

国家自然科学基金
资助项目

Metamorphic and
Tectonic Evolution
of the Archean
Granulite Belt
of Mt. Daqingshan
and Gold
Mineralization,
Inner Mongolia,
China

内蒙古大青山太古宙麻粒岩带的 变质构造演化及金的成矿

甘盛飞 著



内蒙古大青山太古宙麻粒岩带的 变质构造演化及金的成矿

甘盛飞 著

(沈阳黄金学院地质系)

国家自然科学基金资助项目

辽宁科学技术出版社

内 容 提 要

本书是在详细野外地质调查和大量室内研究工作基础之上写成的关于太古宙麻粒岩带地质的第一部学术专著。全面系统地阐述了内蒙古大青山太古宙麻粒岩带的地层层序、变质原岩建造环境、地球化学特征、变质作用的 P-T 轨迹与变质演化的动力学条件、宏观及显微变形特征、变形期次与应变量、岩组学特征,首次对形成于麻粒岩相条件下的糜棱岩进行了深入的分析,建立起了大青山太古宙麻粒岩带的板块构造演化模式,对大青山麻粒岩带中金矿床的地质特征与形成条件进行了总结和分析,明确提出太古宙麻粒岩带是地壳板块构造机制的最早期产物,强调了太古宙高级岩区金的成矿与找矿的潜在意义。

本书引用了大量国内外有关文献,实际材料丰富,立论有据,附有大量图表,是当前我国前寒武纪地质和金矿地质研究方面的重要参考资料之一。可供广大野外地质工作者、地质研究人员和大专院校有关专业的教师和学生使用。

内蒙古大青山太古宙麻粒岩带 的变质构造演化及金的成矿

甘盛飞 著

Nei meng gu Da qing shan Tai gu zhou Ma li Yan dai de Bian zhi
Gou zao Yan hua ji Jin de Cheng kuang

辽宁科学技术出版社出版发行 (沈阳市和平区北一马路 108 号)

辽宁有色矿产地质研究所印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:19 3/16 字数:420,000

1992 年 6 月第 1 版 1992 年 6 月第 1 次印刷

责任编辑:刘兴伟 责任校对:何辛

封面设计:邹君文

印数:1-1,000

ISBN 7-5381-1381-9/P·6 定价:13.00 元

序

地质科学是一门既具基础性又具应用性的科学。就其基础性而言,它要研究地球的起因、发展与演化,以及在这一漫长过程中各种地质作用的复杂过程和演变规律,深化人们对自然界的认识;就其应用性而言,它涉及地壳中矿产资源的开发和各种地质作用对人类自身的影响,直接服务于人类社会。所以地质科学与国民经济建设的发展有着十分紧密的联系。我国的地质科技工作者为社会主义建设事业做出了巨大贡献,被誉为祖国建设的开路先锋。

我国一向以地大物博而称著于世,这为广大的地质工作者施展才华提供了广阔天地,同时也给地质科研工作的发展创造了有利的条件。

总体上看,我国的矿产资源品种繁多,储量丰富,有的矿种占到世界总储量的50%以上,但由于我国是个人口大国,矿产资源的勘探和开发仍不能完全满足国民经济建设和社会发展的需要。就黄金资源而言,虽然在“七·五”期间探明的储量比“六·五”增长了2.7倍,黄金总产量也比“六·五”净增69%,但要看到,我国探明的黄金储量在世界总储量中所占比重仍很小,而且90%以上的保有储量已被利用。从矿床规模上看,以小型者居多,大中型矿床的数量在全部探明矿床中尚不足20%。目前探明的黄金地质储量严重不足,仍然是制约黄金工业更快发展的主要障碍,这就要求我们广大地质工作者和黄金矿山的职工要加倍努力工作,强化找矿效果,合理开发、充分利用现有资源,这当中,地质科学的理论研究起着十分重要的指导作用。

目前,我国的黄金工业正处于一个新的大发展时期,如何使黄金工业在“七·五”的基础上有新的突破,使我国早日跨入世界产金大国的行列,是我们所面临的一项艰巨任务。这就给黄金地质勘探和地质理论研究工作提出了更加紧迫和更高的要求。实践证明,地质科研成果的运用对矿产资源的勘探和开发起着十分重要的指导和推动作用,黄金矿种也不例外,如60年代我国胶东半岛前寒武纪特大型焦家式蚀变岩型金矿床的发现就是与我国广大地质科技工作者的努力分不开的,近年来在辽宁发现的排山楼剪切带型金矿床,更是得益于基础地质理论的研究成果。

可见国民经济要发展,黄金工业要快上,离不开基础地质理论研究。而将地质理论应用于地质勘探工作和国民经济建设,充分发挥其理论指导作用,无论现在还是将来都是我们应当高度重视并努力实践的一个重要问题。我国太古宙岩石分布广泛,出露齐全,其中赋存着许多重要的金矿床,愿我们的地质工作者,一方面加强对早期地壳地质演化特征的基础理论研究,在太古宙地质学领域取得高水平的研究成果。另一方面又注重对太古宙岩区金矿床成矿规律与找矿方向的分析,深化我们对地质找矿工作的战略性认识,力争在近期内使黄金地质勘探工作取得更大的突破性进展,为进一步加速我国的黄金工业发展

的步伐做出重要贡献。

正是从这个意义上讲,甘盛飞博士所著《内蒙古大青山太古宙麻粒岩带的变质构造演化与金的成矿》一书是值得加以推荐的。

该书涉及太古宙地质理论研究现状,大青山麻粒岩带的岩石、地层、地球化学、变质作用、构造变形、演化机制及金矿床地质等诸多内容,作者不仅对太古宙地质学中的前沿性基础理论课题进行了比较深入的探索,提出了自己独到的理论见解,而且还就太古宙高级变质岩区金矿的成矿作用这样难度较大的课题作了分析,这对于我国的地质科学研究人员和地质找矿工作者无疑具有较大的参考价值。

国家黄金管理局副局长 艾大成

1991年9月10日

前 言

早前寒武纪地质研究始终是围绕早期陆壳的形成、性质和演化这样一个重大地质学课题而开展的。从六十年代起,早期陆壳的认识随着在世界各古老高级变质岩区构造形变解析中获得了前所未有的突破性进展,并很快地改变和迅速地影响着已很流行的一些基本观点、工作方法和理论思路。这是现代地质学形成和发展中的一件大事,表现为在高级变质岩区由构造简单化概念的一次重大深化,韧性变形机制的理解和花岗岩类岩石成因的新认识,大大促进了早期陆壳的分析方法和理论的改进和更新,使早前寒武纪地质学或太古宙史的研究成为一个最具综合性的地质学研究对象。早前寒武纪地质不仅时空距宏大,又涉及丰富矿产资源,且对早期壳幔关系的了解也对后继的地壳演化研究有着深刻的影响,因而受到学术界的普遍关注,也因此而使早前寒武纪地质学从过去一度单纯的变质岩石学研究中脱颖而出。

在早前寒武纪地质学研究中,带根本性变化的一些发现和事实有如:至今有大面积出露的约 39 亿年龄值的早期最古老地壳是由花岗岩类所组成,而不是基性超基性岩类,并可由具 42 亿年龄值的锆石推测到更古老的花岗岩类源岩;下地壳的地球物理描述的康拉德面和“玄武岩质”层未被科学深钻和出露地表的下地壳剖面研究所证实;早期陆壳内构造线变化频繁无优选方向特征已为多期褶皱迭加成因规律所取代,而花岗质片麻岩穹窿也大多为层状侵入体的事实所改正;肯定了年龄高达 30 亿年以上的克拉通(卡普瓦尔克拉通和津巴布韦克拉通)或 27—28 亿年龄值的世界陆壳普遍的克拉通化过程和刚性陆壳构造单元的存在的地质构造演化意义;太古宙麻粒岩相变质作用的温压测算获得了当时古地热梯度在 25—30℃/km 的判断,与现今地壳地热状态非常接近而有可能进行比较,这对早期陆壳构造性质和太古宙不均匀的散热系统的认识是非常重要的基础;绿岩带的成因环境及其与周边花岗片麻岩区的形成时序的争论,因在一系列地点发现它不整合在花岗片麻岩基底之上而平息;38 亿年龄的古老沉积剖面中见到了既有 BIF,也有杂砂岩和白云岩的水成环境与古元古宙史很近似;确定了达 28 亿年以上的未变质不变形的基性岩墙群分布所揭示的洲际规模古大陆的存在等事实,至少从 30 亿年前后的陆壳性状中认识到,陆壳不是由陆核增生过程形成的。早期陆壳薄而软的概念也因其地热梯度与现今近似而得出其性状与现今的陆壳状态类同的认识所改变,因而陆壳均匀增生率概念已被持更否定的态度所取代。再者,早期大陆均衡漂浮及陆内裂谷构造的早期岩石圈演化模式亦改变为因早期陆壳经历极度改造而更近于具刚性板块碰撞造山的模式,并更强调太古宙末世界古陆各麻粒岩相带的出现不仅是碰撞造山成因机制的反映,也是大陆演化史中的一个重要的阶段划分标志,而现代大陆基底实为古老大陆的碎块或后期改造的产物,且全世界古元古宙沉积区较少的事实,也支持了太古宙末第一次形成的超级大陆的存在。所有这些新的见解,在富于想象的早前寒武纪地质演化研究领域里,在第 28 届国际地质大会(1989)上都表现了对上述理性认识的极大的一致性和认同,板块模式和

拼贴作用主流，给人以极为深刻的印象。

最近的十几年来，随着研究的进展和学术交流，我有幸访问过世界著名的一些古陆地盾区，在那里作过一些地质旅行和面积性考察，有的地方还不止一次访问过，如加拿大台盾各区，美国亚利桑纳区，波罗的台盾，西澳伊尔冈区，西伯利亚北部的阿纳巴尔台盾及南非、斯威士兰和津巴布韦的卡普瓦尔、巴伯顿和林波波带等，对古老陆壳研究有了更新的了解，古陆形成和演化研究中所获得的长足进展和学术观点迅速更新。它们都有详尽的大、中比例尺的构造岩性地质图件，有精确的年龄数据，地球化学也给予这些认识分析上的支持，获得了对早期大陆岩石圈演化基本模式的理解，也是表现出了现代地质学在早期陆壳演化史理论中的新趋势。我们在八十年代一直就在这一方面开展工作，并确认了华北克拉通化过程发生在晚太古宙，它是完全可与世界各古陆对比的典型古老克拉通之一。

甘盛飞博士在北京大学攻读博士学位期间(1985—1988)，经年潜心于华北克拉通北缘麻粒岩相带的成因和孔兹岩套原始环境和韧性变形的研究。近几年在国家自然科学基金的资助下，又进行了大量观测对比，基于上述学术思想和课题发展前缘的认识，现在提出了关于麻粒岩带地质研究的专著，诚可庆贺。全书十一章共40余万字，包括太古宙地质学研究状况、大青山太古宙麻粒岩带的岩石组合、原岩环境、地层层序、地球化学、变质作用、宏观及显微变形、岩组学特征、构造演化、金矿形成作用等内容，几乎涉及到了太古宙地质学的各主要方面。各部分内容充实，立论有据，反映了作者扎实的理论基础和很强的研究能力。其中一些问题的讨论更是体现了作者的大胆探索精神，如关于变质作用过程中元素的活动性、变质温度与压力的动态变化关系、麻粒岩相糜棱岩的变形特征、黑云母击象与岩石圈板块的刚性、高级变质岩区金成矿的潜在性等，不仅立意新颖，更具重要意义，十分可贵。作者的工作是深入细致的，对我国太古宙地质学的一些特征分析和重要结论是很有意义的，发表出来与同行讨论是很有价值的。我也很乐意于写出这本专著的学术背景，盼望它能对我国早前寒武纪地质研究起推动的作用，也就是我介绍这部书的最大心愿。

北京大学地质学系教授

钱祥麟

1992年4月于燕园

目 录

序	1
前 言	1
第一章 太古宙地质的主要问题与研究进展	1
一、概述	1
二、太古宙与元古宙界限的确定	1
三、太古宙两大地体的关系	2
1. 太古宙岩石组合及其分布	2
2. 太古宙绿岩带与高级区的演化模式及相互关系	3
四、太古宙板块构造问题	4
1. 太古宙时期地球的热状态与地幔对流	4
2. 地幔对流与板块构造	5
五、早期地壳性状	5
1. 太古宙地壳的成分	5
2. 太古宙大陆地壳的形成	7
3. 太古宙地壳的构造性状	8
六、太古宙的成矿作用	8
七、太古宙地质研究方法 & 主要成就	9
八、我国的太古宙地质研究	11
九、存在的问题	13
本章小结	13
第二章 华北太古宙麻粒岩带基本特征及研究现状	15
一、太古宙麻粒岩带与早期地壳演化	15
二、华北太古宙麻粒岩带研究概况	18
三、华北太古宙麻粒岩带的简要地质特征	19
1. 地层与岩石组合	19
2. 变质作用	21
3. 构造特征	23
本章小结	24
第三章 大青山太古宙麻粒岩带的岩石组合、成岩环境及地层层序	25
一、乌拉山群的研究概况	25
1. 地层问题	25
2. 变质作用	27
3. 构造变动	27
二、乌拉山群的岩石组合及其分布	28

1. 麻粒岩类	28
2. 片麻岩类	29
3. 角闪岩类	29
4. 片岩类	30
5. 碳酸盐岩类	30
三、乌拉山群岩石的原岩恢复与成岩环境	30
1. 乌拉山群岩石中锆石的特征及其成因	30
2. 乌拉山群岩石的原岩恢复	38
3. 乌拉山群岩石的成岩环境分析	50
四、乌拉山群沉积变质岩系的岩性变化韵律	50
1. 变质岩物质成分的改变与岩性韵律	50
2. 乌拉山群变质岩石的岩性韵律及物质成分变化	51
3. 乌拉山群变质岩系中变余韵律层确认的地质意义	57
五、乌拉山群的地层层序与地层关系问题	57
1. 乌拉山群的地层层序	57
2. 乌拉山群地层关系讨论	58
本章小结	60
第四章 大青山太古宙麻粒岩带的地球化学特征	61
一、主量元素的地球化学特征	61
1. 主量元素的含量变化情况	61
2. 主量元素之间的相互关系	69
二、微量元素的地球化学特征	70
1. 微量元素的含量变化	74
2. 微量元素之间的相互关系	76
3. 乌拉山群岩石的生热值	83
三、稀土元素的地球化学特征	86
1. 含石榴黑云母片麻岩类岩石的稀土元素地球化学特征	86
2. 黑云角闪二长片麻岩和斜长角闪岩类岩石的稀土元素地球化学特征	90
3. 角闪长石片麻岩和长英质片麻岩类岩石的稀土元素地球化学特征	92
4. 麻粒岩类岩石的稀土元素地球化学特征	92
5. 稀土元素在变质过程中的活动性	94
本章小结	95
第五章 乌拉山群岩石的变质作用	96
一、乌拉山群岩石的变质矿物组合及其变化	96
1. 麻粒岩的变质矿物组合	96
2. 片麻岩类岩石的矿物组合	98
3. 大理岩的矿物组合	99
4. 变质矿物组合的空间分布	99
二、乌拉山群岩石的变质矿物—辉石、石榴石、角闪石、黑云母—的标型特征	102
1. 辉石的标型特征	103

2. 石榴石的标型特征	105
3. 角闪石的标型特征	110
4. 黑云母的标型特征	113
三、乌拉山群岩石变质作用的 P—T 条件及变质程度分析	115
1. 乌拉山群岩石的变质温度	115
2. 乌拉山群岩石的变质压力	118
3. 大青山地区乌拉山群岩石的变质程度分析	118
四、大青山太古宙麻粒岩带的变质演化及其动力学	119
1. 变质反应与变质期次	120
2. 环带石榴石的成分变化与乌拉山群岩石的变质 P—T 轨迹	123
3. 乌拉山群岩石的变质演化阶段及其动力学分析	128
本章小结	130
第六章 大青山太古宙麻粒岩带的宏观构造特征	131
一、乌拉山群岩石的面状构造特征	131
1. 片理的产状特征	131
2. 片理的分期及其相互关系	134
二、乌拉山群的褶皱构造	135
1. 褶皱构造的分期	135
2. 各期褶皱的特征	135
三、乌拉山群岩石的线状构造	140
1. 线理的产状特征	140
2. 矿物线理的性质及其相互关系	142
四、乌拉山群岩石的构造应变变量分析	142
1. 方法讨论	142
2. 岩石变形量的计算	144
五、太古宙麻粒岩带的构造变形演化简析	146
1. 第一变形期(D1)	146
2. 第二变形期(D2)	147
3. 第三变形期(D3)	147
4. 第四变形期(D4)	147
本章小结	148
第七章 大青山太古宙麻粒岩带的显微变形特征	149
一、乌拉山群岩石中矿物的塑性变形与岩石的变形条件	149
1. 一些矿物的塑性变形特征	149
2. 乌拉山群岩石的变形条件分析	152
二、乌拉山群岩石变形与变质作用的关系	154
三、乌拉山群岩石中的黑云母击象及其地质意义	157
1. 黑云母击象的显微特征	157
2. 黑云母击象形成的时代及其地质意义	158
本章小结	159

第八章 大青山麻粒岩相眼球状片麻糜棱岩带的构造变形特征	160
一、韧性变形、糜棱岩及其相关问题的讨论.....	160
1. 韧性变形与塑性变形	160
2. 糜棱结构与糜棱岩	161
3. 糜棱岩的分类	161
二、大青山眼球状片麻糜棱岩带的宏观和显微特征	163
1. 眼球状片麻岩与糜棱岩	163
2. 大青山眼球状片麻糜棱岩带的地质产状	164
3. 大青山眼球状片麻糜棱岩带的显微特征与物质成分变化	166
三、大青山眼球状片麻糜棱岩带的变形分析	169
1. 糜棱岩带的应变量分析	169
2. 糜棱岩带的运动方向	173
四、大青山眼球状片麻糜棱岩带的形成机制简析	174
1. 眼球状片麻糜棱岩带的变形条件	174
2. 眼球状片麻糜棱岩带的形成机制	174
本章小结	175
第九章 大青山太古宙麻粒岩带的岩组学特征	176
一、石英光轴优选方位的成因	176
二、大青山太古宙麻粒岩带岩石中的石英光轴优选方位	177
1. 五当召	177
2. 包头—固阳公路	179
3. 哈达门沟	181
三、大青山太古宙麻粒岩带石英组构的动力学分析	183
1. 石英光轴的优选方位与变形条件	183
2. 太古宙麻粒岩带岩石石英组构的动力学特征	185
3. 眼球状片麻糜棱岩带的变形机制	186
本章小结	187
第十章 大青山太古宙麻粒岩带的构造演化	189
一、太古宙地壳的构造性状与板块构造	189
二、大青山太古宙麻粒岩带的演化模式	190
本章小结	196
第十一章 大青山太古宙麻粒岩带金的成矿作用	197
一、变质岩中金的赋存状态及金的沉淀	197
1. 金的赋存状态	197
2. 金的沉淀富集	197
二、高级变质岩区金成矿的潜在意义	198
1. 高级区中金矿床的发现	198
2. 高级岩区金矿床的主要特征	199
3. 高级岩区金矿成矿作用分析	199
三、大青山地区金矿床的一般地质特征	201

1. 含金建造	201
2. 构造特征	201
3. 矿化类型、矿石类型及金的赋存状态	204
4. 矿体的产状特征	205
5. 围岩蚀变	205
6. 同位素地质特征	208
四、大青山地区金矿床的成矿作用	212
1. 金矿床形成的物理化学条件	212
2. 金成矿的控制因素	214
3. 金矿床的形成时代、成矿期次及成因类型	219
本章小结	222
结束语	223
参考文献	224
英文摘要	238
照片图版	270
后 记	287
附录:矿物代号	288

CONTENT

FOREWORDS	1
PREFACE	1
Chapter 1 RESEARCH ADVANCES AND PROBLEMS OF ARCHEAN GEOLOGY	
1.1 Background	1
1.2 Determination of the Boundary Between Archean and Proterozoic	1
1.3 Relations Between the Two Archean Terranes	2
1.3.1 Archean rock associations and distribution	2
1.3.2 Evolving models and relationship of Archean greenstone belt and high-grade terrane	3
1.4 Archean Plate Tectonics	4
1.4.1 Geothermal regime and mantle convection in Archean	4
1.4.2 Mantle convection and plate tectonics	5
1.5 The Tectonic Regime of Early Crust	5
1.5.1 Archean crustal compositions	5
1.5.2 Archean continental crust formation	7
1.5.3 Tectonic regime of Archean crust	8
1.6 Archean Mineralization	8
1.7 Research Methods and Achievements of Archean Geology	9
1.8 Archean Geological Research in China	11
1.9 Problems	13
Conclusions	13
Chapter 2 FUNDAMENTAL FEATURES OF NORTH CHINA ARCHEAN GRANULITE BELT AND THE RESEARCH STATUS	
2.1 Archean Granulite Belt and Early Crustal Evolution	15
2.2 Research Outline of North China Archean Granulite Belt	18
2.3 Geological Features of North China Archean Granulite Belt	19
2.3.1 Strata and rock associations	19
2.3.2 Metamorphism	21
2.3.3 Structural features	23
Conclusion	24

Chapter 3 ROCK ASSOCIATIONS, PROTOLITH-FORMING ENVIRONMENT AND STRATUM SEQUENCE OF ARCHEAN GRANULITE BELT OF MT. DAQINGSHAN

3.1 Research Background of Wulashan Group	25
3.1.1 Strata	25
3.1.2 Metamorphism	27
3.1.3 Structural deformation	27
3.2 Rock Associations and Distribution of Wulashan Group	28
3.2.1 Granulite	28
3.2.2 Gneiss	29
3.2.3 Hornblendite	29
3.2.4 Schist	30
3.2.5 Carbonate rock	30
3.3 Protolith Types and Forming Environment of Wulashan Group	30
3.3.1 Features of zircons and their origin in Wulashan group rocks	30
3.3.2 Protolith types of Wulashan group metamorphic rocks	38
3.3.3 Protolith-forming environment of Wulashan group rocks	50
3.4 Petrocyclothem in the Metasedimentary Rocks of Wulashan Group	50
3.4.1 Compositional changes of metamorphic rocks and petrocyclothem	50
3.4.2 Petrocyclothem and compositional changes of Wulashan group Metamorphic rocks	51
3.4.3 Geological significances of meta-petrocyclothem in Wulashan group rocks	57
3.5 Stratum Sequence and Stratum Relationship of Wulashan Group	57
3.5.1 Wulashan group stratum sequence	57
3.5.2 Discussion on the stratum relationship of Wulashan group	58
Conclusions	60

Chapter 4 GEOCHEMISTRY OF ARCHEAN GRANULITE BELT OF MT. DAQINGSHAN

4.1 Geochemistry of Major Elements	61
4.1.1 Content changes of major elements	61
4.1.2 Relations among major elements	69
4.2 Geochemistry of Trace Elements	70
4.2.1 Content changes of trace elements	74
4.2.2 Relations among trace elements	76
4.2.3 Heat-producing value of Wulashan group rocks	83

4.3 Geochemistry of Rare Earth Elements	86
4.3.1 REE Geochemistry of garnet—bearing—biotite gneiss	86
4.3.2 REE Geochemistry of biotite—hornblende—feldspar gneiss and plagioclase—hornblende gneiss	90
4.3.3 REE Geochemistry of hornblende—feldspar gneiss and felsic gneiss	92
4.3.4 REE Geochemistry of granulite	92
4.3.5 Mobility of rare earth elements during metamorphism	94
Conclusions	95

Chapter 5 METAMORPHISM OF WULASHAN GROUP ROCKS

5.1 Metamorphic Mineral Assemblages and Distributions	96
5.1.1 Mineral assemblages of granulite	96
5.1.2 Mineral assemblages of gneiss	98
5.1.3 Mineral assemblages of marble	99
5.1.4 Spatial distribution of metamorphic mineral assemblages	99
5.2 Typomorphic Characters of Metamorphic Minerals	102
5.2.1 Typomorphic characters of pyroxene	103
5.2.2 Typomorphic characters of garnet	105
5.2.3 Typomorphic characters of hornblende	110
5.2.4 typomorphic characters of biotite	113
5.3 Metamorphic P—T Conditions and Metamorphic Grade	115
5.3.1 Metamorphic temperature	115
5.3.2 Metamorphic pressure	118
5.3.3 Analysis of metamorphic grade of Wulashan group in Mt. Daqingshan area	118
5.4 Metamorphic Evolution and Geodynamics of Archean Granulite Belt of Mt. Daqingshan	119
5.4.1 Metamorphic reactions and metamorphic phases	120
5.4.2 Compositional changes of zoned garnet and metamorphic P—T paths of Wulashan group rocks	123
5.4.3 Metamorphic evolving stages and geodynamical analysis of Wulashan group rocks	128
Conclusions	130

Chapter 6 MEGASCOPIC STRUCTURAL FEATURES OF ARCHEAN GRANULITE BELT OF MT. DAQINGSHAN

6.1	Plane Structures	131
6.1.1	Schistosity attitude	131
6.1.2	Schistosity phase and relation	134
6.2	Fold Structures	135
6.2.1	Phases of folding structures	135
6.2.2	Features of folds of different phases	135
6.3	Lineation Structures	140
6.3.1	Attitude of lineations	140
6.3.2	Mechanical property and relations of mineral lineations	142
6.4	Structural Strain Analysis	142
6.4.1	Methods	142
6.4.2	Structural deformational value	144
6.5	Simple Analysis of Structural Deformation of Archean Granulite Belt of Mt. Daqingshan	146
6.5.1	First deformational phase (D1)	146
6.5.2	Second deformational phase (D2)	147
6.5.3	Third deformational phase (D3)	147
6.5.4	Fourth deformational phase (D4)	147
	Conclusions	148

Chapter 7 MICROSCOPIC DEFORMATIONAL FEATURES OF ARCHEAN GRANULITE BELT OF MT. DAQINGSHAN

7.1	Mineral Plastic Deformation and Rock Deformational Conditions of Wulashan Group	149
7.1.1	Plastic deformational features of minerals	149
7.1.2	Analysis of deformational conditions	152
7.2	Relationship Between Deformation and Metamorphism of Wulashan Group	154
7.3	Biotite Percussion Figure and Its Geological Significances in Wulashan Group Rocks	157
7.3.1	Microscopic features of biotite percussion figure	157
7.3.2	Forming—time and geological significances of biotite percussion figure	158
	Conclusions	159

Chapter 8 STRUCTURAL DEFORMATIONAL FEATURES OF THE GRANULITE FACIES AUGEN GNEISSIC MYLONITE ZONE OF MT. DAQINGSHAN

8.1 Discussions on Ductile Deformation, Mylonite and Other Related	
Problems	160
8.1.1 Ductile deformation and plastic deformation	160
8.1.2 Mylonitic texture and mylonite	161
8.1.3 Classification of Mylonite	161
8.2 Mega— and Micro—scopic Features of the Augen Gneissic	
Mylonite Zone	163
8.2.1 Augen gneiss and mylonite	163
8.2.2 Geological outline of the augen gneissic mylonite zone	164
8.2.3 Microscopic features and compositional changes of the augen gneissic mylonite zone	166
8.3 Deformational Analysis of the Augen Gneissic Mylonite Zone	169
8.3.1 Strain analysis of the mylonite zone	169
8.3.2 Movement direction of the mylonite zone	173
8.4 Analysis of the Forming—mechanism of the Augen Gneissic Mylonite Zone	174
8.4.1 Deformational conditions of the mylonite zone	174
8.4.2 Forming—mechanism of the mylonite zone	174
Conclusions	175

Chapter 9 PETROFABRIC FEATURES OF ARCHEAN GRANULITE BELT OF MT. DAQINGSHAN

9.1 Origin of Preferred Orientation of Quartz c—axis	176
9.2 Preferred Orientation of Quartz c—axis in the Archean Granulite Belt	177
9.2.1 In Wudangzhao area	177
9.2.2 Along Baotou—Guyang Road	179
9.2.3 At Hadamengou	181
9.3 Dynamic Analysis of Quartz Fabric in the Archean Granulite Belt	183
9.3.1 Fabric preferred orientation and deformational condition of quartz	193
9.3.2 Dynamic features of quartz fabric in the Archean granulite belt	185
9.3.3 Deformational mechanism of augen gneissic mylonite zone of Mt. Daqingshan	186
Conclusions	187

Chapter 10 GEOLOGICAL EVOLUTION OF ARCHEAN GRANULITE BELT OF MT. DAQINGSHAN