

贺兰山变质杂岩 的组成及演化

胡能高 等著



西安地图出版社

贺兰山变质杂岩的组成及演化

胡能高 等著

西安地图出版社

(陕)新登字013号

责任编辑: 刘 戌

贺兰山变质杂岩的组成及演化

胡能高 等著

西安地图出版社出版发行

(西安友谊东路124号 邮政编码710054)

新华书店经销 西安地质学院印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 8.68印张 200千字

1994年8月第1版 1994年8月第1次印刷

印数1-1000

ISBN7-80545-305-5/k·294

定价: 9.00元

序

本书是关于贺兰山变质地质学的一册专著，相信它的出版会受到读者的欢迎。华北地块的中、东段，其前寒武纪变质地质学的研究已有相当基础，近十年间出版了一批成果。但地块西段的贺兰山，前寒武系的研究程度相对较低，除1:400万全国变质图等项目的少量工作外，大体上还处在1:20万区调工作的水平上。曾经正式建国于银川，历经十帝，绵延约120年（1032~1227）的西夏王朝，迄今仍然没有一册象样的历史，这是中国二十五史中的空缺。有点类似的是，贺兰山太古宙变质变形史的研究，也是华北地块北缘地质演化史中的一个空缺，本书集中阐明了贺兰山区前寒武纪地质史，理应是一件令人高兴的事。当然，在本书之后，仍有大量的工作要做，这是不言而喻的。

本书的作者们在进行1:5万区域地质调查时，从深入观察贺兰山岩群的地层入手，通过对其岩石组合、岩相学、构造特征和同位素定年等多方面的分析鉴定，取得了大量第一手资料，奠定了研究工作的基础。然后在新的地质学理论指导下，对该岩群的矿物学、地球化学、原岩恢复、变质作用和构造演化等进行了系统的研究，获得了不少前人未曾达到的新的认识，其中最重要的是以下一些。

1. 贺兰山岩群以区域变质岩为主，是副变质的上壳岩系，应属孔兹岩建造；

2. 因多期变质变形的叠加改造，已不能建立贺兰山岩群的地层层序，按岩石组合分成三个岩组，其现在的叠置关系是：下部为秃鲁根变粒岩-大理岩组（碎屑岩-泥质岩系列和次要的石灰岩-泥灰岩系列），中部为阿楞呼都格变粒岩组（碎屑岩-泥质岩-火山岩系列），上部为柳树沟片麻岩组（碎屑岩-泥质岩系列）。或许这种叠置关系反映了原先的沉积顺序；

3. 揭示出其多期变质作用特征与历史：早期的变质属中压相系，发生在2100~2500Ma间；主期变质属低压相系，达角闪麻粒岩相，发生在1900~2100Ma的早元古宙；晚期为退变质作用，多局限在韧性剪切带中；

4. 贺兰山岩群经历了三期区域变形：第一期是以变余韧性剪切带和面内无根褶皱为特征的伸张体制下的横向置换；第二期为挤压体制下的纵弯紧闭同斜褶皱，这是本区的主期变形；第三期为区域性的热上隆作用，与主期变质作用同时。随后还形成了局部的韧性剪切带；

5. 发现贺兰山岩群并非前人所说的完全是沉积变质岩，其中约三分之一为同变质花岗岩。后者在产状、岩相、成分变异等方面无疑具有火成岩特征，但在地球化学上与前者又有明显联系。这些花岗岩是与主变质期近同时的深熔作用形成的，其源岩为贺兰山岩群本身，或者是它的下伏相似地质体；

6. 缜密的地球化学研究还查明，贺兰山岩群的源岩区有广泛分布的起源于下地壳的富钾花岗岩出露，所以在华北地块北缘的西段，地壳至少可以分出三个结构层。

不需多说，上述成果加深了宁夏地质的研究程度，对了解华北地块、特别是其北缘提供了新的地质资料。

我很高兴能够先睹为快，在读完了本书的清样之后，深感作者们的学风严谨。本书资

料翔实，言必有据，绝少推测臆断之辞，行文也很有层次，流畅通达，在阐明事实与结论的过程中，力求简洁，读起来绝无冗长罗嗦之感，体现了作者驾驭文字的功力，也充分证明他们对读者的负责态度。

科学工作者在完成自己的研究成果之后，编撰成文，补充修改的过程是一件苦事，正式出版更是困难重重，然而其中也大有乐趣在兹。手捧新书，犹如怀抱刚出生的婴儿，作者们在喜悦中咀嚼着十月怀胎时的滋味，此时如释重负，其心情可想而知。当前，乱七八糟的出版物充斥书肆，有人出，有人买。相反，精研的科学作品却因筹资、付印、校对、出版、乃至发售而叫苦，说起来实在令人痛心。对此，相信国内同行均有同感。当本书即将奉献于读者之时，我衷心的为作者们的辛苦劳动终于获成功而高兴，也愿今后科学家不再为著作的出版而受窘，是为序。

安三元

一九九四年十月

目 录

绪 言	1
第一章 地层学	4
第一节 贺兰山岩群各岩组特征	4
第二节 岩组的地层学意义及构造叠置关系	11
第三节 贺兰山岩群的时代和对比	12
第二章 构造特征及演化	14
第一节 第一期中浅层次顺层剪切构造	14
第二节 主期(第二期)中深层次纵弯褶皱构造	18
第三节 强变形带	20
第四节 构造序列和演化	25
第三章 变质岩岩相学	27
第一节 变质上壳岩系	27
第二节 混合岩岩相学	33
第三节 变质上壳岩系的副矿物	35
第四节 黑云角闪斜长片麻岩	38
第五节 动力变质岩	40
第六节 基性岩墙	45
第四章 地球化学和原岩建造	47
第一节 片麻岩类	47
第二节 变粒岩类	54
第三节 其它变质岩类	55
第四节 原岩恢复、原岩建造与沉积环境	56
第五章 花岗岩和花岗岩体	60
第一节 花岗岩岩相学	60
第二节 花岗岩的副矿物	66
第三节 主要花岗岩体	67
第四节 花岗岩形成的温压环境和时代	72
第六章 花岗岩的地球化学	76
第一节 花岗岩岩石化学	76
第二节 微量元素	79
第三节 稀土元素	82
第七章 变质矿物及其成因特征	85
第一节 石榴石	85
第二节 黑云母	88
第三节 堇青石	91
第四节 辉石和角闪石	92

第五节 长石	94
第六节 尖晶石和 Al_2SiO_5 多形体	97
第八章 变质作用、岩浆作用及其演化	99
第一节 主期变质作用的矿物组合及多期变质作用	99
第二节 各期变质作用的特征及其演化	101
第三节 主期变质作用的温压环境及 PTt 轨迹	104
第四节 花岗岩浆作用及其演化	109
第五节 动力变质岩的演化	112
第九章 地质演化	115
第一节 大地构造环境	115
第二节 地质演化模式	116
参考文献	
图版说明	

绪 言

贺兰山变质杂岩位贺兰山脉北端，政区上跨内蒙古自治区和宁夏回族自治区，出露面积约 1000 平方公里（图 1）。大地构造位置处在华北地块的西缘，位于鄂尔多斯台缘褶皱带内。1:400 万中国变质地质图中将贺兰山群变质岩系列归内蒙-辽西太古宙变质地带（董申保等，1986）。贺兰山变质杂岩的盖层均为华北地台型的，其中最底部的是长城系黄旗口组，岩性是含海绿石的石英砂岩（宁夏回族自治区地矿局区调队，1982）。

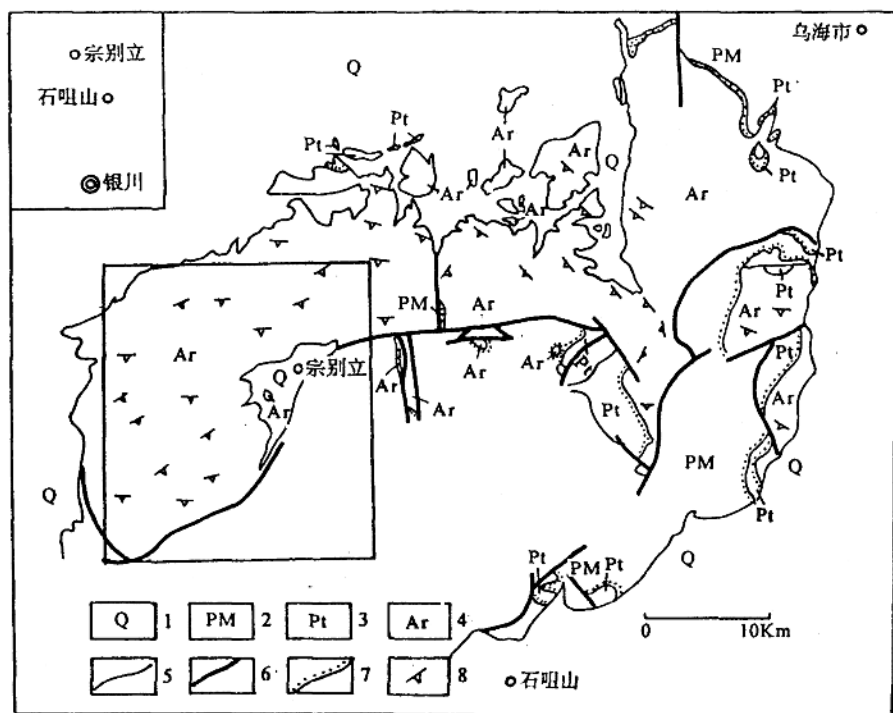


图 1 贺兰山变质杂岩地质简图

1、第四系；2、古生代-中生代盖层；3、元古代盖层；4、贺兰山变质杂岩；5、地质界线；6、断层；7、不整合界线；8、面理产状。左上角内插图示研究区位置。左侧区内的是图 2 的位置，为主要研究区。

与内蒙-辽西太古宙变质地带内其它变质岩系相比，贺兰山群变质杂岩的研究程度低。解放前仅有少数学者涉足此地，且多数只作地层学工作。1941 年张文谟将贺兰山地区的片麻岩厘定为太古代，边兆祥（1946）认为贺兰山北段的片麻岩系与绥蒙一带的“桑干系”相当，遂将这组变质岩命名为桑干系，时代划归晚太古代。70 年代末宁夏回族自治区地矿局区调队在该区作 1:20 万地质调查时，将这组变质杂岩从桑干系中解体出来，建

立了宗别立群，而后再更名为贺兰山群（霍福臣，1989），其时代仍厘定为太古宙。在这次地质调查中对变套变质岩系的岩相学、变质作用、原岩恢复以及构造特征等方面作了系统的工作，其工作成果均反映在1982年出版的1:20万石咀山幅、乌海幅地质图及其说明书中。1:20万地质调查后，又进行了石咀山幅和乌海幅所属的1:5万石炭井幅和阿巴拉代幅的区调工作（1989年），对各地质问题进行了更深入的研究。在先后两次不同比例尺的区调工作后，取得的主要地质认识是：

1. 贺兰山群形成于太古代，与阴山地区的集宁群、燕山地区的迁西群、五台——太行地区的阜平群、东北地区的鞍山群可以进行对比。根据岩石特征，划分为三个亚群，分别命名为第一、二、三亚群，对第一、二亚群又划为六个岩性阶段（宁夏回族自治区地矿局区调队，1982，1989）。

2. 贺兰山群的原岩多为沉积岩，即是一套副变质岩系。按矿物组合，划分了矽线石带和黑云母带两个变质带。区域变质时发生了广泛的混合岩化作用，发育各种类型的混合岩。主期变质作用发生在中太古宙。

3. 贺兰山群的构造格架为北老、南新的单斜，这种认识是1:20万地质调查时提出的，作1:5万地质调查时对此提出了疑问，但没有更改。

在编制1:400万全国变质图时，也对贺兰山群作了少量研究工作，确认变质程度达麻粒岩相，划入中太古代麻粒岩相变质地体。

最近我们在贺兰山群出露最完整的宗别立地区进行了1:5万呼鲁斯太幅和古拉本幅的地质调查工作，有幸对这套变质岩系进行较系统研究，获得的主要认识是：

1. 原定的贺兰山群是一个变质杂岩，不仅有多种区域变质岩，同时还包括了多种同变质花岗岩。区域变质岩的主体是变质上壳岩系，而且以副变质岩居多，仅夹有少量变质火山岩和变质中基性岩体。该杂岩曾遭受过多期变质变形改造。主期变质作用发生在早元古宙，约1900~2000Ma间，变质程度达角闪麻粒岩相，属低压相系，变质建造属孔兹岩系。早期变质作用发生在2100~2500Ma间，属中压相系，与主期纵弯褶皱相伴。晚期退变质作用沿韧性剪切带发生，明显与韧性剪切变形有关。

2. 由于多期变质和变形的改造，贺兰山变质杂岩内地层层序关系已遭破坏，不能建立地质学意义上的地层系统，故原贺兰山群应改称为贺兰山岩群。按岩石的组合情况，变质上壳岩系可划分为三个岩组，它们是：秃鲁根变粒岩-大理岩组，阿楞呼都格变粒岩组和柳树沟片麻岩组。在主期变形之前三个岩组以上述次序由下到上叠置，这种叠置关系也可能反映原沉积次序。各岩组间均发育变余强变形带。经原岩恢复，秃鲁根变粒岩-大理岩组为碎屑岩-泥质岩系列和石灰岩-泥灰岩系列，以前者为主；阿楞呼都格变粒岩组为碎屑岩-泥质岩系列和碎屑岩-火山岩系列；柳树沟片麻岩组为碎屑岩-泥质岩系列。

3. 在地球化学上，贺兰山岩群变质岩表现出大离子半径的活泼元素富集，铁族和过渡元素相对贫化的特征。在稀土元素方面，明显显示轻稀土元素富集，同时多具Ce和Eu的负异常。与太古代同类典型岩类的地球化学特征有较大差异，而与后太古代的典型岩类相似，说明在贺兰山岩群的源岩区有广泛分布的起源于下地壳的富钾花岗岩出露。由此推测，贺兰山岩群的沉积基底是结晶基底，因此，华北地块的西部地壳至少可分三个结构层。

4. 贺兰山变质杂岩的区域性变形有三期，第一期是伸张体制下的横向置换，主要表

现为变余韧性剪切带和面内无根褶皱。第二期为挤压体制下的纵弯紧闭同斜褶皱，这是区内的主期变形，决定了岩石组合（岩组）的分布格局。第三期为区域性的热上隆作用，伴随这期变形发生了主期低压角闪麻粒岩相变质作用，发生在1900~2000Ma间，到晚期由于上隆的不均匀性，发育起同变质的强面理化带。在热上隆后，区内形成以发育糜棱岩—千糜岩为特征的韧性剪切带。

5. 同变质花岗是贺兰山变质杂岩的主要组成之一，约占1/3。这些岩体在产状特征，岩相学和化学成分变异等方面具有火成岩的特征，但在岩相学、化学成分、地球化学等方面与贺兰山群间存在明显的联系。成因上属深熔成因，源岩或为贺兰山岩群本身，或为与贺兰山岩群类似的下伏变质体。深熔作用发生在主变质作用期间。

本书中绝大多数资料是作1:5万地质调查中获得的，属第一手资料。虽然我们的研究很粗浅，所得的结论也只能起抛砖引玉的作用，但公布资料无疑是有益于贺兰山变质杂岩，乃至华北地块的深入研究的。撰写分工情况如下：绪言，第三章1-4节、第四、五、七、八、九章由胡能高完成，第一章由杨家喜撰写，第二章1、2节由王志博撰写，第二章3、4节及第三章第5节由王涛完成，第六章由李伍平完成，全书由胡能高修改定稿。在野外工作中，参加该区工作的还有：杨贵森、陈向荣副教授、苏生瑞、姜常义、朱嘉伟、戴双儿、李荣西等同志。在野外工作及室内工作中始终得到宁夏区调队、地矿局的顾其昌、刘时雨、曹景轩、王世环等几位高工的关怀和帮助，所有图件由王永真清绘，植字工作由董洁完成。在本书问世之机，向上述各位同志表示衷心感谢！

由于作者学识有限，书中难免有错误之处，敬请读者指正。

第一章 地层学

贺兰山岩群是贺兰山杂岩的主要组成之一，约占 2/3。这些变质地层均已遭受多期变质、变形改造，成为变粒岩类、片麻岩类、麻粒岩类、大理岩类和钙硅酸盐粒岩类等变质岩。各岩类的特征将在后续章节中介绍。就分布丰度，变粒岩类和片麻岩类是主体，占变质地层的 90% 以上。野外调查表明，原沉积成层性构造多已遭到改造和破坏，现各种岩类及各种属之间以渐变关系为主，但这些岩石的产出并不是毫无规律。按剖面上岩石组合情况，可以划分为三种岩石组合类型：

1. 以富铝片麻岩和石榴黑云变粒岩为主，或以富铝片麻岩与变粒岩互层状出现，或以富铝片麻岩夹变粒岩的剖面结构出现。总之，以含较丰富的富铝片麻岩为特征。在片麻岩和变粒岩互层处，常发育紧闭的同斜相似褶皱。

2. 以石榴黑云斜长变粒岩为主，夹黑云斜长变粒岩，与上述以富铝片麻岩为特征的岩石组合相邻处出现少量大理岩透镜体和麻粒岩以及富铝片麻岩。该组合内多缺乏紧闭小褶皱构造。

3. 以石榴黑云斜长变粒岩、黑云斜长变粒岩为主，夹相当量各种大理岩及各种粒岩类岩石，偶尔夹富铝片麻岩。在该组合内常发育紧闭同斜褶皱，尤其在大理岩夹层较丰富的地方，层内和层间褶皱极为发育。

上述三种岩性组合间均可识别出变余韧性剪切带，表现为不同岩性强烈透镜体化和条带化，局部还保留有变余鞘褶皱。按现代中深变质岩区的地层工作原则，强变形带可作为划分岩组的界面。据此我们将三个岩性组合建立为岩组级单位，分别以有代表性的岩石组合出露地点来命名：

柳树沟片麻岩组 (L_{Ar})；阿楞呼都格变粒岩组 (A_{Ar})；秃鲁根变粒岩-大理岩组 (T_{Ar})，以上三个岩组概括了测区内贺兰山岩群的各种岩石类型和岩性组合，它们的分布反映了主期变形的构造格局 (图 2)。

第一节 贺兰山岩群各岩组特征

现按 A-A' 剖面中地层出露较完整的部分叙述各岩组特征 (图 3、4)。贺兰山岩群因经历了多期变质、变形，地层系统在组内的分层只能反映该地段内岩性组合特征，多已失去了原生地层系统的层序意义。所列“厚度”实为沿剖面线的出露宽度，并非原始沉积厚度。剖面中所列秃鲁根变粒岩-大理岩组和柳树沟片麻岩组分别出露在背形和向形构造的核部 (见图 2)，因此这两个岩组的出露宽度取其一半作为该两个岩组的总宽度。此外，在计算总宽度时剔除了岩脉和岩体的宽度。

一、秃鲁根变粒岩-大理岩组 (T_{Ar})：564 米

上覆地层：阿楞呼都格变粒岩组

———韧性剪切带-糜棱岩带———

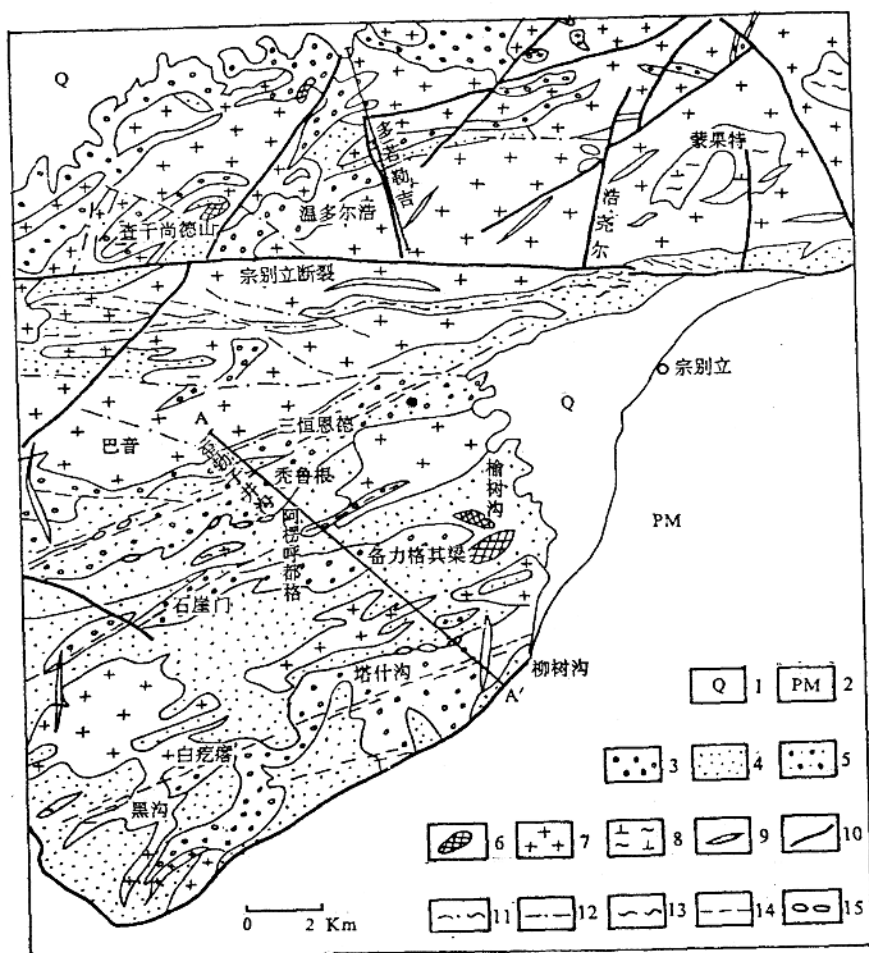


图2 宗别立地区贺兰山变质杂岩地质图

1、第四系；2、古生代-中生代沉积盖层；3、柳树沟片麻岩组；4、阿楞呼都格变粒岩组；5、秃鲁根变粒岩-大理岩组；6、麻粒岩；7、花岗岩；8、黑云角闪斜长片麻岩；9、基性脉岩；10、断层；11、千糜岩带；12、糜棱岩带；13、构造云母片岩带；14、强面理化带；15、变余褶皱皱出露地。AA'为主要实测剖面线，多数样品位于这条剖面上。

- | | |
|---|-----|
| 218①、灰色-灰黄色薄层状黑云斜长变粒岩，浅灰色长石石英岩夹灰黄色石墨大理岩 | 21m |
| 217、灰色含石榴黑云二长变粒岩 | 55m |
| 216、绿灰色碎裂岩及石英脉 | 10m |
| 215、灰黄色斜长变粒岩夹浅黄褐色透辉方柱粒岩 | 39m |
| 214、深灰色石榴黧青二长片麻岩与灰色榴云斜长变粒岩互层 | 7m |

①为原实测剖面时的岩性层编号，下同。

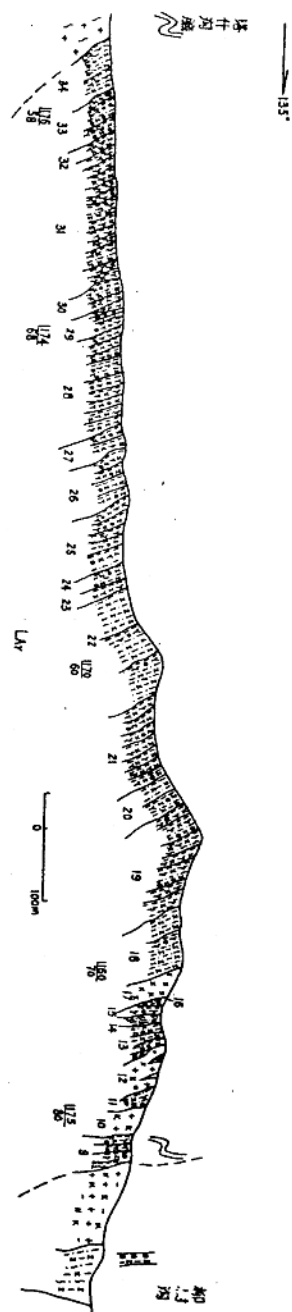


图 3 秃鲁根变粒岩-大理岩组和阿楞呼都格变粒岩组实测剖面

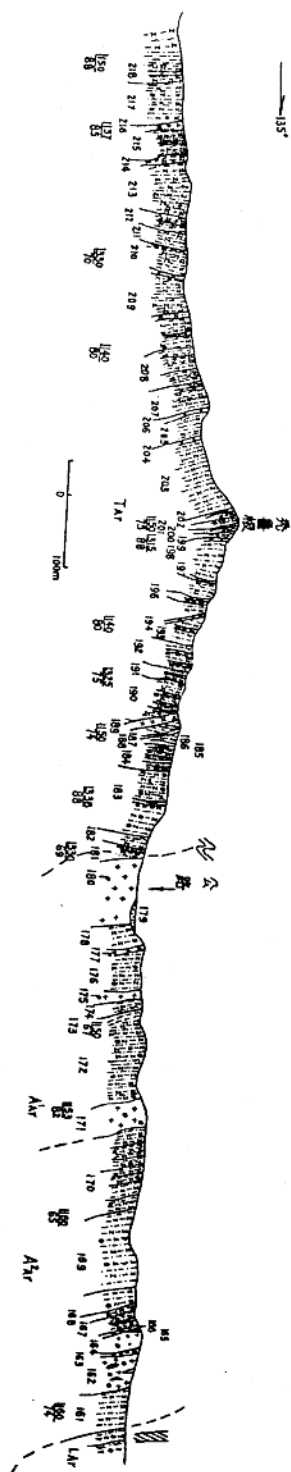


图 4 柳树沟片麻岩组实测剖面

213、青灰色黑云斜长变粒岩	83m
212、深灰色堇青斜长片麻岩与灰色黑云斜长变粒岩互层	20m
211、青灰色黑云斜长变粒岩	22m
210、深灰色糜棱岩化斜长片麻岩	9m
209、青灰色薄层状黑云斜长变粒岩夹灰色浅粒岩、长石石英岩和浅黄褐色大理岩	133m
208、深灰色含砂线堇青二长片麻岩夹灰色黑云斜长变粒岩	48m
207、青灰色黑云斜长变粒岩夹灰色浅粒岩和灰黄色大理岩	43m
206、浅灰色薄层状浅粒岩，长石石英岩夹灰黄色大理岩	5m
205、灰色黑云斜长变粒岩夹灰白色浅粒岩	38m
204、浅灰色薄层状长石石英岩夹浅黄褐色大理岩	9m
203、青灰色黑云斜长变粒岩夹灰色浅粒岩	98m
202、青灰-灰黄色薄层状黑云斜长变粒岩、灰色浅粒岩夹浅黄褐色大理岩	10m
201、灰色黑云斜长变粒岩	17m
200、青灰色薄层状黑云斜长变粒岩，浅灰色浅粒岩夹浅黄褐色大理岩	12m
199、深灰色堇青斜长片麻岩夹含石榴堇青二长片麻岩	10m
198、青灰色薄层状斜长变粒岩，灰色浅粒岩夹灰黄色大理岩和长石石英岩	8m
197、灰黄色含石榴黑云二长变粒岩，灰色浅粒岩夹浅灰黄色大理岩	81m
196、青灰色薄层状黑云斜长变粒岩，灰色浅粒岩夹黄色薄层状大理岩	9m
195、灰色黑云斜长变粒岩夹浅粒岩，深灰色黑云片岩	17m
194、黑色辉绿岩	6m
193、灰色黑云斜长变粒岩夹浅粒岩，灰色黑云片岩	42m
192、青灰色薄层状斜长变粒岩，灰色浅粒岩夹浅黄褐色大理岩和深灰色黑云片岩	37m
191、青灰色薄层状单辉斜长变粒岩，浅灰色浅粒岩夹深灰色黑云片岩	24m
190、浅青灰色薄层状斜长变粒岩，灰色浅粒岩夹浅黄褐色大理岩，深灰色黑云片岩	45m
189、黑色辉绿岩	12m
188、浅青灰色薄层状斜长变粒岩，灰色浅粒岩夹浅黄褐色大理岩，深灰色黑云片岩	16m
187、黑色辉绿岩	5m
186、青灰色黑云斜长变粒岩，灰色浅粒岩夹浅黄褐色大理岩和深灰色黑云片岩	17m
185、灰白色花岗伟晶岩	5m
184、浅灰黄褐色透辉粒岩夹含透辉大理岩和深灰色黑云片岩	36m
183、灰色榴云斜长变粒岩，偶夹深灰色砂线石榴片麻岩	86m
182、灰色黑云斜长变粒岩，含堇青黑云斜长变粒，其间发育灰白色花岗伟晶岩细脉	17m
181、灰色黑云斜长变粒岩夹浅黄褐色透辉大理岩	12m

———与阿楞呼都格变粒岩组间以花岗伟晶岩为界———

上述剖面南北两侧与阿楞呼都格变粒岩组之间均未见原始接触关系。南侧边界（第181层）以花岗伟晶岩脉和石榴石花岗岩与阿楞呼都格变粒岩组相隔。沿边界向西追索约500米，两组之间以发育有变余鞘褶皱等小型构造的前变质剪切带分界。北侧边界（第217层）以变质后韧性剪切带（糜棱岩带）及更晚的脆性断层与阿楞呼都格变粒岩组分界。向东追索500~800米，边界附近残留有早期强变形带中发育的变余鞘褶皱。

秃鲁根变粒岩-大理岩组的钙质岩石和薄层状黑云斜长变粒岩中均发育不同尺度的褶皱构造。大理岩中表现复杂的流褶皱形态。在薄层状黑云斜长变粒岩中发育的小型褶皱类型和位态特征表明至少发生过两次褶皱变形。早期为A型褶皱，其枢纽倾伏角多大于 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，岩性层面上有时可见与枢纽平行的滑动线理，显示早期变形以剪切滑动为特征。晚期褶皱为B型的，常见不对称褶皱的枢纽倾伏角多小于 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，有时可见与轴面平行的流劈理与岩性层面斜交。根据晚期小型构造要素，按雷斯法则判断，神水敖包（在巴音和石崖门间）-秃鲁根一带总体上为一背形构造。

秃鲁根变粒岩-大理岩组的主要岩石类型为变粒岩、大理岩和钙硅酸盐粒岩。这些主要岩石类型和其它少量岩石类型组成两种交替排列的岩石组合单位。其一以变粒岩与钙质岩石共生为特征，主要表现为薄层状黑云斜长变粒岩与薄层状大理岩互层，两者间常发育钙硅酸盐粒岩。有时大理岩为厚层状夹少量薄层状钙硅酸盐粒岩及黑云斜长变粒岩。上述剖面中厚层大理岩出露较少，且连续厚度仅有数米。在剖面两侧相距仅500米左右的填图路线中，见厚层状大理岩连续出露宽度可达数十米至百余米。这些事实充分说明，岩层的褶皱加厚或岩石流变变形的行为使岩层的厚度失去了其地层学意义。

另一种岩石组合单位表现为含石榴黑云斜长变粒岩夹黑云斜长浅粒岩或富铝片麻岩。有时富铝片麻岩较多，局部表现为富铝片麻岩夹石榴黑云斜长变粒岩或二者呈互层状。

二、阿楞呼都格变粒岩组 (A_A): 563米

沿A-A'剖面所经过的阿楞呼都格一带，由北向南分层描述如下：

———与北侧下伏秃鲁根变粒岩-大理岩组以花岗伟晶岩为界———

180、灰白色花岗伟晶岩	53m
179、灰黄色砂砾石（第四系）	43m
178、青灰色黑云斜长变粒岩	15m
177、灰白色花岗伟晶岩	8m
176、青灰色-灰色黑云斜长变粒岩夹灰色榴云斜长变粒岩	58m
175、灰白色花岗伟晶岩	15m
174、青灰色黑云斜长变粒岩夹灰白色斜长浅粒岩	10m
173、灰色片理化黑云斜长变粒岩	13m
172、青灰色-灰色黑云斜长变粒岩夹灰色榴云斜长变粒岩和灰白色斜长浅粒岩	117m
171、灰白色中粒石榴石花岗岩	40m
170、灰色榴云斜长麻岩、青灰色黑云斜长变粒岩夹多量暗灰色含砂线蓝青二长片麻岩	112m

169、青灰色黑云斜长变粒岩，偶夹榴云堇青斜长片麻岩	133m
168、青灰色黑云斜长变粒岩夹深灰色砂线石榴斜长片麻岩	10m
167、青灰色黑云斜长变粒岩，偶夹石榴堇青钾长变粒岩和薄层状浅灰黄色大理岩	28m
166、黑色辉绿岩	4m
165、青灰色黑云斜长变粒岩，偶夹石榴堇青变粒岩	2m
164、灰白色中粗粒石榴石花岗岩	23m
163、青灰色黑云斜长变粒岩	8m
162、灰白色中粗粒石榴石花岗岩	47m
161、青灰色黑云斜长变粒岩	57m

上述剖面北侧第 180 层灰白色花岗伟晶岩是本岩组与秃鲁根变粒岩-大理岩组的分界。在剖面外的其它地方，这两个岩组分界为强变形带。推测剖面处的强变形带因后期花岗伟晶岩等的侵入而未能很好保存。

剖面上该岩组出露宽度 563 米，但在区域上该岩组出露宽度可达 1000 米以上，主要是地层褶皱重复和变形加厚所致。

阿楞呼都格变粒岩组在有些地段可分为上下两个岩性段。下段（剖面的第 178~171 层）以青灰色黑云斜长变粒岩、榴云斜长变粒岩为主体，夹少量灰色斜长浅粒岩和长石石英岩。上段（剖面的 170~161 层）仍以青灰色黑云斜长变粒岩为主体，但富铝片麻岩的夹层有所增加，且在近顶部出现很少量大理岩透镜体。在区域上，上段内还出现榴云斜长片麻岩、角闪黑云二辉麻粒岩、黑云二辉麻粒岩及黑云斜长片麻岩等岩石组合而成的透镜体，局部规模较大，如各力格其梁以东地区，出露宽度达数百米。

该岩组的混合岩化较强，产出斑点、斑块状混合岩和阴影状混合岩，尤其在测区东南部出现多量混合花岗质岩。

除在上段中有少量轴面平行区域面理的小褶皱之外，阿楞呼都格变粒岩组的岩石多呈块状构造。但可见到岩性差异而显示出来的条带和透镜体，说明曾经遭受过强烈面理置换。

三、柳树沟片麻岩组 (L_{Ar}): 794 米

沿 A-A' 剖面所经过的柳树沟至塔什沟脑一带，由北向南描述如下：

——与阿楞呼都格变粒岩组以变余鞘褶皱带为界——

34、灰色榴云斜长变粒岩夹深灰色砂线石榴斜长片麻岩	23m
33、灰色砂线石榴堇青斜长片麻岩夹浅灰色石榴斜长变粒岩	63m
32、混合岩化砂线榴云斜长片麻岩与斜长变粒岩互层	20m
31、深灰色含砂线堇青片麻岩，砂线堇青碱长片麻岩夹灰-浅灰色斜长变粒岩	216m
30、深灰色-灰色砂线石榴堇青斜长片麻岩与灰色斜长变粒岩，长石石英岩互层	30m
29、灰-灰黑色砂线石榴堇青斜长片麻岩夹灰色榴云变粒岩透镜体和少量灰绿色长石石英岩	71m

28、灰色含砂线石榴堇青斜长或二长片麻岩夹浅灰色斜长变粒岩	121m
27、灰色砂线石榴碱长片麻岩	40m
26、浅灰色砂线石榴二长片麻岩	71m
25、暗灰-灰色砂线石榴堇青二长片麻岩及含砂线堇青片麻岩夹浅灰色石榴斜长变粒岩	105m
24、青灰色榴云斜长变粒岩夹灰色薄层状砂线石榴斜长片麻岩	24m
23、深灰色砂线石榴堇青片麻岩夹灰色榴云斜长变粒岩	16m
22、青灰色黑云斜长变粒岩夹深灰色砂线石榴堇青片麻岩	165m
21、深灰色砂线石榴堇青二长（或碱长）片麻岩夹砂线石榴斜长片麻岩	140m
20、青灰色黑云斜长变粒岩夹深灰色砂线石榴斜长片麻岩	50m
19、灰色堇青碱长片麻岩夹浅灰色石榴斜长变粒岩和浅粒岩	140m
18、灰色含石榴黑云斜长变粒岩夹深灰色石榴堇青片麻岩	98m
17、黑色辉绿岩	43m
16、灰色榴云斜长变粒岩	9m
15、灰-深灰色石榴堇青斜长片麻岩	12m
14、浅灰色浅粒岩与灰-浅灰色石榴斜长变粒岩互层	11m
13、灰色榴云斜长片麻岩	37m
12、灰白色中细粒石榴花岗岩	54m
11、灰色含石榴堇青斜长变粒岩	23m
10、灰白色碱长白岗岩	40m
9、灰-深灰色砂线石榴堇青斜长片麻岩	53m

———与阿楞呼都格变粒岩组以花岗岩为界———

上述剖面北侧（第34层）与阿楞呼都格变粒岩组以含变余鞘褶皱为标志的变余强变形带相邻，南侧（第9层）隔花岗岩脉与阿楞呼都格变粒岩组顶部夹大理岩透镜体的变粒岩层相邻。柳树沟片麻岩组中花岗岩脉较多，宽度多为1米以下至数米，可以顺构造面理或岩性界面侵入，也可以切穿面理或岩性界面。变质岩与花岗岩间的岩性界面都呈突变关系。在较大花岗岩体两侧均有众多花岗岩脉发育，总体上，上述剖面由南往北混合岩化有加强的趋势。

柳树沟片麻岩组以富铝片麻岩与石榴黑云变粒岩反复交替排列为其特征，且在总体上富铝片麻岩较多，变粒岩其次。富铝片麻岩富含富铝矿物堇青石、石榴石和矽线石，有时含少量铁铝尖晶石。两种长石比例变化较大，岩石类型包括二长、碱长和斜长片麻岩。岩石中常含少量石墨。石榴黑云变粒岩中常含少量堇青石和矽线石，主要为斜长变粒岩，也见二长和碱长变粒岩。测区内柳树沟片麻岩组内偶见石榴黑云斜长片麻岩。上述剖面中的石榴黑云斜长片麻岩（第13层）剖面上出露宽度37米，向东追索500余米，宽度仅有数米，并很快尖灭。

在片麻岩中，局部变粒岩夹层较多的部位，或在变粒岩层中局部片麻岩夹层较多的部位，常在数米至十余米的宽度内两种岩性以厚度为数厘米至数十厘米的单层交替排列而表现为韵律层。一种岩性层可以表现为两侧与相邻不同岩性层皆为突变接触，也可以表现为在一侧为渐变过渡而在另一侧为突变接触。过渡关系表现为：从变粒岩到片麻岩矿物粒度