



印度共和国地质构造与区域成矿

印度共和国位于南亚次大陆中部,陆地面积 297.32 万 km²(不包括印控克什米尔地区与锡金),北部为喜马拉雅高山区,海拔平均为 5500 m;中部是印度河-恒河-布拉马普特河(在中国境内称雅鲁藏布江)平原,平均海拔 100~200 m,是印度经济最发达、人口最稠密地区;南部是印度半岛高原区,西高东低,平均海拔 600 m,高原东西两侧的沿海地区为山脉和狭长的海岸平原。

印度处于印度板块中心部位,其地质构造框架比较清楚,北部为喜马拉雅褶皱带,中、南部为印度半岛克拉通,之间为山前拗陷。喜马拉雅褶皱带分布于中印边界,占印度陆地面积不足 10%(不包括印控克什米尔地区)。该区有 2 条大断裂:南部为 NW 向转为近 EW 向的边缘逆掩断裂带,北部为 NW 向的中央逆掩断裂带,从而将印度境内喜马拉雅褶皱带分为低喜马拉雅褶皱带和高喜马拉雅褶皱带 2 个单元。低喜马拉雅褶皱带于上述 2 个大断裂之间,以元古宙中-浅变质岩系为主,其边缘及其西部凹陷有古生代地台型沉积地层出露,分布断续,常有中-新生代花岗岩侵入,并发育一系列由北向南的逆掩推覆构造。高喜马拉雅褶皱带位于中央逆掩断裂带以北,元古界基底岩层出露较少,但自奥陶纪至始新世,连续沉积了浅海相、滨海相岩层,化石丰富,厚度达 10 km,分布广泛;中-新生代花岗岩和基性岩发育。显然,印度北部喜马拉雅褶皱带基底仍属于印度克拉通,但自奥陶纪开始出现了浅海相地台型连续沉积,晚三叠世开始强烈凹陷,并且,印支运动后构造活动不断加强,直至始新世达到高峰,致使古特提斯洋消亡以及印度板块向欧亚板块碰撞俯冲,从而产生了一系列大型推覆构造,形成了雄伟的喜马拉雅山系。蛇绿岩带、推覆构造活动和新生代岩浆作用是该区成矿作用的重要因素。成矿作用主要有与中、新生代岩浆活动有关的铜、铅、锌成矿作用以及在推覆带上与蛇绿岩有关的铬、镍成矿作用,但由于这一带处于高山区,人烟稀少,矿产勘查难于开展,工作程度极低,几乎未进行过评价。

山前拗陷区位于印度中北部,占印度陆地面积约 20%,呈近东西向展布。该区全新世现代松散沉积物大面积呈平缓带状分布,厚度巨大,具有磨拉石建造特征,偶见零星前寒武纪变质岩系露头,显示了该山前拗陷是在印度前寒武纪克拉通基础上,由于印度板块向北俯冲,致使喜马拉雅自始新世以来不断隆升和剥蚀而形成的。目前没有在该区发现有价值的矿产地。

印度半岛克拉通于印度中部与南部,占印度陆地面积约 70%,是印度主要矿产地及开发地。该区广泛出露前寒武纪变质岩系,其上有不连续而呈条带状分布的晚石炭世—早白垩世的“冈瓦纳系”和德干暗色岩系,并有不同时代的岩浆侵入。前寒武纪变质岩系在印度半岛克拉通中以太古界—下元古界发育较全,并具有多种岩性组合,变质程度中-深,而中、上元古界主要于克拉通内裂谷与凹陷盆地以及线型地堑中,分布局限,岩性变化不大,变质较浅,构成了在组成与结构上具有一定差异的次级单元,通常将其划分为如下 7 个次级克拉通(图 1)。

西塔尔瓦尔(Western Dharwar)克拉通于印度西部,以绿岩带发育为特征,分高级变质带(变质核杂岩)和低级绿片岩带,前者包括条带状磁铁石英岩、二辉麻粒岩和超基性岩-斜长岩组合,呈 SN 向分布,并伴有 25 亿年的花岗岩侵入。成矿作用较广泛,主要有与高级变质带中超基性岩有关的铬矿化、与硅铁建造有关的铁矿以及其中富锰层的锰矿,此外,在低级变质带中,与火山岩有关的铜矿化和多金属矿化,部分形成规模矿床。

东塔尔瓦尔(Eastern Dharwar)克拉通于印度中南部,以 GGT 或类 GGT 岩系发育为特征,夹有少量绿岩带。在东部叠置有晚元古代武德达帕赫(Cuddapah)克拉通内凹陷,其主要岩性为砾岩、砂岩、白云岩夹火山岩,但岩层未变形或轻微变形,基本保持原始状态。该区有富钾质花岗岩和碳酸岩侵入,另有 4 个时代不明的金伯利岩筒。成矿作用比较集中,在晚元古代,武德达帕赫凹陷中含矿层位较多,如白云岩层中的重晶石

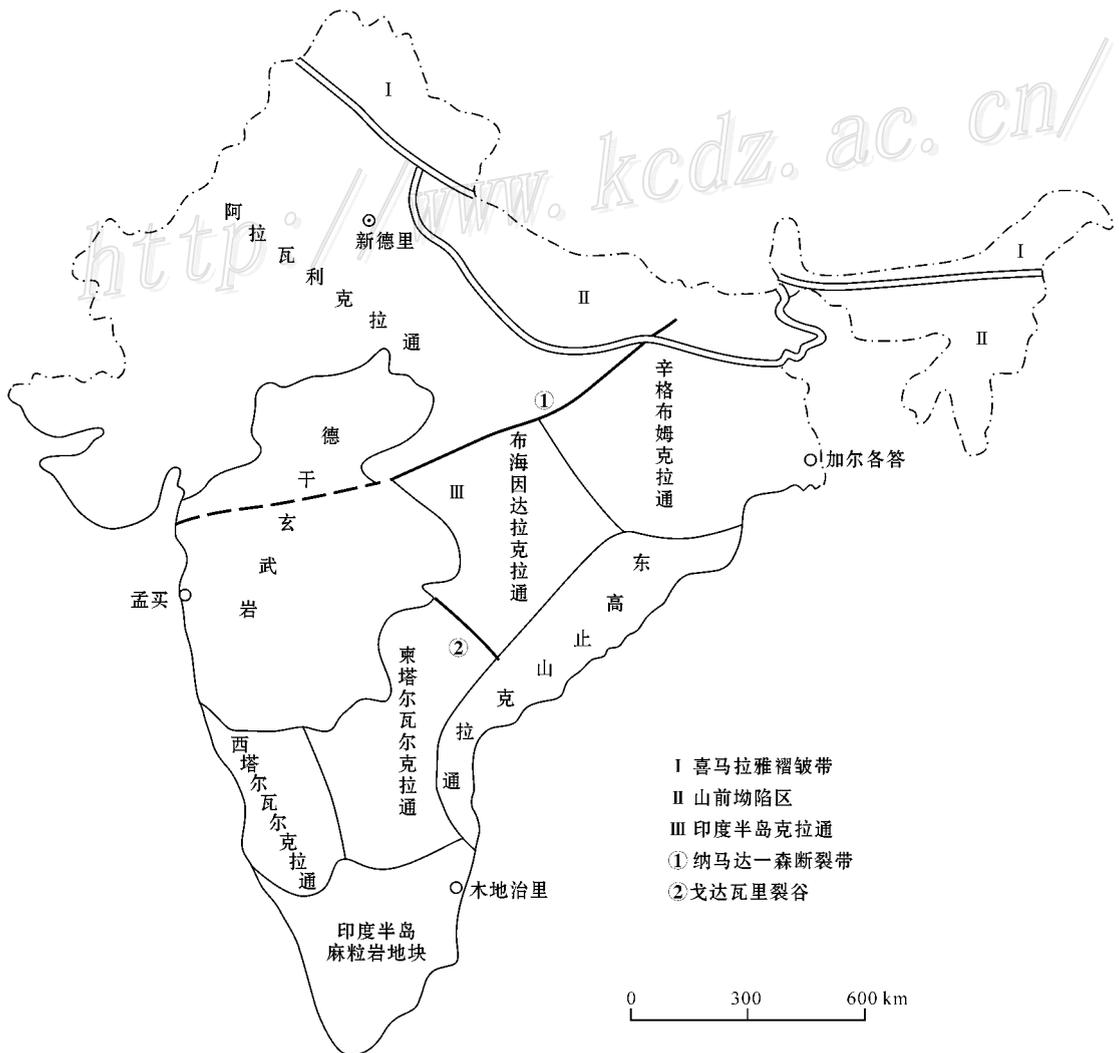


图1 印度大陆部分大地构造分区示意图

矿(储量占全球25%)底部砾岩型铀矿、Pulivendia层中石棉矿以及火山岩层中多金属矿化。在变质基性岩剪切带中,石英脉型金矿较发育,其中有世界知名的克勒(Kolar)金矿田。此外,在金伯利岩筒中和碳酸岩中还发现了金刚石矿和稀土元素矿。

印度半岛麻粒岩地块(Granulite Terrain)分布于印度最南端(图1),以麻粒岩相岩石发育为特征,同时分布有角闪岩相片麻岩和“超壳岩石”,包括紫苏花岗岩、基性麻粒岩、孔兹岩系、变粒岩和片麻岩等,另外,造山后碱性杂岩体也较发育。成矿作用主要与麻粒岩相区的硅铁建造和片麻岩相区的超基性岩有关,部分形成具规模的铬铁矿和铁矿床。

东高止山(Eastern Ghats)克拉通位于印度东部,以麻粒岩相与孔兹岩系岩石发育并混合出现为特征,常伴有角闪岩相片麻岩、斜长岩以及较晚形成的碱性岩体(1265 Ma)呈岩株侵入其中。该区成矿作用比较分散,主要是与硅铁建造有关的铁矿和产于钾长锰榴岩中的锰矿等,分布较广。

布海因达拉(Bhandara)克拉通于印度中部,以片麻岩夹绿岩带为特征,硅铁建造发育,呈SN向展布,其南有较大的Dongargarh花岗岩侵入体,其北叠置有3个中、晚元古代独立凹陷盆地,变质较浅,以石英砂岩、长石砂岩、页岩、灰岩和白云岩为主,偶见叠层石。硅铁建造中铁矿分布最广,具有粗粒波状纹状赤铁矿-燧石岩和细粒层纹状假象赤铁矿等2个亚建造,矿床规模较大。产于冒地槽型石英岩-页岩-碳酸盐岩地层(Sausar组)中的锰矿分布也较广。此外,在花岗岩体附近常有铜矿化。

辛格布姆(Singhbhun)克拉通于印度东北部,是印度前寒武系研究程度较高地区,由辛格布姆陆核组成,太古代地层为OMG($3\ 200 \pm 85$)Ma],主要岩性为中粒云母片岩、石英岩、钙硅质岩和角闪岩。硅铁建造十分发育。在陆核中有3条近EW向推覆带和由12个岩株、岩席和岩基组成的总面积达1 000 km²的花岗杂岩体(3 000 Ma),本区除与硅铁建造有关的铁、锰矿和与超基性岩有关的铬铁矿外,最引人注目的是辛格布姆(Singhbhun)推覆带上产于绿片岩相岩石中的铜矿与铀矿,它们顺层分布。

阿拉瓦利(Aravalli)克拉通于印度西北部,该区太古界—古元古界不发育,以绿岩和类GGT岩系为主,缺失硅铁建造,并呈NE向展布。广泛发育的中、晚元古界,其岩层变质较浅,以千枚岩和杂砂岩为主,夹石英岩和碳酸盐岩等,含叠层石和磷块岩,呈近EW向分布,其中,花岗岩侵入体分布广泛。该区矿产丰富,有铅锌矿和非金属矿产磷灰石、磷酸盐、石棉、重晶石、萤石、石膏、蓝晶石等。在NE-SW向拉贾斯坦构造带附近,热液型铜矿化较发育,铜赋存在中、晚元古代浅变质岩层中,铜矿中以克赫特利(Khetri)铜矿床规模较大。此外,在剪切构造带上常有铀矿化。

早寒武世至中石炭世,印度半岛克拉通处于隆升剥蚀状态。晚石炭世,印度半岛克拉通才接受沉积,并延续至早白垩世,以河流相和湖泊相沉积为主,底部为冰川沉积,岩性为砾岩、砂岩、粉砂岩和泥岩,通称为冈瓦纳系,仅分布在印度中部布海因达拉克拉通与东塔尔瓦尔克拉通之间的NW向戈达瓦里(Godavari)裂谷和北部近EW向纳马达-森(Narmada-Son)断裂带中。二叠纪地层是印度主要含煤地层之一,蕴藏丰富的煤炭资源。

上白垩统至第四系,印度半岛克拉通称为后冈瓦纳系,主要分布在东西海岸、主要河谷以及广阔的大陆架,以沼泽相、湖泊相及近代沉积为主,局部地区如西海岸孟买地区盛产油气和褐煤。晚白垩世至早第三纪,印度中、西部发育一套“德干暗色岩系”,它是由溢流玄武岩、裂隙喷发玄武岩和水平分布的玄武岩流组成,经风化后为火山玄武岩土壤。据目前资料,喷溢作用发生在70 Ma左右,喷溢延续时间约1 Ma,溢流原始面积达60万km²,最大厚度达2 000 m,岩层倾角平缓,为1~4°,并构成高原地貌,平均海拔618 m,最高海拔1 200 m,俗称为德干玄武岩高原。在该火山高原内还没有找到任何火山机构。德干暗色岩系经风化作用后可形成不同规模的红土型铝土矿,是印度铝土矿重要类型之一。

由于地质和地理原因,绝大部分矿产及其开发地均集中在印度半岛克拉通上,已发现并开采了磷矿、重晶石、云母、蓝晶石以及煤炭、石油等大量非金属和能源矿产资源,在金属矿产上,印度以铁、锰、铝、金四大优势矿产矗立在世界前列。印度矿产资源的形成与印度半岛克拉通的形成及其演化有着密切的关系,并明显地可分出原生与表生2种成矿作用,前者体现在前寒武纪各种地质作用中,其中,有与绿岩带形成有关的铜、铬、铁、金等矿产;与硅铁建造有关的铁、锰等矿产;与基性-超基性岩侵入有关的铬、镍等矿产;构造带上与岩浆活动有关的铜、铅、锌等矿产;与碱性花岗岩和碳酸岩有关的稀土元素矿产等。此外,还有与中-浅变质岩系有关的铝土矿以及重晶石、磷块岩等矿产。大多数成矿作用发生在新太古代—古元古代,部分于中、新元古代。区域成矿的另一个特点是,前寒武纪成矿作用往往要经过后来的表生成矿作用才能完成,特别是大的铁、锰、铝矿,经过表生作用后才能形成工业矿床。印度半岛克拉通中,矿产空间分布有相对集中的趋势,规模较大的矿产地集中区有2处,一个是克拉通西北部相当于阿拉瓦利一带,集中铜、铅、锌和非金属矿产;另一个是克拉通东北部,相当于布拉因达拉、辛格布姆以及东高止山部分地区,以铁、锰、铝、金等矿产较为集中。其他矿种则比较分散,分布范围有限。能源矿产主要集中在中部相当于戈达瓦里裂谷和西海岸孟买大陆架地区。

(中国地质科学院矿产资源研究所 张建华、吴良士供稿)