

中国玄武岩 地下水

贾福海 主编

地质出版社



中国玄武岩地下水

贾福海 主编

地质出版社

(京)新登字085号

内 容 简 介

这是第一部全面、系统论述我国玄武岩地下水的专著。在阐明我国玄武岩分布区地质地貌特征的基础上,著者对我国玄武岩的空隙网络系统,基本水文地质特征,玄武岩地下水的富集规律、补径排条件,理化特征,地下水资源及其开发利用,玄武岩区的地下热水及矿泉水分别进行了论述。在大量调查研究的基础上,著者认为,玄武岩含水层的主要储水空间是原生的宏、微观气孔,导水通道是原、次生裂隙,故将玄武岩地下水称为“气孔水”。

中国玄武岩地下水

贾福海 主编

责任编辑:戴鸿麟 吴霞芬

地质出版社出版发行

(北京和平里)

河北省香河印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销



开本:787×1092 1/16 印张:8.75 铜版图:3页插页:2页 字数:202000

1993年8月北京第一版·1993年8月北京第一次印刷

印数:1—2000册 定价:7.60元

ISBN 7-116-01298-2/P·1081

目 录

序	(1)
前 言	(2)
绪 论	(3)
第一章 玄武岩分布区地质地貌特征	(7)
第一节 玄武岩的时空分布	(7)
第二节 玄武岩分布区地质构造特征	(14)
第三节 玄武岩分布区的地貌特征	(21)
第二章 玄武岩空隙网络系统	(26)
第一节 玄武岩岩性及结构构造	(26)
第二节 玄武岩空隙类型及其网络系统	(33)
第三章 玄武岩的基本水文地质特征	(43)
第一节 玄武岩的地下水类型	(43)
第二节 玄武岩的水文地质结构类型	(44)
第三节 玄武岩的蓄水构造	(47)
第四章 玄武岩地下水的富集规律	(56)
第一节 含水层性质与富水性的关系	(56)
第二节 玄武岩形成时期与富水性的关系	(58)
第三节 自然地理条件与富水性的关系	(60)
第四节 岩层结构类型与富水性的关系	(61)
第五节 蓄水构造类型与富水性的关系	(62)
第五章 玄武岩地下水的补、径、排条件	(67)
第一节 玄武岩地下水的补给	(67)
第二节 玄武岩地下水的径流	(70)
第三节 玄武岩地下水的排泄	(71)
第六章 玄武岩地下水的理化特征	(77)
第一节 玄武岩地下水的物理性质	(77)
第二节 玄武岩地下水的主要成分特征	(78)
第三节 玄武岩地下水的化学成因类型	(88)
第七章 玄武岩地下水资源	(90)
第一节 玄武岩分布区水文地质基本参数	(90)
第二节 主要玄武岩分布区地下水天然资源	(93)
第三节 部分玄武岩分布区地下水的开采资源	(95)
第八章 玄武岩分布区的地下热水和矿泉水	(98)
第一节 地下热水	(98)

第二节 饮用天然矿泉水.....	(111)
第三节 医疗矿水.....	(116)
第九章 玄武岩地下水的开发利用.....	(122)
第一节 一般玄武岩地下水的开发利用.....	(122)
第二节 地下热水的开发利用.....	(124)
第三节 矿水的开发利用.....	(127)
结 论.....	(130)
参考文献.....	(132)
照 片.....	(134)

Contents

foreword.....	(1)
Preface	(2)
Introduction	(3)
Chapter 1. Geological and geomorphic feature in Basalt regions.....	(7)
1. Temporal and spatial distributions of Basalt.....	(7)
2. Characteristics of geological structures in Basalt regions.....	(14)
3. Geomorphic features in Basalt regions.....	(21)
Chapter 2. Pore systems in Basalt.....	(26)
1. Lithologies and structures of Basalt.....	(26)
2. Types and network of Basalt pore.....	(33)
Chapter 3. Basic hydrogeologic features of Basalt.....	(43)
1. Types of groundwater in Basalt.....	(43)
2. Types of hydrogeologic framework of Basalt.....	(44)
3. Water-storage structures of Basalt.....	(47)
Chapter 4. Regularity of groundwater storage-rich in Basalt.....	(56)
1. Relation between aquifer character and water-bearing capacity	(56)
2. Relation between basalt forming period and water-bearing capacity	(58)
3. Relation between natural geogrophic condition and water-bearing capacity	(60)
4. Relation between rock structure and water-bearing capacity... (61)	
5. Relation between water-storage structure and water-bearing capacity	(62)
Chapter 5. Conditions of groundwater recharge, run off and discharge in Basalt	(67)
1. Physical properties of groundwater in Basalt.....	(67)
2. Major chemical constituents groundwater in Basalt.....	(70)
3. Genetic types of groundwater chemistry in Basalt.....	(71)
Chapter 6. Physicochemical characteristics of groundwater in Basalt... (77)	
1. Groundwater recharge in Basalt.....	(77)
2. Groundwater run off in Basalt.....	(78)
3. Groundwater discharge in Basalt.....	(88)
Chapter 7. Groundwater resources in Basalt.....	(90)
1. Basic hydrogeologic parameters in Basalt regions.....	(90)
2. Natural groundwater resources in major Basalt regions.....	(93)

3. Extractable groundwater resources in some Basalt regions.....	(95)
Chapter 8. Geothermal water and mineral water in Basalt.....	(98)
1. Geothermal water	(98)
2. Natural drinkable mineral water.....	(111)
3. Medicinal mineral water.....	(116)
Chapter 9. Exploitation and utilization of groundwater in Basalt.....	(122)
1. Exploitation and utilization of common groundwater.....	(122)
2. Exploitation and utilization of geothermal water.....	(124)
3. Exploitation and utilization of mineral water.....	(127)
Conclusions.....	(130)
References.....	(132)
Printing photos.....	(134)

序

建国四十多年来，在大规模国民经济建设的推动下，我国水文地质事业得到了较快的发展。在这四十多年中，为满足国民经济建设和社会发展的迫切需求，不仅开展了大量的专门性水文地质勘查与研究工作的，而且在全国范围内，除了西藏、青海、新疆、黑龙江、台湾等极少数省（自治区）外，基本上完成了比例尺为1:20万—1:50万区域性水文地质普查工作。同时，还进行了以省（市、自治区）为单位的水文地质远景区划。通过上述工作，积累了丰富的水文地质资料。为促进我国水文地质事业的发展，在以往工作基础上如何进一步开展综合研究与总结工作，是当前广大水文地质工作者，特别是在我国水文地质事业发展中做出过卓越贡献的老一辈水文地质专家认真思考和不断探索的问题。我国幅员辽阔，水文地质条件复杂，专题性的水文地质问题，量大面广。在各省（市、自治区）区域性和专门性勘查与研究工作的基础上，选择一些与当前国民经济建设及学科发展密切相关的问题，进一步开展一些专题性的研究与总结工作，从而促进我国水文地质事业及技术方法与学术水平的提高，是上述思考中的主要目的。中国玄武岩地下水，正是根据这一设想，在中国科学院学部委员、前地质矿产部水文地质工程地质局总工程师贾福海同志的倡议和直接领导下进行的一项专题研究工作。

《中国玄武岩地下水》较全面地阐述了我国玄武岩，特别是我国新生代玄武岩及二叠纪峨眉山玄武岩的时、空分布规律及其所处的地质构造与地形地貌环境特征，详细分析和研究了玄武岩的岩性及其化学成分。特别是在新生代玄武岩的空隙类型及其组合网络系统的研究方面有所创新，证明了玄武岩层除含大气孔外，还普遍存在着微气孔和微孔隙。这些微气孔和微孔隙与大气孔、原生裂隙和后期的构造、风化裂隙组成了整个玄武岩含水层复杂的地下水储水空间和地下水循环、运移的网络系统。在此基础上，对玄武岩地下水类型进行了系统分类，认为玄武岩地下水类型主要是“气孔水”。

《中国玄武岩地下水》还较全面地论述了我国玄武岩地下水的水文地球化学特征，归纳分析了各地玄武岩地下水的主要化学成分、微量元素和氢、氧同位素的组分；论述了我国玄武岩地区热水与矿泉水的形成条件、分布规律、化学组分、资源概况及其开发利用中的重要价值；明确提出了玄武岩地区的断裂构造和地下水的化学成分及循环条件有利于形成硅酸和碳酸矿泉水，为在玄武岩地区寻找这类矿泉水指出了广阔的远景。

《中国玄武岩地下水》是我国第一部全面、系统研究玄武岩地下水分布规律及其基本特征的总结性专著。它不仅具有重要的理论意义和实用价值，而且在进一步开展专题研究与总结方面，也是一个良好的开端。因此，热情期望我国广大的水文地质工作者，积极开展多方位的专题性研究与总结。通过大家的不断努力，把我国的水文地质技术与学术水平尽快接近或达到世界水平。

贾福海

前 言

《中国玄武岩地下水》是在1985—1989年完成的“中国玄武岩地区地下水研究”这一科研成果的基础上编写的。参加这项研究工作的单位有黑龙江省地质矿产局第一水文地质工程地质大队、吉林省地质矿产局第二水文地质工程地质大队、内蒙古自治区地质矿产局101水文地质工程地质队、河北省地质矿产局水文地质工程地质大队、山西省地质矿产局217地质队和第三水文地质工程地质大队、河南省地质矿产局第二水文地质工程地质大队、山东省地质矿产局、安徽省地质矿产局、江苏省地质矿产局第二水文地质工程地质大队、浙江省地质矿产局水文地质工程地质大队、四川省地质矿产局成都水文地质工程地质大队、贵州省地质矿产局第一水文地质工程地质大队、云南省地质矿产局第一水文地质工程地质大队、广东省地质矿产局第一水文地质工程地质大队、海南省地质矿产局、河北地质学院、地质矿产部水文地质工程地质研究所和岩溶地质研究所。地质矿产部水文地质工程地质技术方法研究所是这项研究工作的负责单位，并参与了研究工作。中国科学院学部委员、前地质矿产部水文地质工程地质局总工程师贾福海同志，自始至终领导了这项研究工作。

《中国玄武岩地下水》基本上是在有关省（自治区）一级专题综合研究成果的基础上，对玄武岩地下水问题进一步进行了分析、论证。为了提高研究水平，许多省（自治区）的水文地质工程地质大队做了一些补充工作，主要有应用同位素技术测定岩石与地下水的绝对年龄，地下水的补、径、排途径，以及孔、洞、裂隙微观方面的测试工作。在研究过程中，地质矿产部水文地质工程地质技术方法研究所具体参加这项研究任务的秦志学、许计民、韩子夜三位同志，在贾福海同志的亲自带领下，于1984—1987年间，曾先后去河北坝上，山西大同及左云，吉林长白山区，黑龙江五大连池、克东县及镜泊湖，内蒙古集宁、阿巴嘎及锡林浩特地区，广东雷州半岛，海南，云南腾冲，江苏南京、六合及盱眙，安徽天长及嘉山，浙江嵊县及新昌，以及湖北安陆等地的玄武岩分布区，进行了调查研究，丰富了感性认识，并取得了一些较新的、有价值的资料和数据。各有关省（自治区）地质矿产局、水文地质队及有关院校的刘光亚、孙德佩、马俊义、肖簪英、田万宝、陶书华、徐福泰、方含辉、杨增奎、高美琳、李清华、周纪保、王勇、刘广润、蔡德宏、徐惠良、王德立、郑锡藩、张志芳、阎如燧、许宏春、周霆、庾勇、龙金茂等同志，在所在地区陪同进行了调查研究。此外，在研究工作中，岩溶地质研究所袁道先、河北地质学院冯家麟分别在水的同位素测试，玄武岩微气孔、微孔隙的研究方面给予了很大的帮助。在此，对上述单位和同志表示衷心的感谢！

《中国玄武岩地下水》是以贾福海同志为首，18位同志参加，共同编写成初稿。最后，由贾福海主持，秦志学、韩子夜、朱平等参加进行了统编。诸章、节的编写人是：前言、绪论：朱平；第一章第一节：韩子夜、马谭，第二节：于浩然，第三节：韩子夜；第二章：张玉芳；第三章第一节：张国梅，第二节：李忠焕，第三节：张跃德、黄云开；第四章：杨基广、黄云开；第五章：秦志学、韩凤财、陈正明；第六章：孙杉；第七章：谭绩文；第八章第一节：姚六三，第二节：秦志学，第三节：张跃德；第九章第一节：杨基广，第二节：姚六三，第三节：韩子夜；结论：朱平。

绪 论

玄武岩在全球分布很广，现代大洋的底部皆由玄武岩组成。玄武岩在大陆上的分布，主要集中在三个区，即环太平洋区、裂谷区及大陆玄武岩区。裂谷区包括夏威夷岛、冰岛等；大陆玄武岩区主要包括印度的德干高原，东非的埃塞俄比亚高原，美国的哥伦比亚高原及我国的东北部、东部及南部的玄武岩分布区。

我国玄武岩(主要指新生代玄武岩及二叠纪峨眉山玄武岩)的分布面积仅有13.4万 km^2 。由于玄武岩中蕴藏着丰富的优质地下水资源，在工农业供水起着重要作用，因此，玄武岩地下水研究，不仅具有重要的理论意义，同时也具有重大的实用价值。

一

对于玄武岩的研究，有比较悠久的历史。但是，对玄武岩地下水的研究，特别是对大陆玄武岩与岛屿玄武岩地下水的研究，基本上是从19世纪后期开始的。目前，许多研究者对玄武岩地下水的研究，已广泛地采用了环境同位素方法。国外对于水圈和地壳的氢、碳、硫及稀有气体的稳定同位素以及放射性同位素——氘、碳-14、铀-钍系列元素等天然分布规律及其成生联系的研究，为讨论地球水圈的形成及演化问题，找到了最有说服力的根据。

1968年，夏威夷大学水资源研究中心建立了环境同位素研究室。其主要目的是搜集该区脉岩间隔带和主含水层中地下水补给及循环模式的水文资料，从而确立玄武岩地下水的相对年龄及来源。目前，该研究中心已将多种同位素及化学组分的分析结合起来，获得了有价值的地球化学和水文地质信息。美国T.H.霍芬和L.S.劳建立了夏威夷格宾-赫兹贝格系统，对夏威夷岛区从1879年瓦湖岛大劳鲁莱(Holonlinli)发现自流水以来的近100多年的地下水研究成果进行了总结，这是国外玄武岩地下水研究中较为突出的实例。

玄武岩形成过程中的脱气作用，是形成原生熔岩节理、裂隙和气孔的机制，属于后期岩石控水性的决定因素，已经引起广泛的重视，并进行了深入研究。大多数研究者多着眼于玄武岩生成时原生裂隙网络系统的形成问题，而对于在原生裂隙网络系统形成后，经过地质变动而生成的后生裂隙网络系统的叠加复合而构成更为复杂的裂隙网络系统问题，尚未充分注意。

目前，各国从开采地下水的角度出发，均认为有希望的对象是大型破碎带地下水网络系统。近十几年来，逐渐引起关注和开始研究的还有另一种基岩地下水水脉网络系统，即熔岩地下水脉，因此出现了熔岩水文地质学(Lavahydrogeology)这一门最新的边缘学科。

日本研究者落合敏郎提出过“熔岩隧道”的概念。他认为这种熔岩隧道可以沿着基岩断层谷发育，是最有利于形成地下水网络系统的部位。他研究过的三岛熔岩地下水即属此类型(总流量达 $80-160 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$)。目前，在三岛地区广泛采用航空物探方法，对水

脉的分布特征、宽度、长度进行考察，并对数据进行计算机统计处理。

近20多年来的玄武岩地下水研究，积累了大量资料，为多方面研究工作创造了有利条件。如在夏威夷岛，还研究了玄武岩透镜体的水化学特征，其中包括储存效应、潮汐效应、温度分布、混合带现象和迁移现象、地下水示踪及年代确定等。

还有许多权威研究者，如Wentworth（1951年）、Visher（1964年）、Dale（1974年）、Key（1977年）及Mink（1980年）等，其研究的总趋势是愈来愈重视将玄武岩作为供水水源和近岸带的污染问题来研究，建立了许多玄武岩地下水管理模型及水质预测模型。

玄武岩地下水一般具有水量丰富、水质优良的特点。世界上各玄武岩分布区的居民和城镇供水，大多数依靠玄武岩地下水。德干高原、哥伦比亚高原和埃塞俄比亚高原等地，基本上是依靠浅井、管井提取玄武岩地下水或利用其泉水作为人畜饮用和农田灌溉用水。夏威夷群岛、毛里求斯岛等，全部以玄武岩地下水作为供水水源。印度尼西亚第二大城市，人口达200万的苏拉巴亚（泗水）和普林伯林格城，便是利用天格尔火山脚下的乌姆布兰泉（流量为 $32 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ）和拉曼岗火山山麓的罗果尔（流量为 $22 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ）等大泉作为供水水源的城市。

二

我国在玄武岩研究方面，自本世纪20年代开始至50年代，老一辈地质学家和部分外国学者，曾先后对我国各地的玄武岩进行了调查研究，提供了一些地质矿产报告和专题论文。其内容主要是偏重于地层、构造、岩石、地貌及矿产方面，基本上没有涉及玄武岩分布区的水文地质问题。但是，他们的工作成果，给我们进一步研究玄武岩地下水打下了很好的地质基础。

我国玄武岩分布区的水文地质调查研究，始于50年代中期，原地质部943队在雷州半岛进行了1:20万地质水文地质普查，对该区水文地质条件进行了初步论证。60年代，宣化地质学校对张家口坝上地区进行了1:20万地质水文地质调查；内蒙古地矿局水文地质队在阿巴嘎地区进行了1:20万畜牧业供水勘查。70年代，江苏地质局水文地质队在盱眙、六合、仪征等三县进行了1:10万水文地质调查；黑龙江地矿局水文地质队在五大连池进行了1:5万矿山水文地质勘查；腾冲地热资源联合调查组对腾冲地区玄武岩进行了考察；南京大学地质系编制了1:20万内蒙古灰腾西里熔岩台地水文地质图及说明书；河北地质学院坝上水文地质队，进行了坝上1:10万水文地质调查；海南地质队编制了海南岛1:10万水文地质研究程度图，并开展了琼山县羊山地区的供水水文地质勘查，首次在玄武岩地区找到了丰富的地下水，取得了优异的成绩；黑龙江地矿局水文地质队对五大连池药泉山矿水进行了1:2.5万的矿山水文地质详查；吉林地质局第二水文地质队对该省东部山区进行了1:50万的水文地质普查。70年代后期至80年代初期，有关单位提交了新生代玄武岩和峨眉山玄武岩分布地区的1:20万水文地质普查成果。至此，全国玄武岩分布地区已经有了普查阶段的水文地质资料，给中国玄武岩地下水研究进一步打下了更加坚实的基础。

三

1985—1989年,地质矿产部开展的“中国玄武岩地下水研究”,是我国第一次对玄武岩地下水进行的较全面、系统的专题研究。这次研究的对象,主要是在中国出露较广的新生界玄武岩及二叠系峨眉山玄武岩中的地下水。整个研究工作是在分析、研究和充分利用前人资料的基础上进行的。研究内容包括以下几个方面:

- 1.玄武岩地层时代;
- 2.玄武岩岩石化学特征;
- 3.玄武岩含水层;
- 4.玄武岩地下水富水性与富水规律;
- 5.玄武岩地下水补、径、排条件;
- 6.玄武岩地下水水质。

1986年9月,在海南省海口市召开了“全国玄武岩地下水研究学术讨论会”。会上,对玄武岩地下水的一些重要问题,取得了以下几方面的新认识。

(1)从含水层特征来看,玄武岩地下水的类型与一般的孔隙水、裂隙水和岩溶水有所不同。它是以原生孔洞为主,再加上原生柱状节理和后生构造裂隙、风化裂隙等联合组成的裂隙孔洞水。其中,孔洞是主要的蓄水空间,裂隙主要起导水作用。

(2)早期峨眉山玄武岩底部存在有喷发堆积的由熔浆胶结的碳酸盐岩集块岩。通过水文地质勘探证明,碳酸盐岩集块所占数量及块度大小,随喷发旋回的增加而显著降低。地下水富集程度,则取决于碳酸盐岩集块的大小。这种集块岩中的地下水,孔洞裂隙水和裂隙岩溶水兼而有之,并以裂隙岩溶水为主。

(3)玄武岩分布较广的地区,在其分布区的边缘和沟谷中,往往有玄武岩大泉(出水量在 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 以上)。这些大泉的流量都比较稳定,说明玄武岩孔洞的储水空间较大,可以起到多年调节作用。因此,利用这些大泉作为大、中型水源地,有较高的保证。

(4)在玄武岩分布区的一些县、镇级的城市,供水水源全部或大部依靠玄武岩地下水。例如吉林省敦化、靖宇及泉水农场,黑龙江省的克东,山西省的大同以及云南省的腾冲等。因此,在玄武岩分布区寻找玄武岩地下水作为城镇供水水源是大有希望的。

(5)新生代玄武岩地下水的水质,除以清澈、透明、矿化度低的重碳酸钙镁型和重碳酸钙钠型为主外,在一些分布区已发现了含高硅和锶、锌、硒等多种微量元素的天然饮用矿泉水,为在玄武岩分布区进一步寻找天然饮用矿泉水和发展保健饮料事业,提供了很好的前景。

(6)研究中初次应用了同位素技术,在确定玄武岩及其地下水年龄方面取得了一定进展。

海口会议以后,在玄武岩分布区地下水的研究过程中,对以下问题又取得了一些新的资料。

(1)1987年10月,地质矿产部在南京召开了新生代玄武岩地质资源研究讨论会。河北地质学院冯家麟教授在他多年研究张家口坝上汉诺坝玄武岩岩石及矿产的基础上,在会上发表了《微孔隙维议》一文。文中指出,汉诺坝玄武岩中微气孔和微孔隙普遍存在。宏观

的气孔与微气孔和微孔隙并不是孤立存在的，而是互相连通的。因此，在宏观上所谓中间致密带玄武岩，实质上并不致密，而是一种具有微气孔和微孔隙的相互连通的坚硬玄武岩。从微观上研究玄武岩中微气孔和微孔隙分布规律所取得的这一成果，为研究玄武岩含水层的储水空间和导水通道打下了坚实的基础，进一步说明玄武岩地下水类型应是以“气孔水”为主。

(2) 1987年12月，贾福海等同志在野外调查期间，了解到云南省地质矿产局第二水文地质工程地质大队地热分队，在腾冲县城小滚锅及和顺乡的钻孔中发现了 CO_2 含量高达2000—3000mg/L的碳酸矿泉自流水。这是建国以来继五大连池、长白山地区之后，在我国新生代玄武岩中发现的第三个碳酸矿泉分布区。腾冲地区位于我国西南边陲，紧邻缅甸。该地区玄武岩地下水普遍为天然饮用硅酸矿泉水。可见，在我国玄武岩分布区建立以矿泉水为主的医疗保健基地和出口瓶装矿泉水和各种饮料基地的条件是十分有利的。

(3) 1987年以后，又有不少单位在新生代玄武岩分布区相继发现了锌、锶、溴等微量元素含量达到国家饮用矿泉水标准的天然饮用硅酸水。如海南省琼北的溴钼天然饮用硅酸水，含钼天然饮用硅酸水和含钾、锶、溴的天然饮用硅酸水；湖北省安陆、江陵的天然饮用硅酸水；内蒙古、山西、广东、安徽、江苏等地发现的多处天然饮用硅酸矿泉水。上述天然饮用硅酸矿泉水的发现，说明这类矿泉水在我国新生代玄武岩中存在的普遍性；同时，也说明进一步深入研究硅酸矿泉水在玄武岩地下水中的水文地球化学特征的必要性。

(4) 在开展中国玄武岩地下水研究期间，在北京西山侏罗纪变质玄武岩和山东即墨县白垩纪王氏组玄武岩中，发现了单孔涌水量达 $1 \times 10^3 \text{m}^3/\text{d}$ 的优质地下水。这两处地下水的发现，在一定程度上说明，在中国南、北方广大侏罗纪、白垩纪红色沉积盆地中广泛存在的玄武岩夹层中都有可能找到优质的地下水。

第一章 玄武岩分布区地质地貌特征

本章主要对我国玄武岩的分布、地质构造、地貌特征分别进行了论述。

第一节 玄武岩的时空分布

在地质历史上,除寒武纪、志留纪外,中国均有玄武岩发育。其中,新生代玄武岩主要分布在吉林、内蒙古、黑龙江、广东、海南等20个省、自治区,面积约 $9.4 \times 10^4 \text{km}^2$;二叠纪峨眉山玄武岩分布在云南、四川、贵州3省,面积约 $4 \times 10^4 \text{km}^2$,见图1-1。

一、玄武岩地层

从搜集到的资料看,我国玄武岩岩浆喷发,在地质历史上有3次较为强烈的活动时期:第一期为晚二叠世,在中国西部、西南部有大量喷溢,在滇、川、黔地区形成了有名的峨眉山玄武岩;第二期为中侏罗世至早白垩世,广泛分布于兴安岭、阴山和青藏高原;第三期为上新世至更新世,分布广泛,且有强烈的喷溢。

(一) 前震旦纪及震旦纪玄武岩地层

1. 前震旦系玄武岩

前震旦系玄武岩主要分布于青藏高原,河北省也有小范围的分布,包括峨边群、黄水河群、盐井群及蒿亭群。岩石皆为变质玄武岩。

2. 震旦系玄武岩

震旦系玄武岩仅见于四川西昌与青海一带。其中,下震旦统苏雄组大多为安山玄武岩。

(二) 古生代玄武岩地层

1. 奥陶系玄武岩

主要分布于甘肃省、青海省。甘肃省裕固自治区的中、下奥陶统阴沟群下岩组为杏仁状、斑状及致密块状玄武岩,厚度大于1600m。青海省格尔木一带的上、中奥陶统铁石达斯群上部碳酸盐岩组的中部为安山玄武岩、辉绿岩及细碧岩,厚1100m。

2. 泥盆系玄武岩

仅有上、中统,分布于兴安岭及青藏地区。中泥盆统温都尔敖包组底部为气孔状、片理化、碳酸盐岩化玄武岩,黑紫色、块状、片理化玄武岩夹拉斑玄武岩及含铁碧玉岩及硅质岩,厚度大于486m。青海省都兰县的上泥盆统牦牛山组上部火山岩段有多层玄武岩。该段底部为灰绿色杏仁状安山玄武岩,厚194m。

3. 石炭系玄武岩

发育齐全,主要分布于青海、滇西和兴安岭。

(1) 下石炭统 滇西建水大塘阶由玄武岩、碳酸盐岩组成。玄武岩为气孔状、杏仁

状和致密状，厚度大于453m。永德、孟连等地的玄武岩、安山岩及辉斑玄武岩，厚480m。

(2) 中石炭统 滇西建水威宁组为碳酸盐岩夹玄武岩。玄武岩具碳酸盐化、蒙脱石化，为斑状杏仁状构造。保山一带为紫黑色杏仁状玄武岩，厚度大于345m。

4. 二叠系玄武岩

二叠系玄武岩分布于兴安岭、辽西、内蒙古、滇川黔及青藏高原东部。

(1) 下二叠统玄武岩 包括达来诺尔组、大石寨组、青凤山组、茅口组、虎跳涧组和冰峰组。虎跳涧组上段及下部为玄武岩夹灰岩及粉砂板岩，厚度大于1100m；中段为长石石英砂岩、板岩、硅质岩、灰岩互层，夹玄武岩；下段为石英砂岩、粉砂岩、板岩互层，夹变质玄武岩。冰峰组为块状灰岩夹玄武岩及泥质灰岩。滇西及路南核桃园一带，茅口组中夹厚66m的玄武岩。内蒙古敖汉旗青凤山组中段下部以灰紫、灰黑色安山玄武岩为主，夹凝灰岩及角砾岩；上段夹灰绿色玄武岩。达来诺尔组第二段以安山岩、英安岩为主，夹泥岩、安山质火山角砾岩及玄武岩。辽西大石寨组为安山岩、玄武岩、火山角砾岩、中酸性碎屑凝灰岩夹砂岩、板岩，厚555—2540m。

(2) 上二叠统玄武岩 以峨眉山玄武岩研究程度较高。主要分布于川南、黔西和滇东、滇西，由致密状、杏仁状、气孔状和斑状玄武岩及玄武质集块岩、角砾岩、凝灰岩等组成，厚度为数十米至三千余米，云南丽江一带厚度达3300m。与峨眉山玄武岩同期的有东北的二龙山组、染房地组、呼格特组，青藏大石包组，以及滇西、川西上二叠统的玄武岩。此外，新疆莎车地区二叠纪陆相碎屑岩中广泛夹有玄武岩。

(三) 中生代玄武岩地层

三叠纪至白垩纪，玄武岩喷溢活动经历一个由弱到强、而后减弱的过程。高峰期在中侏罗世到早白垩世。三叠纪玄武岩活动局限于青藏和滇西。中侏罗世时，燕山及其以北地区有大量的玄武岩喷发。中白垩世以后，玄武岩活动仅发生在兴安岭、辽西、鲁南及闽浙东部。

1. 三叠系玄武岩

(1) 下三叠统玄武岩 仅有四川甘孜、青海木里一带的茨岗组，为角砾状灰岩与板岩互层，中部夹有砂岩及玄武岩，厚644m。

(2) 中三叠统 青海格尔木以南闹仓坚沟组为板岩、泥灰岩及火山岩，上段顶部为紫色玄武岩，厚34m。云南哀牢山一带，该统上部为凝灰质及白云质砂岩夹灰岩；下部为白云岩、灰岩，金平勐拉河一带夹玄武岩。

2. 侏罗系玄武岩

(1) 下侏罗统玄武岩 有辽西兴隆沟组和阿尔金山大山口群上部。兴隆组为安山岩、玄武岩、火山碎屑岩、砾岩夹凝灰质砂砾岩、页岩，厚181—637m。大山口群为砾岩、粗砂岩、炭质页岩及玄武岩，夹煤层，厚188m。

(2) 中侏罗统玄武岩 包括东北的电田营组及蓝旗组、华北的大青山组及髫髻山组、滇西勐夏组及青藏的柳青组。勐夏组上段为致密块状玄武岩与杏仁状玄武岩互层，厚326m。柳青组中部为灰岩夹砂页岩及杏仁状玄武岩。屯田营组、蓝旗组及髫髻山组为中酸性火山岩及其火山碎屑岩夹安山玄武岩。

(3) 上侏罗统玄武岩 有东北的龙江组、营城组、火石岭组，华北的白女羊盘组、

固阳群下部和花吉营组。火石岭组中部及底部为安山岩、安山玄武岩及凝灰岩、凝灰角砾岩；其中，安山玄武岩厚101m。龙江组上部以中性熔岩为主，底部为橄榄安山玄武岩，下部底层为致密块状橄榄玄武岩。白女羊盘组的第一岩段为致密块状及气孔状玄武岩，厚度大于350m。固阳群以碎屑岩为主，夹多层玄武岩。花吉营组为安山岩、安山集块岩及玄武岩等。玄武岩具气孔状或杏仁状构造。

3. 白垩系玄武岩

(1) 下白垩统玄武岩 九峰山组为砂岩、泥岩、安山岩、安山玄武岩及煤层，厚150—850m。甘河组为玄武岩、安山岩夹凝灰岩及凝灰角砾岩，厚350—690m。义县组、金刚山组、建昌组、大北沟组、青山组及多福屯组均为陆相喷发火山岩及火山碎屑岩，局部见玄武岩、安山玄武岩或玄武质集块岩。

(2) 中白垩统玄武岩 梅勒图组为陆相喷发的中基性熔岩，以玄武岩、辉石安山玄武岩、黑云母安山岩及流纹安山岩为主，厚212.9m，召都坝组上部为安山岩，下部为玄武岩及玄武质集块岩，底部为砾岩，厚度为1542m。

(3) 上白垩统玄武岩 有锡林郭勒组和王氏组。王氏组第三段中部夹5—9层玄武岩、安山玄武岩及安山凝灰岩。青岛即墨一带，为安山岩、安山玄武岩、辉石玄武岩、橄榄玄武岩夹薄层泥质灰岩。锡林郭勒组为灰黑、灰褐色致密块状、气孔状拉斑橄榄玄武岩，厚度大于986m。

(四) 新生代玄武岩地层 (表1-1)

中国新生代玄武岩地层发育齐全，自古新世至全新世的层位均有分布。从玄武岩发育和分布的特点来看，岩浆喷溢活动大致经历了一个由弱到强，而后逐渐减弱的过程，其高峰期在上新世。该时期多为大面积的喷发，分布广，几乎遍及所有新生代玄武岩分布地区。

(1) 古新统玄武岩 分布范围小，仅见于小兴安岭、长白山、苏北、江汉平原及珠江中、下游地区。包括黄花组、富峰山玄武岩、老虎台组、五图组下部、泰州组、阜宁组、新沟嘴组和埭心组。黄花组主要为碎屑岩夹多层玄武岩，牡丹江市一带为玄武岩和碎屑岩。玄武岩为红褐、灰黑色，具气孔状、致密状含橄榄石的拉斑玄武岩，厚度1171m。老虎台组以黑色致密状玄武岩为主，夹页岩、细砂岩、凝灰岩和煤，玄武岩厚93m。泰州组、阜宁组、新沟嘴组及埭心组玄武岩均为夹层。广东三水盆地埭心组玄武岩同位素年龄（以下简称年龄）为 $51-61 \times 10^8 \text{a}$ ，富峰山玄武岩年龄为 $57.6-78.5 \times 10^8 \text{a}$ 。

(2) 始新统玄武岩 始新世的玄武岩活动有所增强，分布范围扩大。除古新统玄武岩分布区外，华北地区也有玄武岩喷发。玄武岩地层包括东北舒兰组、栗子沟组、华北小河子玄武岩、孔店组、沙河街组下部、华东五图组上部、戴南组、中南荆江组、潜江组和华涌组。该期玄武岩大部分地区为夹层，尤以舒兰组较为典型，主要为砂岩、页岩、泥岩夹煤层、玄武岩、玄武质凝灰集块岩、凝灰岩。玄武岩年龄为 $40-60 \times 10^8 \text{a}$ 。

(3) 渐新统玄武岩 主要分布于长白山、太行山、河北平原、苏北、汉江平原及海南岛。包括永安厂玄武岩、繁峙玄武岩、沙河街上部东营组、三垛组、周矶组和长昌组。永安厂和繁峙玄武岩层以玄武岩为主，繁峙玄武岩夹多层粘土，底部含褐煤及炭质页岩。其它各组玄武岩均为夹层。永安厂玄武岩年龄为 $27.5 \times 10^8 \text{a}$ 。

表 1-1 中国新生代玄武岩地层划分与对比表

地区	地层单位	中 南										华 东				华 北				东 北			
		高黎贡山	海南岛	雷州半岛	珠江中、下游地区	江汉平原	豫西山	武夷山	四明山	苏北地区	胶东半岛	华北平原	太行山、吕梁山	阴山、燕山	内蒙古	辽东半岛	辽 平	长白山	小兴安岭	大兴安岭			
第四系	全新统	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩			
	更新统	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩			
	上新统	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩			
	中更新统	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩			
上第三系	下更新统	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩			
	上新统	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩			
	中新统	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩			
	上新统	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩			
下第三系	渐新统	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩			
	始新统	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩			
	渐新统	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩			
	古新统	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩			