

东天山、北秦岭 花岗岩类地球化学

陈岳龙 著

地质出版社

东天山、北秦岭 花岗岩类地球化学

陈岳龙 著

地质出版社

· 北 京 ·

版

2

4

6

8

内 容 提 要

本书对东天山造山带中出露的典型花岗岩类通过岩石学、元素地球化学、岩石物理化学、同位素地质年代学 and 同位素地球化学的系统研究,揭示了该区花岗岩的主要类型、形成的物理化学条件、形成时代与成岩物质来源、含矿岩体的地球化学特征;高温高压下对基底岩石的熔融实验,发现了不同于传统理论所设想的熔体成分变化规律;对花岗岩类中矿物的微量和稀土元素地球化学研究获得了花岗岩质成分体系稀土元素在矿物/熔体间的极限分配系数;首次结合主要元素、稀土元素与同位素的限制,用线性约束下的非线性最优化方法系统模拟了各类代表性花岗岩的形成过程与方式。对北秦岭造山带中花岗岩类及与之相关的华北克拉通南缘的燕山期花岗斑岩类,主要从 Nd、Sr、Pb 同位素地球化学特征与元素地球化学特征,讨论了这些花岗岩类的形成过程;提出晚古生代开始,南秦岭可能垫置于北秦岭之下;通过理论分析,证明从源岩到花岗岩类,经历了 Sm-Nd 的分馏与混合作用,花岗岩类的 Sm-Nd 模式年龄不代表具体的壳-幔分异事件的年龄。

本书资料丰富、翔实,理论上有新见解,实验与理论分析结合紧密,适合从事地质、地球化学领域的科研、教学、生产人员及地质学专业的高年级学生与研究生阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

东天山·北秦岭花岗岩类地球化学/陈岳龙著.-北京:地质出版社,1999.6

ISBN 7-116-02689-4

I. 东… II. 陈… III. ①花岗岩-地球化学-研究-新疆-天山②花岗岩-地球化学-研究-陕西-秦岭
IV. P596.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 15096 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:白 铁 江晓庆 刘志义 徐 才

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:9.5 图版:1 页 字数:240000

1999 年 6 月北京第一版·1999 年 6 月北京第一次印刷

印数:1—800 册 定价:25.00 元

ISBN 7-116-02689-4

P·1946

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

前言

天山是亚洲腹地的主要山系之一，在我国呈东西向横贯新疆境内。它的形成与演化规律、特征对认识亚洲大陆的增生过程、增生拼合过程中的壳-幔相互作用机制、构造-岩浆-沉积-变质等作用与成矿的关系等方面具有极其重要的意义。因此，从本世纪初我国地质学家就开始零星路线地质调查；30~40年代我国地质学家袁复礼、杨钟健、丁道衡、黄汲清、程裕淇、周宗浚、李承三、宋叔和、关士聪、王恒升、何铭钰等对天山地区的古生物、构造、矿产等方面进行了调查；新中国成立后对天山地区进行了系统的区域地质调查及专题地质研究；进入80年代将板块构造理论引入天山地质构造与成矿作用研究中。国家从战略角度出发，从七五计划开始执行“加速查明新疆矿产资源的地质、地球物理、地球化学综合研究”（简称“国家三〇五项目”），并在八五和九五期间继续执行。作者在七五期间作为中国科学院地球化学研究所的博士研究生参加了涂光炽教授领导的三〇五项目中的V₁₄课题——“北疆主要矿产成矿规律与找矿方向研究”，在导师王中刚研究员的具体指导下，重点对东天山的花岗岩类的地球化学特征及其与成矿的关系作了较为深入的研究，本书的第一篇主要反映这方面的研究成果。

秦岭横亘我国中部，是经历长期地质发展的复杂造山带，向西与祁连、昆仑造山带相接，向东与大别造山带相接，它在中国大陆乃至亚洲大陆地壳的形成与演化中与天山造山带一样也同样具有极其重要的意义。鉴于此，在以往研究工作的基础上，原地质矿产部在七五期间设立了重点攻关项目——秦巴地区重大基础地质问题和主要矿产成矿规律的研究；国家自然科学基金委员会1992年设立了重大项目——秦岭造山带岩石圈结构、演化及动力学；此外，九五期间国家自然科学基金委员会对秦岭、大别造山带还设立了若干重点研究项目。1990年底，作者在中国科学院地球化学研究所取得博士学位之后，到中国地质大学（北京）从事博士后研究工作，在合作导师张本仁教授的亲切指导下，博士后研究工作期间对北秦岭的花岗岩类在已有的工作基础上重点开展了同位素地球化学研究，获得了一些新的认识，本书的第二篇主要反映了此方面的研究成果。

作者庆幸有机会参与对我国两条重要的造山带中出露的花岗岩类进行研究，通过对两条造山带中出露的花岗岩类地球化学的比较研究，获得了一些新的启示。

本书的完成，除了得到王中刚研究员、张本仁教授的亲切指导外，在东天山的野外工作中得到了原新疆有色金属勘探公司704队张中仁、张积斌、赵殿甲，中国科学院地球化学研究所胡霭琴、张国新、董振生等的协助和指导；在北秦岭的野外工作期间得到了中国地质大学（武汉）欧阳建平、韩吟文及中国地质大学（北京）徐守礼等的帮助与指导；室内工作期间得到了中国科学院地球化学研究所王三学、赵斌、唐春景、张立华、胡霭琴、张国新、朱为方，中国地质科学院地质研究所张宗清，原中国有色金属工业总公司矿产地质研究院庄士杰，中国上海测试中心上海市测试技术研究所游俊富，中国科学院高能物理研

究所核技术应用部方虹，中国地质大学（武汉）张宏飞、凌文黎、高山、钟增球等的帮助与指导。

在此，对以上给予了指导、帮助的所有单位和个人表示衷心的感谢！

作者对妻子许津霞为本专著出版所付出的辛勤劳动和理解表示深切的谢意！

陈岳龙

1998年11月

目 录

前 言

第一篇 东天山花岗岩类地球化学

第一章 区域地质	2
第一节 大地构造环境.....	2
第二节 地层.....	4
第三节 变质作用.....	6
第四节 样品分布及地质概况.....	7
第二章 花岗岩类的岩石学和岩石化学特征	11
第一节 花岗岩类的矿物组成及类型划分	11
第二节 花岗岩类的结构构造	17
第三节 花岗岩类的岩石化学特征	18
第三章 花岗岩类的微量元素地球化学特征	23
第一节 微量元素、主要元素与花岗岩类型	23
第二节 各类花岗岩有关元素的控制因素	29
第三节 花岗岩类的稀土元素地球化学	38
第四节 花岗岩类的构造环境	40
第四章 花岗岩类的矿物地球化学与酸性成分体系的极限分配系数	43
第一节 矿物的主要成分特征	43
第二节 云母、角闪石微量元素地球化学	47
第三节 矿物的稀土元素地球化学	49
第四节 稀土元素的造岩矿物-熔体间极限分配系数	52
第五章 花岗岩类形成的物理化学条件	54
第一节 侵位压力	54
第二节 花岗岩类的起源温度、结晶温度	54
第三节 有关挥发分逸度的估算	57
第六章 基底岩石对花岗岩类形成的影响	61
第一节 实验条件	61
第二节 熔体成分	62
第三节 结果讨论	63
第七章 花岗岩类的年代学及同位素地球化学	69
第一节 花岗岩类的年代学	69
第二节 花岗岩类的 Sr、Nd 同位素组成	74

第三节	花岗岩类的氧同位素组成	76
第四节	花岗岩类的物质来源	78
第八章	东天山花岗岩类的形成过程及成岩成矿演化	81
第一节	花岗岩类的形成方式	81
第二节	花岗岩类的形成演化模式	89
第三节	花岗岩类的成矿作用	89
第四节	花岗岩类的成因类型	90

第二篇 北秦岭花岗岩类地球化学

第一章	区域地质	93
第一节	北秦岭	93
第二节	华北克拉通南缘	96
第二章	秦岭群及商丹超镁铁岩石的同位素地球化学	98
第一节	秦岭群中的斜长角闪岩类的同位素地球化学	98
第二节	秦岭群中长英质片麻岩的同位素地球化学	99
第三节	商丹地区与超镁铁岩有关岩石的同位素地球化学	99
第三章	早古生代花岗岩类的同位素地球化学	101
第一节	北秦岭花岗岩类的岩石学和元素地球化学	101
第二节	Pb 同位素地球化学特征	103
第三节	Nd、Sr 同位素地球化学	104
第四节	花岗岩类的成因讨论	105
第四章	晚古生代—中生代花岗岩类的 Nd、Sr 同位素地球化学	110
第五章	北秦岭花岗岩类形成的 Sm-Nd 同位素分馏与混合作用	114
第一节	壳内深熔 Sm-Nd 分馏的理论	114
第二节	北秦岭花岗岩类形成的 Sm-Nd 同位素分馏与混合作用	118
第三节	不同构造阶段花岗岩类的 Nd、Sr 同位素演化	120
第六章	华北克拉通南缘燕山期花岗岩类的同位素地球化学	122
第一节	Pb 同位素地球化学	123
第二节	Nd、Sr 同位素地球化学	124
第三节	结果讨论	126
结 论		129
参考文献		132
英文摘要		136
图片说明及图版		141

CONTENTS

Foreword

Part 1 Geochemistry of Granitoids from the Eastern Tianshan

Mountains

Chapter 1 Regional Geology	2
Section 1 Geotectonic Background	2
Section 2 Strata	4
Section 3 Metamorphism	6
Section 4 The Distribution of Samples and Geological Setting	7
Chapter 2 Petrology and Petrochemistry of Grantoids	11
Section 1 Modes and Classification of Granitoids	11
Section 2 Structure and Texture of Granidoids	17
Section 3 Petrochemical Characteristics of Granitoids	18
Chapter 3 Trace Element Geochemistry of Granitoids	23
Section 1 Trace, Major Elements and Types of Granitoids	23
Section 2 Analyses of Control Factors on Some Elements of Granites for Different Types	29
Section 3 REE Geochemistry of Granitoids	38
Section 4 Analyses of Tectonic Enviroment for Granitoids	40
Chapter 4 Minerals, Geochemistry of Granitoids and Maxmium Partitioning Coefficients Between Mineral and Magma in Granitic System	43
Section 1 Characteristics of Major Composition of Minerals from Grani- toids	43
Section 2 Trace Element Geochemistry of Micas, and Hornblendes from Granitoids	47
Section 3 REE Geochemistry of Minerals from Granitoids	49
Section 4 Limit Distributive Coefficient of Rare Earth Elements Between Rock-forming Minerals and Melt	52
Chapter 5 Physicochemical Conditions of Formation on Granitoids	54
Section 1 Invasion Pressure	54
Section 2 Original and Crystallization Temperature	54
Section 3 Estimation of Fugacities on Related Fugitive Contituents	57
Chapter 6 Experimental Geochemistry on Basement Rocks' Melting	61

Section 1	Experimental Conditions	61
Section 2	Compositions of Melts	62
Section 3	Discussion	63
Chapter 7	Geochronology and Isotopic Geochemistry of Granitoids	69
Section 1	Geochronology of Granitoids	69
Section 2	Sr and Nd Isotopic Compositions of Granitoids	74
Section 3	Oxygen Isotopic Compositions of Granitoids	76
Section 4	Source Materials of Granitoids	78
Chapter 8	Formation of Granitoids and Evolution of Petrogenesis and Mineralization	81
Section 1	Formation Ways of Granitoids	81
Section 2	Formation and Evolutional Model on Granitoids	89
Section 3	Mineralization on Granitoids	89
Section 4	Genetic Types on Granitoids	90
 Part 2 Geochemistry of Granitoids from the Northern Qinling Belt		
Chapter 1	Regional Geology	93
Section 1	The Northern Qinling	93
Section 2	The Southern Margin of North China Craton	96
Chapter 2	Isotopic Geochemistry of Qinling Group and Related Rocks with Ultramafic Rocks in Shangxian-Danfeng Region	98
Section 1	Isotopic Geochemistry of Plagio-amphibolites from Qinling Group	98
Section 2	Isotopic Geochemistry of Felsic-gneisses from Qinling Group	99
Section 3	Isotopic Geochemistry of Related Rocks with Ultramafic Rocks in Shangxian Danfeng Region	99
Chapter 3	Isotopic Geochemistry of Early Palaeozoic Granitoids	101
Section 1	Petrology and Elemental Geochemistry of Granitoids	101
Section 2	Geochemical Characteristics of Pb Isotopes	103
Section 3	Geochemistry of Nd and Sr Isotopes	104
Section 4	Discussion on Genesis of Granitoids	105
Chapter 4	Isotopic Geochemistry of Late Palaeozoic—Mesozoic Granitoids	110
Chapter 5	Fractionation and Mixing of Sm and Nd During Formation of Granitoids	114
Section 1	Fractional Theory of Sm and Nd in Crustal Anatexis	114
Section 2	Fractionation and Mixing of Sm and Nd During Formation of Granitoids from Northern Qinling Belt	118
Section 3	Evolution of Nd and Sr Isotopes of Granitoids for Different Tectonic Stages	120

Chapter 6	Isotopic Geochemistry of Yenshanian Granitoids from Southern	
	Margin of North China Craton	122
Section 1	Geochemistry of Pb Isotopes	123
Section 2	Geochemistry of Nd and Sr Isotopes	124
Section 3	Discussion	126
Conclusions		129
References		132
Abstract in English		136
Plates and Enplanations		141

第一篇 东天山花岗岩类地球化学

现代花岗岩类地质研究结果表明：古生代以来的花岗岩类可出现于洋脊（大洋斜长花岗岩）、火山弧、板块内部及碰撞带中（Pearce, 1984）。地球化学研究结果表明：不同构造环境中的花岗岩类在主要元素（Batchelor, R. A. 和 Bowden, P, 1985）、微量元素含量和组合上各有特征。因此，弄清楚一个地区花岗岩类的特征，对该区构造演化及与其有关矿产的成矿规律认识具有极其重要的意义。

对该区的花岗岩类，新疆地质矿产局区域地质调查队（1985）在《天山花岗岩地质》一书中进行了地质、岩石及含矿性总结。并根据岩石化学特征将几乎所有花岗岩都划分为I型，新疆地质矿产局地质矿产研究所^①在编制新疆构造—建造图时，根据岩体的岩性、岩石结构-构造、典型造岩矿物、典型副矿物组合及接触带特征，将该区花岗岩类分为M型、I型、S型。1986年新疆维吾尔自治区三〇五项目办公室对该区的花岗岩类设立了Ⅲ。课题——东天山花岗岩及其含矿性研究，由南京大学地球科学系和新疆地质矿产局第六地质大队联合进行研究，提出东天山为加里东造山带，并将花岗岩类按构造环境划分为安第斯型陆缘活动带中的花岗岩类，弧后盆地闭合带蛇绿混杂岩带中的花岗岩类，岛弧带同熔系列花岗岩类及弧后盆地闭合带内同构造花岗岩类^②。

中国科学院地球化学研究所承担的七五期间国家三〇五项目V₁₄课题——新疆北部主要矿产成矿规律与找矿方向设立了花岗岩类与成矿子课题，鉴于阿尔泰山花岗岩类已有I₆课题的研究成果，东天山与花岗岩类有关的矿产较为丰富，部分岩体有较高的研究程度，为了充分地与阿尔泰山花岗岩类的研究成果相结合，系统地总结北疆花岗岩类与成矿的关系，作者承担了V₁₄课题中东天山花岗岩类与成矿关系研究，通过对东天山主要含矿花岗岩类的地质、岩石、微量及稀土元素地球化学、矿物的稀土元素地球化学、岩石物理化学及实验地球化学的系统研究等，揭示了含矿花岗岩类的有关地球化学参数、东天山花岗岩类的主要类型、特征及形成方式，指出了印支期花岗岩的成岩、成矿意义，对基底岩石熔融实验产物的研究得出了新的结论。

① 新疆地质矿产局地质矿产研究所，1985，新疆地质构造—建造图说明书。

② 郭继春，1989，东天山加里东造山带及其花岗岩类的时代、特征和成因，南京大学地球科学系博士论文。

第一章 区域地质

对天山造山带的构造划分,目前还存在不同的认识:王作勋、邬继易、吕喜朝等(1990)认为天山山系由从西南到东北的南天山弧、原苏联北天山弧、哈萨克斯坦南弧、中国北天山弧、东准噶尔弧及每个山弧两侧的盆地——费尔干纳-纳伦盆地、木尤盆地、伊犁盆地、准噶尔-吐哈盆地等数条不同走向及不同时代的褶皱带及镶嵌于其间的几个地块组成,在中国天山的范围内可以划分为北天山中华力西优地槽褶皱带、南天山晚加里东优地槽褶皱带、天山中间隆起带、北山断褶带、东准噶尔加里东优地槽褶皱带,它们是不同时期准噶尔板块、塔里木板块、西伯利亚板块及其间的微地块之间开合运动的结果,基底可分为中天山-北天山型、南天山-塔里木北部型、北天山-准噶尔型;肖序常、汤耀庆、冯益民等(1992)将新疆北部划分为西伯利亚、哈萨克斯坦(包括其间所夹的塔城、将军庙、荒草坡、博罗等地体)、塔里木(包括阿克苏、库鲁克塔格地体)三个一级板块;胡霭琴、张国新、李启新等(1993)根据同位素地质年代学以及钨同位素示踪,认为新疆北部存在四个具有不同时代基底的大陆陆块——塔里木地块基底、天山地块基底、准噶尔地块基底、阿尔泰山地块基底。从秦岭造山带的划分来看,北秦岭的区域地球化学特征表明,它明显不同于华北克拉通南缘、南秦岭及扬子克拉通北缘,可认为是独立发展的微陆块,因此划分出中天山微陆块也不是没有根据的。

对于东天山(习惯上乌鲁木齐—托克逊—库米什—库尔勒公路以东地区),马瑞士、王赐银、叶尚夫等(1993)认为是古生代塔里木活动大陆边缘的构造成分。在石炭纪早期,西伯利亚板块活动陆缘构造与塔里木板块活动陆缘构造在麦钦乌拉、塔克扎勒、克拉麦里一带碰撞缝合(如图 1-1-1 所示)。

第一节 大地构造环境

西伯利亚板块的核心部位是前震旦纪的结晶杂岩,围绕该核心是由显生宙陆棚浅海沉积物构成的西伯利亚地台区,地台区南部是蒙古湖区早加里东褶皱带,主要由震旦—早寒武世的蛇绿岩建造构成。

塔里木板块主要以大面积出露的前震旦纪结晶基底及古生代稳定的陆棚盖层沉积为特征,在库鲁克塔格地区以由暗色角闪岩、斜长角闪岩、灰色云母石英片岩、阳起石英片岩、石榴子石黑云母片岩、片麻岩、混合岩及少量大理岩组成的托格拉克布拉克群为代表,其中角闪岩的 Sm-Nd 全岩等时线年龄为 $(3263 \pm 129) \text{ Ma}$ (2σ) (胡霭琴、张国新、李启新等, 1993);在阿克苏地区以富钠质的镁铁质火山岩、火山碎屑岩、远源复理石、铁锰硅质岩及角闪片岩为代表的阿克苏群。

研究区从北向南分别属于哈里克岛弧带(琼洛克花岗岩)、阿齐山-雅满苏岛弧带(黄山、雅满苏、红尖兵山花岗岩)、中天山岛弧带(大白石头泉、红柳井、绿洲泉、刘家泉、赖瓜

井、小白石头、黄羊泉、星-哈公路、尾亚花岗岩)和南天山弧后盆地(照壁山、金窝子花岗岩)。

哈尔里克岛弧带为东准噶尔克拉美丽岛弧带的东南延伸部分,向东进入蒙古人民共和国境内,该带主体由近万米厚的下-中泥盆统岛弧型中基性及中酸性火山岩构成。其上覆盖有下石炭统岛弧型复理石建造,以含大量钙碱性火山岩屑为特征。海西中期花岗岩类侵入岩极为发育,岩性以石英闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩和碱性花岗岩为主,以巨大岩基产出,伴随有岛弧型铜、钼、金矿产。

南天山,北以中天山南缘断裂为界与中天山岛弧带(地块)相邻,南以南天山缝合线为界与塔里木板块相接。在早志留世以前的构造性质与塔里木板块北部相同,北带在西部哈尔克山北坡是一个早古生代晚期形成的洋盆,在哈尔克山南坡是中晚石炭世一早泥盆世相当于岛弧火山的一套变质陆源碎屑岩、火山岩和火山碎屑岩;在该岛弧带(西部)及中天山岛弧带(东部)以南是哈尔克山-库米什-红柳河-卡瓦布拉克早古生代晚期洋盆,以作为构造混杂岩的蛇绿岩出现为标志。

阿齐山-雅满苏岛弧海沟系,以康古断裂为界北邻吐鲁番-哈密盆地,南以沙泉子断裂为界与中天山岛弧带相邻。

中天山岛弧带又称中天山地块,为一近东西向延伸的,由前寒武纪变质岩系组成的构造单元,系阿齐山-雅满苏岛弧的陆壳基底,南部以中天山南缘深断裂为界,与南天山弧后盆地相邻。

本次研究的花岗岩类大部分位于中天山岛弧带中,因此在下面的地层及变质作用等节中天山着重描述。

第二节 地 层

中天山岛弧带主要由中元古代深-中变质的长城系——星星峡群和蓟县系——卡瓦布拉克群的片麻岩、混合岩、结晶片岩、石英岩、大理岩、白云岩组成。东经 90°以西地区,主要岩性为结晶片岩、片麻岩、大理岩和千枚岩、白云质灰岩、变质砂岩等;以东主要为云英片岩和大理岩,沿走向岩相和厚度变化较大。

蓟县系主要出露于中天山南部,呈带状分布。上部为云英片岩、角闪片岩、变质砂岩、石英岩及大理岩;下部为白云岩、大理岩夹片岩、片麻岩等。厚度和岩相沿走向变化剧烈,变质程度不一致。

寒武系:下寒武统黄山组,分布于石英滩至天湖一带。以假整合覆于蓟县系之上。为二云石英片岩、石英片岩、石墨片岩、角闪片岩及角闪斜长片麻岩等;中—上寒武统仅见于东部破城山以北,呈条带状东西延伸,下与蓟县系呈断层接触,上与下一中奥陶统为假整合接触,岩性为硅质岩、结晶灰岩和砂页岩等;上寒武统分布于卡瓦布拉克东南一带,主要由灰岩、竹叶状灰岩、砾状灰岩夹页岩、白云岩、硅质岩组成。

奥陶系是以紫红色安山岩、英安岩和灰绿-紫红色安山岩、流纹岩为特征的岛弧火山岩,主要出露在米什沟—干沟一带。

石炭系在该区出露广泛,包括下石炭统:白山组、雅满苏组和野云沟组;中石炭统:卡拉苏组、阿衣里河组和石板山组。大部分为周围相邻地区同一层位的跨入部分。中石炭统

卡拉苏组和阿衣里河组为该区代表性的沉积区，主要分布于马鞍桥地区，岩性为砂岩、粉砂岩和灰岩，阿衣里河组主要为碎屑岩和灰岩。

阿齐山-雅满苏岛弧海沟系，早一中石炭世堆积了一套巨厚的火山-沉积岩，以其中的雅满苏断裂为界，其南北在沉积建造、变质程度上有明显的差别。

雅满苏断裂以南，下一中石炭统为一套由钙碱性系列的火山熔岩、火山碎屑岩、浅海相砂页岩、灰岩等组成的岛弧型火山-沉积岩建造，在阿齐山、库姆塔格、雅满苏、沙泉子一带均有分布；大断裂以北的下一中石炭世火山-沉积建造为拉斑玄武岩系列，主要为细碧岩、细碧玢岩、变辉绿岩、火山碎屑岩等，还有类复理石杂砂岩、硅质及基性杂岩体。红色碧玉建造分布较广，断续展布 450 km，厚度 700~1000 m。在该岛弧带中出露的地层从老到新有：

下泥盆统大南湖组，最大厚度 2450 m，主要岩性为凝灰岩、凝灰砂岩、粉砂岩、夹硅化页岩、灰岩透镜体及石英斑岩等，此外为厚层状砂岩、细砂岩夹生物灰岩和块状灰岩、灰绿色-绿色安山玢岩、凝灰角砾岩、凝灰岩及火山角砾岩。

石炭系广泛分布于带内各地，包括下、中、上各统出露齐全。下石炭统分为小热泉子组、雅满苏组、白山组；中石炭统分为沙泉子组、干墩组、梧桐窝子组、底坎尔组；上石炭统分为苏穆克组。

小热泉子组分布于觉罗塔格北坡，小热泉子以北、以东和托克逊县干沟公路北段等地。主要由中性火山熔岩、凝灰岩、凝灰碎屑岩夹碎屑岩、灰岩和砾岩组成。

雅满苏组广泛分布于觉罗塔格北坡，小热泉子以北。以东和托克逊县干沟公路北段等地，主要由中性火山熔岩、凝灰岩、凝灰碎屑岩夹碎屑岩、灰岩和砾岩组成。

广泛分布于阿齐山、库姆塔格、雅满苏一带的雅满苏组，其下亚组主要由灰岩、钠长-石英斑岩、霏细岩、硅质岩和凝灰质钠长斑岩组成；上亚组岩性、岩相变化大，主要由碎屑岩、碳酸盐岩和少量火山碎屑岩组成。

白山组分布于雅满苏背斜、白山向斜的翼部，库姆塔格弧形构造带南部及翠岭鱼峰一带，主要由砂砾岩、砾岩、灰岩、凝灰岩、凝灰砂岩、硅质及钙质砂岩夹石英角斑岩、安山玢岩等组成。岩相变化极大，从海底火山喷溢相的中酸性火山碎屑岩、火山熔岩到沉积巨厚的浅海相的硅、钙质沉积建造均有分布。

沙泉子组见于中天山岛弧北缘深断裂以北，通过沙泉子呈近东西向带状分布。其下亚组为基性火山熔岩、中酸性火山碎屑岩夹砂砾岩、灰岩；上亚组以中酸性-中基性火山碎屑岩、火山岩为主夹碎屑岩组成。

干墩组为深灰、灰褐色硅质岩、硅质凝灰岩、细碧岩、砂岩、石英岩、片岩夹灰岩。多以断块出露，岩性、岩相变化较大，局部变质为千枚岩、变粒岩及角闪片岩等。分布于山口车站西南至黑山口一带。

梧桐窝子组在东部分布广泛，主要岩性为基性、中酸性火山熔岩、火山碎屑岩夹碎屑岩及碳酸盐岩等，局部有硅质岩、细碧岩、角斑岩等，岩性和岩相变化较大。

底坎尔组主要由砂岩、粉砂岩、砂砾岩、灰岩、凝灰粉砂岩、凝灰岩、凝灰砂岩和硬砂岩组成，局部地区有石英钠长斑岩、安山玢岩、玄武玢岩等，在区内分布广，主要分布于阿齐山及其以西地区。

上石炭统苏穆克组分布面积有限，见于觉罗塔格北坡，常构成复向斜的核部。主要由

黄绿、灰绿色凝灰碎屑岩、粉砂岩夹薄层灰岩组成。

二叠系在该区由未分二叠系、下二叠统阿其布拉克组 and 上二叠统大热泉子群组成。未分二叠系只见于东经 90°与北纬 42°交会处，靠中天山以北。分布面积不大，它与下石炭统雅满苏组为不整合关系。岩性为灰、灰绿色薄层状粉砂岩、长石质硬砂岩互层，其中有火山岩、泥灰岩、硅质岩夹层或透镜体，阿其布拉克组分布于阿其布拉克、沙尔德兰布拉克、大南湖以西及雅满苏一带，出露颇广。与下伏中一下石炭统为不整合关系，有时为断层切割。主要由海陆交互的杂色碎屑岩及基性-酸性火山岩等组成。上二叠统大热泉子群分布于大热泉子、大南湖以西及雅满苏等地，由粉砂岩、砂岩、砾岩夹灰岩组成。

第三节 变质作用

研究区的地层，从中一新元古代的长城系、蓟县系和青白口系到古生界的上志留一下泥盆统、泥盆系、石炭系均不同程度地发生了变质作用。以中天山岛弧带北缘断裂—阿奇克库都克-沙泉子深断裂为界，北部变质区变质浅，属埋深变质作用和区域动力变质作用；南部变质区属典型的热动力变质作用。

北部变质区根据变质岩系的组合特点及变质程度的不同，可划分为东部的苦水变质岩带和西部的秋格明塔什-克孜尔塔格变质岩带、阿齐山-南北大沟变质岩带及北部的康古尔塔格-疏纳诺尔变质岩带。

苦水变质岩带位于觉罗塔格褶皱带黄山韧性剪切带内，由一套由浅到深变质的硅质板岩、变粒岩、片岩和片麻岩类组成，向西变质程度逐渐减弱，变硅质板岩、千枚岩等。苦水变质岩带南侧为雅满苏组的火山岩系，北面为绿片岩相的梧桐窝子组，还出现成群的黄山基性-超基性杂岩，变质岩带围绕着花岗岩呈特征的环状分布，从里向外可划分出混染花岗岩、变粒岩、石英片岩及微晶片岩等四个带，构成典型的低压高温变质带。

康古尔塔格-疏纳诺尔变质岩带处于阿齐山-雅满苏岛弧带最北部，南邻秋格明塔什变质带。该带以变质浅、原岩结构-构造特征清晰可见为特征，有些岩石未发生变质。新生矿物为葡萄石、绿泥石、斜长石、黑云母等。

秋格明塔什-克孜尔塔格变质岩带、南邻阿齐山-南北大沟变质岩带，其南北分别以近东西向断裂为界。该带以形变明显、褶皱紧闭、片理-柔皱及糜棱岩发育为其显著特征。新生矿物主要有绢云母、绿泥石、斜长石、黑云母等。

阿齐山-南北大沟变质岩带位于阿奇克库都克深断裂带（构造挤压带）以北，北邻秋格明塔什-克孜尔塔格变质岩带，呈近东西向展布。特征是：变质程度低；原岩结构-构造清晰可见，完好无损；新生矿物很少，主要有葡萄石、绿泥石、绿帘石、绿纤石等，与北部的康古尔塔格-疏纳诺尔变质岩带基本一致。

南部变质区为库鲁克塔格、卡瓦布拉克至星星峡一带，向东延伸至甘肃明水一带。该变质地带的南北界均为深断裂所隔，北以阿奇克库都克-沙泉子深断裂为界与北部变质区相邻，南以库鲁克塔格-星星峡断裂为界与北山变质地带相邻。据变质程度和变质岩系组合，进一步划分为星星峡变质岩带、天湖变质岩带、阿拉塔格变质岩带、梧桐沟变质岩带、裤子山变质岩带及明水变质岩带。

星星峡变质岩带位于星星峡一带，是该区变质程度最高的一个变质岩带，整个变质带

遭受强烈的挤压、褶皱变形、倒转甚至推覆，断裂发育。变质变形强烈，片理、片麻理极为发育。星星峡群主要为一套黑云斜长片麻岩、贯入片麻岩、混合岩化片麻岩、角闪斜长片麻岩、眼球状-阴影状、肠状混合岩、斜长角闪岩夹大理岩及黑云母石英片岩等岩性组成。卡瓦布拉克群变质较浅，由大理岩、白云岩、黑云斜长片岩、石英片岩和变粒岩组成。

天湖变质岩带分布于天湖一带，向西延伸至石英滩和图兹雷克地区，由新元古代青白口系天湖群组成，为石英片岩、二云石英片岩、角闪斜长片岩、角闪斜长变粒岩、角闪片岩夹少量的黑云斜长片麻岩和大理岩、局部夹有变质基性火山岩。新生矿物为绢云母、绿泥石、白云母和黑云母。

阿拉塔格变质岩带的变质地层为长城系、蓟县系、青白口系，下部层位变质较深，上部变质较浅。其中长城系主要由一套黑云斜长片麻岩、黑云母石英片岩夹角闪片岩、大理岩组成；蓟县系主要由大理岩夹黑云母石英片岩、石英片岩、角闪片岩组成。新生的变质矿物主要为石榴子石、绿泥石、蓝晶石、黑云母等；青白口系变质很浅，主要由绢云母石英片岩、千枚岩、板岩、变质砂岩、结晶灰岩等组成。新生特征矿物为绢云母、绿泥石、黑云母等。该带以片理、片麻理发育，岩石变形明显为显著特征。

梧桐沟变质岩带位于梧桐沟一带，北邻阿齐山-南大沟变质岩带。变质岩系为上志留一下泥盆统、泥盆系，前者变质较深，主要由黑云母石英片岩、蓝晶石-十字石-堇青石片岩、石榴子石-十字石片岩、蓝晶石-十字石片岩、二云母石英片岩、黑云斜长片麻岩夹角闪片岩、大理岩等组成；混合岩化作用明显，酸性脉岩发育；后者变质较浅，主要由黑云母石英片岩、绢云母石英片岩夹角闪片岩、大理岩等组成。两者共同的特点是：褶皱紧闭、片理发育、形变明显。新生特征变质矿物为石榴子石、十字石、蓝晶石、堇青石、夕线石、黑云母、白云母、绿帘石等。

裤子山变质岩带位于阿奇克库都克和卡瓦布拉克两深断裂之间的裤子山一带，南邻阿拉塔格北侧变质岩带，北靠阿齐山-南北大沟变质岩带，大致呈东宽西窄的楔形，向西尖灭于阿齐山附近。该变质岩带岩性组合复杂，缺乏规律性，原岩为下一中石炭统的浅变质的绿片岩、千枚岩、板岩、变质砂岩、结晶灰岩等。新生变质矿物为绢云母、绿泥石、黑云母等。另外有部分黑云石英片岩、角闪片岩、黑云斜长片麻岩和大理岩无规律分布，形变明显，片理化、千枚岩化发育，碎裂现象明显，部分地段混合岩化显著。

明水变质岩带地处库鲁克塔克-星星峡变质地带的东端，是向北山变质地带过渡地区。出露的变质岩为古生界下石炭统白山段，变质为硅质板岩、千枚岩、变质砂岩，其中夹中酸性-中基性火山岩建造。变质类型简单，属区域浅变质的低绿片岩相。

第四节 样品分布及地质概况

本研究大部分样品分布如图 1-1-2 所示。

另外一些样品分布已超出上图，在表 1-1-1 中列出其地点。各样品的编号及所处构造单元、岩体的含矿性如表 1-1-1 所示。

琼洛克花岗岩出露面积约 20 km²，围岩为石炭系火山岩，接触界线清楚，岩体延长方向为南北向。呈中间较低的 V 字形。其中含有 6 个云英岩-钨矿脉群，共 110 多条。岩体中局部磁铁矿富集。