



解 读 地 球 密 码

解 读 地 球 密 码

丛书主编 孔庆友

丛 书

《解读地球》
书分为地质、地
理、共计36册。
史、古生物、地
方内容。
各分册广引
地学发现和成果
理论作为依据。
事实解释疑难。
为什么、有哪些
人类生产生活在
展开、力求达到
性和趣味性相统
丛书结构完
内容系统、各
茂、通俗易懂、
地质现象的概述
更能通过对地球
让人们知其所以
广大读者阅读的

解 读 地 球 密 码

丛书主编

孔庆友

平凡奇才

石墨

Graphite
Ordinary genius

本书主编 孙斌

矿产系列

工业血液—石油
清洁能源—地热能
工业维生素—稀土
健康之水—矿泉水
帝王之石—宝石
天然宝石—观赏石
建筑作品—石材

与经济社会发展息息相关

Graphite
Ordinary genius

本书主编 孙斌

山东科学技术出版社

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

石墨，作为碳族元素的一员，和金刚石是同素异形体。它平凡新奇，从铅笔到航天材料，从普通干电池到核电，都有它的身影。石墨烯是目前世上最薄、最坚硬的纳米材料，应用前景广阔，被誉为“21世纪的材料之星”。

山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

石墨，作为碳族元素的一员，和金刚石是同素异形体。它平凡新奇，从铅笔到航天材料，从普通干电池到核电，都有它的身影。石墨烯是目前世上最薄、最坚硬的纳米材料，应用前景广阔，被誉为“21世纪的材料之星”。



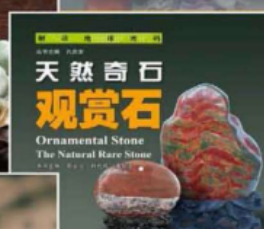
山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

丛 书 简 介

《解读地球密码》科普丛书分为地质、地貌和矿产3个系列，共计36册，包含地质、地史、古生物、地貌和矿产资源等方面内容。

各分册广引博采国内外的地学发现和成果，以地球科学理论作为依据，对地质现象和事实解疑释难，围绕是什么、为什么、有哪些、在哪里、与人类生产生活有何关系等依次展开，力求达到科学性、知识性和趣味性相统一。

丛书结构完整、重点突出、内容系统、各自成册、图文并茂、通俗易懂，不仅可以通过对地质现象的描述让人们知其然，更能通过对地球科学理论的解释让人们知其所以然，是一套适合广大读者阅读的地学科普丛书。



策划编辑 王洪胜 邱赛琳
责任编辑 王洪胜 宋元
装帧设计 魏然

解读地球密码

地质系列

人类家园—地球	漂移的大陆—板块
鬼斧神工—地质作用	元素集合—矿物
地球的外壳—岩石	岩浆喷发—火山
地球颤抖—地震	大地之殇—地质灾害
华夏裂谷—沂沭断裂	生命乐章—生物进化
寒武纪统治者—三叶虫	中生代霸主—恐龙
地学万卷书—山旺化石	地球年轮—地史

地貌系列

地球美姿—地貌	地苑奇葩—地质公园
梦幻世界—岩溶	天然宝库—湿地
新生陆地—三角洲	润物之源—泉
水上明珠—岛	地貌新宠—菌

矿产系列

地球馈赠—矿产资源	工业血液—石油
地下乌金—煤	清洁能源—地热
金属之王—黄金	工业维生素—稀土
平凡奇材—石墨	健康之水—矿泉水
宝石之王—钻石	帝王之石—宝石
国粹之石—玉石	天然奇石—观赏石
文房之宝—砚	建筑装饰—石材

地学与人类生产生活和经济社会发展息息相关。



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5331-8368-4



9 787533 183684 >

定价: 32.00元

解 读 地 球 密 码

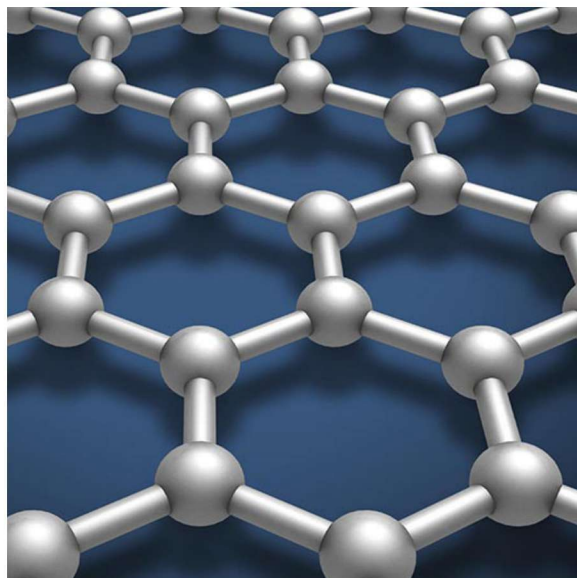
丛书主编 孔庆友

平 凡 奇 材

石 墨

Graphite
Ordinary genius

本书主编 孙 斌



● 山东科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

平凡奇材——石墨 / 孙斌主编. — 济南: 山东科学技术出版社, 2016.6

(解读地球密码)

ISBN 978-7-5331-8368-4

I. ①平… II. ①孙… III. ①石墨—普及读物
IV. ①O613.71-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 141408 号

丛书主编 孔庆友

本书主编 孙 斌

参与人员 孙雨沁 董延钰 熊玉新

郭广军 舒 磊 迟乃杰

解读地球密码

平凡奇材——石墨

孙 斌 主编

主管单位: 山东出版传媒股份有限公司

出 版 者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路16号

邮编: 250002 电话: (0531)82098088

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@sdpress.com.cn

发 行 者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路16号

邮编: 250002 电话: (0531)82098071

印 刷 者: 山东金坐标印务有限公司

地址: 莱芜市嬴牟西大街28号

邮编: 271100 电话: (0634)6276023

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16

印张: 6

版次: 2016年6月第1版 2016年6月第1次印刷

ISBN 978-7-5331-8368-4

定价: 32.00 元

目 录

CONTENTS

Part 1

掀开石墨的面纱



石墨你好/2

《水经注》载“洛水侧有石墨山。山石尽黑，可以书疏，故以石墨名山矣。”我国发现和利用石墨的历史悠久，从古代的甲骨、陶片，到如今的电池、铅笔，石墨因其自身的特殊性质，成为我们日常生活中不可或缺的物质。



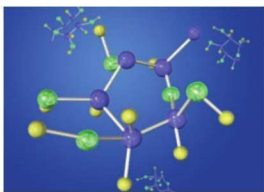
石墨长什么样/6

石墨矿石有两种形态：晶质和隐晶质。晶质石墨又称鳞片状石墨，其鳞片越大，经济价值越高，被广泛用于冶金工业的高级耐火材料与涂料。隐晶质石墨又称非晶质石墨或土状石墨，一般应用于铸造行业。



石墨从哪里来/8

石墨生长在高温、低压条件下，可以由有机质直接变成，也可以通过CO和CO₂还原出碳来实现。中国的石墨矿床主要形成于三个时期：距今6 700万~2.3亿年之间、4亿~11亿年之间、17亿年之前。



未来的战略资源/ 10

石墨用途广泛，特别是新型材料石墨烯的问世更是掀起了石墨应用的新高潮。石墨烯集合世界上最优质的各种材料品质于一身，具备最硬、最薄的特征，也具有很强的韧性、导电性和导热性。

Part 2

个性十足的石墨



最耐高温的矿物/ 14

石墨各碳原子之间以共价单键相连形成稳定正六边形的网状结构，需要极高的能量才能被破坏，所以石墨的熔点很高，约 $3850^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ ，沸点为 4250°C ，是最耐高温的矿物。冶金、铸造、机械、化工等工业部门用的石墨坩埚、耐火砖等耐高温材料就是利用它的这个特性。



性能良好的导体/ 18

石墨是性能良好的导体。它的导电性比一般非金属矿高100倍，导热性超过钢、铁、铅等金属材料。石墨能够导电是因为它每个碳原子与其他碳原子只形成3个共价键，每个碳原子保留1个自由电子来传输电荷。电气工业广泛用它做电极、电刷、炭棒、炭管。



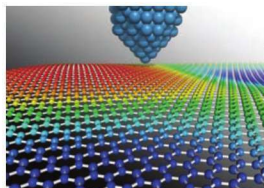
高温下的润滑剂/ 22

石墨是高温下的润滑剂，在有水蒸气和空气的条件下润滑效果更好。水和空气的存在使石墨的表面吸附了水和气体分子，增大了互相滑动的解理面间的距离。胶体石墨、石墨润滑油、石墨润滑乳、石墨润滑脂、干粉石墨润滑剂、镶嵌石墨轴承等都是良好的润滑材料。



最软的矿物之一/26

石墨是自然界中质地最软的矿物之一，因为其内部呈层状排列的碳原子，层与层之间联系力非常弱，好似一摞扑克牌，轻轻一推，牌和牌之间就滑动开来。日常用的铅笔芯就是石墨和黏土混合后制成的。



新材料之王——石墨烯/29

石墨烯是目前已知的最薄、最硬、导电性最好且拥有强大灵活性的纳米材料，被称为“新材料之王”。石墨烯一层层叠起来就是石墨，厚1 mm的石墨大约包含300万层石墨烯。它在电子器件、光学器件、柔性电子、先进电池、散热复合材料等领域具有重要应用前景。

Part 3

世界石墨巡礼



世界石墨资源/42

全球具有一定规模可供工业利用的石墨矿床并不多，主要集中在中国、巴西、捷克、印度、墨西哥、朝鲜、加拿大和马达加斯加等国。目前只有十几个国家开采石墨矿产，中国、印度和巴西是世界上三大主要的石墨生产国，占全球总产量的90%。



世界著名石墨矿/46

晶质石墨矿主要蕴藏在中国、斯里兰卡、加拿大等国家，马达加斯加、巴西等地的石墨矿床赋含有大鳞片石墨。隐晶质石墨主要分布在墨西哥、印度等国家。莫桑比克巴拉马石墨矿是世界上最大的石墨矿床，澳大利亚笑翠鸟沟石墨矿也是世界级石墨矿床之一。

Part 4 石墨在中国



中国石墨资源/53

中国石墨矿产资源分布较广。晶质石墨矿主要产在黑龙江、四川、山东、内蒙古、河南等地，其中黑龙江省储量最多，占全国储量的60%。隐晶质石墨矿主要分布在湖南、广东、吉林、陕西、北京等地，湖南、吉林和广东储量较大，占全国隐晶质石墨储量的94%。



中国著名的石墨矿/55

中国石墨矿床类型主要有三种，以黑龙江鸡西柳毛石墨矿为代表的区域变质型石墨矿，以湖南郴州鲁塘石墨矿为代表的接触变质型石墨矿，以新疆奇台县苏吉泉石墨矿为代表的岩浆热液型石墨矿。其中区域变质型石墨矿储量和矿区数量都占大多数。

Part 5 石墨在山东



山东石墨资源/64

山东石墨资源丰富，是我国晶质石墨的重要产区之一，查明资源储量在全国排名第四位，产量居全国第二位。共有矿区21处，分布相对集中，主要分布于胶东地区的平度、莱西、莱阳、牟平等地，均为区域变质型石墨矿床。

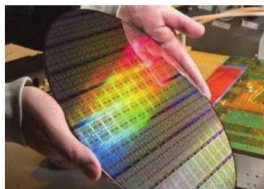


山东著名的石墨矿/64

山东省的石墨矿主要集中在胶东的平度和莱西，从大地构造位置上看，属于胶北隆起区。在众多的大中型石墨矿床中，莱西南墅石墨矿和平度刘戈庄石墨矿属国内典型的区域变质型大型晶质石墨矿床。

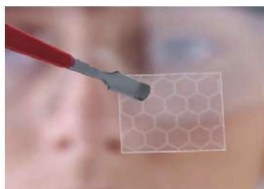
Part
6

插上翅膀的石墨



石墨烯的世纪/76

石墨烯个性十足，其导电性能像铜一样优秀，导热性能比已知的任何材料都要出色。它很透明，又很致密。有业内人士评价：如果说20世纪是硅的世纪，石墨烯则开创了21世纪的新材料纪元，它将替代硅成为新材料的霸主。



高纯度石墨应用更广/79

石墨工业要向高、精、尖领域发展，前提就是提高纯度，高纯石墨是生产膨胀石墨等高品质深加工产品的原料。现在国家大力发展新能源汽车，用的燃料电池里就加入了大量的高纯度石墨。



石墨深加工不可限量/80

国际上先进的氟化石墨、纳米石墨、核石墨等材料的制备，浸硅石墨材料的制备技术等，国内目前仍处于起步阶段甚至空白。进一步加大石墨深加工技术的研发，石墨的应用领域将不可限量。

参考文献/81

地学知识窗

石墨和金刚石的区别/5 六方晶系/5 矿石品位/7 石墨与煤炭的区别/9 电刷/19
氟化石墨/23 铅笔的起源/28 “中国石墨之都”——鸡西/55 球形石墨/62

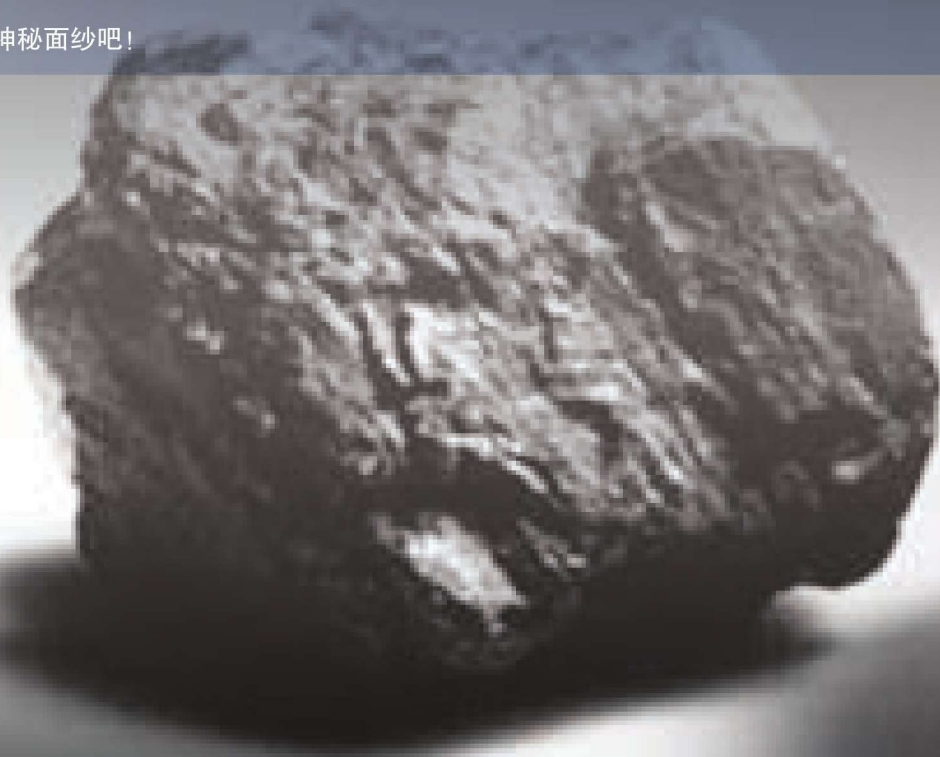
Part 1

掀开石墨的面纱

美丽的地球上有着各种各样的矿物，有些矿物早已被人们采掘利用，石墨就是其中之一。

你所熟知的石墨，大概就是黑黑的、软硬适中的铅笔芯了，哦对了，高中物理也告诉过你电池里面也有石墨。其实，早在3 000年多年前商代就有用石墨书写的文字。中国发现和利用石墨的历史悠久，《水经注》就载有“洛水侧有石墨山。山石尽黑，可以书疏，故以石墨名山矣。”

石墨因其自身的特殊性质，成为我们日常生活中不可或缺的物质。你身边的石墨有哪些？你想知道石墨是怎么形成的吗？让我们一起来走近石墨，掀开石墨的神秘面纱吧！



石墨你好

石 墨名字来源于希腊文“graphein”，意为“用来写”，由德国化学家和矿物学家A. G. Werner于1789年命名。它是由碳元素组成的以单质形式产出的矿物（图1-1）。

中国发现和利用石墨的历史悠久。从考古挖掘出来的甲骨、玉片、陶片发现，早在3 000多年前商代就有用石墨书写的文字，一直延续至东汉末年

（220年），石墨作为书墨才被松烟制墨所取代。清朝道光年间（1821年~1850年），湖南郴州农民开采石墨做燃料，称之为“油碳”。

20世纪初期，用石墨制造电池和铅笔的技术传入中国，当时称为“电煤”和“笔铅”的石墨开始用于近代工业，推动了中国石墨采掘业的发展。



图1-1 石墨



一、碳族元素

元素，又称化学元素，指自然界中一百多种基本的金属和非金属物质，它们只由一种原子组成，其原子中的每一核子具有同样数量的质子（图1-2），用一般的化学方法不能使之分解，并且能构成一切物质。到2007年为止，总共有118种元素（图1-3）被发现，其中94种存在于地球上。常见元素有氢、氮和碳等。

碳族元素（Carbon group）位于元

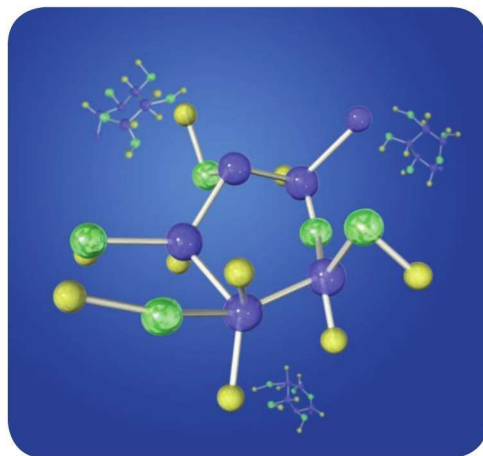


图1-2 元素结构示意图

图1-3 元素周期表

周期\族

I A

1

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

<

素周期表中ⅣA族，包括碳（C）、硅（Si）、锗（Ge）、锡（Sn）、铅（Pb）、铋（Bi）六种元素。其中，碳、硅是非金属，锡、铅、铋（bǐ）是金属，锗是半金属。本族元素随着原子序数的增加电子层数逐渐增加，原子核对外层电子的引力逐渐减弱，非金属性逐渐减弱（得电子能力减弱），金属性逐渐增强（失电子能力增强），化学性质差异很大。

碳以化合物形态存在于动植物界的量很大，没有一种有机体不含有碳的化合物。硅在矿物界的重要性相当于碳在生物界。锗早已是著名的半导体材料。锡和铅在地壳内的量虽然稀少，但由于容易从富

矿中提炼，很早就有广泛的用途。就它们价态的稳定性来说，碳和硅的主要价态是+4，而锗、锡、铅的稳定价态则随原子序数的增加逐渐由+4变到+2，这是惰性电子对效应。碳、硅有很强的成链能力，C—C键能大，碳原子间成链趋势大。Si—O键能大，自然界中大量存在着以硅氧链组成的各种硅酸盐。碳是第2周期的元素，最多只能形成配位数为4的配合物。其他元素有d轨道可以动用，通常能形成配位数为6的配合物。

碳的单质有三种同素异形体，即金刚石、石墨和无定形碳（图1-4），其中无定形碳是指木炭、焦炭、碳黑等。它们实



金刚石



石墨



无定形碳

图1-4 金刚石、石墨和无定形碳（碳黑）

——地学知识窗——

石墨和金刚石的区别

石墨和金刚石都是碳元素的单质，称为“同素异形体”，化学性质基本相同，区别在于物理性质上。

石墨原子构成正六边形，是平面结构，呈片状。金刚石原子正四面体结构，呈金字塔形。金刚石是目前自然界中已知最硬的物质，而石墨却是最软的物质之一。哥儿俩被称作“硬大哥”和“软弟弟”，脾性真有天壤之别。

六方晶系

根据晶体理想外形或综合宏观物理性质中呈现的特征对称元素，晶体结构可划分为立方、六方、三方、四方、正交、单斜、三斜等7类，即为7个晶系。

六方晶系 (hexagonal system) 有四个结晶轴，唯一高次轴方向有六重轴或六重反轴。有一个6次对称轴或者6次倒转轴，该轴是晶体的直立结晶轴c轴。另外三个水平结晶轴正端互成120度夹角。轴角 $\alpha=\beta=90^\circ$ ， $\gamma=120^\circ$ ，轴单位 $a=b\neq c$ 。

际上是石墨的微晶体。

二、石墨的特性

石墨在晶体结构上属于六方晶系，单体呈片状或板状，常呈鳞片状或块状集合体。它的硬度很低，莫氏硬度等级为1，属于软性物质。由于其特殊结构，石墨具有其特殊性质。

1. 耐高温性

石墨的熔点为 $3\ 850^\circ\text{C}\pm 50^\circ\text{C}$ ，沸点为 $4\ 250^\circ\text{C}$ ，即使经超高温电弧灼烧，重量

的损失很小，热膨胀系数也很小。石墨强度随温度提高而加强，在 $2\ 000^\circ\text{C}$ 时石墨强度提高一倍。

2. 导电、导热性

石墨的导电性比一般非金属矿高100倍，导热性超过钢、铁、铅等金属材料。其导热系数随温度升高而降低，甚至在极高的温度下变成绝热体。石墨能够导电是因为石墨中每个碳原子与其他碳原子只形成3个共价键，每个碳原子仍然保留1个自

由电子来传输电荷。

3. 润滑性

石墨的润滑性能取决于石墨鳞片的大小，鳞片越大，摩擦系数越小，润滑性能越好。

4. 化学稳定性

石墨在常温下有良好的化学稳定性，

耐酸、耐碱、耐有机溶剂的腐蚀。

5. 可塑性

石墨的韧性好，可碾成很薄的薄片。

6. 抗热震性

石墨在常温下使用能经受住温度的剧烈变化而不致破坏，温度突变时，石墨的体积变化不大，不会产生裂纹。

石墨长什么样

工业上将石墨矿石分为晶质（鳞片状）石墨矿石和隐晶质（土状）石墨矿石两大类。

一、晶质石墨

晶质石墨又称鳞片状石墨（图1-5）。呈鳞片状、薄叶片状，鳞片大小一般为（10~20）mm×（0.5~10）mm，片厚0.02 mm~0.05 mm。鳞片愈大，经济价值愈高。此类石墨的润滑性、可塑性、耐热和导电性能均比其他石墨好，主要做提取高纯石墨制品的原料。

晶质石墨矿石按其所赋存岩石的岩性不同，分片麻岩型、片岩型、透辉岩型、

变粒岩型、混合岩型、大理岩型及花岗岩型等七种，前六种矿石类型产于区域变质成因矿床中，后一种矿石类型则产于岩浆热液成因矿床中。

晶质石墨品种，按含碳量的高低分类：含碳量在99.99%~99.9%之间为高纯石墨，含碳量在99%~94%之间为高碳石墨，含碳量在93%~80%为中碳石墨，含碳量在75%~50%之间为低碳石墨。

晶质石墨广泛用于冶金工业的高级耐火材料与涂料。如镁碳砖、坩埚；军事工业的火工材料安定剂；冶炼工业的脱硫增速剂；轻工业的铅笔芯；电气工业的炭刷；电池工业的手机电池、电动汽车电