

# 张秋生论文选集

ZHANG QIUSHENG LUNWEN XUANJI

毛成云 刘连登 主编





张秋生教授

# 前 言

张秋生同志离开我们已半年多了。从去年11月22日晚，我同他在南京丁山宾馆分手到现在，才7个月又6天，分别时亲切的交谈和洪亮开怀的笑声，还象是昨天晚上的经历。我简直不相信，也不愿相信他已离开我们。但毕竟他已过早地走完了他的一生旅程。

本书选取张秋生同志35年来地质生涯中所作出超负荷的杰出贡献的精华，以论文选集的方式出版，是在我国地质战线上继续前进的同志们对他所取得的光辉成就的肯定，也是怀念这位亲密战友的最好方式。

秋生同志学问渊博，知识面广。他在地质工作和地质科学上的成就是多方面的，这本选集只编选了其中某些重要方面，用地质术语来表达，应该具有“典型剖面”的意义。所选的36篇文章中，包括他在研究生阶段研究海州磷矿床地质的成果，这是他公开发表的第一篇论文。但更突出的介绍了他在东秦岭变质岩地区的变质地质和成矿、辽东早前寒武地质构造演化和成矿、以及更大范围的早前寒武地质演化与成矿等方面的研究内容；这正是他对地质科学的重要贡献。从题材来讲，既有典型矿床和矿区的深入解析，也有区域性的综合分析研究，这也体现了秋生同志的点面结合进行地质研究的思路。根据文章内容，把它们分列于基础地质与成矿作用、矿床地质与成矿理论、变质地质与区域成矿规律、研究述评与学术动态、在国外刊物发表的论文(摘要)等五个部分，这样的编排是恰当的。因此，这本文集的内容确是秋生同志在地质科学技术上重要成就的具有代表性的“典型剖面”。从这些文章中，不仅看到它们的丰富科学内容及其所体现的水平和价值，实质上也反映了秋生同志为完成这些著述所付出的辛勤劳动和采取的科学态度，以及他的敏捷思维和高度的科学概括才能。这些都是他在业务活动中遗留给我们的宝贵财富，也正是值得我们学习的。

这本选集的出版和流传，无疑将对促进我国以及国际间早前寒武纪地质与成矿作用研究的进一步开展，起到难以估量的积极作用。

中国地质学会理事长、教授

程裕淇

1988年6月28日于北京

# 继承他的事业

## ——忆张秋生同志

正当我们国家刚刚从拨乱反正中恢复过来，许多有志之士决心要把失去的时间抢回来的时刻，张秋生同志不幸过早地离开了人世。我们失去了一位孜孜不倦的学者和一位奋发拼搏的战友。对我院来说，是一个重大的损失。为了缅怀他辛勤的一生，为了秉承他的遗志，更为了完成他未竟的事业，他的同事和学生选集了他生前部分论文，编辑成册出版。我想，这是寄托人们哀思的一种积极方式。我深信，读了这本集子，将会激励后来者象他那样地热爱地质专业，热爱教学事业；象他那样为科学而献身，奋斗终生、自强不息；象他那样大胆地探索地球的奥秘，写出更多更好的科学论文来。

张秋生同志是新中国培养的优秀知识分子代表。在解放前夕，他还是一位不到20岁的青年。他疾恶如仇，毅然参加了青年进步组织。追求光明，一腔热血。1953年大学毕业以后，他就确立了献身地质事业的宏愿。尽管在那些艰苦的岁月里，他受了不少挫折，但他始终坚守在教学、科研第一线，而没有丝毫地动摇，表明他有高度的政治觉悟。直到文革以前，在董申保教授的指导下，他长期带领学生，从事辽东野外填图工作，积累了大量实际资料，对他后来的理论升华，奠定了坚实的基础。他早期发表的有关混合岩化成矿的论文，是这一时期成长的标志。“文革”后期，张秋生同志排除干扰，团结同志，以极大的毅力，连续完成了几项大的课题。这一时期，张秋生同志在学术上日臻成熟，周围团结了一批青年人，成为我院的学术带头人。

70年代后期，特别是到了80年代，他的研究兴趣由某些专题转向了更广泛的前寒武纪基础地质问题。研究地区，除了重返辽东外，又进一步扩大了范围。同时组织领导几个大的科研项目。学术活动从国内扩展到国外，从地质研究扩展到经济区矿产资源战略分析。同时担任了包括吉林省地质学会理事长在内的许多重要学术职务。他多次出国参加国际学术会议，一方面把我国的科研成果介绍给外国朋友，同时也吸收了许多新营养。张秋生同志的思想本质是反对保守的，他接受新概念在同辈人中是较快的一个，不断地吸收新思想，是他成长较快的因素之一。

我在秋生去世时，曾引过鲁迅先生的话。我说：中国的知识分子吃的是草，挤出的是奶。奉献而不计报酬，正是中国知识分子高贵的品德。在当前改革的时代，我们特别需要这种无私奉献的精神。

秋生同志与世长辞了。他的精神永在。我们纪念他，就要继承并发扬这种革命精神，把我们学院建设好，为国家培养出更多更好的地质专业人才。我们自身也要竭尽全力，为发展我国地质科学事业，做出我们应有的贡献！

长春地质学院院长、教授

张贻侠

1988年9月10日于长春

# 博学多才 良师益友

## ——忆张秋生同志

秋生同志论文选集问世了，这是对秋生同志最好的纪念。秋生同志是我国著名矿床地质学家，生前颇多著述，尤其在前寒武纪成矿理论方面有深入研究和独到见解。这方面的研究成果为发展我国区域成矿学和矿床理论做出了可贵的贡献。

我和秋生同志相识不久，他那对科学执着追求的精神，他为人热情豪爽的性格深深地感染了我，我们好似久已相识。

去年初冬，秋生同志来武汉干院讲学，正值我校35周年校庆并易名“中国地质大学”，在这双重意义的纪念日子里，我们特邀秋生同志作为长春地质学院代表和贵宾参加了校庆纪念大会和其它活动，并在会后应邀作了“关于前寒武纪成矿若干理论问题”的报告，与会者对秋生同志的博学多才留下了深刻的印象。

校庆活动之后，我与秋生同志同机赶赴南京，参加国家自然科学基金和国家自然科学基金地学部的评审会议。在评审过程中，秋生同志认真负责、一丝不苟。他不因熟人朋友而讲究情面，也不因各种关系而照顾平衡，他发言积极、言之有据、坚持标准、态度明确。最使人难忘的是对青年科学基金的评审工作，当时我与秋生都是青年科学基金矿床地球化学组的评委，评审采取公开答辩形式进行。秋生同志对申报者的论证报告不仅提出各种中肯问题，而且还就一些关键性问题给以详细讲解和说明。如一次涉及科马提岩，秋生同志以自己的丰富经验向申报者讲解了这种岩石的形成条件、性质、野外产状和鉴定标志。当时我深感他对青年科学工作者是何等的热情，真可谓青年的良师益友。

在南京大学的告别晚宴上，我与秋生同席邻坐，我曾邀秋生方便之时到中国地质大学（武汉）讲学，他也欣然同意，但想不到这次告别宴会竟成为永别！

秋生同志过早地离开了我们，这对我国矿床地质学界是一重大损失。他的论文选集记录了他一生严谨治学、孜孜以求的科学精神，记录了他精力充沛、卓有成效的研究成果，所有这些都是我们所敬佩的，也是值得我们学习的。

中国地质大学（武汉）校长、教授

赵鹏大

1988年8月10日于武汉

# 献身地质事业 发展地球科学

——忆张秋生同志

张秋生同志英年早逝，使我痛失了一位挚友，矿床学界陨落了一颗明星。

秋生同志是新中国培育出的优秀地质学家和矿床学家，他对地球科学有很强的事业心和献身精神。30多年来，为了探索大自然规律特别是成矿作用的奥秘，为了开发祖国的宝藏，他满怀激情，全力以赴，忘我拚搏，顽强攀登，并以此作为对祖国、对人民的最好奉献。他的这种精神是很值得我们包括年轻一代地学工作者学习的。

秋生同志具有一个科学家所应有的宝贵品质：思想活跃、独立思考、敢于创新。他还善于抓住现代地学中的重大课题——前寒武纪地质及成矿作用，锲而不舍，逐步深入，提出种种创见，发现若干规律。他的很多研究成果已达到相当高的水平。他之所以能取得突出成就，是与他的这些良好品质分不开的。

秋生同志一生辛勤探索，论著甚丰。他的代表性著作的汇总——《张秋生论文选集》的出版，无疑将使他的学术贡献和忘我精神广为传播。我想，学习和发展他所取得的学术成就，发扬他的拚搏和开拓精神，将是对他的最好纪念。

基础深厚、富有优良传统的中国地质学界哺育了张秋生同志，而他呕心沥血所贡献的理论著述又必将丰富地球科学的宝库，推动我国地质事业的前进。

中国地质大学（北京）校长、教授

翟裕生

1988年6月28日于北京

# 目 录

前言	程裕洪
继承他的事业——忆张秋生同志	张貽侠
博学多才 良师益友——忆张秋生同志	赵鹏大
献身地质事业 发展地球科学——忆张秋生同志	翟裕生

## 基础地质与成矿作用

江苏海州一带胸山系岩层的花岗岩化作用	张秋生	( 3 )
东秦岭成岩成矿作用的硫铅同位素研究	张秋生 邹祖荣 朱国林	( 19 )
东秦岭古生代蛇绿岩套	张秋生 朱永正	( 27 )
早前寒武纪地质构造旋回的演化模式和研究方法 (摘要)	张秋生	( 37 )
中国东部早前寒武纪地质对比	张秋生	( 39 )
辽东半岛早元古宙地壳的演化	张秋生	( 45 )

## 矿床地质与成矿理论

### 前震旦纪变质磷矿床的地质特点和区测工作中的找磷及研究工作

方法	张秋生	( 55 )
混合岩化成矿作用的几个问题	张秋生	( 60 )
辽宁凤城翁泉沟硼矿床中铈硼硅石的发现	张秋生 刘连登 陈路	( 67 )
大栗子式富铁矿床的形成条件	张秋生 杨连生 卢静文	( 74 )
矿源与矿化集中区	张秋生	( 89 )
成矿理论的新进展——层控理论	张秋生	( 111 )
中国早前寒武纪变质层控矿床的形成与转变	张秋生	( 117 )
辽吉岩套——早元古宙的一种特殊优地槽相杂岩	张秋生 李守义	( 125 )
关于查明辽宁东部元古宙碳酸盐岩中铅锌 (含银) 矿床远景储量的 若干意见 (摘要)	张秋生	( 135 )
大陆边缘古地壳内深部液态含金矿源层	张秋生 任洪茂	( 137 )

## 变质地质与区域成矿规律

板块构造与成矿问题	张秋生	( 149 )
中国的变质旋回及其成矿作用	张秋生	( 172 )
初论中国早前寒武纪区域成矿规律	张秋生	( 187 )
辽宁东部早前寒武纪地质及成矿作用 (摘要)	张秋生等	( 201 )

## 研究述评与学术动态

塞浦路斯国际蛇绿岩学术讨论会概况	张秋生	( 211 )
地球科学的现状和未来——26届国际地质大会综述	张秋生	( 213 )

前寒武纪地质学的研究动向·····	张秋生	(229)
四年来地球科学进展述评		
—从1980年巴黎地质大会到1984年莫斯科地质大会·····	张秋生	(237)
国际早前寒武纪成矿作用学术讨论会情况的总结·····	张秋生	(244)
国际矿床成因学现状及北欧地区前寒武纪矿床和地质制图·····	张秋生	(247)
第一届全国环太平洋成矿带学术讨论会总结报告·····	张秋生	(258)
首届全国伴(共)生金银地质找矿综合开发学术研讨会总结报告		
·····	张秋生	(262)
阿鲁沙国际前寒武纪矿床与构造学术讨论会综述·····	张秋生	(267)

在国外刊物发表的论文(摘要)

The Liaojitite Suite—a special eugeosynclinal facies of the Early Proterozoic·····	Zhang Qiusheng, Li Shouyi	(273)
Banded iron formations in China·····	Zhang Qiusheng	(273)
The formation and reformation of the Early Precambrian metamorphosed strata—bound ore deposits in China		
·····	Zhang Qiusheng	(274)
Auriferous metallogenic provinces and their deep derivation ·····	Zhang Qiusheng	(275)
Formation and tectonic reactivation of massive sulphide deposits in an Archean greenstone belt in North Liaodong Peninsula, China·····	Zhang Qiusheng Liu Liandeng Chen Lu	(277)
Early Proterozoic tectonic styles and associated ore deposits of the North China Platform·····	Zhang Qiusheng	(278)
На Симпозиуме по металлогении Раннего Докембрия в Китае		
·····	Казанский, В.И. Чжан Цюцзю	(278)
张秋生教授论著目录·····	毛成云 刘连登	(280)
张秋生教授生平·····	刘连登	(285)
编后·····		(287)



## CONTENTS

- Dedication to Professor Zhang Qiusheng.....*Cheng Yuqi*  
In memoriam of Professor Zhang Qiusheng—Carry out  
his cause..... *Zhang Yixia*  
In memoriam of Professor Zhang Qiusheng—A good teacher  
and sincere friend, Intellectual and versatile..... *Zhao pengda*  
In memoriam of Professor Zhang Qiusheng—Devote to the  
cause of geology, advance the earth sciences.....*Zhai Yusheng*

## BASIC GEOLOGY AND METALLOGENESIS

- Granitization of the Jushan Group, Haizhou, Jiangsu.....*Zhang Qiusheng* ( 3 )  
Sulphur and lead isotope study on petrogenetic and minerogenetic  
processes in Eastern Qinling Mt., China  
..... *Zhang Qiusheng, Zou Zurong and Zhu Guolin* ( 19 )  
The Paleozoic ophiolite in Eastern Qinling Mt., China  
..... *Zhang Qiusheng and Zhu Yongzheng* ( 27 )  
Evolutional model and method of study of Early Precambrian  
geologic and structural cycles..... *Zhang Qiusheng* ( 37 )  
Correlation of the Early Precambrian in Eastern China  
..... *Zhang Qiusheng* ( 39 )  
Early Proterozoic crustal evolution of the Liaodong Peninsula  
..... *Zhang Qiusheng* ( 45 )

## GEOLOGY OF MINERAL DEPOSITS AND METALLOGENY

- Geology of Pre-Sinian metamorphic apatite deposits and methods of  
exploration during regional geologic mapping..... *Zhang Qiusheng* ( 55 )  
Some problems on migmatized mineralization..... *Zhang Qiusheng* ( 60 )  
The Discovery of stillwelite in Wengquangou boron deposits, Fengcheng,  
Liaoning province.....*Zhang Qiusheng, Liu Liandeng and Chen Lu* ( 67 )  
Mineralization conditions of rich iron ores in the Dalizi-type iron  
deposits.....*Zhang Qiusheng, Yang Liansheng and Lu Jingwen* ( 74 )  
Source of ores and metallogenic provinces.....*Zhang Qiusheng* ( 89 )  
New development in research of ore genesis—strata-bound theory  
..... *Zhang Qiusheng* ( 111 )

Formation and transformation of Early Precambrian meta-stratobound deposits in China.....	<i>Zhang Qiusheng</i> (117)
The Liaojitite Suite—a special eugeosynclinal facies of the Early Proterozoic .....	<i>Zhang Qiusheng and Li Shouyi</i> (125)
Some suggestions on clarifying lead and zinc (silver-bearing) reserves in Proterozoic carbonates in Eastern Liaoning Province (Abstract) .....	<i>Zhang Qiusheng</i> (135)
Deep Liquid source beds underneath the ancient crust at the continental margins.....	<i>Zhang Qiusheng and Ren Hongmao</i> (137)

## METAMORPHIC GEOLOGY AND REGIONAL METALLOGENY

Plate tectonics and mineralization .....	<i>Zhang Qiusheng</i> (149)
Metamorphic cycles and associated mineral deposits.....	<i>Zhang Qiusheng</i> (172)
Preliminary discussion on rules of the Early Precambrian regional mineralization in China .....	<i>Zhang Qiusheng</i> (187)
Early Precambrian geology and metallogeny, East Liaoning Province .....	<i>Zhang Qiusheng et al.</i> (201)

## REVIEWS AND COMMENTARY

A report about the Cyprus International Ophiolite Symposium .....	<i>Zhang Qiusheng</i> (211)
The present and future of earth science—a comprehensive review of 26th International Geological Congress .....	<i>Zhang Qiusheng</i> (213)
New trends in Precambrian geology.....	<i>Zhang Qiusheng</i> (229)
Comments on the progress in earth science in the period from 1980 Paris congress to 1984 Moscow congress .....	<i>Zhang Qiusheng</i> (237)
A summary on the International Symposium on Metallogeny of Early Precambrian.....	<i>Zhang Qiusheng</i> (244)
Current world-wide picture of Metallogeny and Precambrian ore deposits and geologic mapping in North Europe.....	<i>Zhang Qiusheng</i> (247)
Summary address to the First National Conference on the circum-Pacific Metallogenic Belt.....	<i>Zhang Qiusheng</i> (258)
Summary report at 1st National Conference on Comprehensive Exploration of Paragenetic Gold-silver Deposits.....	<i>Zhang Qiusheng</i> (262)
Arusa International Conference on Precambrian Metallogeny related to Tectonics and Computerized Mineral Resource Assessment Methods Applied to Metallogenic Provinces.....	<i>Zhang Qiusheng</i> (267)

## ABSTRACTS OF PAPERS PUBLISHED ABROAD

- The Liaojitite Suite—a special eugeosynclinal facies of the  
Early Proterozoic.....*Zhang Qiusheng and Li Shouyi* (273)
- Banded iron formations in China..... *Zhang Qiusheng* (273)
- The formation and reformation of the Early  
Precambrian metamorphosed strata-bournd ore deposits in China  
..... *Zhang Qiusheng* (274)
- Auriferous metallogenic provinces and their deep derivation  
..... *Zhang Qiusheng* (275)
- Formation and tectonic reactivation of massive sulphide deposits  
in an Archean greenstone belt in North Liaodong Peninsula  
.....*Zhang Qiusheng, Liu Liandeng and Chen Lu* (277)
- Early Proterozoic tectonic styles and associated ore deposits  
of the North China Platform ..... *Zhang Qiusheng* (278)
- Comprehensive reviews on the International Symposium on Metallogeny  
of Early Precambrian in China.....*Kazansky, V. I. and Zhang Qiusheng* (278)
- List of papers and volumes of Professor Zhang Qiusheng  
..... *Mao Chengyun and Liu Liandeng* (280)
- The resume of Professor Zhang Qiusheng ..... *Liu Liandeng* (285)
- Postscript..... (287)

# 基础地质与成矿作用



# 江苏海州一带胸山系岩层 的花岗岩化作用\*

张 秋 生

绪 言

关于花岗岩类岩石的成因问题，至今为止还存在着不同的、而且有时甚至是相反的观点，但是不管这些观点中存在着多少不同的分歧，我们总可以把它归纳为两类，即花岗岩的岩浆成因论和交代式的花岗岩化成因说。但是笔者认为强调任何片面的观点都是不正确的，目前没有一个岩浆论者会不承认花岗岩化作用的真实性，并且也只有极少数的变迁论者会不承认花岗岩的纯粹岩浆成因。总之，花岗岩类岩石的形成，在某些地质条件下可能是岩浆成因的，而在另外一些地质条件下又可能是花岗岩化作用形成的。

我国关于岩浆成因的花岗岩的讨论和实际资料无论在过去或者是现在的文献中，都有较多的研究和论述。但是，对于花岗岩化作用的研究以及就这方面所发表的文献则很少。笔者仅就海州附近岩石的观察和研究，对于花岗岩化作用中的某些问题提供一些研究资料，希能有利于岩石学家们的进一步研讨。

“花岗岩化作用就是任何一种岩石交代成花岗岩的过程”，这是 Д. С. 柯尔仁斯基在 1952 年对花岗岩化作用所下的定义。在详细讨论这一问题之前，笔者准备首先谈一下关于同花岗岩化有密切关系的混合岩这一名词的用法问题。本来在苏联一些文献中，有二个意思不同的字，一个是 Мигматит，另一个是 Загрязнение，但是我国的某些地质人员们常常都把后者译成为“混合岩”，这是不够恰当的。混合岩（Мигматит）本来是花岗岩化的一种过渡岩石类型，它的形成是和花岗岩化作用有关，而混染岩（作者认为 Загрязнение 译为混染岩是较正确的）是侵入岩浆和围岩相互混合造成的一种岩石类型，实质上是一种同化作用的产物，因此如鞍山弓长岭及青城子铅矿等处所见，都应该称之为混染岩。所以正确而仔细地将混合岩及混染岩加以区分是很必要的。本文中所引用的混合岩这一名词就是按照以上定义来加以应用的，同时也建议能注意这二个名词的使用，以免混淆不清。

1956 年夏笔者至海州 304 队搜集和观察了有关野外及勘探资料，同年秋至 1957 年夏笔者进行了初步的室内研究，对于本区岩层的花岗岩化作用略有认识，但因时间仓促及本人的水平，尚有很多问题不够深入或可能有错误的地方，望读者指正。

本文中所利用的一部分实际资料，系原 304 队及潘廓祥、梅林、关鼎澄等同志所供应，此外马振图先生在作者室内工作时期曾给予很多的鼓励，在写作本文前后又承蒙董申保先生的多方面帮助及对一些缺点和不妥当之处加以改正，作者谨在此向他们致谢。

\* 本文原刊于《地质学报》，38卷，第4期，1958年

## 一、海州一带胸山系岩层的岩石特征

胸山系这一称呼是地质学家刘季辰先生(1924年)首先提出的,原意是将海州胸山一带“花岗片麻岩”划为胸山系,后来304队正确的将“花岗片麻岩”改称为混合岩。今笔者在图1上所提出的胸山系,还包括混合岩附近的含磷岩系和白云母片麻岩在内。为了集中研究花岗岩化问题,笔者准备只较详尽地对混合岩加以叙述,而对于含磷岩系及白云母片麻岩,除了其中与花岗岩化作用有关的一些特征之外,不拟详述。

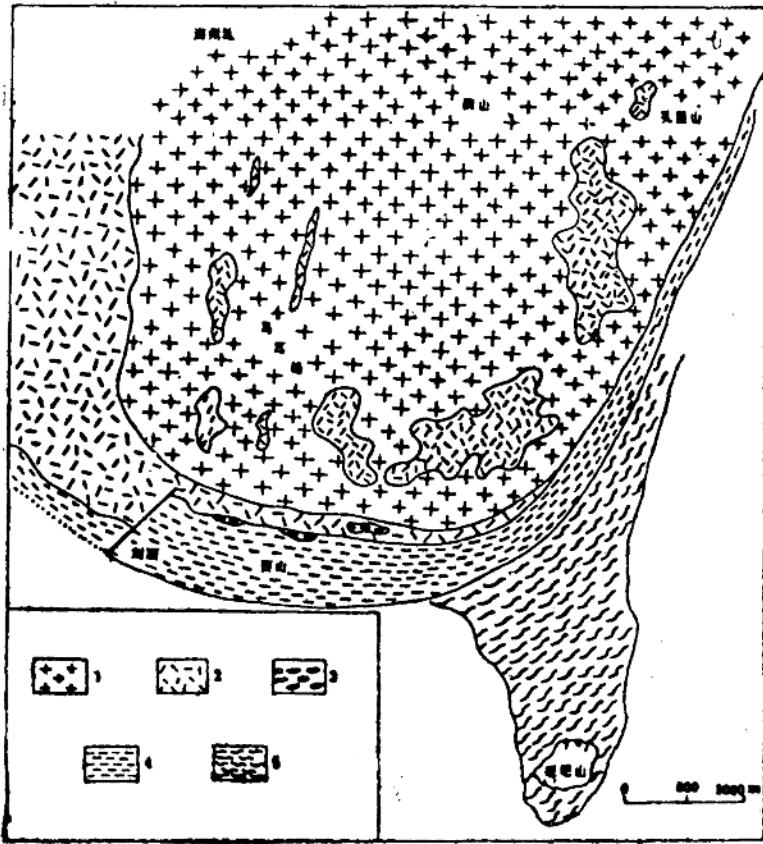


图1 江苏海州锦屏山一带地质略图

(据304队,修改)

1—混合花岗岩; 2—混合片麻岩; 3—眼球片麻岩;  
4—含磷岩系; 5—白云母片麻岩

### 1. 混合花岗岩

混合花岗岩出露于锦屏山的核心部位,与含磷岩系隔有混合片麻岩,但在东山矿区及陶湾一带,则直接与含磷岩系接触。

岩石片理清晰，与混合片麻岩是渐变关系。岩性致密，中粒，变均粒结构，易遭受风化，风化面灰至褐黄色。其矿物是以长石、石英和绿色白云母为主。而白云母的出现不是均匀的，有时成不规则团状密集，向四周逐渐稀少，造成忽而集中，忽而分散的雾迷状构造。

混合花岗岩中云母片岩残余岩体较为常见，在孔望山东坡，见混合花岗岩中有一云母片岩“夹层”，其矿物成分以石英、绿色白云母和晚期交代长石为主。值得注意的是其厚度仅达20厘米，其片理与混合花岗岩之片理方向完全一致，云母片岩延伸很广，出露长度达400米以上。此外，在混合花岗岩中较小的云母片岩残余体更为常见（图1）。

在锦屏山主峰马耳以南，有一长5米，宽1.2米的云母片岩凸镜体，存在于混合花岗岩之中，二者片理方向完全一致。云母片岩沿其片理方向矿物成分变化如下：在云母片岩凸镜体之中心部位，是以绿色白云母（3毫米×0.8毫米）、石英、中长石及晚期斑点状长石为主，白云母、石英、中长石含量占90%以上，也就是说晚期长石进入不多；在此凸镜状岩体的边缘，云母片岩中仍以绿色白云母、石英、中长石和长4毫米宽为1毫米的晚期长石为主，但晚期长石含量大增，达30%左右；及至和云母片岩交界附近的混合花岗岩时，则其中绿色白云母含量只剩10%左右了。由此看来，交代作用自边部向中心由强转为弱。

作者对锦屏山一带出露的混合花岗岩中具有代表性标本20余块，作了系统的显微镜下研究，所见矿物以微斜长石、钠长石、中长石、正长石、石英及白云母为主，并伴有锆石、萤石、霓辉石、磁铁矿及绿帘石等，成变均粒结构或变斑状结构。今分别将矿物特征描述如下：

（1）长石 混合花岗岩中的长石种类是多种多样的，有微斜长石、正长石、钠长石和中长石，对于这些种类的长石作者除了应用一般方法加以研究之外，还用五轴弗氏台对某些光学常数作了较精确的测定，结果表明它们不是一次形成的，即一类是原生沉积岩中的矿物，而另一类则为晚期交代作用生成的，因而可以将它们分为原生长石和晚期长石两类加以研究（图2）。

原生长石以中长石为主，微斜长石次之。中性斜长石的颗粒边缘圆滑，成不规则之卵形粒状，具有钠长石双晶。根据八个颗粒在弗氏台下的测定， $\alpha' \wedge (010) = 24^\circ \sim 28^\circ$ ，故其成分为斜长石 $An_{45} \sim 50$ 的中长石， $+ (2V) = 80^\circ$ ；而原生微斜长石晶体外形与中长石一致。根据十个颗粒的测定， $- (2V) = 58 \sim 63^\circ$ 。

原生长石皆呈变均粒结构，颗粒大小一般为长0.6~1.0毫米，宽0.3~0.8毫米，其含量变化较大，一般由9.2%到16.4%，而其中又以中性斜长石含量最多，微斜长石只占原生长石总含量的10%左右。

晚期长石为晚期交代而成的长石，在混合花岗岩中是较发育的，一般最常见的是钾长石和少量的钠长石。晚期钾长石呈极不规则形状，其中以微斜长石为主，但偶而也可见到具有卡氏双晶的正长石。颗粒边缘极不规整，常见其呈小脉状穿入其他矿物颗粒之间，有轻微的波状消光。根据十个矿物颗粒的测量， $- (2V) = 74^\circ \sim 78^\circ$ ，晶体一般长2.5~8毫米，宽1.5~1.8毫米，因而常呈斑晶状出现。

晚期钾长石有显著的钠长石化现象。这种钠长石化中的钠长石，经测定为斜长石 $An_2 \sim 5$ 的钠长石。在钾长石（更常常是微斜长石）表面上，有不规则网脉状钠长石分布，有时甚至占有整个晶体体积的60%。在具有卡氏双晶正长石双晶结合面处，有钠长石小脉横



切分布，但此小脉不受卡氏双晶消光变化影响。在微斜长石完全被钠长石交代处，其钠长石中还保存着隐约可见的不规则状交代残留之微斜长石，并且双晶纹方向还保持着一致性。微斜长石与钠长石交界是渐变的，由格状双晶逐渐过渡到钠长石双晶，同时二者交界并不是圆滑的，而呈现极不规则的交代结构。

晚期长石中，除了在钾长石晶体中有钠长石化的钠长石外，还见有不规则粒状的钠长石单独存在。 $\alpha'_{\Lambda}(010) = -14^\circ$ 为斜长石 $An_8$ 之钠长石，有时呈脉状穿入其他矿物颗粒之间。

晚期微斜长石及正长石中含有大量的包裹矿物（绿帘石、萤石及锆石）和交代残余矿物（原生微斜长石、中长石和白云母等）。绿帘石在晚期长石中数量是较大的，晶体呈六角形及片状，有些晶体边缘熔蚀现象显著，而大多含在钠长石化微斜长石的钠长石中，在一个长1.3毫米，宽0.8毫米的长石晶体中，可含648个绿帘石颗粒（其中也有少量的锆石），几乎占有长石晶体体积的42%以上。萤石在晚期长石晶体中呈立方晶形，数量较绿帘石为少，每个晚期长石中，只有几个以至几十个，但较普遍。此外晚期长石中还常见有形状极不规则的中性斜长石和原生微斜长石的交代残余结构，其斜长石成分为斜长石 $An_{44\sim 46}$ 的中长石，而微斜长石之光轴角 $-(2V) = 63^\circ$ ，这也说明它们是原生长石被晚期长石交代残余物。石英在晚期钾长石颗粒边缘有蠕虫状结构，并且白云母也常以其交代残留物存在。

根据以上所述，晚期长石与原生长石的特点有显著的不同，主要可归纳如下：

(i) 虽然在二类长石中都有微斜长石存在，但二者在光轴角上是有显著区别的，原生微斜长石的 $-(2V) = 58^\circ \sim 63^\circ$ ，而晚期微斜长石的 $-(2V) = 74^\circ \sim 78^\circ$ 。

(ii) 原生斜长石的成分是斜长石 $An_{45\sim 50}$ 的中长石，而晚期斜长石为斜长石 $An_8$ 的钠长石，并且在晚期微斜长石中有中长石的交代残余物，其成分是斜长石 $An_{44\sim 46}$ 。

(iii) 晚期交代长石晶形极不规则，有呈脉状穿入其他矿物颗粒的现象，而原生长石为卵形粒状。

(iv) 原生长石中无包裹物及交代残留物。而晚期长石中则含有大量包裹物及交代残余矿物。

(v) 原生长石为颗粒较小的变均粒结构（长1毫米，宽0.3~0.8毫米），而晚期长石颗粒较大，常组成斑晶（长达8毫米，宽1.5~1.8毫米）。

(vi) 晚期长石中钠长石化现象显著，原生长石基本上无钠长石化现象。

晚期长石含量变化大，一般为31.9~51.6%，其中以钠长石化微斜长石占绝大多数（约占晚期长石总含量的90%以上），见表1。

(2) 石英 石英是混合岩中除长石以外含量最多的一种矿物，成不规则粒状、卵形粒状及不规则脉状，有时石英晶体中亦见有大量的锆石包裹物。石英颗粒一般直径为0.2~0.8毫米，含量可达43.2~54.5%。

(3) 白云母 淡绿色，板状晶体分布于其他矿物颗粒之间。一般晶体长0.3~0.7毫米，宽0.1~0.3毫米。由其结构看来，可能系原生沉积岩中胶结物经变质而成，白云母含量变化大，常造成雾迷状构造，一般含量为0.6~3.0%，个别情况可达10%左右。

(4) 绿帘石 无色六角形或片状晶状，颗粒很小，长为0.01毫米，宽0.006毫米，含量为0.8~4.4%。它常常存在于晚期长石中，呈包裹物。晶体边缘有熔蚀现象。

(5) 萤石 萤石和绿帘石一样，不单独存在，也是晚期长石的包裹体。一般颗粒长