doi:10.3799/dqkx.2013.070

# 内蒙古锡林浩特地区中元古代 锡林浩特岩群的厘定及其意义

## 周文孝,葛梦春

中国地质大学地质调查研究院,湖北武汉 430074

**摘要:**通过大比例尺填图和剖面研究,将内蒙古锡林浩特地区的"锡林郭勒杂岩"解体分为3大部分:一套表壳岩、晚元古代基 性一超基性侵入岩和早古生代酸性侵入岩.在此基础上根据变质岩的岩性组合和变形变质特点,可将其中的表壳岩化分为4 个岩性段:黑云(石榴石)斜长片麻岩,间夹多层条纹状斜长角闪岩,在其顶部多见薄层含磁铁石英岩;中粗粒黑云斜长片麻岩 和细粒长英质片麻岩;混合岩化条带状黑云(角闪)斜长片麻岩,含石榴石黑云二长片麻岩夹条纹状斜长角闪岩组合;夕线石 黑云斜长片麻岩,条纹状黑云斜长片麻岩,间夹含石榴石黑云母石英片岩.通过对比区域内宝音图群、艾勒格庙组、白乃庙群 等古老地块的岩石组合,发现在原岩建造、变质级别、沉积环境等特征上均有区别,应将这套表壳岩单独厘定为锡林浩特岩 群,它们组成了锡林郭勒微陆块前寒武变质基底岩系,其地质特征的研究对锡林郭勒微陆块基底的形成和演化及华北板块与 西伯利亚板块的构造关系演化有重要意义.

关键词: 锡林浩特岩群;变质基底;锡林郭勒杂岩;锡林郭勒微陆块;岩石学. 中图分类号: P539.2 文章编号: 1000-2383(2013)04-0715-10

**收稿日期:** 2013-12-01

# Redefinition and Significance of Metamorphism Xilinhot Group in Xilinhot Area, Inner Mongolia, China

ZHOU Wen-xiao, GE Meng-chun

Geological Survey, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

Abstract: Based on large scale geologic mapping and measuring section, the Xilin Gol complex is divided into three parts: supracrustal rock, Late Proterozoic basic-ultrabasic rock and Early Paleozoic acid intrusive rocks. According to lithologic association and characteristics of deformation and metamorphism, biotite (garnet) plagioclase gneiss intercalated with several layers barred amphibolite, with thin layer magnetite quartzite on its top; medium-coarse biotite plagioclase gneiss and fine-grained felsic gneiss; lithologic association of migmatization banding biotite (hornblende) plagioclase gneiss and garnet monzonitic gneiss intercalated with barred amphibolite; sillimanite biotite plagioclase gneiss, barred biotite plagioclase gneiss, intercalated with garnet bearing biotite quartz schist. Comparison study on the different lithologic association, metamorphic characteristics and depositional environment of Baoyintu Group, Ailegemiao Formatio, Bainaimiao Group and others. This paper proposes to redefine these supercrustal rocks named "Xilinhot Group", which compose the Precambrian metamorphic basement of Xilin Gol micro block. It's important to study the formation and development of Xilin Gol micro block and the evolution of structural relationship between Siberia plate and North China plate.

Key words: Xilinhot Group; metamorphic basement; Xilin Gol complex; Xilin Gol micro block; petrology.

"锡林郭勒杂岩"由河北省区域地质测量大队于 1958年命名,1:20万锡林浩特幅(1974)称为温都 尔庙群,后来亦称之为宝音图群,主要是指位于华北 陆块与西伯利亚陆块之间古亚洲造山带中锡林浩特

**基金项目:**中国地质调查局内蒙古1:5万锡林浩特、种蓄场桃林塔拉分场、锡林浩特炼铜厂、巴音胡硕分场幅区域地质调查项目(No. 1212010811005);1:25万锡林浩特市幅、林西县幅区域地质调查修测项目(No. 1212010510507).

作者简介:周文孝(1982-),男,博士研究生,地球化学专业,从事区域地质调查工作.E-mail:zhouwenxiao@gmail.com

微陆块上出露的大套变质岩系,其变质程度为从绿 片岩相到角闪岩相(内蒙古自治区地质矿产局, 1996).前人对该套"杂岩"进行了不同程度的工作 (邵济安,1991;徐备等,1996;郝旭和徐备,1997;徐 备等,2000;赵光等,2002;施光海等,2003;朱永峰 等,2004;薛怀民,2009;Li *et al.*,2011),他们从不 同的视角对杂岩的原岩、形成时代、构造属性等提出 了各自的认识.

笔者通过参与完成内蒙古1:25万锡林浩特市 幅、林西县幅(2005—2007年)和1:5万锡林浩特 市、种蓄场桃林塔拉分场等4幅区域地质调查 (2008—2010年)工作,发现锡林浩特地区"锡林郭 勒杂岩"囊括了不同时代、不同成因、不同构造样式、 不同变质程度的变质地层、片麻状侵入岩体和变质 岩脉.通过大比例尺填图工作和实测地质剖面,该文 对该套杂岩中表壳岩系的物质组成、原岩类型、形成 时代以及构造属性进行了研究,认为表壳岩系的研 究对锡林郭勒微陆块变质基底的建立具有重要的意 义,应当予以解体和重新厘定.

## 1 地质剖面特征描述

原锡林浩特杂岩断续出露于研究区中部,近东 西向分布(图1),西起于锡林浩特炼铜厂幅 (K50 E 002009)的马那嘎乌拉一锡热图一带,向东 经瓦窑沟一鹰头沟和种蓄场桃林塔拉分场幅 (K50 E 001010)的小井子到白音胡硕一带延伸至 白音查干以北,出露面积约40 km<sup>2</sup>.

本次研究在内蒙古自治区锡林浩特市巴彦希勒 附近1167-1227 高地自南向北测制了该套变质岩第 1~4 岩段剖面(图1A-A'所示位置)(图2).由于剖面 起始位置第1段露头较差,在层位相当的白音胡硕附 近1194 高地自南向北补充测制了第1岩段剖面(图1 B-B'所示位置)(图3).经重新整理后,描述如下:

上覆地层: 第四系 砂土层

------未见顶------

锡林浩特岩群(Pt <sub>1-2</sub> XL <sup>1-4</sup> )	总厚度:2488.53 m
四岩组(Pt <sub>2</sub> XL <sup>4</sup> )	厚度:1199.57 m
63. 灰色条带状混合岩化砂线石	5黑云斜长片麻岩、灰色
条纹状条带状混合岩化黑云	、斜长片麻岩 280.47 m
62. 灰白色不规则状伟晶岩	
61. 灰色条带状混合岩化砂线石	5黑云斜长片麻岩、灰色
条纹状条带状混合岩化黑云	关斜长片麻岩 210.22 m
60. 坡残积物覆盖	26.94 m
59. 灰色条纹状条带状混合岩	化绿泥石化黑云斜长片

麻岩	95.13 m
58. 灰色条纹状混合岩化黑云斜长片麻	88.18 m
57. 灰白色不规则状伟晶岩脉	
56. 灰色条纹状混合岩化绿泥石化黑云斜	长片麻岩
	34.34 m
55. 灰白色不规则状伟晶岩脉	
54. 坡残积物覆盖	52 <b>.</b> 98 m
53. 灰色条纹状混合岩化黑云斜长片麻岩	168.99 m
52. 灰白色不规则状伟晶岩脉	
51. 灰色条纹状混合岩化黑云斜长片麻岩	67.94 m
50. 灰白色不规则状伟晶岩脉	
49. 灰色条纹状混合岩化黑云斜长片麻岩	44.80 m
48. 灰白色不规则状伟晶岩脉	
47. 灰色条纹状混合岩化黑云斜长片麻岩	46.79 m
46. 灰色条带状混合岩化砂线石黑云斜长	片麻岩
	82.79 m
整合	
三岩组( $Pt_2XL^3$ ) 月	享度:628.63 m
45. 灰白色伟晶岩	
44. 灰黑色条纹状细粒角闪岩	10. 99 m
43. 灰色条纹状混合岩化黑云二长片麻岩	21. 22 m
42. 灰白色不规则状伟晶岩脉	
41. 灰色条纹状混合岩化黑云斜长片麻岩	66, 90 m
40. 灰白色不规则状伟晶岩脉	
39. 灰色条纹状混合岩化黑云斜长片麻岩	15. 52 m
38 灰白色不规则状伟晶岩脉	
37. 灰色条纹状含石榴石黑云斜长片麻岩	43, 73 m
36 灰黑色条纹状细粒角闪岩	35. 34 m
35. 灰色条纹状混合岩化黑云片麻岩	133, 60 m
34 灰黑色条纹状细粒斜长角闪岩束萎铁	矿石革岩
	0 66 m
33	。00 m
32 本白鱼佳县兴脉	.a 00.00 m
31	· 学 102 72 m
30	白鱼粗粒—由
50. 灰色末重状化百石化羔厶斤麻石大灰	120 01 m
松杰厶月 卅石 	125.01 III
=   世日 一 史伯(Pt, YI <sup>2</sup> )	<b>可庇 108 64 m</b>
	₹戊:400.04 m
29. <u>厥日巴柤松一中松日</u> ム素ム月 林石 29. <u>海</u> 红蚕 <u>阳</u> 匕巴	59.00 m
20. 假红巴内长石	19.94
27. 灰白色柤桠一中细粒日云黑云斤麻石	12. 34 m
20. 灰黑巴内长石	155 00
25. 灰日巴柤粒一中细粒黑云斤麻石	155. 99 m
24.	U.71 m 作山应山归 A
23. 伙日巴屮租粒长央顶斤麻石全细粒长英	·顶斤林宕组合
	8.49 m
22. 灰黑色条纹状细粒斜长角闪片麻岩	0.71 m
21. 灰日色粗粒一甲粒绿帘石化绿泥石化	仲裂长央质片





Fig. 1 Geological map of Xilinhot Group (Pt2 XL14) near Xilinhot City, Inner Mongolia

1. 中新生代火山岩;2. 奧陶系包尔汉图群;3. 志留系徐尼乌苏组;4. 锡林浩特岩群;5. 锡林浩特岩群第一岩组;6. 锡林浩特岩群第二岩组;7. 锡 林浩特岩群第三岩组;8. 锡林浩特岩群第四岩组;9. 早石炭世辉长岩;10. 早石炭世花岗闪长岩;11. 早石炭世二长花岗岩;12. 奧陶世 S型片麻 状电气石二云母花岗岩;13. 新元古代角闪辉石岩;14. 新元古代变辉长岩;15. 磁铁石英岩标志层;16. 斜长角闪岩标志层;17. 同位素采样位置 及年龄值;18. 剖面起始位置



图 2 内蒙古自治区锡林浩特市 1167-1227 高地锡林浩特岩群(Pt<sub>2</sub>XL<sup>14</sup>)地层实测剖面

Fig. 2 Stratagraphic section of Xilinhot Group (Pt<sub>2</sub>XL<sup>14</sup>) near 1167-1227 high place Xilinhot City, Inner Mongolia 1. 含砾砂土; 2. 黑云斜长片麻岩; 3. 黑云母片麻岩; 4. 黑云母二长片麻岩; 5. 二云母片麻岩; 6. 二长片麻岩; 7. 砂线石片麻岩; 8. 石榴子石黑云斜长片麻岩; 9. 混合岩化片麻岩; 10. 混合岩化黑云母斜长片麻岩; 11. 含砂线石混合岩化黑云母斜长片麻岩; 12. 斜长角闪岩; 13. 角闪岩; 14. 石榴石片岩; 15. 磁铁石英岩; 16. 碎裂岩化; 17. 绿泥石化; 18. 伟晶岩脉; 19. 二长花岗岩脉; 20. 斜长角闪岩脉; 21. 闪长岩脉; 22. 产状; 图中数字为层号

麻岩	7.79 m	一岩组( $Pt_2XL^1$ )	厚度:251.39 m
20. 灰黑色细粒斜长角闪片麻岩	1. 42 m	14. 灰色中细粒斜长角闪岩、灰色中细	粒角闪石岩
19. 灰色细粒砂线石黑云片麻岩	19.82 m	13. 灰白色中粒二长花岗岩	
18. 灰黑色条纹状细粒斜长角闪片麻岩	4.34 m	12. 灰黑色条纹状细粒角闪石岩	11.80 m
17. 灰白色中粗粒长英质片麻岩至细粒长	英质片麻岩组合	11. 灰白色黑云二长花岗岩	
	41.21 m	10. 灰色中中粗粒斜长角闪岩	0.94 m
16. 灰黑色条纹状细粒斜长角闪片麻岩	2.91 m	9. 灰黑色条纹状细粒角闪岩	14.59 m
15. 灰白色中粗粒长英质片麻岩至细粒长	英质片麻岩组合	8. 灰白色粗粒中粗粒长英质片麻岩岩	中來磁铁石英岩
	105 <b>.</b> 12 m		15.64 m
整合		7. 灰黑色条纹状细粒角闪石岩	76.16 m



图 3 内蒙古自治区锡林浩特市白音胡硕 1194 高地锡林浩特岩群第 1 岩段(Pt<sub>2</sub> XL<sup>1</sup>)地层实测剖面

Fig. 3 Stratagraphic section of the first lithologic member of Xilinhot group near 1194 high palce Baiyin Hushuo Xilinhot City Inner Mongolia

1. 斜长角闪岩;2. 黑云斜长片麻岩;3. 含榴黑云角闪片麻岩;4. 磁铁石英岩;5. 二长花岗岩;6. 糜棱一碎裂化斜长花岗岩;7. 二云母斜长花岗 岩;8. 伟晶岩脉;图中数字为层号

- 6. 灰色中细粒斜长角闪岩
- 5. 灰黑色条纹状细粒角闪石岩 25.00 m
- 4. 灰白色伟晶岩脉
- 3. 灰黑色白云母绿泥石化黑云斜长片麻岩 8.42 m
- 2. 灰色灰黑色白云母绿泥石化黑云斜长片麻岩、灰黑色 条纹状细粒角闪岩
  91.45 m
- 灰黑色白云母绿泥石化黑云斜长片麻岩、含石榴石黑 云母石英片岩夹细粒斜长角闪岩组合
  7.48 m

下伏地层:徐尼乌苏组砂岩、板岩、大理岩

2 标志层及岩石地层单元划分

#### 2.1 锡林浩特岩群的厘定

通过上述野外详细地1:50 000 和1:10 000 大 比例尺地质填图、实测地层剖面和典型露头的解剖, 以及室内大量岩矿鉴定研究,将锡林郭勒"杂岩"解体 分为3大部分:表壳岩系、基性一超基性侵入岩和酸 性侵入岩.根据变质岩的岩性组合和变形变质等特 点,进一步将表壳岩系化分为4个岩组,特征如下:

一岩组(Pt<sub>2</sub>XL<sup>1</sup>)由灰黑色条纹状细粒角闪岩 夹磁铁石英岩、灰黑色条纹状细粒角闪黑云斜长片 麻岩及灰色夹绿泥石纹带的白云母石英片岩组成, 厚度大于 251.39 m. 对角闪岩和白云母石英片岩进 行原岩恢复,原岩分别为角闪石玄武岩、陆源碎屑 岩.碎屑岩中出现的石榴子石,反映原岩具富铝的特 征,该岩组应为一套沉积火山岩一碎屑岩建造. 根据 剖面上至少出现的 7 个火山一沉积旋回,可以推断 当时环境为大陆边缘弧外裂谷沉积,碎屑岩应为裂 谷扩大后快速堆积的岩屑杂砂岩,而玄武岩可能为 裂谷发育时地幔柱热点上侵形成.

二岩组(Pt<sub>2</sub>XL<sup>2</sup>)由粗粒一中粒一细粒粒度渐 变的黑云片麻岩、灰色含角闪石长石石英片麻岩和 灰色变质含角闪石细砂一粉砂岩组成,厚度大于 408.64 m.片麻岩中出现钍石、石榴子石、矽线石等 富铝的矿物.该组原岩恢复为一套具粒序层理的陆 源碎屑岩;片麻岩出现钍石等沉积矿物;岩石具变余 砂状结构,变余层理构造;碎屑岩中矿物成熟度低, 粗粒碎屑岩中出现大小不等的砾石;上述特征均显 示出该岩组物源可能为靠近大陆边缘弧的陆缘剥蚀 区,为裂谷进一步扩大时快速堆积的碎屑岩,并反映 了当时海水相对较浅.

三岩组(Pt<sub>2</sub>XL<sup>3</sup>)由灰黑色条纹状细粒角闪岩 间夹磁铁石英岩、灰色条纹状含石榴石黑云斜长片 麻岩和灰色条纹状混合岩化黑云二长片麻岩组成,



图 4 第一岩组主要岩性露头情况 Fig. 4 Outcrops of the first petrofabric a. 条带状斜长角闪岩露头; b. 条带状斜长角闪岩的纹带; c. 层状磁铁石英岩



图 5 第二岩组主要岩性露头情况 Fig. 5 Outcrops of the second petrofabric a. 含砾黑云母斜长片麻岩; b. 黑云母变粒岩



图 6 第三岩组:条带状黑云斜长片麻岩 Fig. 6 The third petrofabric: barred plagioclase gneiss

厚度约1628.63 m. 岩中出现石榴子石、矽线石,反映了富铝的特征,经原岩恢复为玄武岩、陆源碎屑岩.原岩应为一套连续沉积火山岩一碎屑岩建造,出现二个火山一沉积旋回.该组同第一岩组一样应为大陆边缘弧外裂谷沉积,而角闪岩的原岩一玄武岩可能为裂谷发育时地幔柱热点上侵形成,片麻岩原岩一碎屑岩为裂谷扩大堆积的碎屑岩.

四岩组(Pt<sub>2</sub>XL<sup>4</sup>)为一套灰色条带状混合岩化 矽线石黑云斜长片麻岩与灰色条带状混合岩化黑云 斜长片麻岩组合,厚度约1199.57 m.恢复其原岩为 一套细粒的陆源碎屑岩,具变余细砂一粉砂结构、变 余层理构造,具复理石建造的碎肩岩.碎屑岩中矿物 成熟度低,反映了一种裂谷扩大后近源快速沉积的 碎屑岩特征,但粒度较细,反映海水相对较深,为裂 谷盆地沉积.

#### 2.2 后期侵入岩体

本研究同时从变质杂岩中解体出了两类后期的 侵入岩体:花岗岩类侵入体和基性-超基性岩.花岗 岩类侵入岩包括片麻状二长花岗岩(图 8a)、片麻状 电气石黑云母花岗岩(图 8b)和花岗闪长岩等.它们 均侵入于锡林浩特岩群均中.葛梦春等(2011)在片 麻状电气石二云母花岗岩中获得其锆石 U-Pb 成岩 年龄为457.6 Ma,应为奥陶纪侵入岩.锆石 U-Pb 测 得片麻状二长花岗岩、花岗闪长岩的生成年龄分别 为324.4±2.4 Ma 和323.2±1.4 Ma,侵入时代均 为早石炭世.基性-超基性岩主要为变辉长岩(图 9a)和变质角闪辉石岩(图 9b).变质辉长岩总体呈 北东向展布的岩脉侵入到锡林浩特岩群中.后者多 呈大小不等的包裹体出露在早石炭世辉长岩岩 体中.

#### 2.3 岩群年代学制约

本次研究进一步补充了对侵入岩群中的变辉长 岩的年代学研究.样品采集点位于锡林浩特市豁子 梁以南 3 km 处(116°5′00″,43°40′30″)(图 1),锆石 SHRIMP 定年依据实验流程在北京 SHRIMP 中心 (中国地质科学院)完成.本次锆石的 U、Th、Pb 含 量的测定是依据锆石标样(TEM)来标定,后者 U= 238×10<sup>-6</sup>,t=572 Ma. 年龄数据采用<sup>208</sup> Pb 进行校 正. 数据处理使用 SQUID 1.0 和 ISOPLOT 软件 (Ludwig, 2003; Jackson et al., 2004). 对样品中 的22颗锆石选取了13个点进行了分析,测试结果 经<sup>204</sup>Pb 校正后列于表 1,13 个点的<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 年龄 较为分散,剔除其中204 Pb 过高的测试点,有效测试 点为1、2、4、11和12,得到其加权平均年龄为 739.6±19.3 Ma. 根据锆石 CL 图像特征(图 10)及 Th/U值,该年龄应为其成岩年龄,该辉长岩侵位于 新元古代.



图 7 第四岩组:条带状黑云斜长片麻岩 Fig. 7 The fourth petrofabric: barred plagioclase gneiss



图 8 变质杂岩中解体出的花岗岩类侵入岩体 Fig. 8 Granitoid rocks from the metamorphic complex a. 片麻状二长花岗岩; b. 片麻状电气石二云母花岗岩及其黑云斜长片麻岩捕虏体



图 9 变质杂岩中解体出的基性一超基性侵入岩体 Fig. 9 Basic-ultrabasic Intrusions from the metamorphic complex a. 变质辉长岩及其与斜长片麻岩接触关系; b. 变质角闪辉石岩

研究还发现有一套绿片岩相的石英片岩、安山 岩组合自锡林浩特西南跃进乡向东延伸至锡林浩特 南豁子梁一带,呈角度不整合覆盖于锡林浩特岩群 之上(图1). 葛梦春等(内蒙古1:25万锡林浩特市 幅区域地质调查(修测)报告,中国地质大学(武汉) 地质调查研究院)在跃进乡三组和跃进乡暂格根乌 拉分别测制了片岩与安山岩剖面,对其中的火山岩 测年数据显示,<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U加权平均年龄为410.7± 5.9 Ma,属下古生代,根据区域上该套地层最新测 年数据以及与邻区的岩石地层进行对比确定为中奥 陶系包尔汉图群.

从变质程度上分析,区域上下古生界主要为浅 变质岩,锡林浩特岩群变质程度达角闪岩相(赵光 等,2002).因此,锡林浩特岩群早在奥陶系沉积之前 就发生了变形变质作用.更由上述地质体之间的接 触关系可以间接地得出锡林浩特岩群形成时代不仅





表 1 内蒙古锡林浩特地区变质辉长岩的锆石 SHRIMP 分析结果

Table 1 Zircon SHRIMP age of the Metagabbro in Xilinhot area, Inner Mongolia

点号	U (10 <sup>-6</sup> )	Th (10 <sup>-6</sup> )	<sup>232</sup> Th/ <sup>238</sup> U	$^{206}$ Pb* (10 <sup>-6</sup> )	<sup>206</sup> Pb <sub>c</sub> (%)	<sup>206</sup> Pb 年龄(	/ <sup>238</sup> U (Ma)	$^{207} Pb * / \\ ^{206} Pb *$	±%	$^{207} Pb * / \\ ^{235} U$	±%	<sup>206</sup> Pb * / <sup>238</sup> U	±%
1	721	303	0.43	84.10	0.10	820	$\pm 20$	0.084 16	10	1.574	2.8	0.1356	2.6
2	569	40	0.07	59.10	0.39	733	$\pm 24$	0.0679	3.3	1.127	4.7	0.1204	3.4
3	34	14	0.44	6.50	5.83	$1\ 229$	$\pm 45$	0.086	26	2.5	26	0.21	4
4	792	153	0.2	83.60	0.40	744	$\pm 18$	0.117	1.7	1.974	3.1	0.1223	2.6
5	186	241	1.33	7.74	2.97	295.3	$\pm 8.9$	0.047	24	0.301	24	0.0469	3.1
6	175	154	0.91	7.37	4.24	295.7	$\pm$ 9.9	0.062	27	0.4	27	0.0469	3.4
7	239	164	0.71	8.33	2.00	251.5	$\pm 7.6$	0.054	21	0.298	22	0.0398	3.1
8	386	438	1.17	85.90	0.50	$1\ 478$	$\pm 34$	0.1423	1.1	5.05	2.8	0.2576	2.6
9	225	221	1.01	8.41	6.29	257.9	$\pm 8.2$	0.037	41	0.208	41	0.0408	3.2
10	159	112	0.73	10.10	4.15	439	$\pm 15$	0.044	31	0.42	31	0.0704	3.6
11	290	61	0.22	29.60	1.08	718	$\pm 18$	0.0729	5.9	1.184	6.5	0.1178	2.7
12	353	147	0.43	38.40	0.73	763	$\pm 19$	0.0722	3.1	1.251	4	0.1256	2.6
13	199	152	0.79	6.48	2.19	234.5	$\pm$ 7.2	0.053	22	0.269	23	0.037	3.1

注:<sup>206</sup>Pb\*为放射性成因铅;<sup>206</sup>Pbc为普通铅;数据均经<sup>204</sup>Pb校正.

要老于古生代,而且还要老于新元古代.

#### 3 岩群的构造性质与区域地层对比

本文所得变质辉长岩年龄结合葛梦春等(2011) 在锡林浩特岩群泥质碎屑岩中取得了变质核年龄集 中在1005~1026 Ma的锆石,进一步将锡林浩特岩 群限定在了中元古界.锡林浩特岩群中片麻岩具有 活动大陆边缘环境下沉积岩变质的特点,角闪岩具 有由原岩为岛弧玄武岩与大洋玄武岩过渡类型基性 火山岩通过正变质形成的特点,推断锡林浩特岩群 形成于岛弧一弧后盆地(孙俊俊,2012).其斜长角闪 岩主期变质作用属低角闪岩相,变质峰期达高角闪 岩相,末期经历了退变质作用(于洋,2012).同时该 套变质岩系被具有岛弧性质的奥陶纪包尔汉图群火 山一沉积盖层角度不整合覆盖这一地质事实,表明 锡林浩特岩群形成于中元古代,构成了锡林郭勒微 陆块的前寒武变质基底,也即后期演化过程加里东 岛弧对接带的基底.

已有研究成果表明,华北陆块北缘前寒武纪变 质结晶基底主要出露于内蒙古中段以东的巴音杭 盖、图古日格、狼山、宝音图、达茂旗、白乃庙、锡林浩 特等地区,由于分布零散、岩性组合较复杂,地层整 理、划分、建组比较混乱.与本文所研究的"锡林浩特 岩群"相似的前寒武结晶基地岩系,有宝音图群、艾 勒格庙组、白乃庙群以及从原白乃庙群中解体出的 白银都西群.

宝音图岩群主要由一套石英岩、石英片岩、大理 岩组成,间夹斜长角闪岩,中上部见有变粒岩,从岩 性组合上看,应该为正常沉积碎屑岩和火山碎屑岩, 构造环境属较为活动的稳定大陆边缘.目前已知在 其中获得的同位素年龄基本都在1910~2496 Ma

#### 表 2 锡林浩特岩群及其邻区元古代地层划分对比

Table 2 The classification and division about Xilinhot Group and other Proterozoic formations in Xilinhot area

			1		
地层单元	艾勒格庙组	白乃庙群	白银都西群	宝音图群	锡林浩特岩群
	白色大理岩、结晶灰	下部为斜长角闪片岩、	以长英质变粒岩类、云	一套片岩组合:下部为	黑云(石榴石)斜长片麻
岩 石 组	岩、石英片岩、变质石	阳起斜长片岩和绿泥	母质片岩类和角闪质	绿泥片岩、石英岩夹含	岩、条纹状斜长角闪岩、
	英粉砂岩、板岩夹凝灰	斜长片岩段,中部为长	岩石为主的岩石组合	铁石英岩;上部为石榴	薄层磁铁石英岩、细粒
	岩及流纹岩的一套中	英片岩和变质流纹英	原岩中大量石英碎屑	石石英片岩、石英蓝晶	长英质片麻岩、混合岩
	浅变质岩石组合	安岩段,上部阳起斜长	的出现和基性火山岩	二云片岩、石英岩及大	化条带状黑云角闪斜长
台		片岩,变质安山质熔	岩石化学具有大陆拉	理岩等	片麻岩、含石榴石黑云
行		岩和绿泥斜长片岩段	斑玄武岩特征		二长片麻岩、夕线石黑
征					云斜长片麻岩、石榴石
					黑云母石英片岩
沉	浅海相沉积	海相火山喷发一沉积	拉张条件下古大陆边缘	较为活动的稳定大陆	活动大陆边缘环境(岛
积		建造:代表陆缘进一步	裂陷槽环境,具火山型	边缘	弧-弧后盆地)
		拉张解体并向洋盆转	被动大陆边缘建造特		
档告		化的趋势,可能是古大	征,代表中晚元古代陆		
环		陆边缘海构造环境中	缘拉张解体早期阶段形		
境		火山活动的产物	成的拉张型过渡壳		
变质	中浅变质(绿片岩相)	中浅变质(绿片岩相)	中高级变质	中级变质(角闪岩相)	中级变质(角闪岩相一
级别					高角闪岩相)
时代	新元古代	中元古代	中元古代	早元古代	中元古代
分布	艾勒格庙地区	仅分布于白乃庙一带	白乃庙一温都尔庙	宝音图一锡林浩特一	锡林浩特一带
41.10			一带	乌兰浩特一扎兰屯	
	含微古植物化石,可与	锆石 U-Pb:1 130 ±	Sm-Nd:1394±46 Ma;	斜长角闪片岩的 Sm-	碎屑岩中的锆石变质
	蒙古托托尚山托累努	16 Ma (周和平等,	与温都尔庙群及白乃	Nd 全岩等时线年龄:	核年龄集中在1005~
备注	力斯群对比;与周围古	1992);被晚志留纪一	庙群均为断层接触(聂	2485±128 Ma(徐备	1 026 Ma; 457.6 Ma
	生代地质体均为断层	套类复理石建造(志留	风军等,1994)	等,2000)侵入其中的	的"S"型片麻状电气石
	接触	纪徐尼乌苏组?)不整		斜长花岗岩锆石 U-Pb	二云母花岗岩侵入(葛
		合覆盖		年龄 2 209.3±38 Ma	梦春等,2011);上部被
					奥陶纪包尔汗图群角
					度不整合覆盖

之间<sup>0000</sup>(徐备等,1996,2000),表明宝音图岩群形 成于古元古代早期,为华北板块北缘已知的最古老 的岩石地层单位.

艾力格庙组岩石组合总体为一套浅色中浅变质 岩系.正层型所在地巴彦敖包岩性较为完整,上部以 灰白色大理岩、结晶灰岩为主夹绢云石英片岩、变质 石英粉砂岩、绢云母板岩等不等厚相间产出,下部以 白云质大理岩与变质流纹岩、糜棱岩化凝灰岩互为 夹层.总体为一套浅色中浅变质岩系,变质程度及厚 度变化较大,沉积环境为浅海相沉积,沉积时代约7 亿年.该组为一套浅海相沉积,受后期构造作用改造 较为明显.

白乃庙组仅分布于白乃庙一带,为一套绿泥片 岩、石英片岩、长英片岩、绢云片岩组合,为火山一复 理石建造.根据火山岩岩石化学的研究,白乃庙组属 岛弧型基性火山熔岩,该组中产有岛弧背景下特有 的斑岩型铜矿,即著名的白乃庙铜矿.聂风军等 (1991,1995)于该组中采集绿片岩做锆石 U-Pb 谐 和年龄 1 130.513±16.012 Ma,Sm-Nd 等时线年龄 为 1 107 Ma 和810 Ma,其时代定为中元古代.

白银都西群指出露于白乃庙铜矿以北和温都尔 庙铁矿以南地区的一套中一高级变质岩系,具有以 长英质变粒岩类、云母质片岩类和角闪质岩石为主 的岩石组合特征.其中长英质岩类原岩为长石石英 砂岩和泥质岩石,属于在不稳定陆壳上形成的过渡 型陆屑建造;角闪质岩石原岩为基性火山岩,具来自 幔源的大陆拉斑玄武岩特征,但含有较多陆壳组分,

①内蒙古自治区地质局,1971.区域地质测量报告一达尔罕茂明安联 合旗幅(1:20万).

②内蒙古自治区地质矿产局,1997.内蒙古达茂旗地区1:5万调十幅 联测报告,内部资料.

③内蒙古自治区地质矿产局,1999.内蒙古查干呼绍地区1:5万区调 四幅联测报告,内部资料.

其形成环境相当于大陆边缘,聂凤军等(1994)获得 其 Sm-Nd 等时线年龄为1394±46 Ma. 上述特征反 映白银都西群形成环境是拉张条件下古大陆边缘裂 陷槽环境,具有火山型被动大陆边缘建造特征,代表 中晚元古代陆缘拉张解体早期阶段形成的拉张型过 渡壳(张臣和吴泰然,1999).

对比研究区域内的上述古老地层单位,该套表 壳岩系与区域中上述5个岩群(组)从岩性组合、沉 积环境、变质级别、地质接触关系及同位素时代上均 具有明显的区别(表2).其不具有温都尔庙群的特 点,没有出现大量的碳酸盐岩,因此过去将该地区的 这套表壳岩系划归入艾力格庙组、宝音图群的观点 均不合适,故新定名为古一中元古界锡林浩特岩群.

#### 4 结语

本研究在锡林浩特岩群黑云母片麻岩中发现砂 线石及变余砂状结构等反映沉积岩特征的信息,证 实了锡林浩特地区前寒武基底的存在;根据上覆的 奥陶系包尔汉图群和侵入岩群中的新元古宙辉长 岩,结合岩群中的中元古代变质锆石核,基本限定了 该套表壳岩应形成于中元古代.通过区域地层对比, 单独厘定出的锡林浩特岩群,解决了在该套变质岩 的归属问题上的争论,这对研究华北板块和西伯利 亚板块的构造关系演化具有极其重要的地质意义.

致谢:杨巍然教授、游振东教授、谭应佳教授亲 临野外现场工作,悉心指导现场工作.部分岩石薄片 鉴定工作由游振东教授、曾广策教授、刘荣副教授完 成.中国地质科学院简平研究员在 SHRIMP 测试过 程中给与大力的帮助.成文过程中北京大学徐备教 授给出了宝贵的建议,在此表示衷心感谢.

#### References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Nei Mongolia Autonomous Region, 1991. Stratigraphy (Lithostratigraphic) of Nei Mongolia Autonomous Region. China University of Geosciences Press, Wuhan, 119 – 120, 137–142.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Inner Mongolia,1991. Regional Geology of Inner Mongolia. Geological Publishing House, Beijing, 725.
- Ge, M. C., Zhou, W. X., Yu, Y., et al., 2011. Dissolution and Supercrustal Rocks Dating of Xilin Gol Complex, Inner Mongolia, China. *Earth Science Frontiers*, 18(5):1-14 (in Chinese with English abstract).

- Hao, X., Xu, B., 1997. Sm-Nd, Rb-Sr Isotopic Geochronology of the Xilin Gol Complex, Inner Mongolia, China. *Geological Review*, 43(1):101-105 (in Chinese with English abstract).
- Jackson, S. E., Pearson, N. J., Griffin, W. L., et al., 2004. The Application of Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry to in Situ U-Pb Zircon Geochronology. *Chemical Geology*, 211:47-69.10.1016/ j. chemgeo, 2004.06.017
- Li, Y., H. Zhou, et al. 2011. Tectonic Significance of the Xilin Gol Complex, Inner Mongolia, China: Petrological, Geochemical and U-Pb Zircon Age Constraints. *Journal of Asian Earth Sciences*, 42 (5): 1018 – 1029. doi: 10. 1016/j. jseaes. 2010. 09. 009
- Ludwig, K. R. ,2003. User's Manual for Isoplot/EX Version 3. 00: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center, Special Publication, Berkeley, California, USA, 4:1-70.
- Nie, F. J., Zhang, H. T., Chen, Q., et al, 1991. the Zircon U-Pb Age of Metamorphosed Basic Volcanic Rocks from the Bainaimiao Group in Inner Mongolia. *Chinese Science Bulletin*, (13):1012-1015 (in Chinese).
- Nie, F. J., Pei, R. F., Wu, L. S., et al., 1995. Nd and Sr Isotope Study on Greenschist and Granodiorite of the Bainaimiao District, Inner Mongolia, China. Acta Geoscientia Sinca Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences, (1): 36 – 44 (in Chinese with English abstract).
- Nie, F. J., Pei, R. F., Wu, L. S., et al., 1994. Nd and Sr Isotope Study on Metamorphosed Volcanic Rocks of the Bayanduxi Group, Inner Mongolia, China. *Geological Review*,40(5):476-481 (in Chinese with English abstract).
- Shao, J. A., 1991. Crust Evolution in the Middle Part of the Northern Margin of Sino-Korean Plate. Beijing University Press, Beijing (in Chinese).
- Shi,G. H., Liu, D. Y., Zhang, F. Q., 2003. SHRIMP U-Pb Zircon Geochronology and Its Implications on the Xilin Gol Complex, Inner Mongolia, China. *Chinese Science Bulletin*, 48(20):2187-2192 (in Chinese).
- Sun, J. J., Ge, M. C., Zhou, W. X., et al., 2012. Lithofacies, Geochemical Characteristics and Tectonic Environment of Xilinhot Group, Inner Mongolia, China. *Earth Science Frontiers*, 19(5): 144-155 (in Chinese with English abstract).
- Xu, B., Chen, B., Shao, J. A., 1996. Using Sm-Nd Isotopic Geochronology Xinlin Gol complex. *Chinese Science Bulletin*, 41(2):153-155 (in Chinese with English ab-

stract).

- Xu, B., Liu, S. W., Wang, C. Q., et al., 2000. Sm-Nd, Rb-Sr Geochronology of the Baoyintu Group in Northwestern Inner Mongolia. *Geological Review*, 46(1):86-90 (in Chinese with English abstract).
- Xue, H. M., Guo, L. J., Hou, Z. Q., et al., 2009. The Xilingele Complex from the Eastern Part of the Central Asian-Mongolia Orogenic Belt, China: Products of Early Variscan Orogeny other than Ancient Block: Evidence from Zircon SHRIMP U-Pb Ages. Acta Petrologica Sinica, 25(8):2001-2010 (in Chinese with English abstract).
- Yu, Y., Ge, M. C., Zhou, W. X., et al., 2012. Petrology and Metamorphic Temperature-Pressure Conditions of Xilinhot Group, Inner Mongolia, China. *Earth Science Frontiers*, 19(5): 136-144 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, C., Wu, T. R., 1999. Rock Assemblage of Baiyinduxi Group and It's Tectonic Interpretation in Boin Sum Region, Inner Mongolia, China. *Geological Journal of China Universities*, 16(3):112 (in Chinese with English abstract).
- Zhao, G., Zhu, Y. F., Zhang, Y., 2002. Petrology and Metamorphic *p-t* Condition of Xilin Gol Complex, Inner Mongolia, China. Acta Petrologica et Mineralogica, 21 (1):40-48 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, H. P., Nie, F. J., Xue, L. F., 1992. Bayanduxi Group, Bainaimiao Group and Bayanduxi-Bainaimiao Block. Acta of Changchun Geological Institute (The Special Issue on Bainaimiao), 17–28 (in Chinese).
- Zhu, Y. F., Sun, S. H., Mao, J., 2004. Geochemistry of the Xilingele Complex, Inner Mongolia: A Historic Record from Rodinia Accretion to Continental Collision after Closure of the Paleo-Asian Ocean. *Geological Journal* of China Universities, 10(3): 343 – 355 (in Chinese with English abstract).

#### 附中文参考文献

- 郝旭,徐备,1997.内蒙古锡林浩特锡林郭勒杂岩的原岩年代 和变质年代.地质评论,43(1):101-105.
- 葛梦春,周文孝,于洋,等,2011.内蒙古锡林郭勒杂岩解体及 表壳岩系年代确定.地学前缘,18(5):1-14.

- 内蒙古自治区地质矿产局,1991.内蒙古自治区区域地质志. 北京:地质出版社,725.
- 内蒙古自治区地质矿产局,1996.内蒙古自治区岩石地层.武 汉:中国地质大学出版社,119-120,137-142.
- 聂凤军,张洪涛,陈琦,等,1991.内蒙古白乃庙群变质基性火 山岩锆石铀一铅年龄.科学通报,35(13):1012-1015.
- 聂凤军,裴荣富,吴良士,等,1994.内蒙古白银都西群变质火 山岩的钕、锶同位素研究.地质论评,40(5):476-481.
- 聂凤军,裴荣富,吴良士,等,1995.内蒙古白乃庙地区绿片岩 和花岗闪长斑岩的铷和锶同位素研究.地球学报,(1): 36-44.
- 邵济安,1991. 中朝板块北缘中段地壳演化. 北京:北京大学 出版社.
- 施光海,刘敦一,张福勤,等,2003.中国内蒙古锡林郭勒杂岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学及意义.科学通报,48 (20):2187-2192.
- 孙俊俊,葛梦春,周文孝,等,2012.内蒙古锡林浩特岩群岩相 学、地球化学特征及构造环境分析.地学前沿,19(5): 144-155.
- 徐备,陈斌,邵济安,1996.内蒙古锡林郭勒杂岩 Sm-Nd, Rb-Sr 同位素年代研究.科学通报,41(2):153-155.
- 徐备,刘树文,王长秋,等,2000.内蒙古西北部宝音图群 Sm-Nd 和 Rb-Sr 地质年代学研究. 地质评论,46(1): 86-90.
- 薛怀民,郭利军,侯增谦,等,2009.中亚-蒙古造山带东段的 锡林郭勒杂岩:早华力西期造山作用的产物而非古老 陆块?——锆石 SHRIMP U-Pb 年代学证据.岩石学 报,25(8):2001-2010.
- 于洋,葛梦春,周文孝,等,2012.内蒙古锡林浩特岩群岩石学 特征及变质温压条件.地学前沿,19(5):136-144.
- 张臣,吴泰然,1999.内蒙古白乃庙白银都西群的形成环境及 其构造意义.高校地质学报,5(2):175-182.
- 赵光,朱永峰,张勇,2002. 内蒙古锡林郭勒杂岩岩石学特征 及其变质作用的 pt 条件. 岩石矿物学杂志,21(1): 40-48.
- 周和平,聂凤军,薛林福,等,1992. 白音都西群、白乃庙群和 白银都西一白乃庙地体. 长春地质学院学报,22(白乃 庙地质专辑):17-28.
- 朱永峰,孙世华,毛骞,等,2004.内蒙古锡林格勒杂岩的地球 化学研究:从 Rodinia 聚合到古亚洲洋闭合后碰撞造山 的历史记录.高校地质学报,10(3):343-355.