



国家科技攻关三〇五
项目系列研究成果

西南天山 蛇绿岩和蓝片岩

汤耀庆 高俊 赵民 李锦轶 王军 著



地质出版社

国家科技攻关三〇五项目系列研究成果

西南天山 蛇绿岩和蓝片岩

汤耀庆 高俊 赵民 李锦轶 王军 著

地质出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

西南天山蛇绿岩和蓝片岩/汤耀庆等著。-北京:地质出版社,1995.12

国家科技攻关三〇五项目系列研究成果

ISBN 7-116-01996-0

I. 西… II. 汤… III. ①蛇绿岩-研究-天山②蓝闪石片岩-研究-天山 IV. ①P588.1②P588.34

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 19059 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:周伟勤

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ 印张: 8.625 铜版: 4 页 字数: 210000

1995 年 12 月北京第一版·1995 年 12 月北京第一次印刷

印数: 1—500 册 定价: 12.00 元

ISBN 7-116-01996-0

P·1512



序

天山位居亚洲大陆的腹地，全长 3000 余公里。它是由一系列走向近东西的山脉和夹持于诸山脉之间的盆地、谷地所组成的一条结构复杂的山系。它不但在地理上塑造了一个庞大而独特的地貌单元，在地质上构成分野南北的一条重要地质界线，而且蕴藏着丰富的矿产资源和地貌景观资源。因而，百余年来天山始终成为国内外地质学家们考察研究的重要地区之一。近 20 年来，随着大陆造山带研究的深入和天山研究程度的提高，天山日益显示出它在地质科学理论探索上的重要意义和矿产资源勘查、开发上的巨大潜力。但是，由于研究程度的限制和人们认识上的差异，对天山许多重要的地质问题存在观点上的分歧。其中有关西南天山的蛇绿岩带和高压变质带的形成环境和时代就是长期争议的重要问题之一。而对天山地区蛇绿岩和高压变质带的深入研究与正确认识，又是研究、解决本区板块活动及资源评价问题的基础。基于这种原因，以肖序常院士为技术指导，汤耀庆研究员为首的科研集体按照国家 305 项目办公室的要求，进行了西南天山“哈尔克山蛇绿岩与成矿关系的研究”，重点研究了哈尔克山地区蛇绿岩及蓝片岩的产出特征、岩石矿物组合、成因类型及形成时代。

专题组以大陆造山带研究的新理论、新方法为指导，经过两年多野外与室内相结合的调查研究，取得许多有创新意义的科学成果：重新厘定了若干地层的性质和时代，把西南天山划分为三个构造地层分区，分别论述了各区地层发育的时空特征。首次提出哈尔克山北坡有争议的含蓝闪石片岩的穹库什太组为一套“变质俯冲杂岩”地层组合；南天山库勒湖一带原定为晚志留世—早泥盆世的阿尔腾柯斯组实际上是晚泥盆世—早石炭世滑塌堆积。经过精细研究，把哈尔克山颇有争议的蛇绿岩划分为两个带，即中天山南缘早古生代蛇绿岩带，时代为志留纪，代表南天山微陆块与伊犁板块之间的洋壳残留体；南天山晚古生代蛇绿岩带，时代属中泥盆世—早石炭世，代表了伊犁板块与塔里木板块碰撞的缝合带。首次在库米什铜花山蛇绿混杂岩带绿片岩中发现蓝片岩夹层。可能代表了西南天山高压变质带的东延部分，如是，则有可能构成一条从中哈萨克斯坦到南天山的规模巨大的高压变质带。特别是首次在西南天山对蓝片岩变质作用进行了 PTD_t 轨迹研究，证明本区进变质作用为快速升压过程，退变质作用为近等温降压过程；变质作用经历了浊沸石相→硬柱石-蓝闪石岩相→蓝闪-绿片岩相→绿片岩相的连续渐变演化过程。蓝片岩中现存变质矿物乃高峰期后退变质作用早期形成的矿物组合。在综合研究基础上探讨了西南天山岩石圈构造演化和造山作用的动力学过程，把本区岩石圈概括为 6 个阶段，论述了本区洋盆发生、发展及大陆增生、演化的主要历程；同时分析了西南天山蛇绿岩的含矿性，把本区矿化概括为两种类型，并提出了找矿的意见和建议。

尽管在科研工作中还存在着这样那样一些问题，旧的问题解决了、落实了，新的问题又产生了，有些问题还有待于深化和继续落实。但是，在经费比较紧缺，工作条件十分艰难的情况下，凭借科学家们对祖国地质科学事业的高度责任感，艰苦创业，立足创新，在

科学上执著追求，经过精益求精的研究取得上述一些重要科研成果，确实值得可喜与可贺。我相信，这些成果必然会对本区今后的地质科学研究和地质勘查的实践，发挥积极的推动作用，在不断深化对天山地质构造时空演化认识的长河中留下它的业绩。

李廷栋

一九九五年三月十六日

目 录

绪论	(1)
一、研究基础	(1)
二、研究任务和内容	(2)
三、研究思路和研究方法	(3)
四、主要成果	(4)
五、人员分工和致谢	(6)
第一章 区域地质概况	(7)
一、区域地质研究简史	(7)
二、区域地层分区及地层综述	(8)
三、区内主要大型断裂特征	(14)
第二章 哈尔克山构造变形特征	(15)
一、科克苏河构造变形剖面	(15)
二、木扎尔特河剖面	(22)
三、巩乃斯河-南天山山前剖面(独山子—库车公路南段)	(26)
四、构造变形的演化及动力学意义	(28)
第三章 西南天山蓝片岩的变质作用 PTD_t 轨迹及造山运动动力学	(30)
一、区域变质带的划分及蓝片岩的分布	(30)
二、科克苏河路线岩槽剖面	(35)
三、蓝片岩带的岩石学特征	(35)
四、蓝片岩带的原岩类型	(36)
五、蓝片岩带的矿物学特征	(43)
六、蓝片岩变质作用的 PTD_t 轨迹及造山运动动力学过程	(50)
第四章 哈尔克山蛇绿岩	(59)
一、蛇绿岩研究的新进展概述	(59)
二、哈尔克山蛇绿岩的分布特征	(63)
三、哈尔克山蛇绿岩的地质特征	(64)
四、哈尔克山蛇绿岩的地球化学特征	(71)
五、哈尔克山蛇绿岩的时代	(86)
六、哈尔克山蛇绿岩的形成环境与侵位机制讨论	(87)
第五章 西南天山构造演化	(92)
一、南天山元古洋阶段	(92)
二、新疆古克拉通阶段	(94)
三、古克拉通解体形成南天山洋阶段	(94)
四、早古生代南天山洋的俯冲阶段	(95)
五、晚古生代南天山洋盆俯冲碰撞阶段	(96)
六、碰撞期后陆内演化阶段	(96)

第六章 西南天山蛇绿岩的含矿性	(98)
一、蛇绿岩含矿性的一般规律	(98)
二、西南天山蛇绿岩的含矿性	(99)
三、在西南天山如何寻找与蛇绿岩有关的矿产之雏议	(103)
结语——问题和建议	(105)
参考文献	(107)
图版说明及图版	(115)
英文摘要	(121)

CONTENTS

INTRODUCTION	(1)
Researching basement	(1)
Researched problems	(2)
Researching ways and methods	(3)
Important achievements	(4)
Division of researching work and acknowledgements	(6)
CHAPTER I REGIONAL GEOLOGY	(7)
I -1 Review of researching history of regional geology	(7)
I -2 Division of regional strata and stratigraphy	(8)
I -3 Major faults	(14)
CHAPTER II STRUCTURAL DEFORMATION OF HALIR MOUNTAINS	(15)
II -1 Structural section along the Kokshu river	(15)
II -2 Structural section along the Muzhart river	(22)
II -3 Section from Gongnes river-southern slop of south Tianshan (Southern segment of Dushanzi-Kuqu highway)	(26)
II -4 Evolution of structural deformation and its dynamic implications	(28)
CHAPTER III METAMORPHISM <i>PTD_t</i> TRAJECTORY OF BLUE SCHISTS OF SW TIANSHAN AND DYNAMIC OF OROGENY	(30)
III -1 Divison of regional metamorphic belts and distribution of blue schists	(30)
III -2 Petrological facies section along the Kokshu river	(35)
III -3 Petrology of blue schists	(35)
III -4 Primary rocks of blue schists	(36)
III -5 Mineralogy of blue schists	(43)
III -6 Metamorphism <i>PTD_t</i> trajecory of blue schists and dynamic processes of oregey	(50)
CHAPTER IV OPHIOLITES OF HALIK MOUNTAINS	(59)
IV -1 New developments about researching ophiolites	(59)
IV -2 Distribution of ophiolites in Halik mountains	(63)
IV -3 Geological features of ophiolites	(64)
IV -4 Geochemistry of ophiolites	(71)
IV -5 Ages of ophiolites	(86)
IV -6 Discussions on formational settings and emplacement of ophiolites in Halik mountains	(87)

CHAPTER V TECTONIC EVOLUTION OF SOUTHWEST TIANSHAN	(92)
V-1 Protorozoic ocean of South Tianshan	(92)
V-2 Xinjiang paleocraton	(94)
V-3 Break-up of the paleocraton and formation of South Tianshan ocean	(94)
V-4 Early Paleozoic subduction of South Tianshan Ocean	(95)
V-5 Late Paleozoic suduction and collision of South Tianshan ocean	(96)
V-6 Intracontinental evolution of post-collision	(96)
CHAPTER VI MINERALIZA TION OF SOUTHWEST TIANSHAN OPHIOLITES ...	(98)
VI-1 General features of ophiolitic mineralization	(98)
VI-2 Mineralization of Southwest Tianshan ophiolites	(99)
VI-3 Some suggestions on exploring mineral resources associated with ophiolites of Southwest Tianshan	(103)
CONCLUSION REMARKS (problems and suggestions)	(105)
REFERENCES	(107)
PLATES AND DESCRIPTIONS	(115)
ENGLISH ABSTRACT IN DETAIL	(121)

绪 论

“哈尔克山蛇绿岩及与成矿关系的研究”专题是“八五”国家 305 攻关项目“加速查明新疆贵重金属大型矿产资源基地的综合研究”(89-902 项) 下设“新疆大型—超大型矿床成矿条件与大型靶区评价研究”课题中的第 9 个专题。由新疆国家 305 项目办公室定向给地质矿产部地质研究所承担实施的。于 1992 年 4 月签定专题合同书。合同书起止年限为 1992 年 5 月至 1995 年 4 月共 3 年时间。1992 年 5 月审查并通过专题的总体设计, 6 月就开展了野外地质调研工作。经过 3 年艰苦细致的野外实地调查和大量的室内测试、综合分析工作, 于 1995 年 3 月完成专题科研报告, 并分别提交给经新疆国家 305 项目办公室核准而成立的鉴定委员会的 9 位委员。鉴定委员会于 1995 年 4 月 24 日—30 日在北京中国地质大学召开了鉴定验收会议, 对专题报告进行了认真审阅并仔细听取了专题汇报。经过充分的讨论, 对专题报告给予了较高的评价, 建议及早出版, 以利于今后天山地区的地质研究和找矿工作的顺利开展。

为了更准确地反映研究内容, 我们将本书书名改为《西南天山蛇绿岩和蓝片岩》。

一、研究基础

西天山地处中天山伊犁板块(哈萨克斯坦板块)和塔里木板块的交接地带, 构造极其复杂。但前人的科研工作, 特别是新中国成立以来, 中国地质学家, 在新疆进行了大量的基础地质研究及矿产普查勘探工作, 积累了相当丰富的实际资料及论著(详见下一章区域地质发展简史), 我们择其与我专题有关的重要论著, 作为本专题的研究基础。

1. 基本完成天山地区 1:200000 区域地质调查及填图和少量 1:50000 区域地质调查及填图, 并编印了相应的图幅和报告。

2. 中国科学院登山科学考察队根据在南北木扎尔特河进行路线地质考察, 提出天山二分方案, 即以南天山北坡断裂(长阿吾子-科克苏阿拉善-那拉提南缘断裂)为界, 把天山分为北天山优地槽带和南天山冒地槽带。认为该断裂是一条古板块缝合线, 南侧塔里木板块向北俯冲。

3. 黄汲清、任纪舜等在《中国大地构造及其演化》一书中认为天山地槽是古中国地台解体而转化形成的, 地台解体后的残块形成天山中间隆起带, 并认为北天山为优地槽带, 南天山为冒地槽带, 西伯利亚地台与塔里木地台之间的地槽区最后封闭于北天山。

4. 李春昱等从板块构造观点出发, 提出哈萨克斯坦(包括中天山)陆壳在古生代不断增生的认识, 认为中国南天山有三条不同时代的蛇绿岩带和构造混杂带, 它们与山脉大致平行分布。南天山大洋古洋壳在中志留世、中泥盆世、中石炭世三个时期, 依次向北俯冲消减。

5. 新疆地矿局与中国地质科学院联合组成天山构造研究队, 在他们的专著中否定李春昱等提出的三条不同时代的蛇绿岩, 认为这几条蛇绿岩是同一时代, 即晚志留世—早泥

盆世的蛇绿岩。

6. 新疆国家 305 项目“新疆北部大地构造演化及成矿作用”课题在报告中指出：西南天山可能存在两条蛇绿岩带，哈尔克山-库米什-卡瓦布拉克加里东晚期蛇绿岩带和额尔宾山华力西早期蛇绿岩带。同时指出由于时代依据还不充足，时代的确定还需进一步工作。

7. 王书蓉、李应场（1981）、顾家骏（1986）在区域地质调查填图的基础上，对西南天山科克苏河蓝片岩的矿物组合特征、形成历史及地质意义进行了初步探讨。后者认为该区蓝片岩相不属于深埋变质作用，亦不代表板块构造俯冲作用形成的，而是与那拉提深断裂有关的构造下沉进程中引起的。

8. 南天山北坡高压变质带形成的时代一直是有争议的问题，主要有两种意见：一种认为是前寒武纪（王作勋等，1989、1990）；另一种意见认为属加里东晚期—华力西早期（中国科学院登山科学考察队，1981；张良臣、吴乃元，1985；肖序常等，1990），但依据都不充足，有待进一步研究。

9. 新疆地矿局地质研究所 1993 年完成的“中国天山西段木扎尔特河及独库公路地质剖面综合研究”报告，以丰富的实际资料，部分采用了新的学术思想和研究方法，总结了西天山地质构造问题，特别是在构造变形方面进行了开拓性的工作。

前人在蛇绿岩、高压变质带和天山区域地质演化等方面的丰富地质基础资料和论著，为我们完成“哈尔克山蛇绿岩及与成矿关系的研究”专题打下了坚实的基础。

二、研究任务和内容

对天山地区蛇绿岩、高压变质带的调查研究，是讨论该区板块活动、发展历史的重要基础。正确认识该区蛇绿岩和高压变质带，是讨论该区板块活动，阐明地质发展历史的必要前提。上述研究反映了各家学者的不同认识，既存在观点上的分歧，也存在对实际资料的掌握和认识上的差距。如西南天山到底有几条蛇绿岩带？它们的形成环境和时代？李春昱等主要根据蛇绿岩赋存的地层时代，即蛇绿岩围岩时代，将南天山蛇绿岩分为中志留世、中泥盆世和中石炭世三条不同时代的蛇绿岩带。但西南天山构造极其复杂，推覆构造、剪切构造及后期走滑断裂等广泛分布，完全可能把一个时代的蛇绿岩岩片通过构造作用，推覆或错移到不同位置。王作勋等主要根据各带硅质岩中放射虫化石比较相似，而否定有三个时代的蛇绿岩带，把西南天山的蛇绿岩都归属到晚志留世—早泥盆世一个时代，但我们没有见到任何图版资料。据我们所知国内的一些单位也作过放射虫鉴定，表明有部分放射虫反映的时代要新得多；部分中外古地磁学家，根据他们的古地磁资料，认为一直到石炭纪晚期，哈萨克斯坦板块和塔里木板块才发生碰撞（李燕平，McWilliam, M. Cox, 等，1988；李永安等，1987），说明在晚石炭世之前，两板块间还有大洋存在，也就是说西南天山应该有石炭纪的蛇绿岩。

南天山的蓝片岩带，由于缺乏地层覆盖关系，时代问题同样存在较大的分歧。王作勋等主要依据几个蓝片岩和绿片岩的 Rb-Sr 全岩同位素等时线年龄：729Ma（中国科学院登山科学考察队，1981）、 $634 \pm 289\text{Ma}$ （王作勋等，1990）而认为形成于前寒武纪。上述年龄值均采自一套变质的火山沉积岩系，能否代表该高压变质带的变质时代值得讨论。首先

考虑年龄值的精度及样品选取的合理问题,如 $634 \pm 289\text{Ma}$ 本身精度就很差,将其正负值加减,其范围在 $923-345\text{Ma}$ 之间,这一组样品的代表性,是否处在同一封闭条件下等,都值得考虑;其次它们受到沉积、成岩(包括火山岩喷发冷凝)、变质以及后期构造热事件干扰,甚至还包括沉积岩碎屑物本身的时代等混合。显然把这样的年龄值当成高压变质事件的年龄是不合适的。肖序常等根据对长阿吾子蓝片岩中蓝闪石 Ar-Ar 同位素年龄测定,得出坪年龄为 $350.89 \pm 1.96\text{Ma}$,将高压变质带时代定为华力西期。他们没有深入研究高压变质带中矿物变形变质的期次,上述坪年龄是由 $374.72 \pm 3.77\text{Ma}$ 、 $349.05 \pm 4.02\text{Ma}$ 、 $352.97 \pm 4.27\text{Ma}$ 和 $398.16 \pm 11.50\text{Ma}$ 一组数据确定出来的,很可能代表不同期次的综合时代。

根据上述对蛇绿岩、高压变质带认识上的分歧,国家 305 项目办公室在“哈尔克山蛇绿岩及与成矿关系的研究”专题合同书和批准的专题总体设计书上,明确指出该专题的主要任务是:

1. 研究哈尔克山南北两侧蛇绿岩产出特征、岩石组合、成因类型和形成时代;
2. 研究哈尔克山蓝片岩产出特征、矿物组合、变形期次和形成时代;
3. 在上述研究基础上,阐述哈尔克山区域构造特征及演化。

三、研究思路和研究方法

大陆造山带的研究一直是地球科学研究的主题之一。近 20 年来,随着造山带研究的深入,产生了一些新的理论和研究方法。微构造、韧性剪切带、变质岩石变质作用的 PTt 轨迹研究,已在构造地质学中广泛应用。全球地学断面(GGT)工作的开展,成为地学界共同努力综合探索大陆岩石圈的组成部分。大陆造山带的研究已经步入以“板块动力学”为目的的新阶段。虽然我们专题研究主要涉及的内容是蛇绿岩和高压变质带,但必须与“板块动力学”研究接轨,使我们在研究中走出以往常规研究思路的束缚,增加一些新的思想和内容。

根据专题研究任务,对蛇绿岩研究的主要关键在于形成环境和时代。蛇绿岩可以形成于多种构造环境:大洋中脊、陆间小洋盆、边缘海、弧后盆地,甚至岛弧由于拉张也能产生蛇绿岩。科尔曼 80 年代初提出了“高压岩浆房”和“低压岩浆房”的概念,分别代表岛弧型蛇绿岩和洋中脊蛇绿岩。不同构造环境形成的蛇绿岩,在岩石组合、岩石化学、地球化学特征上存在着差异,所以人们常习惯地把岩石化学、地球化学测试的各种数据投入各种判别图,来确定蛇绿岩的生成环境。但到目前为止,赋存在大陆造山带中的蛇绿岩,按其岩石化学、地球化学测试结果投图判别,几乎全部都是小洋盆,没有洋脊环境的蛇绿岩。难道古代只存在小洋盆而没有大洋环境?事实上古代大洋是存在的,那么洋中脊环境的蛇绿岩到哪里去了呢?这要从蛇绿岩的侵位条件及大洋转化为造山带的发展过程来分析。洋壳蛇绿岩片的侵位,要求在大洋地壳顶部发育有分离面,而大洋中脊蛇绿岩在中脊形成后,经过长距离的侧向移动,才能到达海沟发生俯冲,新生的洋壳温度由热变冷,固结由松变紧,密度由小变大,到海沟时已经是冷的、坚实的、重的块体,因而不易形成分离面,不易发生仰冲机制,而更加有利于产生向下的俯冲作用。与此相反,小洋盆、弧后盆地、岛弧等环境形成的蛇绿岩,由于没有经过长距离移动和冷却,有较高的热流,固结

程度相对较差, 比重相对较小, 有利于顶部产生分离面, 容易发生仰冲作用, 因而就容易保留在造山带中。科尔曼在 80 年代就估算过, 显生宙以来构造侵位的蛇绿岩的体积与同时期形成的洋壳体积比较, 免于俯冲的洋壳不到形成洋壳总体积的 0.001%。所以我们认为洋脊蛇绿岩几乎全部都沿海沟俯冲而返回软流圈中, 大陆造山带中的蛇绿岩残片绝大多数属于非洋脊型的蛇绿岩, 是边缘海、岛弧、弧盆等环境的蛇绿岩, 通过仰冲机制, 侵位于大陆造山带中。

从另一角度来看, 由大洋转化为大陆造山带, 必然有一个从大洋逐渐缩小, 以至于大洋的消失, 形成造山带的过程。这个过程也就是说在变成造山带前必然要出现小洋盆的环境。所以目前大陆造山带中蛇绿岩, 从岩石化学、地球化学的测试分析、投图更多地反映小洋盆的环境, 而洋中脊的蛇绿岩片很难保存在大陆造山带中。因此, 在研究蛇绿岩形成环境时, 不能简单地依靠蛇绿岩岩石化学、地球化学的测试分析和投入判别图来解决, 必须与区域构造发展相结合来分析, 特别是邻区资料大范围的构造格架分析, 同时注意古地磁、古生物区系等资料综合研究, 才能得到比较客观认识。

蛇绿岩形成时代的确定, 现在比较普遍采用同位素测年来解决, 其中精度较高的是采集与蛇绿岩有成因关系的浅色岩系: 斜长花岗岩或浅色辉长岩, 从其中选出锆石, 作 U-Pb 同位素测年, 例如西准噶尔唐巴勒蛇绿岩就是采用此种方法, 得到与古生物资料基本吻合的效果。但西南天山蛇绿岩, 遭受构造破坏以及后期热事件的影响, 岩片肢解破碎, 很难找到上述的浅色岩体, 即使有, 与蛇绿岩的关系也很难恢复, 因此 U-Pb 同位素测年受到局限。变质橄榄岩、变质玄武岩的 Rb-Sr 同位素等时线方法, 也受到变质作用、构造作用的影响, 很难达到 Rb-Sr 同位素测年对采样的要求。我们采用蛇绿岩中辉长岩 (包括堆晶辉长岩、块状辉长岩), 从中挑出辉石或斜长石单矿物, 作 Ar-Ar 法同位素测年的方法来解决辉长岩形成的年龄, 也就是蛇绿岩的形成时代。我们还采集了与蛇绿岩上部熔岩共生的硅质岩、碧玉岩, 经过熔蚀, 详细鉴定其中的放射虫、牙形刺, 特别是放射虫的化石组合, 与国际上典型地区类比。采用上述两种方法相互补充印证, 得到了比较可靠的形成时代。

以往低温高压变质带蓝片岩变质作用的研究多集中在岩石组成, 岩石成分的性质, 矿物组成和成分、矿物共生、世代及演化特点, 温压条件的分析和大地构造环境的分析。1984 年 P. England 和 A. Thompson 提出变质作用 PTt 轨迹 (Metamorphic PTt path) 术语, 以表示在一造山带或深变质岩带内一次独立的地球热动力条件下, 岩石随时间演化所经历的 P - T 条件的连续演化过程, 即时空演化规律。将时间引入 P - T 条件的新思路, 在理论上和研究方法上都是一次新的飞跃。从而使变质岩变质作用的研究从传统的“静态”研究转向“动态”研究过程。

本专著将在这种新思路的指导下, 对西南天山低温高压变质带蓝片岩在常规研究的基础上, 对蓝片岩变质作用首次进行 PTt 轨迹研究, 并进一步考虑将构造变形和变质作用结合起来, 把构造变形“ D ”引入 PTt 轨迹, 尝试对蓝片岩变质作用的 PTD 轨迹研究。

四、主要成果

本次“哈尔克山蛇绿岩及与成矿关系的研究”专题的研究工作是在学习和继承前人工

作,特别是近10年来取得新成果的基础上进行的。通过两个年度的野外地质调查、室内较系统测试和综合研究,包括巴音布鲁克—库车、黑英山满大勒、色日克牙依拉克、库米什铜花沟和科克苏河的实测剖面 and 路线地质剖面等工作,研究的主要成果概括为:

1. 将西南天山划分为3个地层分区。伊犁板块南缘沉积区、塔里木板块北缘沉积区和它们之间两板块会聚叠积区,并概要论述各区地层特征。首次提出哈尔克山北坡时代有争议的含蓝片岩的地层,是一套由不同原岩构成的混杂岩(俯冲杂岩),经过多次韧性变形作用、变质作用叠加、改造后形成的“变质俯冲杂岩”组合。其基质原岩为晚志留世的基性熔岩夹硅质岩。南天山库勒湖(小天池)一带,原定晚志留世—早泥盆世阿尔腾柯斯组为碳酸盐岩、硅质岩、枕状熔岩等组成的古洋壳建造,实际上是一套滑混岩(Olistostrome),灰岩为外来岩块,硅质岩和枕状熔岩是其基质。硅质岩中放射虫时代为晚泥盆世—早石炭世。黑英山满大勒硅质岩中还有早石炭世牙形刺的标准化石与放射虫共生。因此时代应改定为晚泥盆世—早石炭世,同意刘羽同志建议定名库勒组^①。

2. 哈尔克山南北两侧分布有两条不同时代的蛇绿岩带(蛇绿混杂岩带)。北侧长阿吾子—科克苏河—拉那提山—小布鲁斯台—库米什一线,分布为早古生代晚期的蛇绿岩带,代表一定规模的洋盆环境;南侧黑英山梅市布拉克—满大勒—库勒湖周边—色日克牙依拉克一线,分布为晚泥盆世—早石炭世的蛇绿岩带。它代表伊犁板块(哈萨克斯坦板块)和塔里木板块的最终碰撞的缝合线,是大洋缩小后的有限洋盆环境。

3. 首次在库米什铜花山蛇绿混杂岩带,基质绿片岩中发现蓝片岩薄夹层。可能是西南天山高压低温变质带的东延部分。从中亚哈萨克斯坦南天山迈利苏(Maglish)、坎斯克(Kansk)、安佐布(Anzob)及阿特巴希(Atbashi),经托木尔峰到我国西南天山长阿吾子—科克苏河是一条规模巨大的低温高压变质带,现在库米什铜花山又发现它的踪迹,将其向东又延长数百公里,这就成为世界上规模最大,出露较好的低温高压变质带。

4. 系统研究了科克苏河蓝闪绿片岩地质剖面岩石学、矿物学、变形和变质作用特征,特别是首次在该区对蓝闪绿片岩变质作用的 PTD_t 轨迹的研究。西南天山蓝闪绿片岩变质作用的 PTD_t 轨迹显示进变质作用为快速升压过程,退变质作用为近等热降压过程。 $PT-D_t$ 轨迹还揭示自古俯冲杂岩进入俯冲带深部快速升压形成蓝片岩到蓝片岩快速抬升,变质作用经历了由浊沸石相(424Ma)→硬柱石-蓝闪石岩相(420Ma)→蓝闪-绿片岩相(415Ma)→绿片岩相(350Ma)连续渐变演化过程。蓝片岩中现存的变质矿物组合并非峰期的变质矿物组合,而是峰期后退变质作用早期形成的矿物组合(石榴石+蓝闪石+多硅白云母+钠长石)。蓝闪绿片岩相变质作用发生于蓝片岩峰期变质作用后,重力均衡促成其抬升过程的早期、峰期变质矿物组合被蓝闪绿片岩相退变质作用叠加,所以只保留残晶或假象。碰撞期造山运动晚期大规模的韧性推覆作用,快速剥蚀作用促使蓝片岩快速抬升,使得蓝闪绿片岩相变质矿物组合得以保存并出露在造山带中。

5. 根据西南天山地质构造发展历史,蛇绿岩的特征和蓝片岩变质作用 PTD_t 轨迹研究等综合分析,将西南天山岩石圈板块构造演化概括为六个演化阶段:南天山元古大洋阶段→大洋闭合形成新疆克拉通阶段→克拉通裂解形成古生代南天山洋阶段→早古生代晚期洋壳俯冲阶段→晚古生代俯冲碰撞阶段→碰撞期后板内演化阶段。

① 刘羽,1993年,硕士毕业论文。

五、人员分工和致谢

“哈尔克山蛇绿岩及与成矿关系的研究”专题研究工作的完成，是全体专题组成员共同劳动的结晶，是集体的成果。编写报告具体分工是：绪论：汤耀庆；第一章：赵民；第二章：汤耀庆、高俊；第三章：汤耀庆、高俊；第四章：高俊、汤耀庆；第五章：汤耀庆、赵民、王军；第六章：李锦轶；结语：汤耀庆。全报告由汤耀庆进行统编和修改定稿。

在本专题的实施过程中得到新疆国家 305 项目办公室和地质矿产部地质研究所领导的指导、关注和经费上的支持，我们深表感谢。我们还要感谢张良臣、吴乃元、马济正、伍典斌等高级工程师们对项目的具体管理和支持。我们的技术指导肖序常院士亲临现场，辛勤指导，使专题得以顺利进行。报告还参考了高俊博士和刘羽硕士毕业论文中部分内容。伍家善、王宝瑜、李向东等同志在工作期间及时地提供成果、资料交流，对我们完成报告的编写给予了很大帮助，在此一并致谢。

第一章 区域地质概况

一、区域地质研究简史

我国天山地质研究工作从 19 世纪末到现在已有 120 年的历史。新中国成立以前, 首先开始涉足我国天山西部地区进行地质考察的是一些外国地质学家。他们仅开展了一些零星的路线地质调查和小面积的地质填图。1875 年, И·В·穆什凯托夫 (Мушкетов) 在吉尔格朗河—阿恰勒河一带进行了路线地质考察, 首次划分出泥盆系、下石炭统等地层。1903 年, 穆什凯托夫提出了天山由三个弧形山脉组成的认识 (参见 E. Suess, 1904), 他代表了俄国地质学家对整个天山地质构造的最初见解。E·徐士 (Suess) 在其名著 “The Face of the Earth” 中论述了天山的地质构造, 他认为天山属阿尔卑斯褶皱带 (1904)。1926 年 Д·В·纳利夫金 (Наливкин) 将天山划分为时代不同的北弧、中弧和南弧; 并认为天山的构造及岩浆活动从北向南迁移。1928 年, 穆什凯托夫提出天山运动, 划分出早石炭世末和晚石炭世末两个构造幕。1933 年, В·А·尼古拉耶夫 (Николаев) 提出, 中弧和南弧之间是天山最重要的构造线, 即前苏联地质学家所谓的尼古拉耶夫线, 它是前苏联北天山与中天山的分界线。1935 年至 1937 年, Н·А·别良耶夫斯基 (Беляевский) 沿木扎尔特河绘制了 1:200000 比例尺的地质图 (精度较差), 对哈里克套 (哈尔里克) 北坡阿克阿孜河流域的变质岩系作了划分, 分别划分出元古界、志留—泥盆系、石炭—二叠系, 并发现了变质岩系中有蓝晶石和蓝闪石等矿物。1941—1943 年, В·М·西尼村 (Синицын) 在南天山阿克苏以西柯坪地区进行过地质调查, 并编制了 1:1500000 万新疆地质图, 在构造方面分出了博罗霍洛复背斜、巩乃斯—伊犁复向斜和哈里克套复背斜等。他们的工作尽管很粗糙, 但对了解考察我国西部天山的地质构造, 有一定的参考价值。

本世纪 30 年代, 中国学者亦逐渐开展对天山的地质考察工作, 其中先后有袁复礼, 杨钟健 (1934), 丁道衡 (1931), 黄汲清、程裕淇, 周宗浚等 (1943), 宋叔和、关士聪 (1943), 李承三 (1946) 等。通过考察, 他们在地层、构造和矿产方面都有重要发现, 有价值的研究成果随后也都相继问世。在构造方面的主要见解是黄汲清在《中国主要地质构造单位》(1954, 中文版) 一书中, 系统阐述了天山地质构造特征。他认为, 就整体来看, 天山及其无数分支应属华力西旋回的地槽褶皱, 天山是多旋回构造带。

新中国成立以后, 在天山及周边地区, 开展了系统的区域地质调查及专题地质研究。新疆地矿局截止到 1982 年已基本完成了天山地区 1:200000 区域地质调查及填图, 编印了相应图幅及报告。新疆地矿局地质矿产研究所从 1975 年开始编制 1:500000 新疆地质图及说明书, 他们将天山划分为北天山优地槽褶皱带、中天山隆起带及南天山冒地槽褶皱带。这一划分方案及对天山地质构造特征的认识, 明显受到前苏联 В·М·西尼村及 Н·М·西尼村在 50 年代对我国天山划分为中天山加里东褶皱区, 两侧为华力西褶皱带, 并于晚华力西期地槽结束见解的影响。

进入本世纪 80 年代,黄汲清、任纪舜、姜春发、张正坤、秦德余(1980)从新的角度提出对天山地质构造的新见解。他们认为天山地槽是在古中国地台解体后而转化形成的,地台解体后的残块,构成了天山中间隆起带。并认为北天山为优地槽褶皱带,南天山为冒地槽褶皱带。而且认为西伯利亚地台与塔里木地台最后封闭在北天山优地槽区。因此他们的认识和其含义不同于前人的三分方案。李春昱、王荃、刘雪亚、汤耀庆(1982)从板块构造观点提出中国南天山有三条不同时代的蛇绿岩及混杂堆积带,并认为古洋壳不断向北消减。北天山石炭纪蛇绿岩带,成为西伯利亚板块与哈萨克斯坦及塔里木板块的最终缝合带。陈哲夫、梁云海(1985)提出天山两分方案,认为北天山为洋壳区,南天山为弧后盆地,并认为天山为华力西缝合带。张良臣、吴乃元(1985)认为中国天山处在西伯利亚板块、哈萨克斯坦板块、中朝板块和塔里木板块的接合部位。王作勋等(1990)认为天山古板块活动可追溯到中晚元古代。从晚元古代至二叠纪,天山区陆壳经历了多次张裂(出现新洋壳)及聚合(形成造山带)的演化过程。因此天山陆壳是由各时代板块缝合带及其间地块组成的镶嵌型板块构造体系。

近 10 年来,国家攻关 305 项目办公室组成各类专题队伍,对天山开展全方位的考察,获取了大量丰富的地质资料。随着对天山及邻区构造演化及成矿作用关系的找矿实践及理论探索,必将对天山的认识产生新的飞跃。

二、区域地层分区及地层综述

西南天山(哈尔克山)是哈萨克斯坦板块(在中国境内为伊犁板块)和塔里木板块会聚叠覆的巨大造山带,因此它的地层和生物区系,既有北边哈萨克斯坦板块的特征,也有塔里木板块的影响。

综合西南天山(哈尔克山)及周边地区的地层分布、沉积建造、古生物区系、变质作用及构造变形等方面特征,将该区分为 3 个构造地层分区:伊犁板块南缘沉积区、塔里木板块北缘沉积区、伊犁板块-塔里木板块会聚叠积区。

伊犁板块南缘沉积区,位于伊犁盆地南部,以中天山南缘断裂与伊犁板块-塔里木板块会聚叠积区为界;伊犁板块-塔里木板块会聚叠积区,以塔里木板块北缘断裂与塔里木地台相隔(图 1-1)。

各地层分区的地层发育情况存在明显差异(表 1-1)。现就各地层区特征分述如下:

1. 伊犁板块南缘沉积区

伊犁板块的基底,主要见于伊犁地块北部的温泉地区、那拉提山北坡及中天山艾肯达坂等地,最大出露厚度 5000m 左右,为一套中深变质岩系。该变质岩系的时代目前争论较大。温泉群的片岩、片麻岩等变碎屑岩年龄(Sm-Nd 法)为 1727Ma(胡霭琴等,1991),艾肯达坂片麻状混合岩年龄(Rb-Sr 法)为 1397.07Ma,铅同位素 $1306 \pm 41\text{Ma}$ (朱杰辰等,1986)。王作勋(1990)将艾肯达坂片麻状混合岩与那拉提山的片岩、片麻岩、混合岩等统称为拉尔敦群,并将温泉群、拉尔敦群归为下元古界,视为伊犁板块的基底。高振家(1993)将上述变质岩系的下部片麻岩及片麻状混合岩与天山东段的长城系星星峡群进行对比,上部的碳酸盐岩与蓟县系卡瓦布拉克群相对比。由上述可见,该变质岩系的变质时代的上下限在 1300—1900Ma 之间。笔者认为伊犁板块的变质基底应属下元古