

# 燕辽成矿带西段火山盆地 铀成矿条件及远景评价

王正邦 赵世勤 罗毅 著

地质出版社

# 燕辽成矿带西段火山盆地 铀成矿条件及远景评价

王正邦 赵世勤 罗 毅 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

## 图书在版编目(CIP)数据

燕辽成矿带西段火山盆地铀成矿条件及远景评价/王正邦等著.

-北京:地质出版社,1997.6

ISBN 7-116-02360-7

I. 燕… II. 王… III. 火山作用-盆地-铀矿床-成矿条件-中国-华北地区  
IV. P619.140.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 03694 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:赵俊磊 关 山

责任校对:范 义

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<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张:6.75 图版:3 页 字数:155 千字

1997 年 6 月北京第一版·1997 年 6 月北京第一次印刷

印数:1—350 册 定价:20.00 元

ISBN 7-116-02360-7  
P·1770

# 序

陆相火山岩型铀矿床是我国重要的铀矿床类型,也是俄罗斯东部具举足轻重意义的铀矿床类型。这种类型铀矿床在我国东南沿海及燕辽东西带均有分布。江西、浙江若干火山岩型铀矿床的区域地质背景、控矿因素、矿床地球化学、找矿方向等都已有一定程度的总结,有的已经出版。人们期待着燕辽成矿带同样性质总结的出现。

专著《燕辽成矿带西段火山盆地铀成矿条件及远景评价》满足了读者的这一盼望。专著虽题为火山盆地铀成矿,但作者却跳出了盆地的范围,对成矿地质背景作了更为宽阔的考虑,即包括了火山岩前中生代基底演化等重要问题的讨论。对铀源和成矿过程,作者提出了铀及某些金属多次预富集的设想,并结合国内外陆相火山岩型铀矿工作经验,设计了贯通式火山塌断盆地多源混合热液铀成矿模式,还据此总结了七条找矿判据。作者还对火山盆地类型作了划分,明确指出火山塌陷盆地对成矿,特别对形成大型、超大型矿床最为有利,火山断陷盆地次之,而火山沉陷盆地就更差一些。

相信本专著的出版对推动陆相火山岩地区铀和其他金属的找矿及成矿理论研究都会带来裨益。

1 李永发

1996.9.6

# 前言

本书为1987年核工业总公司地质总局下达的《燕辽成矿带铀成矿规律及远景》重点科研项目中的一个重点课题之成果。其工作期限从1987年3月至1991年3月。其工作区面积约38400km<sup>2</sup>。工作区主要为第四系覆盖广厚的冀北和内蒙古南部坝上高原区,其南部属冀北山地北部地区。工作的主要任务是对该区中新生代火山盆地铀成矿条件进行研究和分析,并对其铀成矿远景进行评价,提交最终科研成果报告和燕辽成矿带西段1/20万燕辽西段地质图及1/20万燕辽成矿带西段铀成矿规律及远景预测图。

该区第四系覆盖广厚,找矿及科研工作难度大,研究程度低,多年来铀矿找矿工作未能打开局面。1984年核工业东北地质局247大队在460地区深部揭示了厚大的隐伏钼铀矿体,揭开了本区铀矿找矿工作新的一页,对本区寻找火山岩型铀矿具有重要突破意义,同时,也为铀矿地质科研工作提供了新信息和新的科研课题。研究矿床和区域成矿条件和成矿规律,加速矿床扩大和突破新区,正确进行成矿远景评价和战略选区,已成为当务之急。根据核工业总公司地质总局的指示,核工业北京地质研究院于1985年初组建了多学科综合科研组,从1985—1987年,对沽源火山盆地及460矿床开展了全面系统的综合科研工作,对该盆地的铀成矿条件进行了全面分析,对460矿床进行了深入解剖,对盆地的成矿远景作出了全面评价,在此基础上进行了战略选区和成矿预测,取得了大量的第一手资料和新认识,也取得了较好的找矿成果,使本区的铀矿找矿和科研工作进入了一个新的阶段。本课题即是在沽源课题工作基础上的延伸和扩大。因此,本课题的任务就是如何在沽源课题成果的基础上,抓住一些主要技术关键,深化、完善和发展其对本区火山岩盆地铀成矿条件的认识,对整个燕辽成矿带西段广大地区火山盆地铀成矿条件进行分析,对其成矿远景作出科学评价,为扩大找矿成果服务。

我们在科研工作中所遵循的指导思想和技术路线是以分析本区的区域地质背景的演化为主线,抓住控制铀成矿作用的源—移—聚—存等关键环节的主要地质事件为主要技术关键,坚持运用多学科综合立体的研究和探矿方法,锐意创新,点面结合地对矿床和区域成矿条件进行研究,并运用与我国南方及国外邻区火山岩型铀成矿条件对比的方法,去粗取精,去伪存真,由此及彼,由表及里,力求抓准真正控制火山岩型铀矿的主控因素及成矿规律,总结成矿模式和找矿判据,自始至终坚持科研与找矿紧密结合,尽快把科研成果转化为生产力,使科研工作取得的认识落脚于战略选区、成矿预测和扩大找矿成果上。

我们运用遥感图像解译和区域地质、物探综合剖面方法,结合本区多年积累的区域物化探资料,分析本区区域地质构造格架及其演化,研究铀成矿的区域地质背景。运用地质、同位素地质、岩石化学、稀土元素地球化学、电子探针、包体研究、锆石研究和数学地质等先进手段,研究矿床的物质组成,矿化蚀变分期分带,铀成矿作用过程和机制。抓住主控因素,建立成矿模式,总结找矿判据,在此基础上,进行战略选区和成矿预测。自1987年以来,我们开展了大量的野外观察、取样、测试工作及室内的分析测试和综合资料工作,取得了丰富的

第一性资料(表 0—1),在综合分析上述资料的基础上,提出了一系列新的认识和新的找矿思路,对 460 矿床外围的 534 矿区深部隐伏矿体的预测,取得显著的找矿成果和经济效益,受到有关生产单位的好评。我们提出的冲破张家口组三段酸性火山岩层位的束缚,加强攻深,探索基底和深部层位中的矿化,是本区突破大型、超大型铀矿的关键的新的找矿思路,受到核工业地质总局及有关生产单位的高度重视和采纳。

表 0—1 燕辽西段专题组累计工作量统计表

|            |                                |                 |                                |
|------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| 剖面观察       | 39 条                           | 电子探针            | 20 机时                          |
| 取样         | 895 块                          | 薄片              | 570 块                          |
| 电算         | 40 机时                          | 放射性照相           | 35 件                           |
| U 分析       | 308 件                          | Tb 分析           | 308 件                          |
| 全分析        | 31 件                           | 稀土分析            | 45 件                           |
| 多项分析       | 115 件                          | 重砂分析            | 5 件                            |
| 光谱分析       | 207 件                          | 金分析             | 45 件                           |
| 能谱测量       | 1127 点                         | U-Pb 同位素        | 45 件                           |
| 光片光薄片      | 75 片                           | 全岩铀同位素          | 55 件                           |
| 全岩铅同位素     | 38 件                           | 锆石 U-Pb 等时线年龄   | 5 条                            |
| 铷-锶等时线全岩年龄 | 5 条                            | 沥青铀矿 U-Pb 等时线年龄 | 4 条                            |
| 矿化点带观察     | 25 个                           | 遥感地质构造解译        | 1/200000 32400 km <sup>2</sup> |
| 编制区域地质图    | 1/200000 38400 km <sup>2</sup> | 编制成矿预测图         | 1/200000 38400 km <sup>2</sup> |

本课题组由王正邦、赵世勤、罗毅和肖湘潭等四人组成,由王正邦任组长,赵世勤任副组长。罗毅侧重基底和盖层岩石建造及铀源条件研究,负责本书的第二章和第三章的编写;赵世勤侧重构造格架及其演化,构造对盆地建造、改造的控制作用的研究,负责本书第四章的编写和 1/20 万区域地质图及 1/20 万铀矿成矿规律和成矿预测图的编制;王正邦和肖湘潭侧重铀矿化及成矿预测方面的研究,王正邦负责本书的前言、第一章、第五章、第六章和结论的编写,并负责全书统稿。

在野外现场调研工作中,我们得到核工业东北地质局 247 大队、243 大队和核工业西北地质局 208 大队及其它有关单位的大力支持;在室内工作阶段,得到核工业北京地质研究院二室、三室、四室、七室、十室计算站等单位的大力支持;1/20 万燕辽西段地质图和 1/20 万燕辽西段铀矿成矿规律及远景预测图的清绘由绘图组和植字组完成,对上述各单位表示衷心谢意。我们的工作自始至终得到核工业总公司地质总局、核工业东北地质局及核工业北京地质研究院领导的关心和指导。

# 目 录

## 序

## 前 言

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| 第一章 火山盆地铀成矿的区域地质背景                   | (1)   |
| 第一节 大地构造部位及其基本地质构造特征                 | (1)   |
| 第二节 区域地质构造演化及其对火山盆地基底和盖层的构造、建造和改造的控制 | (2)   |
| 第二章 盆地基底岩石建造及铀源条件                    | (7)   |
| 第一节 太古宙地层及岩石建造特征                     | (7)   |
| 第二节 古元古代和晚古生代地层及岩石建造特征               | (19)  |
| 第三节 海西花岗岩的分布及成因特征                    | (20)  |
| 第四节 盆地基底铀源条件分析                       | (22)  |
| 第三章 盆地盖层岩石建造、岩浆成因及铀源条件               | (25)  |
| 第一节 盆地盖层的地层对比及岩石建造特征                 | (25)  |
| 第二节 盆地盖层期火山作用特征                      | (26)  |
| 第三节 盆地盖层火山岩岩浆系列及岩浆成因                 | (27)  |
| 第四节 盆地盖层铀源条件分析                       | (37)  |
| 第四章 构造演化及其对岩石建造和后生改造富集成矿的控制          | (40)  |
| 第一节 前中生代构造演化及其对基底富铀建造形成分布的控制作用       | (40)  |
| 第二节 燕山早—中期断裂火山构造演化及其对岩石建造和铀矿化的控制作用   | (43)  |
| 第三节 燕山晚期—喜马拉雅期裂陷构造演化及其对岩石建造和铀矿化的控制作用 | (47)  |
| 第四节 新构造运动及其对表生淋积富集成矿作用的控制            | (47)  |
| 第五章 火山盆地铀矿特征及成矿条件分析                  | (49)  |
| 第一节 本区及邻区火山盆地铀矿主要类型及其特征              | (49)  |
| 第二节 本区火山盆地铀矿与国内外典型火山盆地铀矿对比           | (78)  |
| 第三节 火山盆地铀矿成矿条件分析及成矿模式                | (83)  |
| 第六章 火山盆地铀矿找矿判据和找矿模式及成矿远景评价和预测        | (87)  |
| 第一节 火山盆地铀矿找矿判据和找矿模式                  | (87)  |
| 第二节 成矿远景评价和预测                        | (89)  |
| 结论                                   | (92)  |
| 参考文献                                 | (94)  |
| 英文摘要                                 | (96)  |
| 图版说明及图版                              | (100) |

# 第一章 火山盆地铀成矿的区域地质背景

## 第一节 大地构造部位及其基本地质构造特征

工作区地处中朝(华北)地台北缘与其北侧相毗邻的兴蒙地槽褶皱带南缘的结合部位,这就决定了本区基底南台北槽和以 SN 分异为主的基本特征。自中生代以来,本区处在环太平洋构造域中,中生代强烈的构造岩浆活化是盆地盖层演化期的基本特征。本区又处在渊源古老的、长期活动的天山—阴山 EW 向复杂构造带与中生代以来发育起来的大兴安岭 NNE 向构造岩浆隆起带的交切复合部位(图 1—1),古老的 EW 向构造系统和中生代以

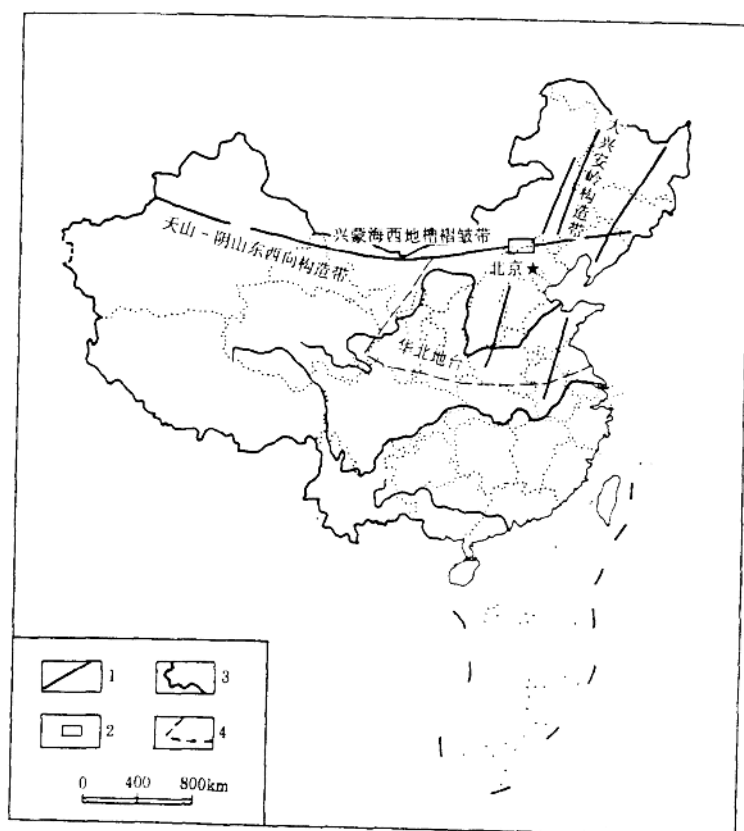


图 1—1 研究区所处大地构造位置示意图

1—断裂构造带; 2—研究区部位; 3—国界线; 4—地台界线

来新生的 NNE 向构造系统的相互制约和改造,决定了本区地质构造演化的基本轮廓和平行四边形的的基本构造格局。根据区域重力和航磁资料解译结果,该区深部地质构造正处在上地幔隆坳急剧转折的梯度带部位(图 1—2),北部硅铝壳急剧增厚部位为形成壳源重熔型流纹质岩浆创造了有利的前提条件,而南部的地幔上隆地壳急剧减薄区正是裂陷伸展构造发育区,幔源基性岩浆及其派生的热叠造作用提供了背景条件。总之,本区处在基底南稳北动变异转折,中新生代统一强烈构造岩浆活化,地幔隆坳剧变转折,EW 向和 NNE 向两大构造系统交切复合的特殊的构造部位和矛盾的焦点,这就决定了本区地质构造复杂演化,构造格局复杂多样,壳幔因素错综交织的基本特点。

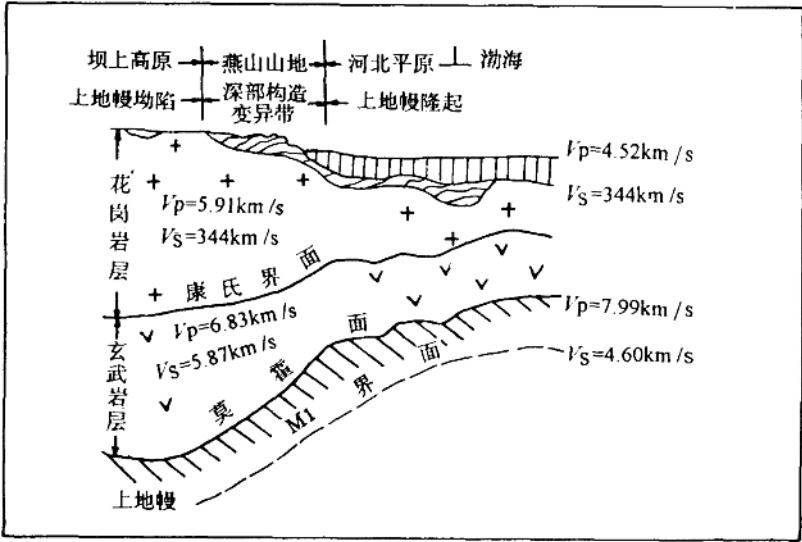


图 1—2 河北省深部地壳构造模式图

(据张尔匡、张蓬华, 1983)

## 第二节 区域地质构造演化及其对火山盆地基底和盖层的构造、建造和改造的控制

本区经历了漫长复杂的地质演化过程,从研究火山盆地的角度出发,可划分三个地质演化期,即前中生代盆地基底演化期,中生代中期大陆中酸性火山岩盖层演化期和中生代晚期—新生代裂陷构造演化期。三个地质演化期分别形成三个构造层,导致了本区火山岩盆地具有“三层楼”的基本结构(图 1—3)。其下构造层,即前中生代基底构造层,主要由新太古代变质岩系和侵入其中的海西期花岗岩组成,只在工作区北部有古元古界化德群冒地槽型类复理石建造和古生代海相地层零星分布。该构造层主构造线以 EW 向为主,以形成大型近 EW 走向的倒转复式背斜和复式向斜构造及断裂带为特征。区内尚见有某些时期发育的 SN 向构造线的构造形迹,但居次要地位。中构造层,即中生代中期大陆中酸性火山岩盖层构造层,主要由壳源重熔型和壳幔混熔型大陆中酸性火山杂岩系组成,该构造层主构造线

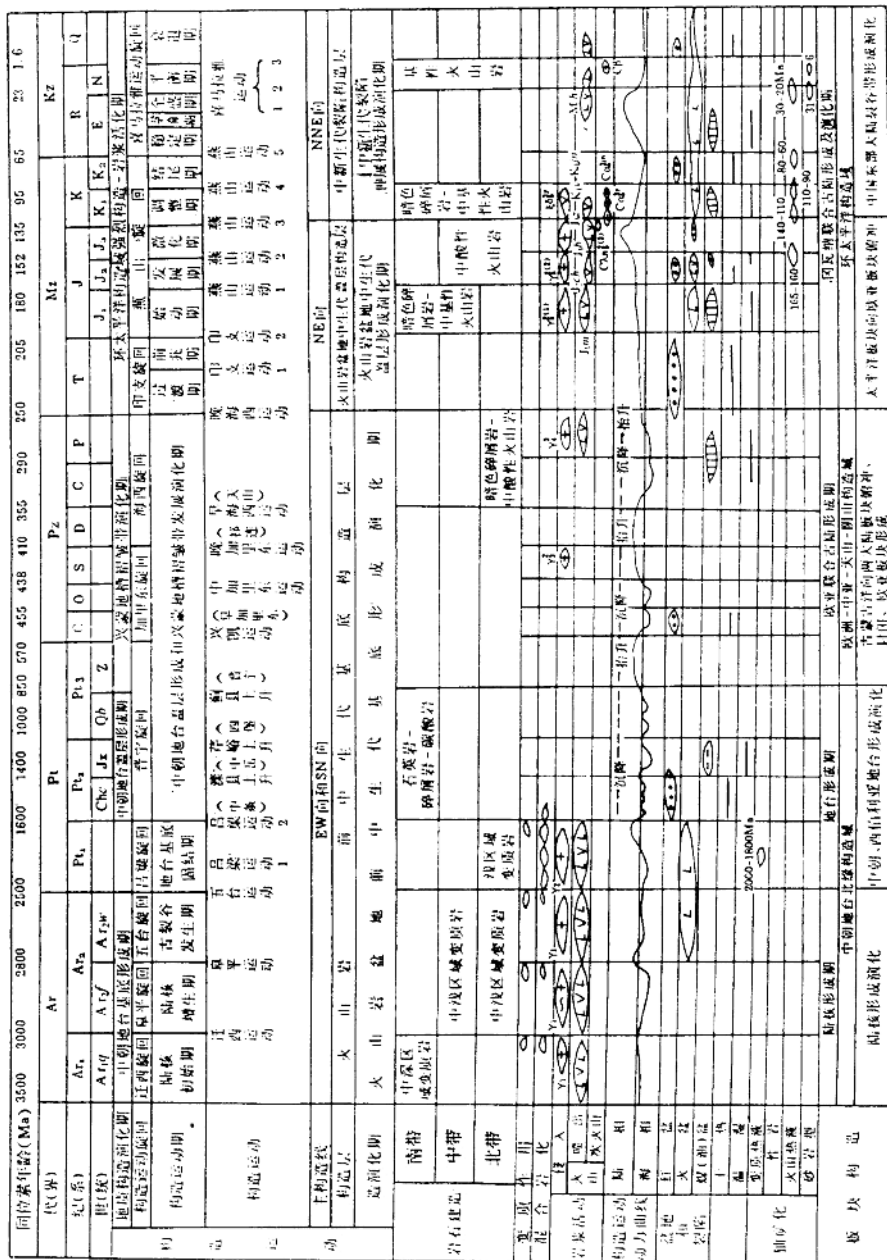


图 1-3 中朝(华北)地台与兴蒙地槽褶皱带毗邻地区地质演化综合表

以 NNE 向和 NE 向为主,以发育断裂-火山构造系统为特征。上构造层,即中生代晚期—新生代裂陷-玄武岩构造层,主要由陆相含煤碎屑岩夹幔源玄武岩所组成,多分布在一些裂陷带的小型盆地中,该构造层主构造线为 NNE 向。

本区火山盆地前中生代基底经历了复杂漫长的演化过程,SN 分异明显。太古宙早期,工作区南侧形成一古陆核,其北缘的 EW 向裂陷槽逐步发展演化,导致古陆核向北逐渐增生,至古元古代末的吕梁运动使该区发生褶皱回返和固结,形成原地台的褶皱基底,从而结束了原地槽的演化,开始在工作区南部的燕辽沉降带沉积地台型盖层,而本区中部广大地区则处于长期隆起抬升,未接受中新元古代的地台盖层沉积。至元古宙末期,结束了中朝(华北)原地台的发展演化,本区开始进入古生代南台北槽的地质演化阶段,同时,仍继承了以 SN 分异为主的基本特征。由于前中生代基底演化期 SN 分异明显,导致工作区南部和北部的基底岩石建造特征和铀源条件存在着显著的差异。工作区南部属中朝地台的北缘部分,自南而北分别发育新太古界谷咀子组中深区域变质岩系,其原岩为中基性海底喷发岩,向北发育新太古界红旗营子群中浅区域变质岩系,其原岩为滨海—浅海相砂泥岩夹中基性—中酸性火山岩建造。古元古代本区大部处于隆起抬升环境,未接受沉积,只是在北部化德、康保一线沉积了冒地槽型类复理石建造的化德群。除工作区最南缘部分属燕辽沉降带,故有元古宙地台型盖层沉积外,大部地区继续处于长期隆起抬升环境,因而缺失中新元古代地台盖层沉积。上述太古宙和元古宙的各种岩石建造均为贫铀建造,只是新太古界红旗营子群中浅变质岩系由于受到多期混合岩化,特别是吕梁期强烈的钾质混合岩化作用的影响,沿 EW 向大型倒转复式背斜轴部深断裂带,形成一连串钾质混合岩化中心。随着岩石钾质混合岩化程度的增强,铀含量发生明显的增量,由原来的  $1.9 \times 10^{-6}$  增至  $5.83 \times 10^{-6}$ ,局部可高达  $7.8 \times 10^{-6}$ ,造成本区第一次铀的预富集作用,形成工作区中部和南部基底的主要富铀地质体,为在中生代构造岩浆活化期形成富铀和钾的壳源重熔型火山岩盖层含矿建造和铀源层体,提供了有利的物质基础。而工作区北部,与南部红旗营子群时代相当的新太古界乌拉山群,为中等区域变质岩系,其原岩为中基性海底喷发岩夹化学沉积岩,为贫铀建造,且混合岩化作用又不发育,没有发生像南部发生的类似的那种铀的预富集作用。但在海西运动期,由于工作区北侧的古蒙古大洋板块向中朝地台大陆板块强烈的俯冲消减作用,沿中朝地台北缘,形成一条较宽的海西花岗岩带。根据岩石古铀量恢复和供铀能力的计算结果,这些海西花岗岩为具有较强供铀能力的有利铀源体,这是本区发生的第二次大规模铀的预富集作用。综上所述,吕梁期钾质混合岩和海西花岗岩,应作为本区火山盆地基底富铀或铀源地质体,成为战略选区和远景评价的重要地质判据之一。

本区进入中生代火山盆地盖层演化期以来,开始了一个崭新的地质演化期。由于库拉板块向欧亚大陆板块的强烈俯冲消减作用和欧亚大陆板内运动,使得本区随同中国东部广大地区一道,卷入了环太平洋构造域的统一演化过程之中。本区由 SN 分异演化转向 SN 统一演化 EW 分异日趋增强的新时期。主构造线由 EW 向转为 NE 和 NNE 向。由于这一新的主导构造系统,加上它所派生的火山构造系统和基底 EW 向及 SN 向构造系统的干扰与复活,导致形成本区以平行四边形为基调的十分复杂的构造格局。印支运动结束了中国南海北陆的演化,进入陆相演化时期。强烈的多旋回的燕山运动,导致形成中国东部大型 NNE 向隆起带和拗陷带及相联系的断裂构造系统,并伴随多旋回、多韵律的岩浆侵入和大陆火山喷发活动,后者的岩浆分异及时空演化很有规律,总体来说,燕山早中期的大陆火山



喷发活动,强度逐渐增强,火山活动中心由南向北作有规律的迁移,岩浆成分由基性—中性—亚碱性—酸性作有规律的变化,从而形成一套巨厚的,岩性复杂的,内部结构面多的大陆火山杂岩系。从早到晚,岩石中的铀含量有逐步增量的趋势。根据岩石化学特征、锶同位素初始比、稀土元素配分特征及锆石特征的研究资料,燕山运动早中期火山活动最晚期的上侏罗统张家口组三段的酸性火山岩和次火山岩属壳源重熔型岩浆产物,根据对其古铀量恢复和供铀能力的计算结果,它们具有较高的古铀含量和供铀能力,为本区火山岩盖层建造中最有利的铀源层体,这是本区第三次大规模铀的预富集作用。

本区晚侏罗世末期,大规模酸性岩浆喷发往往以火山喷发中心广泛的碎斑熔岩溢流而告终,此时,区内广泛发生火山断陷和补偿性的火山塌陷作用,从而形成本区的大型火山断陷或火山塌陷盆地,在其内部的火山喷发活动中心地区,形成近圆形或多边形破火山口塌陷盆地和多边形次级火山断陷盆地,并伴随着酸性次火山岩的侵入活动及隐爆岩筒的形成。工作区内较大型的火山盆地有沽源(3300km<sup>2</sup>)、宝昌(1500km<sup>2</sup>)、多伦(4100km<sup>2</sup>)、大滩(2500km<sup>2</sup>)、白旗(550km<sup>2</sup>)和北围子(1050km<sup>2</sup>)等六个盆地,它们多以区域性深断裂带为其边界,故具有多边形形态,且常具有自南向北掀斜的箕状盆地的特征。上述火山断陷和火山塌陷盆地等负向构造,特别是被长期活动的区域性深断裂带所贯通的火山盆地,为火山作用岩浆期后的断裂—混合成因的火山热水活动提供了极为有利的承压循环水动力系统,从而控制了本区第一次铀-多金属成矿作用。

本区进入白垩—第三纪以来,开始了一个新的地质构造演化时期,地壳处于强烈的拉张环境,这种拉张作用导致地幔上涌和裂隙伸展构造的发育,并伴随幔源基性火山活动,这是本区发生的又一次重要的热事件,导致了本区第二次铀-多金属热叠造型成矿作用。

本区的晚近期新构造运动以整体抬升背景上的差异性块断运动为特征,从而形成本区阶梯状坝上高原丘陵地貌,并导致某些火山岩型铀-多金属矿床的剥露、氧化及在地下潜水面附近的氧化-还原过渡带部位发生次生淋积富集成矿作用,这是本区发生的第三次铀-多金属富集成矿作用。

综上所述,区内中生代火山盆地及火山岩型铀矿化,是本区漫长复杂的地质演化的产物。本区经历了基底、火山岩盖层及裂隙伸展构造等三个演化期,导致了盆地的构造、建造和改造,形成了三层结构的火山盆地,经历了三次预富集和三次成矿作用,最终形成本区的铀-多金属矿化(图1—4)。

## 第二章 盆地基底岩石建造及铀源条件

如前所述,本区经历了三个漫长的地质演化期,形成了垂向上具有三层结构的六个大型火山盆地。基底构造层由新太古界下部的谷咀子组中深区域变质岩系、新太古界上部的红旗营子群和乌拉山群中浅区域变质岩系、古元古界化德群区域浅变质岩系、上古生界下二叠统沉积岩夹火山岩及海西期花岗岩类组成;盖层构造层主要由中下侏罗统中基性火山岩夹暗色含煤碎屑岩建造和上侏罗统中酸性火山岩建造组成;裂隙构造层由下白垩统中基性火山岩夹暗色含煤碎屑岩建造和新第三系基性火山岩夹红色碎屑岩建造组成(表 2—1)。本章对基底构造层的岩石建造特征、形成条件及铀源条件等问题,进行一些分析,以期认识其对盖层岩石建造及火山盆地铀矿化的控制作用。

### 第一节 太古宙地层及岩石建造特征

#### 一、太古宙变质岩的岩石学特征及变质时代

研究区太古宙地层主要出露有新太古代早期的谷咀子组中深区域变质岩系和新太古代晚期的红旗营子群和乌拉山群中浅区域变质岩系。谷咀子组主要分布在研究区南部边缘,崇礼—赤城 EW 向深大断裂以南。其主要岩性有片麻岩、麻粒岩、含铁石英岩及混合岩,属角闪岩相含辉石岩亚相夹麻粒岩相的中深区域变质岩相产物。该地层不构成研究区火山盆地的直接基底,故在此不作过多探讨。红旗营子群主要分布于崇礼—赤城和康保—围场两条区域性深断裂带所夹持的广大地区,构成研究区南半部的火山盆地的直接基底的重要组成部分。它与崇礼—赤城断裂带以南的谷咀子组呈断层接触,其总厚度为 9100m。该组在宝昌县城西侧与其上覆的古元古界化德群呈角度不整合接触关系。红旗营子群的岩石学和岩石化学特征可概括如下:①普遍遭受中—浅度区域变质作用,为一套绿片岩相-角闪岩相变质岩系,主要岩性有黑云变粒岩、浅粒岩、斜长片麻岩、长石石英岩、石英云母片岩和大理岩等,其中,以黑云变粒岩、斜长片麻岩和浅粒岩分布广泛;②各类岩性在区域上分布较稳定,在垂向上有一定的规律性,故可将该群分为三个岩性段,不同地段虽划分方案有所差异,但大致可以对比(表 2—2);③各类岩石的主要矿物成分为钾长石、石英、斜长石和少量的黑云母、石榴子石、角闪石等,其中,钾长石含量高者可达 30%—40%,岩石多具不等粒花岗岩变晶结构和层状构造;④各类岩石的岩石化学特征(表 2—3)表明,普遍具有富  $\text{SiO}_2$  (平均为 72.33%)、富  $\text{K}_2\text{O}$  (平均为 5.15%) 和贫  $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$  和  $\text{MgO}$  等特征;⑤大量的地面伽玛能谱测量(表 2—4)和岩石的铀、钍化学分析结果表明,红旗营子群主要变质岩的铀、钍、钾含量均偏低,平均铀含量为  $1.9 \times 10^{-6}$ ,钍含量为  $7.4 \times 10^{-6}$ ,钾含量为 2.9%,Th/U 比值为 4.0。

乌拉山群主要分布于研究区北部兴蒙地槽褶皱带的宝昌火山盆地东侧骆驼山地区和多伦火山盆地的西北侧地区,其主要岩性为角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、浅粒岩、变粒岩夹长

表 2-1 燕辽西段中生代火山盆地基底和盖层地层及建造特征对比表

| 构造层    | 沽源火山岩盆地 |       |                                                                                           | 宝昌火山岩盆地               |                                |                                                                                           | 多伦火山岩盆地                         |                      |                                                                                           | 变质相                        | 建造特征                       | 岩浆活动旋回              | 矿产                                          |
|--------|---------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------------------|
|        | 界统      | 组     | 代号                                                                                        | 厚度<br>(m)             | 主要岩性                           | 代号                                                                                        | 主要岩性                            | 厚度<br>(m)            | 组                                                                                         | 代号                         | 主要岩性                       | 厚度<br>(m)           |                                             |
| 新生界    | 新生界     | 汉诺项组  | Q <sub>1</sub><br>N <sub>1</sub><br>N <sub>2</sub>                                        | 5-30<br>10-60<br>>454 | 冲积物、风成砂、砂砾岩、粘土、砂页岩、粉砂岩、泥页岩、安山岩 | Q <sub>1</sub><br>N <sub>1</sub><br>N <sub>2</sub>                                        | 风成砂、流砂及粘土、拉旗安山岩、砂页岩、粉砂岩、泥页岩、安山岩 | 5-20<br>10-50<br>>45 | Q <sub>1</sub><br>N <sub>1</sub><br>N <sub>2</sub>                                        | 风成砂、冲积物及粘土、砂页岩、粉砂岩、泥页岩、安山岩 | 风成砂、冲积物及粘土、砂页岩、粉砂岩、泥页岩、安山岩 | 620<br>>187<br>>759 | 煤、油页岩及钾盐                                    |
|        |         | 青石岭组  | K <sub>1q</sub>                                                                           | >500                  | 砂页岩、粉砂岩、泥页岩、安山岩                | K <sub>1q</sub>                                                                           | 砂页岩、粉砂岩、泥页岩、安山岩                 | >613.7               | K <sub>1q</sub>                                                                           | 砂页岩、粉砂岩、泥页岩、安山岩            | 砂页岩、粉砂岩、泥页岩、安山岩            | 620                 |                                             |
| 中生界    | 中生界     | 花吉营组  | K <sub>1h</sub>                                                                           | 858                   | 呈孔状安山岩和凝灰质砂岩                   | K <sub>1h</sub>                                                                           | 呈孔状安山岩及熔结凝灰岩                    | >867                 | K <sub>1h</sub>                                                                           | 呈孔状安山岩及熔结凝灰岩               | 呈孔状安山岩及熔结凝灰岩               | >759                |                                             |
|        |         | 西瓜园组  | K <sub>1x</sub>                                                                           | 707                   | 砂页岩、粉砂岩、泥页岩、安山岩                | K <sub>1x</sub>                                                                           | 凝灰质砂岩、泥页岩、安山岩                   | 700                  | K <sub>1x</sub>                                                                           | 凝灰质砂岩、泥页岩、安山岩              | 凝灰质砂岩、泥页岩、安山岩              | 361                 |                                             |
| 上侏罗统   | 上侏罗统    |       |                                                                                           |                       |                                |                                                                                           |                                 |                      |                                                                                           |                            |                            | 483                 |                                             |
|        |         | 张家口组  | J <sub>2</sub> <sup>3</sup><br>J <sub>2</sub> <sup>2</sup><br>J <sub>2</sub> <sup>1</sup> | 1994<br>502<br>3767   | 流纹岩、熔结凝灰岩、角砾凝灰岩、粗面岩、石英粗面岩      | J <sub>2</sub> <sup>3</sup><br>J <sub>2</sub> <sup>2</sup><br>J <sub>2</sub> <sup>1</sup> | 流纹岩、熔结凝灰岩、角砾凝灰岩、粗面岩、石英粗面岩       | 1125<br>100<br>3800  | J <sub>2</sub> <sup>3</sup><br>J <sub>2</sub> <sup>2</sup><br>J <sub>2</sub> <sup>1</sup> | 流纹岩、熔结凝灰岩、角砾凝灰岩、粗面岩、石英粗面岩  | 流纹岩、熔结凝灰岩、角砾凝灰岩、粗面岩、石英粗面岩  | 3432                | 460.534<br>铀相矿床<br>781<br>铀矿点               |
| 侏罗统    | 侏罗统     | 白旗组   | J <sub>3</sub> <sup>1</sup>                                                               |                       | 流纹质熔结凝灰岩、气孔状安山岩                | J <sub>3</sub> <sup>1</sup>                                                               | 熔结凝灰岩、气孔状安山岩                    | >258                 | J <sub>3</sub> <sup>1</sup>                                                               | 熔结凝灰岩、气孔状安山岩               | 熔结凝灰岩、气孔状安山岩               | 428                 |                                             |
|        |         |       |                                                                                           |                       |                                |                                                                                           |                                 |                      |                                                                                           |                            |                            | >829                | 煤                                           |
| 中、下侏罗统 | 中、下侏罗统  |       |                                                                                           |                       |                                |                                                                                           |                                 |                      |                                                                                           |                            |                            |                     |                                             |
|        |         |       |                                                                                           |                       |                                |                                                                                           |                                 |                      |                                                                                           |                            |                            |                     |                                             |
| 古生界    | 古生界     |       |                                                                                           |                       |                                |                                                                                           |                                 |                      |                                                                                           |                            |                            |                     |                                             |
|        |         |       |                                                                                           |                       |                                |                                                                                           |                                 |                      |                                                                                           |                            |                            |                     |                                             |
| 下二叠统   | 下二叠统    |       |                                                                                           |                       |                                |                                                                                           |                                 |                      |                                                                                           |                            |                            |                     |                                             |
|        |         |       |                                                                                           |                       |                                |                                                                                           |                                 |                      |                                                                                           |                            |                            |                     |                                             |
| 石炭统    | 石炭统     |       |                                                                                           |                       |                                |                                                                                           |                                 |                      |                                                                                           |                            |                            |                     |                                             |
|        |         |       |                                                                                           |                       |                                |                                                                                           |                                 |                      |                                                                                           |                            |                            |                     |                                             |
| 古元界    | 古元界     |       |                                                                                           |                       |                                |                                                                                           |                                 |                      |                                                                                           |                            |                            |                     |                                             |
|        |         |       |                                                                                           |                       |                                |                                                                                           |                                 |                      |                                                                                           |                            |                            |                     |                                             |
| 新太古界   | 新太古界    | 红旗营子群 | A <sub>2</sub> <sup>3</sup><br>A <sub>2</sub> <sup>2</sup><br>A <sub>2</sub> <sup>1</sup> | 9100                  | 黑云角闪斜长片麻岩、浅粒岩、变粒岩、大理岩          | A <sub>2</sub> <sup>3</sup><br>A <sub>2</sub> <sup>2</sup><br>A <sub>2</sub> <sup>1</sup> | 黑云角闪斜长片麻岩、浅粒岩、变粒岩、大理岩           | >8000<br>>5000       | A <sub>2</sub> <sup>3</sup><br>A <sub>2</sub> <sup>2</sup><br>A <sub>2</sub> <sup>1</sup> | 黑云角闪斜长片麻岩、浅粒岩、变粒岩、大理岩      | 黑云角闪斜长片麻岩、浅粒岩、变粒岩、大理岩      |                     | 寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系、第四系 |
|        |         | 谷咀子群  | A <sub>2</sub> <sup>3</sup>                                                               | 8300                  | 角闪斜长片麻岩                        | A <sub>2</sub> <sup>3</sup>                                                               | 角闪斜长片麻岩                         |                      | A <sub>2</sub> <sup>3</sup>                                                               | 角闪斜长片麻岩                    | 角闪斜长片麻岩                    |                     | 寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系、第四系 |

表 2-2 燕辽西段火山岩盆地新太古代地层对比表

| 沽源盆地                                                                        | 宝昌盆地                                                                                                                             |                                                                                  | 多伦盆地                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                             | 西南部                                                                                                                              | 东部                                                                               |                                                                                                                                               |
| 上部:<br>黑云斜长片麻岩夹黑云夕线黑云变粒岩、不纯大理岩。<br>下部:<br>黑云变粒岩、含石榴子石黑云斜长片麻岩夹大理岩,总厚度 9100 m | 红<br>旗<br>营<br>子<br>群<br><br>三岩组:<br>含石墨大理岩<br>>382 m<br>二岩组:<br>含石榴子石黑云<br>变粒岩夹浅粒<br>岩、大理岩<br>>3690 m<br>一岩组:<br>含石榴子石黑云<br>浅粒岩 | 乌<br>拉<br>山<br>群<br><br>上部:<br>斜长片麻岩夹长<br>英岩<br>下部:<br>角闪斜长片麻<br>岩、变粒岩夹角<br>闪斜长岩 | 红<br>旗<br>营<br>子<br>群<br><br>第三岩性段:<br>黑云角闪片麻岩、变粒岩、浅粒岩;<br>第二岩性段:<br>角闪斜长片麻岩夹斜长角闪岩、黑云变粒岩、浅粒岩;<br>第一岩性段:<br>黑云变粒岩、黑云斜长片麻岩夹斜长角闪岩<br>总厚度 >7462 m |

表 2-3 燕辽西段火山岩盆地基底变质岩岩石化学成分分析结果表

| 样品号   | 岩性           | 氧化物 (%)          |                                |       |                                |       |       |       |                               |                  |                   |                  |      |      | U<br>(10 <sup>-6</sup> ) | Th<br>(10 <sup>-6</sup> ) | 取样地点 |
|-------|--------------|------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------------------------------|------------------|-------------------|------------------|------|------|--------------------------|---------------------------|------|
|       |              | SiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO   | CaO   | MgO   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | TiO <sub>2</sub> |      |      |                          |                           |      |
| G-015 | 斜长角闪岩        | 45.87            | 11.15                          | 7.77  | 10.09                          | 0.170 | 7.70  | 19.36 | 0.049                         | 0.23             | 0.84              | 0.559            | 0.49 | 0.56 | 骆驼山乌拉山群                  |                           |      |
| G-016 | 黑云斜长片麻岩      | 48.51            | 14.64                          | 11.53 | 13.56                          | 0.230 | 10.14 | 7.16  | 0.122                         | 0.58             | 1.94              | 1.238            | 0.83 | 1.3  | 骆驼山乌拉山群                  |                           |      |
| G-017 | 浅粒岩          | 65.87            | 2.73                           | 2.09  | 16.12                          | 0.043 | 1.90  | 0.64  | 0.578                         | 3.36             | 6.68              | 0.814            | 0.10 | 1.0  | 骆驼山乌拉山群                  |                           |      |
| G-018 | 斜长角闪岩        | 50.85            | 15.49                          | 10.38 | 12.58                          | 0.228 | 8.90  | 5.26  | 0.144                         | 0.90             | 2.55              | 2.064            | 0.81 | 2.2  | 骆驼山乌拉山群                  |                           |      |
| G-019 | 斜长角闪片麻岩      | 67.38            | 3.20                           | 2.71  | 14.90                          | 0.064 | 1.67  | 0.35  | 0.312                         | 6.58             | 2.76              | 1.392            | 0.32 | 0.56 | 骆驼山乌拉山群                  |                           |      |
| G-384 | 均质混合岩        | 71.99            | 1.65                           | 1.23  | 14.77                          | 0.042 | 1.19  | 0.08  | 0.083                         | 6.36             | 2.58              | 0.061            | 5.1  | 8.9  | 骆驼山乌拉山群                  |                           |      |
| G-390 | 均质混合岩        | 76.91            | 1.49                           | 0.80  | 12.73                          | 0.013 | 0.15  | 0.13  | 0.072                         | 6.23             | 1.25              | 0.223            | 7.8  | 43.3 | 沽源地区红旗营子群                |                           |      |
| G-399 | 斑状混合岩        | 70.25            | 1.67                           | 1.18  | 14.70                          | 0.018 | 1.30  | 0.35  | 0.067                         | 6.42             | 2.41              | 0.253            | 4.2  | 18.7 | 沽源地区红旗营子群                |                           |      |
| G-400 | 均质混合岩        | 69.27            | 3.83                           | 3.18  | 12.55                          | 0.078 | 1.56  | 0.52  | 0.132                         | 5.99             | 1.86              | 0.428            | 7.6  | 19.1 | 沽源地区红旗营子群                |                           |      |
| G-142 | 角闪斜长片麻岩      | 75.18            | 5.20                           | 4.17  | 10.24                          | 0.023 | 0.94  | 1.61  | 0.076                         | 2.32             | 2.19              | 0.822            | 1.2  | 7.9  | 沽源地区红旗营子群                |                           |      |
| G-155 | 黑云斜长<br>浅变粒岩 | 70.07            | 3.13                           | 2.25  | 14.72                          | 0.042 | 2.21  | 1.64  | 0.157                         | 3.88             | 3.63              | 1.23             | 1.5  | 3.1  | 沽源地区红旗营子群                |                           |      |

(核工业北京地质研究院七室分析, 1990)

英质岩石, 其岩性组合大致可与研究区南半部的红旗营子群对比(表 2-2)。各类岩石的主要矿物成分为斜长石、石英、钾长石、角闪石及少量黑云母、石榴子石等, 其中, 钾长石含量一般少于斜长石, 多为 10% 左右, 斜长石含量一般高达 30%—40%, 岩石多具花岗变晶结构和层状构造。各类岩石的化学成分(表 2-3)表明, 它们具有贫 SiO<sub>2</sub> (平均含量为 55.6%)、富铁(平均含 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 39.53%、FeO 8.9%)、钙(平均含 CaO 6.1%)、镁(平均含 MgO 6.51%) 和低钾(平均含 K<sub>2</sub>O 1.13%)、钠(平均含 Na<sub>2</sub>O 1.12%) 为特征。它们与红旗营子群的岩石化学成分比较, 具有明显偏基性的特点。大量伽玛能谱测量结果(表 2-4)表明, 该群主要岩石平均铀含量为  $1.22 \times 10^{-6}$ 、钍含量为  $8.3 \times 10^{-6}$ 、钾含量为 2.1%、Th/U 比值为 9.6。综上所述, 本区新太古界上部的红旗营子群和乌拉山群变质岩的岩石化学特征存在着明显的差异, 后者比前者明显偏基性, 但二者的铀含量均偏低, 如果没有后期的构造岩浆活化改

表 2-4 燕辽西段火山岩盆地基底岩石能谱测量平均值表

| 地 区           | 岩 性     | U( $10^{-6}$ ) | Th( $10^{-6}$ ) | K(%) | Th/U | 测点数 |
|---------------|---------|----------------|-----------------|------|------|-----|
| 骆驼山地区<br>(北区) | 斜长角闪片麻岩 | 1.10           | 9.60            | 1.50 | 8.7  | 13  |
|               | 黑云斜长角闪岩 | 0.5            | 6.20            | 1.1  | 12.4 | 5   |
|               | 浅 粒 岩   | 0.7            | 11.1            | 2.1  | 15.8 | 11  |
|               | 变 粒 岩   | 1.4            | 10.1            | 2.8  | 7.2  | 6   |
|               | 长 英 岩 脉 | 2.4            | 4.5             | 3.3  | 1.90 | 3   |
|               | 平 均     | 1.22           | 8.3             | 2.16 | 9.6  | 38  |
| 沽源地区<br>(南区)  | 黑云斜长片麻岩 | 1.5            | 7.6             | 2.6  | 5.0  | 37  |
|               | 变 粒 岩   | 1.6            | 8.4             | 3.1  | 5.2  | 25  |
|               | 浅 粒 岩   | 1.8            | 9.4             | 3.2  | 5.2  | 17  |
|               | 石 英 片 岩 | 2.1            | 6.4             | 4.5  | 3.0  | 14  |
|               | 大 理 岩   | 2.5            | 5.1             | 1.50 | 2.0  | 11  |
|               | 平 均     | 1.9            | 7.4             | 2.9  | 4.0  | 104 |

造作用而引起岩石中的铀的富集增量,它们只能构成本区火山盆地的贫铀基底。

为了确定岩石的变质时代,我们对区内盆地基底红旗营子群和乌拉山群的主要岩性角闪斜长片麻岩、黑云变粒岩中的锆石进行了铀-铅同位素年龄测定和对全岩进行了铷-锶年龄测定,红旗营子群变质岩石中的锆石铀-铅同位素年龄为 2400 Ma(图 2-1)。乌拉山群斜长片麻岩中四个锆石样品的铀-铅同位素等时线年龄为 2350 Ma,全岩铷-锶同位素等时线年龄为 2446 Ma(图 2-2)。上述同位素年龄数据表明二者均属于新太古代晚期的产物,它们在变质时代上完全可以对比。

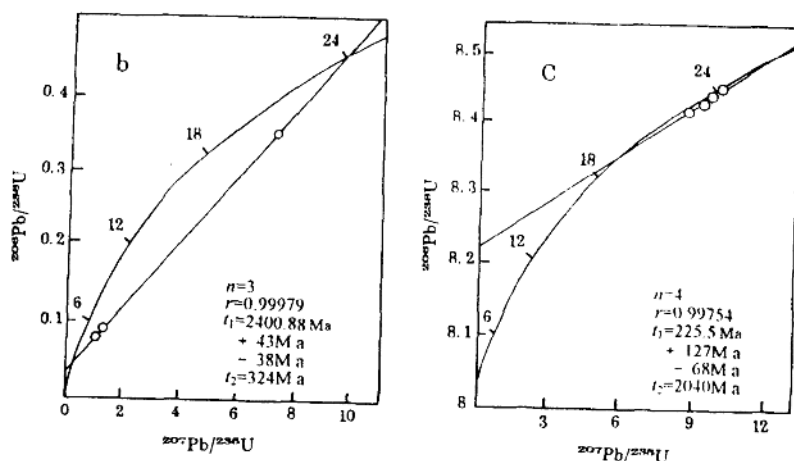


图 2-1 红旗营子群变质岩系中锆石 U-Pb 一致线图解

(据夏毓亮, 1986)

## 二、太古宙基底岩石混合岩化作用的基本特征

区内太古宙基底岩石普遍遭受了不同程度的混合岩化作用,根据野外观察测量及室内