flotation process selectivity and obtain more ideal dressing indexes.

**Key words:** low-grade phosphorus ore; sulfuric acid; reverse flotation; dressing indexes; Yunnan Haikou grade phosphorus

本文编辑: 陈小平