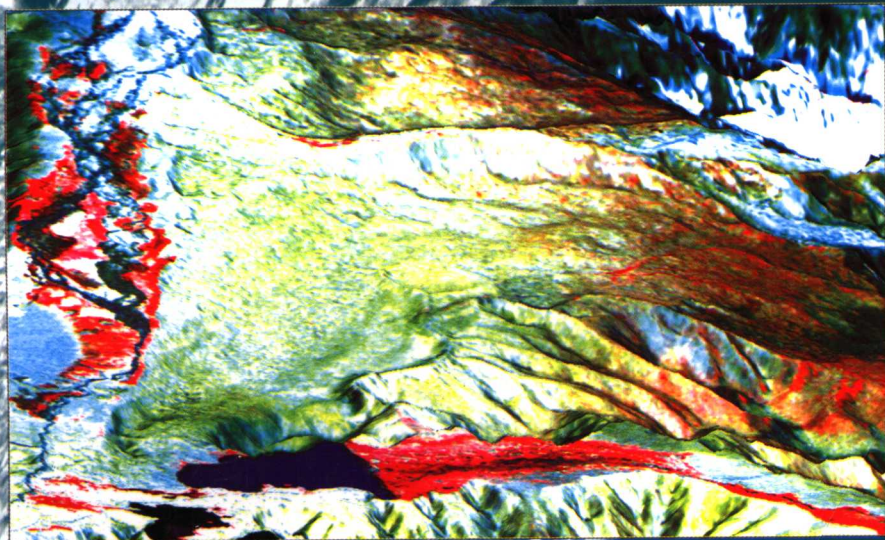


JININGDIQU QIANHANWUJI BIANZHIIYAN DE DIZHIYANHUA

集宁地区前寒武纪 变质岩的地质演化

方勇勇 雷世和 吴新国 董守杰 著



河北科学技术出版社

JININGDIQU QIANHANWUJI BIANZHIYAN DE DIZHIYANHUA

石家庄经济学院学术著作出版资金资助

内容简介

集宁地区前寒武纪 变质岩的地质演化

方勇勇 雷世和 吴新国 董守杰 著



河北科学技术出版社

内 容 简 介

集宁地区是华北陆台早前寒武纪孔兹岩和麻粒岩经典发育区,是研究早前寒武纪高级变质岩、大陆地壳演化的重要地区之一。作者通过深入观察和研究,探讨了孔兹岩、麻粒岩的空间组合、分布特征及其相互关系、变质变形构造,资料丰富,内容广泛。从变质岩石学、地球化学、同位素年代学、构造变形等诸方面进行详细研究,揭示了该地区早前寒武纪地质演化的历史。

本书是近年来该地区从野外到室内系统研究早前寒武纪地质的最新成果之一,对进一步开展基础地质调查、区域矿产普查有指导意义,也可供从事该区地质生产和科研的技术人员和大专院校师生参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

集宁地区前寒武纪变质岩的地质演化/方勇勇等著.
石家庄:河北科学技术出版社,2006
ISBN 7-5375-3447-0

I. 集... II. 方... III. 前寒武纪地质-集宁市
IV. P534.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 104331 号

集宁地区前寒武纪变质岩的地质演化

方勇勇 雷世和 吴新国 董守杰 著

出版发行	河北科学技术出版社
地 址	石家庄市友谊北大街 330 号(邮编:050061)
印 刷	石家庄信力印刷有限公司
经 销	新华书店
开 本	787×1092 1/32
印 张	6.5
字 数	150000
版 次	2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷
印 数	1000
定 价	25.00 元

前 言

集宁地区位于内蒙古中南部,是华北陆台前寒武高级变质岩发育区之一,特别是该地区一套紫苏麻粒岩的形成时代、成因以及紫苏麻粒岩与孔兹岩系的关系,20世纪60年代以来一直受到地学界的关注。

本书是在1:50000店子村幅、浑源窑幅区域地质调查的基础上总结而成。

研究区位于内蒙古与山西省东北角交界处,绝大部分属内蒙古自治区兴和县和丰镇市,少量属山西省阳高县和天镇县。研究区内包括我国前寒武系经典孔兹岩系的出露区,以及紫苏麻粒岩等高级变质岩发育区,是研究孔兹岩系和紫苏麻粒岩相互关系的重要地区。

本次区域调研工作采用构造-地(岩)层-事件法,对区内出露的原集宁群变质地层首先进行解体,在层状有序岩层发育区,通过垂向岩石组合重新厘定,建立四个组级构造地层系统,即葛胡窑岩组、马厂岩组、黄土嘴岩组和黄土窑岩组。区域上掌握其横向变化特点、空间展布规律,在重要接触界面进行追索,以此根据岩石组合的原岩建造,归并到兴和岩群、集宁岩群中。对主体岩性单一,根据岩石类型建立变质深成岩岩石单位,通过宏观纵横向变化、接触关系,微观岩石学、矿物学和地球化学等方面研究探讨其成因。进而综合各岩石单位的变形变质作用历史、同位素年龄测定,建立区域综合事件序列,最终阐明本区前寒武地质演化历史。

本次工作在充分消化吸收前人成果的基础上,在内蒙古地质勘探局质量检查小组和野外验收小组的指导下,通过区域地质调查和综合分析结果,经评审委员会审议,在研究区内取得的主要地质成果有:

1. 采用变质岩区新的填图方法,对研究区广泛出露的原兴和杂岩和集宁岩群进行重新厘定,在剔除变质深成体的基础上,将兴和杂岩厘定为兴和岩群并进一步划分为葛胡窑岩组和马厂岩组;将集宁岩群孔兹岩系厘定为黄土嘴岩组和黄土窑岩组,根据同位素测年结果,结合建造特征和区域对比,将上述两个岩群分别划归古太古代和中太古代,资料详细,划分合理,提高了研究区早前寒武纪地质研究水平。

2. 在兴和岩群中首次获得变质透辉石单矿物 Sm-Nd 等时线同位素 $3740 \pm 39\text{Ma}$ 的年龄数据,为本区的区域麻粒岩相变质地体的划分和对比研究提供了重要依据,是本次区调工作的一项重要成果。

3. 从早前寒武纪地体中新划分出三个变质深成岩填图单位,并对其野外宏观地质

特征、空间分布规律及其与其他地质体的接触关系、岩石学、岩石化学、地球化学特征等方面进行了详细的讨论,资料翔实,依据可靠。

4. 在太古宙变质地体中识别出四期变质岩脉(墙),依据其岩石学、岩石化学特征,结合野外产状、岩石组构及矿物共生组合特征的研究,探讨了其变质变形序列及不同岩脉(墙)的生成序次。

5. 测区构造单元划分合理,构造轮廓清楚。对测区断裂构造的规模、性质及新老关系进行了详细研究,探讨了其与测区岩脉、矿化的关系。在大量构造变形资料的基础上,运用构造解析的方法对太古代兴和岩群、集宁岩群构造变形进行研究,划分出三期叠加褶皱构造和不同性质的韧性剪切带,特别是剪切带微观特征的研究详细、深入,为进一步研究区内变形变质作用提供了重要资料。

在区调工作的不同阶段还分别受到中国地质科学院地质研究所沈其韩院士、原内蒙古地质矿产局邵和明总工程师、内蒙古地质调查院邵积东和吴之理教授级高级工程师、吉林大学杨振升教授和中国地质科学院天津地质矿产研究所秦正永研究员的指导,在此表示衷心的感谢。

本书前言,第一章第一节、第三节,第二章,第三章,第四章,第五章由方勇勇执笔;第一章第二节由吴新国执笔;第六章,第七章由雷世和、吴新国执笔;全文由雷世和统稿。参加野外工作的还有董守杰、高洪林和陈英功等。

由于本区太古宙各岩石单位共同遭受麻粒岩相变质作用和多期次褶皱变形、韧性剪切作用的叠加,使基础地质研究、分析增加了难度。鉴于上述认识,有不当之处诚请批评指正。

作 者

目 录

第一章 区域地质概况	(1)
第一节 前寒武纪岩石组成	(1)
一、古太古代兴和岩群	(1)
二、中太古代集宁岩群	(5)
三、变质侵入岩和变质脉岩	(9)
第二节 前寒武基底构造特征	(12)
第三节 研究历史和现状	(14)
第二章 麻粒岩系	(18)
第一节 岩石学特征	(18)
一、麻粒岩类	(18)
二、其他岩类	(21)
第二节 岩石化学特征	(22)
第三节 地球化学特征	(24)
一、微量元素	(24)
二、稀土元素	(25)
第四节 麻粒岩系的同位素年龄	(27)
第三章 孔兹岩系	(30)
第一节 孔兹岩系的岩石组成	(30)
一、片麻岩类	(30)
二、粒岩类	(32)
第二节 孔兹岩系的岩石化学特征	(34)
第三节 孔兹岩系的地球化学特征	(35)
一、微量元素	(35)
二、稀土元素	(36)
第四节 孔兹岩系的形成时代	(37)

第四章 变质侵入岩和变质脉岩	(40)
第一节 变质侵入岩	(40)
一、峨沟片麻岩 (Egn)	(40)
二、小西沟片麻岩 (Xgn)	(41)
三、岳家梁片麻岩 (Ygn)	(44)
四、尖草沟透辉纹长岩	(46)
第二节 中元古代庭合窑碱长花岗岩	(48)
第三节 变质脉岩类	(49)
第五章 变质作用和深熔作用	(58)
第一节 变质作用	(59)
第二节 深熔作用	(61)
一、深熔作用的基本特征	(61)
二、深熔作用阶段	(62)
第六章 变形作用	(65)
第一节 早期褶皱构造序列	(65)
一、D ₁ 期褶皱构造	(66)
二、D ₂ 期褶皱构造	(68)
第二节 韧性剪切变形作用	(69)
一、脉体中的韧性剪切带	(69)
二、不同层次的水平面型韧性剪切带	(70)
三、带状韧性剪切带 (线性强变形带)	(75)
四、晚期面型韧性剪切带	(80)
第七章 前寒武纪地质演化	(84)
集宁地区前寒武纪变质岩的地质演化	(86)
参考文献	(94)

CONTENTS

Chapter 1. Regional General Geology	(1)
Section 1. Pre – Cambrian Rock Components	(1)
1. Palao – Archean Xinghe Group	(1)
2. Mid – Archean Jining Group	(5)
3. Metamorphic Intrusive Rocks and Veins	(9)
Section 2. The Structural features of Precambrian Basement	(12)
Section 3. Research History and Status Quo	(14)
Chapter 2. Granulites	(18)
Section 1. Rock Characters	(18)
1. Granulites	(18)
2. Other types of Rocks	(21)
Section 2. The Rock Chemical Characters	(22)
Section 3. Geochemical Characters	(24)
1. Trace Elements	(24)
2. Rare Earth Elements	(25)
Section 4. The Isotopic Ages of the Granulites	(27)
Chapter 3. Khondalite Suites	(30)
Section 1. The Components of the Khondalite Suites	(30)
1. Gneisses	(30)
2. Light Granulites	(32)
Section 2. The Rock Characters of the Khodalites	(34)
Section 3. The Geochemical Characters of Khidalites	(35)
1. Trace Elements	(35)
2. Rare Earth Elements	(36)
Section 4. Formation Period of the Khodalites	(37)
Chapter 4. Metamorphic Intrusive Rocks and Veins	(40)
Section 1. Metamorphic Intrusive Rocks	(40)
1. Egou Gneiss (Egn)	(40)
2. Xiaoxigou Gneiss (Xgn)	(41)

3. Yuejialiang Gneiss (Ygn)	(44)
4. Jiancaogou Diopside – Perthites	(46)
Section 2. Mid – Proterozoic Tingdeyao Alkali – Feldspar – Granite	(48)
Section 3. Metamorphic Veins	(49)
Chapter 5. Metamorphism and Anatexis	(58)
Section 1. Metamorphism	(59)
Section 2. Anatexis	(61)
1. Basic Characteristics of Anatexis	(61)
2. Anatexis Stages	(62)
Chapter 6. Rock Deformation	(65)
Section 1. Earlier Folding Structure Sequence	(65)
1. The Folds in D ₁ Period	(66)
2. The Folds in D ₂ Period	(68)
Section 2. Ductile Shearing Deformation	(69)
1. The Ductile Shear Zones in Metamorphic Veins	(69)
2. Horizontal Ductile Shear Zones in Different Levels	(70)
3. Linear Ductile Shear Zones	(75)
4. Later Planar Ductile Shear Zones	(80)
Chapter 7. Pre – Cambrian Geological Evolution	(84)
The Geological Evolution of Pre – Cambrian Metamorphic Rocks in Jining Area, China (Abstract)	(86)
References	(94)

第一章 区域地质概况

第一节 前寒武纪岩石组成

研究区内前寒武高级变质岩主要由古太古代兴和岩群麻粒岩系、中太古代集宁岩群孔兹岩系和中太古代峨沟透辉斜长片麻岩、古元古代小西沟辉石角闪斜长片麻岩、岳家梁二辉纹长片麻岩和尖草沟透辉纹长岩等深熔作用形成的变质侵入岩，以及中元古代深熔岩浆作用的产物庭合窑碱长花岗岩。

一、古太古代兴和岩群

(一) 葛胡窑岩组 (Ar_1g)

葛胡窑岩组系指以紫苏斜长麻粒岩为主的岩石组合，研究区内葛胡窑岩组分布最广，出露面积约 $215km^2$ 。

兴和大石窑沟—葛胡窑一带为众家命名剖面所在位置，岩层出露良好，故以大石窑沟—芦家营剖面为例（图 1-1）。该剖面葛胡窑岩组构成朱家营—葛胡窑宽缓背形构造核部，两翼分别与马厂岩组不同岩层平行接触，接触带附近有韧性变形痕迹。东翼葛胡窑岩组层序连续，厚约 1100m，未见底。面状构造南东陡倾，为正常岩序，岩层由上而下为：

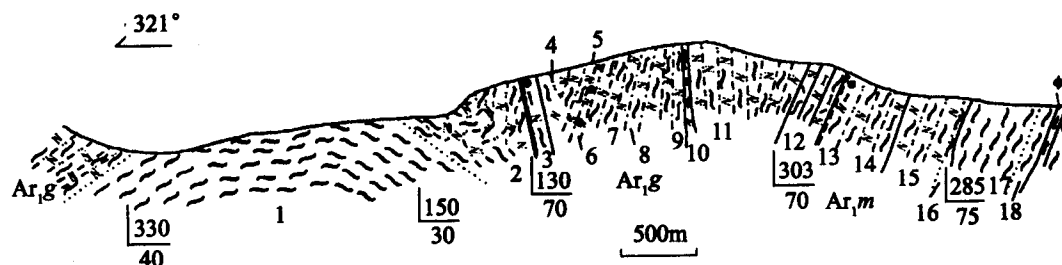


图 1-1 兴和大石窑沟—芦家营古太古代葛胡窑岩组实测剖面

Fig 1-1 The section showing Paleo—Archean

Gehuyao Suites in Dashiyagou - Lujiaoying, Xinghe, Inner - Mongolia

上覆岩层：马厂岩组石榴黑云斜长片麻岩

----- 构造接触 -----

葛胡窑岩组：

9. 混合岩化浅色紫苏斜长麻粒岩^①，条带状构造向下渐弱，转为片麻状构造。

85m

8. 浅色紫苏斜长麻粒岩，弱片麻状 - 块状构造。

35m

7. 混合岩化浅色紫苏斜长麻粒岩，条纹状 - 条带状构造，发育大量同构造花岗伟晶岩脉。

215m

6. 灰白色混合岩化石榴斜长麻粒岩，弱片麻状 - 块状构造。

15m

5. 浅色黑云紫苏斜长麻粒岩，块状构造。

30m

4. 浅色紫苏斜长麻粒岩。出露略差，形成一系列平台 - 斜坡微地貌地形。

160m

3. 石榴黑云斜长片麻岩，条带状构造。

68m

2. 浅色紫苏斜长麻粒岩，弱条带状 - 块状构造，夹薄层（5 ~ 10cm 厚）片麻状中色二辉斜长麻粒岩，两者出现平卧褶皱变形。主岩中出现少量细粒变晶结构，块状构造的中色角闪二辉斜长岩透镜状脉体，局部或底部经强烈混合岩化变为浅色紫苏二长麻粒岩质条带状混合岩。

200m

1. 浅色紫苏二长麻粒岩质条带状混合岩，未见底。

> 300m

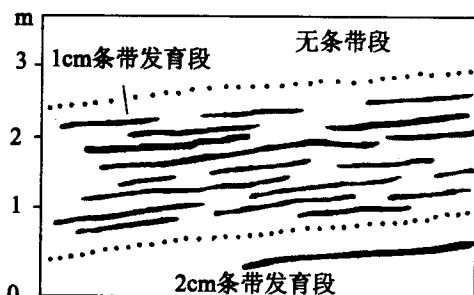
上述剖面，葛胡窑岩组主要由浅色紫苏斜长麻粒组成，中下部夹石榴斜长麻粒岩和薄层中色二辉斜长麻粒岩。主体岩性单一，变化主要反映在岩石组构上，系由早期平卧褶皱变形所致，岩层上下两端混合岩化作用强烈，并伴生同构造变形的花岗伟晶岩变形脉体。兴和朱家营北山，葛胡窑岩组^②发育在同一构造带内，南西、北西两侧与集宁岩群浅黄色石榴浅粒岩平行接触，接触面上具糜棱岩化。与大石窑沟—芦家营剖面相比，朱家营剖面的葛胡窑岩组具有三个特点：

(1) 岩层中央的中色角闪二辉斜长麻粒岩条带往往以 1 ~ 2cm 等距离密集带和无条带岩层间互出现（图 1 - 2）。

(2) 局部出现 10cm、50cm 厚的斜长浅粒岩夹层。

(3) 主体岩层中由于薄层状 - 条纹 - 条带状构造的中色二辉斜长麻粒岩岩性夹层的频繁出现，和混合岩化作用形成的长英质条带一起，构成葛胡窑岩组宏观薄板状似层状的岩貌特点。

店子村东南韭菜疙瘩一带的葛胡窑岩组^③表现出早期紧闭褶皱构造和较强的似层



（兴和朱家营）

图 1 - 2 浅色麻粒岩的条带分布特点

Fig. 1 - 2 A sketch showing the bandings in light granulite

①本文麻粒岩命名采用沈其韩等（1992）的分类。

②东邻新平堡幅（1:50000）接图为瓦窑口片麻岩。

③南邻阳高幅（1:50000）接图为水磨口片麻岩。

状混合岩化作用。区域上与大石窑沟—芦家营剖面分处黄土窑向形构造两翼，岩层北西倾斜，葛胡窑岩组岩层厚度大于 1250m。垂向上可以分为两部分，上部以浅色黑云紫苏斜长麻粒岩为主，夹少量中色角闪二辉斜长麻粒岩条带及其透镜体。出现似层状混合岩化作用，约厚 415m，当主体岩性出现条带状构造时，可变为石榴黑云斜长片麻岩。下部以浅色黑云二辉斜长麻粒岩为主夹浅色黑云紫苏斜长麻粒岩、石榴黑云斜长片麻岩，和少量中色角闪二辉斜长麻粒岩透镜体，向下似层状混合岩化作用明显增强。岩层出现早期平卧褶皱和韧性剪切变形形迹。被两种变基性岩墙侵入，即黑云二辉石岩及其变形产物糜棱岩化暗色含榴斜长角闪二辉麻粒岩和细粒块状中色角闪二辉斜长麻粒岩岩墙。

综上剖面可见，葛胡窑岩组是由下部浅色黑云二辉斜长麻粒岩和上部浅色黑云紫苏斜长麻粒岩为主体，夹少量薄层石榴黑云斜长片麻岩和中色角闪二辉斜长麻粒岩条带或透镜体的岩石组合。早期平卧褶皱变形伴随似层状混合岩化作用，灰白色长英质、灰黑色富暗色矿物条带与主体岩性的间互出现，导致宏观上呈板状的似层状地质体，晚期多表现为宽缓的背形构造或穹状构造。

葛胡窑岩组主要岩石经原岩恢复，浅色二辉（紫苏）斜长麻粒岩的原岩为安山岩，中色角闪二辉斜长麻粒岩的原岩为拉斑玄武岩。岩石组合代表以中性火山岩为主体夹少量薄层基性火山岩的原岩建造，并且从中色角闪二辉斜长麻粒岩获得透辉石单矿物的 Sm-Nd 等时线年龄为 $3740 \pm 39\text{Ma}$ 。本报告将葛胡窑岩组暂置于中太元古代，详见同位素年龄讨论。本文主要根据以下两点把葛胡窑岩组作为变质地层处理：

(1) 葛胡窑岩组主体由两种岩性组成，即浅色紫苏斜长麻粒岩和浅色二辉斜长麻粒岩，在出露较完整的南沟剖面，两种岩性上下分布的聚集趋势反映原始成分的变化。

(2) 中色角闪二辉斜长麻粒岩作为葛胡窑岩组主要夹层，具有层薄、等间距分布、横向相对较稳定的特征，如朱家营等地，难以作为深成侵入岩的包体解释。

(二) 马厂岩组 (Ar_1m)

马厂岩组主要分布在兴和白家营、芦家营、黄石崖、马厂、大石窑沟、山官沟以及丰镇沟掌等地，大都以北东向的带状分布，总出露面积 75km^2 。

研究区内，马厂岩组的岩石组合具有分区性特点，大致以东洼—马厂—永安沟一线为界，分为东部片麻岩—麻粒岩组合和西部石英岩—麻粒岩组合，各剖面马厂岩组层序分述如下：

东洼—马厂—永安沟一线是马厂岩组本次工作命名的主干剖面（图 1-3），岩性自上而下为：

13. 淡黄色石榴斜长浅粒岩，弱条带状构造，石榴石呈眼球状集合体，未见顶。

>22m

12. 浅色角闪二辉斜长麻粒岩，弱条带状构造。

20m

11. 橘黄色条带状石榴黑云斜长片麻岩。

2m

10. 浅色含榴黑云紫苏斜长麻粒岩，向上变为含阴影状暗色矿物残留体的浅色角闪二辉斜长麻粒岩质条带状混合岩。

105m

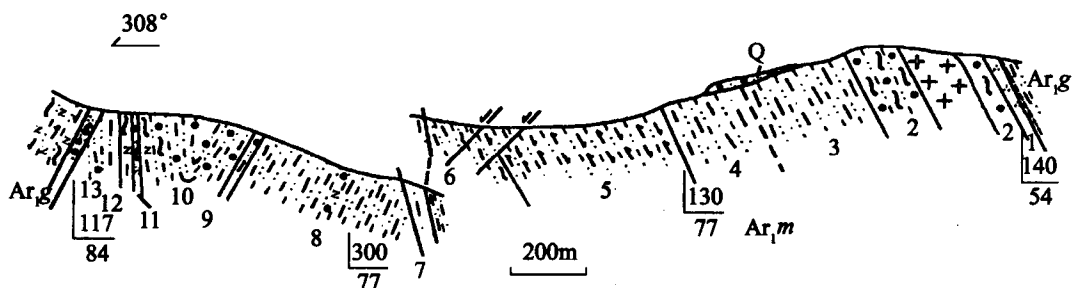


图 1-3 兴和马厂古太古代马厂岩组实测剖面

Fig. 1-3 The section showing Paleo-Archean Machang Suites at Machang, Xinghe, Inner-Mongolia

9. 灰白色石榴斜长浅粒岩质糜棱岩，石榴石以细条纹状、眼球状集合体分布。

22m

8. 浅色黑云紫苏斜长麻粒岩，弱条带状-弱片麻状构造，夹薄层灰白色石榴黑云斜长片麻岩，横向相变为白色石榴斜长石英岩。

210m

7. 条带状磁铁石英岩（铁矿层厚 1m）。

3m

6. 浅色黑云紫苏斜长麻粒岩，底部为薄层条纹状-条带状石榴黑云斜长片麻岩，与下层间为断层接触。

82m

5. 灰黑色中色角闪二辉斜长麻粒岩，眼球状构造向下变为条纹状构造。

230m

4. 浅色紫苏斜长麻粒岩夹浅灰色中色角闪二辉斜长麻粒岩，本层出露欠佳。

100m

3. 淡色长英麻粒岩，底部为灰绿色磁铁透辉斜长变粒岩，块状构造，岩石坚硬，岩层中发育顺层（石榴）花岗伟晶岩脉。

132m

2. 条带状含榴黑云斜长片麻岩夹紫黑云斜长变粒岩。

95m

1. 黄褐色紫苏二长石英岩，向上变为混合岩化浅色紫苏二长麻粒岩，相应由块状构造变为弱条带状构造。

10m

——— 渐变过渡接触 ———

下伏岩层：葛胡窑岩组黄褐色浅色紫苏斜长麻粒岩，粗片麻状-弱条带状构造。

由剖面可见，马厂岩组具有岩性较复杂、纵横向变化较快的特点。剖面控制带内晚期脆性断层较发育，可能出现岩层的重复，但总体上，该处马厂岩组在垂向上的岩石组合具有其东、西两区的双重性质，即以磁铁石英岩为界分为上下两部分，每部分都以长石英岩向上变为浅色紫苏斜长麻粒岩、长英质浅粒岩和石榴黑云斜长片麻岩的特点，上部都夹少量中色角闪二辉斜长麻粒岩。岩层中有早期褶皱变形和似层状混合岩化作用迹象。与下伏葛胡窑岩组在岩石组合上可以区分，但接触部位在本处表现为矿物组成和组构上的渐变过渡。

兴和大石窑沟一带的马厂岩组呈弧形带状分布在黄土窑向形构造的西、北翼，岩层陡倾、局部倒转，下伏与葛胡窑岩组构造接触，上部岩层已强烈混合岩化，与上覆黄土嘴岩组处被暗色石榴角闪二辉麻粒岩岩墙顺层侵入。

本段剖面, 马厂岩组在垂向上岩性比较简单, 上下部都由石榴黑云斜长片麻岩和浅色紫苏、二辉斜长麻粒岩组成的片麻岩-麻粒岩组合。位于黄土窑向形南东翼的南沟-山官沟一线, 马厂岩组上部岩层发育相对较全, 岩层由南沟的北西倾向转为山官沟的北倾, 正常产出。

在葛胡窑向形, 马厂岩组混合岩化作用也较弱, 垂向岩层属于西部的石英岩-麻粒岩组合, 下部主要由浅色紫苏斜长麻粒岩夹薄层石榴斜长石英岩、浅粒岩, 上部以淡色(含紫苏)长英麻粒岩、斜长浅粒岩夹少量浅色、中色二辉斜长麻粒岩为特征。底部与葛胡窑岩组平行接触, 接触面上石英岩发育糜棱岩化的石英拔丝构造。因此, 两者的接触性质已被改造, 表现为韧性剪切带接触。

横向上, 上述剖面可与其北东芦家营向形的白家营剖面进行对比。白家营剖面的两侧都出现磁铁石英岩层, 应与褶皱构造有关。若仍以该层作为标志, 则两侧下部浅色紫苏斜长麻粒岩夹薄层石榴石英岩的组合几乎相当, 上部为浅色二辉、紫苏斜长麻粒岩和斜长浅粒岩间互层状的组合代表横向上成分变化的结果。

综上所述, 马厂岩组是一套由石榴石英岩、石榴黑云斜长片麻岩、淡色(含紫苏)长英麻粒岩、斜长浅粒岩和磁铁石英岩等多相岩石组成的硅铁建造。垂向上具有岩性变化频繁, 横向上具有分区性岩石组合的特点而不同于葛胡窑岩组。其中片麻岩-麻粒岩组合以石榴黑云斜长片麻岩的发育为特征, 而石英岩-麻粒岩组合则以石榴石英岩、淡色(含紫苏)长英麻粒岩等粒状岩石的发育相区别。马厂岩组两种岩石组合的分布特征, 集中反映了它们的原岩在物质来源、形成环境等方面的不同。

马厂岩组中两个透辉岩所作的透辉石单矿物 Sm-Nd 同位素测定, 与葛胡窑岩组的样品一起组成 $3740 \pm 39\text{Ma}$ 的等时线年龄。因此, 本文也将马厂岩组置于古太古代。

区域上, 马厂岩组底部大部分都受到不同程度的韧性剪切变形作用, 局部表现出与下伏葛胡窑岩组的渐变过渡接触关系, 根据岩石组合反映出原岩形成方式的差别, 将其置于葛胡窑岩组之上。

二、中太古代集宁岩群

(一) 黄土嘴岩组 (Ar_2ht)

本文的黄土嘴岩组相当王辑所划分的牧厂沟岩组和黄土嘴岩组两个构造-岩石地层单位。在研究区内, 分布在兴和黄土嘴-黄土窑一带, 朱家营一大黑窑和丰镇天花板等地, 总出露面积约 30km^2 。

兴和黄土嘴-落官窑剖面位于黄土窑向形构造的北翼, 具有岩层顶底清楚、层序连续、露头良好和构造作用微弱的特点。因此是研究集宁群的典型剖面(图1-4), 岩层自上而下为:

上覆岩层: 黄土窑岩组灰白色条带状含石榴二长石英岩。

——平行(整合)接触——

黄土嘴岩组:

8. 褐红色榴云二长片麻岩质条带状混合岩, 含少量中色角闪二辉斜长麻粒岩残留

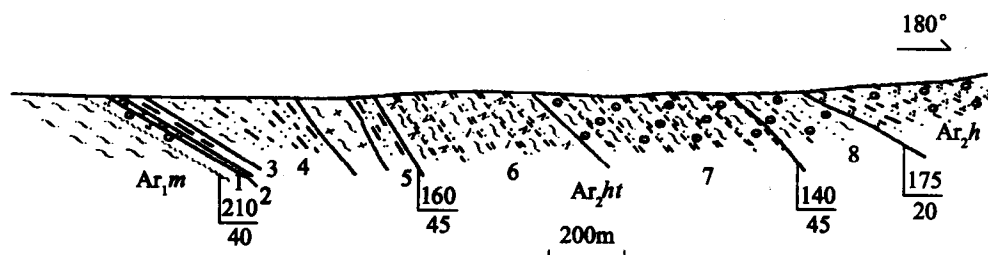


图 1-4 兴和黄土嘴中太古代黄土嘴岩组实测剖面

Fig. 1-4 The section showing Middle-Archean Huangtuzui Suites at Huangtuzui, Xinghe, Inner-Mongolia

体、条带和透镜体。

42m

7. 褐红色混合岩化石榴黑云二长片麻岩，具条带状构造，本层褶皱构造发育。

170m

6. 浅灰色混合岩化黑云斜长片麻岩，局部含中色二辉角闪斜长麻粒岩条带、透镜体和阴影状残留体。

156m

5. 褐黄色混合岩化浅色二辉斜长麻粒岩，条带状构造，发育阴影状中色角闪二辉斜长麻粒岩残留条带和透镜体，与下层间为顺层褐黄色浅色混合花岗岩。

12m

4. 褐黄色浅色黑云紫苏斜长麻粒岩向下变为浅灰色浅色紫苏斜长麻粒岩质条带状混合岩，富含中色角闪二辉斜长麻粒岩残留条带和透镜体。

110m

3. 灰白色石墨斜长片麻岩。

11m

2. 灰白、黄褐色条纹状含榴斜长石英岩，与层 1 间为灰黑色似层状暗色角闪二辉麻粒岩脉体。

4m

1. 灰白色薄层糜棱岩化石榴纹长石英岩。

10m

——— 不整合接触 ———

下伏地层：马厂岩组浅色紫苏斜长麻粒岩质条带状混合岩。

由剖面可见，黄土嘴岩组在垂向上分为三部分：下部由石榴长石石英岩和石墨斜长片麻岩组成，在石英岩层中有顺层侵入的暗色角闪二辉麻粒岩，向东西相变为黑云（石榴）二辉石岩，底部与马厂岩组呈平行接触；中部以浅色紫苏斜长麻粒岩为主体；上部由黑云斜长片麻岩和石榴黑云二长片麻岩组成。在中部和上部都含少量中色二辉斜长麻粒岩条带或透镜体。褶皱构造主要在上部石榴黑云二长片麻岩中，混合岩化作用有向上增强的趋势。

横向上，上述岩层组合在黄土窑向形构造域内分布相对稳定，组成外圈层。下部组合沿走向上出现灰白色含石墨硅线石石榴斜长片麻岩，底部石榴长石石英岩相变为石榴斜长浅粒岩。并直接平行覆于下伏中色二辉斜长麻粒岩层上，在南部黄土窑石墨矿附近，底部石榴石英岩沿走向与下伏条带状混合岩平行接触，共同褶皱弯曲，局部出现石墨斜长片麻岩直接与浅色紫苏斜长麻粒岩质条带状混合岩接触，并且在各处都表现为上下岩层产状一致，接触界面间存在宽几厘米的顺层花岗伟晶岩。综合上述接触特点，我们认为黄土嘴岩组与下伏岩组在区域上早期可能存在不整合接触关系，构造变动和晚期

混合岩化作用是叠加其上的改造作用。

黄土窑向形以北的朱家营、大黑窑等地，黄土嘴岩组因被大面积第四系冲积物所覆，其上部岩层出露不全，但从其分布趋势，似呈褶皱转折端覆于葛胡窑岩组之上，南侧边界与其为断层接触。在大黑窑，黄土嘴岩组下部岩层较完整，主要由石榴斜长浅粒岩、石英岩与含榴（硅线石墨）黑云斜长变粒岩、片麻岩组成间互层，该剖面出现黄土嘴岩组与葛胡窑岩组间的接触关系，尽管底部岩层具有韧性变形形迹，沿走向应可延伸。南侧朱家营附近，黄土嘴岩组底部石榴斜长浅粒岩变形稍弱，此处变形特征仅反映接触带上发育厚仅几厘米的富黑云母带，岩层产状基本一致。

丰镇天花板一带，黄土嘴岩组呈北东向的马蹄形分布在天花板背形的两侧，核部为葛胡窑岩组，转折端被岳家梁片麻岩切截。

天花板剖面的黄土嘴岩组主要发育下部岩石组合，垂向上形成两个较明显的石榴浅粒岩—石墨斜长片麻岩的岩性旋回。中部岩石组合似已出现，因受岳家梁片麻岩的侵入而不全。另外，剖面中上部出现大量呈透镜状产出的透辉石岩，前人将其作为变质脉体处理，并作为矿产进行勘探，鉴于剖面上部岩层的强烈褶皱，不排除有受层位控制的可能。

综上剖面所述，黄土嘴岩组垂向上分为下部粒状岩石、中部麻粒岩和上部片麻岩三个组合。其中兴和黄土嘴发育最全，其余仅出露下部岩石组合。岩层层状构造明显，岩序及组合在测区范围内可以对比。早期褶皱构造、混合岩化作用在剖面上部显得更强烈，底部与葛胡窑岩组的韧性构造接触暗示早期存在不整合接触关系的性质。

根据黄土嘴岩组岩层组合特征和岩石化学分析，表明上下两部分都属于沉积成因的浅海碎屑建造产物。但它们的微量元素 Cr、Co、Ba、Sr 含量与葛胡窑岩组、马厂岩组又有差别，说明不是同一时代的产物。

（二）黄土窑岩组（Ar₂h）

1969 年，山西省区测队在 1:20 万大同幅首先把黄土窑地区一套含硅线石、石墨，经硅线石铁铝榴石亚相变质作用的岩石组合及少量角闪麻粒岩亚相变质的紫苏麻粒岩、大理岩命名为黄土窑组，分为上下两个岩段。20 世纪 80 年代后，虽几经易名，但黄土窑组作为我国典型孔兹岩系的代表已被地学界广为认同。

根据上述原因，本次工作仍采用该地名，按构造岩石单位称做黄土窑岩组。相当原黄土窑组的下段上部和上段岩层，也与王辑等沿用内蒙古地层表的下白窑沟岩组大致相当。

研究区，黄土窑岩组分布同黄土嘴岩组，除出露在兴和黄土嘴—落官窑一带外，大面积分布在北部，沿滑家窑—朱宏窑—大庄科一线呈 NEE 向展布，总面积约 80km²。区内，本岩石单位岩层均未见顶，或被侏罗系、第三系火山岩不整合所覆。在黄土嘴—落官窑一带与下伏黄土嘴岩组直接平行整合接触，但接触带附近多具韧性剪切带特征，发育糜棱岩。

在黄土嘴剖面（图 1-5），黄土窑岩组岩层由上而下为：

10. 混合岩化石榴斜长石英岩、混合岩化硅线石榴纹长石英岩和含石墨石榴硅线黑

云纹长片麻岩韵律层，未见顶。

> 125m

9. 混合岩化石榴斜长石英岩与硅线石榴纹长片麻岩韵律层。

80m

8. 土黄色含紫苏纹长浅粒岩，被灰黑色暗色斜长云闪二辉麻粒岩岩脉顺层侵入。

12m

7. 灰白色硅线石榴斜长石英岩、土黄色含石墨硅线石榴黑云二长片麻岩和薄层透辉石大理岩韵律层。

80m

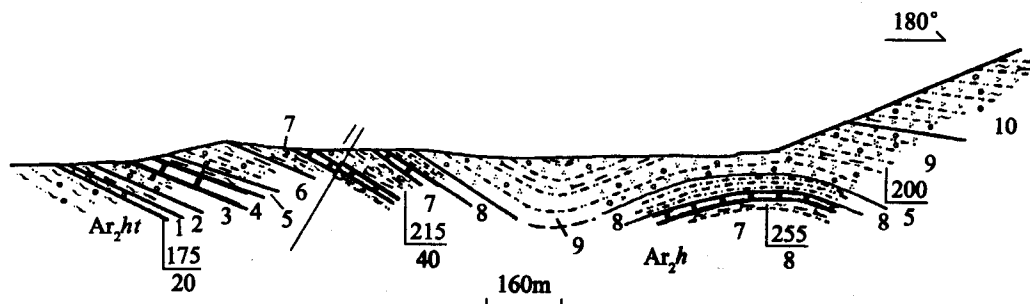


图 1-5 兴和黄土嘴中太古代黄土窑岩组实测剖面

Fig. 1-5 The section showing Middle - Archean Huangtuyao Suites
at Huangtuzui, Xinghe, Inner - Mongolia

6. 石榴长英浅粒岩向上变为含石墨石榴黑云斜长片麻岩。

38m

5. 灰白色混合岩化石墨硅线二长片麻岩，上部为薄层透辉变粒岩。

10m

4. 白色蛇纹石大理岩夹灰黑色斜长云闪透辉岩，向上渐变为黄褐色条带状透辉变粒岩（钙硅酸盐岩）。

13m

3. 灰白色石榴石英岩向上变为灰黑色黑云斜长石英岩，组成三个成分韵律，与层 2 间为顺层浅色紫苏斜长麻粒岩质条带状混合岩。

22m

2. 灰白色石墨石榴黑云斜长片麻岩（石墨矿层），上部为含石墨硅线石榴纹长片麻岩。

10m

1. 灰白色条带状石榴二长石英岩，上部为浅黄色条带状硅线石榴纹长石英岩。

6m

——— 平行（整合）接触 ———

下伏岩层：黄土窑岩组榴云二长片麻岩质条带状混合岩。

黄土窑岩组在垂向上可以分为两个岩性组合，下部以石榴石英岩和各种含石墨的片麻岩为主，向上渐出现钙硅酸盐岩、大理岩的韵律，上部则由石榴石英岩和硅线石榴片麻岩的韵律层组合。横向上，上部岩石组合已经受到两组不同方向的水平叠复。

滑家窑—朱宏窑—大庄科—一线大面积出露的黄土窑岩组受到强烈的线性剪切变形、褶皱叠加，该剖面尽管黄土窑岩组出露较宽，但岩层总体组成较简单，下部以石榴斜长浅粒岩为主夹薄层石榴石墨黑云斜长片麻岩；上部为厚层石榴斜长浅粒岩夹薄层石榴斜长石英岩、石榴硅线纹长片麻岩，且向上岩层变薄、韵律频繁（图 1-6）。由于线性剪切变形构造，岩层中普遍出现断续条纹状、眼球状分布的石榴石集合体和硅线石、条纹