

孙健初地质论文选集



《孙健初地质论文选集》
编辑委员会

主 任：周永康

副主任：李天相 金钟超 田在艺

委 员：王恒升 徐克勤 程裕淇 叶连俊 武 衡 邹 明
沈 晨 刘世洲 李德生 孙鸿烈 石宝珩 陈立滇
孔秀兰 徐 旺 金衍泰 樊廉欣 张 清

编 写 组

田在艺 徐 旺 张 清 樊廉欣 陈振祥 康建华

孙健初先生

诞辰一百周年纪念

(1897.8.18—1997.8.18)



孙健初简介

孙健初先生（字子乾），1897年8月18日出生于河南省濮阳县。1926年7月，毕业于山西大学工科采矿系本科，获工学学士学位。先后在中央地质调查所、中国石油公司甘青分公司工作，任该公司探勘处处长。解放后任中央燃料工业部石油管理总局勘探处处长、西北军政委员会财政经济委员会委员、中国科学院专门委员、地质工作计划指导委员会委员等职。为地质事业走遍了大半个中国，涉及煤、铁、铜、金、地层、构造、区测、水文、环境、石油诸多方面，论著四十余份，治学严谨，资料翔实，立论有据，为人耿直，爱国爱民，深得同行们赞赏。特别是在发现我国第一个现代油田——玉门油田以及石油工业的开拓中立下了不朽的功勋。

孙先生正当风华正茂之时，却于1952年11月10日，不幸因煤气中毒而英年早逝，享年仅55岁。为了表彰他的丰功伟绩，在玉门油田树碑纪念。当其诞辰一百周年之际，中国石油天然气总公司、中国石油学会，于1997年8月19日在北京组织召开了纪念大会，并决定编辑出版《孙健初地质论文选集》和《孙健初先生纪念文集》，以缅怀孙先生的功绩。

序

孙健初先生是我国著名的地质学家、石油地质学家，是我国石油工业主要奠基人之一。今年（1997）8月18日是他的一百周年诞辰纪念日，为了缅怀他对中国地质事业和石油工业做出的重要贡献，我们除开会隆重纪念之外，还编辑出版了他的地质论文选集。

孙健初先生1920年考入山西大学采矿地质系，师从瑞典教授常新福（E.T.Nystram）和挪林（E.Norin）等名家，刻苦攻读，1926年毕业，获工学学士学位。随即留校参加“瑞华地质调查会”工作，1928年用英文发表了《山西太古代地层之研究》论文，由于其细致严谨的科学论断，提出了一些敢于向权威挑战的科学论点，受到了当时中央地质调查所所长翁文灏的赏识。

孙健初先生从1929年到1938年期间，奉命从事了大量的地质调查工作，其范围包括西北、内蒙、东北、华北、华中、西南等十几个省区，其调查研究的内容包括区域地质构造研究和矿产资源，涉及煤、铁、金、铜、铅、锌、宝石、石油等，都取得了重要成果。有关区域地质方面，他曾发表了《宣化一带地质构造研究》（1930）、《绥远及察哈尔西南部地质志》（1933），当时地质界称该论文为区域地质的重要文献。对西北地区先后发表了《南山及黄河上游之地质》（1936）、《祁连山一带地质变迁史略》、《祁连山一带地质史纲要》（1942）等，尽管西北工作条件十分艰险，仍取得了大量宝贵成果。著名地质学家黄汲清曾给予很高评价：“在我的印象中，他亲自深入祁连山所获得的资料是可靠的、权威的。”

铁矿和煤矿是孙健初调查研究的重要内容之一，以铁矿为例，他先后调查了辽宁东部、皖南、扬子江下游、大冶、灵乡等矿。由于他的工作深入严细，调查结果常常改变了前人的看法或结论。如过去认为大冶铁矿东西两个矿体是孤立不连接的，孙先生在调查后经过认真研究提出铁矿的分布、分类、成因和重新计算了储量，特别是认为大冶东西矿体是相连的科学论断，这些认识都为建国后地质勘探工作所证实。1934年他同侯德封合著的《黄河上游之地质与人生》，较早地注意到地质因素所造成的自然地理条件的不同，对农、牧、工业、矿业、交通的影响进行了研究，已经意识到环境地质的重要性，并提出了不少科学性的建议。

孙健初先生一生最重要的贡献是对我国石油事业的奠基作用。1937年到1938年，孙先生参加了西北地质矿产试探队，同美国地质学家韦勒（J.M.Weller）、萨顿（F.A.Sutton）调查甘、青两省石油地质条件，认为老君庙一带是找油最有希望之地区，从此走上了为石油事业奋斗之路。抗日战争爆发后，外油断绝，孙先生奉命于1938年严冬之际再次来到玉门，在风雪中详细勘测了构造，拟定了井位，1939年8月，1号井获工业油流，1940年，有几口井出油，特别是4号井和8号井喷出了高产原油，为中国第一个自喷油田的发现做出了重要贡献。

这期间孙先生曾撰写了《玉门油田简报》、《甘肃玉门油田地质报告》。对油田的范围、地层、构造、油层情况做了详细论述，并对石油储量做了初步估算。为了扩大油田范围，多发现油田，孙先生亲自调查或派遣队伍扩大调查范围，其调查地区扩展到永昌青土井、兰州

河口、青海民和、甘肃六盘山，并在青海柴达木盆地发现油砂山构造和巨厚油砂层，取得了丰富的资料。对河西走廊和酒泉盆地的油气地质有了初步评价。

1942—1944年，孙健初在美国考察，由于和美国教授 J.M.Weller 的友谊，由他介绍到十几个油田、研究所、大学等单位实习、交流。以其考察所得，撰写了《美国石油地质概况及其寻找石油之方法》(1943)，《从中国地理地质说到石油之分布》(1945)和有关美国钻井地质的研究方法等。他不仅考虑西北地区，而是从全国角度考虑石油工业的发展，他先后发表了《发展中国油矿计划纲要》和《中国各重要油区地质情况及开发计划》，文章所提出的远景区如塔里木、准噶尔、河西走廊区、陕北和东北、华北、四川等地区大都为建国后的勘探工作所证实。在当时地质资料很少的情况下做出了这样的分析，是需要有科学的探索精神的，因此孙先生被誉为“中国石油工业的开拓者之一”。

孙健初先生的学术成就和调查实践，正如地质部李四光部长 1952 年在对石油管理总局技术干部一次报告中所做的高度评价：“孙健初不仅对石油工业有重大贡献，对铁和有色金属的调查研究也是有贡献的。他对大冶的考察，认为东西矿体是一脉相连的观点是正确的，也为钻探所证实，此外，他对山西太古代地层研究也改变了一些外国学者的地层划分，这也说明他的作风扎实，治学严谨。”并且认为“孙健初是中国地质界，科技界有才能、有成就的学者。”由于孙先生建国前后几十年所做出的学术贡献，1951 年被任命为中国科学院专门委员和地质工作计划指导委员会委员。

孙健初先生治学严谨，工作极其认真负责，待人诚恳宽厚，在地质界受到很高赞誉，他同美国韦勒教授的友谊是中美科学家友好合作的典范，韦勒的女儿近年在回忆录中有生动的叙述。孙先生在学术上的特点是勇于创新，既尊重前人的劳动，又敢于超越前人的精神，是他最可贵的品质，这是在我们石油系统科技干部中应该学习加以发扬的。在纪念孙健初先生一百周年诞辰的时候，我国的石油工业取得了巨大成就，在石油地质理论上已接近或部分达到世界先进水平。令人高兴的是《孙健初地质论文选集》这一学术著作即将出版，为我们提供了极为重要的文献资料，以便使人们了解我国石油工业发展的艰苦道路，特此作序表示祝贺。

周永康

1997.9.25

编者的话

孙健初先生是我国著名地质学家、石油地质学家、玉门油矿的开拓者之一。1997年8月18日是他的诞辰100周年纪念日。中国石油天然气总公司和中国石油学会，为缅怀他的丰功伟绩，特于1997年8月19日召开了“孙健初先生诞辰一百周年纪念会”，并决定编辑出版《孙健初地质论文选集》和《孙健初先生纪念文集》。我们接受论文选集编辑任务后，当即搜集资料着手工作，在接触资料中深感孙先生的成就来之不易。

孙先生于1897年8月18日，出生于河南省濮阳县城郊黄河边上的后孙密城村一个农民家庭里。祖父的“无论做什么事，都要咬着牙干下去，决不能半途而废”的谆谆教诲；私塾先生父亲的四书五经传统文化的教育；平日与农民一起苦干农活的耕读经历，渡过了童年，铸就了他憨厚而纯朴不怕艰苦的性格。他所处的年代正是大清王朝即将覆灭、辛亥革命失败、帝国主义侵略日益加剧、军阀割据、战火频繁、贪官污吏、盗匪横行，天灾人患连年不断，田园荒芜、百业凋敝、人民处于水深火热的年代。随着年龄的增长，他不断思考着中国向何处去，自己向何处去的问题。他渴望学习新知识，增加真本领，就是在这样的地点，在这样的时代，他选择了报考山西大学采矿地质系，走“实业救国”、“科学救国”的道路。毕业之后，走上了中央地质调查所调查地质矿产既艰难而又冒险的探险生涯。尽管他的同事赵亚曾1929年在云南昭通调查时残遭土匪杀害，后来，许德佑、陈康、马以思（女）于1944年也在贵州遭到土匪杀害，孙先生本人也曾在陕南镇安、热河北口两次遭到土匪骚扰，但他却义无反顾地朝着蕴藏着祖国宝藏的深山密林、戈壁大漠走去。足迹遍及西北、东北、华北、华中、华东、中南、西南大半个中国。调查的对象涉及煤、铁、铜、金、宝石、水文、构造、区域地质、石油地质诸多方面。深入实际调查，总结经验。如象1935年的首次由中国地质家横穿祁连山进行地质调查的壮举，1936年正值湖北盛夏酷暑的大冶铁矿调查，1937—1938年严冬季节玉门老君庙的石油调查，都是在极端恶劣的条件下进行的。但都取得了可喜的成果，曾得到地质界同行们的高度评价，认为孙先生的工作是“一头扑进实际调查研究中，学以致用，真是难能可贵”（翁文灏语）；“孙健初作风扎实，治学严谨”（李四光语）；“在我的印象中，他（指孙健初）亲自深入祁连山考察，所获得的资料是可靠的，权威的”（黄汲清语）；“孙健初是玉门油矿的开拓者之一”（康世恩语）。这些成就的获得，都是与他忧国忧民的思想分不开的。正如他们在1937年《扬子江下游铁矿志》中所写的那样：“惟我国目前因冶铁业不振，致所产铁矿，国内无所用之，只有日本为惟一之销路，大好宝藏供人利用，岂不可惜。……倘今日不加珍惜，反以贱价售之外人，一旦需用激增，恐有措手不及，无法应付之虞矣。今之谈保持国家权利，撙节天产富源者，当于扬子江铁矿更加注意也”。拳拳爱国赤子之心，跃然纸上。

这次搜集到的孙先生有文字记载的论著共有48份（详见本选集附录）。从1928年第一篇论文发表到他1952年不幸早逝的25年间，每年将近两度的野外考察室内总结过程，可见其辛苦的程度。现摘其要者26份按时间先后编辑成册，藉以寄托对孙先生的缅怀之情，记录孙先生的丰功伟绩。并以飨读者，从一个侧面学习有关地质学科的历史知识，更重要的是通过对选集的阅读，学习孙先生刻苦坚韧的治学精神，为国为民的忧患意识，爱国主义的高尚情操。这是孙先生为我们留下的一笔巨大的精神财富，将会推动地质事业、石油工业的不断发展。

目 录

山西太古界地层之研究·····	(1)
宣化一带地质构造研究·····	(23)
安徽南部九华山地质·····	(29)
绥远之宝石矿·····	(36)
绥远及察哈尔西南部地质志·····	(40)
黄河上游之地质与人生·····	(79)
河南禹县密县煤田地质·····	(83)
南山及黄河上游之地层·····	(103)
扬子江下游铁矿志·····	(108)
湖北大冶铁矿·····	(160)
湖北鄂城灵乡铁矿·····	(176)
青海湖·····	(184)
中国西北部甘肃和青海省地质考察报告·····	(187)
甘肃玉门油田地质报告·····	(234)
西北煤田纪要·····	(260)
甘肃及青海之金矿·····	(272)
甘肃青海矿产图表编制余言·····	(275)
甘肃玉门宽台山北窑地质·····	(281)
祁连山一带地质史纲要·····	(288)
美国地质概况及其寻究石油之方法·····	(293)
甘肃酒泉文殊山地质·····	(299)
甘肃玉门青草湾一带地质·····	(307)
发展中国油矿计划纲要·····	(311)
甘肃永昌窖水一带地质简报·····	(320)
如何在钻井下研究石油地质·····	(323)
中国石油工业的概况·····	(335)
附录 孙健初著作目录·····	(342)
后记·····	(345)

山西太古界地层之研究^①

一、前言

山西省西部和东北部是典型的前古生代地层发育区。在山西西部，位于太原平原和黄河之间的地带，这些地层出露得非常全面，并且几乎其所有的剖面皆与被称之为晚古生代的山西地层相邻。在边缘附近，太古界岩石地区在低洼平缓的丘陵地带被频繁风蚀，但主要部分处于局部绿化带、人烟稀少、山峰林立和多悬崖峭壁的山区，构成了 NNE - SSW 走向的吕梁山区。因此这一地区不仅在地质上形成了强烈对比，而且其轮廓也不同于周边地层的地貌。该地区的外形绝大多数都呈现出平缓起伏的山丘状，本区太古界岩石的宽度在 50km 以上，长度由汾州府向北达 240km。

除山西东北部外，还有一大部分地区被广泛出露着的变质岩覆盖着，它们形成了佛教圣地五台山和太和岭。在这些地区，由于隆起和风化作用使太古界地层得到充分暴露。根据地质调查所王竹泉^②先生的意见，在山西西部，吕梁山区是受到侵蚀而形成的背斜顶峰，即吕梁背斜，然而瑞典地质学家 E. Norin^③认为，这一区域是一个地垒，即“莫儿栋地垒”。他的关于山西这一部分地区结构的观点可以总结如下几点：

沿 NNE - SSW 方向将山西地层剖开，在太原和黄河之间的区域就产生了一个太古代地垒。其中的最高点是莫儿栋峰，因此即以此山命名该地垒。不同区域的野外观察表明，这一地区是由于在主要断层线之间狭长地带的隆起而形成的。例如，沉积地层的同期层位几乎出现在地垒两面的同一海拔上。在一些地区，地垒内部的前寒武纪地层向北轻微倾斜，此时地垒外部斜坡的同一地表也向东或向西倾斜，这些现象可以解释为与更稳定的边缘地带比较地垒区内内部发生了不平衡的隆起。

但 Norin 仍然不排除这样的可能性，即当边缘地带沉陷时地垒已经向左抬起。作者至今还未能获得必要的证据来解决这一问题。因为他也未能发现地垒两边的断裂范围。

在山西南部，已经观察了最古老岩石，并由李希霍芬 (F. Von Richthofen) (中国，第二卷) 和威里士 (B. Willis) (中国研究，第一卷) 作了简要描述，但我目前还没有看到这些露头。在霍县东部发现了一个小的区域，形成了一个险峻的山岭，称之为霍山，一部分被古生代沉积所覆盖。另一个出现在本省最南部绛县东南方的凤凰山一直扩展了很大的区域。这一地区是天津 Hoangho Peiho 博物馆的德日进 (Pere Teilhard de Chardon) 于 1926 年观察到的，但他的报告目前也不在手边。

根据 V. Richthofen 和 B. Willis 的说法，山西太古界地层包括两种特殊的地质系统，由下至上称之为泰山杂岩和五台系。在许多地区，于古生代地层下可以直接观察到风化了了的泰山杂岩，某些部分可能是寒武纪的。

五台系的发现处，出现了很厚的变质沉积岩 (有些是岩浆岩)，对此，V. Richthofen 和

① 本文系孙健初学术论文，1928 年刊于中国地质学会会志第七卷。原文为英文，现译为中文，个别地名可能有出入 (前半部为徐旺所译，后半部为王平所译)。

② 王竹泉，Geol. Struct. of Shansi, Bull. Geol. Soc. China, Vol 4, No. 2, 1925。

③ E. Norin. Tzu Chin Shan. Contr. Nystrom Inst. No. 1, 1921。

Willis 认为相当于美国的 Huronian of Lake Superior。主要包括石英岩、大理石、云母和绿泥石片岩及经常被花岗岩穿切的副片麻岩。这些地区的岩石在山西东北部有了典型的发展，形成了五台山主体。1871 年，V.Richtofen 在这里发现了绿色绿泥石片岩及很难按地层学严格划分的其它一些岩石。

对于所有的地层，他称之为“五台 Schichten”，B.Willis 保留了“五台系”这一命名，他扩大了范围，包括进了其它变质岩系（如石咀群），这些是 Richtofen 未曾见到的，但与“五台 Schichten”的基本性质是相近的。经过了更详细的研究后，他将由老到新的整个系统分成石咀群、南台群、西台群几个部分，认为五台山主要区域的东南斜坡包括数个向斜层，这样就使五台山岩层得到了保存，但是我们最近的观察不仅证明这种斜坡的结构实际上并不复杂，而且 Willis 有关年代的部分很可能有误。在 Willis 未去的刘定寺村附近，我们发现了一系列岩层，要比山河庙剖面的时期稍新而较西台的时期为老。

不整合于五台系之下，所见泰山杂岩也是由众多的岩浆岩成因的变质岩组成的。主要是太古片麻岩和片岩，花岗岩和基性侵入岩。其中花岗岩起主要作用。在山西北部和西部，岩石比例已经有了一个粗略的统计，如下所示

花岗岩	65%	基性侵入岩	6%
太古代片麻岩和片岩	25%	其它岩石	4%

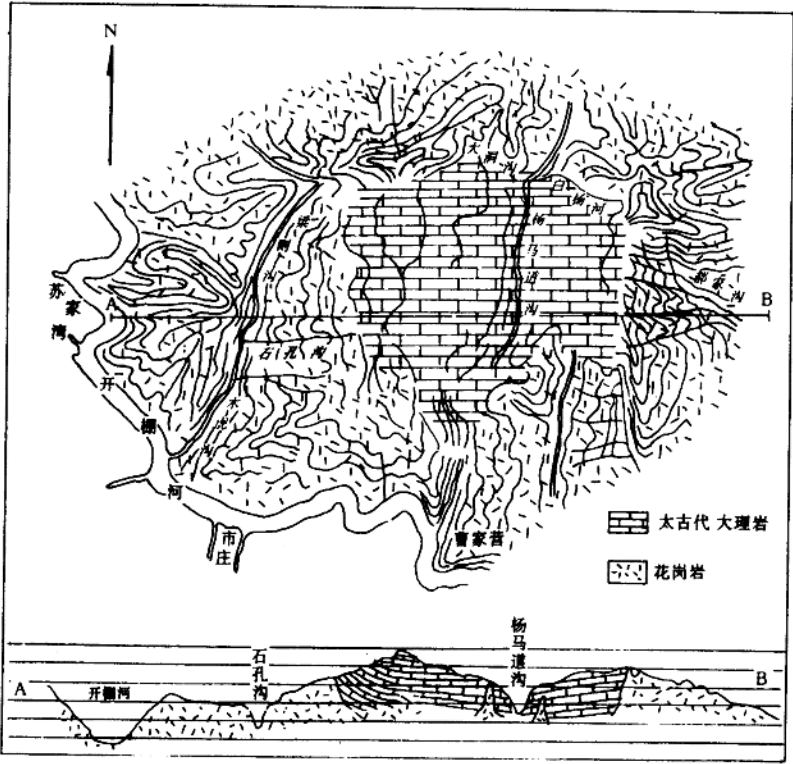


图 1 山西交城县西部大理岩分布图（孙健初、曹世禄、张光嗣测绘，1924 年）

1924 年，曹世禄、张光嗣和我首次调查了山西西部，我们和山西国立大学学生们在新常富教授指导下，在这一地区进行了一次勘查旅行，这次短期旅行中我们主要考察了太古界

地层，同年7月，我们再次对山西西部进行了专题勘查，在交城县西部的苏家湾地区进行了太古代大理岩的地貌和地质的区域勘测。1926年秋，我们收到了关于方山县西部圪洞镇附近的五台地层勘查的指令。因此我们对该地区太古界地层的了解就更深入了。

1925年，我们首次对山西北部的前寒武纪岩层进行了研究，1926年5月，山西大学的新常富教授、瑞典斯得哥尔摩大学的 P.Quensel 教授、北京燕京大学的巴伯尔 (G.B.Barbour) 教授和我们一起查看了山西北部，我愿借此机会向这些先生们表达我的敬意，他们与我们共同考察并提出了许多有益的建议。

我还要感谢曹世禄和张光嗣先生，曹先生对我帮助很大，与我讨论了该区内太古界地层的形成方式，并部分测绘了在五台区的黑疙瘩岭。张先生还协助我完成了对苏家湾大理石沉积层地质图的绘制工作 (图1、图2)。

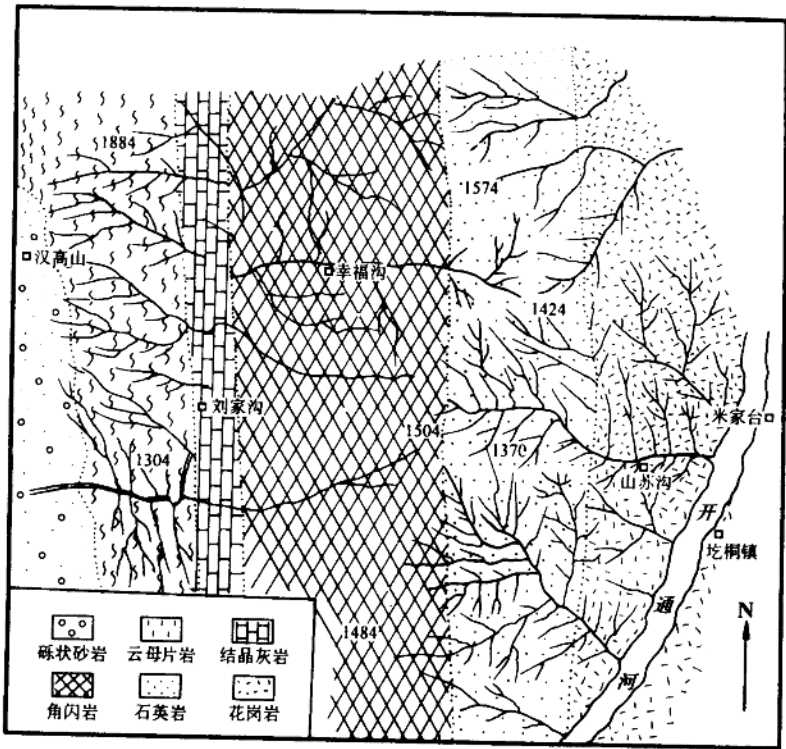


图2 山西方山县西部地质图 (1926年，编辑时加以简化、图中数字为高程，m)

二、地层

如上所述，概括地说，山西前寒武纪岩石的三个部分 (泰山杂岩、五台系和震旦系 (滹沱群)) 表示出了完全不同的特性。一般来说，泰山杂岩具有规律的、非常显著的不同构造特点和成分与五台系分开，震旦纪地层也是后来由于走向不整合分离出来的。对于这三个重要的部分，根据 B.Willis 的划分观点大致可保持上面的命名方式。

1. 泰山杂岩

我在山西北部的太和岭、峨水河、石咀和山西西部的苏家湾、圪洞镇对上面提到的泰山杂岩的主要露头进行了研究 (图3、图4)。

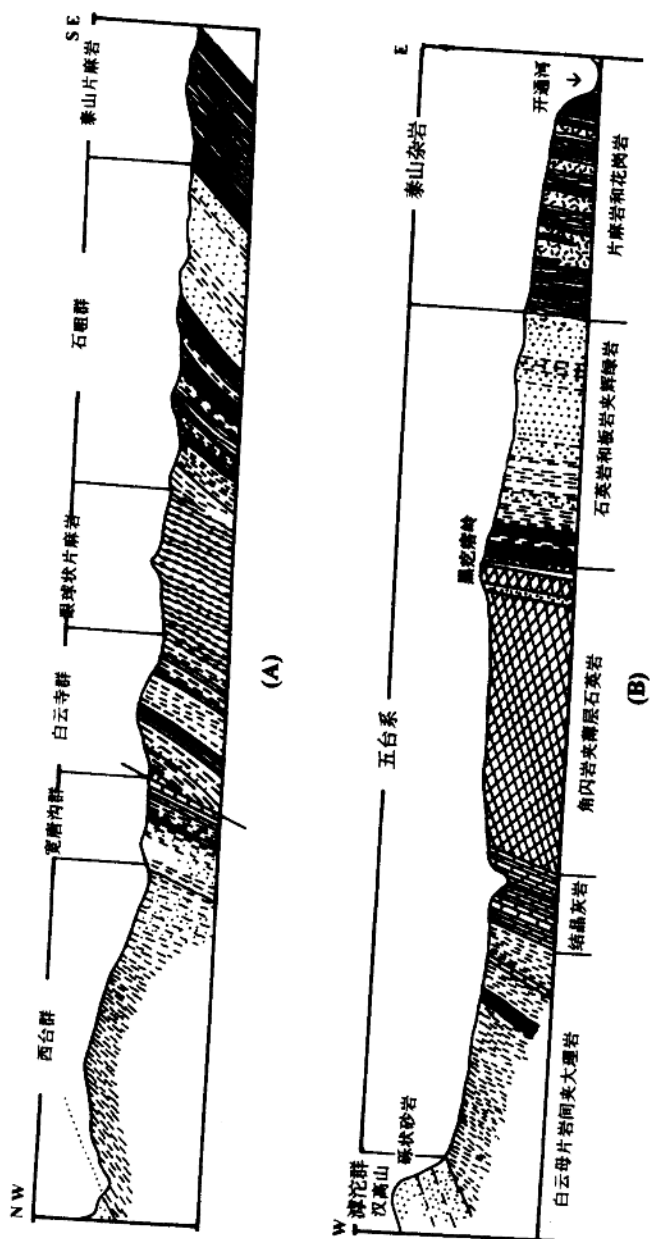


图 4 通过五台山圪桐镇地质横剖面图 (1926 年)

(A) 从石咀南东 3km 到沙堡北示五台山南东坡五台系剖面; (B) 从圪桐河到双高山穿过黑龙岭剖面

几年前修起的公路，充分暴露了沿太和岭的基性杂岩。新常福(E.T.Nystrom)教授第一次向我指出了这段路在地质方面的用途。在14km内，有许多高度从数米到60m的被切开的岩石，这种露头非常新鲜，杂岩的结构特性和不同结构之间的相关性在这里的体现几乎要优于中国北部的其它任何地方。

在对杂岩研究中，这里的太古片麻岩、片岩和花岗岩是主要种类，层状岩在这里也大量存在，较次要的是角闪岩（以下称闪岩），因此该杂岩可分成四组：太古片麻岩和片岩；花岗岩；层状岩；基性岩。以下将按相同的次序对其描述。

在第一组中，典型的岩石是中等粒度的角闪片麻岩，呈黑白相间的颜色，在性质上稍具块状，由角闪石、斜长石和石英以及黑云母和其它次要矿物组成。在显微镜下，石英具有微弱的消光现象，说明这些岩石虽不是典型的片麻状，但已经受相当的挤压。从这种类型岩石向另一侧可以过渡到片麻岩，其中含有的黑云母比角闪石为多。而对于另一种形式，长石和石英都是次要组分，使岩石呈淡颜色。在结构上也没有明显的变化。在较多情况下，在高度的块状黑云母—片岩交互分离层中，还穿插有一些片麻岩，使岩石呈现出带状现象，这些带状层有时被严重扭曲。

这些容易被溶蚀的黑云母看起来经常被侵蚀出露，结果是露头表面形成浅洼地带。

值得注意的特征是，在片麻岩中观察到了其中嵌有闪岩碎片（详见第四组），并且是不规则的形状。可以设想这是在火山爆发时夹在岩浆中喷出的。并且，片麻岩经常被花岗岩类物质混杂，致使难以区分最后形成的岩石究竟是属于花岗岩类还是片麻岩类。由于或多或少存在着肠状的、时常可以发现的白色伟晶矿脉，这种情况仅能在第一组的情况下发现，而且不切割花岗岩，由此显然可见后者是较新岩石。

在太和岭正北方的剖面，可以清楚地看到片麻岩中的喷射物特性（图5A），其主要特性在这里得到了很好的保护。在野外工作期间，引发了以下顺序的设想：当片麻岩喷射期间受到了很大的侧面压力的作用，由此使不同矿物产生分离，在薄层中形成了长石和石英，使喷射物质形成了带状；然后是复杂的部分岩石抬升褶皱，和前面提到的白色肠状的伟晶岩脉中的侵入体。由于这种基本结构，许多地区随后又产生了严重的力学形变，最初的块状喷射物经历了更深的变化和再结晶过程，而结果形成了其它片麻岩结构。因此，黑云母片岩层从黑云母片麻岩层交替分离，形成了明显的带状结构。这样就可以很容易地蒙蔽谁最先遇见了这些带状岩，并且可以确信，它们反映了沉积岩的序次与一般片麻岩物质有关。然而进一步的考察证明，其叶理有时明显穿切早期的肠状伟晶岩层。

Blackwelder提出关于以上太和岭片麻岩地层的描述与在直隶^①省唐县附近所见到的现象可对比。他认为黑色矿物既是角闪石，又是黑云母。在山西相同的种类岩石中还包含有许多的角闪岩—片岩透镜状体碎片。

第二组包括淡红色片麻状花岗岩、粉红色花岗岩和伟晶岩。它们表现出岩浆岩活动的几个时代。太古界片麻状花岗岩包括a) 淡灰红型，b) 红型，c) 灰型。

a) 型，主要包括石英、正长石、微斜长石和黑云母，这种结构一般为细粒，但因地区不同而产生变化。这种岩石中矿物组分的分离要经常加以注意，因此石英条带与粉红色长石带的交互会使岩石组分在一个小范围内呈现出了带状。然而片麻状结构很少有十分清楚的现象，这种类型经常位于古老片麻岩周围。

^① 即今河北省，民国初期称直隶省。



(A)



(B)

图5 泰山杂岩剖面

(A) 太和岭北1km, 表示塑性状态片麻岩处于肠状褶曲时被花岗岩侵入; (B) 太和岭北1.5km, 片麻岩在固化前被不规则花岗岩注入, 侵入岩被拉伸成后生褶皱, 因而产生不规则凸镜体

b) 型, 通过淡红灰型可以清晰地观察到 b) 型, 在手标本上可以看到这是一种红色的中等粒度岩石, 含有下面的组分: 淡红长石、黄石英、棕色黑云母, 开始命名曾有许多叫法。这种类型经常出现在非常易于发现的片麻岩区。该类型有许多变化形式, 在一个地方, 红色花岗岩缺少黑色矿物, 变成了很细的细晶岩, 在另一个地方, 会变得象白色和粉色长石和石英那样粗粒。

c) 型, 是灰色的中等粒度的花岗岩, 性质上很规则。从外观上可见其外形呈块状, 实际上它在显微镜下是很清楚的片麻岩, 主要由浅灰色石英白长石和黑云母组成。特有的灰色是由于缺少粉色长石而黑矿物过多, 虽然现场上还未完全确定, 但这种岩石很可能就是上面谈到的岩石类型的变异形式, 因为它与山西西部淡红色花岗岩的类型很相近。

古老片麻岩既可在大的岩基体中形成, 也可在小的侵入岩体内形成, 对于后一种情形也可在小的侵入岩体内形成。对于后一种情形说明在某些地方太古片麻岩在完成其结晶前, 已经被大或小的不规则花岗岩块体注入。这种注入在侵入岩还处于运动状态中就可能已经在进行了, 这时侵入岩首先被拉伸, 接着形成褶皱, 因此而产生了带状的不规则透镜体, 扭曲带和皱纹结构 (图 5B), 在块状片麻岩中由于花岗岩的侵入而产生网状结构。而在其它情况下, 处于塑性状态下的片麻岩, 当肠状褶皱仍然继续形成时, 片麻岩已为淡红灰色的花岗岩侵入 (图 5A)。

除了少数地区, 可以对片麻岩和花岗岩之间的类别作用进行示踪分析, 前一部分具有规律的被花岗岩浆强烈注入, 使其原始特性被全部改变产生混合岩类, 我们指出形成的混合岩为太和岭混合岩。

在太和岭北 1km 处，发现粗粒的粉红细晶花岗岩沿着在大量不规则透镜体和带状体的带状平面侵入到太古界带状片麻岩中，因此可以认为这种花岗岩较上面介绍的花岗岩年代为新。在接近花岗岩侵入体的边缘，有时片麻岩未产生变化。有时这种片麻岩并不纯净，由于重新吸入花岗岩材料受到了污染。在这里已经注意到，花岗岩浆或多或少逐渐进入到片麻岩和片岩之间的叶里面中，在平面之间形成了小透镜体和可见细脉，然后强烈渗透入，因而导致了一个真正的间层注入结果（图 6）。

在同一剖面，还经常可以发现年代较近的伟晶矿脉，它们横切太古界片麻岩和红色片麻状花岗岩，有时也穿过年代较新的细晶花岗岩。

第三组是成层岩。尽管把第一组和第二组看成是岩浆岩的起源，太和岭的剖面中心部分却是一系列变质岩，颜色由浅到深，在成层的外观上表现出显著的层状外观，也就是说，它们都属于平行地层系统。

这片处于南北走向的露头区，说明在南部地区主要为角闪岩、长石、闪岩，间夹有黑色角闪岩—闪岩和含有云母、石英、长石的深灰色片麻岩，向南与片麻花岗岩之间存在着一种不清晰的组合关系。在该系统的中部，是由白长石、石英和黑云母组成的浅灰色、淡黑色的黑云母片麻岩，以及含有石榴子石的片麻岩和其它岩石。最北部包括闪岩和与闪岩呈带状的黑云母片麻岩，说明成层岩处于圈闭的向斜层中。在该区的最南部，这套系统向南倾直立，而向北倾斜比较和缓，并仍保持同一方向，在本区剖面南部可以见到的闪岩在北部也能发现。

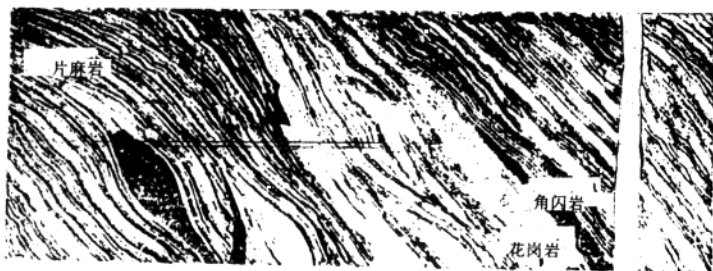


图 6 泰山杂岩剖面（太和岭 NE1km）表示古老带状片麻岩被细晶花岗岩穿入，后者和角闪岩均为岩墙所切割

成层的或带状的成层岩象是属于两个阶段，由于后来的酸性或碱性岩浆岩平行注入，产生了第二个带状排列。

在涉及到太和岭成层岩年代的问题时，产生了分歧，G.B.Barbour 认为它们是在圈闭向斜中的老于五台系或新于泰山杂岩的沉积。但是根据我们在五台山和圪洞镇的调查，发现了两处五台系基底，但并不象 Barbour 认为的由闪岩系列构成，而是由石英岩系列构成的。比较清楚的不整合于泰山杂岩之上。

据我观察这些层状系统，在某些地区，太和岭的地层已被轮廓分明的花岗岩脉或岩墙穿切，这些侵入的岩石与下古生代片麻岩状花岗岩可能相接，因此使我倾向于这样的看法，即其中包括了太古界型古老沉积岩，它们被太古界片麻岩浆和能量很大的片麻状花岗岩浆拱起并侵入。由于上述古老钙质岩和长石石英岩各自的作用，会产生这样的可能性，即形成上述的角闪岩—长石—闪岩和深灰色的黑云母片麻岩。F.D.Adams 曾指出，在花岗岩的侵入作

用下，使结晶的石灰岩可以变成典型的角闪石—长石—闪岩。B. willis 在（直隶省）唐县附近观察到在白色大理石附近，太古代石英质片麻岩中含有长石和黑云母，可以认为这是古老的石英岩，其中的泥质颗粒经过了重结晶而变成了黑云母。

第四组，基性岩、闪岩大量存在于基性杂岩中，它不仅呈包裹体出现在可以观察到的不规则透镜体形状的片麻状花岗岩中，或有时呈带状，或者出现在穿透片麻岩和花岗岩的不规则形状的岩墙或块体（图 7），有时闪岩也可呈带状或层状在角闪石—长石—闪岩中出现，或者出现在第 3 组的黑云母—片麻岩中。

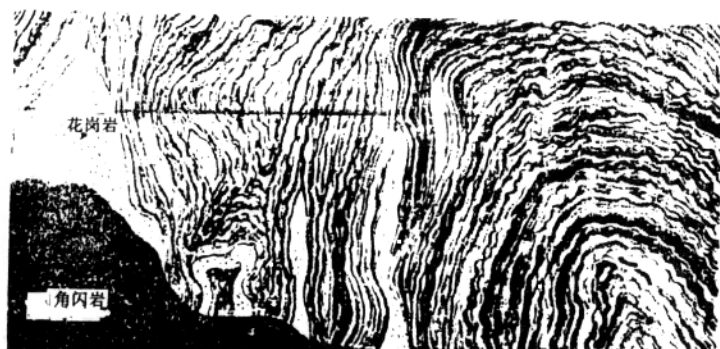


图 7 泰山杂岩详细剖面（太和岭亭北 1.5km），表示古老破碎的片麻岩为粉色花岗岩侵入，二者均为角闪岩穿切

闪岩属中粒度，有时属于细粒岩石，一般呈深色，也有时为黑色。除了那些呈带状或岩墙表现出某些程度的片理外，一般在性质上都表现为粒状或块状结构。它们通常由含有少许白长石的角闪岩组成。闪岩类岩石不仅在成岩年代上彼此不同，而且成因也是不同的。许多喷发位置的不同，现在可以再现出来，如岩墙和穿切花岗岩和片麻岩的不规则块体等。但当它们呈不规则透镜形状时，会嵌入在淡红色的片麻—花岗岩中。有时候，在少量熔融的透镜状物质周围，片麻状花岗岩和古老片麻岩混合岩浆的流纹构造可以很清楚地观察到。有的地方可以观察到花岗岩沿着闪岩透镜体和片麻岩的联接处侵入，使偶然产生的矿脉进入前者，然后渗入其中。这些现象可以说明，在片麻状花岗岩侵入的时候，闪岩的透镜体都是较为坚固的块体，现已证明，在塑性状态下的片麻岩被花岗岩穿透，说明闪岩的固结作用要先于片麻状花岗岩的侵入，可以相信闪岩块体的碎块是古老岩层被破坏，然后又通过侵入片麻岩扩散，经过软化、拉长即成了现在奇异的形式。

沿峨水河，顺着河床在代州东部 25km 的考察区内，邻近五台片岩形成五台山北部的山脚边界，泰山杂岩几乎都是由浅红色片麻岩—花岗岩构成的。V. Richthofen 认为这类岩石是较新片麻岩（桑干片麻岩）。这种片麻—花岗岩与太和岭的太古代花岗岩相类似，但在性质上要更加均匀。

占多数的片麻花岗岩明显为中等粒度，片麻岩或片状岩颜色为浅红或红色，有时为灰色，由粉红色的长石、黄色石英及深或黑色的黑云母组成。后者的矿物有时为白云母所替代，但绝大多数还是以以前的形式存在的。除了接近岩墙或席状侵入的轻度片状闪岩外，在片麻闪岩中可以观察到较新的侵入体。这种与太和岭的片麻花岗岩相类似的岩石，尽管在此地未能见到，但可能在古老片麻岩中就被侵入了。