

国家重点黄金科技攻关
项目90051-01系列丛书

五台山-恒山绿岩带 金矿床地质

沈保丰 孙继源 田永清 著
骆辉 毛德宝 李双保 李俊建

地质出版社

111
3
1

国家重点黄金科技攻关
项目90051-01系列丛书

五台山-恒山绿岩带金矿床地质

天津地质矿产研究所

沈保丰 骆 辉 毛德宝 李双保 李俊建

山西地质矿产勘查开发局

孙继源

山西省地质科学研究所

田永清

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 摘 要

本书以丰富的资料为基础,全面系统地阐述了五台山-恒山绿岩带的地质特征、构造演化及其形成背景;论述了剪切带的类型、特征及其形成演化与金矿化的关系;详细地研究了金矿床的地质背景、矿床特点、控矿因素、成矿流体和稳定同位素等特征,划分了金矿床类型;分析了成矿流体和成矿物质来源及与绿岩带的亲缘关系;论证了各种金矿床的继承性和变异特征,建立了金矿床的成矿模式;指出该绿岩带及其金成矿作用可与世界上典型的绿岩带可对比,但以后期的活化改造和再生型金矿床的发育而别具特色,丰富和发展了绿岩带成矿理论;建立了金矿的综合信息找矿模式,确定了金矿的预测准则,提出成矿远景区,认为本区金矿贮藏量较大,是一个亟待开发的地区。

本书可供从事前寒武纪地质、矿床学、岩石学、地球化学、构造地质学、地质勘探、矿山地质等科研、生产和教学工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

五台山-恒山绿岩带金矿床地质/沈保丰等著.-北京:地质出版社,1998.5

ISBN 7-116-02672-X

I. 五… II. 沈… III. 绿岩-金矿床-地质构造-山西 IV. P618.510.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 28356 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 薛子俭



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:787×1092 1/16 印张:11.5 铜版图:3 页 插页:2 页 字数:300000

1998 年 5 月北京第一版·1998 年 5 月北京第一次印刷

印数:1—800 册 定价:35.00 元

ISBN 7-116-02672-X

P·1933

(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

太古宙绿岩带是早期地壳演化的产物,是地壳中最古老的岩石单元之一和重要的组分单元。对它的研究,对了解太古宙地幔的性质和成分,早期地壳的形成和演化等有着重要的理论意义。同时,在绿岩带中又赋存着丰富的矿产资源,如金、铜、铅、锌、铬、铁等,因而探讨绿岩带的成矿地质条件,对指导找矿有着重要的现实意义。

太古宙绿岩带是主要的含金岩系,故有人称绿岩带为金矿带。绿岩带金矿,特别是脉型金矿,是人类继砂金矿后重要的开采对象。在绿岩带中不仅赋存着大量的中、小型金矿床,还有许多大型和特大型金矿床,例如:加拿大阿比提比绿岩带中提敏斯-波丘潘金矿田已产金 1600 t;西澳伊尔岗地块上的卡尔古利金矿床累计产金达 1200 t;印度科拉尔金矿床产金 800 t 以上;美国霍姆斯塔克金矿床金产量为 1120 t;而被古元古代外生沉积作用改造的南非太古宙绿岩带中的维特瓦特斯兰德金铀砾岩矿床规模更是巨大,自 1886 年发现到 1986 年底的 100 年内,共产金 44700 t,占世界累计总产量的 41.5%。我国绿岩带型金矿床也广泛分布在华北陆台,是当前我国的主要金矿类型和重要的开采对象,如焦家、玲珑、文峪、阳寨峪、夹皮沟、排山楼、金厂峪、小营盘等大型、特大型金矿床都与绿岩带有关。因而研究绿岩带型金矿床的成矿特征、分布规律、预测标志,对指导在绿岩带分布区寻找金矿有重要的经济意义。

发育于山西省东北部的五台山-恒山地区的五台群,主要是一套由新太古代、以变质镁铁质火山岩为主的火山-沉积岩系,表壳岩以规模不等的片岩带被包围在花岗岩-片麻岩杂岩中,变质程度为次绿片岩相和低角闪岩相,是我国较为典型的花岗岩-绿岩带之一。由于其出露较好,地层齐全,界线清楚,铁、金等矿产丰富,长期以来一直为中外地质学家所关注,从 1871 年李希霍芬起,到现在已有一百多年的研究历史,积累了丰富的地质资料。特别自 80 年代以来,由于我国经济建设发展的需要,地质工作进入了黄金时代,开展了大量的基础地质和矿产地质的生产和研究工作,完成了大量的 1:5 万区域地质调查,对义兴寨-辛庄、支家地、耿庄、伯强、鹿沟、高凡、东腰庄、狐狸山等金(银)矿区进行了地质勘探工作,同时山西省地质科学研究所、天津地质矿产研究所、长春地质学院等单位先后在本区开展了专题研究工作,提交了一批研究报告和专著,如李树勋、冀树楷等著的《五台山区变质沉积铁矿地质》,白瑾主编的《五台山早前寒武纪地质》,田永清主编的《五台山-恒山绿岩带地质及金的成矿作用》,白瑾、王汝铮的《五台山早前寒武纪重大地质事件及年代》,沈保丰、骆辉等的《辽宁清原山西五台太古宙地体中金矿地质特征和靶区预测》,陈俊明等的《山西省灵丘北山绿岩型金矿成矿地质条件和地球化学特征》,李江海、钱祥麟的《恒山早前寒武纪地壳演化》,陈平、陈俊明的《山西主要成矿区带成矿系列及成矿模式》等,对本区的基础地质和以金为主的成矿作用,提出了一些新见解、新认识,取得了明显的进展。

“山西省五台山-恒山地区花岗岩-绿岩地体中金矿类型、地质特征及远景预测”是国家重点黄金科技攻关二级项目“中国花岗岩-绿岩地体金矿地质特征、矿床模式及远景预测”

(编号 90051-01)的课题(编号 90051-01-6)。该课题的主要任务是研究五台山-恒山花岗岩-绿岩地体中金矿床类型、成矿特征、控矿因素、矿床模式及远景预测,重点研究产在五台群变质火山沉积岩和铁建造的、受韧性剪切带控制的同构造晚期初生型金矿床和绿岩带被中生代岩浆活动改造的,与侵入岩-次火山岩有关的构造期后的再生型热液金矿床,探索绿岩带构造期后的古元古代砾岩金矿。课题下设 8 个专题,分别研究东部铁建造金矿、西部及岩头-康家沟-宽滩的绿岩带金矿、古元古代砾岩金矿、义兴寨-辛庄、伯强、太那水-刁泉等与次火山岩有关的再生型热液金(银)矿等金矿的成矿地质特征、成矿作用及远景预测等。研究工作从 1991 年 6 月到 1994 年 12 月,各专题组分别提交了研究报告:骆辉等的《五台山东部绿岩带铁建造金矿地质特征成矿条件及远景预测》,田永清等的《五台山西部绿岩带金矿地质及远景预测》,曹国雄等的《五台山绿岩带岩头-宽滩-康家沟一带绿岩型金矿找矿前景》,李双保等的《恒山义兴寨-辛庄地区金矿地质特征及靶区预测》,王殿惠的《山西省灵丘县太那水-刁泉地区花岗岩-绿岩地体中次火山岩热液金矿床地质特征及远景预测》,杨敏之等的《五台山绿岩带变质砾岩型金矿床成矿地质条件、找矿远景的研究》。在各专题组的工作基础上,根据任务,课题组开展了野外地质调研和室内综合整理。在各专题组的成果基础上进行了系统的分析、归纳和综合,并提交了课题研究报告。研究报告是集体劳动的结果,参加编写课题研究报告的有天津地质矿产研究所的沈保丰、骆辉、毛德宝、李双保、李俊建;山西地质矿产局的孙继源;山西省地质科学研究所的田永清。

“山西省五台山-恒山地区花岗岩-绿岩地体中金矿类型、地质特征及远景预测”研究报告于 1994 年 10 月 26 日由地质矿产部科学技术司主持进行了评审验收。评审委员会由李廷栋、陈毓川、程裕淇、宋叔和、张炳熹等院士,以及蒋志、陈贤杰、朱凯、姚培慧、梅友松、王泽九、翟冠军、张铁林、朱明玉、杨文智和陆松年等专家组成。评审委员会对研究报告给予了很高的评价,并提出了一些修改意见。作者对评委们的辛勤劳动表示深切的谢意。

《五台山-恒山绿岩带金矿床地质》是在“山西省五台山-恒山地区花岗岩-绿岩地体中金矿类型、地质特征及远景预测”研究报告的基础上,根据专家们的修改意见,补做了少量工作,参考了近期发表的有关文献,并对部分章节内容进行了补充、删减和修改而成。本书是集体劳动的成果。参加本书的编写人员有沈保丰、孙继源、田永清、骆辉、毛德宝、李双保和李俊建,最后由沈保丰统编全书。英文摘要由毛德宝翻译。

本专著今日能得以问世,有赖于地质矿产部科学技术司、山西地勘局和天津地质矿产研究所各级领导的直接指导和大力支持。在课题工作过程中曾得到李廷栋院士、陈毓川院士、地质矿产部科学技术司孙培基高工、山西地勘局陈平总工程师、冶金部第三地勘局张维根总工程师、山西省地质科学研究所王世安所长、李秉钺副所长和天津地质矿产研究所陆松年所长、白瑾研究员等的大力支持和指导。天津地质矿产研究所和山西地勘局所属的有关测试室、同位素地质室、照相室、计算机组、绘图组等完成了大量的测试任务和清绘复制工作。在此,作者对给予我们支持与帮助的领导、专家和同志们表示衷心的感谢。

目 录

前 言(沈保丰)

第一章 区域成矿地质背景(田永清)	(1)
第一节 区域大地构造位置	(1)
第二节 花岗岩-绿岩带	(2)
一、分布	(2)
二、层序、岩石类型及变质作用	(2)
三、褶皱构造和剪切变形带	(22)
四、花岗质岩石地质、地球化学	(33)
五、同位素年代(沈保丰)	(44)
六、同高级区的关系	(45)
第三节 中生代构造岩浆活动(毛德宝)	(47)
一、构造特征和岩体分布	(47)
二、花岗岩和次火山岩的地质地球化学	(49)
三、岩浆活动的时代及其演化	(53)
四、岩石成因探讨	(56)
第四节 区域地球物理特征	(59)
一、岩石的密度和磁性	(59)
二、重磁场特征	(59)
三、小结	(62)
第二章 金矿床类型(沈保丰)	(63)
第一节 金矿床类型	(63)
第二节 空间分布	(65)
一、同构造晚期初生型金矿床的空间分布	(65)
二、构造期后再生型金矿床的空间分布	(65)
第三章 绿岩带同构造晚期初生型金矿床	(67)
第一节 层控金矿床(骆辉)	(67)
一、铁建造中金矿床	(67)
二、变质火山岩-沉积岩中金矿床	(75)
第二节 脉型金矿床(田永清)	(78)
第三节 成矿控制因素(田永清、骆辉)	(82)
一、岩性地层的控制作用	(82)
二、构造变形的控制作用	(84)
三、岩浆活动的控制作用	(92)
第四节 成矿作用(骆辉)	(93)
一、成矿物质来源	(93)
二、成矿流体性质	(96)
三、成矿温压条件	(100)

四、矿床成因	(100)
第四章 构造期后再生型变质砾岩金矿床(孙继源)	(103)
第一节 含金变质砾岩的分布层位	(103)
一、四集庄组变质砾岩分布概况	(103)
二、四集庄组变质砾岩层位、层序	(104)
第二节 含金变质砾岩的基本特征	(104)
一、变质砾岩厚度及其变化	(104)
二、变质砾岩成分及类型	(105)
三、变质砾岩的砾石形态及砾径	(106)
第三节 变质砾岩金矿床(化)的地质特征和类型	(106)
一、含金变质砾岩层位及岩石性质	(106)
二、含金变质砾岩沉积的古构造环境	(106)
三、含金变质砾岩沉积的古地理环境	(106)
四、含金砾岩的变质作用	(108)
五、变质砾岩的含金性	(108)
六、金的赋存状态	(109)
七、变质砾岩金矿床(化)类型	(109)
第四节 变质砾岩金矿床(化)的形成条件及区域成矿模式	(112)
一、金矿床(化)形成条件	(112)
二、变质砾岩金矿床(化)区域成矿模式	(114)
三、小结	(114)
第五章 构造期后与次火山岩有关的再生型金矿床(毛德宝、李双保)	(116)
第一节 与次火山岩有关的热液金(银)矿床的分布	(116)
第二节 产在次火山岩中的金矿床	(116)
一、耿庄金矿床	(116)
二、太那水金矿床	(118)
三、刁泉金矿床	(118)
第三节 产在花岗岩-绿岩带中的金矿床	(119)
一、高凡银金矿床	(119)
二、义兴寨金矿床	(121)
第四节 控矿条件分析	(125)
一、火山机制、构造与金矿床的关系	(125)
二、次火山岩系列组合和金矿化的关系	(127)
第五节 成矿作用	(128)
一、成矿物质来源	(128)
二、成矿流体性质	(133)
三、成矿的物理化学条件	(137)
四、矿质的迁移和沉淀	(138)
五、成矿与绿岩带的关系	(138)
第六章 金矿床的成矿规律和矿床成因(沈保丰、田永清、毛德宝)	(140)
第一节 绿岩带金矿床的成矿规律	(140)

一、成矿作用的多样性和多期性	(140)
二、岩石地层对金矿化的作用	(140)
三、剪切变形是一种重要的成矿作用	(141)
四、断裂成矿作用	(143)
五、岩浆活动与绿岩带金矿床在空间-时间上的伴生性	(143)
六、构成一定的矿床密集区、成矿系列	(143)
第二节 矿床成因模式	(144)
一、新太古代—古元古代矿源层(岩)的形成阶段	(144)
二、早前寒武纪变质变形活化成矿阶段	(145)
三、中生代岩浆活化成矿阶段	(145)
第七章 金矿床的找矿信息、找矿模型和预测(田永清、李俊建、沈保丰)	(147)
第一节 岩石和地层单元中金的含量	(147)
一、岩石中金的含量及其分布	(147)
二、各地层单元的含金性	(149)
第二节 地质找金的信息	(151)
一、层位和岩性	(151)
二、构造标志	(152)
三、岩浆岩	(152)
四、围岩蚀变	(153)
五、岩相古地理环境	(153)
第三节 地球化学找金信息	(154)
第四节 遥感地质找金信息	(156)
一、线性影像	(156)
二、环形影像	(157)
三、影像分区特点	(157)
第五节 物探找金信息	(158)
第六节 金矿的综合找矿模型	(158)
第七节 金矿的远景预测	(159)
一、绿岩带金矿的预测依据——选区准则	(160)
二、远景区的预测	(160)
三、绿岩带金矿的远景评价	(161)
结束语(沈保丰)	(163)
参考文献	(166)
英文摘要	(170)
图版说明及图版	(179)

CONTENTS

PREFACE

CHAPTER 1 GEOLOGICAL BACKGROUND OF REGIONAL MINERALIZATION

1.1	Regional geotectonic location	(1)
1.2	Granitoid-greenstone belts	(2)
1.2.1	Distribution	(2)
1.2.2	Sequence rock type and metamorphism	(2)
1.2.3	Fold structure and shear deformation zones	(22)
1.2.4	Geology and geochemistry of granitoid	(33)
1.2.5	Geochronology	(44)
1.2.6	Relationship with high-grade area	(45)
1.3	Mesozoic tectonomagmatism	(47)
1.3.1	Tectonic character and distribution of rock bodies	(47)
1.3.2	Geology and geochemistry of granite and subvolcanic rock	(49)
1.3.3	Magmatic chronology and evolution	(53)
1.3.4	Research of magmatite genesis	(56)
1.4	Regional geophysical character	(59)
1.4.1	Density and magnetism of rocks	(59)
1.4.2	Features of gravitational and magnetic field	(59)
1.4.3	Summary	(62)

CHAPTER 2 TYPE OF GOLD DEPOSITS

2.1	Type of gold deposits	(63)
2.2	Spatial distribution	(65)
2.2.1	Spatial distribution of late syntectonic primary gold deposits	(65)
2.2.2	Spatial distribution of post-tectonic regenerated gold deposits	(65)

CHAPTER 3 LATE SYNTECTONIC PRIMARY GOLD DEPOSITS IN GREENSTONE BELTS

3.1	Stratabound gold deposits	(67)
3.1.1	Gold deposits in BIF	(67)
3.1.2	Gold deposits in metavolcanic-sedimentary rocks	(75)
3.2	Vein gold deposits	(78)
3.3	Metallogenic controlling factor	(82)
3.3.1	Lithostratigraphy	(82)
3.3.2	Structural deformation	(84)
3.3.3	Magmatic activity	(92)

3. 4 Metallization	(93)
3. 4. 1 Source of ore-forming materials	(93)
3. 4. 2 Nature of ore-forming fluid	(96)
3. 4. 3 Condition of ore-forming temperature and pressure	(100)
3. 4. 4 Genesis of ore deposits	(100)

CHAPTER 4 POST-TECTONIC REGENERATED METACONGLOMERATE

GOLD DEPOSITS	(103)
4. 1 Stratigraphical distribution of auriferous metaconglomerate	(103)
4. 1. 1 Distribution of Sijizhuang Formation metaconglomerate	(103)
4. 1. 2 Metaconglomerate horizons and sequence of Sijizhuang Formation	(104)
4. 2 General features of auriferous metaconglomerate	(104)
4. 2. 1 Thickness and its change of metaconglomerate	(104)
4. 2. 2 Composition and type of metaconglomerate	(105)
4. 2. 3 Shape and grain sizes of gravels in metaconglomerate	(106)
4. 3 Geological character and type of metaconglomerate gold deposits	(106)
4. 3. 1 Horizon and petrology of auriferous metaconglomerate	(106)
4. 3. 2 Paleotectonic environment of auriferous metaconglomerate	(106)
4. 3. 3 Paleogeographic environment of auriferous metaconglomerate	(106)
4. 3. 4 Metamorphism of auriferous metaconglomerate	(108)
4. 3. 5 Gold content in metaconglomerate	(108)
4. 3. 6 Hosted state of gold	(109)
4. 3. 7 Type of metaconglomerate gold deposits	(109)
4. 4 Forming condition and regional metallogenic model of metaconglomerate gold deposits	(112)
4. 4. 1 Forming condition of gold deposits	(112)
4. 4. 2 Regional metallogenic model of metaconglomerate gold deposits	(114)
4. 4. 3 Summary	(114)

CHAPTER 5 POST-TECTONIC REGENERATED GOLD DEPOSITS RELATED

TO SUBVOL CANIC ROCKS	(116)
5. 1 Distribution of hydrothermal gold (silver) deposits related to subvolcanic rocks	(116)
5. 2 Gold deposits in subvolcanic rocks	(116)
5. 2. 1 Gengzhuang gold deposit	(116)
5. 2. 2 Tainashui gold deposit	(118)
5. 2. 3 Diaquan gold deposit	(118)
5. 3 Gold deposits in granitoid-greenstone belts	(119)
5. 3. 1 Gaofan gold deposit	(119)
5. 3. 2 Yi xingzhai gold deposit	(121)
5. 4 Analyse of ore-controlled conditions	(125)
5. 4. 1 Relationship between volcanic mechanism, tectonic and gold deposits	(125)
5. 4. 2 Relationship between subvolcanic assemblage and gold metallization	(127)

5.5 Metallization	(128)
5.5.1 Source of ore-forming materials	(128)
5.5.2 Nature of ore-forming fluid	(133)
5.5.3 Physical-chemical condition of forming ore deposit	(137)
5.5.4 Migration and precipitation of ore materials	(138)
5.5.5 Relationship between metallogeny and greenstone belts	(138)
CHAPTER 6 METALLOGENY AND GENESIS OF GOLD DEPOSITS	(140)
6.1 Metallogeny of greenstone belts gold deposits	(140)
6.1.1 Diversity and multiphase of mineralization	(140)
6.1.2 Effects of rocks on gold mineralization	(140)
6.1.3 Shear deformation——an important mineralization	(141)
6.1.4 Faulted mineralization	(143)
6.1.5 Temporal-spatial association of magmatism and greenstone belts gold deposits	(143)
6.1.6 Forming certain concentrated region of mineral deposits and mineralizing association	(143)
6.2 Genesis model of mineral deposits	(144)
6.2.1 Forming stage of late Archean-early Proterozoic source bed (rock)	(144)
6.2.2 Metamorphic-deformational-mobilizing ore-forming stage in early Precambrian	(145)
6.2.3 Magmatic-mobilizing ore-forming stage in Mesozoic	(145)
CHAPTER 7 PROSPECTING INFORMATION, PROSPECTING MODEL AND PROGNOSIS OF GOLD DEPOSITS	(147)
7.1 Gold content in rocks and strata	(147)
7.1.1 Gold content and distribution in rocks	(147)
7.1.2 Gold content in strata	(149)
7.2 Prospecting information of gold deposits	(151)
7.2.1 Horizon and lithology	(151)
7.2.2 Tectonic marks	(152)
7.2.3 Magmatite	(152)
7.2.4 Wallrock alteration	(153)
7.2.5 Lithofacies-paleogeographic environment	(153)
7.3 Geochemical information for prospecting gold	(154)
7.4 Remote-sensing information for prospecting gold	(156)
7.4.1 Linear image	(156)
7.4.2 Ring image	(157)
7.4.3 Character of image divided region	(157)
7.5 Geophysical information for prospecting gold	(158)
7.6 Generalized prospecting model for gold deposits	(158)
7.7 Prospective prognosis of gold deposits	(159)
7.7.1 Selected-area criterion——prognosis basis of gold deposits in greenstone belts	(160)
7.7.2 Prognosis of prospective area	(160)
7.7.3 Prospective valuation of gold deposits in greenstone belts	(161)

CONCLUSIONS (163)

REFERENCES (166)

ENGLISH SUMMARY (170)

PLATES AND ILLUSTRATION (179)

第一章 区域成矿地质背景

第一节 区域大地构造位置

山西省东北部的五台山-恒山花岗岩-绿岩地体,在大地构造上属于华北陆台的中部,是地台区太古宙陆核的重要组成部分之一(图 1-1)。从图中不难看出,该区的花岗岩-绿岩带与华北陆台其他地区,乃至国外典型的太古宙绿岩带基本相似,它产出在主要由灰色片麻岩组成的卵形构造隆起带的边缘与陆块之间。具体地讲,在五台山-恒山绿岩带的东南是阜平太古宙片麻岩穹隆,而西北则是包括桑干河流域在内的内蒙古高级变质陆核,有人认为它们是前五台期的两个太古宙陆块(李继亮等,1990)。因此,根据建造类型和构造演化,五台山-恒山及其毗邻的部分可分为 3 个构造区:恒山高级变质区、阜平片麻杂岩区和五台山绿岩带。它们之间的边界线均为古断裂或韧性剪切带,属不同的构造地层地体(田永清等,1991)。

恒山高级变质区 是内蒙古-桑干河高级变质地体的一部分,主体在恒山东段。恒山高级变质区 80% 以上是灰色片麻岩(恒山杂岩),绿岩带呈规模不大的断片横贯其中。恒山西段的绿岩带宽度较大,地层发育较完整,有可能与五台山绿岩带连成一体。灰色片麻岩由两大部分组成:一是片麻状的英云闪长岩-奥长花岗岩(太古宙 TTG 杂岩)和英云闪长岩-石英闪长岩(温庄及义兴寨岩体),其中含有二辉麻粒岩和斜长角闪岩包体;二是表壳岩层,主要是原岩可能为杂砂岩的前庄旺表壳岩(岩性为条带状混合岩化的黑云变粒岩、斜长角闪岩、浅粒岩、辉石角闪磁铁矿石岩),另有少量原岩为基性火山岩-杂砂岩的董庄表壳岩作为麻粒岩相变质的残块产于 TTG 杂岩中。普遍存在的钾质二长花岗岩,则是灰色片麻岩重熔的产物。

阜平片麻杂岩区 亦称阜平片麻岩穹隆,为高级变质地体。阜平片麻杂岩区为呈北东向延伸的穹状复合褶皱体,与五台山绿岩带为构造接触,以巨型龙泉关韧性剪切带分隔开。阜平片麻杂岩由太古宙中深变质的麻粒岩、斜长角闪岩、斜长片麻岩、夕线石片麻岩、浅粒岩、变粒岩、磁铁矿石岩和大理岩等组成。斜长片麻岩包括黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩和黑云二长片麻岩等,有的含有少量石榴子石,有时见有角闪岩等包体。该类岩石构成阜平片麻杂岩的主体,约占岩石总量的一半以上,其原岩以英云闪长岩为主,其次为花岗闪长岩,可能有少量杂砂岩。阜平岩群的下部以斜长角闪岩为主,夹有少量麻粒岩。斜长角闪岩常呈层状,具块状和条纹-条带状构造,原岩为基性火山岩。中上部为黑云斜长片麻岩、夕线石英片麻岩、变粒岩、浅粒岩、磁铁矿石岩和大理岩等,原岩为长英质火山岩和沉积岩。

五台山绿岩带 其主体在五台山区,西起原平,东至灵丘,呈北东东向展布,全长大于 160 km,宽 35 km 左右。绿岩层以五台群变质火山-沉积岩系为代表,总厚度在 7000 m

以上,其中火山岩及火山沉积岩占 65%。绿岩的变质程度主要为绿片岩相,部分达低角闪岩相。花岗岩类以不同的时期和就位机制散布在绿岩带的外部 and 内部,约为总面积的 30%~40%。绿岩带经过多期构造变形,其总体格架为一复式向形,但又被若干整合断层(主要是剪切带)所肢解,因而呈现出复杂的、有时为不连续的带状分布,并可与世界典型的太古宙绿岩带相对比。

第二节 花岗岩-绿岩带

一、分布

如果把花岗岩-绿岩带理解为由被淹没在花岗质岩石的海洋中的以镁铁质火山岩为主(通常称为绿岩)组成的表壳岩层(Condie, 1981),那么五台山-恒山花岗岩-绿岩带则仅指分布于该地区的“五台群”及其相关的花岗质岩石(内部的和外部的岩体)。正如前文所指出,该绿岩带主要分布在五台山区,但在相邻的恒山、云中山及系舟山也有分布;总体上呈北东-南西向延长(见图 1-1)。从云中山算起,绿岩带东西向出露的长度达 220 km,宽 35 km 左右,东端被显生宙地层所覆盖。系舟山的部分应是五台山绿岩带向南的一个分支,并由此构成沿阜平太古宙穹隆西-西北边部的弧形带。在恒山地区,绿岩带呈近东西向的窄带嵌布在中-高级变质的花岗-片麻杂岩中,延长 150 km 以上,宽 3~6 km,在东端和西段均有与五台山绿岩带相连结的趋势(图 1-2)。

从总体上讲,花岗岩-绿岩带呈形态复杂的,北东端收敛而南西部散开的束状。这种复杂形态既与绿岩层本身的构造变形有关,同时又在一定的程度上受着花岗质岩石的侵位和基底岩石的构造所控制。

二、层序、岩石类型及变质作用

虽然绿岩带在世界范围内具有基本上一致的地层层序、岩石组合及低级的变质作用,但深入研究表明,绿岩带具有不同的类型,因而它们在上述几方面可以存在较大的差异(A. M. Goodwin, 1980; K. C. Condie, 1981; B. F. Windley, 1984)。对于五台山-恒山绿岩带来讲,它自身的特征可能更为突出。

(一) 地层层序

“五台群”从 1904 年维里士在五台山区创立(B. Willis 等, 1907)至 60 年代山西区调队厘定(武铁山等, 1979)以来,作为绿岩带地层在国内(外)具有一定的代表性,但在层序划分上却长期得不到统一。究其原因,除认识上的分歧外,岩带本身构造的复杂性是其最直接的因素。近年来随着构造-岩性-地层方法的应用及对五台群构造变形的深入了解,在地层层序的建立上曾达到了前所未有的统一(白瑾等, 1986; 李树勋等, 1986)。当然也仍有人怀疑“五台群”能否建立层序,提出用混杂带、复理石推覆体的概念来认识这套变质程度不同的岩石问题(李继亮等, 1990)。但就目前积累的资料看,已建立的各种层序(表 1-1)有着较充分的依据,主要表现在某些沉积特征和原生构造明显的岩石,如绢英片岩,以条带状铁建造(BIF, 以下简称铁建造)为特征的含铁岩系等,尽管内部变形较复杂,但在区域上仍呈稳定的状态延展,这从花岗岩-绿岩带地质图上可以清楚地看出来(图 1-2)。

目前提出的地层划分方案主要有 3 种(表 1-1)。这 3 种方案中一致之处是高凡亚群的界线和形成时代,主要分歧是关于下部绿片岩相-角闪岩相的变质火山岩系地层的划分问

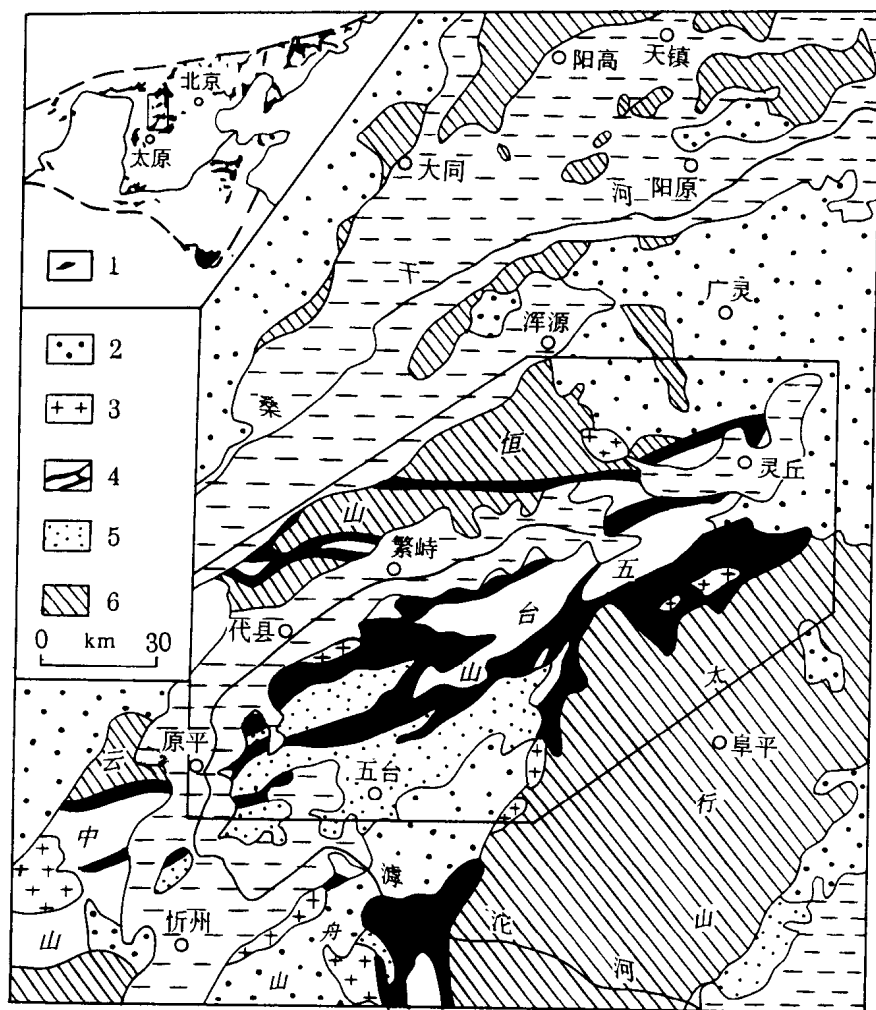


图 1-1 五台山-恒山花岗岩-绿岩地体的构造位置图

(图中方框示研究范围, 断线代表第四系沉积物覆盖区)

1—太古宙的露头区; 2—显生宙沉积盖层; 3—深成花岗岩类; 4—花岗岩-绿岩; 5—变质沉积岩;
6—基底高级变质杂岩

题。白瑾等 (1980, 1986) 和徐朝雷等 (1989, 1992) 的划分似乎一致, 都将五台群三分, 而且亚群的命名也完全相同, 但实质上却有原则性的差别, 后者认为 80 年代早期按变质程度区分中、下亚群的不整合不存在, 所谓的甘泉不整合实为滹沱群与五台群间的接触界面。徐朝雷等根据其在鸿门岩组与柏枝岩组之间的绢云母石英片岩底部发现有零星分布的变质砾岩, 因而将它作为一个界面, 恢复 1:20 万区调的“芦咀头组” (原称“芦咀头段”), 从而建立一个具有新内涵的“台怀亚群”。田永清等 (1988, 1991) 认为, 所谓的芦咀头组不仅变质砾岩仅见于个别地段, 而且绢英片岩的厚度也很不稳定, 加厚处又多为韧性剪切带的变形岩石, 因此不足以构成一个岩石地层单位和划分亚群的界线地层岩组。因此, 结合 1:5 万区调成果, 将五台群重新厘定为上、下两个亚群。上亚群仍称为高凡亚群, 包括张

表 1-1 五台山区五台群划分方案对比表

	白瑾、徐朝雷等 (1986)			徐朝雷、胡学智等 (1989)			本 书		
古元古界	溥沱群		四集庄组	溥沱群		四集庄组	溥沱群	四集庄组	
新 太 古 界	五 台 群	高 凡 亚 群	羊蹄沟组 洪寺组	五 台 群	高 凡 亚 群	鹞口前组 磨河组 张仙堡组	五 台 群	高 凡 亚 群	鹞口前组 磨河组 张仙堡组
		台怀 亚群	鸿门岩组 柏枝岩组		台怀 亚群	鸿门岩组 芦咀头组		石 咀 亚 群	鸿门岩组 柏枝岩组/文溪组 庄旺组 金刚库组 板峪口组
		石 咀 亚 群	文溪组 庄旺组 金刚库组 板峪口组		石 咀 亚 群	柏枝岩组/文溪组 庄旺组 金刚库组 板峪口组			

仙堡组、磨河组和鹞口前组。下亚群以称石咀亚群为宜，包括板峪口组、金刚库组、庄旺组、文溪组/柏枝岩组、鸿门岩组。在地层层位上，文溪组和柏枝岩组相当，但两者变质程度明显不同，因而依然用文溪组表示角闪岩相的含铁岩系，柏枝岩组表示绿片岩相的含铁岩系。田永清等还认为，五台群形成在古元古代。我们基本上采用田永清等的五台群划分方案，但其时代归属则为新太古代。

按照新厘定的方案，五台群分石咀亚群和高凡亚群两个亚群，辖板峪口组、金刚库组、庄旺组、文溪组/柏枝岩组、鸿门岩组、张仙堡组、磨河组和鹞口前组共 8 个岩组，厚度在 7000 m 以上，综合层序及原岩组合见图 1-3。

石咀亚群是绿岩带的主要火山岩石单元，多分布在五台山区，向东延伸至灵丘南山，跨过溥沱河在恒山西段大片出露，似有与五台山相连的趋势，向西可延伸到云中山区（图 1-1）。其平面分布形态为不规则条带状，呈 NEE-SWW 向展布。

该亚群由低-中压型绿片岩相至角闪岩相的火山-沉积岩系组成。底部为陆源碎屑沉积岩（板峪口组），主要是长石石英岩、微斜长石浅粒岩、黑云变粒岩和透闪大理岩等。近来田永清等（1996）提出，该组岩石组合的原岩，有可能是干旱环境下的红层沉积物。而主体则是旋回性很强的基性、中基性以及部分中酸性火山熔岩和火山碎屑岩的变质产物：斜长角闪岩、角闪变粒岩、黑云变粒岩、绿泥片岩、绢英片岩、绿泥石英片岩等。在基性火山岩层中含有多层条带状铁建造（BIF），偶尔夹变质砂砾岩、石英岩和大理岩。按岩性组合这套变质火山-沉积岩层自下而上被划分为金刚库组、庄旺组、文溪组/柏枝岩组和鸿门岩组。其中金刚库组和文溪组/柏枝岩组为两个含铁岩系，它们均可在一定的地段形成具工业意义的矿床，并为绿岩带层控型铁金矿最有希望的层位。在区域上，含砾岩系可以作为标志层进行地层对比。角闪岩相和绿片岩相岩石（主要是文溪组和柏枝岩组）之间为变质递变（即变质过渡）的关系。该亚群总厚度可达 5300 m。

高凡亚群是绿岩层上部以沉积岩为主的岩石单元，分布局限，集中在五台山西部地区。它是一套浅变质的沉积岩系，主体为砂质、粉砂质和泥质岩呈韵律沉积的陆源碎屑建造，顶部为变质基性火山岩。该亚群平行不整合在下亚群之上，其东南部和南部又被溥沱群的不

