

中国化工矿产成矿规律与百年勘查成果及 新一轮找矿突破行动建议

——《中国矿产地质志·化工矿产卷》研编

焦 森¹⁾, 李晓亚^{1)*}, 李代荣²⁾, 商朋强¹⁾, 王 莹²⁾, 刘秋颖²⁾,
王淑丽³⁾, 郑厚义¹⁾, 钱洪夫²⁾, 杨 轩³⁾, 姚超美¹⁾, 熊先孝²⁾,
邓小林¹⁾, 田升平³⁾, 韦 钊³⁾, 赵玉海¹⁾

1)中化地质矿山总局, 北京 100013; 2)中化明达控股集团有限公司, 北京 100013;

3)中化地质矿山总局地质研究院, 北京 100013

摘 要: 我国化工矿产种类较齐全, 资源也较丰富, 是世界上化工矿产种类比较齐全、探明资源量较多的少数几个国家之一。100 年来, 对 20 多种化工矿产开展了地质找矿工作, 重点勘查评价了磷、硫、钾盐、硼、萤石、重晶石、芒硝、石膏、盐矿、明矾石、天青石、天然碱、砷(雄黄、雌黄)、硝石、化工灰岩等矿种, 新发现和扩大资源规模的矿产地 7 000 多处, 其中大中型矿区 1 700 余处, 为我国化肥工业和化学工业的发展提供了资源保障。在我国几乎所有的地质时代和各种主要的地质构造单元都有化工矿产产出, 本次《中国矿产地质志·化工矿产卷》研编梳理了重要化工矿产矿床类型, 总结了其空间分布规律, 共划分了 41 个重要的化工矿产Ⅲ级成矿区带, 33 个矿集区, 并圈定 3 级预测区 922 个。在新一轮找矿突破战略行动中, 要重点加强钾盐、硼矿、磷矿、萤石矿等 4 个战略性化工矿产的地质勘查工作。

关键词: 化工矿产资源; 成矿规律; 勘查成果; 找矿建议

中图分类号: P619.21 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2024.121112

Metallogenic Regularity, Centennial Exploration Results of Chemical Minerals in China, and Suggestions for a New Round of Prospecting: Research and Compilation of “Geology of Mineral Resources of China • Chemical Minerals Volume”

JIAO Sen¹⁾, LI Xiaoya^{1)*}, LI Dairong²⁾, SHANG Pengqiang¹⁾, WANG Ying²⁾, LIU Qiuying²⁾,
WANG Shuli³⁾, ZHENG Houyi¹⁾, QIAN Hongfu²⁾, YANG Xuan³⁾, YAO Chaomei¹⁾,
XIONG Xianxiao²⁾, DENG Xiaolin¹⁾, TIAN Shengping³⁾, WEI Zhao³⁾, ZHAO Yuhai¹⁾

1) China Chemical Geology and Mine Bureau, Beijing 100013;

2) China Chemical Mingda Holding Group, Beijing 100013;

3) Geological Institute of China Chemical Geology and Mine Bureau, Beijing 100013

Abstract: China has a relatively complete variety of chemical minerals and abundant resources, making it one of the few countries in the world with variety of chemical minerals and a large number of proven resources. Over the past 100 years, geological exploration has been carried out for more than 20 types of chemical minerals, with a focus on exploring and evaluating minerals such as phosphorus, sulfur, potassium salts, boron, fluorite, barite, glauberite, gypsum, salt mines, alunite, lapis lazuli, natural alkali mines, realgar, saltpeter, and chemical

本文由中国地质调查局“中国矿产地质志”项目(编号: DD20160346; DD20190379; DD20221695)和中化地质矿山总局化工地质科技项目“战略性矿产找矿突破、勘查选区与综合研究”(编号: ZHDK202306)、“重要化工矿产资源安全保障和产业发展研究”(编号: ZHDK202305)联合资助。

收稿日期: 2024-09-20; 改回日期: 2024-11-25; 网络首发日期: 2024-12-13。责任编辑: 张改侠。

第一作者简介: 焦森, 男, 1979 年生。正高级工程师。主要从事化工矿产地质找矿与矿产资源战略等研究。E-mail: 17016333@qq.com。

*通信作者: 李晓亚, 女, 1987 年生。高级工程师。主要从事化工矿产地质研究。E-mail: 562901289@qq.com。

limestone. More than 7 000 newly discovered and expanded mineral deposits, including 1 700 large and medium-sized mining areas, guarantees the development of China’s fertilizer and chemical industries. In almost all geological epochs and major geological structural units in China, chemical minerals are present. The research and compilation of “Geology of Mineral Resources in China • Chemical Minerals Volume” reviewed their genetic types, and divided of 41 important Grade III metallogenic zones and 33 ore-concentrated areas, and delineated 922 three-level prediction areas for chemical minerals. In the new round of strategic breakthroughs in mineral exploration, it is necessary to focus on strengthening the geological exploration of four strategic chemical minerals, including potassium salt, boron ore, phosphate ore, and fluorite ore.

Key words: chemical mineral resources; metallogenic regularity; exploration results; prospecting suggestions

化工矿产是指用于硫酸工业、化肥工业、纯碱工业和无机盐工业等化学工业有用矿物和岩石的总称,主要包括磷、硫、钾盐、硼、萤石、重晶石、毒重石、明矾石、天然碱、砷(雄黄、雌黄)、芒硝、钠硝石、石膏、制碱灰岩、电石灰岩、天青石、金红石、蛇纹石、白云岩、镁盐、泥炭、硅藻土、膨润土、伊利石、蒙皂土、碘、溴等 20 多个矿种。化工矿产用途广泛,其稳定供应是保障国家粮食安全、化学工业和新材料新能源产业可持续发展的首要因

素。如,磷、硫、钾盐是生产磷肥、钾肥的基础矿物原料,关系国家粮食安全,且广泛应用于新能源电池、光伏玻璃、锂硫电池、钠硫电池等新兴产业;硼、萤石、重晶石是制取超导材料、电池电极材料、非线性光学材料、燃料电池储氢材料、发光材料、锂电池、燃料电池、太阳能、半导体、含氟创新药物、电瓷生磁性铁酸盐材料、增亮剂、飞机跑道等不可缺少的原材料;天青石(锶)已应用于隐身战机、巡航导弹和舰艇等军工产业(表 1,熊先孝等,2018)。

表 1 中国主要化工矿产用途
Table 1 Main chemical mineral uses in China

矿种	传统用途	新兴用途
磷矿	主要用于生产磷肥,也用来制造黄磷、赤磷、磷酸、磷化合物及其他磷酸盐类产品	主要是新能源电池材料和光伏材料
钾盐矿	农业上,用于生产钾肥;工业上,主要生产 KOH、K ₂ CO ₃ 、KNO ₃ 、KClO ₃ 、KMnO ₄ 、KCN、K ₂ CrO ₃ 、KBr、KI 等,还广泛应用于玻璃、陶瓷、纺织、染料、制革、肥皂及洗涤剂、合成橡胶、电池、印刷、农药、医药、照相、电视显像管、火柴、烟火等	蓄能的重要载体-储能熔盐原料主要组分
硼矿	玻璃工业、陶瓷工业、洗涤剂和农用化肥是硼的主要用途,还用于核能、医药、国防、节能环保、生产硼砂和硼酸	应用于超导材料、电池电极材料、非线性光学材料、燃料电池储氢材料,以及发光材料
重晶石矿	广泛用于石油、化工、轻工、冶金、医学、农业及原子能、军事等行业,如:钻井泥浆加重剂、锌钡白颜料、各种钡化合物等,还直接应用于造纸、橡胶和塑料工业填料、特种水泥、砂浆及混凝土矿化剂	用于电瓷生磁性铁酸盐材料、增亮剂、飞机跑道、大型停车场等
硫矿	制取硫酸,广泛应用于肥料、染料、蓄电池、石油化工、洗涤剂、纺织物等	锂硫电池、钠硫电池及其关键电极材料
芒硝矿	洗涤剂、造纸、玻璃、医药、化肥、脱硫剂、制造火药等	饲料添加剂、储能材料
盐矿	食用盐、调味剂;合成纯碱、烧碱;制取盐酸、氯气;用于搪瓷工业、制革工业、轻工业、化学工业等,如洗涤剂、熔融剂、陶瓷、玻璃、火药、冶金溶液、浮选剂等	用于太阳池技术,如太阳池发电、采暖供热、海水淡化等
萤石矿	用于冶金、炼铝、玻璃、陶瓷、水泥等行业;可作为宝玉石和工艺美术雕刻原料;其产品广泛应用于航天、航空、制冷、医药、农药、防腐、灭火、电子、电力、机械和原子能等领域。	锂电池、燃料电池、平板显示、太阳能、半导体、含氟创新药物、中空纤维膜等
石膏矿	应用于水泥、农业、陶瓷、轻化工、雕塑、医药、外贸、墙体材料等	超细、提纯、改性的无水硫酸钙;石膏晶须
化工灰岩矿	用于制碱、电石、化肥、橡胶、造纸、涂料、漂白剂、塑料、碳化钙及有机化学品等	
明矾石矿	提取明矾,制钾肥、硫酸和炼铝等	
天然碱矿	是制碱工业的重要原料,主要用于制取纯碱、烧碱和小苏打	锂电池和光伏产业
天青石矿	用于生产碳酸锶,用于液晶玻璃基板、铁氧体永磁体、电子陶瓷、烟火、金属冶炼等	同位素 ⁹⁰ Sr 有助于吸收电磁波,改善隐身性能, ⁹⁰ Sr 隐身涂料已应用于隐身战机、巡航导弹和舰艇,锶的军事意义及战略地位凸显
硝石矿	用于农业、化工、炸药、烟火、冶金、机械等;生产肥料、制造硝酸、硝酸钾;炸药、火箭燃料和焰火的组分;消泡剂、脱色剂等	硝酸钾和硝酸钠组合被用作太阳能光热发电的蓄热介质
雄黄矿	用于提炼砷、制造砷酸和砷的化合物;可作杀虫剂、杀鼠剂、除草剂和其他砷类的农药;制作汽车、雷达的部件	砷化镓用于制作半导体材料

自然资源部(原国土资源部)自 2014 年全面启动《中国矿产地志·化工矿产卷》研编工作以来,中化地质矿山总局组织全局骨干力量,通过 10 余年的努力,完成了对中国化工矿床理论与勘查成果深化总结,首次厘定了化工矿产矿床类型,建立了符合化工矿产成矿特征的区域成矿模式和成矿谱系,并对不同类型矿床的地质特征和成矿规律进行了系统的归纳总结。本文重点梳理了我国化工矿产区域成矿规律及百年来取得的重大找矿成果,就新一轮找矿突破战略行动中化工矿产找矿工作提出了几点思考与建议。

1 中国化工矿产的资源概况及百年勘查成果

从 20 世纪初开始,中外学者对中国化工矿产断续开展了大量地质工作,取得了丰硕成果,为我国化肥工业和化学工业的发展提供了资源保障。1949 年前,中国化学工业和化学矿山实力都很薄弱,

化工所需的矿产原料大部分依赖进口,只有为数不多的地质学者进行过磷、硫、砷、明矾石、岩盐等化工矿产的地质调查,发现了如云南昆阳、江苏锦屏、安徽凤台等磷矿和河南、四川、山西等地的硫铁矿,但探明的储量很少。新中国成立以来,随着化学工业和化学矿山的发展,化工地质事业也得到迅速发展,至 2020 年底,共提交各类地质勘查报告 2 600 多份,查明储量磷矿 19.13 亿 t,硫铁矿 6.94 亿 t,钾盐矿 28 059.54 万 t,硼矿 2 090.10 万 t,重晶石 3 689.12 万 t,萤石 4 857.55 万 t,芒硝 17.73 亿 t,明矾石 1 768.02 万 t(表 2)。

1.1 钾盐矿

截至 2020 年底,中国发现钾盐矿矿产地 120 处,其中超大型 1 处,大型 8 处,中型 14 处,小型 21 处,矿点(矿化点)76 处,钾盐矿查明储量(KCl) $28\,059.54 \times 10^4$ t。主要分布在青海、新疆和西藏等省(自治区)。

百年来,我国钾盐找矿勘查中最重要的成果,

表 2 中国主要化工矿产储量统计表
Table 2 Reserves of major chemical minerals in China

序号	化工矿产	矿产名称	单位	查明的储量
1	硫矿 ^a	自然硫	硫/(10^4 t)	69 470.86
		硫铁矿	矿石/(10^4 t)	
		伴生硫	硫/(10^4 t)	
		硫化氢气		
2	雄(雌)黄矿	砷	砷/(10^4 t)	26.14
3	磷矿	磷	矿石/(10^8 t)	19.13
		伴生磷	P_2O_5 /(10^4 t)	
4	萤石矿	普通萤石	折氟化钙/(10^4 t)	4 857.55
		光学萤石	矿物/kg	91.00
5	盐矿	石盐	折氯化钠/(10^8 t)	207.11
6	钾盐矿	钾盐	KCl/(10^4 t)	28 059.54
7	硼矿	硼	B_2O_3 /(10^4 t)	2 090.10
8	重晶石矿	重晶石	矿石/(10^4 t)	3 689.12
		毒重石	矿石/(10^4 t)	285.51
9	天青石矿	天青石	天青石/(10^4 t)	1 580.43
10	石膏矿	石膏	矿石/(10^8 t)	15.48
11	芒硝矿	芒硝	折硫酸钠/(10^8 t)	17.73
12	明矾石矿	明矾石	矿物/(10^4 t)	1 768.02
13	天然碱矿	天然碱	$(Na_2CO_3+NaHCO_3)$ /(10^4 t)	402.33
14	硝石矿	钠硝石	矿石/(10^4 t)	2 513.05
		钾硝石		
15	化工灰岩	电石用灰岩	矿石/(10^4 t)	95 442.95
		制碱用灰岩	矿石/(10^4 t)	39 155.77
		化肥用灰岩	矿石/(10^4 t)	

注:数据据自然资源部, 2021; 芒硝矿石量按 32.30%折算; 盐矿矿石量按 82%折算; 砷雄/雌黄矿物按 65%折算。

当属察尔汗盐湖钾盐矿床的发现。1955—1957年,西北地质局六三二地质队、化工部郑绵平、地质部青海办事处大柴旦地质队、中国科学院等,在柴达木盆地勘查硼、钾,在察尔汗盐湖发现了含钾很高的卤水。1958—1965年,完成了对察尔汗盐湖的地质勘探,探获氧化钾储量3.5亿t,为国家提交了一个大型钾盐矿产基地。1967年,青海省地质局第一地质队提交了霍布逊—达布逊区段和别勒滩区段钾盐矿床勘探报告,提交液体矿KCl工业储量1.455亿t,固体KCl储量9758万t。同期还开展了全国古代固体钾盐找矿工作,1962年3月在云南勐野井发现了我国第一个小型固体钾盐矿。

1979—2000年是我国钾盐找矿工作的第二个高峰期。新疆地矿局区测大队和中国地质科学院郑绵平等分别在新疆罗布泊龟背山发现光卤石和晶间卤水钾矿,后经中国地质科学院王弭力和新疆地矿局第三地质大队勘查证实为硫酸镁亚型大型钾矿床,这是我国相隔40年之后找到的第二大钾盐成矿聚集区。

2000年以来,重点勘查评价了新疆罗布泊罗北凹地,青海茫崖大浪滩矿田梁中矿段大型卤水钾盐矿床,青海柴达木东、西台吉乃尔湖钾锂盐矿床和昆特依大盐滩液体卤水钾矿床。罗北凹地钾盐矿床W1~W4矿层补充详查工作,批准探矿权内晶间卤水KCl资源量(122b+333)8467.90万t,其中122b为7878.30万t。青海冷湖镇昆特依钾矿田大盐滩钾矿床和青海钾矿田梁中矿段详查,探明晶间卤水KCl(332+333)资源量5312.00万t(王淑丽等,2019)。

1.2 磷矿

中国磷矿资源丰富,居世界前列。截至2020年底,中国发现磷矿产地1053处,其中超大型33处,大型107处,中型191处,小型187处,矿点535处,磷矿查明储量 19.13×10^8 t。主要集中分布于湖北、云南、贵州、四川、湖南等省。

21世纪初中国最早发现和首先进行开采的磷矿是江苏海州锦屏磷矿,探明磷矿储量3355万t,满足了国家“一五”计划重点项目之一的锦屏磷矿采选112万t/年,年产精矿30万t大型采选联合企业建设的需要。

50年代后期至60年代中期,我国磷矿勘查最重要的成绩,当属为贵州开阳、云南昆阳、四川金河、湖北荆襄、湖南浏阳等五大磷矿山设计和建设开展的地质勘查工作。原贵州地质局开阳地质队自1957年起对开阳磷矿马路坪、用沙坝进行了初勘,同时对其它矿段进行了普查,探明储量2.62亿t,被国务院批准列为国家重大建设项目。1966年,云南

省地质局第九地质队对海口桃树箐进行初步勘探,探明储量19425万t。四川省地质局101队于1960—1965年对金河磷矿马槽滩矿区进行勘探,探明储量4610万t。湖北荆襄磷矿是我国中南地区的大型磷矿基地,1958年国家计委批准建设湖北荆襄磷矿,1958—1965年,湖北荆襄地质队、汉江地质队先后对朱堡埠矿区、胡集矿区开展了地质勘查工作;1966年湖北第八地质队完成了王集矿段的勘探,探明磷矿石储量0.91亿t。1959—1960年,浏阳县地质队、湘东地质队先后对浏阳磷矿马鞍山、马鞍岭—樟树冲和金狮冲三个矿段开展了普查和详勘工作,探明储量1.03亿t。1967—1978年,湖北省第八地质队在保康发现洞河磷矿后,又先后发现了观音岩、峰山、马桥和白竹磷矿,并对观音岩矿区、峰山矿区九里川矿段、洞河矿区东嵩矿段开展了普查、详查和勘探,累计探明磷矿储量1.7亿t,为鄂西地区增添了一个大型磷矿田。在此期间还新发现了云南尖山、鸣矣河,湖北大悟,贵州福泉高坪等磷矿床。

1979—2000年,重点对计划经济时期发现的建设条件较好的大型磷矿床和生产矿山外围及深部进行地质勘查工作,以满足矿山设计建设要求。云南省发现并勘探了安宁草铺磷矿柳树、龙山、松坪三矿段,累计查明资源储量13518万t;完成了晋宁、海口四采区、安宁背阴和波罗湾矿段、昆明尖山、江川清水沟、澄江渔户村等七处磷矿勘探,对昆阳磷矿一至四采区、晋宁青菜矿段进行了补勘,对昆明白塔村、鸣矣河,江川云岩寺磷矿进行了初勘。贵州省重点对开阳磷矿的极乐矿段北段、沙坝土、牛赶冲矿段,泉高坪磷矿的英坪、磨房、小坝矿段和瓮安白岩磷矿的穿岩洞、大塘矿区进行了勘探,对开阳磷矿马路坪矿段进行补勘。四川省重点对马边老河坝磷矿区铜厂埂矿段、金河磷矿兰家坪矿段、王家坪磷矿邓家火地矿段进行勘探,对王家坪矿区燕子崖矿段进行补勘。湖北省重点对荆襄胡集矿区大峪口、莲花山、龙会山矿段,宜昌磷矿的桃坪河、店子坪、树空坪、树空坪马家湾矿段,樟村坪矿区I、II矿段,大悟黄麦岭磷矿,保康磷矿白竹矿段,兴神磷矿瓦屋I块段、郑家河矿段、瓦屋II、III矿段进行了勘探,对湖北黄梅磷矿进行补勘。湖南省重点对湖南石门磷矿东山峰背斜西北翼杨家坪、大成湾、鼓罗坪矿段和湖南洗溪磷矿II、III矿段进行勘探。同时对江苏新浦磷矿、锦屏磷矿、湖南浏阳磷矿、四川金河磷矿马槽滩矿区和岳家山矿区深部进行了勘探。

2000年以来,磷矿找矿勘查进入第三个高峰期,

也是磷矿储量增长最多的时期。根据《全国矿产资源储量通报》数据统计, 2000—2019 年, 在湖北、贵州、四川和云南四省共新发现磷矿产地 225 处, 新发现经评审备案的中型以上矿产地 85 处, 新增磷矿资源储量 122.61 亿 t, 其中 $P_2O_5 > 30\%$ 的富磷矿 12.92 亿 t(熊先孝等, 2019)。

1.3 萤石矿

中国萤石矿包括普通萤石和光学萤石。截至 2020 年底, 发现普通萤石矿产地 1 436 处, 其中超大型 3 处, 大型 53 处, 中型 134 处, 小型 571 处, 矿点 675 处。发现光学萤石矿床(点)3 处。萤石矿查明储量(矿物)4 857.55 万 t。主要集中分布在湖南、江西、浙江、内蒙古、福建、河南等省(区)。

20 世纪 50—70 年代, 新发现的萤石矿大型以上矿床主要有浙江武义后树、德清银子山、庾村、龙泉八都、临安新桥, 江西永丰南坑、德安, 安徽宁国庄村, 福建邵武南山下, 广东河源到吉、兴宁低陂坊, 内蒙古四子王旗查干敖包, 甘肃高台七坝泉、永昌照路沟和头沟, 河南信阳尖山、嵩山陈楼, 湖北红安寨山和湖南衡阳双江口萤石矿等。

20 世纪 80—90 年代是我国萤石矿勘查兴盛时期, 找矿成果丰硕, 共发现萤石矿产地 102 处, 其中大型矿产地 5 处, 即: 浙江省遂昌湖山、常山八面山、福建省回潭、将乐常口和内蒙古锡林浩特通河萤石矿。特别是 90 年代后期, 浙江化工地质勘察院首次在浙江省常山八面山地区发现赋存于花岗岩体与碳酸盐岩接触带中的萤石矿床, 为浙江省首次发现的新类型萤石矿, 对地质条件基本类似的浙西北地区萤石找矿及开发利用等有着重要的开拓性意义。

2000 年以来, 我国萤石矿勘查工作达到历史高峰, 新发现多处大型以上规模萤石矿床, 是萤石矿储量增长最多的时期。在这一时期, 全国萤石矿地质勘查工作范围扩大, 东部、西部地区都有大型矿床发现, 并相应地开展了地质勘查工作。东部地区除了在浙西、闽西传统萤石资源基地发现新的矿产地和浙中老矿山在深部和外围增储以外, 又新增赣南、湘南、豫西等大型萤石矿资源基地。赣南新增萤石资源储量 1 000 多万 t, 其中江西省于都县坵脑萤石矿探获萤石资源储量 370 万 t、江西省石城县楂山里萤石矿探获萤石资源储量 500 万 t; 湘南郴州新增萤石资源储量 1 290 万 t; 豫西基地新增萤石资源量 900 多万 t。西部地区萤石找矿取得重大突破, 在新疆阿尔金、柯坪, 内蒙古苏尼特右旗、阿巴嘎旗等地取得了一系列新的勘查进展, 其中新疆阿尔金地区发现卡尔恰尔超大型萤石矿, 探获萤石矿物量(CaF_2)2 248.91 万 t, 查明储量占全国已查明萤石

矿资源储量的 10%左右, 是十年来我国西部地区萤石矿找矿突破的标志性成果。在内蒙古阿巴嘎旗李瑛矿区探获萤石矿物量 1 592 万 t, 苏尼特右旗巴彦敖包萤石矿、阿拉善右旗乌力图萤石矿、四子王旗西里庙萤石矿、阿德格哈善图萤石矿等 4 个矿床都达到大型规模(商朋强等, 2022)。

1.4 硼矿

截至 2020 年底, 中国发现硼矿产地 216 处, 其中超大型 7 处, 大型 31 处, 中型 51 处, 小型 54 处, 矿点 73 处, 硼矿查明储量(B_2O_3)2 090.10 $\times 10^4$ t。主要分布在辽宁、西藏、青海、湖北、四川、湖南、广东和吉林等省(市、自治区)。

20 世纪 50—70 年代, 国家急需硼矿资源, 先后在青海察尔汗、大浪滩、大小柴旦湖、一里坪、东西台吉乃尔湖和西藏班戈湖、茶拉卡湖等开展硼矿专业普查, 在大柴旦湖发现湖底硼矿, 小柴旦也发现钠硼解石矿层, 在西藏发现仲巴扎布耶茶卡硼矿。在辽宁宽甸发现五道岭、砖庙沟、杨木杆子、二人沟、栾家沟、花园沟、营口后仙峪等硼矿床和矿点。特别值得一提的是, 1974—1978 年对辽宁凤城翁泉沟开展了详勘工作, 探求 B_2O_3 储量 2 184.9 万 t, 其中工业储量 1 598.9 万 t, 为一超大型规模的含铀、铁、硼矿床。

1979—2000 年, 重点对宽甸栾家沟大型硼矿进行了勘探, 对宽甸二人沟、杨木杆子等矿进行了补勘, 对宽甸花园沟、五道岭大型硼矿进行了详查, 对新发现的营口岔沟大型硼矿进行了普查。与此同时, 对西藏革吉扎仓茶卡中型硼矿进行了详查, 对新发现的改则县麻木错大型硼矿进行普查。

2000 年以来, 重点加强了辽东沉积变质硼矿和西藏地区盐湖型硼矿找矿和勘查工作, 新发现硼矿 41 处, 其中大中型 8 处, 主要是西藏革吉县扎仓茶卡 II 湖东缘、辽宁大石桥后仙峪硼矿区板长峪石洞沟硼矿及其东岔沟、二道沟、鲁家沟南矿段、辽宁宽甸明安、泡子沿第二硼矿、临江硼矿、辽宁辽阳陈家堡子一岫岩生铁岭硼镁铁矿和广东连平大顶铁矿深坑矿区硼矿(尚红林等, 2019a)。

1.5 重晶石矿

中国重晶石矿包括重晶石和毒重石。截至 2020 年底, 中国发现重晶石矿产地 562 处, 其中超大型 2 处, 大型 9 处, 中型 24 处, 小型 205 处, 矿点 322 处。发现毒重石矿产地 9 处, 其中大型 2 处, 小型 3 处, 矿点 4 处。重晶石矿查明储量(矿石)3 689.12 $\times 10^4$ t, 毒重石矿查明储量(矿石)285.51 $\times 10^4$ t。主要分布在贵州、湖南、广西、甘肃、陕西、湖北、浙江、重庆、山东、福建等省(市、自治区)。

从 20 世纪 50 年代开始,中国重晶石地质找矿工作得到重视和发展,共发现重晶石矿产地 35 处,其中大型 5 处,主要是贵州天柱大河边、湖南新晃贡溪、甘肃文县东风沟、陕西安康石梯和福建永安李坊。其中,新晃贡溪发现特大型重晶石矿,探明储量 4.53 亿 t,是中国迄今已知最大的重晶石矿。

20 世纪 90 年代,全国共发现重晶石矿产地 69 处,其中大中型 4 处。重点勘查评价了 6 处大型重晶石矿:贵州天柱大河边、湖南新晃贡溪、广西象州寺村、福建永安李坊、陕西安康石梯、甘肃文县东风沟重晶石矿。

2000 年以来,重点在湖南、贵州、广西、陕西、山东、甘肃、吉林等省(区)开展重晶石的找矿和勘查工作,新发现重晶石矿产地 17 处,其中大型为湖南沅陵北溶、贵州乐纪重晶石矿区外围肯然及卢家院矿段 2 处,共提交重晶石资源量 2 986 万 t。对云南金沙厂铅锌矿伴生的重晶石矿进行了综合评价(尚红林等, 2019b)。

1.6 硫矿

中国硫资源主要是硫铁矿、伴生硫和自然硫。截至 2020 年底,发现硫矿矿产地 1 706 处,其中超大型 9 处,大型 72 处,中型 298 处,小型 762 处,矿点 565 处,硫铁矿查明储量 $66\,503.54\times 10^4$ t。主要集中分布于四川、贵州、安徽、云南、江西、内蒙古、河南、广东、广西、湖北等 10 省(市、自治区),硫铁矿($S\geq 35\%$)富矿绝大多数集中分布在重庆、广东和贵州。

20 世纪 50—70 年代,先后勘探了辽宁草河口、山西平定县锁簧、广东英德和安徽向山等重要矿床,保证了矿山生产建设的需要。新发现了浙江龙游、乐昌西岗寨,安徽马山、铜陵新桥,贵州三叉河、内蒙古陈巴尔虎旗“六一”等硫铁矿床,特别是 1959 年,发现云浮大降坪黄铁矿,是世界上少有的特大型富黄铁矿。

1979—2000 年,新发现的硫铁矿矿产地 134 处,其中大中型 7 处,新发现自然硫矿产地 1 处。新发现的大中型硫铁矿主要为内蒙古乌拉特前旗山片沟、巴林左旗驼峰山、呼后旗三贵口,安徽庐江黄屯、广东云浮石板坑和四川叙永海坝、贵州仁怀米江煤系硫铁矿。在广东英德、阳春黑石岗,安徽向山硫铁矿的深部和外围寻找和勘查新的接替资源。

2000 年以来,硫铁矿地质找矿工作主要是勘查多金属硫铁矿和煤系硫铁矿。重点勘查评价了内蒙古克什克腾旗拜仁边坝西区、巴林左旗驼峰山,新疆哈巴河县阿舍勒一号铜锌矿区、福建大田上蔡、湖南董家河矿区光明矿段等多金属硫铁矿和湖北利

川罗圈坝,四川古蔺县岔角滩井田、茨竹沟井田等煤系硫铁矿矿床,经省级以上资源储量评审中心和局级以上地勘主管部门评审批准的资源储量 1.34 亿 t(熊先孝等, 2022)。

1.7 天青石矿

截至 2020 年底,中国发现天青石矿矿产地 47 个,其中超大型 8 个,大型 11 个,中型 6 个,小型 7 个,矿点 15 个,天青石矿查明储量(天青石) $1\,580.43\times 10^4$ t。主要分布在青海、重庆、陕西、湖北、云南、新疆、四川和江苏等省(市、自治区)。

20 世纪 70 年代及以前,主要对江苏爱景山天青石矿,青海大风山、尖顶山、黑梁子、巴戈雅乌汝、存迹、油泉子、南翼山等地天青石矿,湖北黄石市狮子立山铅锌天青石矿,云南兰坪金顶铅锌天青石矿踏勘及检查,均取得了找矿新发现、新进展。

1979—2000 年,是中国天青石矿查明资源量快速增长期。在江苏、四川、重庆、云南、青海等省(区)发现并探明了一批大中型天青石矿产地,主要有爱景山天青石矿、卧龙山天青石矿、大风山天青石矿、尖顶山天青石矿、黄石市狮子立山铅锌天青石矿、兰坪金顶铅锌天青石矿、玉峡天青石矿、兴隆天青石矿、干沟天青石矿、古龙天青石矿等。估算天青石资源量近 4 500 万 t(钱洪夫等, 2023)。

1.8 砷矿(雄黄/雌黄)

中国砷矿资源包括雄黄、雌黄和毒砂。截至 2020 年底,砷矿查明储量(砷) 26.14×10^4 t。中国发现雄黄矿产地 40 处,其中超大型 1 处,大型 3 处,中型 8 处,小型 15 处,矿点 13 处。主要分布在湖南、西藏、云南、贵州、广西等省(市、自治区)。

1950—2000 年,发现并勘查了一批重要的矿产地,如河南省卢氏县五里川小红沟砷矿,广东省阳春县合水圣堂寨长坑背水库雄黄雌黄矿,贵州省思南县雄黄沟矿区水车坝矿段,云南省南华县砷矿、丽江南溪—汝南化砷矿、南华龙潭砷矿等,重点对湖南石门雄黄矿开展了勘查工作。石门雄黄矿是国内外已知的最大雄黄矿,具有 1 400 多年的开采历史(郑厚义等, 2023)。

1.9 芒硝矿

中国芒硝资源极为丰富,是优势矿产之一。截至 2020 年,中国已经发现芒硝矿矿产地 253 处,其中,超大型 16 处,大型 53 处,中型 49 处,小型 94 处,矿(化)点 41 处。芒硝矿查明储量(Na_2SO_4) 17.73×10^8 t。主要分布在新疆、四川、青海、内蒙古、云南、湖北、湖南等省(自治区)。

1949 年后,随着芒硝制品(元明粉)需求的快速增长,带动了中国芒硝矿的勘查工作。20 世纪 50 年

代,对青海、新疆、西藏、内蒙古等西部盐湖区进行普查勘探,对芒硝资源也进行了综合评价。20 世纪 70—80 年代,完成山西省运城盐湖芒硝矿勘探工作,查明 Na_2SO_4 储量 $5\,773\times 10^4\text{ t}$ 。20 世纪 60—80 年代,对四川盆地西部晚白垩世钙芒硝矿开展了大规模的勘查工作,发现矿产地 41 处,其中超大型、大型钙芒硝矿床 17 处,主要分布在丹棱、眉山、彭山、名山、大邑以及新津等地。共查明资源储量(矿石量) $187.42\times 10^8\text{ t}$, (Na_2SO_4) $9.87\times 10^8\text{ t}$ 。在云南省安宁县发现规模达超大型的安宁石盐、钙芒硝矿。

对含盐系中的芒硝矿床等的发现一般是伴随着找油和找钾地质普查勘探工作进行的。例如,江苏洪泽顺河集含重碳酸钠盐的石盐-钙芒硝-无水芒硝矿床是 1975 年华东石油地质局在洪泽盆地进行油气普查施工的苏 72#首先发现的。1992 年 8 月,在洪钾三井首次发现了重碳酸钠盐矿层和厚大的无水芒硝矿层。1979—1900 年,中国第四纪沙下湖型内蒙古达拉特旗芒硝矿床经过普查、详查,获得芒硝矿矿石资源量 $68.80\times 10^8\text{ t}$, 硫酸钠资源量 $23.07\times 10^8\text{ t}$ 。近年来,对其中 22 km^2 范围进行了可行性研究,获得矿石基础储量和资源量 $7.04\times 10^8\text{ t}$, Na_2SO_4 基础储量和资源量 $2.55\times 10^8\text{ t}$, 是目前国内资源量最大的芒硝矿(邓小林等, 2022)。

1.10 石膏矿

截至 2020 年,中国发现石膏矿矿产地 788 处,其中超大型 43 处,大型 91 处,中型 73 处,小型 286 处,矿点 295 处,石膏矿查明储量(矿石) $15.48\times 10^8\text{ t}$ 。主要分布在山东、安徽、宁夏、江苏、内蒙古、湖南、青海、湖北、广西、云南等省(自治区)。

20 世纪 50、60 年代对湖北应城,四川达县、大为,山西太原、灵石等石膏矿进行了勘查;70 年代勘探了江苏南京、湖南邵东、江西永新等硬石膏矿,开辟了水泥与农用石膏的新途径。同时,在缺膏地区发现并探明了广东三水和四会、辽宁辽阳、吉林通化等矿,为扭转石膏资源分布不平衡,满足水泥工业发达地区就近解决石膏供应做出了贡献。

90 年代重点对安徽定远石膏矿、内蒙古鄂托克旗苏级石膏矿、山东平邑盆地石膏矿、山东泰安大汶口盆地石膏矿、江西贵溪县罗塘石膏矿等进行了勘查工作。安徽定远石膏矿提交石膏储量 B+C 级 $2\,889.90\times 10^4\text{ t}$ 。苏级石膏矿区北矿段提交石膏矿储量 $335\,887\times 10^4\text{ t}$ 。平邑盆地提交石膏矿储量 $154\,893.1\times 10^4\text{ t}$ 。

2001 年以来,先后完成了山东大汶口、黄墩矿区石膏矿,安徽杨庄铁矿、马厂矿区、西埠硬石膏

矿、凤凰山石膏矿邢桥矿区、顺安硬石膏矿,湖南赵家坪矿区,新疆帕尔石膏矿,宁夏余家圈、黄米湾石膏矿,湖北下新矿区、柏杨地区后河、潘集矿区纤维石膏矿等勘探地质工作,累计查明资源量 $2\,041\,135.31\times 10^4\text{ t}$ (赵玉海等, 2023)。

1.11 盐矿

截至 2020 年底,发现盐矿矿产地 536 处,属于 258 个矿区,其中,超大型盐矿床 19 处、大型 54 处、中型 101 处、小型 206 处,矿点 156 处,盐矿(NaCl)储量 $207.11\times 10^8\text{ t}$ 。主要分布在鄂尔多斯盆地和柴达木盆地,占全国资源储量的 84.00%。

中国的盐矿勘查大致可以分为三个阶段。1949—1978 年,共发现盐矿 72 处,勘查盐矿床 45 个,其中超大型 3 个、大型 3 个、中型 9 个、小型 30 个,获得盐矿资源储量(NaCl) $366.10\times 10^8\text{ t}$,基本形成了全国盐矿资源格局。大型以上的盐矿床为青海省海西州马海钾镁盐矿床、海西州一里坪盐湖锂-盐矿床,江西省樟树市清江北钙芒硝-岩盐矿床,云南省勐腊县小东洋—曼庄岩盐矿床、景谷县文卡钾盐-岩盐矿床、江城县整董岩盐矿床。

1979—2000 年,共发现盐矿 117 处,勘查盐矿床 97 个,其中超大型 6 个、大型 8 个、中型 25 个、小型 58 个,获得盐矿资源储量(NaCl) $11\,514.40\times 10^8\text{ t}$,这一时期的西部湖盐、中东部井矿盐的勘探和生产得到了较快发展。大型以上的盐矿床有青海省海西州大浪滩钾盐-盐矿床、海西州双泉钾盐-盐矿床、海西州察汗斯拉图芒硝-盐矿床,陕西省榆林市镇川堡—绥德岩盐矿,重庆市万州高峰场岩盐矿床,四川省盐源县盐井沟岩盐矿床、乐山市马踏岩盐矿床、蓬溪县蓬莱岩盐矿床,湖北省天门市小板凹陷芒硝-岩盐矿床,湖南省衡阳市茶山坳钙芒硝-岩盐矿床、衡阳市桐山—松木塘钙芒硝-岩盐矿,江苏省常州市金坛钙芒硝-岩盐矿床、淮安市淮安钙芒硝-岩盐矿,山东省泰安市大汶口盆地东向—漕河涯石膏-岩盐矿床。

2001 年以来,共勘查盐矿床 238 处,其中超大型盐矿床 10 处,大型 43 处,中型 67 处、小型 118 处,查明盐矿资源储量(NaCl) $4\,331.50\times 10^8\text{ t}$ 。盐矿遍布于 21 个省(市、自治区),集中分布于青海、新疆、陕西及中东部地区,超大型盐矿有青海省格尔木市察尔汗盐湖钾镁盐-盐矿床、格尔木市霍布逊盐湖钾镁盐-盐矿床、别勒滩盐湖钾镁盐-盐矿床、海西州俄博滩钾盐-盐矿床、梁中钾盐-盐矿床,陕西省延川县永坪岩盐矿床,河北省宁晋县纪昌庄岩盐矿床,河南省濮阳市东濮岩盐矿床、濮阳市梨园岩盐矿床,江西省樟树市永泰岩盐矿床(韦钊等, 2022)。

1.12 化工灰岩矿

截至 2020 年底,中国化工灰岩查明储量(矿石) 134 598.72×10⁴ t,其中,电石灰岩查明储量(矿石) 95 442.95×10⁴ t,制碱灰岩查明储量(矿石) 39 155.77×10⁴ t。中国发现化工灰岩矿产地 186 处,其中,超大型 8 处,大型 32 处,中型 58 处,小型 55 处,矿点 33 处,主要分布在青海、安徽、宁夏、内蒙古、河北、北京、湖北、贵州、新疆、陕西等 10 个省(区、市)。

20 世纪 50 年代发现勘查了青海柏木峡,河北王攀庄、禹山,吉林元宝山化工灰岩矿。20 世纪 60 年代发现勘查了河北井径,广西覃塘,湖北隆中,山东湖田,安徽马脊山,贵州甘溪、万子山等化工灰岩矿。20 世纪 70 年代发现勘查了北京丁家滩,云南炎方,湖南光陂、大江口,广西东江、叶茂等化工灰岩矿。共探明化工灰岩矿石资源量 22.60×10⁸ t。

1979—2000 年,主要在青海、北京、山东、江苏、陕西、河北等地发现并探明了一批大中型化工灰岩矿产地,主要有青海柏树山电石灰岩矿,北京河防口制碱灰岩矿,山东柳泉龙泉、桃山制碱灰岩矿,江苏鸡毛山、霸王山、魏集制碱灰岩矿,陕西川口河、将军山化工灰岩矿,河北梁家一单家、小关化工灰岩矿,福建曹岩、吊钟岩化工灰岩矿等。

2001 年以来,是化工灰岩矿查明资源量快速增长期,勘查工作主要集中在青海、内蒙古、宁夏、新疆及安徽等省(区),共发现化工灰岩矿产地超大型 7 个、大型 18 个、中型 19 个(李晓亚等, 2023)。

1.13 明矾石矿

截至 2020 年底,中国明矾石矿查明储量(矿物量) 1 768.02×10⁴ t。全国共发现矿产地 63 处,其中超大型 1 处,大型 4 处,中型 11 处,小型 27 处,矿点 20 处。明矾石矿产地主要集中分布在浙江、安徽和福建三省。

1949—1978 年,在我国钾肥原料紧缺的情况下,明矾石是制取钾肥的重要原料,勘查了安徽庐江大、小矾山,浙江苍南县矾山、瑞安市仙岩、福建平和县大矾山明矾石矿等矿床。

1979—2000 年,发现了吉林长白马鹿沟、山东莒南将军山明矾石矿等。2001 年至今,主要是对新疆淖毛湖畔生明矾石矿床的勘查(郑厚义等, 2023)。

1.14 天然碱矿

截至 2020 年底,中国天然碱矿查明储量($\text{Na}_2\text{CO}_3+\text{NaHCO}_3$) 402.33×10⁴ t。主要分布在内蒙古、河南、西藏、青海、广东等省(自治区)。中国发现天然碱矿矿产地 35 处,其中超大型 2 处,大型 5 处,中型 5 处,小型 14 处,矿点 9 处。

20 世纪 50—60 年代,新发现了内蒙古苏尼特

右旗查干诺尔芒硝-天然碱矿、乌审旗合同察汗淖天然碱矿、伊盟巴音淖尔天然碱矿、鄂托克旗乌都淖天然碱矿、昭盟鄂托克旗乌都淖天然碱矿、新巴尔虎左旗老好巴湖天然碱矿,青海省海西州都兰县宗家—巴隆天然碱矿等矿床。查干诺尔矿区探获天然碱储量 4 056.5 万 t、芒硝储量 414.3 万 t,巴音淖尔矿区探明天然碱储量 400.40 万 t,乌都淖矿区探明天然碱储量 179.60 万 t。

20 世纪 70 年代,最重要的是河南省桐柏县吴城天然碱矿和安棚碱矿的发现与勘查,与美国绿河碱矿、土耳其贝巴扎勒碱矿等为世界上仅有的 4 处古天然碱矿。吴城天然碱矿床是首次发现产于古近系的古天然碱矿,探获 Na_2CO_3 水采储量 3 648 万 t,旱采储量 2 076 万 t。

2001 年以来,新发现 3 处大型固体天然碱矿床,特别是 2012 年新发现的河南省桐柏县曹庄天然碱矿床规模当时居亚洲第一,世界第二。2019 年,在内蒙古阿拉善右旗塔木素苏木探获固体天然碱资源量(122b+333)矿石量 107 836 万 t,再一次改写了中国天然碱矿资源分布的格局(杨轩等, 2023)。

1.15 硝石矿

中国硝石矿包括钠硝石和钾硝石,截至 2020 年底,发现硝石矿矿产地 40 处,其中超大型 1 处,大型 1 处,中型 2 处,小型 17 处,矿点 19 处。中国钠硝石矿查明储量(矿石) 2 513.05×10⁴ t。硝石矿主要分布在新疆,山西、甘肃和青海等有零星分布。

中国已查明并具工业开发价值的硝石矿床主要分布在新疆。20 世纪 60 年代,先后对新疆小草湖、吐峪沟、赛尔盖普及哈密沙尔钠硝石矿床进行了普查。80 年代中化地质矿山总局地质研究院对小草湖矿区红台矿段进行了详查,核工业部新疆矿务局二一六地质队对吐鲁番小横山开展钾硝石的普查找矿。90 年代以后,先后发现鄯善县库姆塔格硝石矿床、哈密市了墩南钠硝石矿床等(杨轩等, 2023)。

2 化工矿产矿床类型划分

在化工矿产各矿种成矿规律、矿床成因类型和工业类型等综合研究的基础上,结合近年来地质勘查工作的新发现,全面梳理划分了中国化工矿产矿床类型,划分结果见表 3。其中磷矿为 2 大类 5 种类型,主要为化学沉积型、受变质型、岩浆岩型等。其中,化学沉积型矿床 755 处,主要分布于黔中、湘西、鄂西、川西、广西、南秦岭中段等地。受变质型矿床 160 处,主要分布于江苏、安徽、湖北、河北、辽宁等地。岩浆岩型矿床 86 处,主要分布在北方,即西北、华北与东北地区,其他地区仅有零星分布。硫铁矿为 2 大类 8 种类型,自然硫为

表 3 中国化工矿产矿床类型简表
Table 3 The genetic types of chemical mineral deposits in China

矿种	一级分类	二级分类		三级分类	典型矿床	
钾盐	外生矿床	沉积作用矿床	蒸发沉积型	现代盐湖型(固体、卤水)	青海格尔木市察尔汗盐湖、新疆若羌县罗布泊罗北凹地	
				地下水型	青海茫崖镇大浪滩、青海茫崖镇南翼山、四川邛崃县平落坝	
				化学沉积型	云南江城县勐野井、四川渠县农乐	
	内生矿床	岩浆作用矿床	岩浆岩型	超基性-碱性岩型	河北矾山	
				碱性岩型	辽宁施家堡	
				超基性-碳酸岩型	新疆且干不拉克	
				碳酸岩型	内蒙古白云鄂博	
				超基性岩型	新疆卡乌留克塔格	
				基性岩型	河北马营	
				伟晶岩型	河北右所堡	
				变质作用矿床	受变质型	绿岩带型
			混合岩化变质型			黑龙江鸡西麻山、林口余庆
				外生矿床	表生作用矿床	风化型
洞穴堆积型	广西邑隆、广西象州马坪、广东翁源					
风化-淋滤残积型	湖南湘潭黄荆坪					
鸟粪型	西沙群岛					
沉积作用矿床	化学沉积型	贵州开阳、瓮安，湖北荆襄、神农架、宜昌，湖南东山峰、洗溪，江西朝阳，云南昆阳、四川马边老河坝、六股水、雷波、河南鲁山辛集、山西芮城水峪、甘肃马房子沟、海南大茅磷锰矿、四川绵竹马槽滩				
萤石矿	内生矿床	岩浆作用矿床	岩浆热液型	浙江八面山、湖南界牌岭、内蒙古苏莫查干敖包		
			陆相火山岩型	浙江杨家、浙江湖山、浙江羊平鸟、河北郝家楼、河北广发永、辽宁三宝屯		
		含矿流体作用矿床	浅成中-低温热液型	甘肃七坝泉、湖北华河、河南陈楼、安徽庄村、贵州大厂、福建南山下		
		硼矿	内生矿床	岩浆作用矿床	接触交代型	湖南常宁七里坪、广东连平大顶、浙江长兴县和平
陆相火山岩型	新疆西吉尔塔格					
变质作用矿床	受变质型			辽宁凤城翁泉沟、辽宁宽甸杨木杆子、辽宁宽甸砖庙		
外生矿床	沉积作用矿床		蒸发沉积型	盐湖型	西藏革吉县扎仓茶卡、西藏申扎县杜佳里湖、青海格尔木大柴旦盐湖	
				地下水型	四川自贡邓井关、青海南翼山	
		沉积(改造)型		天津市蓟县东水厂		
重晶石矿	内生矿床	岩浆作用矿床	岩浆热液型	湖南衡阳谭子山、山东郯城房庄、山东安丘宋官疃		
			海相火山岩型(火山-沉积型)	四川白玉呷村、甘肃肃南桦树沟镜铁山		
		含矿流体作用矿床	浅成中-低温热液型(层控内生型)	湖北宜都南庄坪、河南汲县大池山		
	外生矿床	表生作用矿床	风化型(残坡积型)	广西象州寺村、海南儋县冰岭		
沉积作用矿床		化学沉积型	湖南新晃贡溪、贵州天柱大河边			
硫铁矿	内生矿床	岩浆作用矿床	接触交代型	河南银家沟、安徽铜官山、黑龙江翠宏山		
			斑岩型	江西德兴、陕西金堆城、江西鲍家		
			岩浆热液型	安徽新桥、江苏岔路口、浙江龙游		
			陆相火山岩型	安徽向山、安徽何家小岭、江苏云台山		
			海相火山岩型	甘肃白银厂、吉林放牛沟、青海青龙滩		
			变质作用矿床	受变质型	内蒙古东升庙、辽宁大荒沟、广东云浮	
			表生作用矿床	风化型	广东博罗荔枝田、贵州金沙太平、湖南安化青山冲	
	外生矿床	沉积作用矿床	化学沉积(沉积改造、煤系沉积)型	河北高板河、湖南城步铺头、广东英德红岩、(山西晋城周村、河南焦作冯封、四川兴文先锋)		
		自然硫	内生矿床	岩浆作用矿床	陆相火山岩(火山气液)型	黑龙江五大连池、西藏羊八井、台湾大屯
外生矿床	表生作用矿床		风化型	湖北慈口		
	沉积作用矿床		化学沉积型	山东朱家庄、青海硫磺山、新疆玉力群		

续表 3

矿种	一级分类	二级分类	三级分类	典型矿床
硫化氢气	外生矿床	沉积作用矿床	化学沉积型	四川威远、河北赵兰庄
	内生矿床	岩浆作用矿床	岩浆热液型	湖北黄石狮子立山铅锌锑矿、陕西洛南黄龙铺钼矿
			陆相火山岩型	江苏溧水爱景山
天青石矿	外生矿床	表生作用矿床	风化型(表生淋积型)	重庆铜梁玉峡
		沉积作用矿床	化学沉积(沉积改造)型	青海茫崖大风山、青海茫崖尖顶山、重庆铜梁玉峡、重庆合川干沟、重庆大足兴隆、云南兰坪铅锌锑矿、新疆和硕县可可乃可
雄黄矿	内生矿床	岩浆作用矿床	岩浆热液型	湖南石峡、陕西北山新建
		含矿流体作用矿床	浅成中-低温热液型	湖南石门界牌峪、广西河池水落、云南省大理市(下关)石碛厂、四川松潘
芒硝矿	外生矿床	沉积作用矿床	现代盐湖型	内蒙古吉兰泰、新疆巴里坤湖、青海昆特依、西藏扎布耶湖、山西运城盐湖
			沙下湖型	内蒙古雅布赖、德胜太、双龙、善岱
			陆相碎屑岩型	甘肃硝沟、四川安仁、四川农乐、云南安宁、湖北应城井田、湖南衡阳井田
石膏矿	内生矿床	岩浆作用矿床	接触交代型	湖北鄂州程潮、湖北大冶金山店
			陆相火山岩型	安徽庐江
			海相火山岩型	新疆哈密库姆塔格
	外生矿床	变质作用矿床	受变质型	辽宁凤城
		表生作用矿床	风化型	湖南省澧县伍家峪
盐矿	外生矿床	沉积作用矿床	蒸发沉积(沉积-改造)型	山西太原西山、江苏南京周村、山东泰安大汶口、宁夏同心、广西灵山钦灵、湖北应城
			海相碳酸盐岩硫酸盐岩型	四川长宁、四川盐源盐井沟
			陆(湖)相碎屑岩盐岩型	河南叶县舞阳、江西清江
			地下卤水型	四川自贡邓关、湖北潜江凹陷、青海昆特依矿区
			现代盐湖型	内蒙古吉兰泰盐湖、青海茶卡盐湖
化工灰岩	外生矿床	沉积作用矿床	化学沉积型	青海德令哈旺尕秀、青海德令哈曼提、内蒙古乌海呼珠不沁希勒、内蒙古乌海黄河
			生物化学沉积型	北京门头沟丁家滩、河北井陉南张村陈家、内蒙古鄂托克旗阿尔查布嘎、云南沾益炎方
明矾石矿	内生矿床	岩浆作用矿床	中低温(火山沉积)型	安徽庐江大、小矾山, 浙江苍南矾山, 福建平和县大、小矾山
			高温火山通道型	浙江瑞安仙岩、浙江萧山岩山、浙江鄞县凤凰山
			高温热液交代型	浙江平阳坑
天然碱矿	外生矿床	沉积作用矿床	盐湖型	内蒙古合同察汗淖、青海宗家一巴隆、西藏扎布耶盐湖
			陆相碎屑岩型	河南安棚、河南吴城
			地下卤水型	河南安棚卤水碱矿
硝石矿	外生矿床	沉积作用矿床	基岩构造裂隙卤水蒸发型	新疆吐峪沟、新疆赛尔盖甫
			冲洪积-残坡积物孔隙卤水蒸发型	新疆小草湖、新疆库姆塔格
			现代盐湖型	新疆乌宗布拉克、新疆裤子山

2 大类 3 种类型, 以化学沉积型、岩浆热液型、接触交代型为主。其中, 化学沉积型矿床 656 处, 主要分布于冀北、湘西、湖北、福建、安徽、重庆、广东、广西等地。岩浆热液型矿床 602 处, 主要矿床有安徽新桥、浙江龙游、江苏岔路口、广东官田、广东大宝山、山东唐家沟、广西弄华硫铁矿矿床等。接触交代型矿床 145 处, 主要分布于安徽铜陵、豫西、鄂东南、粤西等。钾盐为 1 大类 1 种类型, 即

现代盐湖型, 共计 97 处, 主要分布于青海、新疆、西藏等地。硼矿为 2 大类 4 种类型, 主要为盐湖型和受变质型。其中, 盐湖型矿床 124 处, 主要分布于青海、西藏、四川、湖北等地。受变质型矿床 59 处, 主要分布于中国辽东—吉南地区。萤石为 1 大类 3 种类型, 以浅成中-低温热液型和陆相火山岩型为主。其中, 浅成中-低温热液型矿床 868 处, 主要分布在福建西部、江西中南部、安徽南部, 河

南西南部、山东东部、内蒙古中部, 贵州、云南东部、贵州东南部及四川南部等地。陆相火山岩型矿床 436 处, 主要分布于中国东部中生代陆相火山岩带中, 集中于东南沿海火山岩带、大兴安岭火山岩带和燕辽火山岩带。重晶石为 2 大类 5 种类型, 以岩浆热液型、浅成中-低温热液型和化学沉积型为主。其中, 岩浆热液型矿床 295 处, 主要分布山东、河南、湖南、贵州、四川及广东等省。浅成中-低温热液型矿床 169 处, 多产于湖北、河南等地, 少数分布在广东、广西、贵州等地。化学沉积型矿床 83 处, 主要分布于湖南、贵州、湖北、广西、甘肃、陕西和西藏等省(自治区)。天青石为 2 大类 4 种类型, 主要为化学沉积型, 共计 37 处, 主要分布在柴达木盆地西北部地区, 内蒙古中部地区、山东省西南部、川东褶皱带西部、兰坪—思茅盆地、塔里木盆地。雄黄为 1 大类 2 种类型, 以浅成中-低温热液型为主, 共计 34 处, 主要分布于湖南、贵州、云南、四川等地。芒硝为 1 大类 1 种类型, 以现代盐湖型和陆相碎屑岩型为主。其中, 现代盐湖型矿床 132 处, 主要分布在内蒙古、青海、新疆、甘肃、西藏、山西和陕西。陆相碎屑岩型矿床 117 处, 主要分布在四川、云南、青海、湖北、湖南、江苏等地。石膏为 2 大类 6 种类型, 以蒸发沉积型和接触交代型为主。其中, 蒸发沉积型矿床 763 处, 主要分布于山东、安徽、宁夏、江苏、内蒙古、湖南、青海、湖北、广西、云南等省(自治区)。接触交代型矿床 15 处, 主要分布于湖北鄂州、黄石大冶等地。盐矿

为 1 大类 1 种类型, 属蒸发沉积型, 以现代盐湖型和湖相碎屑岩型为主。其中, 现代盐湖型矿床 236 处, 主要分布于我国西北、华北北部气候干旱荒漠地区和西南地区。湖相碎屑岩型矿床 189 处, 主要分布于新疆、云南、江苏、江西、湖南、湖北等省(区)。化工灰岩矿为 1 大类 2 种类型, 以化学沉积型为主, 主要分布在青海、安徽、宁夏、内蒙古、河北、北京、湖北、贵州、新疆、陕西等地。明矾石矿为 1 大类 1 种类型, 即陆相火山岩型, 共计 61 处, 主要分布于浙江、安徽、福建三省。天然碱矿为 1 大类 1 种类型, 为盐湖型, 共计 29 处, 主要分布于内蒙古、青海和西藏。硝石矿为 1 大类 1 种类型, 均属蒸发沉积的现代盐湖型和冲洪积-残坡积物孔隙卤水蒸发型, 均集中分布于新疆, 共计 37 处。

3 中国化工矿产的成矿规律

3.1 化工矿产的成矿时代

中国化工矿产各矿种在时间上的分布有所不同(表 4)。磷矿成矿集中分布在太古—元古宙和早古生代, 占全部矿产地的 83.55%; 硫矿成矿集中分布在晚古生代和中生代, 占全部矿产地的 76.90%; 钾盐矿成矿集中分布在新生代, 占全部矿产地的 87.50%; 萤石矿成矿集中分布在中生代, 占全部矿产地的 95.06%; 硼矿成矿集中分布在早古生代和新生代, 占全部矿产地的 86.58%; 重晶石矿成矿集中分布在早古生代和中生代, 占全部矿产地的 92.99%; 天青石矿成矿集中分布于中生代和新生代,

表 4 中国主要化工矿产成矿时间分布简表
Table 4 The mineralization time of major chemical minerals in China

矿种名称(矿产地个数)	太古—元古宙 (阜平—晋宁期)	早古生代 (兴凯—加里东期)	晚古生代 (华力西期)	中生代 (印支—燕山期)	新生代 (喜马拉雅期)
钾盐矿(120)		2 个/1.67%		13 个/10.83%	105 个/87.50%
磷矿(1040)	441 个/42.40%	428 个/41.15%	121 个/11.63%	29 个/2.78%	21 个/2.02%
萤石矿(1436)	4 个/0.27%	28 个/1.95%	29 个/2.02%	1365 个/95.06%	10 个/0.70%
硼矿(216)	61 个/28.24%		8 个/3.70%	21 个/9.73%	126 个/58.33%
重晶石矿(571)		211 个/36.95%	27 个/4.73%	320 个/56.04%	13 个/2.28%
硫矿(1706)	211 个/12.37%	111 个/6.51%	676 个/39.62%	636 个/37.28%	72 个/4.22%
天青石矿(47)			1 个/2.13%	26 个/55.32%	20 个/42.55%
雄黄矿(34)	1 个/2.50%	15 个/37.50%		22 个/55.00%	2 个/5.00%
芒硝矿(253)				59 个/23.32%	194 个/76.68%
石膏矿(688)	7 个/1.01%	78 个/11.34%	79 个/11.48%	192 个/27.91%	332 个/48.26%
盐矿(549)	6 个/1.09%	22 个/4.01%	2 个/0.36%	63 个/11.48%	456 个/83.06%
化工灰岩(179)	4 个/2.23%	93 个/51.96%	74 个/41.34%	8 个/4.47%	
明矾石矿(63)	1 个/1.59%		3 个/4.76%	59 个/93.65%	
天然碱矿(35)				1 个/2.86%	34 个/97.14%
硝石矿(35)					35 个/100.00%

占全部矿产地的 100.00%; 雄(雌)黄矿成矿集中分布在晚古生代、中生代和新生代, 分别占全部矿产地的 32.36%、47.06%和 20.59%; 芒硝矿集中分布在中生代和新生代, 占全部矿产地的 100.00%; 石膏矿成矿主要分布在中生代和新生代, 分别占全部矿产地的 27.90%和 48.26%; 盐矿集中分布在中生代和新生代, 占全部矿产地的 94.53%; 化工灰岩矿集中于古生代成矿, 占全部矿产地的 93.30%;

明矾石矿集中于中生代成矿, 占全部矿产地的 93.65%; 天然碱矿和硝石矿都集中新生代成矿。

3.2 化工矿产的赋矿层位

中国化工矿产在各地质年代的地层中均有分布, 主要的赋矿层位有新元古界震旦系, 早古生界志留系、奥陶系, 晚古生界二叠系、石炭系, 中生界白垩系、侏罗系、三叠系, 新生界第四系、古近系, 其赋矿层位的分布见表 5。

表 5 中国化工矿产赋矿层位统计表
Table 5 The ore-bearing strata of chemical minerals in China

界(代)	系(纪)	统(世)	年龄/Ma	构造期	矿种(矿产地数)		
新生界 (代)	第四系(纪)	全新统(世)	0.0117	喜马拉雅期	石膏矿(4 个)、盐矿(250 个)、硼矿(126 个)、钾盐矿(99 个)、芒硝矿(138 个)、重晶石矿(13 个)、磷矿(6 个)、雄黄矿(7 个)、天然碱(5 个)、硝石(17 个)、萤石矿(10 个)、硫矿(72 个)、天青石矿(3 个)		
		更新统(世)			盐矿(17 个)、硝石(18 个)		
	新近系(纪)	上新统(世)	5.30		石膏矿(35 个)、盐矿(3 个)、磷矿(15 个)、天青石矿(7 个)		
		中新统(世)			盐矿(6 个)		
	古近系(纪)	渐新统(世)	33.80		石膏矿(293 个)、盐矿(5 个)、钾盐矿(6 个)、芒硝矿(56 个)、天青石矿(10 个)		
		始新统(世)			盐矿(94 个)、天然碱(29 个)		
古新统(世)		盐矿(81 个)					
中生界 (代)	白垩系(纪)	上(晚)白垩统(世)	65.5(±0.3)	燕山期	石膏矿(57 个)、盐矿(17 个)、硼矿(16 个)、钾盐矿(7 个)、芒硝矿(55 个)、重晶石矿(291 个)、磷矿(13 个)、雄黄矿(16 个)、萤石矿(1328 个)、硫矿(587 个)、天青石矿(7 个)天然碱矿(1 个)		
		下(早)白垩统(世)	145.00		盐矿(2 个)、明矾石矿(41 个)		
	侏罗系(纪)	上(晚)侏罗统(世)	199.60	石膏矿(40 个)、盐矿(2 个)、芒硝矿(3 个)、磷矿(14 个)、明矾石矿(18 个)			
		中侏罗统(世)		盐矿(1 个)			
		下(早)侏罗统(世)		盐矿(2 个)			
	三叠系(纪)	上(晚)三叠统(世)	199.60	印支期	石膏矿(95 个)、硼矿(5 个)、钾盐矿(6 个)、芒硝矿(1 个)、重晶石矿(29 个)、磷矿(2 个)、萤石矿(37 个)、硫矿(49 个)、天青石矿(4 个)		
		中三叠统(世)			盐矿(22 个)、化工灰岩(3 个)		
		下(早)三叠统(世)			盐矿(17 个)、天青石矿(15 个)、化工灰岩(5 个)		
	古生界 (代)	二叠系(纪)	乐平统(世)	252.17	华力西期	石膏矿(4 个)、硼矿(8 个)、重晶石矿(27 个)、磷矿(29 个)、雄黄矿(11 个)、萤石矿(29 个)、硫矿(676 个)、明矾石矿(3 个)	
阳新统(世)			化工灰岩(24 个)				
船山统(世)			天青石矿(1 个)、化工灰岩(13 个)				
石炭系(纪)		上(晚)石炭统(世)	299.00	石膏矿(60 个)、磷矿(19 个)、化工灰岩(17 个)			
		下(早)石炭统(世)		盐矿(2 个)、化工灰岩(11 个)			
泥盆系(纪)		上(晚)泥盆统(世)	397.50		石膏矿(15 个)、磷矿(73 个)、化工灰岩(5 个)		
		中泥盆统(世)			化工灰岩(4 个)		
		下(早)泥盆统(世)			重晶石矿(82 个)、硫矿(111 个)		
志留系(纪)		普里多利统(世)	443.80	加里东期	石膏矿(3 个)、磷矿(35 个)、萤石矿(16 个)		
		拉德洛统(世)					
	文洛克统(世)						
	兰多弗里统(世)						
	上(晚)奥陶统(世)	石膏矿(41 个)、钾盐矿(1 个)、磷矿(4 个)、化工灰岩(6 个)					
	中奥陶统(世)	化工灰岩(28 个)					
	下(早)奥陶统(世)	盐矿(12 个)、化工灰岩(45 个)					
	寒武系(纪)	上(晚)寒武统(世)			509.00	兴凯期	石膏矿(34 个)、钾盐矿(1 个)、磷矿(389 个)、萤石矿(12 个)
		中寒武统(世)					盐矿(3 个)、化工灰岩(7 个)
下(早)寒武统(世)		盐矿(7 个)、重晶石矿(129 个)、化工灰岩(4 个)					
底(始)寒武统(世)		化工灰岩(3 个)					

续表 5

界(代)	系(纪)	统(世)	年龄/Ma	构造期	矿种(矿产地数)
新元古界 (代)	震旦系(纪)	上(晚)震旦统(世)	780.00	晋宁期	石膏矿(6个)、盐矿(6个)、磷矿(260个)、萤石矿(4个)、化工灰岩(1个)、硫矿(211个)
		下(早)震旦统(世)			
	南华系(纪)	上(晚)南华统(世)			
		中南华统(世)			
		下(早)南华统(世)			
	青白口系(纪)	上(晚)青白口统(世)			磷矿(2个)
下(早)青白口统(世)					
中元古界 (代)	蓟县系(纪)	上(晚)蓟县统(世)	1 800.00	吕梁山期	磷矿(60个)、化工灰岩(4个)、硼矿(3个)、
		下(早)蓟县统(世)			
	长城系(纪)	上(晚)长城统(世)			磷矿(6个)
		下(早)长城统(世)			
古元古界 (代)	溱沱系(纪)				石膏矿(1个)、磷矿(52个)、硼矿(58)、明矾石矿(1个)
新太古界 (代)			2 500.00	五台期	磷矿(58个)
				阜平期	
中太古界 (代)			2 800.00	迁西期	磷矿(3个)
			3 200.00		

3.3 化工矿产成矿的空间分布规律

按照“时间维造就空间维”的成矿思路,成矿单元是在各个地质历史时期成矿演化的产物,也是成矿物质载体。主要是以成矿地质特征和成矿地质环境以及诸多控矿因素的深入研究为基础而厘定的,因而也是矿产资源空间分布规律总的体现(陈毓川

等, 2007, 2010; 王登红等, 2014)。根据《中国成矿区带划分方案》(徐志刚等, 2008), 在单矿种研究基础上, 根据化工矿产产出的地质背景、成矿作用方式、相互关联性、空间上集中产出的特点, 本次化工矿产志研编划分了 41 个中国化工矿产重要的 III 级成矿区带(表 6, 图 1)。

表 6 中国化工矿产 III 级成矿区带划分表
Table 6 Grade III metallogenic zones for chemical minerals in China

成矿域	成矿省	化工区带	全国 III 级 区带编号	矿种
I-1 古亚洲 成矿域	II-2 准格 尔成矿省	IIIH-01 准格尔盆地成矿区	III-5	硼矿、钾盐矿、盐矿
			III-6	硼矿、硝石矿、芒硝矿、盐矿、石膏矿
		IIIH-02 吐哈盆地及周边成矿带	III-7	硝石矿、盐矿
			III-8	硝石矿、盐矿
	II-4 塔里 木成矿省	IIIH-03 塔里木陆块北缘成矿带	III-12、 III-13	磷矿、硫矿、重晶石矿、钾盐矿、硝石矿、芒硝矿、盐矿
		IIIH-04 磁海—公婆泉成矿带	III-14	磷矿、萤石矿、重晶石矿、硼矿、硝石矿、盐矿
		IIIH-05 塔里木盆地成矿区	III-16	硫矿、天青石矿、钾矿、硝石矿、盐矿、石膏矿
I-2 秦祁昆 成矿域	II-5 阿尔 金—祁连 成矿省	IIIH-06 河西走廊成矿带	III-20	硫矿、萤石矿、化工灰岩、盐矿、石膏矿
		IIIH-07 北祁连成矿带	III-21	硫矿、重晶石矿、化工灰岩、石膏矿
	II-6 昆仑 成矿省	IIIH-08 柴达木陆块北缘成矿带	III-24	硫矿、重晶石矿、化工灰岩、硼矿、盐矿
		IIIH-09 柴达木盆地成矿区	III-25	钾盐矿、芒硝矿、天然碱矿、盐矿、硼矿、天青石矿
		II-7 秦岭 一大别成 矿省	III-66	磷矿、硫矿、重晶石矿、雄黄矿、天然碱矿、盐矿、石膏矿
			III-67	磷矿、硫矿、萤石矿、明矾石矿

续表 6

成矿域	成矿省	化工区带	全国Ⅲ级 区带编号	矿种
I-3 特提斯 成矿域	Ⅱ-9 喀拉 昆仑—三 江成矿省	ⅢH-12 藏北高原成矿区	Ⅲ-33、 Ⅲ-35、 Ⅲ-37、 Ⅲ-40、 Ⅲ-41、 Ⅲ-42	硫矿、雄黄矿、钾盐矿、硼矿、天然碱矿、盐矿
		ⅢH-13 昌都—普洱(地块/造山带) 成矿带	Ⅲ-36	天青石矿、雄黄矿、钾盐矿、硼矿、盐矿、石膏矿
I-4 滨太平 洋成矿域	Ⅱ-12 大兴 安岭 成矿省	ⅢH-14 新巴尔虎右旗—根河成矿带	Ⅲ-47	硫矿、萤石矿、芒硝矿、天然碱矿、盐矿
		ⅢH-15 白乃庙—锡林浩特成矿带	Ⅲ-49	硫矿、萤石矿、天然碱矿、芒硝矿、盐矿、石膏矿
I-4 滨太平 洋成矿域 (叠加在古 亚洲成矿 域之上)	Ⅱ-14 华北 成矿省	ⅢH-16 辽东(隆起)成矿带	Ⅲ-56	磷矿、硫矿、硼矿、明矾石矿、化工灰岩、石膏矿
		ⅢH-17 阿拉善(台隆)成矿带	Ⅲ-18	磷矿、明矾石矿、硫矿、钾盐矿、芒硝矿、盐矿、石膏矿
		ⅢH-18 华北陆块北缘东段成矿带	Ⅲ-57	磷矿、硫矿、萤石矿、硼矿、重晶石矿、天青石矿、化工 灰岩
		ⅢH-19 鄂尔多斯(盆地)成矿区	Ⅲ-60	钾盐矿、芒硝矿、天然碱矿、盐矿、石膏矿
		ⅢH-20 山西(断隆)成矿带	Ⅲ-61	磷矿、硫矿、重晶石矿、化工灰岩、天然碱矿、盐矿、 石 膏矿
		ⅢH-21 华北陆块南缘成矿带	Ⅲ-63	磷矿、硫矿、萤石矿、重晶石矿、天青石矿、化工灰岩、 盐矿、石膏矿
		ⅢH-22 鲁西(断隆、含淮北)成矿区	Ⅲ-64	硫矿、化工灰岩、萤石矿、钾盐矿、盐矿、石膏矿
		ⅢH-23 胶东(次级隆起)成矿带	Ⅲ-65	磷矿、硫矿、萤石矿、重晶石矿
	Ⅱ-15 扬子 成矿省	ⅢH-24 苏北(断陷)成矿区	Ⅲ-68	芒硝矿、盐矿
		ⅢH-25 长江中下游成矿带	Ⅲ-69	硫矿、萤石矿、硼矿、天青石矿、明矾石矿、化工灰岩、 盐矿、石膏矿
		ⅢH-26 江南隆起东段成矿带	Ⅲ-70	磷矿、硫矿、萤石矿、重晶石矿、芒硝矿、盐矿
		ⅢH-27 武功山—杭州湾成矿带	Ⅲ-71	磷矿、硫矿、萤石矿、重晶石矿、硼矿、雄黄矿、明矾石 矿、化工灰岩、盐矿、石膏矿
		ⅢH-28 江汉—洞庭(断陷)成矿区	Ⅲ-72	钾盐矿、硼矿、芒硝矿、盐矿、石膏矿
		ⅢH-29 龙门山—大巴山(台缘拗陷) 成矿带	Ⅲ-73	磷矿、硫矿、重晶石矿、明矾石矿、盐矿、石膏矿
		ⅢH-30 四川盆地成矿区	Ⅲ-74	硫矿、硼矿、天青石矿、钾盐矿、芒硝矿、盐矿、石膏矿
		ⅢH-31 康滇隆起成矿带	Ⅲ-76	萤石矿、硫矿、雄黄矿、芒硝矿、盐矿、石膏矿
		ⅢH-32 上扬子中东部(拗褶带) 成矿带	Ⅲ-77	磷矿、硫矿、萤石矿、重晶石矿、雄黄矿、化工灰岩、 盐 矿、石膏矿
		ⅢH-33 江南隆起西段成矿带	Ⅲ-78	磷矿、硫矿、重晶石矿、化工灰岩
	Ⅱ-16 华南 成矿省	ⅢH-34 浙闽粤沿海成矿带	Ⅲ-80	硫矿、萤石矿、硼矿、明矾石矿
		ⅢH-35 浙中—武夷山(隆起)成矿带	Ⅲ-81	硫矿、萤石矿、明矾石矿、化工灰岩、盐矿
		ⅢH-36 永安—梅州—惠阳(拗陷)成矿带	Ⅲ-82	硫矿、萤石矿、重晶石矿、硼矿、明矾石矿、化工灰岩
		ⅢH-37 南岭成矿带	Ⅲ-83	磷矿、硫矿、萤石矿、重晶石矿、硼矿、雄黄矿、化工灰 岩、盐矿、石膏矿
		ⅢH-38 粤西—桂东南成矿带	Ⅲ-85	磷矿、硫矿、硼矿、雄黄矿、重晶石矿
		ⅢH-39 湘中—桂中北成矿带	Ⅲ-86	硫矿、重晶石矿、化工灰岩、石膏矿
		ⅢH-40 桂西—黔西南—滇东南部 (右江地槽)成矿区	Ⅲ-88	磷矿、硫矿、萤石矿、重晶石矿、雄黄矿、石膏矿
		ⅢH-41 海南成矿区	Ⅲ-90	磷矿、硫矿、重晶石矿

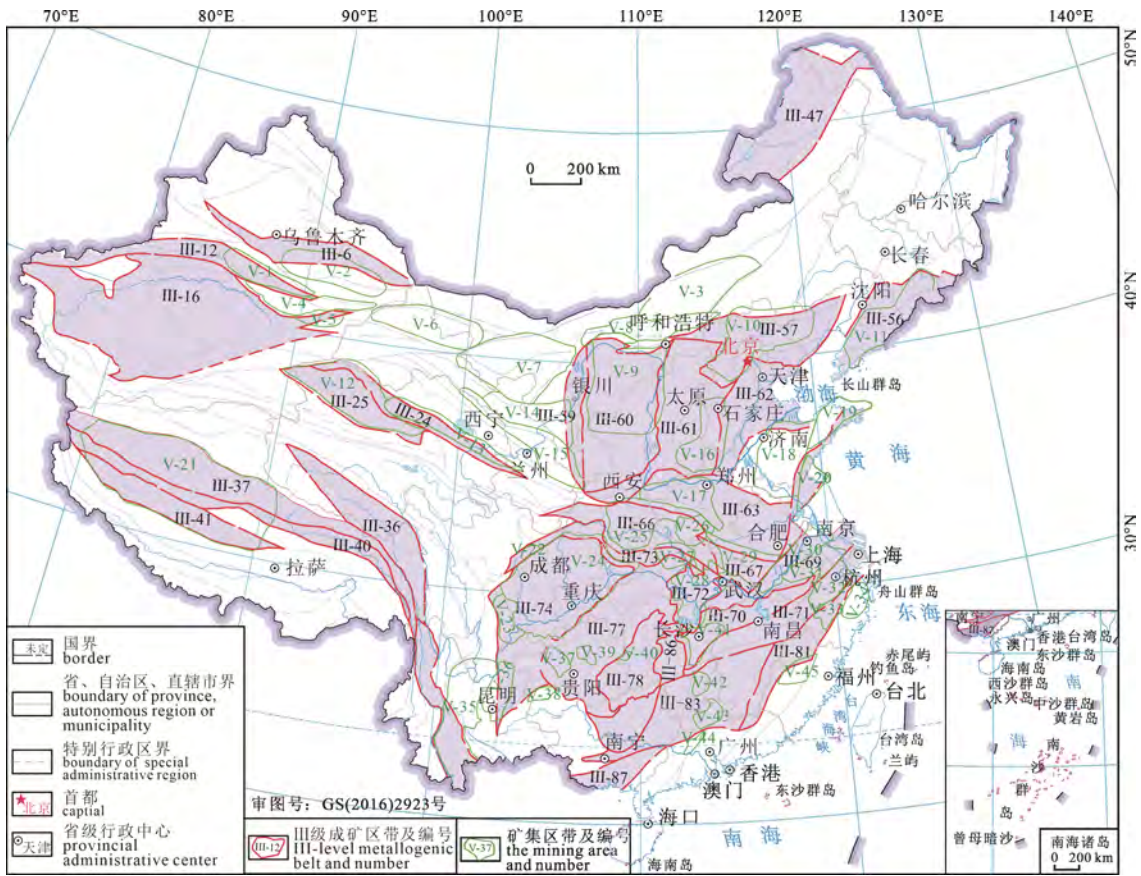


图 1 中国化工矿产重要 III 级成矿区带和矿集区图
Fig. 1 Grade III metallogenic zone and ore-concentration area map for chemical minerals in China

按照矿床成矿地质背景、成矿条件、矿床类型、成矿特征、时空分布、成矿规律及资源远景，本次化工矿产志编研圈定了中国重要化工矿产 33 个矿集区(表 7，图 1)。

表 7 中国重要化工矿产的矿集区简表
Table 7 The ore-concentration areas of important chemical minerals in China

序号	矿集区名称	化工区带	全国区带	典型矿床
1	V-1 塔里木陆块北缘(隆起)库鲁克塔格矿集区	IIIH-01	III-12①、III-13②	且干布拉克蛭石-磷灰石矿床、彩华沟铜-硫铁矿矿床、阿登套重晶石矿床
2	V-2 磁海—公婆泉北山矿集区	IIIH-02	III-14①	平台山磷矿床、方山口磷矿床、东七一山萤石矿床
3	V-3 阿拉善(台隆)龙首山矿集区	IIIH-04	III-18	马房子沟磷矿床、白家咀子铜-镍-硫铁矿矿床
4	V-4 阿拉善(台隆)狼山矿集区	IIIH-04	III-18	东升庙多金属硫铁矿矿床、炭窑口多金属硫铁矿矿床
5	V-5 河西走廊高台—永昌矿集区	IIIH-05	III-20	七坝泉萤石矿床、头沟—照路沟萤石矿床、米地梁重晶石矿床
6	V-6 北祁连矿集区	IIIH-06	III-21	白银厂铜-铅锌-硫铁矿矿床、香子沟硫铁矿矿床、桦树沟(镜铁山)铁-重晶石矿床
7	V-7 柴达木北缘海西矿集区	IIIH-07	III-24	锡铁山铅锌-硫铁矿矿床、锡铁山重晶石矿床
8	V-8 白乃庙—锡林浩特矿集区	IIIH-11	III-49	苏莫查干敖包萤石矿床、别鲁乌图铜铅锌硫铁矿矿床、白音朝克图苏木白乃庙铜伴生硫矿床
9	V-9 辽东(台隆)矿集区	IIIH-13	III-56	翁泉沟铁硼矿床、杨木杆子硼矿床、甜水磷矿床、罗屯磷矿床、六块地硫铁矿矿床
10	V-10 华北陆块北缘东段矿集区	IIIH-14	III-57①②	矾山铁磷矿床、勿兰乌苏磷矿床、东水厂锰硼矿床、高板河铅锌-硫铁矿矿床、郝家楼萤石矿床
11	V-11 山西(断隆)矿集区	IIIH-15	III-61③	大池山重晶石矿床、阳泉硫铁矿矿床、杏树台硫铁矿矿床
12	V-12 华北陆块南缘灵宝矿集区	IIIH-16	III-63②③	银家沟多金属硫铁矿矿床、石梯磷矿床

续表 7

序号	矿集区名称	化工区带	全国区带	典型矿床
13	V-13 胶东矿集区	IIIH-18	III-65	宋官疃含铅重晶石矿床、七宝山钓鱼台硫铁矿矿床、三合山萤石矿床、彭家疃磷矿床
14	V-14 东秦岭矿集区	IIIH-19	III-66①②	天台山磷矿床、金家河磷矿床、石梯重晶石矿床
15	V-15 桐柏—大别—苏鲁(造山带)桐柏—大别矿集区	IIIH-20	III-67②	黄麦岭磷矿床、大横山磷矿床
16	V-16 桐柏—大别—苏鲁(造山带)连云港—沭阳矿集区	IIIH-20	III-67①	锦屏磷矿床、濫洪—华冲磷矿床
17	V-17 长江中下游宁镇—铜陵矿集区	IIIH-21	III-69③④⑤	向山硫铁矿矿床、新桥铜-硫铁矿矿床、和平硼矿床
18	V-18 江南隆起东段矿集区	IIIH-22	III-70	谭子山重晶石矿床、七宝山铜-硫铁矿矿床、麻田磷矿床
19	V-19 武功山—杭州湾矿集区	IIIH-23	III-71③	朝阳磷矿床、东溪磷矿床、八面山萤石矿床、洪溪板萤石矿床
20	V-20 龙门山—大巴山(陆缘拗陷)绵竹—什邡矿集区	IIIH-24	III-73	什邡磷矿床
21	V-21 龙门山—大巴山(陆缘拗陷)荆襄(荆门—襄樊)—宜神(宜昌—神农架)矿集区	IIIH-24	III-73①、III-77①	荆襄磷矿床、宜昌磷矿床、保康磷矿床、管驿沟硫铁矿矿床、锈水沟硫铁矿矿床
22	V-22 康滇隆起昆阳矿集区	IIIH-26	III-76①、III-77②	昆阳磷矿床、雨碌—金牛厂磷矿床、新村硫铁矿矿床
23	V-23 康滇隆起马边矿集区	IIIH-26	III-77②	水桶沟磷矿床、老河坝磷矿床、古蔺硫铁矿矿床、打字堂硫铁矿矿床、交际河铅锌萤石矿床
24	V-24 上扬子中东部(坳褶带)织金矿集区	IIIH-27	III-77①	新华磷矿床
25	V-25 上扬子中东部(坳褶带)开阳—瓮安矿集区	IIIH-27	III-77①	开阳磷矿床、瓮福磷矿床、大方硫铁矿矿床、三岔河硫铁矿矿床、丰水岭萤石矿床
26	V-26 江南隆起西段天柱—新晃矿集区	IIIH-28	III-78	大河边重晶石矿床、乐纪重晶石矿床、董家河铅锌-硫铁矿矿床
27	V-27 浙闽粤沿海粤东—闽北—浙东矿集区	IIIH-29	III-80	羊平鸟萤石矿床、仙岩明矾石-硫铁矿矿床、官田硫铁矿矿床
28	V-28 浙中—武夷山(隆起)浙中矿集区	IIIH-30	III-81	杨家萤石矿床、湖山萤石矿床
29	V-29 永安—梅州—惠阳矿集区	IIIH-31	III-82	李坊重晶石矿床、常口萤石矿床、龙凤场硫铁矿矿床
30	V-30 南岭常宁矿集区	IIIH-32	III-83②	七里坪硼矿床、汤市—半边街硼矿床
31	V-31 南岭英德矿集区	IIIH-32	III-83②	红岩硫铁矿矿床、小竹磷矿床、上草磷矿床
32	V-32 粤西—桂东南云浮矿集区	IIIH-33	III-85①	云浮硫铁矿矿床、黑石岗硫铁矿矿床
33	V-33 桂西—黔西南—滇东南矿集区	IIIH-34	III-88	大厂锑-萤石矿床、弄华硫铁矿矿床、杭东硫铁矿矿床、把荷磷矿床

4 中国化工矿产成矿预测

4.1 化工矿产预测区

硫矿、磷矿、钾盐矿、重晶石矿、硼矿、萤石矿和石膏矿是按照全国矿产资源潜力评价的成果圈定的 3 级预测区,硝石矿、明矾石矿、芒硝矿、天然碱矿、化工灰岩、盐矿、雄(雌)黄矿和天青石矿是根据全国矿产资源潜力评价技术要求,在IV、V 级成矿区的基础上圈定远景区,再根据矿床 3 级预测区成矿条件,进一步圈定 3 级预测区。化工矿产共圈定 3 级预测区 922 个(表 8)。

4.2 化工矿产预测资源量

硫矿、磷矿、钾盐矿、硝石矿、明矾石矿、芒硝矿、重晶石矿、天然碱矿、化工灰岩、盐矿、雄(雌)黄矿、硼矿、天青石矿、萤石矿和石膏矿估计的资

源量见表 9。

5 对新一轮找矿突破的建议

5.1 加强战略性化工矿产的找矿勘查

钾盐矿、硼矿是我国急缺的战略性矿产资源,磷矿、萤石矿为优势战略性矿产资源,为保证化肥和其它化学工业发展对矿产资源的需求,建议在新一轮找矿突破战略行动中,化工矿产以磷、钾盐、萤石、硼为主攻矿种,围绕寻找新区、服务矿山深部勘查和用好共伴生资源等几个方面开展工作,推动新理论、新技术、新方法在找矿中的创新和应用。

5.2 突破传统认识,拓宽找矿思路

我国磷矿资源总量丰富但品质较差,建议以富磷矿为重点加强磷矿选区研究和找矿勘查。我国磷矿资源总量较丰富,但富磷矿查明储量仅有

表 8 中国化工矿产预测区统计汇总表
Table 8 The numbers of main chemical minerals predicting areas in China

矿种	1 级预测区(最小预区)/个	1 级预测区 A、B、C 类预测区/个	3 级预测区/个	
硫矿	自然硫	24	A 类预测区 5 个, B 类预测区 7 个, C 类预测区 12 个	6
	硫铁矿	1 516	A 类预测区 325 个, B 类预测区 453 个, C 类预测区 738 个	268
磷矿	1 086	A 类预测区 280 个, B 类预测区 308 个, C 类预测区 498 个	91	
钾盐矿	320	A 类预测区 54 个, B 类预测区 128 个, C 类预测区 138 个	45	
硝石矿			7	
明矾石矿			4	
芒硝矿			22	
重晶石矿	659	A 类预测区 128 个, B 类预测区 179 个, C 类预测区 352 个	145	
天然碱矿			9	
化工灰岩			8	
盐矿			23	
雄(雌)黄矿			12	
硼矿	367	A 类预测区 68 个, B 类预测区 88 个, C 类预测区 211 个	49	
天青石矿			7	
萤石矿	1 500	A 类预测区 359 个, B 类预测区 396 个, C 类预测区 745 个	198	
石膏矿	206	A 类预测区 44 个, B 类预测区 81 个, C 类预测区 81 个	28	
合计			922	

表 9 中国化工矿产估计资源量统计汇总表
Table 9 The predicted resources reserves of main chemical minerals in China

矿种	单位	估计资源量	估计资源量			备注
			500 m 以浅	1 000 m 以浅	2 000 m 以浅	
硫矿	自然硫	S/(10 ⁴ t)	23 150.00	4 730.00	23 150.00	23 150.00
	硫铁矿	矿石/(10 ⁴ t)	1 845 703.00	1 175 563.00	1 700 882.00	1 845 703.00
磷矿	矿石/(10 ⁸ t)	440.53	311.56	381.34	440.53	
钾盐矿	KCl/(10 ⁴ t)	326 293.00	151 049.00	162 247.00	200 269.00	6 000 m 以浅估计资源量为 326 293×10 ⁴ t
硝石矿	钠硝石	矿石/(10 ⁴ t)	12 581.30	12 581.30		
	钾硝石	矿石/(10 ⁴ t)	231.40	231.40		
明矾石矿						未预测
芒硝矿	Na ₂ SO ₄ /(10 ⁸ t)	262.16				
重晶石矿	矿石/(10 ⁸ t)	14.41	11.57	14.23	14.41	
天然碱矿	(Na ₂ CO ₃ +NaHCO ₃)/(10 ⁴ t)	877.41				
化工灰岩	矿石/(10 ⁴ t)	211 324.64				
盐矿	NaCl/(10 ⁸ t)	2 194.40				
雄(雌)黄矿						未预测
硼矿	B ₂ O ₃ /(10 ⁴ t)	22 218.97	9 517.40	10 045.50	18 858.50	6 000 m 以浅估计资源量 22 218.97×10 ⁴ t
天青石矿	(SrSO ₄ +SrCO ₃)/(10 ⁴ t)	5 252.06				
萤石矿	CaF ₂ /(10 ⁸ t)	9.50	8.71	9.53	9.53	单一型萤石矿估计资源量约 4.30×10 ⁸ t, 伴生萤石矿估计资源量约 5.20×10 ⁸ t
石膏矿	矿石/(10 ⁸ t)	9 271.32	3 285.45	3 944.53	23 621.32	

2.03 亿 t, 占查明储量的 10.6%, 新增一批富磷矿资源储量是当务之急。建议: 一是深化总结扬子陆块区重要聚磷区海相沉积型磷矿成矿规律, 丰富和完

善成矿理论, 指导勘查工作。二是以鄂西、黔中、滇东北等为重点加强深部找矿关键技术方法研究, 开展典型示范, 加强磷矿深部找矿预测工作, 进一

步扩大找矿成果,力争打开富磷矿找矿新局面。

钾盐矿是我国大宗紧缺矿产,西部地区是解决我国钾资源紧缺最有希望的地区,但中东部地区如湖北江陵及潜江凹陷、山东东营盆地等几个大型盆地深部都发现富钾卤水,也具备良好的找矿前景。今后除继续深入开展柴达木新近系一下第四系深层卤水钾盐评价找矿、加大新疆罗布泊地区钾盐找矿外,还要开拓新区、新层系、新类型找钾调查评价,加大东部几个大型盆地深层卤水和塔里木寒武系与石炭系等地区钾盐矿调查评价工作。

对于硼矿,除继续加大辽吉地区沉积变质型硼矿和青藏高原盐湖硼矿的找矿工作外,还要重点加强火山沉积硼矿的勘查找矿。

至于萤石矿,除分布于东部地区的多个大型萤石矿床之外,我国西部地区也具备良好的找矿前景。在新一轮找矿突破战略行动中,一是要充分挖掘福建、浙江、江西等东部地区萤石资源潜力,开辟深部“第二找矿空间”,提交一批资源储量,为稳定我国氟化工基地生产能力提供资源基础;二是加强内蒙古中西部、南疆等西部地区萤石矿调查评价工作,提高勘查工作程度,形成一批有战略意义的后备资源基地;三是加强共伴生萤石矿的综合勘查、综合利用,促进资源节约集约利用。

5.3 重视对矿产开发新技术的研究与高效开发利用

矿产开发技术的突破往往是新资源面世的先导。例如1894年M. Frasch采用地下热融法开采盐丘型自然硫的成功以及以后一系列技术改进,使自然硫成为20世纪最主要的工业硫源;采用碳热还原技术,使大量硼镁铁矿得到利用,等等。对于战略性化工矿产,应利用先进的采选技术,开发更多的矿产资源。硼镁铁矿中硼、镁、铁三种有价元素的综合利用、硫铁矿伴生钴的提取、有色金属伴生萤石的利用等难题,应通过研发新技术,解决更多潜在资源得到开发利用。

中国是战略性化工矿产的产销大国,以往对优质化工矿产资源开发利用过度,资源逐步枯竭,如何高效利用资源,有效减轻我国战略性化工矿产的供应压力,是摆在我们面前的一个重要课题。建议进一步梳理资源综合利用及高效开发利用中存在的问题,提出针对性的对策,促进资源高效利用,推动产业可持续发展。

6 结语

化工矿产是化肥工业和化学工业的基础原料。1949年前,化工矿产的地质工作只有为数不多的地质学者进行过磷、硫、砷、明矾石、岩盐等矿产的地质调查,探明的储量很少。新中国成立以来,随

着化学工业的发展,化工矿产地质事业也得到迅速发展,为化学矿山生产建设提供了大量的矿产资源基地,基本上保证了化学工业对矿产资源的需要。中国化工矿产资源在各地质年代的地层中均有分布,本次化工矿产志编研划分出化工矿产重要的Ⅲ级成矿区带41个,圈定矿集区33个,3级预测区922个。在新一轮找矿突破战略行动中,化工矿产要突破传统认识,拓宽找矿思路,以磷、钾盐、萤石、硼为主攻矿种,围绕寻找新区、服务矿山深部勘查和用好共伴生资源等几个方面开展工作,要重视对硼镁铁矿中硼、镁、铁三种有价元素的综合利用、硫铁矿伴生钴的提取、共伴生萤石矿产开发等新技术的研发;要进一步梳理资源综合利用及高效开发利用中存在的问题,提出针对性的对策建议。

致谢:感谢“中国矿产地志”项目组全体成员的辛勤付出,感谢项目办及各位专家在审稿过程中对本文提出的宝贵修改意见。谨以此文祝贺我国著名矿床地质学家陈毓川院士九十华诞。对陈院士数十年来为推动化工地质事业的发展所作出的积极贡献表示崇高的敬意。陈院士身上所体现出的严谨求实的学风、不断创新的学术思想、高尚的科学道德、正直谦和的人格,值得每一位化工地质工作者敬佩和学习。

Acknowledgements:

This study was supported by China Geological Survey (Nos. DD20160346, DD20190379, and DD20221695), and China Chemical Geology and Mine Bureau (Nos. ZHDK202306 and ZHDK202305).

参考文献:

- 陈毓川,王登红,徐志刚,等,2010.全国重要矿产和区域成矿规律研究技术要求[M].北京:地质出版社.
- 陈毓川,王登红,朱裕生,等,2007.中国成矿体系与区域成矿评价[M].北京:地质出版社.
- 邓小林,李代荣,魏东岩,等,2022.中国矿产地志·芒硝矿卷[M].北京:中国地质出版社.
- 李晓亚,姚超美,熊先孝,2023.中国矿产地志·化工灰岩卷[R].北京:中化地质矿山总局.
- 钱洪夫,熊先孝,李代荣,2023.中国矿产地志·天青石矿卷[R].北京:中化地质矿山总局.
- 商朋强,刘秋颖,王吉平,等,2022.中国矿产地志·萤石矿卷[M].北京:地质出版社.
- 尚红林,刘兴旺,熊先孝,等,2019a.中国矿产地志·硼矿卷[M].北京:地质出版社.
- 尚红林,姚超美,屈文燕,等,2019b.中国矿产地志·重晶石矿卷[M].北京:地质出版社.
- 王登红,徐志刚,盛继福,等,2014.全国重要矿产和区域成矿规律研究进展综述[J].地质学报,88(12):2176-2191.
- 王淑丽,熊先孝,王炳铨,2019.中国矿产地志·钾盐矿卷[M].

北京: 中国地质出版社.

韦钊, 刘振敏, 姚志宏, 等, 2022. 中国矿产地质志·盐矿卷[M].

北京: 地质出版社.

熊先孝, 曹烨, 2018. 中国矿产地质志·化工矿产卷·普及本[M].

北京: 地质出版社.

熊先孝, 东野脉兴, 曹烨, 等, 2019. 中国矿产地质志·磷

矿卷[M]. 北京: 地质出版社.

熊先孝, 祁才吉, 杨立朋, 等, 2022. 中国矿产地质志·硫

矿卷[M]. 北京: 地质出版社.

徐志刚, 陈毓川, 王登红, 等, 2008. 中国成矿区带划分方案[M].

北京: 地质出版社.

杨轩, 朱利岗, 徐少康, 等, 2023. 中国矿产地质志·天然碱硝石

矿卷[R]. 北京: 中化地质矿山总局.

自然资源部, 2021. 2020 年全国矿产资源储量统计表[EB/OL].

[2021-11-22]. <https://m.mnr.gov.cn/dt/ywbb/202111/P020211122581854693756.pdf>.

赵玉海, 霍延安, 王炳铨, 等, 2023. 中国矿产地质志·石膏

矿卷[R]. 北京: 中化地质矿山总局.

郑厚义, 屈云燕, 熊先孝, 等, 2023. 中国矿产地质志·明矾石

雄(雌)黄矿卷[R]. 北京: 中化地质矿山总局.

References:

CHEN Yuchuan, WANG Denghong, XU Zhigang, et al., 2010.

Technical requirements for the study of important minerals and regional metallogenic regularity in China[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

CHEN Yuchuan, WANG Denghong, ZHU Yusheng, et al., 2007.

China metallogenic system and regional metallogenic evaluation[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

DENG Xiaolin, LI Dairong, WEI Dongyan, et al., 2022. China

Mineral Geology • Glauberite Ore Volume[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

LI Xiaoya, YAO Chaomei, XIONG Xianxiao, 2023. China Mineral

Geology•Chemical Limestone Volume[R]. Beijing: China Chemical Geology and Mine Bureau(in Chinese).

QIAN Hongfu, XIONG Xianxiao, LI Dairong, 2023. China Mineral

Geology • Celestite Ore Volume[R]. Beijing: China Chemical Geology and Mine Bureau(in Chinese).

SHANG Pengqiang, LIU Qiuying, WANG Jiping, et al., 2022.

China Mineral Geology • Fluorite Ore Volume[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

SHANG Honglin, LIU Xingwang, XIONG Xianxiao, et al., 2019.

China Mineral Geology• Boron Ore Volume[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

SHANG Honglin, YAO Chaomei, QU Yunyang, et al., 2019. China

Mineral Geology• Barite Ore Volume[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

WANG Denghong, XU Zhigang, SHEN Jifu, et al., 2014. Progress

on the Study of Regularity of Major Mineral Resources and Regional Metallogenic Regularity in China: A Review[J]. Acta Geologica Sinica, 88(12): 2176-2191(in Chinese).

WANG Shuli, XIONG Xianxiao, WANG Bingquan, et al., 2019.

China Mineral Geology• potash Ore Volume[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

WEI Zhao, LIU Zhenmin, YAO Zhihong, et al., 2022. China Mineral

Geology• salt mines Volume[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

XIONG Xianxiao, CAO Ye, 2018. China Mineral Geology•

Chemical Minerals Ore Volume(Popularization Edition)[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

XIONG Xianxiao, DONG YE Maixing, CAO Ye, et al., 2019.

China Mineral Geology• Phosphate Ore Volume[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

XIONG Xianxiao, QI Caiji, YANG Lipeng, et al., 2022. China

Mineral Geology• Sulphur Ore Volume[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

XU Zhigang, CHEN Yuchuan, WANG Denghong, et al., 2008.

Division scheme of metallogenic belt in China[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

YANG Xuan, ZHU Ligan, XU Shaokang, et al., 2023. China Mineral

Geology• Natural Alkaline and Nitrate Ore Volume[R]. Beijing: China Chemical Geology and Mine Bureau(in Chinese).

Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China,

2021. Statistics of national mineral resources reserves in 2020[EB/OL]. [2021-11-22]. <https://m.mnr.gov.cn/dt/ywbb/202111/P020211122581854693756.pdf>(in Chinese).

ZHAO Yuhai, HUO Yanan, WANG Bingquan, et al., 2023. China

Mineral Geology • Gypsum Ore Volume[R]. Beijing: China Chemical Geology and Mine Bureau(in Chinese).

ZHENG Houyi, QU Yunyang, XIONG Xianxiao, et al., 2023. Chi-

na Mineral Geology• Alunite and Realgar(Orpiment) Ore Volume[R]. Beijing: China Chemical Geology and Mine Bureau(in Chinese).