



033 中国石墨资源调查报告

《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》提出“培育壮大新兴产业，改造提升传统产业”，“建设现代能源体系”，实施高端装备创新发展工程、战略性新兴产业发展行动、能源发展重大工程，对石墨资源保障和石墨提纯及深加工技术提出了迫切需求。

石墨是一种具有耐高温、导热、导电、润滑、可塑和抗腐蚀性的非金属矿物，是我国现代工业与军工发展不可或缺的重要战略资源。天然石墨分为晶质石墨（鳞片石墨）和隐晶质石墨（土状石墨）两大类，石墨产品按固定碳含量分为高纯石墨（>99.9%）、高碳石墨（94%~99%）、中碳石墨（80%~93%）和低碳石墨（50%~79%）四大类，经进一步深加工可获得球化石墨、柔性石墨、氟化石墨等高端产品。大鳞片晶质石墨（>0.147毫米）更易提纯和深加工，是高端石墨产品的重要原料，也是制备石墨烯的关键原料。

1999年以来，地质调查工作投入经费约5000万元，开展了全国石墨资源潜力评价，划分了15个石墨成矿区带，开展了阿尔泰、华北陆块北缘、东南地区等重点成矿区带石墨资源调查，新发现新疆奇台黄羊山超大型和福建桃棋等10处大中型晶质石墨矿产地。引领和拉动后续商业性矿产勘查，查明内蒙古大乌淀、高勒图、查干文都日、查汗木胡鲁及四川尖山等一批大型—超大型晶质石墨矿，为提高石墨资源保障奠定了坚实的基础。

一、中国是世界第二大石墨资源国，查明资源储量2.6亿吨，预测资源潜力18.7亿吨，主要分布在黑龙江、内蒙古和山东等省区

中国石墨基础储量约占世界的33%，仅次于巴西（约占世界的38%），位居世界第二位（图1）。截至2015年底，晶质石墨查明资源储量26452.9万吨，主要分布在黑龙江、内蒙古、四川、山东和山西等省区（图2），占全国的87.6%，其中黑龙江占全国的46.9%；查明资源储量中基础储量5516.4万吨、储量1009.4万吨。隐晶质石墨查明资源储量3548.1万吨，其中基础储量807.4万吨、储量531.8万吨，主要分布在内蒙古、湖南、陕西和吉林等省区。

我国石墨成矿地质条件优越，主要类型是区域变质型和接触变质型。根据石墨成矿条件和成矿规律，全国划分出佳木斯地块、吉黑、华北陆块北缘、阿拉善陆块、阿尔泰和胶东地块等15个重点成矿区带（表1、附图2）。全国石墨资源潜力评价，预测500米以浅晶质石墨资源潜力17.2亿吨，主要分布黑龙江、内蒙古、山东和四川，占比为90.3%；隐晶质石墨资源潜力1.5亿吨，主要分布在湖南、内蒙古和吉林，占比为70.9%。

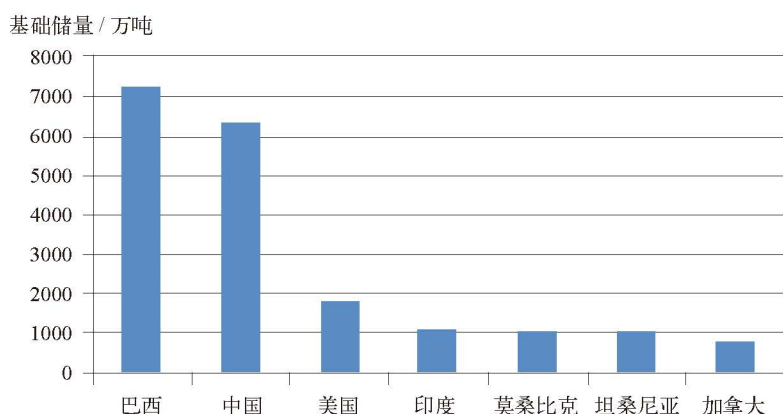


图 1 2015 年世界主要石墨国家基础储量对比图

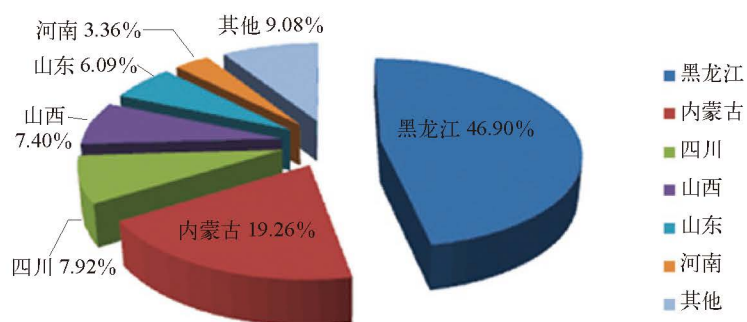


图 2 2015 年中国晶质石墨查明资源储量分布图

表 1 中国石墨成矿区带一览表

序号	成矿区带名称	典型矿床	矿床类型	地层时代	赋矿地层或岩体
1	佳木斯地块成矿区	柳毛	区域变质型	中太古代	西麻山群
2	额尔古纳地块成矿区	门都里	区域变质型	古元古代	新华渡口群
3	吉黑成矿区	仙人洞	接触变质型	中生代	三叠-侏罗系
4	辽吉裂谷成矿带	三半江	区域变质型	古元古代	集安群荒岔沟组
5	华北陆块北缘成矿带	兴和	区域变质型	中太古代	集宁群
6	阿拉善陆块成矿区	查汗木胡鲁	区域变质型	中太古代	乌拉山群
7	塔里木古陆块东北缘成矿区	苏吉泉	岩浆热液型	中生代	混染花岗岩
8	阿尔泰成矿带	黄羊山	岩浆热液型	中生代	混染花岗岩
9	华北陆块南缘成矿带	背孜	区域变质型	太古代	太华群水底沟组



续表

序号	成矿区带名称	典型矿床	矿床类型	地层时代	赋矿地层或岩体
10	胶东地块成矿区	南墅	区域变质型	古元古代	荆山群陡崖组
11	扬子陆块北缘成矿带	坪河	区域变质型	元古宙	元古界沉积变质岩地层
12	康定地轴成矿区	中坝	区域变质型	寒武纪	元谋群
13	华夏陆块北部成矿带	三岔垭	区域变质型	新太古—古元古代	水月寺群
14	东南地区成矿区	鲁塘	接触变质型	二叠纪	乐平组
15	华夏陆块南部成矿带	伍园	区域变质型	寒武纪	陀烈群

二、地质调查发现新疆黄羊山超大型岩浆热液型晶质石墨矿，改变了岩浆热液型无石墨大矿的历史，有望重塑我国石墨资源格局

地质调查新发现大中型晶质石墨矿产地 11 处（附图 2、表 2），其中新疆奇台黄羊山晶质石墨矿达超大型矿床规模，福建武夷山桃棋、内蒙古兴和唐僧沟、河北张北义哈德等均达大型矿床规模。

表 2 地质调查新发现石墨矿产地一览表

序号	矿产地名称	规模	矿床类型	固定碳含量 (%)
1	新疆奇台黄羊山	超大型	岩浆热液型	7.01
2	福建武夷山桃棋	大型	区域变质型	2.52~3.78
3	内蒙古兴和唐僧沟	大型	区域变质型	3.21
4	河北张北义哈德	大型	区域变质型	3.89
5	江西贵溪显西—下枳垄	大型	区域变质型	8.07
6	江西金溪上太坪	大型	区域变质型	
7	江西南城黄狮渡	大型	区域变质型	
8	河南内乡杜落庄	大型	区域变质型	8.86~9.31
9	河南小秦岭杨家湾	中型	区域变质型	3.38
10	湖北宜昌坟岗坪	中型	区域变质型	6.74
11	湖北宜昌杉树包	中型	区域变质型	

新疆奇台黄羊山晶质石墨矿：是我国发现的首个超大型规模岩浆热液型晶质石墨矿，改变了岩浆热液型无石墨大矿的历史。施工ZK701和ZK901两个钻孔，全孔见矿，控制矿体长1100米、宽380米，最大延深350米。估算石墨资源量2122万吨，平均固定碳含量7.01%，大鳞片晶质石墨含量30~35%。目前，黄羊山石墨矿发现的8个矿体仅评价了1个，黄羊山及其外围仍有大量找矿线索，通过进一步工作，有望形成1处新的晶质石墨资源基地，重塑我国石墨资源格局。

福建武夷山桃棋晶质石墨矿：属区域变质型晶质石墨矿，矿体赋存于大金山岩组中段，圈定矿体6个，长800~2606米，控制延深100~233.5米，厚2.44~31.06米，平均固定碳含量2.52~3.78%。片径0.02~1.8毫米之间，大鳞片晶质石墨占80%以上，为大鳞片晶质石墨矿。估算资源量143万吨，达大型矿床规模。

在公益性地质调查工作引领和拉动下，内蒙古查明大乌淀（1776万吨）、高勒图（1581万吨）、查干文都日（851万吨）、查汗木胡鲁（700万吨）等超大型晶质石墨矿，四川南江查明尖山（350万吨）大型晶质石墨矿，共探获晶质石墨资源储量5000万吨以上。

三、中国是世界第一大石墨生产国、出口国和消费国，已形成六大石墨生产加工基地，主要生产和出口低端产品

（一）中国是世界第一大石墨生产国，经长期高强度开采晶质石墨储量由2001年的3084万吨下降到2015年的1009万吨

2000~2015年累计石墨产量2168万吨（图3），其中晶质石墨产量795万吨。2015年石墨产量86万吨（其中晶质石墨产量约66万吨），占世界产量的67.7%。晶质石墨主要产地有黑龙江鸡西、黑龙江萝北、山东平度、内蒙古兴和等，隐晶质石墨主要产地有湖南郴州、吉林磐石等。已形成六大石墨生产加工基地，2015年产量占全国的86.0%（表3，附图1）。

经过长期高强度开采，晶质石墨资源过度消耗，2015年晶质石墨储量与2001年相比下降了67.3%。由于我国石墨采选企业以中小型为主，生产规模小而散、技术设备落后，采富弃贫、采

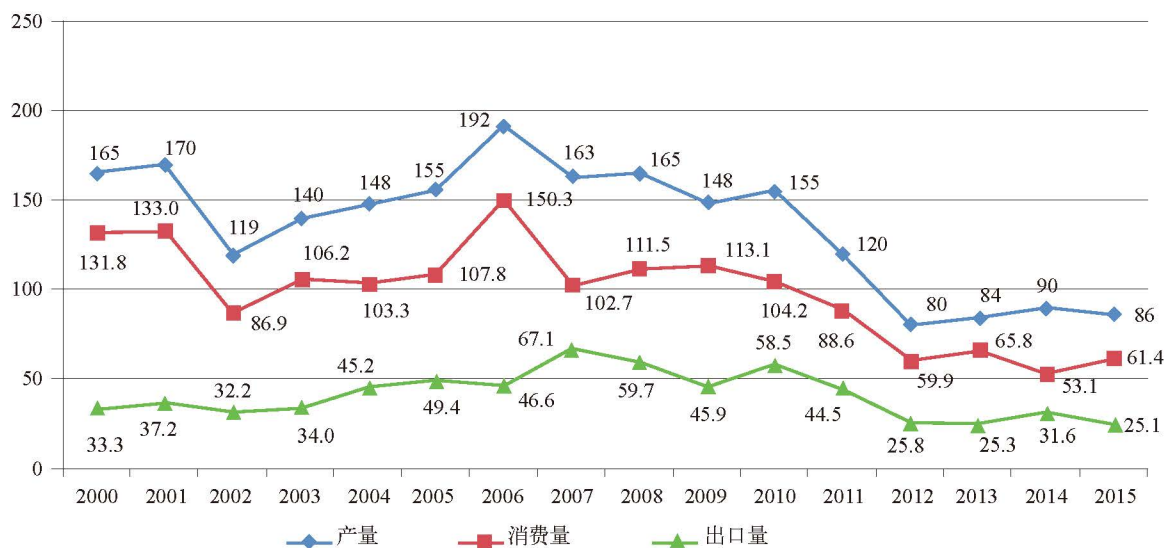


图3 2000~2015年我国石墨产量、消费量和出口量变化图



易弃难等问题突出。2000 ~ 2015 年累计消耗晶质石墨储量 2075 万吨，资源利用率仅 39.5%，资源浪费严重。

表 3 中国六大石墨生产加工基地资源储量、生产情况统计

基地名称	资源储量 / 万吨	固定碳含量 / %	2015 年产量 / 万吨	备注
黑龙江鸡西	3429	9.24	22	晶质
黑龙江萝北	4687	10.36	20	晶质
内蒙古兴和	161	4.41	3	晶质
山东平度	1932	3.70	15	晶质
湖南郴州	953	71 ~ 86	10	隐晶质
吉林磐石	284	67.3	4	隐晶质
合计	11446	-	74	-

（二）中国是世界第一大石墨出口国，产量的近 1/3 用于出口，出口产品中约 80% 为低附加值产品

2000 ~ 2015 年，累计出口石墨 661 万吨（图 3），年均 41.3 万吨，出口量占生产量的 30.5%。2015 年出口量 25.1 万吨，占世界的 79.0%，出口流向日本（10.3 万吨）、韩国（2.9 万吨）、印度（1.9 万吨）、德国（1.3 万吨），美国（1.3 万吨）等 50 多个国家和地区。日本是世界最大石墨进口国，占世界进口量的 50% 以上，其中 80% 以上系从中国进口，2000 ~ 2015 年日本累计从中国进口石墨 295 万吨，占中国出口量的 44.6%。

2015 年中国出口的石墨产品以初加工产品为主，占比达 79.7%。2015 年中国向日本出口晶质石墨产品 10 万余吨，因提纯及深加工技术落后，产品附加值低，出口价格仅 925 美元 / 吨；从日本进口电池用球化石墨 520 吨，进口价格 10135 美元 / 吨。

在国际贸易中，由于国内企业竞相压价，大鳞片晶质石墨出口价格由 2012 年的 2000 ~ 2500 美元 / 吨，下降到 2015 年的 800 ~ 1100 美元 / 吨。此外，即便是同类产品进出口价格也相差悬殊，如球化石墨进口价格是出口价格的两倍以上（图 4）。



图 8 中国球化石墨进出口价格对比图

（三）中国是世界第一大石墨消费国，新兴产业发展将带动石墨需求快速增长，预测到 2020 年晶质石墨消费量将达到 95 万吨

2000 ~ 2015 年累计消费石墨 1579 万吨（图 3），其中品质石墨 601 万吨。2015 年石墨消费量约 61.4 万吨，占世界消费量的 53.4%，其中品质石墨消费量约 50.3 万吨。石墨消费中，新材料、电池等新兴产业领域约占 30%，耐火材料、钢铁等传统工业领域约占 70%（图 5）。

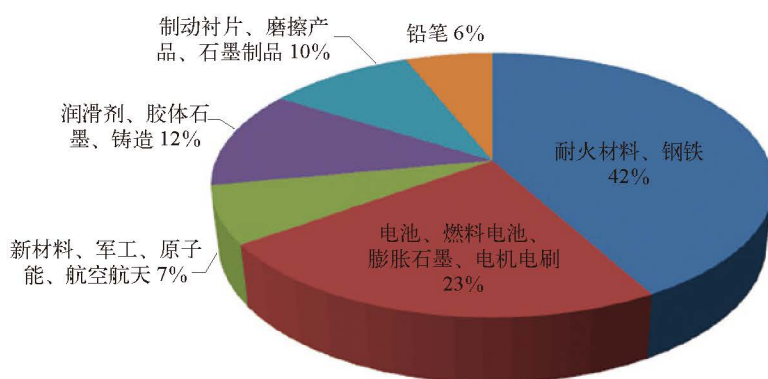


图 5 2015 年我国石墨消费结构图

新兴产业快速发展将带动石墨消费的大幅增长，年均增幅将超过 9%。预测到 2020 年我国石墨消费量将达到 95 万吨，其中新能源和新能源汽车领域消费约 23 万吨，核电领域消费约 13.5 万吨，高端制造和电子信息等领域消费 10 万吨以上，新兴产业石墨消费占比将由 30% 上升到 45%。

四、石墨应用领域不断拓展，石墨烯研究和应用开发活跃，抢占石墨烯制备技术和应用技术制高点是打破国际技术垄断的重要突破口

石墨不仅应用于耐火材料、电极电刷、铅笔、铸造、密封、润滑等传统工业领域，更是高端装备制造、战略性新兴产业及核电领域的关键资源。石墨烯的发现，极大提升了石墨的资源价值，进一步拓展了石墨应用领域，将带来电池电容、计算机芯片、显示终端、石墨烯新材料等新兴产业的革命性变化。

我国石墨提纯及深加工技术与世界先进国家有较大差距。美国、日本和德国等发达国家基本垄断了石墨深加工的先进技术和知识产权，这些国家低价进口石墨初加工产品，高价出口石墨深加工产品，垄断国际话语权。因此，率先突破石墨烯制备技术和应用技术，抢占技术制高点是打破国际技术垄断的必由之路。

中国是石墨烯研究和应用开发最活跃的国家之一。国内石墨烯专利技术的研究热点集中在电池、超级电容、石墨烯复合材料等领域，其他发达国家在晶体管和传感器等方面研究较多。国内石墨烯相关技术的研发主体是大学和科研机构，企业研发相对较少。专利申请人中大学和研究所占比达 85%，其专利持有量占 62%（图 6）。而美国、日本和欧盟石墨烯相关技术研发都是以企业为主体。



关键技术尚未取得实质性突破。中国石墨烯制备方法和技术与其他发达国家基本处在同一起跑线。石墨烯制备方法有以天然石墨制取石墨烯的机械剥离法、液相剥离法、氧化还原法和由碳原子生长出石墨烯的化学气相沉淀法、外延生长法、微波等离子体法等两大系列，均处于实验室研究阶段，尚未形成规模化工业产能。石墨烯应用技术方面，在电池电容和石墨烯新材料方面有所进展，但在计算机芯片、显示终端等领域还处在探索阶段。

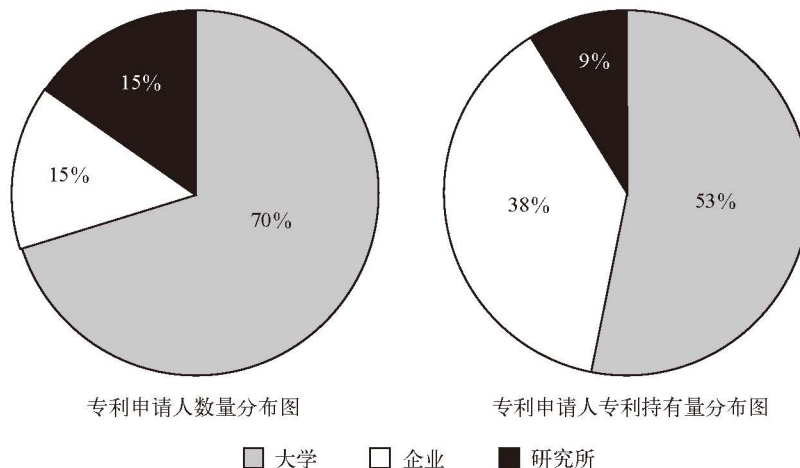


图6 中国石墨烯专利申请情况
(引自《上海第二工业大学学报》)

五、结论和建议

我国石墨资源丰富，具备支撑新兴产业发展的资源基础，但高级别、优质资源少，品质石墨固定碳平均含量7.4%，质量中等；品质石墨资源储量中储量占比仅3.8%，储量中大鳞片品质石墨仅占15.9%；石墨提纯及深加工技术与世界先进国家有较大差距，资源开发利用粗放，资源优势未转化为技术优势和经济优势。新能源汽车等新兴产业快速发展，对石墨资源保障、科学合理利用和开发利用技术等提出了更高要求。

(一) 加强优质石墨综合调查评价，有效引导商业性矿产勘查，形成一批资源勘查示范基地

一是开展战略调查，发现一批新的优质石墨资源，圈定一批找矿靶区，加强重点区评价和大型资源基地技术经济、环境综合评价；二是开展石墨资源潜力动态评价，进一步摸清资源家底，优选找矿远景区，遴选重点勘查区；三是开展全球石墨资源战略研究，建立全球石墨资源信息平台；四是引导和拉动商业性矿产勘查，通过重点勘查新增一批可采储量，形成一批资源勘查示范基地。

(二) 加强政策引导和开发秩序监管，统筹规划石墨产业布局和资源开发，将石墨资源优势转化为经济优势

一是将石墨列为保护性开采矿种，建立石墨资源战略储备制度，设立一批国家规划矿区，保障资源可持续供应；二是优化石墨产业布局，控制出口产品规模和结构，提高资源综合效益；

三是严格石墨开发秩序监管，引导绿色勘查，统筹资源利用和环境保护；四是打造大型产业集群，提升国际竞争力。

（三）坚持科技创新，加快石墨提纯及深加工技术研发，率先实现石墨稀技术突破

一是鼓励和引导企业开展石墨提纯及深加工技术研发，提高产品附加值，提升国际话语权；二是围绕新兴产业发展对石墨烯的需求，抢占石墨烯制备技术和石墨烯芯片技术制高点；三是以石墨烯技术辐射带动整个石墨产业，以石墨烯技术领先打破石墨提纯及深加工技术垄断，引领我国石墨产业发展，促进我国由石墨资源大国向石墨资源强国迈进。

主要执笔人：张生辉、蔺志永、刘波、陈正国、高树学

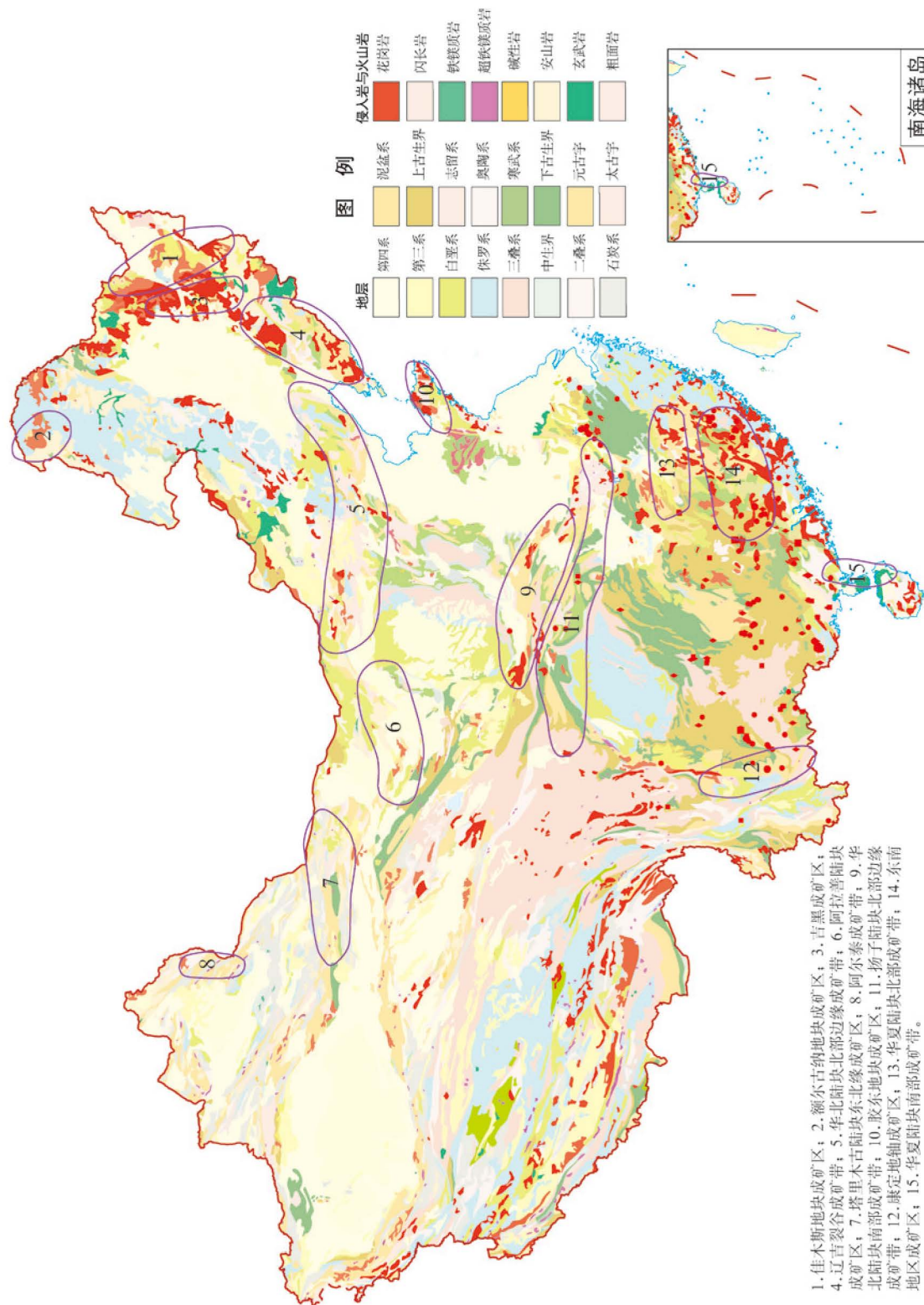
主要依托成果：中西部地区晶质石墨等特种非金属矿产调查项目成果、石墨资源开发利用分析报告、中国战略性矿产资源研究报告

主要完成单位：中国建筑材料工业地质勘查中心、中国地质科学院矿产资源研究所

主要完成人：陈正国、陈军元、高树学、樊文军、李作武、陈其慎、于汶加



附图 1 新发现石墨矿产地及石墨生产加工基地分布示意图



附图 2 中国石墨成矿区带分布图