

华北陆台太古宙 绿岩带地质及成矿

沈保丰 骆 辉 李双保 李俊健 著
彭晓亮 胡小蝶 毛德宝 梁若馨



地质出版社

地质矿产部“七·五”科技
攻关项目 86013-1

华北陆台太古宙 绿岩带地质及成矿

沈保丰 骆 辉 李双保 李俊建 著
彭晓亮 胡小蝶 毛德宝 梁若馨

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

(京)新登字085号

内 容 提 要

本书是地质矿产部“七·五”科技攻关项目的课题研究成果。该书以丰富的资料,系统地分析、总结了华北陆台太古宙绿岩带的空间分布、地层、变质岩、构造变形、花岗质岩石、同位素年代和有关的金矿、铁矿、块状硫化物矿床的类型、特征、地球化学、成矿作用等。在此基础上,划分了清原型、夹皮沟型和小秦岭型三种绿岩带的类型。对绿岩带的基底——高级区的分布、地球化学和成因也作了详细的论述。最后探讨了华北陆台太古宙花岗岩—绿岩地体的演化。

本书是目前我国第一部系统总结太古宙绿岩带地质和成矿的专著,它反映了我国在该领域内研究的新成果、新认识,内容丰富,观点新颖。可供从事前寒武纪地区的生产、科研和教学工作参考。

图书在版编目(CIP)数据

华北陆台太古宙绿岩带地质及成矿/沈保丰等著.-北京:地质出版社,1994.12
ISBN 7-116-01642-2

I. 华… II. 沈… III. ①太古代-绿岩-地质构造-华北地区②太古代-绿岩-成矿带-华北地区 IV.
P588.34

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第03343号

地质出版社出版发行

(100013 北京和平里七区十楼)

责任编辑:沈文彬

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092^{1/16} 印张: 13 插页: 4页 铜版图: 6页 字数: 307000

1994年12月北京第一版·1994年12月北京第一次印刷

印数: 1—700册 定价: 12.50元

ISBN 7-116-01642-2

P·1329

目 录

前言 (沈保丰)	1
第一章 花岗岩—绿岩带地质特征	4
第一节 空间分布和某些绿岩带概述 (沈保丰、骆辉、彭晓亮、李俊建、毛德宝)	4
第二节 绿岩带地层 (骆辉)	11
一、地层划分	11
二、地层特征	11
三、地层对比	16
第三节 绿岩带的变质变形作用原岩建造及构造环境探讨	18
一、变质层状岩系的岩石学和地球化学 (彭晓亮)	18
二、原岩建造及其形成的构造环境 (彭晓亮)	29
三、变质作用 (彭晓亮)	35
四、构造变形 (骆辉)	35
第四节 花岗质岩石 (彭晓亮)	42
一、花岗质岩石的产状及分布	42
二、花岗质岩石的岩石学和地球化学	44
三、花岗质岩石的形成环境及成因	58
第五节 同位素年代 (沈保丰)	62
一、绿岩带层状岩系的年代	62
二、花岗质岩石的年代	65
三、几点结论	65
第六节 后太古宙岩浆活动 (沈保丰、毛德宝)	66
一、后太古宙的花岗岩类	66
二、燕山期的火山—次火山岩	69
第二章 金矿床	74
第一节 金矿床类型 (沈保丰)	74
第二节 层控金矿床	77
一、产在火山碎屑岩和沉积岩中的层控金矿床 (胡小蝶)	77
二、产在铁建造中的层控金矿床 (彭晓亮)	83
第三节 脉型金矿床	87
一、产在绿岩建造中的金矿床 (骆辉)	88
二、产在花岗质岩石中的金矿床 (李俊建)	95
第四节 再生型金矿床	102
一、产在镁铁质和花岗质岩石中的金矿床 (骆辉)	103
二、产在浊积岩中的金矿床 (毛德宝)	109
第五节 金的成矿作用 (骆辉)	112

一、成矿物质来源	112
二、成矿流体	114
三、成矿元素运移形式和沉淀机制	116
四、成矿时间	116
五、成矿模式	117
第三章 条带状铁建造(李俊建)	119
第一节 概述	119
第二节 铁建造的类型	119
一、镁铁质火山岩(斜长角闪岩)—硅铁建造	119
二、镁铁质火山岩—长英质火山岩—沉积岩—硅铁建造	119
三、长英质火山岩—沉积岩—硅铁建造	121
第三节 铁建造的沉积相	121
一、磁铁矿氧化物相	121
二、硅酸盐相	121
三、碳酸盐相	122
第四节 铁建造的地球化学	122
一、常量元素	122
二、痕量元素和稀土元素	122
三、稳定同位素组成	125
第五节 铁建造的成因	127
一、原生沉积物的性质	128
二、铁质来源	128
三、铁建造的形成演化	129
第四章 块状硫化物矿床(彭晓亮)	130
第一节 矿床概述	130
第二节 矿床的地质特征	130
一、矿化带的分布规律	130
二、矿体的产状、形态及规模	130
三、矿石的物质成分及组构特征	131
四、矿体的围岩蚀变	132
第三节 成矿作用及成因	134
一、成矿物质来源	134
二、构造变形与矿质的再富集	137
三、矿床的成因讨论	137
第五章 绿岩带的基底——高级区(李双保)	138
第一节 高级区的分布、产状	138
第二节 灰色片麻岩、紫苏花岗岩岩石类型、地球化学	140
一、概述	140
二、花岗岩质岩石的地质地球化学特征	140
三、各区太古宙花岗岩质岩石的特色	155
第三节 表壳岩层序、岩石特征、地球化学	155

一、表壳岩层序、岩石类型	155
二、表壳岩的原岩恢复、地球化学	157
第四节 同位素地质年代学	166
第五节 高级区与绿岩带的关系和对比	167
第六节 高级区成因探讨	167
第六章 不同类型绿岩带的地质地球化学特征 (彭晓亮、沈保丰)	169
第一节 清原型绿岩带	169
第二节 夹皮沟型绿岩带	171
第三节 小秦岭型绿岩带	173
第七章 花岗岩—绿岩地体演化 (沈保丰)	176
第一节 花岗岩—绿岩地体的基底	176
第二节 花岗岩—绿岩地体的演化	176
第三节 显生宙的演化	178
结束语 (沈保丰)	179
参考文献	181
英文摘要	187
图版说明及图版	200

前 言

太古宙绿岩带是早期地壳演化的产物，是地壳最古老的岩石之一和最重要的组分单元。与太古宙绿岩带有关的矿产较多，有金矿、铜锌块状硫化物矿床、铁矿、镍矿、铬矿等。对它的研究，不仅对了解太古宙地幔的性质和成分，大陆、水圈、地幔、地核的演化有着重要的理论意义，而且对地质找矿也有实际指导作用。从1969年C. R. 安霍伊塞 (C. R. Anhaeusser) 等通过对南非巴伯顿地区的太古宙火山—沉积层序进行详细研究，提出太古宙绿岩带后，近20多年来，太古宙绿岩带的研究一直是地质学家，特别是前寒武纪地质学家研究的热点。通过对澳大利亚、加拿大、巴西、印度、南非、津巴布韦、前苏联等地盾区的研究，均发现了绿岩带，因而得出太古宙绿岩带的分布不仅有全球性质，而且也是太古宙中具有普遍性的地质特征。

太古宙绿岩带是由以变镁铁质火山岩为主的变火山—沉积岩系组成，呈带状到不规则状的向形构造，分布在花岗岩类或片麻岩内，可能是火山—沉积盆地的残留体。绿岩带的层序自下而上大致可以分为三套岩石建造：下部为超镁铁质和镁铁质火山岩，以火山熔岩为主；中部为安山质和长英质火山岩，安山质火山岩分布不稳定，有时几乎缺失，而且火山碎屑岩的数量多于熔岩；上部则广泛发育浊积岩、碳酸盐岩、燧石等。条带状铁建造 (BIF，以下简称铁建造) 分布较广泛，但主要分布在中上部。自下而上呈明显的火山—沉积旋回。单个绿岩带的层序可以包括一个或多个火山—沉积旋回。在太古宙绿岩带中超镁铁质火山岩的岩石类型是科马提岩。科马提岩从1969年在南非巴伯顿地区发现后，接着在加拿大阿比提比绿岩带、澳大利亚诺斯曼—威尔逊绿岩带陆续都找到了科马提岩，因而曾经认为，科马提岩存在与否是判别绿岩带的决定性标志。但是后来在加拿大耶洛奈夫和津巴布韦等绿岩带中并没有发现科马提岩。加拿大 Person^① 作了粗略统计，认为世界上25%的绿岩带有科马提岩，75%的绿岩带不具有科马提岩。因而可以说，科马提岩的存在，是确定绿岩带的有力证据之一，但决不能作为决定性标志。早先普遍认为绿岩带变质一般较浅，大致在绿片岩相。但是随着对绿岩带研究的不断深入，发现在西澳伊尔冈地块穆奇森省和东部金矿田省以及津巴布韦绿岩带的变质程度从葡萄石—绿帘石相到高角闪岩相，接着在印度科拉尔、芬兰的拉普兰、前苏联的科拉地盾等都发现了角闪岩相甚至麻粒岩相的绿岩带，因而当前出现了这种趋势：决定绿岩带存在与否主要应根据它所处的大地构造环境以及一套特定的岩石组合，至于后期叠加的变质作用可高可低。但需要指出的是，产在高角闪岩相和麻粒岩相的变火山—沉积岩系，是否可认为绿岩带，当前还是有争议的。为了便于与国外绿岩带相互对比，我们现认为，绿岩带主体的变质程度一般应不高于低角闪岩相为宜。

在绿岩带研究的早期，曾经认为绿岩带的基本地质特征具有全球的一致性，并把巴伯顿绿岩带作为标准绿岩带加以对比。但经过十多年的研究，发现绿岩带在规模、形态、时

① 1989年6月7日在天津地质矿产研究所作学术报告中提到的。

代、层序、变质程度、构造变形等差别较大。因而古德温(1981)根据绿岩带的岩石组合的不同,把绿岩带分为三种类型:1.巴伯顿型(3300—3500Ma),以超镁铁质和镁铁质火山岩及少量长英质火山岩及沉积岩组成,其中安山岩不发育;2.苏必利尔型(2600—2700Ma),以富安山质的镁铁质—长英质火山岩及其派生的沉积岩组成;3.达瓦尔型(2300—2600Ma),以广泛发育沉积岩组合为主,盖层和基底有明显不整合。不同类型绿岩带的成矿作用有较大的差异。巴伯顿型绿岩带产出大量Au、Fe、Cr和少量Ni等矿产;苏必利尔型赋存着丰富的Cu—Zn、Au、Ni、Fe等矿产;达瓦尔型则广泛发育Au、Fe、Mn等矿产。D. I. 格罗维斯和W. D. 巴特在详细研究西澳绿岩带的基础上,提出绿岩带可分古老绿岩带(3000—3500Ma)和年轻绿岩带(2700—3000Ma)两类。根据地质特征,这两类绿岩带又都可分出地台相和裂谷相绿岩带,其中裂谷相的年轻绿岩带赋存着大量的Au、Cu、Ni和Cu—Zn等矿产。太古宙绿岩带成矿组合的多样性和矿化强度在时间上和空间上的不均一性,可能是地幔含矿的不均匀性这一重要内在因素所致,而绿岩带的规模、火山—沉积盆地的深度、断裂活动的强度、科马提质岩浆和长英质岩浆侵入作用的发育程度也是很重要的原因。

从70年代后期以来,特别是随着国家改革开放的深入,国际合作交流的进一步发展,我国地质工作者在华北陆台陆续开展了太古宙绿岩带及有关矿产的研究,主要在辽宁清原、吉林夹皮沟、河北冀东、山西五台山、山东鲁西和胶东、河南登封和陕豫交界的小秦岭等地,并取得了一定的进展。但应指出,这些研究主要局限在个别地区,因而不很全面和系统,对绿岩带的认识也不完全一致,产出时代的依据也不很确切。此外尚有一部分地质学家认为华北陆台太古宙变质岩系主要是属于中高级变质的角闪岩相和麻粒岩相,对是否存在有类似南非、西澳、加拿大等地太古宙绿岩带问题有异议。

为了进一步了解华北陆台太古宙绿岩带的存在与否和其地质特征,促进与绿岩带有关矿产的找矿和区调工作,地质矿产部在“七·五”期间提出《华北陆台太古宙花岗岩—绿岩区的地质特征、成矿条件及矿产预测》的部第十三项科技攻关项目的二级课题,下设五个专题。该课题的主要任务是在五个专题组深入研究清原—桦甸、辽西、冀北、五台山—恒山、鲁西、小秦岭、鲁山、登封等太古宙绿岩带的基础上,全面、系统地探讨华北陆台太古宙绿岩带的地质特征,研究与绿岩带有关的金、铜—锌、铁等矿产的成矿作用,并在深入分析成矿控制因素的基础上,对以金为主的矿产提出远景预测。该课题自1986年5月起至1990年12月底结束,历时四年半。五个专题分别在辽北—吉南、辽西—冀北、鲁西、五台山—恒山、华北陆台西南缘等五个地区开展了地层、构造、花岗岩、地球化学、同位素年代学、矿床学等多学科的有针对性的专题研究,并在1989年分别提交了专题研究报告。专题报告的题目是:天津地质矿产研究所、吉林地质科学研究所、辽宁地矿局地质十队沈保丰等的《辽北—吉南太古宙地质及成矿》(86013—I—1);山西地质科学研究所、北京大学、中国地质大学(北京)田永清等的《山西省五台山—恒山花岗岩—绿岩带的地质特征及其对金矿的控制作用》(86013—I—2);沈阳地质矿产研究所、北京大学、中国地质大学(武汉)林宝钦等的《辽西—冀北太古宙成矿条件和找矿方向研究》(86013—I—3);山东地矿局第一地质队、地质研究所董一杰、徐惠芬等的《鲁西新泰地区太古宙地层含矿性的研究》(86013—I—4);河南地矿厅地质研究所、南京大学张荫树等的《华北陆台西南缘太古宙花岗岩—绿岩带地地质特征及金矿成矿条件》(86013—I—5)。在五个专题组

的工作基础上,根据任务,课题组开展了有重点的、针对性的室内外工作,并进行了全面系统的研究和总结,提交了《华北陆台太古宙花岗岩-绿岩区的地质特征、成矿条件及矿产预测》的课题研究报告。

研究工作表明,华北陆台分布着与国外基本地质特征相似的太古宙绿岩带,它产出在主要由灰色片麻岩组成卵形隆起构造带——陆核的边缘,广泛发育在华北陆台的北缘、西南缘及五台山、鲁西、胶东等地。绿岩带形成在晚太古代。认为辽北—吉南、辽西—冀北、五台山—恒山等地区太古宙地体主要由花岗岩-绿岩带和高级区组成,两者为上下不整合关系。区内绿岩带与国外一样是主要的含金岩系,赋存着许多金矿床,提出产在绿岩带中的金矿床可以划分为原生和再生金矿床两大类。

《华北陆台太古宙花岗岩-绿岩区的地质特征、成矿条件及成矿预测》研究报告于1991年5月31日在天津由地质矿产部科学技术司进行了评审验收。评审委员会由学部委员张炳熹、涂光炽、程裕琪、宋叔和、李廷栋,以及陈毓川、秦鼎、姜春潮、赵克昌、孙继源、叶天竺、方如恒、屠森等专家组成。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。本书是在原课题研究报告的基础上,参考了近期发表的有关文献,修改而成的。

本书是集体劳动的成果。参加本书的编写人员有沈保丰、骆辉、李双保、李俊建、彭晓亮、胡小蝶、毛德宝和梁若馨,其中梁若馨编制了华北陆台早前寒武纪地质图。最后,由沈保丰统编全书。英文摘要由彭晓亮、李俊建、毛德宝翻译。

在工作过程中,曾得到学部委员张炳熹教授、地质科学院王泽九副院长、陆春榕高级工程师,地矿部科技司彭维震高级工程师对五台山绿岩带及有关绿岩带地质问题的指导。长春地质学院张秋生教授、刘连登教授,地质矿产部朱凯、李舒、孙培基等高级工程师,辽宁地矿局刘永春总工程师、吉林地矿局叶天竺总工程师、山西地矿局陈平总工程师和孙继源副总工程师、河南地矿局罗铭玖总工程师、山东地矿局艾宪森总工程师及所属有关地质队和研究所,以及吉林有色604地质队、夹皮沟金矿、文峪金矿、秦岭金矿等在工作、资料和生活方面都给予了大力支持。天津地质矿产研究所测试室、同位素地质室,地矿部测试技术研究所、矿床所、地质所,冶金部天津地质研究院等单位承担了大量的各类样品的测试工作。天津地质矿产研究所绘图室、照相室为报告绘图、照相作了很大的努力。作者对他们的支持、辛勤劳动表示衷心的感谢。

第一章 花岗岩—绿岩带地质特征

第一节 空间分布和某些绿岩带概述

一、空间分布

我国前寒武纪广泛发育，出露面积约占我国大陆面积的20%。它们大量分布在华北陆台、扬子地台和塔里木地台。太古宙岩石主要出露在华北陆台，花岗岩—绿岩带为其重要的组分，而在扬子地台、塔里木地台可能分布着早元古代绿岩带。

华北陆台广泛出露着由高级区和花岗岩—绿岩带组成的太古宙克拉通。绿岩带主要分布在吉林和龙、夹皮沟、石棚沟，辽宁清原、鞍山、辽西，内蒙古固阳，山西五台山，豫陕交界小秦岭，河南登封、鲁山、舞阳、大别山，山东鲁西和胶东等地区，尤其是集中分布在华北陆台的北缘和西南缘（图1—1）。绿岩带常常以不规则条带状分布在大片花岗岩类和灰色片麻岩内，它主要由一套原岩为镁铁质火山岩夹超镁铁质岩、安山质—长英质火山岩和沉积岩系组成。变质作用以高绿片岩相—低角闪岩相为主，并遭受强烈的变形改造。与绿岩带共同伴生的花岗质岩石按其产出特征和形成时代可分为英云闪长岩—奥长花岗岩—花岗闪长岩系（通称为TTG岩系）、钾质花岗岩系和交代—重熔花岗岩系。TTG岩系是与绿岩带关系密切的晚太古代的钠质花岗质侵入岩，多数呈穹隆状产出，与绿岩带一起构成太古宙花岗岩—绿岩地体。钾质花岗岩系是太古宙末期或元古宙早期侵入到绿岩带中的花岗岩，一般呈长条状、长椭圆状，有时沿剪切带分布。交代重熔花岗岩是绿岩带形成后，在后期构造—岩浆热事件中遭受局部部分熔融的产物，主要形成在显生宙，特别是中生代。

二、某些绿岩带的特征概述

现对分布在华北陆台一些绿岩带的地质特征概述如下：

（一）夹皮沟绿岩带

夹皮沟绿岩带位于吉林桦甸市东南约50km处的大红石砬子—老牛沟—夹皮沟一带，呈北西向的长条状分布于华北陆台辽东台背斜铁岭—靖宇隆起与吉林地槽交界处的台区一侧，长约45km，宽约4—10km，面积约315 km²。北东侧与海西晚期黄泥岭花岗岩相接，西南以韧性剪切带和钾化带与龙岗高级区相邻，北西以浑河断裂为界，南东由于被元古宙和燕山期花岗岩的侵入而消失。绿岩带本身又被太古宙英云闪长质—奥长花岗质片麻岩肢解成大小不等、形态不一的残块（图1—2）。花岗质岩石出露面积占65%左右，绿岩带出露面积占35%左右。绿岩带地层为夹皮沟群，下部为老牛沟组，上部为三道沟组。夹皮沟群锆石的²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb表面年龄为2479—2639 Ma，计算其Pb—Pb等时线年龄为2525±12Ma，老牛沟组斜长角闪岩全岩Rb—Sr等时线年龄为2766±266Ma。奥长花岗质片麻岩中锆石的U—Pb年龄为2479—2565Ma，表明夹皮沟群变质年龄应在2500—2700Ma之间。变质程度为角闪岩相，以低角闪岩相为主。

与绿岩带伴生的太古宙花岗质岩石主要是奥长花岗岩、英云闪长岩和花岗闪长岩，以

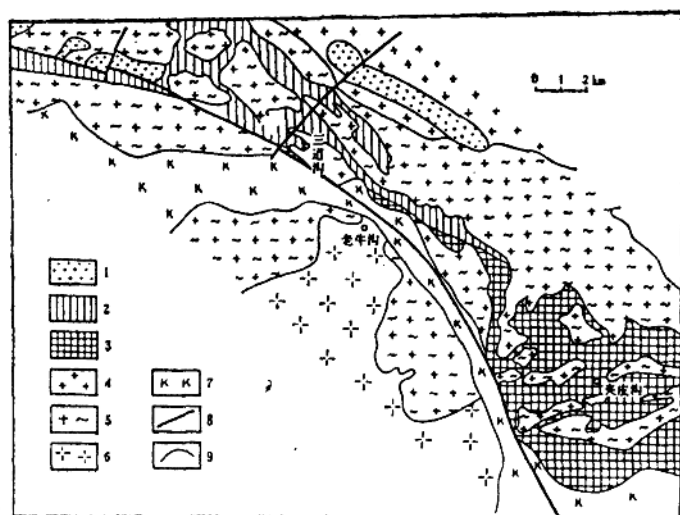


图 1—2 夹皮沟太古宙花岗岩—绿岩带地质略图

1—呼兰群；2—夹皮沟群三道沟组；3—夹皮沟群老牛沟组；4—海西期花岗岩类；5—太古宙花岗岩类；6—龙岗高级变质区；7—钾质花岗岩；8—断层线；9—地质界线

奥长花岗岩为主，还有少量石英二长岩和花岗岩，演化系列为英云闪长岩—奥长花岗岩系列。

(二) 清原绿岩带

分布在浑河断裂以北的清原—抚顺地区。绿岩带大致呈北东—南西向不规则的带状展布，产出在多次的太古宙花岗岩质岩石内，形成花岗岩—绿岩地体，面积约300—400 km²，其中花岗质岩石出露面积约占60%，绿岩带约占40%。稍具规模的有曲柳树—下窝棚、腰寨子、红透山—树基沟、南龙王庙—大荒沟、张胡子沟—稗子沟等五个绿岩残块，其出露面积分别在20—50 km²。花岗岩—绿岩区的南部和东北部同高级区断层接触（见图1—3）。

绿岩带的地层为太古宙清原群，分上部红透山组和下部金凤岭组。同绿岩带紧密共同产出的太古宙花岗质岩石广泛发育。构成清原花岗岩—绿岩主体的花岗质岩石是片麻状英云闪长岩—花岗闪长岩。这些岩石产出在红透山、何家堡子、树基沟等地。以后发育着孢子沟岩体、摩里红岩体、红石砬子岩体等，它们呈岩株状侵入到绿岩带和片麻状英云闪长岩—花岗闪长岩中，岩石类型有英云闪长岩、花岗闪长岩和花岗岩等。

清原绿岩带金凤岭组斜长角闪岩的 Sm—Nd 等时线年龄为 2844 ± 48 Ma，Rb—Sr 等时线年龄为 2624 ± 48 Ma。侵入清原群的孢子沟岩体和摩里红岩体锆石 U—Pb 年龄分别为 2519 ± 77 Ma 和 2510 Ma。上述资料表明，清原群的成岩年龄约为 2800 Ma，区域变质年龄约为 2600 Ma。

(三) 鞍山绿岩带

分布在辽宁省鞍山—本溪一带，简称鞍本地带。太古宙岩石呈弧形分布，东北部与抚顺高级区断层接触，西部以郑庐断裂为界，南北二侧多为元古宙岩石覆盖。绿岩带呈大小不等透镜状残块，断续分布在大片的太古宙花岗质岩石内。本区花岗岩—绿岩带的面积约 900 km²，其中绿岩带约占总面积的 25%。绿岩带的层序自下而上可划分为山城子组、烟

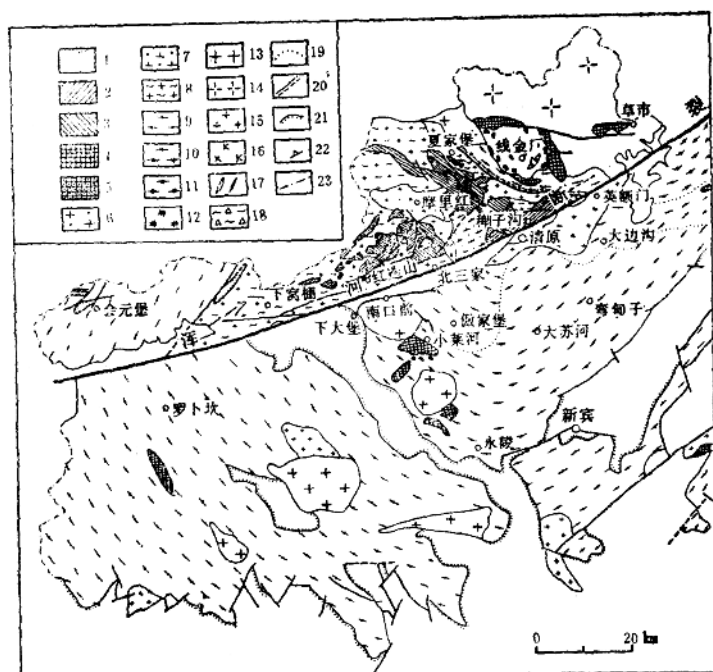


图 1-3 清原地区太古宙地质图

1—后太古宙地层及岩浆岩；2—清原群红透山组；3—清原群金凤岭组；4—浑南群石棚子组；5—浑南群景家沟组；6—英云闪长岩；7—花岗闪长岩；8—英云闪长—奥长花岗岩；9—英云闪长质片麻岩；10—花岗闪长质片麻岩；11—奥长花岗质片麻岩；12—紫苏花岗岩；13—燕山期花岗岩；14—海西期花岗岩；15—五台期钾质花岗岩；16—五台期钾化带；17—变质辉绿岩；18—粗斑状糜棱岩；19—岩相界线；20—断层及推测断层；21—不整合；22—片麻理产状；23—工作区

龙山组、大峪沟组。山城子组斜长角闪岩的Sm—Nd等时线年龄为 2724 ± 102 Ma，而侵入绿岩带花岗质岩石的Sm—Nd等时线年龄为 2517 ± 220 Ma（翟明国，1990）。说明本区花岗岩—绿岩带形成在晚太古代 2500—2800 Ma。出露在鞍山市东部的铁架山花岗岩可能是鞍山群的基底，全岩Rb—Sr及锆石U—Pb年龄分别为2829Ma和2970Ma（钟富道，1984），近年辽宁区调队和地质科学院也做了花岗岩中锆石U—Pb年龄，分别为 2964 ± 15 Ma和2900—3000Ma（伍家善等，1991）。

（四）辽西绿岩带

分布在辽宁省建平县张家营子以东，经大营子—林家地、金厂沟梁、迷力营子到阜新市的福兴地，沿北东东向断续延伸长250km，宽2—6km的狭窄条带。在绿岩带的西侧常与高级区岩石呈断层接触。

辽西太古宙地质主要由火山—沉积岩系和TTG质片麻岩系组成，地层单元原统称为建平群。原建平群下部为小塔子沟组，中部为大营子组，上部为瓦子峪组。根据近年的研究，分布在建平（叶百寿）、朱碌科、小塔子沟、沙金沟一带的小塔子沟组为高级区。分布在金厂沟梁附近和阜新地区的小塔子沟组和出露在研究区北部边缘和东南边缘的大营子组、瓦子峪组为绿岩带。与绿岩带相伴产出的花岗质岩石为石英长石片麻岩、黑云斜长片麻岩和角闪斜长片麻岩，这些片麻岩的原岩以奥长花岗岩为主，有少量的花岗闪长岩，它

们与绿岩带为侵入接触关系。根据排山楼地区侵入安山质—长英质火山岩组合的花岗质岩体中单颗粒锆石U—Pb定时年龄推测,绿岩带主体形成于25亿年前,为晚太古代。

(五) 五台山绿岩带

五台山绿岩带大致呈北东东向展布分布在五台山区,西起原平,东至灵丘,延伸在160km以上,宽35km左右。绿岩带地层主要是分布在五台群中的一套中—低级变质的以火山岩为主的火山—沉积岩系,下部为石咀亚群,中部为台怀亚群,上部为高凡亚群。花岗质岩石主要分布在绿岩带向形槽的周边,主要有车厂—北台片麻状英云闪长岩—奥长花岗岩体,石佛、峨口花岗闪长岩—花岗岩、奥长花岗岩体和王家会钾质花岗岩侵入体,其展布方向同绿岩带地层一致(图1—4)。

五台山绿岩带底部金刚库组Sm—Nd等时线年龄为 $2599.16 \pm 41.49\text{Ma}$ 及侵入金刚库组花岗片麻岩的单颗粒锆石U—Pb一致线年龄为 $2607 \pm 36\text{Ma}$ (白瑾等,1991)。这些测年信息说明五台山绿岩带形成于晚太古代。

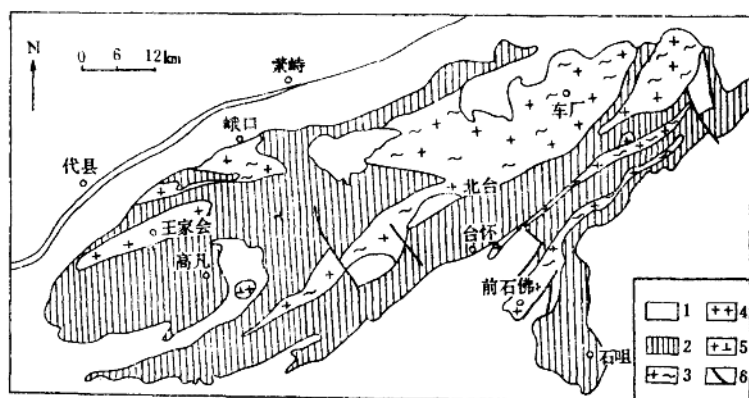


图 1—4 五台山绿岩带地质略图

1—后太古宙盖层; 2—绿岩带; 3—TTG质花岗岩; 4—钾质花岗岩; 5—燕山期花岗岩; 6—断裂

(六) 鲁西绿岩带

鲁西绿岩带分布在郯庐断裂以西的鲁西断块内,出露面积约12000 km²,绿岩带被花岗质岩石分割成若干个残块,大致沿北西向展布,其中在泰安—新泰一带较发育。各绿岩残块出露面积之和约占整个花岗岩—绿岩带出露总面积的30%。花岗质岩石包围了各绿岩残块,约占出露总面积的70%(图1—5)。

绿岩带地层主要由泰山群的一套以低角闪岩相为主的变质岩系组成,自下而上划分为雁翎关组、山草峪组,而位于新泰地区西部的柳杭组与雁翎关组岩性相当,为同时异地产物。在雁翎关地区绿岩带的岩石最发育,地层厚度达3229m,其中超镁铁质火山岩占总厚度的17%,镁铁质火山岩占18%,安山质—长英质火山岩占5%,沉积岩占60%。

花岗质岩石主要包括蒙山片麻状英云闪长岩岩体,泰山—徂徕山花岗闪长岩—二长花岗岩杂岩体,峰山—望母山花岗闪长岩—二长花岗岩杂岩体和新甫山、四海山等钾质花岗岩岩体。此外在新泰—泰安地区还存在少量变闪长岩岩体。

同位素年代学资料表明,鲁西绿岩带中绿岩的形成时代大约2800Ma,在2700—2500Ma间经历了多期构造变形和变质作用。花岗质岩石的侵位年龄一般在2600—2500Ma间。所

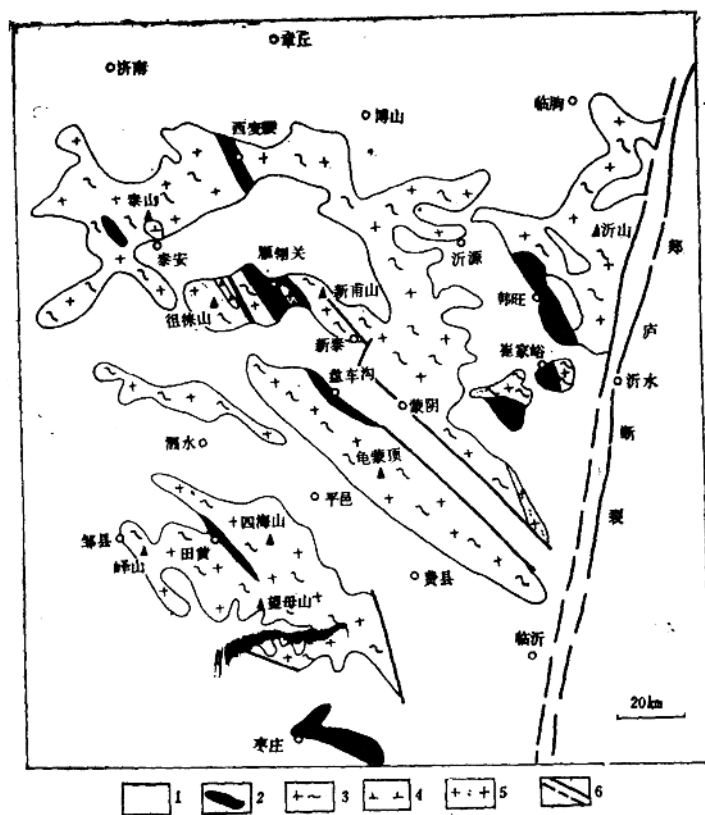


图 1—5 鲁西绿岩带地质略图

1—后太古宙盖层；2—绿岩带；3—太古宙花岗岩类；4—太古宙变闪长岩类；
5—燕山期正长斑岩；6—断层

以，整体上鲁西绿岩带的形成及演化大致是从2800Ma左右的火山作用开始，至2500Ma左右，以钾质花岗岩体的侵位为止。

(七) 小秦岭绿岩带

小秦岭绿岩带位于华北陆台西南缘，豫陕交界的灵宝、潼关一带，面积约1200 km²。

本区花岗岩—绿岩带为由太古宙花岗岩类岩石和分布其中的透镜状、条带状绿岩带组成的古隆起区（图1—6），呈东西向狭长带状展布，南北两侧均以区域性深断裂为界。花岗岩类岩石约占岩石出露总面积的83%，绿岩带占17%左右。二者的面积比为1:4.9。区内还出露有中岳期和燕山期花岗岩体。周边有元古宇和新生代地层零星出露。绿岩带地层为太华群变质岩系，分上、下亚群，下亚群为阎家峪组，上亚群包括观音堂组和姚池峪组。变质相为角闪岩相，形成时代为晚太古代。潼关太华群全岩 Rb—Sr 等时线年龄为 2549 ± 169 Ma（郑者明等，1982），反映其原岩形成年龄应大于2500 Ma。太古宙花岗岩类岩石主要为钠质系列的花岗岩，晚期发育少量钾质花岗岩。TTG质片麻岩包括黑云斜长片麻岩、角闪黑云斜长片麻岩等岩石类型，原岩主要为奥长花岗岩、英云闪长岩和少量花岗闪长岩，为一多期次侵入绿岩带的太古宙复式岩体。

(八) 鲁山—舞阳绿岩带

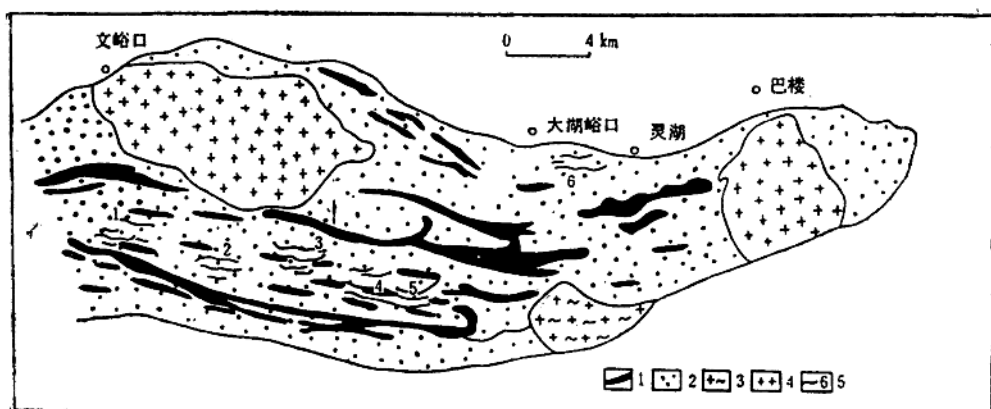


图 1—6 河南小秦岭地区地质略图 (据原豫01队资料编绘)

1—绿岩带；2—TTG质片麻岩；3—中岳期花岗岩；4—燕山期花岗岩；5—主要金矿床及编号

本区位于华北陆台南缘，河南省鲁山背孜、舞阳等地区，出露面积近300km²。

鲁山—舞阳花岗岩—绿岩带由占出露总面积60—70%的TTG质片麻岩和分布其中的绿岩带所组成。绿岩带地层为太古宙太华群变质岩系，分上、下亚群。变质相为中压型角闪岩相。本区构造主要为TTG质片麻岩穹窿和分布其间、呈北西向展布的紧闭等斜褶皱的绿岩带。TTG质片麻岩主要为黑云斜长片麻岩、角闪黑云斜长片麻岩，原岩主要为多期次侵入绿岩带的英云闪长岩和奥长花岗岩。英云闪长质片麻岩单颗粒铅石逐层蒸发法测定年龄为 $2841 \pm 16\text{Ma}$ (A. Kroner等, 1988)。

(九) 登封绿岩带

本区位于华北陆台南缘，河南省中部登封、临汝县境内嵩山—箕山一带，出露面积约400km²。

登封太古宙花岗岩—绿岩带由奥长花岗岩—英云闪长岩质片麻岩和分布其中的绿岩带所构成，两者出露面积比为4:1。周边为元古宙盖层 (图1—7)。绿岩带地层为太古宙登封群变质岩系，以登封君召地区剖面最为典型，自下而上划分为郭家窑组、金家门组和老羊沟组三个组。变质相下部郭家窑组为角闪岩相，而中上部金家门组和老羊沟组为绿片岩相，可能代表退变质作用产物。本区主要包括两类构造，一类为保持了嵩阳期东西向构造特征的TTG片麻岩穹窿区，另一类为变质程度相对较低的绿岩带，分布于穹窿间的向形构造部位，受中岳期南北向构造强烈改造，现主要成南北向构造 (张国伟等, 1986)。侵入绿岩带的花岗质岩石分为两类，早期富钠 ($\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$)，包括五里铺、眼干河、风穴寺等花岗岩体，往往占据穹窿的核部，是构成本区花岗岩—绿岩地体的主要组成部分，在石碑河地区，还发育与上述TTG岩石紧密伴生的变闪长岩类侵入体，锆石U—Pb年龄为 $2520 \pm 17\text{Ma}$ (王泽九, 1987)。晚期发育少量富钾花岗岩和花岗伟晶岩脉，产于张店、路家沟、于窑等地。离子探针法测定登封群变流纹英安岩 $2511 \pm 4\text{Ma}$ (A. Kroner等, 1989)。登封群郭家窑组 $2509.2 \pm 16.1\text{Ma}$ (李曙光等, 1987)。表明嵩箕登封花岗岩—绿岩地体至少形成在2509—2604Ma，属晚太古代。

三、地球物理特征

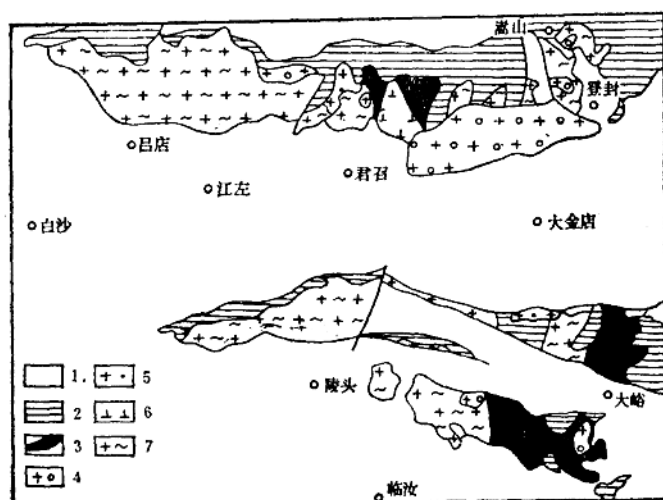


图 1-7 河南登封太古宙花岗岩—绿岩带地质略图 (据张荫树, 1989, 资料修改)

1—显生宙地层；2—元古宙地层；3—太古宙绿岩地层；4—元古宙花岗岩；5—太古宙花岗岩；6—太古宙闪长岩；7—太古宙花岗岩区

地球物理方法在地壳结构、深部地质构造研究中显示出其独特的优越性，其中航磁资料愈来愈多地为地球物理学家和地质学家们所采用。华北地区的航磁研究表明：一般地，一定范围的浅部正磁异常和早中太古代深变质片麻岩的分布范围如集宁群、乌拉山群、迁西群、界河口群、恒山杂岩等相对应。而晚太古代的中低变质岩系，特别是花岗岩—绿岩带的磁性较弱，与负异常或明显的降低场相对应，如五台群、泰山群。元古宙及其以后的沉积盖层磁性极弱或无磁性，在总的磁场面貌上不能产生明显的影响。此外，镁铁质火山岩和铁质岩系虽然有强磁性，但由于其规模小，影响不大。因此浅部航磁结果主要反映太古宙地层的分布和性质。通过上延或反演所获得的深部航磁资料，由于消去了地表和浅部局部磁性变异的影响，则主要反映了一定埋深的磁性块体特征，由此可推知隐伏基底的地质构造性状。

研究表明，华北陆台地壳结构具有明显的分层性和分块性。在垂向上，地壳结构可分为上下两层，上部为花岗质层、下部为玄武质层， PC_1 反射波的界面深度和深部磁性块体的平均深度都反映出这个界面的存在，前者深 14—20 km，后者深 14—16 km (刘寿彭, 1981)。在横向上，华北陆台，可明显地区分出以东胜、岚县、临汾、埕子口、济宁为中心的五个地带，以及丰宁—赤峰—迁西，鞍山—丹东—通化二个地区。这七个地方在航磁异常图上表现为规则线型排列的强正异常或以正异常为背景，正负相间，幅度变化大的地区，在上延 20 km 或 40 km 等值线图上表现为明显的椭圆形密度大的磁力高，在深层磁性界面等深图上表现为相对隆起的地区，很可能反映这些地区存在古陆核。在这些高磁异常区四周则围绕着狭长的负磁异常带或降低磁异常带。因此根据这七个中心，可将华北陆台分为东胜、岚县、临汾、埕子口、济宁、燕辽和辽吉等七个块体。各块体之间皆被深大断裂所分割。绿岩带就分布在这些块体的边缘，即陆核与陆核之间，在航磁异常图中表现为负异常或低场区，在磁性界面图上则表现为狭长的相对拗陷区，处于分界带或梯度带上 (图 1—8)。

上述现象在重力异常图上也有一定的反映和规律, 尽管重力异常由于受地形等其它因素的影响更为复杂, 与航磁异常有很大的差异性。一般地说, 陆核地区显示出重力相对高, 如东胜、济宁、迁西、埕口子等地, 临汾、岚县以及辽东岫岩、吉南通化地区也有相对高的趋势。与重力异常相对照, 反应在地壳厚度上则显示陆核地区地壳厚度较薄, 硅镁壳和上地幔上隆。与陆核地区相反, 花岗岩—绿岩带分布区一般显示重力异常变化较大, 但整体说来相对低或在梯度带上, 硅镁壳和上地幔下拗, 如泰山、五台山、固阳、小秦岭、舞阳、登封、清原、桦甸等地区。

综上所述, 绿岩带和早期陆核在地球物理场方面有明显的异常, 并显示绿岩带围绕古陆核分布的规律, 这在一定程度上说明了绿岩带的形成方式及其构造环境。现代地质学家们倾向于用板块构造或底板垫托的方式来解释早期地壳的演化, 但无论如何, 绿岩带很可能就代表了早期这些小型陆块或地体之间的焊接带。陆核周围和绿岩带分割的不同规模的韧性剪切带, 则可能是早期俯冲带和碰撞带的表现。因此, 太古宙若干古陆核以及围绕古陆核所形成的添加、碰撞、粘接构成了陆台的基本格架, 表明陆台的不均一性。绿岩带作为连接体有其特独的形成环境和构造意义。元古宙的裂陷作用和中生代的活化作用继承和加剧了陆台的内部差异, 但无疑还保留了早期演化的基本构架。

第二节 绿岩带地层

一、地层划分

华北陆台太古宙绿岩带地层包括夹皮沟群、清原群、鞍山群、建平群、五台群、泰山群、登封群和太华群。除夹皮沟群、清原群为本次新命名的地层单元之外(原为鞍山群的一部分)其余仍引用我国长期使用的地层单元名称, 但在含义上有较大变化。原有地层单元含义广, 有的包括太古宙元古宙地层, 有的包括比绿岩带更早的高级区中表壳岩, 有的还包括侵入其中的TTG片麻岩系。所以, 我们在引用它们作为太古宙绿岩带地层单元时, 剔除了不属于绿岩带的那部分组成, 只包括原地层单元中太古宙变火山—沉积岩系。这些变火山—沉积岩系漂浮在太古宙花岗质岩石之中。地层界线十分清楚, 一般产在穹隆状花岗岩体中, 并被花岗岩体所侵入, 或者与高级区呈断层接触。地层本身具有较好的成层性和旋回性, 岩性演化十分清楚, 从底部到顶部由火山岩演化到沉积岩, 火山岩又由镁铁质向长英质演化, 条带状铁建造分布比较广泛, 从层序的下部到上部时有产出, 但主要分布在中、上部, 有时可作为地层划分和对比的标志。各绿岩带地层的划分见表1—1。

二、地层特征

绿岩带地层呈大小不等的长条状体或复杂形态分布于一系列呈穹窿状的花岗岩体之中, 总体呈带状分布, 出露面积数十平方公里至数百平方公里, 个别达上万平方公里, 层序上一般未见顶底, 岩层出露不全, 保存厚度在1—8km之间, 与世界绿岩带相比, 规模比较小。

(一) 夹皮沟绿岩带地层

夹皮沟绿岩带地层为夹皮沟群, 相当于原鞍山群三道沟组。由于剔除了大面积分布的原归属于三道沟组的“均质混合岩”, 即TTG片麻岩, 故命名为夹皮沟群。绿岩带呈北西狭长带状分布, 在三道沟、老牛沟一带出露最完整, 上部为三道沟组, 下部为老牛沟组,