

“十三五”国家重点出版物出版规划项目
材料科学研究与工程技术图书
石墨深加工技术与石墨烯材料系列

石墨提纯方法及工艺

THE METHOD AND
TECHNOLOGY OF
PURIFYING GRAPHITE

王振廷 孟君晟 著

哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

材料科学研究与工程技术图书

石墨深加工技术与石墨烯材料系列

石墨提纯方法及工艺

THE METHOD AND
TECHNOLOGY OF
PURIFYING GRAPHITE

王振廷 孟君晨



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书系统地介绍了天然鳞片石墨浮选及天然鳞片石墨提纯的各种方法。第1章介绍石墨的研究概况;第2章介绍天然鳞片石墨的浮选技术;第3章介绍天然鳞片石墨的各种化学提纯方法;第4章介绍天然鳞片石墨的各种物理提纯方法;第5章介绍天然石墨连续加热提纯技术。

本书可作为高等院校无机非金属材料工程专业高年级本科生和研究生的教材,也可供从事石墨深加工技术的科技人员参考。

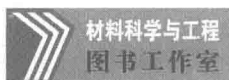
图书在版编目(CIP)数据

石墨提纯方法及工艺/王振廷,孟君晟著. —哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社,2018.2

ISBN 978-7-5603-6107-9

I. ①石… II. ①王… ②孟… III. ①石墨—提纯
IV. ①O613.71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 158417 号



策划编辑 张秀华 杨 桦 许雅莹

责任编辑 刘 瑶

封面设计 卞秉利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 黑龙江艺德印刷有限责任公司

开 本 660mm×980mm 1/16 印张 11.25 字数 201 千字

版 次 2018 年 2 月第 1 版 2018 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-6107-9

定 价 32.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

石墨因其具有独特的晶体结构以及导电、导热、润滑、耐高温、化学性能稳定等特点,被广泛应用于冶金、机械、环保、化工、耐火、电子、医药、军工和航空航天等领域,成为高、新、尖技术发展必不可少的无机非金属材料。随着科技的发展,人们对石墨产品的纯度要求越来越高,浮选精矿品位只能达到 96% 左右,欲获得纯度为 99% ~ 99.99% 的高纯石墨,必须对其进行提纯。天然石墨提纯就是采用各种有效的技术手段除去石墨中的部分杂质,满足各种高科技产品的使用要求。

本书共 5 章:第 1 章介绍石墨的研究概况;第 2 章介绍天然鳞片石墨的浮选技术;第 3 章介绍天然鳞片石墨的各种化学提纯方法;第 4 章介绍天然鳞片石墨的各种物理提纯方法;第 5 章介绍天然石墨连续提纯技术。

本书可作为高等院校无机非金属材料工程专业高年级本科生和研究生的教材,也可供从事石墨深加工技术的科技人员参考。

本书具体分工如下:第 1、4、5 章由王振廷撰写,第 2、3 章由孟君晟撰写。全书由王振廷统编。

由于作者学识所限,加之内容涉及面广,疏漏和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2017 年 3 月

目 录

第1章 石墨的研究概况	1
1.1 石墨的分布及特点	1
1.1.1 世界石墨资源的分布及特点	1
1.1.2 我国石墨资源的分布及特点	4
1.2 石墨的概念及性质	13
1.2.1 石墨的概念	13
1.2.2 石墨的晶体结构	14
1.2.3 石墨的主要特点	15
1.3 石墨材料的发展趋势	18
1.3.1 石墨深加工现状	18
1.3.2 石墨深加工发展方向	19
第2章 石墨选矿	24
2.1 概述	24
2.1.1 石墨选矿方法	24
2.1.2 提纯	27
2.1.3 石墨选矿过程及其特点	28
2.2 准备作业	30
2.2.1 粗磨设备	30
2.2.2 再磨设备	33
2.2.3 再磨机的选型计算	42
2.3 石墨的浮选	43
2.3.1 浮选的概念及原理	43

2.3.2	浮选的原理	45
2.3.3	浮选药剂	48
2.3.4	浮选机械	61
2.4	鳞片石墨其他选矿法	85
2.4.1	电选	85
2.4.2	重选	88
2.4.3	风选	92
第3章	天然鳞片石墨化学法提纯	93
3.1	概述	93
3.1.1	天然石墨	93
3.1.2	天然石墨提纯机理	94
3.1.3	天然石墨提纯的重要性	95
3.1.4	天然石墨提纯方法	96
3.1.5	天然石墨应用前景	98
3.2	氢氟酸法提纯	99
3.2.1	氢氟酸提纯石墨的基本原理	99
3.2.2	国内外学者用氢氟酸法进行石墨提纯研究	99
3.3	碱酸法提纯	108
3.3.1	碱酸法提纯石墨的基本原理	108
3.3.2	碱酸法提纯的工艺流程与步骤	109
3.3.3	水热法制备高纯天然鳞片石墨	114
3.4	氯化焙烧法提纯	125
3.4.1	氯化焙烧法提纯原理	125
3.4.2	氯化焙烧提纯工艺	126
3.4.3	影响因素	127
第4章	天然鳞片石墨物理提纯法	129
4.1	电阻法加热提纯	130
4.1.1	工作原理	130

4.1.2	研究现状	130
4.2	感应加热提纯	139
4.2.1	工作原理	139
4.2.2	研究现状	140
4.3	等离子加热提纯	143
4.3.1	工作原理	143
4.3.2	研究现状	144
4.4	射频加热提纯	151
4.4.1	工作原理	151
4.4.2	研究现状	151
4.5	光能加热提纯	152
4.5.1	工作原理	152
4.5.2	研究现状	153
4.6	微波加热提纯	155
4.6.1	工作原理	155
4.6.2	研究现状	156
第5章	连续加热提纯技术	161
5.1	电阻加热连续提纯	161
5.1.1	工作原理	161
5.1.2	研究现状	161
5.2	感应加热连续提纯	164
5.2.1	工作原理	164
5.2.2	研究现状	164
5.3	等离子加热连续提纯	165
5.3.1	工作原理	165
5.3.2	研究现状	165
参考文献		167

第 1 章 石墨的研究概况

1.1 石墨的分布及特点

1.1.1 世界石墨资源的分布及特点

石墨矿床产在火山岩、沉积岩和变质岩中。世界石墨矿床分布比较广,除少数国家有大型矿床外,其他国家多属于中小型矿床。有些石墨矿产由于开采条件不佳、矿石质量差,没有商业开发价值。根据美国国家地质局 2016 年发布的全球矿产统计数据:截至 2015 年年底,全球天然石墨累计探明储量为 23 000 万 t。已发现天然石墨资源相对集中地分布在土耳其、巴西、中国、墨西哥、印度和马达加斯加等。依据 2015 年全球开采量计算,全球天然石墨静态开采年限为 193 年。土耳其、巴西和中国是全球石墨资源最丰富的国家,土耳其天然石墨储量为 9 000 万 t,占据全球石墨资源总量的 39.13%;巴西天然石墨储量为 7 200 万 t,占据全球石墨资源总量的 31.3%;中国天然石墨储量为 5 500 万 t,占据全球石墨资源总量的 23.91%;印度天然石墨储量为 800 万 t,石墨矿床位于 Minas Gerais(米纳斯吉拉斯州),矿床含有大量鳞片石墨;墨西哥石墨矿产为隐晶质石墨,储量为 310 万 t;马达加斯加石墨储量为 94 万 t;加拿大石墨矿床位于安大略和魁北克,安大略的 Bissett Creek(比塞特克里克)石墨矿床赋有鳞片石墨,石墨储量为 64 万 t。朝鲜、斯里兰卡等国家石墨储量合计约为 32 万 t。世界石墨储量及 2015 年产量见表 1.1。

表 1.1 世界石墨储量及 2015 年产量 万 t

国家或地区	储量	2015 年产量	国家或地区	储量	2015 年产量
土耳其	9 000	3.2	马达加斯加	94	0.5
巴西	7 200	8	加拿大	64	3
中国	5 500	78	其他	32	7.1
印度	800	17			
墨西哥	310	2.2	世界总计	23 000	119

注:储量数据来源 USGS Mineral Commodity Summaries 2016;储量基础数据来源 USGS Mineral Commodity Summaries 2016

据博思数据发布《2017~2022年中国石墨行业市场竞争格局分析及投资前景研究报告》:2014年全球天然石墨产量为119万t,2015年全球天然石墨产量与2014年基本持平,见表1.1。土耳其是全球石墨资源储量最丰富的国家,但土耳其石墨资源以隐晶质石墨为主,在现有技术条件下,开发和利用价值较低,巴西和中国以晶质石墨为主,石墨资源地位高于土耳其。

2015年印度石墨产量为17万t,居世界第二位,占世界石墨产量的14.3%。印度石墨矿床多为煤或富碳沉积物的变质石墨矿床,主要分布在奥瑞萨邦和拉贾斯坦邦,奥瑞萨邦的石墨矿床赋存在寒武纪地层中,有3个石墨矿带,即博兰吉尔-桑巴尔普尔矿带、普尔巴尼-长拉汉迪矿带和登卡纳尔矿带,其中最大的矿床延伸达6.4~11.3km,矿体厚120m。奥瑞萨邦石墨产量占全印度石墨产量的65%~75%,主要生产商是阿格拉瓦尔石墨工业公司(Agrawal),公司有甘若达尔(Ganjaudar)和泰姆里马尔(Temtimal)两座石墨矿山;TP矿产公司开发富尔巴尼(Phulbani)、马达古达尔夫(Madagudarf)和萨尔吉帕里(Sargipali)附近的石墨矿,两个公司生产鳞片石墨和粉末石墨产品。阿格拉瓦尔石墨工业公司计划开发石墨新产品,应用于电池行业。

2015年,巴西石墨产量为8万t,居世界第三位,占世界石墨产量的6.7%。巴西石墨矿分布在MinasGerais、Ceara和Bahia地区,PedraAzul地区拥有巴西最好的鳞片石墨矿,石墨矿石储量已探明2.5亿t,品位20%~25%。新发现的奥门纳拉石墨矿石资源量近5700万t,碳含量4%~10%。巴西国家石墨有限公司(National de Graptite)为该国主要石墨生产商,也是世界天然晶质石墨的最大生产商之一,在米纳斯吉拉斯(Minas Gerais)拥有3个晶质石墨矿,石墨生产能力为5.2万t/年,产量约占巴西全部产量的2/3;每个矿山有石墨加工厂,伊塔派里卡(Itaperica)石墨矿原矿碳含量为16%,加工厂生产能力为1.44万t/年,石墨产品用于电池、电刷和润滑剂;萨尔托达迪维萨(Salto de Divisa)石墨加工厂生产大鳞片石墨,产品用于耐火材料、坩埚、冶金铸模和高碳钢添加剂,生产能力达到1.44万t/年;派德拉亚朱尔(Pedra Azul)是巴西最大的石墨矿床,石墨生产能力4.58万t/年。巴西国家石墨有限公司计划调整石墨产品结构,开发生产球化石墨新产品,用于电池行业,包括电动汽车用大型锂离子电池。巴西另一个重要的石墨生产商是格拉费塔公司(Gratita MG Ltd.),也在米纳斯吉拉斯地区开采的石墨。巴西耐火材料公司Magnesita计划开发巴西东部的石墨矿产,在两年内石墨生产能力达到4万t/年,公司开发扩展到

上游矿物原料,目的是保证石墨原料供应自给自足。

墨西哥已发现的石墨矿床绝大多数为隐晶质石墨矿床。其石墨矿床主要分布在格雷罗州、索诺拉州和伊达尔戈州。世界上超大型的高质量隐晶质石墨矿床就位于索诺拉州。该矿床矿体赋存在含煤的深灰红色石英岩之间,矿体厚 7.3 m,矿体的平均品位非常高,矿石一般品位为 80%,最高品位可达 95%。

马达加斯加拥着全球优质的大鳞片石墨矿床,石墨片大并且坚韧而柔软,是制造坩埚的极好材料。矿床主要分布在马达加斯加岛东部沿海地区。该类石墨由高碳地层经区域变质作用而形成,呈浸染状赋存于火山岩、硅质沉积岩中。矿体产于云母片岩和云母片麻岩中。矿石品位一般为 3%~11%,少数矿脉的品位可高达 30%~40%。马达加斯加的石墨不仅片度大,粗者可达 4 mm,甚至超过 1 cm,而且其石墨片薄,厚度均匀,质地纯净柔软,工艺性能良好。马达加斯加石墨开发商是格兰德公司(Societe Minieredela Grandelle)和加洛伊斯公司(Etablissements Gallois),2015 年石墨减产到 0.5 万 t。

斯里兰卡有世界闻名的脉状石墨矿床,位于斯里兰卡岛的西部和西南部,矿体多呈脉状分布于太古界片麻岩中,有的呈透镜状和囊状充填在变质石灰岩和结晶頁岩的洞穴中,洞穴型充填的石墨矿体长达 20 m,宽 3~6 m。矿石品位较高,一般为 75%,最高可达 98%。斯里兰卡的脉状石墨成因复杂,多数学者认为是由古老高碳地层经接触变质而成,后再经运移充填在裂隙或洞穴中。围岩以片麻岩为主,片麻岩被火成岩所侵入,火成岩主要是花岗岩和伟晶岩,矿床被片麻岩和石灰岩所侵入,呈碎片状。矿脉厚度在几厘米到数米之间,品位极高,伴生矿物主要是黄铁矿和石英。石墨呈针状和鳞片状。斯里兰卡的石墨是制造高级电刷、潜艇和高中飞行设备有关部件的优质材料。

加拿大石墨矿床分布在安大略省、不列颠哥伦比亚省和魁北克省,比塞特克里克(Bissett Creek)石墨矿是北美洲最大的石墨矿床,斯里兰卡脉状石墨矿床世界闻名,是世界上唯一的高度石墨化的脉状石墨矿床,位于斯里兰卡岛的西部和西南部。在 20 世纪末期,加拿大开始研究开发生产石墨,2015 年石墨产量为 2.5 万 t。在加拿大有两个石墨公司,IMI 工业矿产公司加拿大分公司,负责开发安大略石墨矿;另一个公司是 Timcal 石墨和碳工业公司,它的石墨加工厂位于魁北克省蒙特利尔附近的泰勒博恩(Terrebonne),主要生产膨胀石墨。

朝鲜盛产细晶石墨和隐晶石墨,矿床主要分布于慈江道和咸镜道。咸

镜道内的东方石墨矿是朝鲜最大的细晶质石墨矿床。石墨呈细鳞片装或致密块状分布于云母片岩和绿泥石片岩中。矿石品位不高,平均品位为10.3%,矿石易选,精矿品位可达85%以上。

乌克兰石墨矿床主要分布在克什提姆-穆尔津片麻岩中,已开采的最大石墨矿是查瓦里耶鳞片石墨矿,矿石品位为6%~7%。波多果尔石墨矿床位于伊尔库茨克以西,东萨彦山脉中部,已发现矿体20个,石墨片径为0.25~1 mm。

此外,捷克斯洛伐克既产隐晶石墨,也产晶质石墨;挪威的石墨储量不大,但鳞片较粗;意大利、美国、巴西、加拿大、南斯拉夫、肯尼亚、坦桑尼亚等国家均有晶质石墨产出;瑞士、朝鲜、美国等国家均有隐晶石墨产出,但是这些国家的石墨矿床规模不大。

1.1.2 我国石墨资源的分布及特点

1. 我国石墨资源分布

中国石墨矿资源相当丰富。截止2012年年底,我国探明石墨资源储量主要分布在黑龙江、山东、内蒙古和四川等20个省/自治区。其中已探明储量的矿产地有106处,除福建省华安县福田和漳平市高山、河北省怀安县大岔沟3个小型隐晶质石墨矿的矿石储量已开采消耗完以外,保有储量的矿产地尚有103处,包括大型矿24处、中型矿45处、小型矿34处。我国石墨矿具体分布见表1.2。从表1.2可见,以黑龙江省为最多,储量占全国的64.1%,四川和山东石墨矿也较丰富。石墨矿床类型有区域变质型(黑龙江柳毛、内蒙古黄土窑、山东南墅、四川攀枝花扎壁石墨矿等)、接触变质型(如湖南鲁塘、广东连平石墨矿等)和岩浆热液型(新疆奇台苏吉泉矿等)3种,以区域变质型最为重要,不仅矿床规模大、储量多,而且质量好。石墨矿成矿时代有太古宙、元古宙、古生代和中生代,以元古宙石墨矿最为重要。

表 1.2 我国石墨矿分布一览表

序号	矿区名称	矿石类型	规模	利用程度
1	黑龙江省呼玛县门都里	晶质石墨	中型	可利用
2	新疆奇台县苏吉泉	晶质石墨	中型	可利用
3	内蒙古固阳县五当山	晶质石墨	中型	可利用
4	内蒙古土默特左旗什报气	晶质石墨	中型	已利用

续表 1.2

序号	矿区名称	矿石类型	规模	利用程度
5	内蒙古土默特左旗灯笼素	晶质石墨	中型	已利用
6	内蒙古武川县庙沟	晶质石墨	中型	已利用
7	内蒙古丰镇市南井	晶质石墨	中型	已利用
8	内蒙古兴和县黄土夭 1 号矿	晶质石墨	中型	已利用
9	内蒙古兴和县黄土夭 18 号矿 B 段	晶质石墨	中型	已利用
10	内蒙古兴和县黄土夭 18 号矿 C 段	晶质石墨	中型	已利用
11	内蒙古兴和县黄土夭荣华背	晶质石墨	中型	已利用
12	内蒙古兴和县黄土夭其他矿体	晶质石墨	中型	已利用
13	河北省赤城县艾家沟	晶质石墨	中型	已利用
14	吉林省磐石市烟筒山	隐晶质石墨	中型	已利用
15	辽宁省岫岩县丰富	晶质石墨	中型	可利用
16	辽宁省桓仁县大恩堡	晶质石墨	中型	可利用
17	吉林省通化市三半江	晶质石墨	中型	可利用
18	黑龙江省萝北县云山	晶质石墨	大型	已利用
19	黑龙江省双鸭山市羊鼻山	晶质石墨	大型	可利用
20	黑龙江省鸡西市柳毛	晶质石墨	大型	已利用
21	黑龙江省鸡西市石场	晶质石墨	大型	已利用
22	黑龙江省鸡西市永台安山	晶质石墨	中型	已利用
23	黑龙江省穆棱市光义	晶质石墨	大型	已利用
24	黑龙江省勃利县佛岭	晶质石墨	大型	可利用
25	黑龙江省穆棱市寨山	晶质石墨	大型	可利用
26	黑龙江省密山市马来山	晶质石墨	大型	可利用
27	黑龙江省鸡西市共荣土顶子山	晶质石墨	中型	可利用
28	黑龙江省鸡西市岭南	晶质石墨	中型	可利用
29	黑龙江省鸡西市三道沟	晶质石墨	中型	可利用
30	黑龙江省鸡西市三道沟东段	晶质石墨	中型	可利用
31	黑龙江省鸡西市土顶子和平	晶质石墨	中型	可利用
32	内蒙古阿拉善又旗挡巴井 4 号矿体	晶质石墨	中型	可利用

续表 1.2

序号	矿区名称	矿石类型	规模	利用程度
33	甘肃省民勤县唐家鄂博	晶质石墨	中型	可利用
34	四川省南江县坪河	晶质石墨	中型	已利用
35	陕西省洋县铁河大安沟	晶质石墨	大型	可利用
36	陕西省眉县铜峪	隐晶质石墨	中型	可利用
37	陕西省西安市崇阳沟	晶质石墨	大型	可利用
38	山西省大同市弘赐堡	晶质石墨	大型	可利用
39	山西省大同市六亩地	晶质石墨	中型	可利用
40	山西省大同市鸡窝涧	晶质石墨	中型	可利用
41	陕西省丹凤县庚家河	晶质石墨	中型	可利用
42	陕西省丹凤县大西沟碾子坪及蔡凹	晶质石墨	中型	可利用
43	河南省西峡县横岭	晶质石墨	大型	已利用
44	河南省淅川县小陡岭	晶质石墨	大型	可利用
45	河南省镇平县小岔沟	晶质石墨	大型	可利用
46	湖北省宜昌市三岔埡	晶质石墨	中型	已利用
47	湖北省宜昌市谭家河	晶质石墨	中型	可利用
48	湖北省宜昌市二郎庙	晶质石墨	中型	可利用
49	山东省平度市刘家寨	晶质石墨	大型	可利用
50	山东省平度市矫戈庄	晶质石墨	中型	可利用
51	山东省平度市张舍	晶质石墨	中型	可利用
52	山东省平度市刘戈庄	晶质石墨	中型	已利用
53	山东省平度市明村	晶质石墨	中型	已利用
54	山东省莱西市南墅岳石	晶质石墨	大型	已利用
55	山东省莱西市南墅刘家庄	晶质石墨	大型	已利用
56	山东省莱西市北墅	隐晶质石墨	大型	已利用
57	山东省牟平区徐村	晶质石墨	中型	可利用
58	山东省文登市臧格庄	晶质石墨	中型	可利用
59	西藏自治区左贡县青谷	晶质石墨	大型	可利用
60	四川省攀枝花市中坝	晶质石墨	大型	可利用

续表 1.2

序号	矿区名称	矿石类型	规模	利用程度
61	云南省牟定县戍街	晶质石墨	大型	可利用
62	云南省元阳县棕皮寨	晶质石墨	中型	已利用
63	湖南省冷水江市三尖隐	晶质石墨	中型	已利用
64	湖南省桂阳县荷叶	隐晶质石墨	大型	已利用
65	湖南省郴州市	隐晶质石墨	中型	已利用
66	江西省金谿县峡山	晶质石墨	大型	可利用
67	福建省建阳市岭根墙	晶质石墨	中型	可利用
68	广东省连平县	隐晶质石墨	中型	可利用
69	海南省琼海市伍园	晶质石墨	中型	可利用

(1) 华北地区。

华北地区保有石墨矿产地 22 处。其中:晶质石墨矿 20 处(大型矿 1 处、中型矿 14 处、小型矿 5 处),共计保有晶质石墨矿物储量 B+C+D 级 904 万 t,主要分布于内蒙古自治区及山西省与河北省的北部;隐晶质石墨矿 2 处(小型),共计保有隐晶质石墨矿石储量 11 万 t,分布于北京市郊。

内蒙古自治区是中国晶质石墨矿主要的蕴藏区和当前鳞片石墨主要产区之一。从自治区西面的阿拉善左旗,往东经包头、呼和浩特至集宁、兴和一带长 700~800 km 地段内,已发现矿产地数十处,估计晶质石墨矿资源量在 2 000 万 t 以上,已勘查的矿产地有 13 处(中型矿 11 处、小型矿 2 处),共计保有晶质石墨矿物储量达 548 万 t。其中:集宁市以东的兴和县黄土天石墨矿由 1 号矿、18 号矿 B 段、18 号矿 C 段及其他矿体 4 处中型矿和 11 号小型矿,加上附近的荣华背中型矿,实际构成一个大型矿区,各矿均已利用,矿山开发具有六七十年的历史,以产出优质大鳞片石墨而著称,是我国著名的鳞片石墨生产矿山之一。在兴和县以西,还有丰镇市南井、武川县庙沟、土默特左旗什报气和灯笼素 4 处中型矿也已利用,形成以兴和为重点的中国鳞片石墨生产基地之一。此外,固阳县五当召、阿拉善右旗挡巴井 2 个中型矿和包头市克尔马沟小型矿也可供选择利用。

内蒙古兴和石墨矿以南,在山西北部分布有晶质石墨矿 4 处(大型矿 1 处、中型矿 2 处、小型矿 1 处),共计保有晶质石墨矿物储量达 318 万 t。其中:大同市弘赐堡大型矿和六亩地、鸡窝涧中型矿可供选择利用,天镇县白羊口小型矿可供边采边探。内蒙古兴和石墨矿以东,河北省赤城县艾家

沟中型晶质石墨矿于1988年开采利用,其附近新发现的水泉中型晶质石墨矿也可供选择利用,怀安县蔓青沟和阳原县谷端庄2处小型晶质石墨矿也已零星开采。河北省东部青龙县魏仗子和南部邢台市各分布小型晶质石墨矿1处,现已停采。河北省共计保有晶质石墨矿物储量38万t。

隐晶质石墨矿在华北地区少见,分布于北京市海淀区南安河和房山区车厂的两个小型矿,矿石品位低,现已停采。

(2) 东北地区。

东北地区保有石墨矿产地28处。其中:晶质石墨矿25处(大型矿8处、中型矿10处、小型矿7处),共计保有晶质石墨矿物储量B+C+D级11 272万t,主要分布于黑龙江省,在辽宁省和吉林省也有少量产出;隐晶质石墨矿3处(中型矿1处、小型矿2处),保有隐晶质石墨矿石储量B+C+D级529万t,主要分布于吉林省,在黑龙江省有少量产出。

黑龙江省是我国晶质石墨矿最主要的蕴藏区和当前鳞片石墨主要产区之一,分布有晶质石墨矿产地21处(大型矿8处、中型矿7处、小型矿6处),共计保有晶质石墨矿物储量达11 106万t。除在其北部呼玛县门都里有一可供利用的中型矿外,其余集中分布于东部的鸡西至萝北一带,包括林口、穆棱、密山、勃利和双鸭山等地,估计这一带的资源量可达2~3亿t。鸡西市柳毛石墨矿储量规模特大,已开采利用六七十年,是中国生产鳞片石墨著名矿山之一;规模特大全国第一的萝北云山石墨矿和穆棱市光义与鸡西市石场3处大型矿及鸡西市永台安山中型矿也已利用;还有勃利县佛岭(规模特大)、穆棱市寨山、双鸭山市羊鼻山及密山市马来山4处大型矿,以及鸡西市土顶山东山、鸡东县长山、勃利县双河、林口县碾子沟和八道沟、曲沟6处小型矿均可供选择利用。丰富的矿产资源形成了以柳毛为重点的中国鳞片石墨生产基地之一。

此外,东北地区的晶质石墨矿还在辽宁省的岫岩丰富矿区和桓仁县大恩堡各分布有1处中型矿,共计保有晶质石墨矿物储量C+D级57万t;在吉林省通化县三半江和集安市双兴,有中型和小型矿各1处,保有晶质石墨矿物储量B+C+D级109万t,均可供选择利用。

吉林省是中国隐晶质石墨矿较主要的蕴藏区和当前微晶石墨主要产区。磐石市烟筒山中型隐晶质石墨矿已开采利用70余年,是中国生产微晶石墨的著名矿山之一;敦化市东大崴子小型矿,矿石品位低,近期难以利用,两矿共计保有隐晶质石墨矿石储量499万t。此外,在黑龙江省铁力市神树小白河有一小型隐晶质石墨矿,可供边采边探。

(3) 华东地区。

华东地区保有晶质石墨矿产地 16 处(大型矿 6 处、中型矿 6 处、小型矿 4 处),共计保有 B+C+D 级晶质石墨矿物储量 1 600 万 t。主要分布于山东省,是我国晶质石墨矿的主要蕴藏区和当前鳞片石墨主要产区之一。石墨矿集中于胶东地区的平度、莱西、莱阳以及文登、牟平一带,已发现石墨产地数十处,估计资源量可有 3 000 万~4 000 万 t。已经勘查的石墨矿产地 13 处(大型矿 5 处、中型矿 5 处、小型矿 3 处),共计保有晶质石墨矿物储量 1 311 万 t。莱西市南墅石墨矿包括岳石和刘家庄 2 个大型矿,已开采利用 50 余年,是中国著名的鳞片石墨生产矿山之一,邻近的北墅大型石墨矿也已开采 30 余年,均以产出优质大鳞片石墨而著称;平度市刘戈庄大型矿、平度市明村和牟平区徐村 2 个中型矿及莱阳市大梁口和山前夼 2 个小型矿均已利用;还有平度市刘家寨大型矿、平度市张舍和文登市臧格庄 2 个中型矿及牟平区新添堡等小型矿均可供选择利用,形成以南墅为中心的中国鳞片石墨生产基地之一。

此外,江西省金溪县峡山大型晶质石墨矿(保有矿物储量 218 万 t);福建省建阳市岭根墙中型晶质石墨矿(保有矿物储量 54 万 t)可供选择利用;安徽省怀宁县横山小型晶质石墨矿(保有矿物储量 17 万 t)可供进一步工作。

(4) 中南地区。

中南地区保有石墨矿产地 18 处。其中:晶质石墨矿 12 处(大型矿 3 处、中型矿 4 处、小型矿 5 处),共计保有晶质石墨矿物储量 B+C+D 级 977 万 t,主要分布于河南省,在湖北省、海南省、广东省也有产出;隐晶质石墨矿 6 处(大型矿 1 处、中型矿 3 处、小型矿 2 处),共计保有隐晶质石墨矿物储量 B+C+D 级 3 726 万 t,主要分布于湖南省,在广东省有少量产出。

河南省是中国晶质石墨主要蕴藏区之一。石墨矿集中分布于其西部的灵宝、卢氏、西峡、淅川、镇平一带,估计资源量可达 1 000 万~2 000 万 t。已勘查的 3 处大型矿共计保有晶质石墨矿物储量 746 万 t,其中:西峡县横岭矿已利用,淅川县小陡岭及镇平县小岔沟两矿可供选择利用。还有灵宝石墨矿也已开采多年,其规模可达中型。此外,湖北省保有晶质石墨矿物储量 156 万 t,主要分布在宜昌市,三岔垭中型矿已利用,谭家河、二郎庙 2 处中型矿及广水市芦花湾小型矿可供选择利用,兴山县东冲河小型矿近期不宜进一步工作;海南省保有晶质石墨矿物储量 58 万 t,琼海市烟塘小型矿已利用,曾经开采的琼海市伍园中型矿及乐东县俄文岭小型矿可供选择利用;广东省吴川市梅蓬小型石墨矿保有晶质石墨矿物储

量 17 万 t, 曾经开采, 现已停采。

湖南省是我国隐晶质石墨矿最主要的蕴藏区, 也是微晶石墨最主要的产区, 保有隐晶质石墨矿石储量 B+C+D 级 3 375 万 t。位于湘南的郴州市鲁塘中型石墨矿已开采利用 60 余年, 是中国生产微晶石墨最著名的矿山。其深部远景资源可观, 预测可达 2 000 万 ~ 3 000 万 t, 其西北部的桂阳荷叶分布有目前中国唯一的大型隐晶质石墨矿, 以及位于湘中的冷水江三尖隐晶质石墨中型矿, 均已开始利用, 形成以鲁塘为中心的中国微晶石墨生产基地。此外, 广东省保有隐晶质石墨矿石储量 351 万 t。其中, 佛冈县铜溪水窿尾小型矿已利用, 附近的水头小型矿已闭坑, 连平县梅洞中型矿可供选择利用。

(5) 西南地区。

西南地区保有晶质石墨矿产地 6 处 (大型矿 3 处、中型矿 2 处、小型矿 1 处), 共计保有晶质石墨矿物储量 B+C+D 级 2 110 万 t。主要分布于四川省, 在云南省和西藏自治区也有产出。

四川省是中国晶质石墨主要的蕴藏区之一, 保有晶质石墨矿物储量 B+C+D 级 1 622 万 t。位于川北的南江县坪河中型石墨矿已开采利用七八十年, 邻近的向阳坡小型石墨矿也已利用。川西南攀枝花市中坝石墨的规模特大, 可供选择利用, 其周围具有良好的成矿条件, 蕴藏着可观的资源。此外, 云南省南部元阳县棕皮寨中型矿已利用, 昆明市以西牟定县戍街大型矿可供选择利用, 共计保有晶质石墨矿物储量 244 万 t。西藏自治区东部靠近四川的左贡县大型石墨矿, 保有晶质石墨矿物储量 244 万 t, 矿区远景资源量大, 但因开采和交通条件差, 近期难以利用。

(6) 西北地区。

西北地区保有石墨矿产地 13 处。其中: 晶质石墨矿 11 处 (大型矿 2 处、中型矿 4 处、小型矿 5 处), 共计保有晶质石墨矿物储量 B+C+D 级 454 万 t, 主要分布于陕西省, 在甘肃省和新疆维吾尔自治区也有少量产出; 隐晶质石墨矿 2 处 (中、小型矿各 1 处), 共计保有隐晶质石墨矿石储量 C+D 级 227 万 t, 分布于陕西省。

陕西省是西北地区石墨矿分布相对较多的蕴藏区。保有晶质石墨矿物储量 368 万 t, 其中: 西安市崇阳沟和洋县铁河大安沟 2 处大型矿, 丹凤县庾家河和大西沟碾子坪 2 处中型矿, 可供选择利用; 长安区大峪五里庙和扯袍峪、潼关县善车峪和东桐峪 4 处小型矿可供进一步工作或边采边探。保有隐晶质石墨矿中, 眉县铜峪中型矿已开采利用 60 多年, 户县涝峪银洞沟小型矿曾经开采, 可继续利用。此外, 甘肃省保有晶质石墨矿物储