

# 宝石地质基础 与宝石资源分布

赵彻终 编著

电子科技大学出版社

• 1998 •

# 前 言

近年来,国内宝石业迅速发展,我院陆续举办了宝玉石专业的大专班、中专班等不同学历层次的教育。为适应教学需要,笔者分别编写了《宝石地质基础》和《宝石资源与分布》讲义,并与其他教师共同试用数届,其间反复修改,数易其稿,渐趋成形。今年初,在同行专家的鼓励和院领导的支持下,应广大学生的要求,笔者补充收集了新近有关资料,历时数月,终使《宝石地质基础与宝石资源分布》定稿付梓。

本书共分两篇,外加一个附录。第一篇宝石地质基础,为专业基础课,介绍了矿物岩石(宝玉石)的基本概念,宝玉石与矿物岩石的关系;并从内动力地质作用(岩浆作用、变质作用、构造作用等)和外动力地质作用(风化作用、流水的地质作用等)两方面阐明了矿物岩石(宝玉石)的形成及其变化。第二篇宝石资源与分布,为专业课,着重介绍了世界各国和我国宝玉石资源的品种与地区分布;选择了国外47个典型宝玉石矿床和我国118个具有代表性的宝玉石矿床,扼要阐述其产出地质环境、宝玉石特征、矿床成因类型及开发利用情况;还介绍了近年世界某些地区和国家宝玉石品种的重要发现和商贸近况,为学生将来从事宝玉石找矿、开采、加工、营销打下基础。附录简要介绍了玉雕、宝玉石加工、首饰镶嵌、首饰用贵金属等基础知识,意在为后续专业课程的学习打好基础。

赖祥政研究员、刘肇昌教授和张志兰高级工程师全面审阅了书稿,指出本书将基础地质知识与宝玉石及其成矿作用有机结合,深入浅出地介绍了宝玉石专业入门必需的基础知识和专业知识;详尽地介绍了我国和世界宝玉石资源的种类、分布、矿床(点)特征及成矿环境,是一份较系统全面的宝玉石资源研究报告;作为教材,是非常及时和可取的,在我国尚属首例。认为本书资料翔实、内容丰富、结构合理、逻辑性强、深入浅出、文笔流畅、结论正确、图文并茂,既可作为大、中专宝玉石专业的教科书,又可供宝玉石勘查、加工、开发、商贸、科研人员参考。

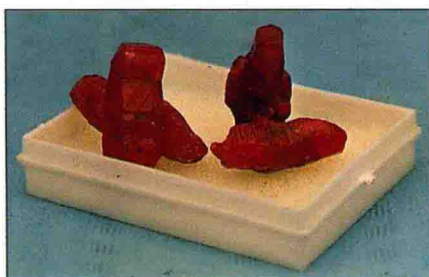
钟康惠副教授对文稿进行了加工并与杜倩主任共同责编本书,杜放生副教授、李伟讲师拍摄了彩照,龙小玲工程师清绘了图件。编印过程中还得到了学院领导及有关同志大力支持。在此一并表示谢意。

由于本人水平有限,资料收集困难,错误之处在所难免,诚请读者批评指正。

赵彻终  
1997.12



① 金刚石晶体



③ 红宝石晶体



⑤ 祖母绿集合体



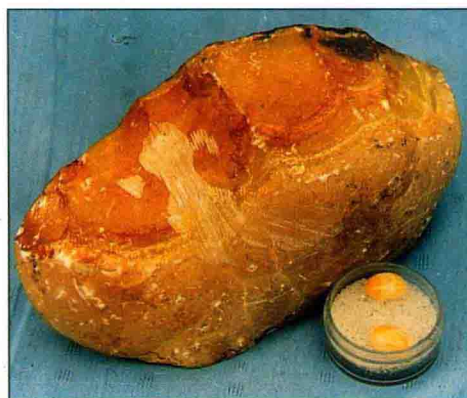
② 石榴子石晶体



⑥ 石榴子石集合体



④ 电气石(碧玺)晶体



⑨ 金地玉钟乳状集合体



⑦ 水晶晶簇



⑩ 翡翠原料及成品



⑧ 玛瑙胶状集合体

⑪ 蓝宝石砂矿



# 目 录

## 第一篇 宝石地质基础

<b>第一章 地 球</b> .....	( 3 )
<b>第一节 地球的形态</b> .....	( 3 )
一、地球的形状和大小 .....	( 3 )
二、地球表面的形态特征 .....	( 4 )
<b>第二节 地球的主要物理性质</b> .....	( 6 )
一、地球的质量和密度及压力 .....	( 6 )
二、地球的重力 .....	( 7 )
三、地球的温度 .....	( 8 )
四、地球的磁性 .....	( 8 )
<b>第三节 地球的圈层构造</b> .....	( 9 )
一、外圈 .....	( 9 )
二、内圈 .....	( 10 )
<b>第四节 地壳的物质组成</b> .....	( 12 )
一、地壳的化学组成 .....	( 12 )
二、元素在地壳中的分布 .....	( 12 )
三、地壳中元素的存在形式 .....	( 12 )
<b>第五节 地球的年龄与地质年代表</b> .....	( 12 )
<b>第二章 矿物与宝石</b> .....	( 14 )
<b>第一节 矿物及其与宝石的关系</b> .....	( 14 )
一、矿物的概念 .....	( 14 )
二、矿物与宝石的关系 .....	( 14 )
<b>第二节 矿物(宝石)的形态</b> .....	( 15 )
一、晶体 .....	( 15 )
二、矿物(宝石)单晶体形态 .....	( 15 )
三、矿物(宝石)集合体形态 .....	( 15 )
<b>第三节 矿物(宝石)的物理性质</b> .....	( 16 )
一、矿物(宝石)的光学性质 .....	( 17 )
二、矿物(宝石)的力学性质 .....	( 19 )
<b>实习一 常见矿物(宝石)简介</b> .....	( 20 )
<b>第三章 岩石与宝玉石</b> .....	( 23 )
<b>第一节 岩石及其与玉石的关系</b> .....	( 23 )
一、岩石的概念 .....	( 23 )

二、岩石与玉石的关系 .....	( 23 )
第二节 岩浆岩及有关的宝玉石 .....	( 23 )
一、岩浆和岩浆岩 .....	( 23 )
二、岩浆岩的物质成分 .....	( 23 )
三、岩浆岩的结构构造 .....	( 24 )
实习二 常见的岩浆岩简介 .....	( 25 )
四、与岩浆岩有关的宝玉石 .....	( 26 )
第三节 沉积岩及有关的宝玉石 .....	( 28 )
一、沉积岩的概念 .....	( 28 )
二、沉积岩的基本特征 .....	( 28 )
实习三 常见的沉积岩简介 .....	( 30 )
三、与沉积岩有关的宝玉石 .....	( 30 )
第四节 变质岩及有关的宝玉石 .....	( 31 )
一、变质岩的概念 .....	( 31 )
二、变质作用因素 .....	( 31 )
三、变质作用类型 .....	( 32 )
四、变质岩的矿物成分 .....	( 32 )
五、变质岩的结构构造 .....	( 32 )
实习四 常见的变质岩简介 .....	( 33 )
六、与变质岩有关的宝玉石——翡翠原生矿 .....	( 34 )
<b>第四章 地质构造</b> .....	( 36 )
第一节 岩层产状 .....	( 36 )
第二节 水平构造 .....	( 37 )
第三节 倾斜构造 .....	( 37 )
第四节 褶皱构造 .....	( 38 )
一、褶皱及其成因 .....	( 38 )
二、褶皱的基本形态及主要类型 .....	( 38 )
第五节 断裂构造 .....	( 39 )
一、节理 .....	( 40 )
二、断层 .....	( 40 )
<b>第五章 风化作用及宝玉石砂矿</b> .....	( 43 )
第一节 物理风化作用 .....	( 43 )
一、岩石释重 .....	( 43 )
二、气温变化 .....	( 44 )
三、物理风化作用的产物 .....	( 45 )
第二节 化学风化作用 .....	( 45 )
一、氧化作用 .....	( 45 )
二、二氧化碳的化学风化作用 .....	( 45 )

三、水的化学风化作用 .....	( 46 )
四、化学风化作用的产物 .....	( 47 )
第三节 生物风化作用 .....	( 47 )
一、生物机械风化作用 .....	( 47 )
二、生物化学风化作用 .....	( 47 )
三、生物风化作用的产物 .....	( 48 )
第四节 风化壳及宝玉石残积砂矿 .....	( 48 )
一、残积物 .....	( 48 )
二、风化壳及其结构特征 .....	( 49 )
三、古风化壳及欧泊矿床 .....	( 49 )
<b>第六章 地面流水地质作用及宝玉石砂矿</b> .....	( 51 )
第一节 地面流水的概念及分类 .....	( 51 )
第二节 暂时性水流地质作用及坡积洪积宝玉石砂矿 .....	( 51 )
一、片流地质作用和宝玉石残坡积砂矿 .....	( 51 )
二、洪流地质作用和宝玉石洪积-冲积砂矿 .....	( 52 )
第三节 河流地质作用及宝玉石冲积砂矿 .....	( 53 )
一、河流侵蚀作用 .....	( 53 )
二、河流搬运作用 .....	( 55 )
三、河流沉积作用 .....	( 56 )
四、宝玉石和贵金属冲积砂矿 .....	( 57 )

## 第二篇 宝石资源与分布

<b>第七章 宝玉石概述</b> .....	( 63 )
第一节 宝玉石的基本概念及分类 .....	( 63 )
一、宝玉石的基本概念 .....	( 63 )
二、宝玉石分类 .....	( 63 )
第二节 宝玉石的用途及开发利用简况 .....	( 63 )
一、宝玉石的用途 .....	( 63 )
二、宝玉石的开发利用简况 .....	( 64 )
<b>第八章 世界宝玉石资源概况</b> .....	( 66 )
第一节 世界宝玉石种类和资源分布特征 .....	( 66 )
一、世界宝玉石的种类 .....	( 66 )
二、世界宝玉石资源分布 .....	( 66 )
三、世界宝玉石资源的分布特征 .....	( 76 )
第二节 世界宝玉石矿床特征及开发利用情况 .....	( 77 )
一、亚洲主要宝玉石矿床 [缅甸翡翠 缅甸抹谷红蓝宝石 缅甸蒙苏红宝石 泰国红蓝宝石 柬埔寨拜林红蓝宝石 印度蓝宝石 印度拉杰加尔-梅瓦尔祖母绿 巴基斯坦斯瓦特祖母绿 巴基斯坦罕萨红宝石 阿富汗哲格达列克红宝石 阿富汗萨雷散格青金石 阿富汗潘德舍尔祖母绿 斯里兰卡宝石 伊	

朗尼沙普尔绿松石 蒙古阿尔丹胡杜克铁铝石榴子石 蒙古沙瓦楞查拉姆贵橄榄石 蒙古伊赫贾尔加 蓝玉髓-玛瑙].....	( 77 )
二、非洲主要宝玉石矿床 [南非索迈尔谢特祖母绿 南非德兰士瓦虎睛石 南非金刚石 津巴布韦桑达 瓦纳祖母绿 坦桑尼亚红蓝宝石和坦桑石 肯尼亚宝石 博茨瓦纳金刚石 赞比亚卡富布祖母绿 埃 及瓦迪马哈列绿松石 扎伊尔金刚石 马达加斯加中部宝石].....	( 89 )
三、美洲主要宝玉石矿床 [加拿大斯勒夫地区金刚石 加拿大软玉 美国约戈谷蓝宝石 美国克列列克 里克翡翠 美国碧玺和锆辉石 美国绿松石 哥伦比亚祖母绿 巴西米纳斯吉拉斯宝石].....	( 94 )
四、大洋洲主要宝玉石矿床 [澳大利亚阿盖尔金刚石 南澳大利亚欧泊 澳大利亚新南威尔士州欧泊 中澳大利亚红宝石 澳大利亚阿纳基蓝宝石 澳大利亚新英格兰蓝宝石].....	( 98 )
五、其它国家主要宝玉石矿床 [俄罗斯金刚石 哈萨克斯坦伊特穆隆达翡翠 俄罗斯小贝斯特拉青金石 塔吉克斯坦比留扎坎绿松石 俄罗斯斯切列姆善祖母绿和翠绿宝石].....	( 102 )
<b>第九章 中国宝玉石资源概况</b> .....	( 106 )
第一节 中国宝玉石彩石的种类分布和分类.....	( 106 )
一、中国宝玉石彩石的种类与分布.....	( 106 )
二、中国宝玉石彩石矿床的成因分类.....	( 106 )
三、中国宝玉石资源分布特征.....	( 109 )
第二节 中国宝石矿床特征及开发利用情况.....	( 109 )
一、金刚石矿床 [辽宁瓦房店 山东蒙阴 湖南沅水流域 西藏安多 贵州镇远马坪].....	( 109 )
二、蓝宝石矿床 [山东昌乐 海南蓬莱 福建明溪 江苏六合 辽宁宽甸].....	( 112 )
三、红宝石矿床 [云南元阳 西藏曲水 安徽霍山 新疆拜城报奥克里克].....	( 115 )
四、红蓝宝石矿床 [海南文昌 新疆阿克陶苏巴什 青海西部].....	( 116 )
五、云南文山祖母绿矿床.....	( 117 )
六、海蓝宝石矿床 [内蒙化德 内蒙乌拉山 新疆阿斯托克 新疆青河 云南元阳浩封碑 云南贡 山拉普底-腊早 河北康保].....	( 118 )
七、云南瑞丽南谷坝和雷允尖晶石矿床.....	( 121 )
八、电气石(碧玺)矿床 [新疆佳木开 内蒙角力格太 云南福贡-贡山].....	( 121 )
九、橄榄石矿床 [河北张家口 吉林蛟河].....	( 122 )
十、福建和海南锆石矿床.....	( 123 )
十一、紫晶矿床 [河南李三仙岗 河南安泉 青海唐古拉山吴曼通洞 山东沂水马站大水场].....	( 123 )
十二、金红石矿床 [山西代县 四川会东 四川汉源泥巴山].....	( 124 )
十三、粤西黄玉矿床.....	( 125 )
十四、石榴子石矿床 [新疆托里(翠榴石) 新疆布尔津(翠榴石) 新疆阿勒泰西齐 青海陀乌里 内蒙角 力格太 云南马关八寨 江苏东海芝麻坊].....	( 125 )
第三节 中国玉石矿床特征及开发利用情况.....	( 127 )
一、角闪石质玉矿床 [新疆塔什库尔干和田玉 新疆阿拉玛斯和田玉 新疆玛纳斯碧玉 四川汶川龙溪玉 四川石棉碧玉 台湾玉].....	( 127 )
二、蛇纹石质玉矿床 [辽宁岫岩玉 青海祁连岫玉 青海墨绿玉 青海乐都玉 新疆蛇绿玉 西藏日喀则 玉 广东南方玉 甘肃鸳鸯玉 山东泰山玉].....	( 129 )
三、西藏镁绿泥石质玉(仁布玉)矿床.....	( 132 )

四、辉石质玉矿床 [青海乌兰柴达木玉 青海茫崖柴达木玉 青海乌兰桃花石(粉翠、蔷薇辉石) 青海翠玉] .....	( 133 )
五、斜长石质玉矿床 [河南南阳独山玉 新疆中天山天河石] .....	( 134 )
六、表生含氧盐质玉矿床 [湖北竹山绿松石 陕西白河月儿潭绿松石 青海乌兰绿松石 河南浙川绿松石 云南异极矿] .....	( 135 )
七、碳酸盐质玉矿床 [贵州罗甸冰州石 贵州望谟冰洲石 四川珙县冰洲石 吉林青风冰洲石 四川得荣夏珠玉 云南兰坪金地玉] .....	( 137 )
八、氟化物质玉矿床 [甘肃金塔神蠟山萤石 安徽旌德萤石 浙江义乌萤石] .....	( 138 )
九、石英质玉矿床 [黑龙江逊克东山玛瑙 黑龙江逊克阿延河玛瑙 内蒙乌拉特中后旗玛瑙 辽宁阜新玛瑙 新疆伊吾玛瑙 江苏水晶 内蒙巴盟巴林水晶 内蒙乌盟烟水晶 内蒙巴盟茶晶 内蒙锡盟西乌珠穆沁旗墨晶 新疆水晶 青海水晶 甘肃阿克塞大红山水晶 黑龙江水晶 广西水晶 海南水晶 内蒙朱日-白音诺尔绿玉髓 河北张家口玉髓 台湾台东青玉髓 河南密玉 新疆阿勒泰芙蓉石 贵州晴隆贵翠 河南浙川虎睛石] .....	( 139 )
十、其它玉石矿床 [陕西南南丁香紫、四川旺苍蓝纹石 四川平武龙头玉 粤东桃花玉 河南汝阳梅花玉] .....	( 145 )
<b>第四节 中国彩石矿床特征及开发利用情况</b> .....	( 146 )
一、福建寿山石矿床 .....	( 146 )
二、浙江青田石矿床 .....	( 147 )
三、河北曲阳汉白玉矿床 .....	( 147 )
四、新疆哈密蜜蜡黄玉矿床 .....	( 147 )
五、宁夏贺兰石矿床 .....	( 147 )
六、湖南浏阳菊花石矿床 .....	( 148 )
七、内蒙巴林石(鸡血石)矿床 .....	( 148 )
<b>附录 宝玉石加工及首饰镶嵌知识简介</b> .....	( 149 )
一、宝玉石原料的工艺要求 .....	( 149 )
二、宝玉石加工工艺分类 .....	( 149 )
三、玉雕雕琢工艺 .....	( 150 )
参观实习一 玉雕工具及辅料 .....	( 150 )
参观实习二 玉雕加工过程简介 .....	( 151 )
四、宝玉石装饰品加工工艺 .....	( 151 )
参观实习三 单弧面型宝玉石加工程序简介 .....	( 152 )
参观实习四 球状石加工程序简介 .....	( 152 )
参观实习五 棱面型宝石加工程序简介 .....	( 154 )
五、镶嵌宝石之贵金属 .....	( 154 )
六、首饰镶嵌简介 .....	( 156 )
<b>主要参考文献</b> .....	( 158 )

# 第一篇 宝石地质基础



# 第一章 地 球

在浩瀚的宇宙空间弥漫着无数的天体,地球只不过是宇宙中一个渺小的天体。地球虽是太阳系行星家族中普遍一员,但她却是太阳系中唯一有生命存在的星球。地球是人类居住的地方,和人们的生活息息相关。地球是地质工作者的工作对象和找矿场所;也是宝玉石工作者的工作对象和寻找宝玉石的场所。金、银、铜、铁、锡、铅、锌等矿产资源产在地球上,宝玉石也产在地球上。例如那光芒四射的钻石、绯红艳丽的红宝石、蓝如大海而令人心醉的蓝宝石、绿如鸟羽而庄重美丽的翡翠,还有那葡萄般的紫晶、桃花般的碧玉、银盘般的月光石都产在地球上,分别产于地球上不同的地方和不同的地质环境中。要振兴中华民族,要找到更多的矿产资源,为祖国社会主义建设事业服务;要找到更多的宝玉石,满足人们不断增长的物质生活和精神生活的需要;个人要发财致富,都必须了解地球、认识地球。

## 第一节 地球的形态

### 一、地球的形态和大小

#### 1. 地球的形态

最初人们认为地球的形状是方形,即所谓“天圆地方”;后来认为是一个球体;再后来认为是一个椭球体。现在,通过人造地球卫星观察发现,地球既不是球体,也不是椭球体,而是整体呈梨形。地球南极部分向内凹进约 30m,北极部分向外凸出约 10m;北半球中纬度地区凹进,南半球中纬度地区凸出(图 1-1)。为什么会成梨形?有人认为是地球表面受到不平衡负荷引起的。南极大陆冰川很厚,压力大,负荷重,把地球压成南凹北凸的梨形。我国南极考察队自 1984 年以来已多次赴南极考察,并在南极建立了长城站和中山站。南极是地球的最南端,那里有终年不融的积雪和巨厚的冰层。

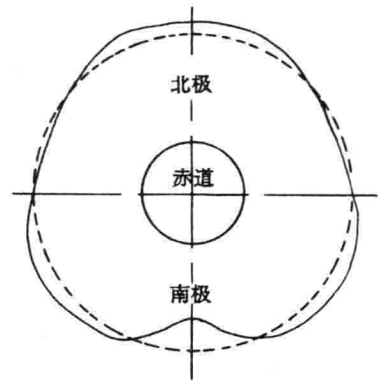


图 1-1 地球体剖面(实线)与旋转椭球体(虚线)的关系示意图  
(李叔达、胡承祖等,1994)  
(形状已大大夸张)

#### 2. 地球的大小

地球的大小是用许多数据来描述的,有关数据如下:

赤道半径  $a = 6378.140\text{km}$

极地半径  $c = 6356.755\text{km}$

平均半径  $r = 6371.004\text{km}$

扁率  $e = 1/298.257$

表面积  $S = 4\pi r^2 = 510064471.9\text{km}^2$

体积  $V = 4/3\pi r^3 = 1083206900000\text{km}^3$

## 二、地球表面的形态特征

### 1. 地球表面总特征

地球表面形态有两个特点：①地球表面可分为**陆地**和**海洋**两大单元(部分)，海洋面积占总面积的71%，陆地占29%，海洋面积比陆地面积大得多。地球表面有**四大洋**和**七大洲**：太平洋、大西洋、印度洋、北冰洋，亚洲、欧洲、北美洲、南美洲、非洲、大洋洲和南极洲。②无论陆地表面或海底都由**条条**和**块块**相间组成。**条条**指山脉、丘陵，地形成条状；**块块**指高原、平原、盆地，地形成块状。条条块块相间，指条条之间有块块，这一块和那一块之间有条条，即山脉、丘陵之间夹有盆地、平原和高原，这些高原、平原和盆地又由山脉、丘陵分离开来。陆地如此，海底也如此。为什么有这样的特征呢？为什么会出现条条块块？为什么会出现山脉、丘陵、平原、高原和盆地？这主要与所在地区经历的构造运动有关。

### 2. 陆地地形特征

陆地面积地形十分复杂，按照高程和地面起伏情况可分为**山地**、**丘陵**、**平原**、**高原**和**盆地**等单元。

**山地**是地形起伏很大，海拔高程大于500m的低山、中山和高山地区。山地中间常有一个较高的主脊，称为**山岭**，平行排列延伸很长的山岭称为**山脉**。地球上最大的山脉分布在两个地带：一个在美洲西部，呈南北向延伸，叫做**海岸山脉**；一个横贯欧亚大陆，近东西向展布，叫做**阿尔卑斯-喜马拉雅山脉**。

地形起伏不大，相对高差小于200m的低矮浑圆小山丘称为**丘陵**。如我国的辽东丘陵、山东丘陵、东南丘陵和川中丘陵等。

起伏微小，海拔一般在200m以内的广大平地称为**平原**。如我国的长江中下游平原、华北平原、松辽平原以及世界著名的印度恒河平原、美国密西西比大平原等。

**高原**是陆地表面较平坦的或有一定起伏的平坦地区，其海拔高程一般在600m以上，如我国的青藏高原、黄土高原、云贵高原等。

**盆地**是陆地上四周较高、中间较平的盆形地区。如我国的四川盆地、柴达木盆地和准噶尔盆地等。

### 3. 海底地形特征

如果把海水排干就可以直接看到海底地貌，但要排干海水是不可能的。现代科学的发展，使我们可通过海底照像、海底电视、人造地球卫星等办法获得海底地貌形态。

#### (1) 海底地形总特征

海底地形和陆地地形比较起来有以下特征：①地形单元规模最大。无论山脉、丘陵，还是平原、高原，规模都相当大，如海底山脉可延长几万公里，这在陆地上是没有的。②地形高差大。有一些海底山峰在水下有数千米，水上还有数千米，共计高差万余米。而陆地上最高的珠穆朗玛峰也不过8843m。③海底地形比陆地地形清晰，这是因为被海水淹没，外动力地质作用影响微弱的缘故。

#### (2) 海底地形单元划分

根据海底地形的基本特征，可分为**大陆边缘**、**洋中脊**和**大洋盆地**三个大型地形单元。

**大陆边缘**是大陆到大洋深水盆地之间的过渡地带。可进一步划分为**大陆架**、**大陆坡**、**大陆基**、**海沟**与**岛弧**(图1-2)。**大陆架**是紧靠大陆的浅水平台，水深一般不超过200m，地形比较

平缓,坡度一般小于 $0.3^{\circ}$ 。我国渤海、黄海的全部,东海、南海的大部分,都属于大陆架范围。大陆架有丰富的矿产资源,其中很重要是能源矿产——石油。大陆架在水下,其上部物质组成为松散沉积物,是河流从陆地上带来的,含有大量有机物;浅海里大量的生物也在这里死亡分解,从而构成很重要的生油环境。



图 1-2 大陆边缘地形示意图  
(李权达、胡承祖等,动力地质学原理,1994)

因此,大陆架蕴藏了丰富的石油矿产。我国的海上石油勘探都是在大陆架范围进行的。大陆坡是大陆架外围地形坡度骤然变陡的地方,有三个特征:①坡度陡。大陆架平均坡度为 $0.3^{\circ}$ ,而大陆坡平均坡度是 $4.25^{\circ}$ ,最大可达 $20^{\circ}$ 。②有海底峡谷。河流带来的许多粗粒物质,在大陆架上流动时,由于坡度缓,流速慢,但一进入大陆坡,由于坡度骤然变陡,流速加快,下蚀作用增强,这些粗粒物质就像锉刀一样把大陆坡锉开一个个大缺口,从而形成海底峡谷。③大陆坡脚往往有水下冲积锥。大陆坡上流动着的水体,携带着大量的泥砂物质,到了大陆坡脚(麓),流速减小,发生沉积,形成冲积锥。这些冲积锥呈鸡爪状散开,叫做水下冲积锥。水下冲积锥的规模可以很大,如印度半岛恒河河口的水下冲积锥比非洲东部的马达加斯加岛还大。海沟、岛弧、大陆基均位于大陆坡麓以下地形开始变得比较平坦的范围内。海沟是海洋中很深的长条状洼地,一般深度在6000m以上。岛弧是海洋中许多呈弧形的岛屿。特别是太平洋中的许多岛屿,其本身呈弧形,如果把它们连起来也成弧形。如,阿留申群岛向南突出成弧形,日本列岛向东突出成弧形,把阿留申群岛、千岛群岛、日本列岛、琉球群岛、马里亚纳群岛等岛屿连起来亦成弧形。海沟与岛弧往往是伴生的,哪里有海沟,旁边就有岛弧,其相互位置是,海沟常常位于岛弧靠近大洋的一侧。大陆基是大陆坡与大洋盆地之间的缓倾斜坡地,坡度通常为 $5^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 。大陆基和海沟常常不并存,有海沟的地方多无大陆基,有大陆基的地方往往无海沟。如太平洋周围海沟非常发育,却无大陆基;而大西洋和印度洋的部分地区无海沟,但有大陆基。有人认为大陆基是海沟被充填起来形成的。

大西洋中有一条最显著的海底山脉,从北冰洋开始,经冰岛,穿过大西洋中部,呈S形延伸到南大西洋,绕过非洲南端进入印度洋后分成两支:一支向北进入亚丁湾、红海;另一支向东绕过澳大利亚进入太平洋,经美国加利福尼亚湾,伸入陆地以下。这是一条遍及全球,横穿四大洋,成线状延伸的海底山脉。洋脊就是海底山脉。大西洋洋脊正好位于大西洋的中部,称为洋中脊。洋脊有中央裂谷。中央裂谷位于洋脊的中央,是一个巨大的裂缝,宽数十公里,深1~2km,是地幔物质不断上涌的地方。如图1-3所示,熔融的地幔物质上涌到海洋底部,温度骤然降低,冷却凝固;下面的熔融物质又不断上涌,把冷凝的物质撕裂,推向两侧,推向海沟,这叫做海底扩张。有人

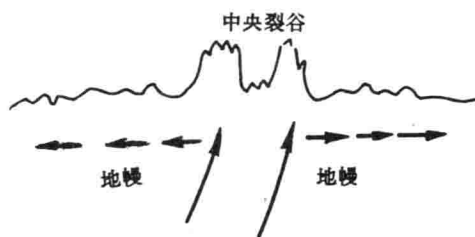


图 1-3 海底扩张示意图

利用海底扩张学说来解释大西洋的形成。在世界地图上,如果把南北美洲往东移动,正好和非洲、欧洲西边凸凹镶嵌,好像欧洲、非洲与南北美洲原来是连成一块的。据此,海底扩张学说认为大西洋最初就是地幔物质不断上涌的中央裂谷。海底扩张把非洲、欧洲和南北美洲往两边推移,距离逐渐加大,裂谷不断加宽,从而形成了今天的大西洋,以及南北美洲和非洲、欧洲大陆。

大洋盆地位于大陆边缘与洋脊的过渡地带,一般水深为 4000~6000m,地形比较平坦,也比较宁静,没有现代火山活动,蕴藏着大量的有用矿产,如锰、铜、钴、镍等。

### 作业题

1. 地球的平均半径是多少? 地球的赤道半径(长半径)与极半径(短半径)之差是多少?
2. 大陆架有什么重要的矿产资源?
3. 海底地形可划分为哪些地形单元?

## 第二节 地球的主要物理性质

### 一、地球的质量和密度及压力

#### 1. 地球的质量

如前所述,地球有一定的大小,由物质构成,有一定的质量。根据万有引力定律  $F = fMm/r^2$  可计算出地球的质量。式中  $M$  为地球质量,  $m$  为地面任意一物体的质量。令  $m = 1\text{g}$ , 地球对它的引力  $F = 9.8 \times 10^{-3}\text{N}$ , 取地球平均半径  $r = 6371\text{km}$ , 引力常数  $f = 6.67 \times 10^{-11}\text{N} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{g}^2$ 。变换引力公式并代入上述数值计算出的地球质量为  $5.976 \times 10^{27}\text{g}$ 。

用同样的方法可计算出月球的质量约等于地球的 1/100, 即地球质量为月球质量的 100 倍;也可计算出月球的引力约为地球引力的 1/6, 即地球引力约为月球引力的 6 倍。正因为地球有这样大的质量,有这样大的引力,才能够吸引住地球周围的大气,才有了大气圈、水圈和生物圈,才有了人类,地球上才出现了生机盎然的景象。月球由于质量小,引力小,吸引不住周围的大气,因此,月球上没有空气、水和生物,呈现一片荒凉,是一个死的世界。

#### 2. 地球的密度

知道了地球的质量  $M = 5.976 \times 10^{27}\text{g}$  和地球的体积  $V = 4/3\pi r^3$ , 可计算出地球的平均密度为  $5.5\text{g}/\text{cm}^3$ 。该值为地球的平均密度,而实际测得地表岩石的平均密度为  $2.7 \sim 2.8\text{g}/\text{cm}^3$ , 覆盖地球面积 3/4 的水之密度为  $1\text{g}/\text{cm}^3$ 。据此,推测地球深部应当存在密度更大的物质。地震波在地球内部传播速度的变化表明,地球内部物质的密度是随着深度的增加而增加的。如地表的密度为  $2.7\text{g}/\text{cm}^3$ , 33km 深处为  $3.0\text{g}/\text{cm}^3$ , 2900km 处为  $5.7\text{g}/\text{cm}^3$ , 地心的密度可达  $13\text{g}/\text{cm}^3$ 。

#### 3. 地球的压力

地球的压力指静压力。所谓静压力是上覆岩层对下伏岩层的压力。不同深度的压力可通过  $\rho = h \cdot \rho_h \cdot g_h$  公式计算出来。式中  $h$  为上覆岩层的深度(厚度),  $\rho_h$  为该深度以上岩层的平均密度,  $g_h$  为平均重力加速度。即静压力  $\rho$  等于某深度  $h$  和该深度以上的岩层平均密度  $\rho_h$  与平均重力加速度  $g_h$  的连乘积。利用该公式可以计算出 100km 深处有 300 个大气压, 35km 处有

1 万个大气压, 6371km 处有几万个大气压。静压力随着深度的增加而增大。地球内部有几万个大气压, 可以想象地球内部的物质状态和内部结构不同于地表。

## 二、地球的重力

什么是地球的重力? 先看图 1-4, 地球自西向东旋转, 由于旋转, 地面物体就产生离心力。离心力是垂直旋转轴指向外缘的, 以 P 表示。地面的物体除受到离心力作用以外, 还受到地心引力的作用。地心引力沿半径方向, 指向地心, 以 F 表示。重力就是引力和离心力的合力, 方向指向赤道面, 以 G 表示。即重力的大小决定于离心力和地心引力的大小。离心力  $P = R\omega^2$ , R 为物体到旋转轴的距离,  $\omega$  为角速度。在不同纬度旋转, 角速度不变, R 越大, 离心力就越大。从赤道向两极 R 越来越小, 离心力 P 也就越来越小。所以在赤道附近的物体离心力最大, 向两极越来越小。离心力随着纬度的增高逐渐减小。

地心引力公式  $F = fm_1m_2/r^2$ , 表明引力的大小和地球的质量与地面物体的质量乘积成正比, 和物体之间的距离平方成反比。r 为地球椭圆半径, 前面讲过赤道半径比极半径大, 差值为 21km, 即由赤道到两极 r 由大变小, 而引力和  $r^2$  成反比, 所以由赤道到两极, 引力由小变大; 一个物体在赤道受到的引力最小, 在两极受到的引力最大; 引力随着纬度的增高逐渐增大。根据计算, 离心力约为引力的 1/300, 因此在探讨重力时, 离心力一般忽略不计, 只考虑引力。地球上哪些地方引力大, 重力就大, 哪些地方引力小, 重力就小。所以, 南、北极重力值最大, 赤道附近重力值最小。以实物相比, 在极地为 1kg 重的物体到赤道附近重量就要减轻 5.3g。如果在前苏联北部地区买 1kg 祖母绿到印尼爪哇出售, 重量要减轻 5.3g。这是由于纬度变化, 重力值变小, 重量减轻的缘故。

## 三、地球的温度

### 1. 地球内部的温度及其变化

从地表往下, 随着深度的增加, 温度增高。有些同学可能有亲身感受。譬如, 沿煤矿竖井会感觉到越往深处越热。有些地方从地下喷出热水, 温度很高, 形成温泉。例如云南腾冲温泉温度高达 100℃ 以上, 可煮熟鸡蛋。火山喷发的熔浆温度高达几百度, 甚至上千度。这些现象说明地球内部拥有一定的热量, 具有一定的温度, 而且比地表温度高得多。但是, 随着深度增加温度增高并不是从地表开始的, 而是从地表以下一定的深度开始的。地球表面的热量主要来自太阳的辐射, 白天温度高, 晚上温度低; 夏天温度高, 冬天温度低。地温随着昼夜、季节变化而变化的深度不超过 20m, 这一层称为外热层。外热层以下的地温, 无论白天夜晚、春夏秋冬, 常年保持不变, 这一层称为常温层。在常温层以下, 随着深度的增加, 温度增高, 称为内热层或增温层。增温层的地热增温值如何计算呢? 实际测量发现, 在增温层下, 深度每增加 100m, 温度增高 3℃, 称为地热增温率或地热增温梯度, 以 3℃/100m 表示; 反过来温度每升高 1℃, 深度要增加 33m, 这叫做地热增温级, 以 33m/1℃ 表示。地热增温率和地热增温级是互为

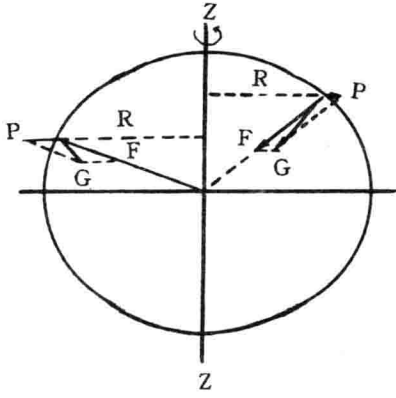


图 1-4 重力与地心引力和离心力关系示意图  
(李叔达、胡承祖等, 动力地质学原理, 1994)  
ZZ. 地球自转轴; G. 重力; F. 地心引力;  
P. 离心力; R. 纬度圆半径

倒数的。知道了地热增温率,就可以计算出地下 1000m、2000m、3000m、4000m 处温度有多高。当今南非金矿开采深度已达 4000m,那里温度是多高?可达 120℃!可见开采条件多么恶劣。

需要指出的是,每增加 100m 温度升高 3℃,是一个平均数。如果某一地区地热增温率高 于或低于这个数据,叫做**地热异常**,前者叫做**正异常**,后者叫做**负异常**。地热地质工作者就要寻找这样的地热异常区,开发利用地热。我国西藏羊八井热田范围有七个多平方公里,除出露的十余处温沸泉水温超过 100℃ 以外,还有面积很大的热水湖、热水沼泽。利用这些热能,我国建成了第一座地热发电站。

## 2. 地热的来源

关于地热的来源,普遍认为主要有四种:第一可能是星云集结时携带的热能;第二是重力能转变为热能;第三是放射性元素衰变所产生的热能;第四是化合能、结晶能转变为热能。

## 四、地球磁性

地球是一个大磁体,我们的祖先很早就知道了。磁体就具有磁性,具有两个磁极——磁北极和磁南极。通过观察发现,地理的两极和地磁的两极不完全吻合。地磁的两极总是偏离地理的两极,而且经常在迁移。据 1975 年资料,磁北极约位于北纬 76°,西经 100°;磁南极约位于南纬 65°48′,东经 139°24′。通过地理南北极包围地球的这一条线叫做**地理子午线**,通过地磁的南北极包围地球的这一条线叫做**地磁子午线**。由于地理的两极和地磁的两极不吻合,地理子午线和地磁子午线之间存在一个夹角,叫做**磁偏角**(图 1-5)。

野外地质工作经常使用罗盘。罗盘即指南针,是我国古代四大发明之一。罗盘指针一端指北极,另一端指南极,但指的是地磁北极和地磁南极,必须经过磁偏角校正,才能获得真正的地理方位。

罗盘指针的指向总是顺着磁力线的。在磁场范围内,地球的磁北极吸引着指针的南极;地球的磁南极吸引着指针的北极。指针在地磁赤道附近保持水平;离开赤道,指针不再保持水平,往下倾:在北半球指针的北端下倾,在南半球指针的南端下倾。这时,指针和水平线之间存在一个夹角,叫做**磁倾角**(见图 1-5)。我国位于北半球,罗盘指针北端下倾,为了保持指针平衡,更好地指示方向,便在指针的南端系上了几圈铜丝。在磁极附近指针垂直,磁倾角为 90°。

地球是一个大磁体,它的周围存在一个强大的磁场。磁场范围可在地球外围 1000000km 以上。磁场内有磁力的作用,磁力的大小叫做**磁场强度**。磁场强度用奥斯特(Oc)表示,1Oc = 100000γ。

磁偏角、磁倾角和磁场强度统称为**地磁要素**。地磁要素的数值如果高出某一地区的正常数值,则称为**地磁异常**。地磁异常的出现往往与地下存在的磁性岩石或磁性矿体有关。所以可通过地磁测量进行找矿,这种方法称为**磁法探矿**。据报导,苏联在卫国战争期间有一架飞机飞过乌拉尔上空时,飞机上的罗盘磁针产生了不正常的反应,后来证实下面有一个大型铁矿。我国解放以后也利用航空磁测的方法找到了一批磁铁矿床。

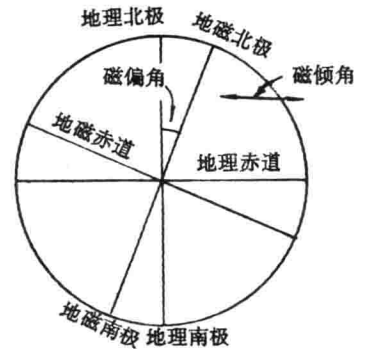


图 1-5 磁偏角磁倾角示意图

## 作业题

1. 物体从极地附近移到赤道附近,其重量是增加还是减轻?为什么?
2. 什么叫做地热增温率?试计算4000m深处的地温。
3. 地磁要素有哪些?

## 第三节 地球的圈层构造

地球由于物质成分不同,可划分出若干个同心圈层。以地表为界可分为内圈和外圈两大部分。外圈可根据物质的性质和状态不同进一步划分为大气圈、水圈、生物圈。内圈可根据不连续面进一步划分为地壳、地幔和地核。

### 一、外圈

地表以外的范围称为外圈。根据物质的性质和状态不同,进一步划分为大气圈、水圈、生物圈。这三个圈层没有明显的分界线,各圈层是互相渗透的,生物圈的生物体中含有水和空气;大气圈里有水、有生物;水圈中有空气和生物。

#### 1. 大气圈

**大气圈**指包围地球的大气层,它象帷幕一样笼罩着大地。大气圈由下至上可分为五层,但与人类生活密切又具有地质意义的是对流层和平流层。

**对流层**是大气的最下层,位于地表附近,大约从地表到9~18km范围。对流层的特点是:①空气运动以竖直运动为主,即垂直运动为主。一切大气现象如刮风、降雨、落雪、下冰雹等都发生在对流层。风、雨、冰、雪会引起岩石和矿物包括宝石和玉石发生变化。②对流层随着高度的增加温度降低。大约每上升100m,温度降低0.6℃。有人说愈高,距太阳愈近,温度应该更高,为什么愈高,反而更冷?这是因为地表以外,空气增温源于太阳,但不是直接来自太阳的辐射,而是地表组成物质吸收了太阳短波辐射以后,再以长波辐射(红外线)的形式使空气增温。因此地球表面像个火炉一样,距地表愈近温度愈高,愈远温度愈低。③对流层空气的成分主要有氮、氧、氩、二氧化碳,此外还有水蒸气和尘埃等。

**平流层**位于对流层之上,范围从地表到50~55km。平流层的特点是:①空气运动以水平运动为主。②会产生逆温现象,即随着高度的增加温度升高,而接近地表温度。这是因为平流层中含臭氧层(O<sub>3</sub>),能够直接吸收太阳光中紫外线的缘故。太阳辐射产生大量的紫外线,能够杀死杀伤生物,如果平流层中没有臭氧层存在并吸收大量的紫外线,地球上的生物就不可能生存和发展。③平流层空气稀薄,缺少尘埃和水蒸气,因而那里没有蓝天白云。

#### 2. 水圈

地球表面71%的面积由海水所覆盖,除海水以外,还有河流、湖泊、冰川以及地下水。这些水可看成是包围地面的连续水层,称为**水圈**。水圈实际上是地球上所有水体的总称。

自然界的水,在太阳辐射热的影响下,不断地进行着循环。水体循环分大循环和小循环。所谓**小循环**就是就地蒸发,上升冷凝,再以降雨的形式降落到原地的循环。所谓**大循环**就是海陆之间的循环。海水受太阳照射蒸发,以水蒸气形式进入高空,随着气流被带到内陆,由于受到高山的阻挡,以雨、雪和冰雹等形式落到地表,又以地表水和地下水的形式,主要以河流的形式,回到海洋。这样周而复始,使得地表河流终年奔腾不息。水体循环产生了巨大的动力。河