

华北地台北缘 元古宇中铅锌矿床的地球化学

魏菊英 曾貽善 牟保磊 著

地质出版社



华北地台北缘 元古宇中铅锌矿床的地球化学

2810/23

魏菊英 曾貽善 牟保磊 著

地质出版社

· 北京 ·

(京)新登字 085 号

内 容 简 介

本书从地质和地球化学、同位素地质学方面着重对华北地台北缘元古宇及其中的青城子、八家子和蔡家营铅锌矿床进行了研究和论述。主要内容涉及华北地台北缘元古宇的分布、岩性、化学组成及其形成和演化;青城子、八家子和蔡家营等铅锌矿床的地质地球化学特征;华北地台北缘元古宇与铅锌成矿作用在时间、空间和物质组分上的制约关系等。本书可供地质学、地球化学等专业的生产、科研和教学的地质人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

华北地台北缘元古宇中铅锌矿床的地球化学/魏菊英等著. —北京:地质出版社, 1995. 9

ISBN 7-116-01922-7

I. 华… II. 魏… III. 铅锌矿床-地球化学-中国-华北地区 N. P618.420.622

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 10988 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:谭惠静

*

中国地质科学院 562 印刷厂印刷 新华书店总店北京科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:5.875 字数:132000

1995 年 9 月北京第一版·1995 年 9 月北京第一次印刷

印数:1—400 册 定价:7.20 元

ISBN 7-116-01922-7

P·1491

前 言

本书是在“七五”国家重点科技攻关项目二级专题“华北地台北缘某些地区元古界铅锌含矿性”的基础上编著而成的。

华北地台北缘是一个非常重要的铅、锌、金、银等多金属成矿带。本书着重对华北地台北缘元古宇及与其有关的辽宁青城子、八家子铅锌矿床和河北蔡家营铅锌银矿床进行了研究和论述。内容包括华北地台北缘元古宇的分布、规模、岩性、化学组成及其形成和演化；青城子、八家子和蔡家营三个矿床的地质地球化学特征以及它们与元古宇在时间和空间上的关系等。

元古宙约占整个地球历史的 43%，它对地壳演化和许多矿产的形成起有关键作用。因此，本书除讨论上述三个具有代表性的铅锌矿床的地球化学特征外，还强调了元古宇的地球化学特征及其重要意义。

本书的编写分工是：魏菊英编写第一、二、五章；曾贻善编写第三章；牟保磊编写第四章；魏菊英负责全书统稿。

在完成专题任务过程中，北京大学地质系地球化学专业硕士研究生苏琪、蒋少涌、张四清、陈晓钟及毕业班本科生张招崇、吴海林、李长山、张新基、王滋平、张辉、贾红宇、雷雅川、俞文兵、刘朝先后参加了青城子、八家子和蔡家营各矿床的研究工作。在野外工作期间得到青城子、八家子、蔡家营各矿的领导及其地测科和有关同志们热情帮助和支持。北京大学地质系地球化学分析室、同位素实验室等帮助完成了大量样品的分析。书中图件由我系绘图室清绘。在此谨向参加专题研究及给予热情帮助和支持的同志们致以诚挚的谢意。

作 者

目 录

第一章 华北地台北缘的元古宇·····	(1)
一、地质背景·····	(1)
二、华北地台北缘元古宇的分布和岩性·····	(2)
(一) 下元古界 ·····	(2)
(二) 中、上元古界 ·····	(4)
三、华北地台元古宇的形成和演化·····	(5)
参考文献·····	(7)
第二章 青城子铅锌矿床的地球化学·····	(8)
一、地质背景·····	(8)
(一) 地层 ·····	(8)
(二) 构造 ·····	(10)
(三) 岩浆岩 ·····	(10)
二、辽河群的含矿性及其地球化学特点 ·····	(11)
(一) 岩性 ·····	(11)
(二) 主要化学组分 ·····	(13)
(三) 微量元素 ·····	(14)
(四) 主要化学组分与微量元素之间的相关性 ·····	(18)
(五) 微量元素之间的相关性 ·····	(19)
(六) 稀土元素配分模式特征 ·····	(20)
三、矿床地球化学 ·····	(21)
(一) 地质简况 ·····	(21)
(二) 主要化学组分 ·····	(23)
(三) 微量元素 ·····	(24)
(四) 同位素地球化学 ·····	(26)
四、矿床成因 ·····	(33)
参考文献 ·····	(34)
第三章 八家子铅锌矿床的地球化学 ·····	(35)
一、地质背景 ·····	(35)
(一) 地层 ·····	(36)
(二) 构造 ·····	(40)
(三) 岩浆岩 ·····	(40)
二、矿床地质特征 ·····	(42)
(一) 矿体 ·····	(42)
(二) 矿石的矿物组成和结构构造·····	(42)

(三) 围岩蚀变	(43)
三、矿床地球化学	(43)
(一) 微量元素地球化学	(43)
(二) 同位素地球化学	(49)
(三) 成矿元素活化的模拟实验	(56)
四、成矿物质来源探讨	(57)
参考文献	(58)
第四章 蔡家营铅锌银矿床的地球化学	(60)
一、地质背景	(60)
(一) 地层	(60)
(二) 构造	(62)
(三) 岩浆岩	(63)
二、矿床地质特征	(64)
(一) 矿体	(64)
(二) 矿石类型	(65)
(三) 矿石结构构造	(67)
(四) 矿物共生组合	(67)
(五) 主要矿石矿物和脉石矿物	(67)
三、矿床地球化学	(69)
(一) 矿区红旗营子群大同营组主要化学组分和微量元素	(69)
(二) 矿区岩浆岩的主要化学组分和微量元素	(73)
(三) 矿体及近矿蚀变围岩中的成矿元素	(75)
(四) 同位素地球化学	(76)
四、矿床成因	(79)
参考文献	(80)
第五章 华北地台北缘元古宇与铅锌成矿作用的关系	(81)
一、时间关系	(81)
二、空间关系	(82)
三、物质成分组合	(83)
参考文献	(87)

第一章 华北地台北缘的元古宇

一、地质背景

顾名思义华北地台北缘是指华北地台的北部边缘地域。华北地台是我国最古老的克拉通。它的北侧大致沿阴山山脉北缘至吉林省延吉以南一线与内蒙-大兴安岭褶皱带和吉黑褶皱带相毗邻；其南侧沿西安至合肥一线与秦岭褶皱带邻接；陕西陇县延至龙首山（内蒙古与甘肃交界处）一线为地台的西侧边缘；华北地台的东南界由于郯庐断裂的左行错动，与扬子地台直接接触（马文璞，1992）。

根据构造地质特征华北地台又划分为内蒙地轴、鲁东地盾、辽东台背斜、鲁西台背斜、山西台背斜、鄂尔多斯台向斜、辽冀台向斜、燕辽台褶皱带、豫淮台褶皱带和贺兰-六盘台褶皱带共 10 个次一级构造单元（图 1-1）。

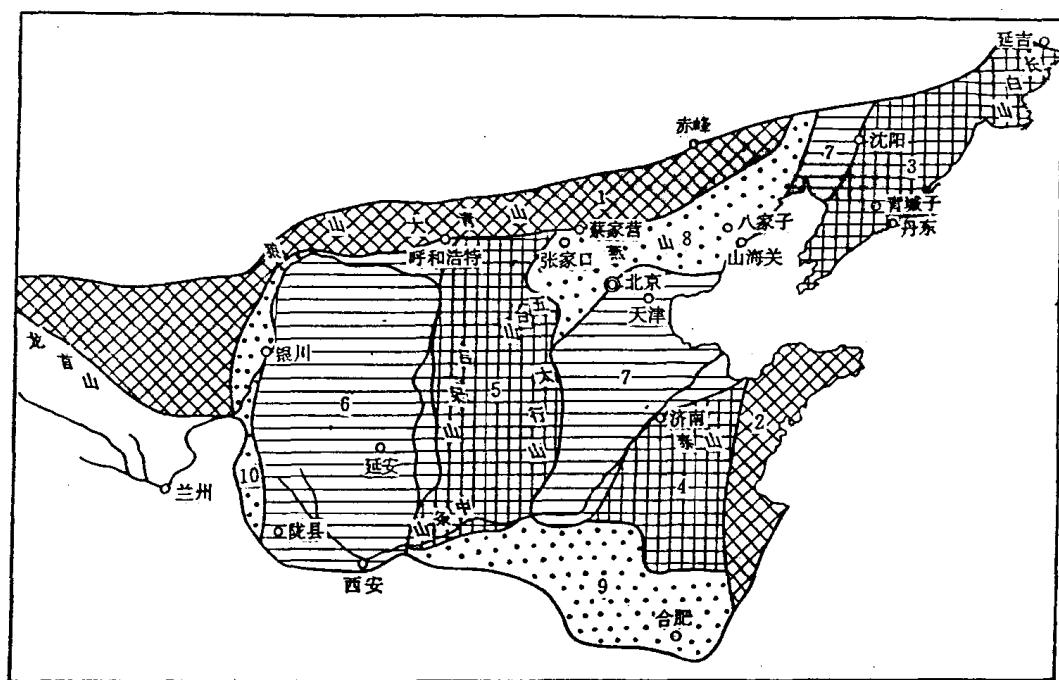


图 1-1 华北地台次一级构造单元图

（据杨森楠等，1982；补充地名）^①

- 1—内蒙地轴；2—鲁东地盾；3—辽东台背斜；4—鲁西台背斜；5—山西台背斜；6—鄂尔多斯台向斜；
7—辽冀台向斜；8—燕辽台褶皱带；9—豫淮台褶皱带；10—贺兰-六盘台褶皱带

华北地台北缘包括内蒙地轴、燕辽台褶皱带、辽冀台向斜北部和辽东台背斜，横贯内蒙

^① 杨森楠等，中国区域大地构造学，第 62 页，1982。

古、河北、辽宁和吉林 4 个省区,呈东西向狭长带状,长约 2000km,南北宽约 400km;其地理坐标为东经 106°—130°,北纬 40°—43°^①。华北地台北缘的基本地质结构是:中央带以内蒙地轴为中心,南北两侧为元古宙裂陷带;东西向和北北东向深断裂交叉组成菱形网格状构造格架。

华北地台北缘广泛分布有太古宇尤其是下太古界区域变质岩系。可以说,我国的下太古界主要分布在华北地台北缘,如冀东迁西群、辽宁鞍山群、内蒙古集宁群等。迁西群同位素年龄为 3670—3470Ma (中国科学院地质所,1978;中国地质科学院同位素室,1979;B. M. Jahn, 1990);其岩性主要为麻粒岩、斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩、黑云变粒岩等。鞍山群主要由斜长角闪岩、角闪片岩、变粒岩等组成,属角闪岩相;其同位素年龄为 3200—3100Ma (陈毓蔚等,1981;李曙光等,1983)。集宁群主要分布于内蒙古卓资、集宁一带,岩性为黑云斜长片麻岩、麻粒岩、黑云母变粒岩等,其中含有较厚的大理岩;其同位素年龄大于 3000Ma^②。

迁西群和集宁群都遭受了较强的区域混合岩化作用,故而形成混合岩,局部形成混合花岗岩。鞍山群上下盘分别为混合花岗岩和混合岩,其自身亦受到不同程度的混染交代作用。辽西的太古宇为建平群,主要由黑云母片麻岩、斜长角闪岩、角闪辉石岩及磁铁石英岩等组成,混合岩化强烈。混合岩的同位素年龄为 2475—2387Ma^③。

华北地台北缘出露的上太古界变质岩系地层有内蒙古的乌拉山群和冀北的桑干群以及冀东的滦县群(上太古界一下元古界)。乌拉山群上部主要为斜长角闪岩、变粒岩和各类片麻岩,其中夹磁铁石英岩,下部以蛇纹石化大理岩为主;其同位素年龄为 2650—2600Ma;原岩为一套中基性火山-沉积岩系,富含 Ag、Pb、Zn、Cu、Ba 等元素,Ni/Co 比值为 2.26^④。乌拉山群在经受区域变质作用的同时,碱交代作用亦很强烈,形成混合岩和肉红色混合花岗岩^⑤。桑干群上部多为矽线石片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩等;下部多由紫苏麻粒岩、二辉斜长片麻岩等组成;上下部地层中均具有沉积变质铁矿;同位素年龄为 2500Ma (地矿部地质辞典办公室,1979);锆石 U-Pb 等时线年龄为 2400Ma;Rb-Sr 全岩等时线年龄为 2790±155Ma (彭岚等,1992)。滦县群主要为变粒岩、斜长角闪岩、条带状磁铁石英岩、片麻岩等;其 Rb-Sr 法同位素年龄为 2497Ma (沈其韩等,1981)。滦县群同样遭受了混合岩化作用,形成为片麻状混合岩。

二、华北地台北缘元古宇的分布和岩性

在华北地台的阴山西段、五台山至中条山、冀北和冀东、辽宁、吉林和鲁东等地均有元古宇出露,分布较广泛,为一套已变质成绿片岩和角闪岩相的变火山沉积岩系。

(一) 下元古界

1. 内蒙古中部狼山—色尔腾山—渣尔泰山一带的下元古界自下而上为色尔腾山群和

① 洪作民等,辽宁地质科技情报,第 2 期,1—9 页,1992。

② 杨森楠等,中国区域大地构造学,第 71 页,1982。

③ 刘国平,硕士研究生毕业论文,北京大学地质系,1986。

④ 郎殿有,内蒙古地质,第 2 期,30—40 页,1990。

⑤ 郭砚田,内蒙古地质,第 2 期,41—53 页,1990。

二道洼群,属裂陷槽地沉积。

色尔腾山群主要出露于色尔腾山、石哈河和狼山山前地区,是一套由绿泥片岩、石英片岩、斜长角闪片岩和磁铁石英岩组成的绿片岩系,其厚度达4000—6000m, U-Pb 同位素年龄为2427—2420Ma (丁悌平等, 1992)。

二道洼群覆于色尔腾山群之上,是一套中低级变质的沉积岩系。二道洼群的下部为含砾云母片岩、含碳绢云石英片岩、斜长片麻岩、角闪片麻岩、磁铁石英岩和大理岩等,厚度为834—7000m;上部为黑云石英片岩、二长石英片岩、绿帘角闪片岩、大理岩和磁铁石英岩等,厚度为1000—3000m。二道洼群锆石 U-Pb 法测定年龄为2350—1900Ma (丁悌平等, 1992)。

2. 冀北崇礼—隆化、康保—围场和冀东一带的下元古界分别是红旗营子群、化德群及单塔子群和朱杖子群。

红旗营子群分布在崇礼-赤城-大庙深断裂北侧,在该断裂以南局部地段也有分布。其岩性为斜长角闪岩、角闪斜长变粒岩、黑云斜长变粒岩,其间夹有多呈透镜状产出的大理岩,总厚约7000多米。红旗营子群由于盖层覆盖和混合岩化及岩浆活动,在区域分布上连续性差,常呈大小不等的残块零星出露。其同位素年龄为2400—2300Ma (吴珍汉, 1992)。

化德群是早元古代晚期变质作用形成的,分布在元古宙早期与红旗营子群变质作用同时或后期产生的深断裂槽型拗陷带中。在康保和围场两地出露的岩性并不一致。在康保一带自下而上为含砾石的石英砂岩、千枚岩、云母片岩、透闪大理岩、石英绢云千枚岩夹板岩,总厚大于9000m;围场一带,自下而上为石英片岩、变质砾岩、石灰岩、千枚岩夹砾岩、大理岩等,总厚大于500m。康保一带由于海西期花岗岩的侵入,使这套浅变质岩石受到接触变质,因而出现十字石、红柱石、矽线石等接触变质矿物。根据岩相、矿物组合及构造环境等分析,认为康保—围场变质带属区域低温动力变质作用,为绿片岩相 (张春华等, 1990)。

单塔子群仅在冀东青龙县沿青龙河呈一狭长带状出露,分布局限,也不含铁矿;其岩性为二云变粒岩和石榴云母片岩 (钱祥麟等, 1985)。

朱杖子群不整合于单塔子群之上,其底部以斜长角闪岩、角闪片麻岩、片岩类为主,向上为变粒岩、云母石英片岩等。朱杖子群的同位素年龄为2389Ma^①。

3. 辽宁东部和吉林南部一带广泛出露的下元古界辽河群大致呈北东向分布,带长约480km,宽约160km,不整合于太古宇之上。岩石类型有片岩、千枚岩、变粒岩、浅粒岩、片麻岩、大理岩、透闪岩等。岩石以硼、石墨和碳质含量高为特征。大理岩既含方解石,也有白云石。在本溪—连山关一带,辽河群以底砾岩不整合在年龄为2500Ma (阜平运动)的钾质花岗岩之上,以富硼为特征,出现大量电气石变粒岩。它系钠质中酸性火山活动的产物,夹有蛇纹大理岩和斜长角闪岩,产出环境为北北东向裂陷槽 (马文璞, 1992; 张秋生, 1984)。辽河群的 Rb-Sr 法同位素年龄为2167—1660Ma, U-Pb 法年龄为2097—1622Ma。表明在2000Ma前后辽河群经历了区域变质作用 (张秋生, 1984)。

辽河群之上平行不整合接触榆树砬子群。榆树砬子群由厚层石英岩夹千枚岩和绢云石英片岩组成,最大厚度为4084m (方如恒, 1985)。

① 罗修全, 第二届全国同位素地球化学学术讨论会论文 (摘要) 汇编, 273—274 页, 1982。

在吉林省东南部,下元古界下部为集安群(2500—2000Ma),上部为老岭群(2000—1700Ma)^①。集安群是一套具裂谷建造特征的优地槽相沉积。主要岩石为含电气石和石墨的变粒岩、浅粒岩、片麻岩、斜长角闪岩和大理岩等,其中断裂发育,砾岩分布普遍。集安群中金、铅、锌等矿产丰富。这些矿产主要赋存在含石墨或碳质含量较高的层位^②。老岭群分布地区属大陆边缘裂谷的古构造环境。其岩性为一套镁质碳酸盐岩,包括白云石大理岩和硅化白云石大理岩,原岩为白云岩^③。

(二) 中、上元古界

1. 内蒙古东起固阳,西至阿贵庙、霍各气一带

这一带断续分布中元古界渣尔泰群和什那干群。

渣尔泰群是一套浅变质岩系,由石英岩、砂砾岩、千枚岩、板岩、石灰岩等组成,在其上部层位中夹石膏层,含叠层石,总厚约在2700m以上(丁悌平等,1992)。在渣尔泰群中储藏有丰富的铜、铅、锌和铁等矿产资源,是我国北方重要成矿层位之一。

什那干群覆盖在渣尔泰群之上,以含燧石条带的硅质灰岩为主,含有锰矿层,为典型的沉积盖层。什那干群全岩的Pb法年龄为1554Ma。

2. 河北和辽西一带

这一带在构造上属燕辽台褶带。燕辽台褶带在吕梁运动(1900—1800Ma)时发生了强烈地拗陷,形成了厚约10000m的中、上元古界。中元古界自下而上为长城群、南口群和蓟县群。

长城群主要分布在长城一带,以陆相—浅海相碎屑沉积岩为主。自下而上由含砾砂岩、杂砂岩、粉砂质页岩、黑色页岩、白云岩、砂质白云岩和凝灰质白云岩组成,夹有钠质基性火山岩及铁矿层。长城群具底砾岩,顶部为白云岩,代表一个大的沉积韵律组合,含有叠层石(地矿部地质辞典办公室,1985)。其总厚度约3200m,沉积时限为1850—1700Ma,沉积速率为21.3m/Ma(黎彤,1990)。

南口群为滨海相至浅海相沉积,主要岩石为砂岩、石灰岩、硅质石灰岩和白云岩。其厚约4100m,沉积时限为1700—1400Ma,沉积速率为13.7m/Ma(黎彤,1990)。

蓟县群因在河北蓟县一带发育而得名。岩性以浅海相碳酸盐岩为主,由泥质、硅质和藻礁白云岩组成,其上为较薄的粉砂岩、页岩、白云岩、砂岩和灰岩。在有些地区夹有铁、锰、磷等矿层,代表一个大的沉积韵律组合,含有叠层石(地矿部地质辞典办公室,1985)。其总厚约2200m,沉积时限为1400—1000Ma,沉积速率为5.5m/Ma(黎彤,1990)。

上元古界为青白口群,因北京西山青白口一带发育而得名,分布于冀北一带,为浅海相沉积,由砂岩、页岩、石灰岩组成。其总厚约600m,沉积时限为1000—850Ma,沉积速率为4.0m/Ma(黎彤,1990)。

由上述可见,从长城群到青白口群,沉积速率呈递减趋势,说明华北地台自吕梁运动之后日趋稳定。

① 杨森楠等,中国区域大地构造,62—63页,1982。

② 武殿英等,吉林地质,第4期,8—15页,1992。

③ 王有雄,吉林地质,第3期,22—28页,1992。

3. 辽东半岛一带

此带在构造位置上属辽东台背斜,分布的中、上元古界自下而上为永宁群和细河群、五行山群、革镇堡群及金县群,依次分别相对应于长城群、南口群、蓟县群及青白口群。岩相为滨海相和浅海相。岩石主要为石英砂岩、页岩、泥质灰岩和硅质灰岩等(方如恒, 1985)。

上述元古宙地层之间的年龄界限只能说是相对的和近似的,因为地层的定时和定位是个非常复杂的问题,受诸多因素影响,既有自然因素,也有人为因素。自然因素如地质特征、构造运动、岩浆活动等区域性很强;人为因素如不同作者的采样方式、样品加工、分析测试方法的选择等不尽相同。因此,即使同一地区的同一地层也有可能得出不同的年龄值。本书中引用的年龄值保持原作者的原始数据,所以有时可能出现同一地层具有不同的年龄值,但总体来说相差不大。

三、华北地台元古字的形成和演化

元古字是相应元古宙时期形成的地层。元古宙是地质历史中最长的一个阶段,由2500Ma到600Ma,经历了2000Ma。因此,元古字在世界各古大陆广泛分布,蕴藏有丰富的矿产资源。华北地台也不例外。

元古宙又分早元古代、中元古代和晚元古代。这些不同阶段的划分是以同位素地质年龄为依据的。同位素地质年龄资料表明,前寒武纪时期变质作用和岩浆侵入活动的峰值分别出现在2500Ma、1700Ma和600Ma(图1-2)。因此,Seifert和Sirkin(1979)以这些年龄为界限,把前寒武纪划分为太古宙(>2500Ma)、早元古代(2500—1700Ma)、中元古代(1700—1000Ma)和晚元古代(1000—600Ma)。

2500Ma以前在华北地台形成的太古字,主要为麻粒岩相和角闪岩相的变质岩系,并不同程度地遭受了混合岩化甚至花岗岩化作用。它们构成了华北古地台的结晶基底。

在太古宙末期与早元古代初始期即2500Ma左右,华北地区发生了阜平运动,即一次褶皱运动,使太古字强烈变形变质,并产生普遍的混合岩化作用,形成稳定的华北克拉通。其后,在克拉通基础上发生了大规模的断裂作用,形成了一系列裂陷槽和陆缘断陷,并于其中堆积了一套厚度巨大的元古字变火山沉积岩系,即下元古界。下元古界的分布范围比太古字广泛。下元古界包括中深变质的各种变粒岩、片麻岩、斜长角闪岩、片岩和浅变质的板岩、千枚岩、碳酸盐岩等两套岩系。这些岩系中赋存有许多储藏量不同的铅锌矿床和其

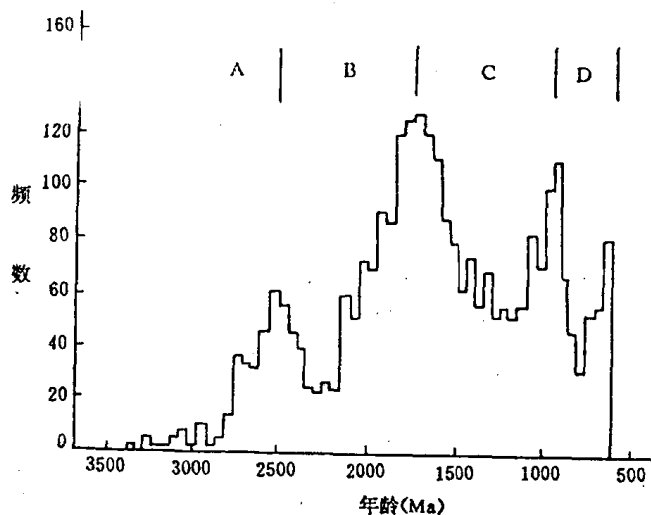


图 1-2 世界前寒武纪基底岩石年龄的频率

(据白顺良等 1984 年资料修改)

A—太古宙; B—早元古代; C—中元古代; D—晚元古代

他多金属矿床。按照大地构造观点，下元古界属华北地台的褶皱基底，中上元古界属沉积盖层（黎彤，1991）。

在1900—1700Ma期间，华北地台发生了强烈的吕梁运动，主要表现为褶皱断裂变动、岩浆活动、区域变质作用及部分混合岩化作用，从而使华北地台转变为更稳定的状态。这标志着华北地台变质基底的最终形成，并与其西侧的塔里木地台构成东西向横贯全国的北方大陆（马文璞，1992）。吕梁运动是中国地史上一次规模巨大、影响广泛的地壳运动。它不仅使下元古界褶皱、变质，而且发生强烈的岩浆活动、热变质作用。由于大规模的伟晶岩和花岗岩的侵入，使下元古界和太古宇都受到影响和改造。华北地台在吕梁运动之后，在中元古代形成了广泛的稳定沉积盖层，尤其在燕山地区的狭长地带沉积了厚约近万米的长城群、南口群、蓟县群等（白顺良等，1984）。由这些巨厚的沉积岩性可知，华北地台的中元古界是一个由海进海退形成的巨型沉积旋回。在蓟县期末（约至1000Ma）华北古陆整体抬升，遭受剥蚀。其沉积间断可能达50Ma之久（黎彤，1992）。

在晚元古代，华北地台几乎没有发生大范围沉积，仅在个别地区沉积有以浅海相碎屑岩和泥灰岩为主的青白口群。

根据黎彤（1991）对华北元古宇陆壳岩石化学组分的研究，从下元古界到上元古界岩石化学组分具有明显的变化规律（表1-1）。

表1-1 华北元古宇的平均化学组分（%）

组 分	下元古界	中元古界	上元古界	元 古 宇
SiO ₂	49.28	41.71	52.48	46.98
TiO ₂	0.47	0.17	0.31	0.36
Al ₂ O ₃	10.86	5.34	9.24	8.95
Fe ₂ O ₃	2.49	2.02	2.86	2.36
FeO	3.21	1.31	1.39	2.48
MnO	0.09	0.02	0.03	0.06
MgO	6.68	7.62	3.53	6.80
CaO	9.80	18.09	12.76	12.72
Na ₂ O	1.69	0.31	0.34	1.16
K ₂ O	1.84	2.26	3.71	2.09
H ₂ O ⁺	1.67	0.89	1.41	1.40
P ₂ O ₅	0.18	0.07	0.09	0.14
CO ₂	11.74	20.18	11.85	14.50
总 计	100.00	100.00	100.00	100.00
Fe ₂ O ₃ /FeO	0.78	1.54	2.06	0.95
CaO/MgO	1.47	2.37	3.60	1.87
K ₂ O/Na ₂ O	1.09	7.29	10.91	1.80
TiO ₂ /MnO	5.22	8.50	10.33	6.00

据黎彤，1991。

（1）下、中、上元古界相比，下元古界的Al₂O₃、FeO和Na₂O含量最高；中元古界的MgO、CaO、CO₂含量最高；上元古界的SiO₂、Fe₂O₃和K₂O含量最高；

（2）从中元古界到上元古界的沉积盖层中，除MgO、CaO和CO₂含量减少外，其余组分均增加；

（3）无论是整个元古宇还是下、中、上元古界，均显示CaO>MgO、K₂O>Na₂O和TiO₂

>MnO 等的化学特征;

(4) 从下元古界到上元古界, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 、 CaO/MgO 、 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 和 TiO/MnO 等比值均呈递增趋势。

上述化学组分之间的关系和变化趋势反映了华北地台元古宇演化的化学特征。在元古宙长达 2000Ma 的地史演变过程中, 随着大陆地壳的加厚和扩大, 岩石化学性质由基性变为中酸性; 植物光合作用增强, 游离氧增多; 由还原环境转变为较氧化环境; 沉积构造环境从优地槽转向冒地槽。

元古宇的化学演化与当时地球大气圈、水圈和生物圈的演化是相一致的。例如大气圈从还原性质演变为氧化性质。早元古代的大气圈, 从太古宙以来的 $\text{CO}_2\text{-N}_2$ 型演变为 $\text{N}_2\text{-CO}_2\text{-O}_2$ 型, 直至晚元古代再从 $\text{N}_2\text{-CO}_2\text{-O}_2$ 型演变为 $\text{N}_2\text{-CO}_2\text{-CO}_2$ 型。进入显生宙以后, 大量 CO_2 继续消耗于海洋的碳酸盐沉积, 同时也消耗于产生游离氧的光合作用, 尤其是陆生高等植物的光合作用, 最终演变为现代的 $\text{N}_2\text{-O}_2$ 型大气圈 (黎彤, 1991)。对水圈来说, 元古宙海水的氯度 (Cl‰) 为 18.3—19.2, 盐度 (S, ‰) 为 32.0—34.5, 酸碱度 (pH) 为 6.3—7.8, 均已接近现代海水。海水从酸性 (pH<7) 演变为碱性 (pH>7) 的转折期, 是在早元古代末和中元古代初, 适逢华北古陆发生吕梁运动前后 (黎彤, 1991)。海水氯度、盐度和酸碱度的变化不可能超出生物生存的范围。自太古宙海洋生物出现以来, 就与当时的海水环境相适应。生物对环境适应性的改变是缓慢的和渐变的。

参 考 文 献

- 白顺良、葛万筹, 地质历史与板块构造, 92—121 页。地质出版社, 1984。
- 陈毓蔚、钟富道、刘菊英、毛存孝、洪文兴, 我国北方前寒武岩石铅同位素年龄测定。地球化学, 第 3 期, 209—219 页, 1981。
- 地质矿产部地质辞典办公室编辑, 地质辞典 (三), 古生物、地史分册, 212—215 页。地质出版社, 1979。
- 丁悌平、蒋少涌、万德芳等, 华北元古宙铅锌成矿带稳定同位素研究, 3—12 页。北京科学技术出版社, 1992。
- 方如恒, 辽河群时代探讨, 中国区域地质 (15), 99—112 页。地质出版社, 1985。
- 黎彤, 华北三重构造层的沉积演变和岩石化学特征。大地构造与成矿学, 第 14 卷, 第 4 期, 257—282 页, 1990。
- 黎彤, 华北元古界的沉积演变和成矿背景问题。矿床地质, 第 10 卷, 第 1 期, 52—58 页, 1991。
- 李曙光、支霞臣、陈江峰、王俊新、邓衍尧, 鞍山前寒武纪条带状含铁建造中石墨的成因。地球化学, 第 2 期, 162—169 页, 1983。
- 马文璞, 区域构造解析, 180—195 页。地质出版社, 1992。
- 彭岚、马配学、金光惠、李增虎、李桂林, 冀北超基性岩区金矿床地质特征及其找矿方向, 1—6 页。地质出版社, 1992。
- 钱祥麟、崔文元、王时麒、王关玉, 冀东前寒武纪铁矿地质, 5—6 页。河北科学技术出版社, 1985。
- 沈其韩、张宗清、夏明仙、王雪英、鲁锦英, 河北滦县司家营晚太古代铁硅质岩系的铷锶同位素年龄测定。地质论评, 第 27 卷, 第 3 期, 207—212 页, 1981。
- 吴珍汉, 普通铅同位素演化系统模式。现代地质, 第 6 卷, 第 1 期, 83—95 页, 1992。
- 张秋生等, 中国早前寒武纪地质及成矿作用, 48—49 页、197—201 页。吉林人民出版社, 1984。
- 张春华、王启超、高明文、李增龙、石晓兰, 河北早前寒武纪变质作用, 27—34 页。地质出版社, 1990。
- 中国科学院地质研究所, 冀东 36 亿年古老岩石 Rb-Sr 年龄的初步测定。科学通报, 第 7 期, 429—431, 1978。
- 中国地质科学院同位素室, 河北迁西—遵化地区古老变质岩系地质年代研究, 全国同位素地质会议文集, 第 2 集, 29—34 页。地质出版社, 1979。
- Jahn, B. M., Early Precambrian basic rocks of China, Early Precambrian basic magmatism, Blackie, pp. 294—316, 1990。

第二章 青城子铅锌矿床的地球化学

一、地质背景

青城子铅锌矿床位于辽宁省凤城县境内。在地质构造上该矿床位于华北地台北缘的辽东台背斜中，亦即早元古代坳槽内的优、冒双相地槽的交接带上，且靠近优地槽一侧（图2-1）。矿床赋存于下元古界辽吉岩套上部的碳酸盐岩建造中。

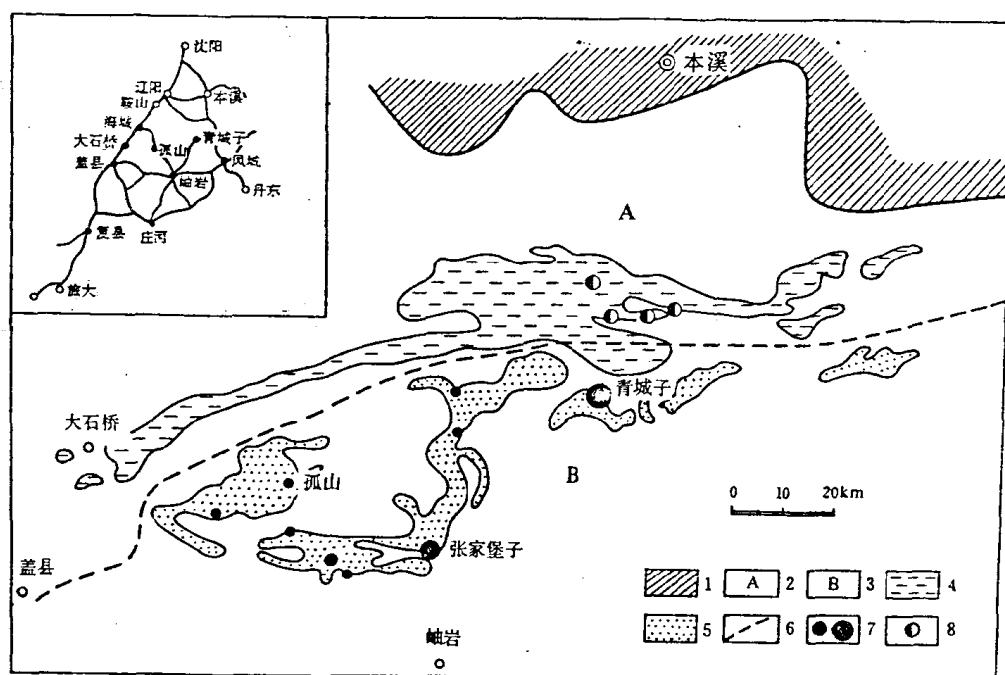


图 2-1 辽东早元古代铅锌矿床区域地质略图

（据张秋生，1984）

1—太古宙克拉通；2—早元古代冒地槽相；3—早元古代优地槽相；4—冒地槽相碳酸盐岩建造；5—优地槽相碳酸盐岩建造；6—优地槽与冒地槽相交接带；7—层状铅锌矿床；8—脉状铅锌矿床

区域内地层遭受了角闪岩相的变质作用。其内分布有同构造期基性脉岩群和花岗闪长岩侵入体；叠加了多期不同特点的形变作用。显生宙以来广泛发育的燕山期—印支期花岗岩对区域构造格架有所破坏。出露地层有鞍山群、辽河群、震旦系、侏罗系和第四系。其中之辽河群是区域铅锌、铜多金属矿床的赋存层位。据统计资料，辽东的铅锌矿床中约有72%赋存在辽河群中。

（一）地层

矿区出露地层由老到新依次为鞍山群和辽河群。

1. 鞍山群

鞍山群岩性主要为混合质变粒岩，分布于矿区中南部（图 2-2）。

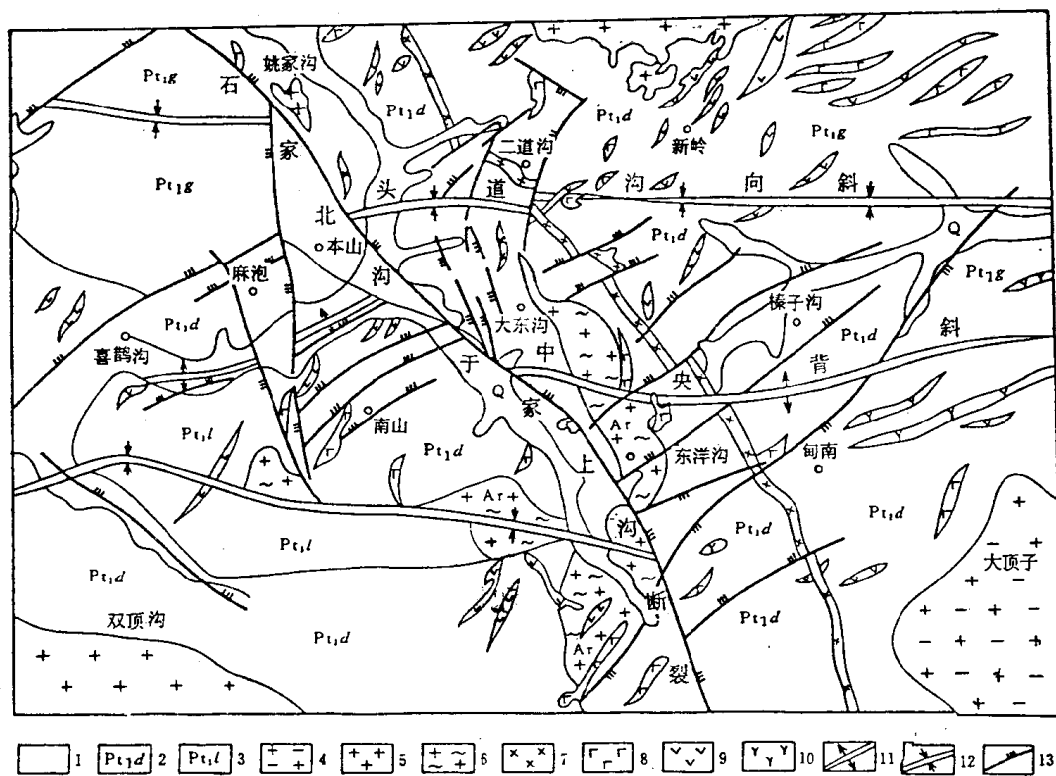


图 2-2 青城子矿区地质图

(据辽宁冶金地质勘探公司 103 队, 1982; 芮宗瑶等, 1994)

1—辽河群盖县组; 2—辽河群大石桥组; 3—辽河群浪子山组; 4—斜长花岗岩; 5—黑云母花岗岩; 6—鞍山群混合质变粒岩; 7—闪长岩; 8—花岗斑岩; 9—煌斑岩; 10—伟晶岩; 11—背斜; 12—向斜; 13—断裂; Q—第四系

混合质变粒岩呈肉红色、灰白色，变粒结构或花岗变粒结构，片麻状、条带状构造。矿物成分主要是微斜长石、正长石和石英，其次是斜长石、黑云母、普通角闪石和石榴子石。副矿物有电气石、磷灰石、锆石和磁铁矿等。黑云母遭受绿泥石化。由于受构造应力作用，普通角闪石呈他形粒状产出，石榴子石也发生破裂，沿裂隙发育蛇纹石化。磷灰石产状有二，一是呈自形小柱状晶体被包裹在长石、云母等矿物中；二是呈粗粒状自形晶（已溶蚀）。因此磷灰石显然是在沉积成因的组分转变为副片麻岩的过程中形成的。以上特征表明，这些混合质变粒岩是由沉积岩经超变质作用形成的。它的全岩 Rb-Sr 年龄为 2385Ma^①（该年龄值偏低）。据陈毓蔚等（1981）测定的鞍本地区鞍山群全岩 U-Pb 年龄为 3140Ma。

2. 辽河群

辽河群上覆于鞍山群之上，是一套巨厚的碎屑岩、碳酸盐岩建造；变质程度中等，属角闪岩相。由下至上可划分为碎屑岩建造（浪子山组）、碳酸盐岩建造（大石桥组）和上部碎屑岩建造（盖县组）^②。

(1) 浪子山组 (Pt₁l)：由含石墨方解石长英变粒岩、角闪石片岩、矽线石云母片岩和

① 辽宁冶金地质勘探公司、青城子铅矿，青城子矿区地质综合研究报告（1970-1975），1976。

薄层大理岩组成,分布于矿区西南部。

(2) 大石桥组 (Pt_1d): 由厚层白云质大理岩、云母条带大理岩、透闪石大理岩夹薄层变粒岩组成。根据岩性的变化,大石桥组又分为三段。该组分布于整个矿区,是重要的赋矿层位。

(3) 盖县组 (Pt_1g): 由云母片岩、矽线石云母片岩、石榴子石云母片岩、透闪石片岩夹薄层大理岩组成,分布于矿区东北部和西北部。

青城子矿区辽河群全岩 Pb-Pb 等时线年龄为 2210Ma (丁悌平等, 1992)。鞍本地区辽河群浪子山组全岩 Pb-Pb 等时线年龄为 1997 ± 49 Ma, Rb-Sr 年龄为 1990Ma; 大石桥组年龄为 2000—1900Ma; 盖县组全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 1660Ma, 其最大可能沉积年龄约为 1800Ma (陈毓蔚等, 1981)。因此, 可以推断辽河群的沉积年龄为 2210—1800Ma, 属下元古代。

(二) 构造

矿区构造复杂。吕梁运动时期的构造运动和变质作用, 使本区形成一系列近东西向的宽缓的背斜和向斜, 如头道沟向斜、中央大背斜等, 它们构成矿区的基本构造格架。吕梁运动晚期, 本区又叠加了独特的翻转褶曲构造和推覆构造, 使老地层推覆或倒转在新地层之上, 导致地层关系错综复杂。

印支、燕山运动时期, 本区形成了以北东向、北北东向和北西向为主的断裂, 如石家北沟-于家上沟断裂带和一系列与其复合交汇的低序次的断裂构造, 它们组合构成“入”字型构造体系。这些晚期构造断裂对青城子铅锌矿床的形成起有十分重要的控制作用。

(三) 岩浆岩

矿区岩浆岩发育。出露的岩体有: 北面的新岭花岗岩体, 面积约 2km^2 ; 西北部的姚家沟黑云母花岗岩体, 面积约 0.5km^2 ; 南面的双顶沟黑云母花岗岩体, 面积约 242km^2 ; 东面的大顶子斜长花岗岩体, 面积约 10km^2 。

新岭花岗岩体边缘形状不规则, 呈分枝状侵入围岩地层中。岩相变化大, 中央相为斑状黑云母花岗岩, 边缘相为花岗斑岩、长石斑岩和长石石英斑岩。岩石为灰白和浅粉色, 具斑状和似斑状结构, 块状构造。矿物成分主要是长石、石英、黑云母等。副矿物有磷灰石、锆石、榍石等。斑晶主要为正长石, 自形程度好; 基质为微斜长石和正长石, 多呈他形粒状、板状, 有的呈半自形。新岭花岗岩体中黑云母的 K-Ar 年龄为 229—214Ma, 锆石的 U-Pb 年龄为 226.7—217.6Ma^①。

姚家沟黑云母花岗岩体蚀变强烈, 在岩体与地层围岩接触处有矽卡岩化和钼矿化。岩石为灰白色和粉红色, 似斑结构, 块状构造。矿物组成: 斜长石占 20%—45%, 正长石占 35%—40%, 石英占 10%—15%, 黑云母占 5%, 白云母占 6%。副矿物有磷灰石、锆石、榍石、白铁矿等。姚家沟岩体 K-Ar 年龄为 156Ma^②。

双顶沟斑状黑云母花岗岩分相明显, 中央相为斑状黑云母花岗岩, 边缘相为细粒花岗岩, 并发育长石石英脉。斑晶为肉红色正长石, 基质为微斜长石、石英和黑云母等。副矿物有榍石、磷灰石、锆石等。细粒花岗岩为灰白色, 等粒结构, 时见文象结构。双顶沟岩

① 邓延昌, 辽宁有色金属地质, 第 1—2 期, 1—15 页, 1992。

② 邓文祥, 辽宁有色金属地质, 第 1 期, 11—20 页, 1988。

体中锆石的 U-Pb 年龄为 $230.7 \pm 5\text{Ma}$ ^①, 黑云母的 K-Ar 年龄为 $346-236\text{Ma}$ ^②。

大顶子斜长花岗岩呈岩基产出。岩石呈灰白色, 中粒花岗变晶结构。岩石交代现象明显, 发育交代结构, 如蚕蚀结构、净边结构、蠕英石结构等。该花岗岩体中锆石的 U-Pb 年龄为 $1740-1621\text{Ma}$ ^①, 是青城子地区出露的最老岩浆岩体。

从上述岩体的分布和形成年龄来看, 中元古代岩浆活动强烈, 海西期、印支期、燕山期的岩浆活动也不断, 并与铅锌矿床的形成密切相关。

青城子矿区花岗岩体的分布、规模和岩性不同, 它们的化学组分也有差异 (表 2-1)。

表 2-1 青城子矿区花岗岩的主要化学组分 (%)

含 量 组 分	姚家沟 (3)	新 岭 (4)	双顶沟 (2)	大顶子 (1)
SiO ₂	73.82	69.05	67.94	65.50
TiO ₂	0.21	0.40	0.44	0.25
Al ₂ O ₃	11.68	10.68	13.09	17.02
Fe ₂ O ₃	1.68	1.88	1.40	0.63
FeO	0.20	1.97	2.14	2.44
MnO	0.01	0.02	0.01	0.06
MgO	0.19	1.39	1.33	2.00
CaO	0.83	1.39	2.47	3.70
Na ₂ O	2.75	4.24	4.77	4.06
K ₂ O	6.81	5.29	4.50	2.69
P ₂ O ₅	0.07	0.10	0.15	—
SO ₂	0.02	0.06	0.26	—
CO ₂	0.12	0.20	0.41	—
H ₂ O	1.42	1.87	0.70	—
总计	99.81	98.54	99.61	98.37

注: 据邓延昌 1992 年资料。括号中数字为样品数, —表示未测。

表 2-1 显示, 由大顶子→双顶沟→新岭→姚家沟, 即由老花岗岩岩体到新花岗岩岩体, 酸性组分 SiO₂+Al₂O₃ 呈增长趋势; 基性组分 Fe₂O₃+FeO+MgO+CaO 依次降低; 碱性组分 Na₂O+K₂O 逐渐升高。这些说明青城子矿区较晚形成的新岭和姚家沟花岗岩体不是由深源岩浆形成的, 而很可能是由地壳重熔结晶而成。

二、辽河群的含矿性及其地球化学特点

辽河群广泛分布于辽东台背斜, 其中蕴藏有丰富的多金属矿产。青城子矿床就是产于其中的一个大型铅锌矿床。那么辽河群对形成大型铅锌矿床究竟起何作用? 它们之间有何关系? 为此, 本节对辽河群的含矿性及其地球化学特点作进一步的阐述。

(一) 岩性

为了了解辽河群岩性的变化, 采用了剖面对比法。除选择青城子剖面外, 还择其西约 10km 处的洼岭剖面和其东约 18km 处的四门子剖面 (图 2-3、图 2-4), 即矿区、近矿、远

① 邓延昌, 辽宁有色金属地质, 第 1—2 期, 11—15 页, 1992。

② 辽宁冶金地质勘探公司、青城子铅矿, 青城子矿区地质综合研究总结报告 (1970—1975), 1976。