

辽河拗陷 太古宇变质岩 储层研究

邢志贵 著

LIAOHE AOXIAN
TAIGUYU BIANZHUYAN
CHUCENG YANJIU

石油工业出版社
Petroleum Industry Press

辽河坳陷太古宇变质岩储层研究

邢志贵 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书为“八五”以来有关变质岩储层研究的重要科研成果,对辽河拗陷太古宇岩体演化及变质岩油藏形成机理进行了讨论,汇集了区域变质岩、超变质岩、侵入岩脉等岩石学、地球化学方面特征,探讨了区域变质岩原岩恢复和混合岩化期次,介绍了录井现场太古宇岩性识别方法,研究了太古宇各种岩性的3700、斯伦贝谢及国产测井系列曲线特征,利用微量元素对变质岩地层进行了对比,叙述了太古宇变质岩储集特征并对太古宇岩性、电性及产层性质三者关系进行了综合研究;同时应用数学地质方法进行了产层性质的判别尝试。本书内容新颖,可供石油地质勘探、开发及储层研究科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

辽河拗陷太古宇变质岩储层研究 / 邢志贵著.

北京:石油工业出版社,2006.11

ISBN 7-5021-5652-6

I. 辽…

II. 邢…

III. 辽河流域—太古代—拗陷—变质岩—岩性油气藏—储集层—研究

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 089363 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2006年11月第1版 2006年11月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:9.75

字数:246千字 印数:1—1000册

定价:50.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

变质岩储层研究,是原中国石油天然气总公司在“八五”期间的重点科研课题之一。在世界上,变质岩油藏为数不多,对这种储层的研究,与碎屑岩、碳酸盐岩储层的研究相比较,还处于年青阶段,能借鉴的资料不多。辽河石油勘探局多年来相继在兴隆台、东胜堡、茨榆坨、海外河、齐家等古潜山钻遇太古宇变质岩(区域变质岩、混合岩)油藏,并且获得了较高的油气流。尤其在东胜堡古潜山,其油气产量在 2000t 以上,是我国也是世界上最大的区域变质岩、混合岩油气藏。辽河油田在变质岩油藏的勘探、开发过程中面对了许多难解决的问题,我们要加强对变质岩储层的深入研究,以适合勘探、开发的需要。

辽河油田科技工作者多年来对区域变质岩、混合岩等变质岩油藏进行了长时间系统的研究。在研究过程中,主要以岩石学、地质学、地层学、地球化学、油藏学、构造、地球物理等多种学科理论为基础,以钻井、录井、测井资料以及试油、采油等资料为依据,利用了上百口钻井取心资料,5000 块左右的岩石薄片资料和一些铸体薄片、荧光薄片资料,采用了当代最先进的科学设备和研究手段,包括岩石化学分析、微量元素分析、同位素分析,利用偏光显微镜、荧光显微镜、电镜等对岩心、岩石薄片、铸体薄片、荧光薄片等进行镜下显微研究。在研究过程中,用微观与宏观相结合,文字与图、表、照片资料相结合的方法,对太古宇变质岩储层进行了全面、系统、综合的研究,揭示了变质岩储层一些鲜为人知的特性,为区域变质岩、混合岩等变质岩油藏的勘探、开发和学术研究提供了可参考的资料。

对于变质岩储层的研究,有必要认识其岩石学、地化、电性特征,在没有岩心、地质录井资料的情况下,利用电性资料去认识储层的岩石学特征,将会大大地降低钻井成本费用,缩短钻井周期。探讨岩性、电性与不同性质的产层之间的关系,尤其是充分利用国产测井系列自然伽马与中子伽马、自然伽马与 0.45m 视电阻率和 3700、斯伦贝谢系列的自然伽马与补偿中子(含氢指数)的曲线交会图,根据其规律性有助于区分油、气、水层和干层分布。利用这一规律将未知产层性质的相关测井曲线读数投影到该坐标上,观察其投影点所落的位置来判断产层性质并可以提高油层解释符合率;改变过去传统的地层对比老路子,开辟一条可行的利用微量元素对古老的太古宇变质岩地层进行地层对比的新路子;用当代先进的计算系统和数学地质方法相结合分析、判断变质岩储层可提高油层解释符合率,这是一个新的尝试。变质岩储层许多方面的课题,需要我们去研究,去探讨,去寻找一条解释的新路子,总结经验和新认识,为后人对同类油藏的勘探、开发提供借鉴。

多年来,在变质岩储层研究过程中,经常得到王秋华总地质师、李忠飞副总地质师的帮助和指导以及地质录井公司领导和同行们的大力支持,在此一并表示谢意。由于本人水平有限,书中难免会有不足之处,敬请读者批评指正。

作者

2006 年 8 月

目 录

第一章 辽河坳陷太古宇结晶基底	1
第一节 太古宇结晶基底概况	1
第二节 太古宇岩体演化	4
第三节 变质岩油藏形成机理	5
第二章 辽河坳陷太古宇岩石学及地球化学特征	7
第一节 辽河坳陷太古宇变质岩的岩石学特征	7
第二节 辽河坳陷太古宇变质岩地球化学特征	14
第三节 辽河坳陷太古宇基底晚期侵入岩岩石学及地化特征	20
第三章 辽河坳陷区域变质岩原岩恢复及混合岩化作用的期次	23
第一节 区域变质岩原岩恢复	23
第二节 混合岩化作用的期次	24
第四章 辽河坳陷太古宇岩性录井现场识别方法	27
第一节 侵入岩脉和区域变质岩的识别	27
第二节 混合岩的识别	30
第五章 太古宇基底各类岩石在测井曲线上的特点	33
第一节 太古宇各类岩石在 3700、斯伦贝谢测井曲线上的反应值	33
第二节 太古宇各类岩石在国产测井曲线上的反应值	60
第六章 应用微量元素对太古宇潜山进行地层对比	68
第一节 微量元素进行地层对比的依据及资料来源	68
第二节 利用微量元素集聚特征建立标志层	68
第三节 潜山内幕地层对比	72
第七章 辽河坳陷太古宇变质岩储集特征	77
第一节 储集空间划分原则和方法	77
第二节 成因分类的储集空间特点	78
第三节 储集空间演化	79
第四节 岩石中造岩矿物储集空间发育特点	79
第五节 变质岩储集体含油特征分析	81
第六节 变质岩储集性多发于潜山风化破碎带、构造破碎带	82
第八章 辽河坳陷太古宇电性、岩性、产层性质关系	83
第一节 国产测井曲线与岩性、产层性质关系	83
第二节 3700、斯伦贝谢测井曲线与岩性、产层性质关系	87
第九章 应用数学地质方法进行产层性质的判别	90
第一节 建立油气水判别模型的流程	90
第二节 数据特征分析	90

第三节	数据的技术处理.....	91
第四节	油层、水层、干层的判别.....	94
参考文献		102
图版		103

第一章 辽河拗陷太古宇结晶基底

第一节 太古宇结晶基底概况

辽河拗陷位于辽冀台向斜的东北部，东与辽东台背斜相邻，西与燕山台褶带北端相接，南临渤海湾，陆地面积约 12 400km²。盆地结晶基底为华北克拉通的一部分。沈 119、安 21 井斜长角闪岩样品同位素年龄值分别为 23.46 亿年和 23.66 亿年，为晚太古代地层。

由于多次构造运动，基底起伏不平，形成多个断块古潜山，其上覆分别与元古、古生、中生及新生代地层呈不整合接触，其潜山最小埋深 700 多米，钻遇最大厚度达 1000 多米。

经钻探和大量的岩心、岩石薄片等资料证实，地层由一套超变质的混合岩、区域变质岩及晚期侵入的岩脉构成（表 1-1）。从平面（图 1-1）和空间分布来看，岩石中混合岩占绝对优势，可达 85%，而区域变质岩占极少部分，仅有局部残留（表 1-2）。混合杂岩中各种混合岩之间无一明显的界线，各类岩石呈渐变过渡关系。在各区分布的混合花岗岩地段为混合岩化最强烈的部位，一般从岩体向外混合岩化强度减弱，发育各种形态的混合岩；而在混合花岗岩体中，往往是斜长混合花岗岩和二长混合花岗岩相互掺杂、并存。

表 1-1 辽河拗陷太古代地层岩石类型

类 型		主要岩石名称
变质岩	区域变质岩	(1) 粒岩类：斜长浅粒岩、二长浅粒岩、黑云斜长变粒岩、二云斜长变粒岩、角闪斜长变粒岩； (2) 角闪质岩类：斜长角闪岩、角闪岩； (3) 片麻岩类：黑云斜长片麻岩、黑云二长片麻岩、角闪斜长片麻岩、黑云辉石斜长片麻岩； (4) 片岩类：黑云母片岩、角闪片岩
	混合岩 (超变质岩)	(1) 混合岩化变质岩：混合岩化浅粒岩、混合岩化斜长角闪岩； (2) 混合岩类：条带状混合岩、角砾状混合岩、均质混合岩、条痕状混合岩、眼球状混合岩、条带条痕状混合岩、眼球状花岗质混合岩； (3) 混合花岗岩类：斜长混合花岗岩、二长混合花岗岩
	碎裂（动力） 变质岩	(1) 构造角砾岩类：角砾岩； (2) 压碎岩类：碎裂岩、碎斑岩、碎粒岩； (3) 糜棱岩类：糜棱岩、千糜岩； (4) 构造片岩类：构造长英质片岩、构造绿帘石、绿泥片岩
岩浆岩	次火山岩	次安山岩
	脉岩	辉绿岩、角闪辉绿岩、闪长岩、煌斑岩

表 1-2 辽河拗陷太古宇基底岩石分布

地区		岩石类型组合	主要代表井号
大民屯凹陷	东胜堡潜山、曹台潜山、静安堡潜山、前当堡潜山	条痕状混合岩、均质混合岩、条带状混合岩、浅红色斜长混合花岗岩、混合岩化黑云斜长变粒岩、混合岩化角闪变粒岩等，斜长角闪岩、角闪岩、角闪片岩、浅粒岩、变粒岩，辉绿岩、角闪辉绿岩、煌斑岩、次安山岩	胜 3、胜 10、胜 17、新沈 74、沈 110、沈 119、沈 166、曹 2、安 101、安 49
	边台潜山	灰白色斜长混合花岗岩、二长混合花岗岩、辉绿岩、煌斑岩	安 36、安 63、安 40、静 15、静 57
	法哈牛潜山、东部斜坡地带及南缘	斜长混合花岗岩、条带状混合岩、混合岩化辉石斜长片麻岩、混合岩化黑云角闪片麻岩、煌斑岩	哈 19、哈 10、哈 23、哈 11、法 20、法 25
东部凹陷	茨榆坨地区	斜长混合花岗岩、二长混合花岗岩、条带状混合岩、眼球状混合岩、条带条痕状混合岩、眼球状花岗质混合岩、混合岩化黑云辉石斜长片麻岩	茨 2、茨 4、头 4、头 6、彰 8
西部凹陷	牛心坨古潜山	均质混合岩、条带条痕状混合岩、角闪变粒岩、浅粒岩、角闪辉绿岩、次安山岩	坨 1、坨 9、坨 10、坨 11、坨 12、坨 13、坨 14
	兴隆台古潜山	斜长混合花岗岩、角砾状混合岩、眼球状混合岩、碎裂动力变质岩（碎裂岩、碎斑岩、碎粒岩、糜棱岩、千糜岩、构造长英质片岩）、次安山岩	兴 68、兴 70、兴 94、兴 229、兴 224、兴古 2、兴古 4
	齐家古潜山、双喜岭、欢南、西八千地区	斜长混合花岗岩、二长混合花岗岩、均质混合岩、条带条痕状混合岩、眼球状混合岩、眼球状花岗质混合岩、黑云斜长变粒岩、角闪岩、角闪片岩、碎裂动力变质岩、角闪辉绿岩	齐古 8、齐古 10、齐古 18、齐古 2-16-08、齐古 2-20-7、欢古 1、欢古 3、锦 150
中央凸起	海外河古潜山	眼球状花岗质混合岩、混合岩化浅粒岩、变粒岩、角闪辉绿岩、次安山岩	海 9、海 20、海 24、海 25、海 19、海 12-14
	富家庄	条带条痕状混合岩、斜长混合花岗岩	富 1 井

由于构造运动,上述岩石局部被改造成碎裂(动力)变质岩,这种岩石在基底中广泛发育,穿插于太古宇之中。该类岩石主要发育在断层破碎带内,受断裂带控制,并且多种类型的碎裂(动力)变质岩相互伴生。

在太古宇中,广泛发育晚期侵入的岩脉。从所做的钾氩法同位素分析来看,有 3 组年龄值:

(1) 第一组:辉绿岩,同位素年龄为 0.706 亿年(曹二井),为中生代白垩纪侵入岩体。岩性特点是主要造岩矿物是基性斜岩石、辉石,各种矿物新鲜,无蚀变现象。

(2) 第二组:次火山岩相的安山岩,同位素年龄值为 2.14 亿年(安 101 井),为中生代三叠纪的产物。这类岩石分布在断裂带的边缘,呈线状分布,沿断层破碎带裂缝贯入地层岩体中。

(3) 第三组:角闪辉绿岩,同位素年龄值为 10.53 亿年(静 15 井),为元古代侵入体,其主要造岩矿物为基性斜长石、角闪石,均发生蚀变现象。

另外,由混合岩化岩浆分异作用产生的细小的煌斑岩脉在混合岩体中到处可见。

第二节 太古宇岩体演化

辽河拗陷太古宇古潜山变质岩储层经过多次成岩作用以及后期外部营力作用的改造，岩性变化极其复杂，剖析岩体演化史，分析各个阶段岩体演化特点（图 1-2），对认识太古代地层有重要意义。

一、太古宇早期岩石

从我们对变质岩原岩恢复和镜下变质岩中残留结构分析，以及其他资料综合研究，表明辽河拗陷太古宇结晶基底早期主要为一套中、基性火山岩，火山碎屑岩—沉积建造，在大量的沉积岩中局部夹火山岩和火山碎屑岩。

二、区域变质期形成层状变质杂岩

大约在 26 亿年，华北地台克拉通普遍发生了一次区域性变质作用，这次变质作用将上述岩石变成粒岩类、角闪质岩石、片麻岩等区域变质岩，其变质相为绿帘角闪岩相。这些岩石在成岩过程中受原岩的影响，在结构、构造等方面或多或少地保留了一些原岩的特点。在大量的区域变质岩中，各种不同类型的区域变质岩具有层状构造特点，在区域上其分布是可以进行对比的。目前，在盆地基底所形成的混合岩层中的部分变质岩，由于混合岩化较弱，仍可见到层状构造的特点。

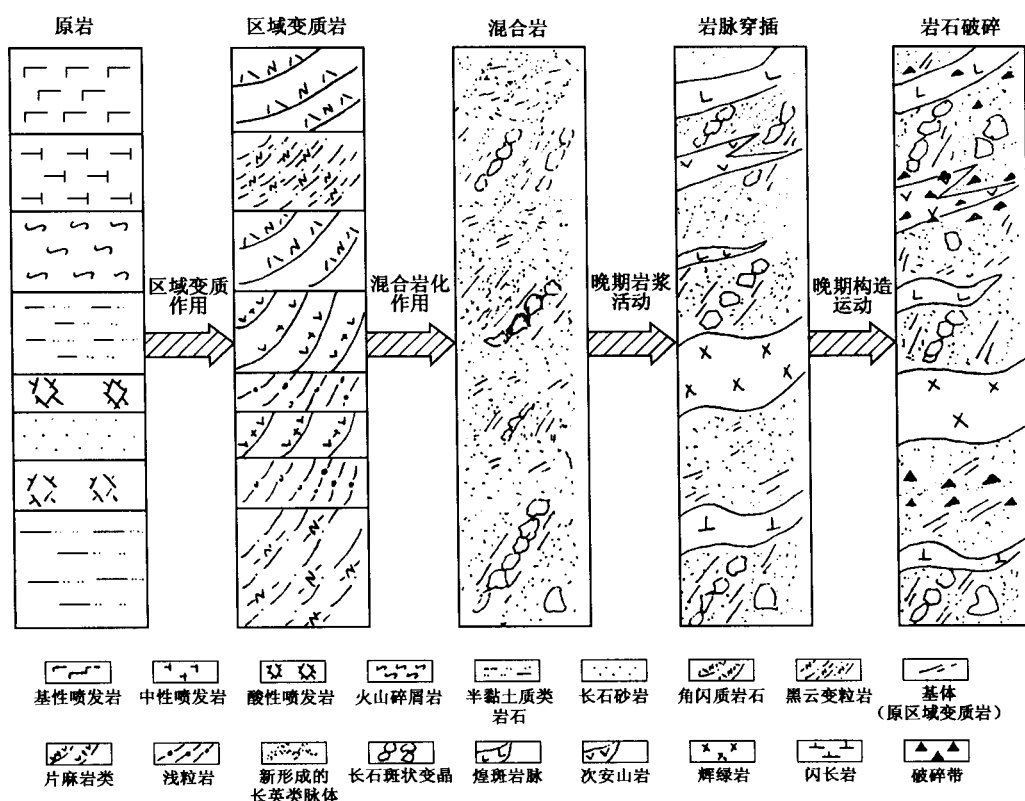


图 1-2 辽河拗陷太古宇岩性剖面演化示意图

三、混合期将层状变质岩演变成不规则块状混合杂岩体

在区域变质后期，即在晚太古宇和晚太古一早元古宇期间，这些变质杂岩遭到了强烈的混合岩化作用。根据大量的研究资料分析，辽河拗陷太古宇结晶基底至少经过两期的混合岩化作用的改造，以钠质和钾质交代为其特征。由于混合岩化作用，在剖面中可以看到两种特点。特点一：许多长英质细脉，包括石英脉、钾长石脉、花岗伟晶脉、细晶脉等，主要沿岩石的片理、片麻理、早期碎裂缝等部位穿插。该种脉体的穿插可延续很远，脉宽可达几米或更宽，最细处为几厘米、几毫米；特点二：为钾、钠、硅质交代，其方式是沿岩石中的孔隙、粒间渗透，溶蚀交代改造原变质岩。由于上述混合岩化作用，使辽河拗陷结晶基底的变质岩被改造成混合岩。这些混合岩的形成破坏了原区域变质岩层状构造，并使少量的区域变质岩呈孤岛状残留在混合岩层中。这种现象在较小的范围中也可见到。由于混合岩化作用在不同部位强弱的差异，残存的变质杂岩的分布也无规律性。

四、后期侵入岩脉的穿插

在太古代地层中广泛发育晚期侵入的脉体。据岩心资料及同位素资料分析，辽河拗陷太古宇岩体中晚期侵入的岩脉最少有3期，其中以元古代和中生代地层的岩脉为多。侵入的岩脉多为辉绿岩、闪长岩及次安山岩脉。这些岩体多以岩盆、岩盖、岩株、岩枝等产状穿插于早期形成的混合杂岩体中。有的脉宽达几十米，最大可达上百米。

五、构造作用使岩石发生碎裂和重结晶，破坏了原来岩石的整体性

在漫长的地质历史中，太古代地层经过多次构造运动，特别是中生代—新生代以来的构造运动，使变质岩体发生破碎、断裂、褶皱、弯曲，破坏了岩石原来的整体性，致使局部破碎的岩石发生重结晶，产生新的动力变质岩。同时，由于构造运动的作用，使太古宇古老的岩体在不同的时期发生了不同程度的沉陷，使后期的地层与老地层呈不整合接触。

六、风化破碎形成了多种多样的潜山风化带

由于太古代地层曾长期裸露地表，岩体遭到了强烈的物理风化作用，其结果造成了原来岩石的不同程度的破碎。这种现象多发生在潜山的顶部或山腰平坦处，这些破碎的岩石往往在原地堆积，并且由于多受水的长期的淋溶，形成了各种潜山风化带。

第三节 变质岩油藏形成机理

变质岩储层要形成油气藏，必须具有储集性，有丰富的生油岩为储集层提供油源；同时具有好的盖层及生储盖组合，并且油气能很好地运移到储集层中，且被圈闭其内。这是变质岩油气藏形成的必备条件，是变质岩油气藏形成机理的主要内容。

一、混合杂岩体（变质岩）发育好的储集空间，油气具有好的聚集场所

辽河拗陷与辽东台背斜紧密相邻，其混合杂岩体位于辽东台背斜鞍山群混合岩体向西部延伸的低陷部位，为鞍山群混合岩同时期的产物。在地质历史中，经过数次构造运动，这些岩体为不同时代新生的地层所掩埋，形成一系列的古潜山，这些潜山具有风化、构造、淋溶成因的空隙，这些孔、缝长期经过水的淋溶，缝隙相互连通，成为油气聚集的好场所。

二、丰富的生油层为变质岩储层提供大量的油源

潜山的油源来自新生代的生油岩。辽河断陷生油洼陷多，主要为沙一、沙三、沙四期

形成的生油洼陷，多为深水湖相、浅水—半深水湖相。岩性主要为深灰、褐灰色泥岩，其最大厚度可达 1000 ~ 1160m，连续厚度在 100 ~ 800m 间，含有丰富的生物化石。在各生油洼陷中，环境指标 S 平均值一般在 0.45% ~ 0.54% 之间，最小为 0.18% ~ 0.19%；有机物质丰度值中，有机碳 C 平均值一般为 1.1103% ~ 0.1375%，最小为 0.0452% ~ 0.057%；总平均值一般为 314 ~ 543 $\mu\text{g/g}$ ，最小为 150 $\mu\text{g/g}$ ；转化指标中， h/C 平均值一般为 1.29% ~ 2.59% 之间，最小平均值为 0.8%；氯仿沥青与有机碳平均比值 (A/C) 平均值一般在 3.82% ~ 6.13%，最小平均值为 2.86%。这些具有丰富的生油能力的洼陷为变质岩储集层提供了油源。

三、新生代巨厚的泥岩为变质岩储层的好盖层，并且构成了很好的生、储、盖组合

由于中、上元古代，特别是中、新生代强烈的断陷活动，早期形成的太古宇山头下沉，使这些侵蚀残山、断块山处于下第三系沙一、沙三、沙四生油洼陷之中，并被巨厚的泥岩—生油岩覆盖，成为变质岩储层好的盖层，并且使生油层、储层、盖层形成了很好的组合方式，具备了生、储、盖很好的组合条件。

四、油气运移及圈闭

在变质岩潜山下沉的同时，加剧了断裂活动，使峰和谷间形成了巨大的高差。由于所形成的断层（正断层）使岩体靠近生油洼陷一侧下降，形成了巨大的落差，造成了大套生油岩在横向上直接与变质岩潜山储集体接触，其接触面为油气补给提供了方便条件。由生油岩排出的烃类沿潜山不整合面以及断层接触面向变质岩潜山储集体运移、聚集，并被圈闭在潜山储集体内，形成了变质岩油气藏。

第二章 辽河拗陷太古宇岩石学及地球化学特征

第一节 辽河拗陷太古宇变质岩的岩石学特征

一、区域变质岩

该类岩石为本区最古老的岩石类型,是由“基底”型区域变质作用形成的岩石,主要包括粒岩类、角闪质岩石类、片麻岩类、片岩类等。由于混合岩化作用的影响,岩石受到了强烈的改造,只有极少局部残留,大部分已发生蚀变、退化变质现象。

1. 浅粒岩

岩石颜色为灰白、肉红色。主要矿物组合:长石类、石英、少量暗色矿物。其中长石类包括更长石、钠长石、中长石和钾长石,含量大于 25%,石英总含量在岩石中大于 90%。长英质矿物均为他形近等轴粒状,主要粒级在 0.1 ~ 0.3mm 之间,个别可达 0.5mm。暗色矿物主要为角闪石、黑云母,含量小于或等于 10%。岩石具较均匀的近等轴他形凹曲镶嵌粒状变晶结构、平直镶嵌粒状变晶结构、鳞片粒状变晶结构等块状构造(图片 1)。

2. 变粒岩

该类岩石包括黑云斜长变粒岩(图片 2)、角闪斜长变粒岩(图片 3)等,岩石颜色为灰、浅灰色,主要矿物为长石、石英和暗色矿物。其中长石含量大于 25%,长英质矿物总含量在 70% ~ 90% 之间。本区长英质粒状矿物粒级有两组:0.1 ~ 0.05mm 的粉砂级组和 0.1 ~ 0.5mm 的砂级组。暗色矿物含量在 10% ~ 30% 之间,有角闪石、黑云母等。角闪石为普通角闪石,他形粒状、柱状,颜色为黄绿、深绿色。颗粒在 0.5 ~ 1.0mm 粒级范围;黑云母为褐黄、黄绿色,具有较高的干涉色。岩石具显微鳞片粒状变晶结构、鳞片柱粒状变晶结构、弯曲镶嵌粒状变晶结构、块状构造。部分地区暗色矿物呈条带状、条痕状及聚斑状,略具定向分布。局部见变余砂状结构、变余粉砂状结构、变余微细层理构造等。在变余砂状结构中,呈棱角状、浑圆状的碎屑颗粒形状清楚。在变余微细层理构造中,黑云母和角闪石分别聚集,成互层状,层厚约 1 ~ 2mm,这种现象继承了原岩的微细层状构造的特征。在角闪斜长变粒岩中,含榍石较多的薄层和含角闪石较多的薄层互层表现出原岩富含 TiO_2 和 CaO 薄层,与富含铁镁组分薄层互层,构成微细层理构造的特点。

3. 角闪质岩石

该类岩石包括斜长角闪岩(图片 4)、角闪岩(图片 5)。岩石颜色深,为灰绿、绿黑等色。主要造岩矿物为角闪石、斜长石,有时见少量的石英和黑云母。当角闪石等暗色矿物含量在 30% ~ 90% 时,岩石为斜长角闪岩;角闪石含量大于 90% 时,岩石为角闪岩。角闪石为普通角闪石,呈他形粒状、柱状,为黄绿、深棕色,一般颗粒在 0.2 ~ 1.0mm 之间,最大颗粒可达 2 ~ 3mm。斜长石分为更长石、中长石两类,他形粒状,为 0.1 ~ 0.5mm 粒级的颗粒。岩石中角闪石等暗色矿物多呈透镜状、层状、条带状分布。岩石为柱粒状变晶结构、柱状变晶结构、鳞片柱粒状变晶结构等,块状构造、条痕状构造、芝麻点状构造、条带状

构造等，可见变余晶屑凝灰结构、变余层理构造等。

4. 片麻岩

本类岩石包括黑云斜长片麻岩（图片 6）、黑云二长片麻岩、角闪斜长片麻岩（图片 7）、黑云辉石斜长片麻岩（图片 8）等岩石类型。岩石颜色为灰、灰黑等色，主要造岩矿物为长英质和暗色矿物。其中长英质矿物含量大于 50%，长石多于石英，颗粒大小一般在 0.5 ~ 1mm 之间，在某些地区其颗粒较小。大部分粒状矿物有被压扁、拉长的迹象。暗色矿物为黑云母、角闪石、辉石等。这些矿物在岩石中聚集成条带状，或断断续续略呈定向分布，与粒状矿物相间排列。岩石为中粒片粒状变晶结构、鳞片粒状变晶结构、柱粒状变晶结构，条带条痕状构造、片麻状构造。

二、混合岩

该类岩石是区域变质岩在液相流体参与情况下相互作用而成的，为混合岩化作用改造后的产物，它与区域变质岩有显著的区别（表 2-1）。

表 2-1 区域变质岩与混合岩区别

项目	区域变质岩	混 合 岩		
		混合岩化变质岩	混合岩类	混合花岗岩
形成背景	区域变质作用形成	在区域变质作用的基础上，发生混合岩化作用		在区域变质作用基础上，发生混合岩化作用，而且是最高阶段
成岩特点	是在固态下经重结晶、重组合、交代形成	在固态和有液体相参与情况下，相互作用，成岩既有岩浆作用的某些特点，又有变质作用的某些特点		
岩石成分	各类不同的变质岩具有一定的矿物组合	基体（原变质岩）+ 脉体（新生长英质），脉体含量小于 15%	基体（原变质岩）+ 脉体（新生长英质），脉体含量大于 15%	主要为新生的长英质物质，总的矿物成分相当于花岗岩或花岗岩闪长岩
岩性均匀程度	岩石在成分、组合、结构、构造等方面均有一定的规律性，对于每类变质岩来说岩性较均匀	岩性基本保持原变质岩特征，只有少量的新生长英质脉体混杂	岩石在颜色、成分上极不均匀（除基体为长英质矿物较多的混合岩类），深浅相间，基体、脉体成分互混，界线从清楚到模糊，直到基体大部分被新生长英质物质所代替，岩性向混合花岗岩过渡	岩石成分、颜色趋于均匀，只在局部有少量的残留体和一些不易变化的暗色矿物，呈透镜状、条痕状、片麻状分布
原岩	沉积岩、岩浆岩、变质岩	区 域 变 质 岩		
分布特征	受区域构造控制，发生在前寒武纪地层或造山带	受区域构造控制，与区域变质岩共生，在空间上呈现和谐的关系		受区域构造控制，在区域混合岩田中，常出现于混合岩化最强烈地段，并常和其他类型混合岩成渐变过渡关系

表 2-2 混合岩分类命名对比

辽河油田（本文）	辽宁省地质岩	程裕琪	贺同兴等（1964 年）	张树业、康维国等（1985 年）
混合岩化变质岩	混合岩化变质岩	混合岩化变质岩	混合岩化变质岩	混合岩化区域变质岩
混合岩类	混合岩	混合岩	注入混合岩类	注入混合岩类
			混合片麻岩类	混合片麻岩类
混合花岗岩	混合花岗岩	混合花岗岩	混合花岗岩	混合花岗岩

混合岩是由残留的区域变质岩基体和新生的脉体组成。根据基体和脉体数量关系，基

体和脉体之间的作用方式和交生关系以及新生脉体成分和基体被改造的程度等，将岩石分为混合岩化变质岩、混合岩类、混合花岗岩三种类型。值得说明的是，对混合岩分类命名的方法国内学者在大致相同的前提下，在某方面是有一些不同的（表 2-2）。

1. 混合岩化变质岩

混合岩化变质岩是区域变质岩向混合岩类过渡的中间类型。变质岩只发生轻度的混合岩化作用，新生脉体成分一般沿岩石的薄弱部位机械地注入，或伴有轻度的交代作用。脉体含量小于 15%，其成分为长英质或石英、伟晶质等，与基体成分接触界线清楚，定名为混合岩化 + 区域变质岩，如盆地内常见的混合岩化角闪斜长变粒岩（图片 9）等。

2. 混合岩类

混合岩类是混合岩化变质岩向混合花岗岩过渡的中间类型。辽河拗陷常见的主要有以下七种类型（表 2-3）。

表 2-3 辽河拗陷混合岩类特征

内 容 项 目		基体为长英质矿物较多的岩石		基体为暗色矿物较多的岩石			
		条痕状混合岩 (图片 15)	均质混合岩 (图片 16)	角砾状混合岩 (图片 11)、条 带状混合岩 (图片 10)	眼球状混 合岩 (图片 12)	条带条痕状 混合岩 (图片 13)	眼球状花岗质 混合岩 (图片 14)
矿 物 学 特 征	岩石颜色	灰、浅灰	灰白、灰、肉红	灰、灰绿与浅 色相杂	浅暗色相 杂	浅暗色相杂	肉红、肉红带 灰绿
	混合岩化 程度	低于眼球状花岗质混合岩的混 合岩化程度		弱	弱—中	中	中—强
	基体成分 及含量	斜长石 + 石英 + 黑云母（少量）、 斜长石 60% ~ 65%，更长石据化 学分析数据计算 $Ar=16$ ，他形粒状、 板状，钠更长石 （钠质交代形成 的）、石英粒状	浅粒岩，仅 在局部保持 原岩特征， 粒度在 0.1 ~ 0.5mm 间变 化，但由于 变晶、重结 晶，最大粒 度达 2mm	大于 50%，斜 长角闪岩、角 闪岩、片麻岩 类、部分变粒 岩类	基体含 量显较前 两种岩石 少，为斜 长角闪岩 和含黑云 母较多的 岩石	小于 50%，仅 残留少部分基 体和不易变化 的暗色矿物	在局部可见原 岩的残留体， 大部分为一些 不易变化的暗 色矿物
	脉体成分 及形态	石英条痕状、豆 荚状、定向压扁 拉长	石英聚斑状	粉红色、灰白色 的花岗质、细晶 质	为眼球状碱 性长石、长 英质集合体	大于 50%，为 灰白色、粉红 色的花岗质细 晶质及石英脉	花岗质
	矿物次生 变化	斜长石钠黝帘石 化，绢云化，黑 云母绿泥石化	斜长石轻度的 绢云母化	暗色矿物蚀变 较重，黑云母 绿泥石化、角 闪石阳起石 化、绿泥石化	暗色矿物蚀 变较重，黑 云母绿泥石 化，角闪石 绿泥石化、 碳酸岩化	角闪石绿泥 石化、碳酸 盐化、阳起 石化、黑云 母叶绿泥石 化	斜长石绿帘石 化、黑云母绿 泥石化
	副矿物	帘石、楣石、电 气石	电气石、帘石、 石榴子石、楣 石、磷灰石	楣石、磷灰石	楣石、磷灰 石	磷灰石、楣石	楣石、磷灰石、 楣石变晶生长

续表

内 容 类 型 项 目		基体为长英质矿物较多的岩石		基体为暗色矿物较多的岩石			
		条痕状混合岩 (图片 15)	均质混合岩 (图片 16)	角砾状混合岩 (图片 11)、条带 状混合岩 (图片 10)	眼球状混 合岩 (图片 12)	条带条痕状混 合岩 (图片 13)	眼球状花岗质 混合岩 (图片 14)
结 构 构 造 特 征	标本结构 构造	中细粒结构, 条 痕状构造	不等粒变晶 结构, 块状 构造	角砾状构造, 条带状构造	眼球状构 造, 串珠 状构造	条带状一条 痕状构造, 片麻状构造	眼球状构造
	混合岩化 作用中主 要参加活 动的元素	K、Na、Si	K、Si	K、Si	K、Si	K、Si	K、Si
	混合岩化 主要作用 方式	注入作用为主, 伴随交代反应, 交代重结晶	注入渗透作 用、伴随交 代反应	注入作用(交 代作用明显)	注入—交代, 交代重结晶	注入渗透作 用、交代重 结晶	渗透交代, 交 代重结晶
	基体与脉 体界线	石英脉定向贯 入, 与基体呈不 规则接触边缘	呈不规则状	接触界线 清楚	清楚— 模糊	界线模糊到 没有基体脉 体之别, 向 较均匀变化	局部仅残留呈 不规则形态的 基体, 大部分 为不易变化的 暗色矿物, 呈 条带状、聚斑 状分布
	显微结构 构造	鳞片粒状变晶 结构、花岗变晶 结构、交代结构、 条痕结构	由近等轴他 形均粒变晶 向不等粒状 变晶结构过 渡, 以后种 结构为主, 交代结构发 育, 多为交代 净边鳞英 结构	基体保持原来 结构、构造特 征	局部可见 原变质岩 的残留结 构, 花岗 变晶结构	条带状、条 痕状、阴影 状, 片麻状 构造, 花岗 变晶结构	花岗变晶结 构、交代结构

该类混合岩有以下特点:

(1) 基体为长英质矿物较多的混合岩色率低, 色较均匀, 成分近似中酸性—酸性岩。因基体和脉体成分相近, 结构、构造也比较均一, 岩石名称不具有混合岩化强度的含义。

(2) 从表 2-3 看出基体为暗色矿物较多的混合岩有如下的规律性变化: 从表左向右, 岩石的颜色由深浅混杂不均一向颜色为浅灰、灰白、肉红色较均一的色调变化; 混合岩化程度由弱到强; 基体含量由多变少, 直到被改造只残留一些不易变化的暗色矿物; 基体和脉体成分接触界线由清楚到模糊, 直到岩石成分趋于均一; 混合岩化作用方式由注入、注入和渗透、渗透三种方式为主; 岩石的酸度按基性向酸性岩酸度增大的方向变化; 碱度则由弱到强方向变化。

3. 混合花岗岩

该类岩石为混合岩化程度最强的产物。其岩石外貌似岩浆花岗岩, 但又与其有着显著不同的特点(表 2-4)。辽河拗陷主要发育三种类型的混合花岗岩(表 2-5): 灰白色斜石混合花岗岩、淡红色斜长混合花岗岩和红(局部灰白)色二长混合花岗岩。以上三种类型混合花岗岩具有以下共同特点:

表 2-4 混合花岗岩与岩浆花岗岩的区别

类型	混合花岗岩	岩浆花岗岩
结构	结构十分不均一，在同一个岩体，甚至在同一个薄片内，可见到几种不同的结构特征，交代结构发育	具典型的花岗结构、微文象结构
矿物颗粒大小	各种矿物粒度大小不等，其变晶大小相差悬殊，浅色、暗色矿物分布极不均匀，有的地区全为长英质，有的部位则为暗色矿物聚集	矿物颗粒大小近等，各种成分含量不均
钾长石	多为微斜长石，微斜条纹长石，三斜度低	多为正长石，少部分为微斜长石，微斜条纹长石三斜度高
岩体与围岩关系	围岩与混合岩呈渐过渡关系，残留体往中心愈来愈少，没有明显的接触界线，无固定完整的产状、形态，常和各种混合杂岩伴生	与围岩呈侵入接触关系，具有接触变质现象，或与围岩呈突变关系
岩相特征	无固定岩相，因地而异，有的边部粗中心细，有的则相反，边部细中心粗	岩体边部较细，形成冷边向中心粒度变大
捕虏体与残留体	具有与围岩片麻理方向一致的、数量不定的残留体，由于交代使原岩模糊不清	具有杂乱不规则排列的捕虏体，岩体边缘较多
形成背景	是区域变质作用的产物，是在地壳热流有显著升高的基础上形成的	与区域变质作用没有直接关系，在区域性热流没有显著升高的基础上形成的
形成机理	受地壳深度热液或选择性重熔作用后影响形成的，岩浆特点不一，具有一定的溶液性质	地壳重熔的产物形成，浅部，岩浆特点较明显，为高温向低温结晶过程
地史阶段性	代表地壳发展阶段中较早时期的产物	代表地壳发展阶段中较晚的产物

表 2-5 辽河拗陷混合花岗岩特征对比表

岩石名称		斜长混合花岗岩		二长混合花岗岩
岩石颜色		灰白色 (图片 17)	淡红色 (图片 18)	红 (局部灰白色) (图片 19)
矿物学特征	主要造岩矿物组合	斜长石 + 石英 + 黑云母	斜长石 + 石英	斜长石 + 钾长石 + 石英 + 黑云母
	斜长石	60% ~ 65%，他形粒状、板状、半自形粒状，以更长石为主，见更长石及晚期钠交代形成的钠更长石，据化学分析计算 $An=11 \sim 13$ 范围，安 63 井斜长石 X 光衍射有序度指数为 0.43， $An=11$	60% ~ 70% 更长石，他形粒状、板状 $An=20$	30% ~ 35% 更长石，他形粒状，半自形粒状，据化学分析计算 $An=19$
	钾长石	0 ~ 10% 交代成因微斜长石 (有格、无格) 为主，少部分微斜条纹长石	少量填隙状、后期交代矿物	35% ~ 40% 微斜长石、微斜条纹长石 (最发育) 及后期呈填隙状、重结晶呈细小颗粒集合体。齐古 10 井 X 光衍射为中间微斜长石，有序度指数为 0.42
岩石颜色		灰白色 (图片 17)	淡红色 (图片 18)	深红色为主 (图片 19)
矿物学特征	石英	20% ~ 25%，脉状及与其他矿物后期合成晶，脉体石英受矿物粒间控制	30% 左右，聚斑状、脉状、聚斑中单晶石英齿状相嵌，大部分呈缝合线构造	20%，脉状集合体、与其他矿物后期合成晶，脉状石英受其他矿物粒间控制
	黑云母	10% ~ 20%，叶片大，为暗绿，棕褐色常包裹磷灰石、锆石、榍石等矿物，与帘石类共生，见少量白云母	5% 或更少，叶片小，部分转变成白云母	5% ~ 15%，叶片较大、棕褐、棕绿色
	副矿物	磷灰石、榍石、锆石，前两种含量多，磷灰石多属再聚集，成岩前被压碎，榍石、磷灰石被多重包裹	磷灰石、电气石	磷灰石、榍石、锆石含量较多，聚集成堆