



地质调查工作方法指导手册

DIZHI DIAOCHA GONGZUO FANGFA ZHIDAO SHOUCE

高级变质区地质调查 与综合研究方法



杨振升 徐仲元 刘正宏 黄道玲 著

地质出版社



地质调查工作方法指导手册

高级变质区地质调查 与综合研究方法

杨振升 徐仲元 刘正宏 黄道玲 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书从我国高级变质区的研究现状出发,在近20年来,作者对这一领域的若干问题进行了具有开拓性和探索性的科学实践,取得了重要进展,在此基础上进行的系统研究和总结。书中提供了在高级变质区从事构造研究必备的基本理论和观测方法,特别提出下地壳深熔作用存在的环境下,出现双相(固态+深熔液态)共存的顺层滑脱韧性流动变形基本特征,以及由于其变形演化的多层次、多期次的叠加改造,为重建高级变质区变形演化研究提供了极其重要的研究思路和可供借鉴的研究方法。对高级变质区的两大岩类(高级变质地层和变质深成岩浆岩)的地质调查从理论和方法上提供了有指导意义的操作程序和步骤。对高级变质地层的识别、地层组成与分布特征、地层划分和地层层序建立等问题结合对内蒙古大青山-乌拉山地区进行的开创性研究,提供了一个可信度较高的典型实例。对高级变质区变质深成岩浆岩强调了成因类型的多样性,既有深成岩浆侵入体,又有分布广泛的深熔岩浆岩-深熔片麻岩,确立了不同类型岩石的鉴别及其研究方法。结合高级变质区构造研究现状,选择了三个高级区,特别是对大青山-乌拉山高级区穹-褶构造的建立及其三阶段构造变形演化的讨论等,进行了系统说明,可供研究借鉴。最后,对高级变质区地质填图工作中两项重要内容进行了系统介绍。

本书为地质调查人员、地质科学研究人员及地质院校师生提供了一本可在高级变质区从事地质调查及地质填图的工具书,也可供对高级变质区感兴趣的有关专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高级变质区地质调查与综合研究方法/杨振升等著.
北京:地质出版社,2008.6

(地质调查工作方法指导手册)

ISBN 978-7-116-05678-7

I. 高… II. 杨… III. 变质岩-地质调查-研究方法
IV. P588.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 059319 号

责任编辑:陈 磊
责任校对:黄苏晔
出版发行:地质出版社
社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083
电 话:(010) 82324508(邮购部);(010) 82324565(编辑室)
网 址:<http://www.gph.com.cn>
电子邮箱:zbs@gph.com.cn
传 真:(010) 82310759
印 刷:北京地大彩印厂
开 本:787 mm × 1092 mm ¹/₁₆
印 张:18.5 图版:24 面
字 数:447 千字
印 数:1—3000 册
版 次:2008 年 6 月北京第 1 版·第 1 次印刷
定 价:80.00 元
书 号:ISBN 978-7-116-05678-7

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)



序

地质工作是一项专业性和实践性很强的科学工作，无论是地质调查还是地学研究都涉及广泛的专业知识和各个方面实际工作技巧。一个称职的地质工作者应该系统掌握其工作领域里相应的工作方法和理论知识，以适应其工作需求。随着地质科学自身的完善和发展，特别是经济社会发展对地质工作需求的变化和提升，地质工作者正面临着如何进一步提高综合素质和工作能力的问题，中国地质调查局也在积极面对如何尽快提高公益性地质调查队伍整体能力的挑战。

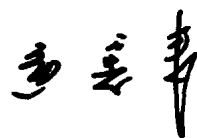
地质专业的大学毕业生、研究生是地质队伍的主要人才来源，他们在学校系统学习了地学的基本理论，掌握了一些基本工作技能，但由于实践经验不足，还难以适应复杂与差异变化的地质工作的实际需求，毕业生必须经过实践锻炼才能逐步胜任实际工作。多少年来，我们培养了一代又一代的地质工作者，不断发展着这一古老而又年轻的学科。但是，近几年来，由于种种原因，年富力强的一线地质工作者明显不足，出现了“文革”之后的又一次人才断层，许多新参加工作的地质技术人员难以得到老专家的传帮带，工作技能的提高受到很大的制约。同时，由于信息社会知识的爆炸，地学领域的新技术、新理论在不断涌现，每一个地质工作者都面临着如何实现知识更新、跟上时代步伐的问题。在地质工作任务日益繁重，社会对地质工作成果的要求越来越高的形势下，如何尽快提高地质队伍中青年技术人员的业务综合能力是摆在中国地质调查局面前的一项重要任务。

为了适应新的形势，尽快提高地质工作者的业务素质，我们组织各方面有丰富经验和较高专业造诣的专家编写了这套涵盖地质调查研究各个领域的工作方法系列指导手册。这套手册从地质工作的实际需求出发，侧重基本工作方法和动手能力的培养，起到了大学教科书与实际工作之间的连接与过渡

作用。手册中包含了作者们多年积累的丰富实际工作经验和大量实际资料，使读者可以在实践中充分参考、学习。这一手册无论对新出校门的年轻人还是对有工作经验的老地质工作者都有很大的参考价值，可以成为广大地质工作者不断扩展知识领域和技能范畴、完善自我的重要辅助材料。我相信，这一手册的出版将有效地推动地质调查队伍业务能力建设的进程，受到广大地质工作者，特别是青年地质工作者的欢迎。

作为地质战线的一员，我衷心感谢参与编写该指导手册的所有专家们，感谢他们将自己辛勤工作积累下来的经验和资料总结升华，留给青年同行，感谢他们为中国地质工作做出的不可磨灭的贡献。我也感谢该指导手册编写的组织者，他们为地质工作的发展和振兴作了一件好事。我也期待着我们的老专家们更多地参与到这项工作中来，并就培养青年地质技术人员的途径和方式献计献策、发挥作用。

随着《国务院关于加强地质工作的决定》出台，我国地质工作正在进入一个新的历史机遇期，国家需要更多的高素质地质工作者。每一个地质工作者都要不辱使命，尽力提高自身能力，通过自己的努力为发展地质事业，全面建设小康社会做出贡献。



2006年3月于北京

《地质调查工作方法指导手册》

编辑委员会成员名单

主任委员：孟宪来

副主任委员：张洪涛 周家寰

委员：（以姓氏笔画排序）

邓晋福	卢民杰	叶建良	任天祥	刘士毅
刘凤山	刘纪选	孙文珂	庄育勋	严光生
张伟	李家熙	杨振升	肖桂义	陈磊
陈仁义	季强	殷跃平	莫宣学	彭齐鸣
曾朝铭				

顾问委员会成员名单

（以姓氏笔画排序）

丁国瑜	马宗晋	方克定	王达	王秉忱	王鸿禎	卢耀如
叶天竺	任纪舜	刘广志	刘广润	刘光鼎	刘宝琚	多吉
孙枢	孙殿卿	汤中立	许志琴	何继善	宋叔和	寿嘉华
张本仁	张宗祜	张弥曼	李廷栋	李佩成	杨起	杨文采
杨遵义	汪品先	汪集旸	沈其韩	肖序常	邱中建	陈庆宣
陈梦熊	陈毓川	於崇文	林学钰	郑绵平	金庆焕	金振民
金翔龙	赵文津	赵鹏大	徐世浙	殷鸿福	涂光炽	袁道先
贾承造	常印佛	童庆禧	董申葆	谢学锦	翟光明	翟裕生
裴荣富	薛禹群	戴金星				

序

我国早前寒武纪高级变质区是华北克拉通主体的组成部分，在扬子地台和塔里木地台区，也有一定的出露，它是研究下部地壳地质作用过程和早期地壳演化的窗口。有的高级区还赋存大型和超大型金属矿产（如铁）和大中型非金属矿产（如石墨和磷等）。研究其成矿规律和地质背景，寻找这些有用矿产，对我国国民经济的持续发展十分必要。因此，高级变质区的研究无论从地质科学的角度，还是从实际应用的角度，均有十分重要的意义。

我国一贯重视对高级变质区的研究，在 20 世纪 60~70 年代，曾开展了大面积的 1:5 万和 1:20 万区域地质调查和若干专题研究。程裕淇等（1963）首次编写了《变质岩的一些基本问题和工作方法》一书，该书对推动和促进当时变质岩区的区调普查工作曾起到重要作用。此后，对我国高级变质区的分布和基本地质情况开始有了更多的了解。但由于基本理论和研究方法等知识都比较薄弱与简单，认为高级变质区主要由变质地层构成，忽略了长英质片麻岩存在的普遍性和多样性以及构造的复杂性。变质地层研究大多以显生宙普遍适用的地层层序法为主，不少长英质片麻岩归入混合岩而作地层处理，地层研究中的构造分析相当薄弱，缺乏构造岩片的观点。多种地层（片麻岩）叠置在一起往往出现高级变质区的巨厚“地层”而难以解释。一直到 80 年代初，经过地质工作者的不断摸索，国外先进经验和工作方法的不断引进，国外同行又适时提出对高级变质区的友好建议，从而对高级变质区的认识不断加深，研究方法不断改进，研究工作不断深入。但从总体上看，对高级变质区的研究仍相对薄弱，研究程度较低，难以弄清其本像。有鉴于此，原地质矿产部于“七五”（1986~1990）期间，在冀东三屯营地区实施了与英国皇家学会开展 1:5 万高级变质岩区填图方法的合作研究，填图工作完成之后，根据填图经验又组织编纂了《高级变质岩区填图方法》一书，这是一本供 1:5 万和 1:20 万填图用的工作手册。在这一手册中，对高级变质区提出了若干新的思路和工作方法。该手册的推广应用对我国高级变质区 1:5 万和 1:20 万地质调查起到了重要的指导作用，为提高新测的 1:5 万地质图幅的调查研究水平做出了重要贡献。其最突出的表现，正如杨振升教授在其序言中指出的：“原 1:20 万地质图中普遍以高级变质地层占统治地位转变为以不同类型的变质深成岩（片麻岩）单位为主的明显变化”。但在这一重大转变过程中难免又出现一些新问题。杨振升教授比较客观地总结出以下 3 点：“①发生了变质深成岩（片麻岩）单位的扩大化，或泛 TTG 化，以及否定混合岩化的趋向；②产生了原高级变质岩地层系统几乎大部分被否

定，对已保留的部分地层单位研究程度也较低；③高级区构造形迹的观察和综合研究较为粗糙等等。”

杨振升教授是主编《高级变质岩填图方法》一书的主要成员，对推广应用该书的成功经验和存在不足了然于胸。他为进一步提高高级变质区区域调查的水平和研究程度，提出了通过再实践、再认识、再总结的新方案，得到了中国地质调查局的大力支持，通过认真选区，以内蒙古大青山-乌拉山地区作为高级变质区的试点地区，开展了新一轮6幅1:5万和包头市幅1:25万地质填图工作（1996~2000，2001~2003），他和他的研究组成员经过8年的艰苦努力，在填图再认识的综合研究中不断总结，取得了重要进展。同时参考国外研究新成果，完成了《高级变质区地质调查与综合研究方法》一书的写作，这是中国地质调查局组织编写的《地质调查工作方法指导手册》之一，该书是在杨振升教授的创意和构建编写提纲的基础上，由其课题组成员分工合作完成的。该书在学术思想和工作方法方面都有了很大进步，特别是对高级变质区中使地质学家深感困惑的问题和以往填图中存在的不足，提出了许多补充和具体工作方法。对高级变质区的复杂性和特殊性，做了系统的论述，用了较大篇幅（三章十四节）突出了高级区构造研究，其中特别强调了部分熔融状态下岩石的变形机制和近水平顺层剪切变形作用研究的重要意义。该书对高级变质区地层单位的划分、层序与地层结构的建立、变质深成岩浆岩和脉岩的鉴别、变质作用的研究等做了比较详细的论述，对立典地区内蒙古大青山-乌拉山高级变质区做了重点论述，对国外典型高级变质区西南格陵兰和阿尔丹地盾区地质构造和构造式样也做了详细的介绍，最后对地质填图的填图内容、填图单位、地质事件的建立、样品采集等等都全面地加以规范化。总之，本书章节编排合理，理论与工作方法融为一体。不少内容具有创新性。对高级变质区的区调和普查有很强的针对性。当然，由于高级变质区的高度复杂性，在应用过程中，可能还会出现这样或那样的新问题，只要认真研究不断总结，问题必将得到进一步解决。总之，本书是一本很好的工作手册或指南，对今后高级变质区1:5万和1:25万地质调查和普查都有重要的指导意义，应尽快公开出版，供区调和普查工作参考使用。预期该书推广使用后，我国新一轮的高级变质区的区调和普查必将出现全新的面貌，从而使我国早前寒武纪变质区的区调工作跃上一个新的台阶。再辅之与此相应的若干专题研究，点面结合，齐头并进，相互交流促进，我国高级变质区的研究必将在不久的将来赶上并达到世界先进水平，甚至可能在某些方面有所超越。

沈其韩

2008年7月15日

序

——深化发展高级变质区地质调查研究

本书是吉林大学杨振升教授及其研究群体，在原长春地质学院从事前寒武纪地质与变质岩构造学研究长期积累的成果基础上，再集近 20 多年持续对高级变质区探索研究之最新进展，总结与概括综合论述高级变质区地质调查与研究方法的专著。这是我国关于高级变质区区域地质调查研究与填图方法重要突出的新进展与新成果。众所周知，高级变质区是大陆地质研究和调查中最为复杂困难与颇易引起争议的领域。本书正式出版不仅会对高级变质区区域地质调查研究起到重要作用，同时也必将对探讨早期地壳形成与演化、大陆地质与大陆构造起到推动促进深化发展的重要作用。

高级变质区调查研究，不仅是区域地质调查的重要内容与任务，而且也因为高级变质区主要是早前寒武纪，尤其是地质早期太古宙时期的产物，而且是中下地壳及以下的深部地质作用与过程的产物，同时往往是遭受多期构造变动，在物质成分与结构上强烈叠加改造复合的综合产物，因此它就成为剥露于地表的大陆地壳中现今保存的关于地球早期陆壳形成演化、深部地质与过程和多期复杂大陆地质演化的信息库，大陆地壳中宝贵的地球陆壳历史的档案馆与天然实验室。显然，它对地学研究之重要与意义，毋庸置疑，但也正因为上述它的基本特性，使之成为固体地球科学研究的难点之一，复杂而难解，揭示恢复重建其原貌原过程及机制也异常困难，迄今很多问题还是正在探索研究中的谜，是地球科学发展非常需要破解的基本科学问题。

杨振升教授及其群体知难而进，在区域地质调查相关主管部门的长期支持下，坚持不懈地从野外大量反复调研到室内测试与综合探索，取得了富有探索创新的重要新进展与新成果。

高级变质区地质调查研究首先遇到的突出问题是其物质组成与结构的识别、筛分与恢复重建，也即高级区的主要基本组成是什么，有无或能否进行地层层序与地层系统的研究与填图和多期复合变形，尤其深部条件下深成多期复合变形如何研究与认识和恢复重建。对此，国内外地学界经历了一个长期探索过程。先期传统上基本是以沉积岩区和中浅变质岩区思维与方法进行研究和填图，以岩石学与岩类学研究为主，并以岩石为单位和透入面理构造为主线，划分地层单元，建立地层系统，进行研究与填图，我国也是如此。但在 20 世纪中叶，大致与板块构造发展同期，对高级变质区的认识与研究发生了重大变革。研究提出了早期陆壳主要由花岗片麻岩区（高级区）、

花岗绿岩带（低级区）和沉积盖层三个构造单元组合构成；早前寒武纪陆壳，特别是太古宙陆壳主要由富钠的英云闪长质花岗岩类岩石（TTG）所构成，虽然它们是地球上最古老的岩石，但不是初始地壳岩石；它们经历了早期克拉通化和多期叠加改造，复杂多样，发育深成岩浆和深成构造作用及水平韧性剪切带与岩墙群，显示已具有板块刚性物理作用基本特征等；据此并以构造-岩石与构造-岩浆事件等构造解析的学术思想与方法，结合地球化学与同位素年代学等进行高级变质区的研究与填图，世界典型者诸如西格陵兰、南非、西澳、南极、阿尔丹、北欧、北美和华北等地，使之在早期陆壳基本组成、属性、特征，构造形成演化与构造体制及成因和动力学等方面，取得重大进展与突破，成为 20 世纪地学发展的主要标志性成果之一。

我国在 20 世纪 90 年代以来，对高级变质区调查研究与填图随着国际地学发展也发生了显著变化。在学术思想与高级变质区调查研究与填图上，突出表现了从普遍以地层划分研究与填图转变为构造与以不同变质深成岩单位为主的研究与填图，其中杨振升与李勤等编著的《高级变质岩区填图方法》（1992）一书也起了重要推动作用。这些进展一方面标志了我国对高级变质区调查研究的深化与进步，但同时也提出了新的问题和争议。即如本书所说的关于泛 TTG 化和高级变质区能否建立表壳岩地层系统和高级变质区复杂构造的精细研究，识别、筛分与恢复重建等问题。杨振升教授及其研究群体，正是在探索实践高级变质区研究中，在原有基础上，又带着这些新的问题，进行了 10 多年的艰苦再探索的实践研究。本书正是他们选择内蒙古大青山-乌拉山区近 7 千平方公里范围内进行重点解剖，并对比世界典型代表性的西南格陵兰、西伯利亚阿尔丹等高级变质区，进行新的总结、概括的成果，是汗水与探索的结晶，取得重要新发现、新认识、新进展。

（1）通过大青山-乌拉山高级变质区构造变形的系统详细野外综合调研，并结合变质岩石学、地球化学与同位素年代学等多学科综合研究，通过构造-岩层（石）-事件法进行地质填图，在确定穹形与穹间褶皱群为主期定型构造，发现并确定先期近水平顺层深成韧性剪切滑脱构造和后期陡倾构造带叠加复合，包括对高级变质区片麻岩的系统调研的新认识和高级变质区表壳岩改造残存不同状态的新解读等综合研究基础上，提出了大青山-乌拉山高级变质区的三阶段构造演化模式。其实质关键在于对高级变质区构造的新探索、新研究、新发现、新解读、新认识，因为这涉及了对大陆壳中最古老早期深成条件下，多期复合变形，尤其在深部深熔固液双相多期多样复合流变变形形成的陆壳古老深层复合流变构造的新的探索研究，构造的筛分识别，解读认识与恢复重建，关系到面对 21 世纪地学新发展，深化发展板块构造，探讨大陆地质与大陆构造及大陆动力学，发展地学和构造理论等当代地学发展前沿的基本问题。

（2）对近水平深成韧性剪切作用与剪切构造的新调研、新解读及成因的新探讨。这是高级区既老又新的问题，因为问题早就提出，但其意义与成因一直在探讨与争

议,而现在面对地学新发展和技术手段的快速发展,重要是如何从发展板块构造、大陆地质与大陆构造,尤其从深部地质与流体参与下的大陆流变构造及地球动力学的新思维来再审视研究,揭示这一客观存在的地质现象的本质与意义,发展地学和构造地质学,深化高级变质区构造研究。本书有新研究、新发现、新认识。

(3) 论著集中章节论述了高级区深成岩浆作用与深熔片麻岩及混合片麻岩。其中突出有新意的是强调了深成岩体(包括TTG)区分为真正深成侵入岩体和深熔岩体,而且特别是深熔片麻岩中相当一部分可能是由早期表壳岩系深熔而形成的深熔岩体变成的深熔片麻岩。这不仅对研究认识高级区深成条件下物质组成与交换十分重要,而且这也就为探讨高级区被改造殆尽的原表壳岩系探索追踪及其地层系统恢复开辟了一个思路与途径,无疑有新的更加深入系统探索研究与讨论的必要和空间。

(4) 对大青山-乌拉山高级变质区构造与组成系统深入研究,并结合变质岩石学、地球化学与同位素年代学研究,论著中还突出阐述建立了大青山-乌拉山高级变质区的地层序列与地层系统。显然,一方面,正如本书所说的,面对20世纪90年代1:5万填图中出现的高级区变质深成岩(片麻岩)单位“扩大化”,即泛“TTG”化和高级变质区地层系统深化研究薄弱等问题,本项研究成果是突出重要新探索与新进展,具有重要探索研究意义。另一方面,地学界,特别是前寒武纪研究中,对此可能还有不同认识与争议,这是正常的,争议总是有的,因为高级区是复杂的,未知未认识领域很多,而且不同地区差异变化大,需要更多更广泛全国全球更深入的调查研究,综合对比,更多占有,更多揭示,深化进化思维,从争议探索中求得更接近客观真实的更高层次的新认识,但不论如何应坚信一点,只要从实际出发,以地学发展的最新进展为学术思想基础,采用最新可靠先进技术,多学科综合进行持续坚实的实际调查研究和探索,力求有新发现、新认识,在探索争议中继续前进,应是发展地学的必由之路。本书就是一项重要的研究实践、探索与总结。

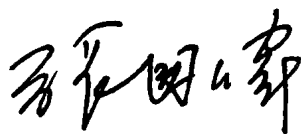
(5) 当代地球科学正面临着发展的重大机遇和新的挑战,一方面全球变化,人类社会可持续发展对地学提出了重大新需求;另一方面,地学在20世纪发展基础上,正处于深化发展板块构造创建新的地学理论重要时期。整体动态研究认识地球,构建地球系统科学,建立新的地学知识体系与技术方法,发展创建新的地球观与构造观,已是新世纪地学发展的动态。其中,发展深化板块构造,已突出了大陆地质与大陆构造和大陆动力学的探索研究,成为当代地学发展的重要前缘领域,高级变质区正是其研究的重要领地与天然实验室。地球早期陆壳如何形成,属性、特征、成因,如何演化,早期构造机制,如何不回返地幔多期构造复合保存、发展等等,都是大陆地质与大陆构造研究和探讨大陆动力学的基本重要科学问题。本书从大青山-乌拉山高级区的重点调查解剖研究中,不但探讨了高级区的调查研究与填图问题,而且也从区调实践研究中正在探索上述大陆地质与大陆构造及大陆动力学的基本问题。本书从大量客

观实际与总结中突出展现了高级变质区反映与揭示的大陆的特性行为与保存发展演化的特有现象与特质。其中尤为突出的呈现了高级变质区特有的深成构造作用与大量丰富的流变构造现象，因此，使人更深刻紧迫的思考，在当代地学发展中，深化研究发展大陆构造与构造地质学基础理论的迫切需要性。构造地质学已经历长期发展，形成了系统理论，但新的地学发展已很紧迫需要从经典传统的几何构造学和以有限应变理论为基础的现代构造地质学，发展创建以深部地质与流体地质及相关最新科学技术为基础的流变构造地质学，以重新认识大陆和大陆结构构造，发展构造地质学基础理论，为整体新的地学理论的发展作出新贡献。高级变质区在这一方面具有得天独厚的条件，本书即从客观上突出了这一现实的需要与现实存在的客观条件与可能。本书的研究启示我们要抓住机遇，共同去努力。

本书是在长期实践研究基础上，对固体地球科学中十分重要而又极其复杂的高级变质区如何进行地质调查研究与填图方法的专门综合系统总结，既是高级变质区调查研究学术理论的探索概括研究专著，又是指导实践的工具书。非常感谢作者们的艰辛实践，潜心研究，总结概括，提供了丰硕成果，又提出了新的问题，令我们去学习、思考与探讨。

高级变质区是地学发展中的一个高地，内容丰富，内涵深邃，信息极多，是探究地球起源与早期演化和后期发展的中枢基石，也是当代地学发展前沿领域——大陆地质与大陆构造，深化发展板块构造与大陆动力学的重要天然实验室与研究基地。杨振升教授及其群体，20余年持之以恒探索研究，取得重要实践与理论的新成果，期望他们面对新的发展，继续探索研究，取得更多新成果。也祝愿在新世纪我国的同行们共同为攀登与攻占这一高地，参与当代地学发展与竞争，作出应有新贡献。

应邀作序，实为学习与思考，但因恰逢事多而繁之时，未得静心细读，只好以粗读的一点心得为序，以供讨论。



2008年3月21日

前 言

本书是《地质调查工作方法指导手册》丛书中，主要介绍高级变质区区域地质调查与综合研究分册。

众所周知，高级变质区是研究下部地壳地质作用过程及其演化历史的重要窗口，也是研究早期地壳地质构造特征的主要对象。但由于它的组成与结构构造的特殊性和复杂性，长期以来在区域地质调查研究中一直是个十分薄弱的环节。为此，原地质矿产部“七五”（1986~1990）期间在冀东三屯营地区实施了与英国皇家学会合作开展新填图方法研究，作者被选定参与了这项专题合作项目。任务完成后，与李勤共同主持编著了《高级变质岩区填图方法》一书，在20世纪90年代以来对我国高级变质区1:5万地质调查工作起了重要推动作用。从新填的1:5万地质图上可明显显示，太古宙高级区的地质结构发生了巨大变化，其中最突出的表现是，原1:20万地质图中普遍以高级变质地层占统治地位转变为以不同类型的变质深成岩（片麻岩）单位为主的明显变化。但在这一重大转变过程中难免又出现一些新问题，其中主要有：①发生了变质深成岩（片麻岩）单位“扩大化”或泛“TTG”化以及否定混合岩化作用的趋向；②产生了原高级变质的岩石地层系统几乎大部分被否定，对已保留的部分地层单位研究程度也较低；③高级区构造形迹的观察和综合分析研究较为粗糙等。

基于此，作者为查证上述新出现的问题，通过认真选区，决定在内蒙古大青山-乌拉山进行区域地质调查与地质填图工作（1996~2000，2001~2003），并得到了中国地质调查局和内蒙古地质矿产勘查局的大力支持。在填图区内，针对上述存在的主要问题，进行了探索性研究，并取得了重要进展。在此基础上，作者结合近三十年不间断地对高级变质区大量野外地质观察实践和室内的综合研究，通过对已研究过地区（诸如：辽东、辽西、吉南、冀东、胶东、五台-太行以及英国苏格兰等）的再研究与再认识，同时对国内外在这一领域已发表的大量文献及专著的研读后，使作者对这一曾使地质学家深感困惑的高级变质区有了认识上的突破和飞跃。这样，通过对现存实际问题的野外深入调查，及对已有概念和观点的再审定，结合作者对高级区地质研究的经验，目前已有可能和很有必要对高级变质区地质调查和综合研究有关问题和有关工作方法进行新的总结。

作者在冀东三屯营地区新填图方法研究过程中，所以能将原属麻粒岩相的迁西群地层解体，是由于在辉石麻粒岩相的三屯营片麻岩单位中发现了已退变为角闪麻粒岩相的韧性剪切带；又如，在内蒙古大青山-乌拉山所以能确立该区新的高级变质岩石地层系统，也是在建立了该区相继形成的三种构造样式基础上才得以实现的。可见不论是原有迁西群的解体，还是大青山-乌拉山新的早前寒武纪地层层序和地层系统建立，都和对该区构造变形特征及其形成规律的新认识和新发现有着十分密切关系。因此，作者认为在高级变质区从事区域地质调查与地质填图工作，首先要具备较好的构造地质学的理论功底，同时在构造地质学与矿物学、岩石学的有机结合上有较深入的理解。为此，本书正文一开始就用了

三章的篇幅进行了有益于高级变质区从事构造变形研究的必要的理论、概念和具体操作方法上的系统阐述。这一部分特别充实了有关下地壳近水平顺层滑脱构造作用、深层次岩石部分熔融对岩石变形作用影响、变质构造岩系统分类和深部构造层次形成的构造片麻岩成因类型系统的提出等。其后的三章主要是较深入地介绍高级变质区岩石地层、变质深成岩浆岩和高级变质作用的研究内容,其中第五章作者以大青山-乌拉山为典型实例,系统而完整地介绍了从事高级变质岩石地层组成、地层划分与地层结构建立的实践过程中所获得的基本经验和工作要求,在变质深成岩浆岩一章中明确了高级变质区的片麻岩类是多成因多类型的,强调由下地壳深熔作用形成的深熔片麻岩和深熔混合岩在高级变质区广泛存在的重要意义,提出了有关深熔片麻岩与变质深成侵入岩的鉴别标志和工作要求及工作程序。本书第八章简要介绍了三个典型高级变质区的地质构造与构造样式研究进展,其中尤以内蒙古大青山-乌拉山高级变质区构造样式研究成果为例,从主期穹褶构造样式特征较详细分析到后期东西陡倾构造带构造样式的简要描述以及早期近水平顺层滑脱构造样式的提出,在这里将这个高级变质区的构造样式系统的研究思路和工作方法介绍给读者,同时又将西南格陵兰太古宙高级变质区和阿尔丹地盾高级变质区的地质构造特征,研究进展也一并提供给大家,其目的是为从事高级变质区研究工作者提供一些可信的工作模型。本书最后一部分是介绍高级变质区的地质填图工作要求和工作的方法。以较大篇幅系统介绍了地质填图内容,特别是对变质深成岩浆岩和变质岩石地层的填图单位的划分原则与方法,填图单位和正式单位建立的程序和要求以及表达方式;并且以实例的形式具体介绍了地质构造事件序列研究的思路和内容。

本书的编著是在杨振升的创意和构建编写提纲的基础上分工完成。其中前言、第一、八章由杨振升完成,第九章由杨振升、黄道玲完成。第二、三、四章由刘正宏完成,第五、六、七章由徐仲元完成,全文由杨振升统编最终定稿。此外,还有宋海峰、吴新伟和陈晓峰等参加了大青山-乌拉山野外地质调查及部分室内工作。

在本书完成过程中得到了中国地质调查局、内蒙古地质矿产勘查局及地质调查研究院、天津地质矿产研究所和吉林大学地质调查院、地球科学学院的全力支持。其中沈其韩、卢良兆、彭齐鸣、庄育勋、卢民杰、齐和日格、于庆文、邵积东、胡凤翔、苗培森、谷永昌等对本项目的顺利完成给予了热情支持,阎鸿铨热心地提供有关阿尔丹地盾近期研究成果。本项目书稿终审在沈其韩院士主持下,卢民杰、庄育勋、陈磊、万渝生、刘俊来、刘永江、姚培毅等对本书提出了有益的建议和意见。我们特别邀请了沈其韩和张国伟两位院士为本书作序,他们在给予作者高度评价的同时又提出了很有意义的期待。作者在此基础上又进行了认真修改和必要的补充。我们在此一并表示衷心感谢。

由于高级变质区地质构造的复杂性和多样性,更由于作者研究区域范围所限,书中所总结的有关问题尚待进一步完善,恳请读者阅后多加指正。

杨振升

2008年4月于长春

目 次

前 言

第一章 概论	(1)
一、高级变质区的基本特征	(1)
二、高级变质区的地质调查和地质填图	(2)
三、在高级变质区地质调查过程中应注意的几个重要问题	(3)
第二章 高级变质区构造分析的基本要点	(7)
第一节 构造层次及其特征	(7)
一、构造层次及其构造变形特征	(7)
二、影响构造层次发育的基本因素	(9)
第二节 部分熔融状态下岩石的变形机制	(9)
一、部分熔融的存在及其变形特征	(9)
二、差应力对部分熔融作用和熔体迁移的影响	(11)
三、部分熔融状态下岩石的变形机制	(12)
四、脆性破裂作用	(16)
第三节 近水平顺层剪切变形作用	(17)
一、岩石圈流变学分层	(17)
二、近水平顺层剪切流动变形的构造要素组合	(19)
三、近水平顺层剪切流变与深熔作用	(21)
四、对高级变质地层结构的改造	(22)
第四节 递进变形和变形分解作用	(23)
一、递进变形作用	(23)
二、变形分解作用	(25)
第五节 物性对高级变质岩石变形的影响	(27)
一、不均一性对构造变形影响	(27)
二、岩石的能干性对变形的影响	(28)
三、岩石变形行为的环境和时间因素	(29)
第六节 叠加褶皱、构造置换和岩石再造	(30)
一、叠加褶皱	(30)
二、构造置换	(32)
三、岩石再造	(36)
第三章 高级变质区构造变形研究	(37)
第一节 高级变质区的层状构造	(37)
一、层状构造的类型	(38)
二、变余沉积层状构造与变质构造成因的层状构造的鉴别标志	(43)
三、层状构造研究在确定高级变质区地层系统中的意义	(43)

第二节 高级变质区构造形迹观测与研究	(44)
一、面理	(44)
二、线理	(47)
三、石香肠构造	(49)
四、褶皱构造类型与鉴别	(54)
第三节 构造形迹组合与构造序列	(57)
一、构造形迹组合和构造序列的含义	(58)
二、构造组合与构造序列的研究	(58)
三、构造序列对比	(59)
第四章 高级变质区韧性剪切带研究	(61)
第一节 韧性剪切带的基本类型	(61)
一、高级变质区韧性剪切带的基本特征	(61)
二、韧性剪切带类型	(62)
第二节 变质构造岩类型与韧性剪切带	(64)
一、构造片麻岩及其特征	(65)
二、构造片岩及其特征	(76)
三、糜棱岩类型及其特征	(80)
第三节 韧性剪切带中构造形迹的观察与研究	(84)
一、各向同性岩石中韧性剪切带的组构特征	(84)
二、各向异性岩石中韧性剪切带的组构特征	(85)
三、线理	(86)
四、褶皱构造的观察与研究	(87)
第四节 韧性剪切带的剪切指向和总位移的确定	(89)
一、剪切指向的确定	(89)
二、剪切带两盘位移距离	(91)
第五节 韧性剪切带与岩墙、岩脉关系研究	(92)
一、岩墙和剪切带之间关系	(92)
二、部分熔融岩脉	(93)
第五章 高级变质地层单位的划分、层序与地层结构的建立	(94)
第一节 变质沉积岩层的鉴别	(95)
一、层状片麻岩	(95)
二、层状片麻岩的变形变质改造效应	(95)
三、辨别变质沉积岩层的一般方法和原则	(96)
第二节 变质地层单位的划分和确定	(102)
一、变质地层单位划分方法和思路的选择	(102)
二、构造岩石地层组合的划分	(103)
三、构造岩石地层组合特征的研究实例	(104)
第三节 变质地层层序和区域地层系统的重建	(109)
一、变质地层层序和区域地层系统重建的基础	(109)
二、构造变形与变质地层关系的研究	(111)
三、标志层或组合标志层的研究和意义	(113)
四、地层厚度的测算和接触关系的研究	(115)

五、重建变质地层系统和层序的方法和步骤	(117)
六、对高级变质构造岩石地层层序、地层系统重建的基本评价	(118)
第四节 变质沉积地层的原岩恢复与古构造环境分析	(119)
一、样品的采集和分析	(119)
二、变质作用对原岩成分的影响	(120)
三、原岩恢复	(121)
四、古构造环境的分析	(123)
第六章 变质深成岩浆岩及脉岩的研究	(128)
第一节 深熔作用与深熔片麻岩	(129)
一、深熔作用的一般概念	(129)
二、深熔作用存在的基本标志	(130)
三、深熔片麻岩与深熔混合岩	(131)
第二节 变质深成侵入岩	(144)
一、变质深成侵入岩的确定	(144)
二、几个典型的变质深成侵入岩系列	(146)
第三节 变质深成侵入岩单位的接触关系、内部组构特征和产状的研究	(153)
一、接触关系的研究	(153)
二、变质深成侵入岩中的内部组构特征及意义	(155)
三、变质深成侵入岩的产状	(164)
第四节 变质深成侵入岩中的包体研究	(166)
一、包体的类型及特征	(167)
二、变质深成岩浆岩中包体的研究意义	(168)
三、包体的研究内容和研究方法	(169)
第五节 变质深成岩浆岩单位的划分、命名及序列重建、地球化学和同位素年代学	(170)
一、变质深成岩浆岩岩石类型的确定	(170)
二、变质深成岩浆岩单位的划分和命名	(170)
三、原岩恢复及其地球化学与同位素年代学研究	(172)
四、高级变质区变质深成岩浆岩单位时空演化序列的重建需要注意的几个问题	(172)
第六节 高级变质区中脉岩的观察与研究	(173)
一、高级变质区脉岩的研究意义和作用	(173)
二、高级变质区脉岩的产出形态、分布特征和意义	(174)
三、脉岩中的组构特征及其动力学意义	(174)
四、多期基性脉岩的辨别	(176)
五、变形脉岩的观察与研究	(177)
第七章 高级变质区变质作用的研究	(179)
第一节 野外地质观察和取样	(179)
第二节 高级变质作用的条件	(180)
一、矿物共生组合的确定	(180)
二、高级变质矿物组合	(181)
三、高级变质岩石中矿物的标型特征	(182)
四、地质温压计	(185)