

宁夏青年地学工作者 学术论文集

秦士伟 主编

083

地质出版社

PDG

序 言

宁夏回族自治区位于西北地区东部的黄河中上游地区，山川秀美，物产资源丰富，素有“塞上江南”之称。

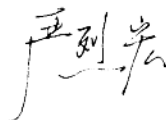
宁夏蕴藏着丰富的煤炭和建筑材料矿产资源，尤其是煤、石膏、石灰岩、硅石等能源，非金属矿产更属优势资源。宁夏还是中国东、西不同性质的地质构造单元交汇地区，地层发育齐全、岩浆活动微弱、地质构造复杂。区内不少独特的地质现象对于研究和解决某些地质、成矿以及成矿理论问题均具有重要意义，一向为许多地质学家所瞩目。

在宁夏富饶美丽的大地上，一批青年地学工作者正在茁壮成长。青年是祖国的希望，是地质事业的未来。近年来，宁夏广大青年地质工作者活跃在全区地矿行业各条战线上，他们继承了老一辈地质队员跋山涉水、风餐露宿、艰苦创业的优良传统，在各自的工作岗位上发挥着自己的聪明才智，勇挑重担，涌现出不少专家和学科带头人，为宁夏地矿事业的发展 and 经济建设作出了巨大的贡献。

《宁夏青年地学工作者学术论文集》的出版，是全区青年地质工作者盼望已久的事，也是宁夏地学界的一件有意义的事。宁夏地质学会青年工作委员会克服种种困难，取得各方面的支持，实现了青年地质工作者的愿望。《宁夏青年地学工作者学术论文集》共收集全区地矿、石油、煤炭、地震、建材等部门青年地学工作者的学术论文 24 篇，涉及基础地质、金矿、非金属、煤矿与煤层气、石油与天然气等方面的内容，代表了他们扎实的理论基础和较高的学术水平。

由于时间短促，这本由宁夏青年地学工作者撰写、编辑的论文集，难免有不足之处。但我相信，通过出版论文集，对于提高青年地学工作者的业务水平和工作能力有着重要意义，在今后的地质工作中，宁夏的青年地学工作者将会继续以自己的专业特长，在学术交流、矿产勘查与开发、地质市场等方面发挥“尖兵”作用。

宁夏地矿厅厅长



1999 年 2 月

目 录

一、基础地质

宁夏香山群砂岩地球化学特征及构造环境与演化·····	李天斌 (1)
宁夏同心县马家河湾清水河全新世地层·····	李天斌 (11)
宁夏南西华山海原群变质岩岩石类型及其地质意义·····	王 萍 牛国荃 (19)
利用相关褶皱和断裂研究地质构造·····	房俊卓 (37)
青藏高原东北缘挤入滑动构造的动力学模式·····	王 萍 (44)
对乌兰矿改扩建工程的地质条件分析·····	周林青 (58)

二、金矿

贺兰山北段沉积盖层中的含金显示及找金前景·····	李 军 (64)
---------------------------	----------

三、非金属

宁夏非金属矿床含矿建造与成矿系列研究·····	马智强 (69)
-------------------------	----------

四、煤矿与煤层气

三矿井田断裂构造的预测及判别分析·····	杨宝林 (75)
MRO-Ⅰ瑞利波探测仪在三矿矿井地质中的应用·····	于明科 刘 杰 (81)
乌兰井田五号煤层高岭石夹矸的地质特征及其综合利用·····	何维智 (88)
乌兰井田层滑构造及薄煤层带展布规律的探讨·····	周林青 (91)
减少综放工作面的煤炭损失提高资源回收率·····	白 胜 白长龙 (98)
生产矿井储量管理工作分析·····	王安宁 王继承 (101)
石嘴山矿区中石炭纪煤层气开发前景研究·····	刘跃普 (105)

五、石油、天然气

鄂尔多斯盆地中部基底构造与油气的关系·····	张艳春 姚宗惠 (110)
陕甘宁盆地中生界奥陶系碳酸盐岩层序地层学研究 ·····	姚宗惠 蒋加钰 陈大宏 (118)
修正等时试井方法在陕甘宁盆地中部气田的应用·····	李安琪 张振文 (129)
储层参数的分形判识的应用·····	段玉顺 蒋加钰 (133)
人工神经网络技术在油气检测中的应用·····	侯丽萍 熊玉萍 蒋加钰 (140)
陕甘宁盆地中部气田干扰试井研究·····	谭中国 洪 鸿 (146)
陕甘宁盆地中部气田深度酸化改造工艺技术分析·····	徐永高 (151)
膜法脱水、干法脱硫工艺在陕甘宁盆地中部气田的工业试验 ·····	杨志伦 余浩杰 (155)
十幅试井相关分析图的研制及应用·····	程启贵 李 逵 (166)

一、基础地质

宁夏香山群砂岩地球化学特征 及构造环境与演化

李 天 斌

(宁夏地质矿产勘察院)

位于华北板块西南边缘的香山群,分布广泛,地跨宁夏(主体)、内蒙古及甘肃三省(自治区),主要出露于贺兰山南段、双合山、青羊山、牛首山、香山、米钵山、黑阴湾山及峰台山等地,大致呈不规则的三角形展布,南北延伸约 150 km,东西展布约 200 km,出露面积约 6000 余平方公里,为一套巨厚的大陆斜坡-深海盆地重力流沉积。数十年来,对其地层层序、时代、上下接触关系、古生物特征、沉积环境、构造等认识存在许多问题,分歧较大。近年来,通过 1:5 万区调,上述问题大多得到解决。但对其时代的划分仍有很大争议^①。对构造环境,霍福臣^[1]、宁夏地矿局^[2]等认为,香山群属祁连区走廊过渡带冒地槽沉积;阎志强^[3]认为,香山群重力流沉积的产出环境大体相当于大西洋型大陆边缘。他们都一致认为,香山群物源来自北部的阿拉善地块(华北板块的一部分)。本文主要根据香山群(变质)砂岩的岩石特征、地球化学特征,探讨其形成时的构造环境。研究表明,香山群砂岩除主要属稳定陆缘型沉积外,还兼有部分活动构造环境的(岛弧/活动陆缘)砂岩特征,并揭示物源具二元性,打破了前人对其物源仅来自北部稳定的华北板块的认识,并指出还有部分来自南部邻近活动的南华山-西华山-黄家洼山前寒武纪海原群弧-盆沉积构成的微型陆块。

一、区域地质概况

香山群夹持于华北板块南缘阿拉善地块与鄂尔多斯地块及南部的南华山-西华山-黄家洼山微陆块所构成的三角形地带中(图 1)。

华北板块南缘结晶基底由太古宙贺兰山变质杂岩构成。元古宙—寒武纪盖层主要为一套滨浅海相碎屑岩-碳酸盐岩建造,属稳定陆缘型沉积。南华山-西华山-黄家洼山主体为一套元古宙海原群弧-盆沉积^②变质火山岩、碎屑岩、碳酸盐岩建造,构成前寒武纪变质基底。其上仅见裂谷早期震旦纪沉积盖层,早古生代(除志留纪外)为一剥蚀区。

① 前人多将香山群时代置于中、晚寒武世,但问题较多。本文将其置于中奥陶世中、晚期—晚奥陶世,作者对此将另文论述。

② 据海原县等三幅 1:5 万区域地质图说明书。

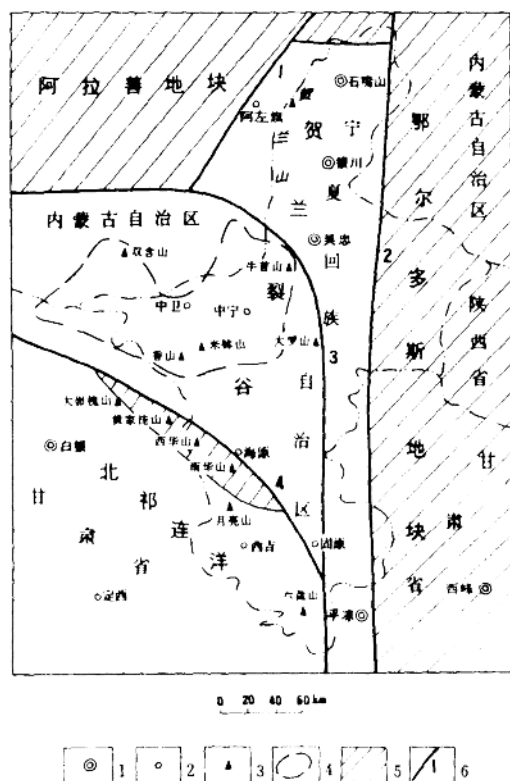


图1 香山群展布范围及所处大地构造位置示意图

1—市；2—县；3—山峰；4—香山群各展布范围；5—地块或陆块；6—深大断裂及编号
(1—贺兰山西缘断裂；2—车道阿色浪断裂；3—六盘山-牛首山断裂；4—海原断裂)

二、岩石特征和物质来源

香山群(杂)砂岩大多经过轻微浅变质,岩石中杂基含量通常在5%~25%,以5%~15%最常见,多由泥、砂质(微粒石英、长石)组成,含部分重结晶绢云母。碎屑主要为石英、长石及少量岩屑,石英碎屑含量一般为55%~70%,长石碎屑一般为5%~20%。岩屑成分以硅质、花岗岩、片麻岩、变粒岩、片岩类较为常见,含量通常不超过10%。碎屑多呈中、细粒,次棱角至次圆状,分选中到良好。碎屑长石以正长石、条纹长石和酸性斜长石为主。岩石重矿物主要有石榴子石、锆石、磷灰石、电气石、褐铁矿、磁铁矿、角闪石等,次为重晶石、金红石、白钛石、钼铅矿、方铅矿、自然铅等。

上述碎屑及重矿物特征与北部华北板块结晶基底贺兰山群变质杂岩^[4]的构成极为相似。从矿物成分的可对比性说明,贺兰山群变质杂岩很可能是香山群砂岩的主要矿物源区。但也要看到,香山群砂岩的主要矿物和大多数副矿物特征与前寒武纪海原群变质基底的构

成亦相近, 指示出香山群砂岩物源亦有可能(至少部分)来自南部邻近的海原群。

香山群砂岩的地球化学特征(详见后述)与贺兰山群的组成很相近(表1), 亦说明贺兰山群为其主要物源区。但香山群的 $\text{TFe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ 、 TiO_2 的高含量又指示与海原群岛弧型火山岩及弧前盆地的滨浅海碎屑岩—高镁碳酸盐岩密切相关。显示物源具二元性, 但以北部为主。

三、地球化学特征和形成构造环境

近年来, 国内外许多学者对砂岩成分与板块构造环境之间的关系进行了深入的研究^[5,6,7,8]。由于不同的板块构造环境, 如稳定陆缘、活动陆缘、岛弧等具有不同的物质组成, 因而控制着以其为物源区的砂岩矿物成分和化学成分。反之, 可利用砂岩的成分特征来帮助恢复其沉积时的构造环境。这方面, 国外一些学者, 如 Bhatia^[5]和 Roser^[6]等通过对世界不同地区已确定构造环境的古代砂岩与现代深海砂岩的比较研究, 分别建立了一系列判别砂岩构造环境的地球化学参数和图解。因此, 本文据 1:5 万区调^① 采自香山群不同地点、不同层位的 32 件砂岩化学全分析样及 5 件微量元素、稀土元素分析样(这些样品基本上代表了香山群砂岩的总体岩石学面貌), 来探讨香山群砂岩形成的构造环境和物源。

(一) 常量元素

香山群砂岩化学分析结果列于表 1。主元素氧化物平均含量与华北板块上部陆壳结晶基底贺兰山群变质杂岩平均值相比, 除 Fe_2O_3 、 CaO 、 Na_2O 略偏高, Al_2O_3 、 K_2O 略低外, 其余含量总体基本相当; 与南部海原群云母片岩、岩英片岩及绿片岩平均值对比, 其 $\text{TFe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ 、 TiO_2 、 CaO 偏低, 其余近等。

M. R. Bhatia 研究砂岩成分与板块构造环境的关系时认为: 常量元素中 TiO_2 、 $\text{TFe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ 含量及 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O})$ 比值是判别构造环境最有意义的参数。从表 1 中看出, 香山群砂岩的 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 值介于活动陆缘与稳定陆缘之间, 其平均值更接近于稳定陆缘, 表明其物源与华北板块较密切。 $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O})$ 比值多介于稳定陆缘与活动陆缘之间, 少部分与大洋岛弧相近, 其平均值较接近活动陆缘, 表明其物源与海原群有关。 TiO_2 、 $\text{TFe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ 含量高与大陆岛弧相近, 暗示物源区存在中酸性—中基性火山岩, 亦说明与南部海原群关系密切。

需要指出的是, 香山群砂岩的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值变化较大(0.20~1.72), 尽管 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值常被一些学者用来区分砂岩形成时的不同构造环境, 但 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值明显受岩石矿物组成和粒度的影响, 并与岩石中 SiO_2 、 Al_2O_3 含量有关, 同一环境中形成的砂岩的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值可以有相当大的变化范围, 因而不宜作为判别砂岩形成环境的独立参数。因此, B. P. Roser 等(1986)综合考虑 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 与 SiO_2 、 Al_2O_3 的相互关系, 提出 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 与 SiO_2 、 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的关系可以有效地用于砂岩形成构造环境的判别^[6]。在 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 与 SiO_2 关系图解中, 活动陆缘(ACM)与稳定陆缘(PM)的分界线呈一向右倾斜的直线。稳定陆缘型砂岩, 当其 SiO_2 含量较高时, 可以具有很低的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值($\ll 1$)。在该图解中

^① 据长流水幅、常长幅、宜和幅、峡门幅、红泉幅、上校育川幅、陈麻井幅、马家河湾幅、三眼井幅、下流水幅等 10 幅 1:5 万区调。

表1 香山群岩石中常量元素氧化物的含量(%)、参数及与有关环境参数对比表

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
岩石类型	砂																					
SiO ₂	74.26	73.53	76.73	72.53	74.22	76.10	79.58	74.84	81.90	74.92	74.71	75.49	79.33	79.77	77.85	82.81	75.36	72.42	76.10	80.69	76.10	76.10
TiO ₂	0.65	0.52	0.51	0.51	0.72	0.56	0.54	0.70	0.49	0.57	0.56	0.56	0.46	0.31	0.56	0.50	0.59	0.57	0.56	0.46	0.56	0.52
Al ₂ O ₃	11.18	10.87	9.62	12.37	10.86	10.21	8.30	11.77	7.81	10.04	12.12	10.90	9.78	6.74	10.04	6.09	11.42	12.57	10.35	8.30	10.88	10.91
Fe ₂ O ₃	0.87	1.23	1.33	2.37	1.30	0.78	0.82	1.12	0.50	0.61	1.34	1.18	0.21	0.59	0.77	0.41	0.56	1.36	1.34	0.77	1.23	0.59
FeO	5.03	3.15	3.10	2.60	4.53	5.18	4.13	4.74	3.53	4.24	4.21	3.41	3.33	3.09	3.65	4.13	4.90	4.02	3.76	3.94	3.98	4.78
MnO	0.04	0.10	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.04	0.05	0.10	0.06	0.06	0.05	0.12	0.05	0.06	0.04	0.05	0.06	0.04	0.06	0.08
MgO	1.57	1.53	1.62	1.70	2.03	1.85	0.92	1.46	0.99	1.27	2.06	1.60	0.87	0.80	1.27	0.83	1.74	2.33	1.59	1.14	1.89	1.44
CaO	0.99	3.34	1.28	0.99	1.04	0.59	1.83	0.95	0.98	3.93	1.39	1.29	1.13	5.37	1.03	2.85	0.89	1.09	1.08	1.29	0.39	1.32
Na ₂ O	2.21	2.95	2.44	2.80	2.63	1.84	1.47	2.06	1.60	3.51	2.55	2.38	2.78	1.89	2.20	1.59	2.89	2.30	2.28	1.84	2.28	2.04
K ₂ O	3.14	2.73	3.28	3.96	2.49	2.72	2.29	2.22	2.27	0.69	2.92	2.99	1.97	1.30	2.47	0.68	1.54	3.17	2.79	1.45	2.47	2.38
P ₂ O ₅	0.05	0.05	0.06	0.06	0.12	0.09	0.06	0.09	0.07	0.11	0.08	0.12	0.12	0.03	0.09	0.05	0.07	0.12	0.08	0.08	0.13	0.13
Σ	99.99	100.00	100.03	99.99	99.99	99.99	99.99	99.99	100.19	99.99	100.00	99.98	100.03	100.01	99.98	100.00	100.00	100.00	99.99	100.00	99.97	100.29
TFe ₂ O ₃ +MgO	8.03	6.26	6.73	6.96	8.36	8.39	6.33	7.85	5.41	6.59	8.08	6.57	4.78	4.82	6.10	5.83	7.75	8.16	7.11	6.29	7.54	7.34
Al ₂ O ₃ /SiO ₂	0.15	0.15	0.13	0.17	0.15	0.13	0.10	0.16	0.10	0.13	0.17	0.14	0.12	0.08	0.13	0.07	0.15	0.17	0.14	0.10	0.14	0.14
K ₂ O/Na ₂ O	1.42	0.93	1.34	1.41	0.95	1.48	1.56	1.10	1.42	0.20	1.15	1.26	0.71	0.69	1.12	0.43	0.55	1.38	1.22	0.79	1.08	1.17
Al ₂ O ₃ /(CaO+Na ₂ O)	3.49	1.73	2.59	3.26	2.96	4.20	2.52	3.91	3.03	1.35	3.08	2.97	2.50	0.93	3.11	1.37	3.02	3.71	3.08	2.65	4.07	3.25

①书中“含量”一词及其比值系指质量分数(w_m)或质量分数之比,如有特殊含义时,将加以说明,表中所有主元素氧化物均在无挥发分的基础上重新进行了计算。

续表

序 号	岩石类型	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	平均		大 ^① 洋 岛 弧	大 ^① 陆 岛 弧	活 ^② 岛 陆 缘	稳 ^③ 定 陆 缘	贺兰山群 ^④			海原群 ^⑤	
		砂 岩																片麻岩	变粒岩	花岗岩	云母石 英片岩	绿片岩
	SiO ₂	80.19	76.18	74.23	78.06	76.13	75.83	73.82	74.77	79.82	76.72	76.53	58.83	70.69	73.86	81.95	64.06	76.03	74.08	71.82	50.90	
	TiO ₂	0.34	0.57	0.57	0.67	0.77	0.45	0.60	0.62	0.44	0.49	0.55	1.06	0.64	0.46	0.49	0.64	0.50	0.12	0.65	1.36	
	Al ₂ O ₃	9.52	11.91	12.18	9.97	11.65	10.21	12.66	12.31	9.44	11.53	10.48	17.11	14.04	12.89	8.41	19.16	11.69	14.24	12.69	14.35	
	Fe ₂ O ₃	1.91	2.25	0.71	0.32	0.16	0.00	0.55	1.61	0.07	0.25	0.91	1.95	1.43	1.30	1.32	0.76	0.51	0.26	1.45	4.26	
	FeO	1.76	1.25	4.42	3.13	3.76	3.33	3.46	2.67	3.75	3.36	3.71	5.52	3.05	1.58	1.76	6.21	3.28	1.00	3.84	8.19	
	MnO	0.04	0.04	0.10	0.06	0.05	0.06	0.08	0.06	0.07	0.05	0.06	0.15	0.10	0.10	0.05	0.09	0.08	0.04	0.08	0.20	
	MgO	1.00	0.71	1.95	1.20	1.85	1.02	2.67	1.73	1.15	1.36	1.47	3.65	1.97	1.23	1.39	2.44	1.45	0.33	2.23	7.08	
	CaO	1.49	2.03	1.33	1.14	0.48	3.85	0.84	1.26	1.14	0.69	1.54	5.83	2.68	2.48	1.85	1.09	1.48	0.90	2.47	10.14	
	Na ₂ O	1.56	2.06	1.71	1.97	2.55	2.29	2.58	2.48	2.07	2.56	2.26	4.10	3.12	2.77	1.07	1.61	2.21	3.61	1.60	2.91	
	K ₂ O	2.11	2.88	2.69	3.39	2.55	2.92	2.69	2.48	2.05	2.97	2.46	1.60	1.89	2.90	1.71	3.82	2.68	5.25	3.08	0.55	
	P ₂ O ₅	0.08	0.12	0.09	0.08	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02	0.03	0.08	0.26	0.16	0.09	0.12	0.11	0.09	0.17	0.07	0.06	
	Σ	100.00	100.00	99.98	99.99	99.99	100.00	99.99	100.01	100.02	100.01	100.02	100.06	99.77	99.66	100.16	99.99	100.00	100.00	99.99	100.00	
	TF ₂ O ₃ +MgO	4.87	4.35	7.57	5.00	6.19	4.72	7.07	6.31	5.39	5.34	6.50	8~14	5~8	2~5	3~5	10.10	5.61		7.95	20.44	
	Al ₂ O ₃ /SiO ₂	0.12	0.16	0.16	0.13	0.15	0.13	0.17	0.16	0.12	0.15	0.14	0.29	0.20	0.18	0.10	0.30	0.15		0.18	0.28	
	K ₂ O/Na ₂ O	1.35	1.40	1.57	1.72	1.00	1.28	1.04	1.00	0.99	1.16	1.12	0.39	0.61	0.99	1.60	2.37	1.21		1.93	0.19	
	Al ₂ O ₃ /(CaO+Na ₂ O)	3.12	2.91	4.01	3.21	3.84	1.66	3.70	3.29	2.94	3.55	2.97	1.72	2.42	2.56	4.15	7.10	3.17		3.12	1.10	

①据 M. R. Bhatia (1983)^[5]; ②据胡能高等 (1994)^[4]; ③据阎志强等 (1994)^[5]。

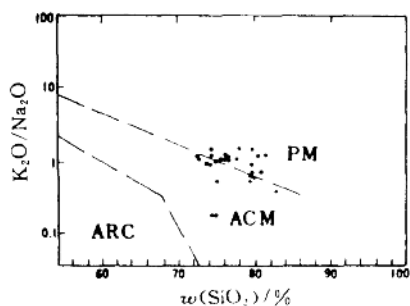


图2 $(K_2O/Na_2O) - SiO_2$ 图解

(据 B. P. Roser 和 B. P. Korsch, 1986)^[4]

ARC—岛弧 (洋内弧); ACM—活动陆缘;

PM—稳定陆缘

(图2), 香山群砂岩有21个样品投在稳定陆缘(PM)区, 占总量的65.6%; 11个样品投在活动陆缘(PCM)区, 占34.4%, 这部分样品又多靠近稳定陆缘与活动陆缘的分界线, 说明香山群砂岩主要属被动陆缘型砂岩, 但亦有少量跨活动陆缘型砂岩, 揭示物源的二元性。在 $(K_2O/Na_2O) - (SiO_2/Al_2O_3)$ 关系图上, 可以看出砂岩成熟度与构造环境的相关性, 即从岛弧(A_1 、 A_2)到被动陆缘(PM), 砂岩成熟度越来越高。从图3中投点看, 除一个样品落入活动陆缘区外, 其余样品皆投入稳定陆缘(PM)区, 许多样品还与现代板块后缘砂(TS)相近, 说明砂岩成熟度较高。

综上所述, 香山群砂岩的地球化学特征主要与稳定构造环境(被动陆缘)砂岩相近, 部分接近活动构造环境(岛弧/活动陆缘)砂岩, 这与其物源具二元性密切相关。

(二) 微量元素

微量元素的地球化学性质主要受岩石中主要矿物和重矿物含量控制, 在不同成因类型的岩石中含量变化较大, 因此被广泛地用于岩浆岩、火山岩的成因类型和构造环境研究。对于沉积岩, 赫斯特(D. M. Hirst, 1962)通过研究帕里亚海湾沉积物的地球化学特征指出: 大部分常量和微量元素都存在于碎屑矿物的晶格中, 它们在沉积物中的含量是受主要矿物(石英、长石、高岭石等)的比例变化及重矿物在沉积物中的含量变化的控制。因此, 不同成因、不同构造环境及不同组分的沉积岩具有不同的微量元素组合特征。反之, 陆源碎屑岩的微量元素地球化学特征可以较好地反映物源区的物质组成特点和沉积构造环境。但研究沉积岩的微量元素地球化学性质与源区特征和沉积构造环境关系, 远较岩浆岩的研究要复杂而困难得多, 这方面可供参考的资料较少。下面主要据 M. R. Bhatia 等的研究成果, 来探讨香山群砂岩的形成构造环境。

由表2可知, 香山群砂岩与 M. R. Bhatia 等认为判别效果较好的微量元素参数比较, Sc、La、Ce、Nd 的含量及 La/Y、La/Sc、Sc/Cr、La/Yb 比值接近或近似于稳定陆缘型; 少

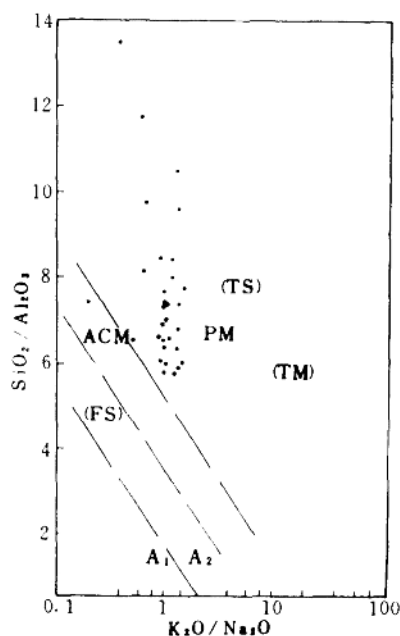


图3 香山群砂岩 $(SiO_2/Al_2O_3) - \lg(K_2O/Na_2O)$ 关系图

A_1 —岛弧背景, 玄武质—安山质碎屑; A_2 —演化的岛弧背景, 霏细—深成岩岩屑; ACM—活动陆缘; PM—被动陆缘; (FS)—现代板块弧前砂; (TS)—现代板块后缘带; (TM)—现代板块后缘泥

表 2 香山群砂岩微量元素、稀土元素含量^① (10⁻⁶) 及有关参数对比表

序 号 元 素	1	2	2	3	12	平均	大洋岛弧 ^②	大陆岛弧 ^②	活动陆缘 ^②	稳定陆缘 ^②
Cu	18	24	18	13	16	17.8				
Cr	90	447	478	262	546	364.6				
Ni	35	34	28	34	28	31.8				
Co	13.2	10.6	10	11.9	9	10.94	18±6.3	12±2.7	10±1.7	5±2.4
Mn	403	464	386	377	288	383.6				
Sr	78	75	82	92	78	81				
Ba	420	330	425	430	277	376.4				
V	62	56	42	55	48	52.6	131±40	89±13.7	48±5.9	31±9.9
Sc	7.8	7.7	6.8	7.7	7.8	7.56	19.5±5.2	14.8±1.7	8.0±1.1	6.0±1.4
Zr	171	172	175	128	175	164.2	96±20	229±27	179±33	298±80
Ti (%)	0.38	0.38	0.32	0.33	0.33	0.348	0.48±0.12	0.39±0.06	0.26±0.02	0.22±0.06
Pb	20	20	24	29	36	25.8				
Ba	1.3	1.2	1.1	1.8	1.8	1.44				
B	34	26	20	20	26	27.2				
Ga	21	20	11.5	17	17	17.3				
La	43	66	59	51	43.2	52.44	8.72±2.5	24.4±2.3	33.0±4.5	44.5±5.8
Ce	79.6	94	87	75	71.9	81.5	22.53±5.9	50.5±4.3	72.7±9.8	71.9±11.5
Pr	9.22	10.2	8.9	7.2	8.59	8.82				
Nd	33.2	40.0	38.0	32.0	30.8	34.8	11.36±2.9	20.8±1.6	25.4±3.4	29.0±5.03
Sm	6.04	8.10	7.10	5.90	6.17	6.66				
Eu	1.20	1.05	1.10	1.10	0.95	1.08				
Gd	5.46	5.90	6.20	4.70	4.53	5.36				
Tb	0.94	0.95	0.85	0.82	0.62	0.84				
Dy	5.96	5.90	5.10	4.70	4.23	5.18				
Ho	1.17	1.10	0.98	0.87	0.73	0.97				
Er	3.39	3.30	3.00	2.70	2.12	2.90				
Yb	3.00	2.90	2.80	2.70	1.74	2.63				
Lu	0.48	0.46	0.42	0.43	0.28	0.42				
Y	22.4	25	24	22	16.3	21.94				
ΣREE	193.16	240.32	220.91	189.55	175.25	203.8	58±10	146±20	186	210
δEu	0.65	0.47	0.51	0.64	0.56	0.57	1.04±0.11	0.79±0.13	0.60	0.56
LREE/HREE	8.2	10.5	10.2	9.9	11.1	10	3.8±0.9	7.7±1.7	9.1	8.5
(La/Yb) _N	9.5	15.1	13.9	12.5	16.3	13.46	2.8±0.9	7.5±2.5	8.5	10.8
La/Y	1.92	2.64	2.46	2.32	2.65	2.39	0.48±0.12	1.02±0.07	1.33±0.09	1.31±0.26
La/Sc	5.51	8.57	8.68	6.62	5.54	6.99	0.55±0.22	1.82±0.3	4.55±0.8	6.25±1.35
Ti/Zr	22.22	22.09	18.29	25.78	18.86	21.19	56.8±2.14	19.7±4.3	15.3±2.4	6.74±0.9
Sc/Cr	0.087	0.017	0.014	0.029	0.014	0.02	0.57±0.16	0.32±0.06	0.30±0.02	0.16±0.02
La/Yb	14.33	22.76	21.07	18.89	24.83	20.4	4.2±1.3	7.5±2.5	8.5	10.8

①样品由宜昌地质矿产研究所测试分析;

②据 M. K. Khatin 等 (1986), 转引自于在平衡^[1]。

数元素 Zr、V、Co 与活动陆缘型近似；而 Ti 及 Ti/Zr 值更接近于大陆岛弧型。

在 (Ti/Zr) - (La/Sc) 图解中 (图 4)，5 个样品皆投于 M. R. Bhatia 所圈定的 c (活动陆缘)、d (稳定陆缘) 区外右和上方，判别效果不佳，但亦显示出与二者 (活动陆缘与稳定陆缘) 的亲近关系。由上述微量元素判别参数的对比和图解特征可以看出，香山群砂岩主要表现为稳定陆缘型砂岩，兼有部分活动陆缘型砂岩特征，个别参数接近岛弧型。揭示物源亦具二元性，与常量元素判别效果一致。

(三) 稀土元素

沉积作用都是在一定的构造环境中进行的，不同的构造环境对沉积岩中的稀土元素分布的影响不同。Pohob 等 (1972) 详细研究了俄罗斯地台及高加索地槽沉积岩中的稀土元素分布特征结果表明，从优地槽向俄罗斯地台，在粘土中稀土总量逐渐增加，砂岩与粉砂岩则恰恰相反，稀土浓度逐渐降低。同时指出，在地槽区，由于强烈的火山活动，沉积分异作用弱，砂岩与粘土间稀土含量几乎没有差别；相反，在俄罗斯地台，由于构造条件稳定，稀土元素在砂岩与粘土间发生了强烈分异。M. R. Bhatia 等 (1985, 1986) 据澳大利亚东部 Tamworth、Hill End、Hodgkinson、Bendigo 和 Cookman 等几套古生代不同构造环境砂岩的研究，总结出大洋岛弧、大陆岛弧、活动陆缘和稳定陆缘砂岩的稀土元素地球化学特征。香山群砂岩稀土组成 (表 2) 与其比较，稀土元素总量较高，平均达 203.8×10^{-6} ，具明显的 Eu 异常 (平均 $\delta Eu = 0.57$)，LREE/HREE 平均为 10.0 (La/Yb)_N，平均为 13.46，表现为轻稀土富集型。这些特点与稳定陆缘型砂岩极为相似，唯 LREE/HREE 值更接近于活动陆缘型砂岩。其球粒陨石标准化稀土模式较接近于被动边缘型砂岩的稀土配分模式 (图 5)，具较典型酸性岩浆岩图谱型式，与贺兰山变质杂岩的稀土配分模式图亦接近，显示出香山群砂岩与贺兰山变质杂岩的亲缘关系，即后者为前者的主要物源区。

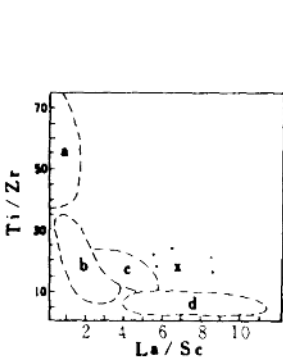


图 4 (Ti/Zr)-(La/Sc)图解

(据 Bhatia, 1985)

a—大洋岛弧；b—大陆岛弧；c—活动陆缘；
d—稳定陆缘；• 为香山群；x 为平均值

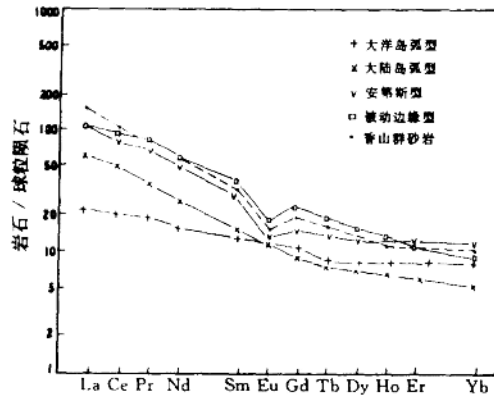


图 5 不同构造背景的杂碎砂岩的
球粒陨石稀土标准模式判别图

(据 Bhatia, 1985)

四、沉积-构造环境演化

区域资料综合研究表明,新元古代—早古生代,华北板块南缘处于拉张环境;中祁连与华北板块再次分裂拉开^①,陆壳解体,逐步发育成秦-祁-贺三叉裂谷系。其中,祁连、秦岭两支裂谷迅速开裂,发育成洋盆,分隔了华北与扬子两大古板块;发育较差的一支成为贺兰坳拉槽。在陆壳解体进程中,于裂谷三联点附近还残存一些微型陆块,如南华山-西华山-黄家洼山前寒武纪变质陆块。贺兰裂谷早期(震旦纪)表现为近岸裂陷充填,发育近岸扇或冰碛砾岩;寒武纪—早奥陶世表现为滨浅海陆源碎屑岩和碳酸盐岩沉积。中奥陶世早期转为斜坡重力流沉积(米钵山组);中奥陶世中、晚期裂谷强烈沉陷,沉积了香山群(中、下部)一套半深海-深海浊积扇复理石建造。拉张强烈时,发育成窄洋,形成微型扩张中脊,侵入了浅成拉斑玄武岩质辉绿岩,并与深海硅质岩共生(磨盘井一带),构成非典型的蛇绿岩建造^②。晚奥陶世,扩张迅速减弱,海水逐渐变浅,香山群上、顶部出现红色碎屑岩系,总体呈向上变粗层序,反映出一种浅水氧化环境,裂谷逐渐变成插入华北板块南缘的楔形夭折谷。在这板块离散的进程中,华北板块南侧,连同贺兰夭折谷一起成为新生的大西洋型(被动型)大陆边缘。

贺兰山-香山地区香山群大陆斜坡—深海盆地重力流沉积的复杂浊积扇状体,据区域资料,其头部约在贺兰山南段,物质来源,除贺兰山一带的就地崩解物外,大量碳酸盐岩的碎屑可能来自华北板块南缘浅海陆棚。扇体沉陷中心位于香山一带,大量陆屑,除主要源于稳定的华北板块古老结晶基底贺兰山群变质杂岩外,部分还源于邻近活动的南华山-西华山-黄家洼山元古宇海原群弧-盆沉积构成的微型变质陆块。这种物源的二元性,造就了香山群砂岩的地球化学特征,除主要具有与稳定构造环境(被动陆缘)砂岩特征相似外,还兼有部分活动构造环境的(岛弧/活动陆缘)砂岩特征。

奥陶纪末,香山群开始褶皱回返。至志留纪,仅在黑阴湾山南坡一带沉积了照花井组、旱峡组滨海陆源碎屑岩和碳酸盐岩。志留纪末,贺兰裂谷全面褶皱隆起,南华山-西华山-黄家洼山微型陆块与华北板块碰撞拼贴,其山麓地带或山间盆地广泛堆积了泥盆纪雪山群磨拉石建造。

参 考 文 献

- [1] 葛福臣等, 1989, 宁夏地质概论, 科学出版社。
- [2] 宁夏地矿局, 1990, 宁夏区域地质志, 地质出版社。
- [3] 阎志强, 1990, 宁夏晚寒武世重力流沉积及其大地构造背景, 宁夏地质, 第2辑。
- [4] 胡能高等, 1994, 贺兰山变质杂岩的组成及演化, 西安地图出版社。
- [5] Bhatia M. R., Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. Jour. Geology., 1991 (6): 611~629.
- [6] Roser B. P., Korsch R. J., Determination of tectonic setting of Sandstone-mudstone suites using SiO_2 Content and $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ratio Jour Geology., 1994 (5): 635~650.

① 据海原县等三幅 1:5 万区调报告、地质图说明书: 元古宙早—中期华北板块南缘曾经历过一次分裂-聚合运动。

② 李天斌, 1994, 中卫磨盘井辉绿岩、硅质岩特征及大地构造意义, 宁夏地质科技情报, 1~2。

- [7] 于在平等, 1991, 秦岭商丹缝合带变质砂岩地球化学特征及构造环境探讨, 地质论评, 第 37 卷, 第 6 期, 492~507 页.
- [8] 刘志刚等, 1992, 信阳群的解体及其大地构造意义, 地质论评, 第 38 卷, 第 4 期, 293~299 页.

宁夏同心县马家河湾清水河 全新世地层

李 天 斌

(宁夏地质矿产勘察院)

宁夏清水河源于六盘山,呈北北西流向,流经固原县、同心县到中宁县最终注入黄河,为宁夏境内黄河的一条重要支流。其河谷两侧广泛发育全新世冲积层,常构成二至三级阶地,地貌上呈平坦的冲积平原,分布面积广泛。

目前,我国全新世地层的划分多以孢粉带、气候期来进行组的划分,分为下、中、上三个组。相应的年代地层为下全新统(距今 10000~7500 a)、中全新统(距今 7500~2500 a)和上全新统(距今 2500 a 至今)^[1]。宁夏全新世地层,除下部由张国典于灵武县水洞沟剖面建立的灵武组^[2](相当于下全新统)研究较详细外,中、上部迄今未有详细研究成果的报道,以致宁夏与全国全新世地层不能系统对比。笔者在马家河湾幅 1:5 万区域地质调查中,对清水河全新世地层进行了全面系统的调查研究,于各级阶地及河漫滩中获得了极为丰富的孢粉。现据其岩性组合特征、接触关系及孢粉组合特征,将该套全新世地层三分,自下而上分别为灵武组、清水河组、马家河湾组(表 1)。

一、剖面叙述

宁夏同心县马家河湾清水河全新世地层剖面(图 1):

马家河湾组 (Qhm)		厚 > 6.3 m
7. 土黄、褐黄、褐灰色砂,砾石层		> 3 m
6. 土黄、褐灰色亚砂土,发育水平层理。产孢粉: <i>Artemisia</i> , <i>Chenopodiaceae</i> , <i>Salia</i> , <i>Compositae</i> 等(表 2, BF-5)		1.2 m
5. 土黄、浅褐黄色砂、砾石层,见不明显的平行层理		
第 7 层为河道沉积,5~6 层构成河漫滩。		2.1 m
----- 剥蚀面 -----		
清水河组 (Qhq)		1.2~6.6 m
4. 土黄、浅褐灰、浅褐黄色粉砂一砂砾石一粉质亚砂土。砂砾石层中见平行层理,砾石局部呈叠瓦状;粉砂层中发育水平层理。总体构成 I 级阶地。亚砂土中含大量孢粉: <i>Pinus</i> , <i>Compositae</i> , <i>Leantopodium</i> cf. <i>alpinus</i> 等(表 2, BF-3)		0.1~2 m
----- 剥蚀面 -----		

表1 宁夏清水河全新世地层划分及与华北地区对比表

地质年龄 _a	水洞沟 ^[2]			清水河			北京平原 ^(*)			华北平原 ^(1,3)						
	年代地层	岩石地层	沉积物	孢粉组合及 ¹⁴ C年龄	气候	岩石地层	沉积物	孢粉组合及 ¹⁴ C年龄	气候	岩石地层	沉积物	孢粉组合	气候			
2500	上全新统					马家河湾组	砂、砾、亚砂土	<i>Artemisia</i> <i>Chenopodiaceae</i> - <i>Salix</i> - <i>Compositae</i>	干旱	辛力屯组	粉砂、砂、砾、泥炭	<i>Pinus</i> 1750 a ± 150 a 2125 a ± 90 a	凉偏干	<i>Pinus</i> - <i>Betula</i> <i>Artemisia</i> - <i>Chenopodiaceae</i> - <i>Gramineae</i>	凉偏干	
						清水河组	砂、砾、亚砂土、粉砂	<i>Pinus</i> - <i>Larix</i> <i>Compositae</i> - <i>Lecanopodium</i> - <i>Chenopodium</i>	温暖偏干	西府组	淤泥、泥炭	<i>Pinus</i> - <i>Quercus</i> - <i>Betula</i> <i>Ulmus</i> <i>Juglans</i> 3055 a ± 55 a 4791 a ± 90 a 7495 a ± 110 a	温暖湿润	<i>Pinus</i> , 或 <i>Betula</i> - <i>Artemisia</i> - <i>Chenopodiaceae</i> - <i>Gramineae</i>	温暖湿润	
7500	下全新统	灵武组	细砂、粉砂、粘土、砂、砾、粗砂、砾	<i>Salvinaceae</i> - <i>Artemisia</i> - <i>Chenopodiaceae</i> - <i>Ephedra</i> 5940 a ± 100 a 8700 a ± 150 a	灵武寒冷期转暖	灵武组	粉砂、质土、细砂、土	<i>Pinus</i> - <i>Abies</i> - <i>Tsuga</i> - <i>Compositae</i>	寒冷干燥转暖	小王庄组	粉砂、砂、砾、泥炭	<i>Pinus</i> 或 <i>Pinus</i> - <i>Betula</i>	温干	吴桥组	砂质粘土、夹淤泥、泥炭	较干冷转温暖
10000																

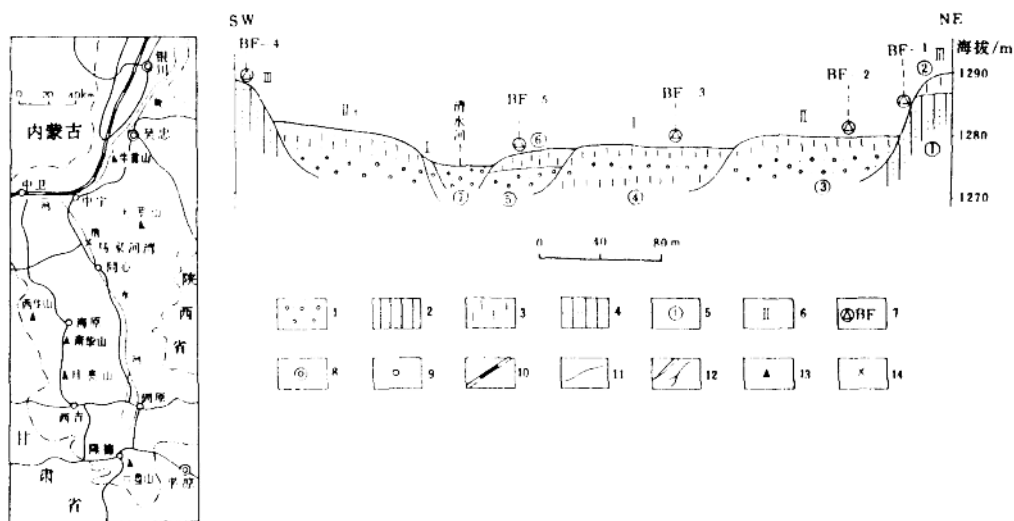


图1 马家河湾清水河全新世地层剖面及剖面位置(右)交通(左)示意图

1—砂、砾石；2—细砂土；3—亚砂土；4—粉砂质土；5—分层号；6—阶地编号；
7—孢粉产地及编号；8—市；9—县；10—铁路；11—公路；12—河流；13—山峰；14—剖面位置

3. 土黄、浅褐黄色砂砾石—亚砂土向上变细层序，构成Ⅱ级阶地。上部亚砂土厚0.5~1.7 m，发育水平层理，产丰富的孢粉：*Pinus*, *Compositae*, *Leantopodium* cf. *alpinus* Cass, *Larix*, *Chenopodium* 等（表2，BF-2）。 1.1~4.6 m

----- 剥蚀面 -----

灵武组（Qh₁） >6.8~10.0 m

2. 土黄色粉砂质土，无层理，多孔隙。含孢粉：*Pinus*, *Compositae*, *Leantopodium alpinus* Cass等（表2，BF-4） 0.3~3.5 m

1. 土黄、浅褐黄、褐灰色粉砂质土—细砂土，多块状层，微见水平层理。含丰富的孢粉：*Pinus*, *Abies*, *Tsuga*, *Compositae* 等（表2，BF-1）。 >6.5 m

1~2层一起构成Ⅲ级阶地，未见底。

表2 宁夏同心县马家河湾清水河全新世剖面孢粉统计表^①

样品编号及层位	BF-1 Ⅲ级 阶地	BF-2 Ⅱ级 阶地	BF-3 Ⅰ级 阶地	BF-4 Ⅲ级 阶地	BF-5 河漫滩
孢粉总数	275粒	132粒	154粒	71粒	
藻类含量及名称	2.91%	0.76%	3.24%	6粒	
<i>Granoreticella naribilis</i> Jiabo 变异粒网球藻	1.82%	0.76%	1.24%	3粒	
<i>Verruosphaera tuberculata</i> Jiabo 细瘤球藻	0.72%		1.24%	2粒	
<i>Tenua biarnatis</i> subsp <i>biornatis</i> Jiabo 双饰薄状双亚种				1粒	

续表

样品编号及层位 孢 粉	BF-1 Ⅱ级 阶地	BF-2 Ⅰ级 阶地	BF-3 Ⅰ级 阶地	BF-4 Ⅱ级 阶地	BF-5 河漫 滩
<i>Dictyotidium sporelatum</i> Jiabo 刺网面球藻	0.36%		0.65%		
蕨类植物孢子含量及名称	2.91%	4.55%	3.24%	3粒	
<i>Asplenium bapense</i> Ching			0.65%		
<i>Osmunda</i> sp. 紫萁蕨属 (未定种)	0.36%	1.51%	0.65%		
<i>O. cinnamomea</i> L. 分株紫萁	0.36%	0.76%			
Polypodiaceae 水龙骨科			0.65%		
<i>Pteris</i> sp. 凤尾蕨属 (未定种)	0.36%				
<i>P. morii</i> Masamune 拟凤尾蕨	0.36%				
<i>Toropteris</i> sp. 具唇孢属 (未定种)		0.76%			
<i>Lycopodium</i> sp. 石松属 (未定种)	0.36%		0.65%		
<i>L. complanatum</i> L. 地刷子				2粒	
<i>Lygodium</i> sp. 海金沙属 (未定种)	0.36%				
<i>L. filicissm</i> Sw. 曲轴海金沙		0.76%			
<i>Botrychium</i> cf. <i>Lunaria</i> (Linn) Sw. 扇羽阴地蕨	0.36%				
<i>B. alpinus</i> Cass 高山阴地蕨				1粒	
<i>Triletes</i> sp. 三瓣孢属 (未定种)			0.65%		
<i>Onoclea sensibilis</i> L. var. <i>intermedia</i> Maxim 球子蕨变种	0.36%				
<i>O. sensibilis</i> L. 球子蕨		0.76%			
裸子植物花粉含量及名称	84.36%	58.33%	53.26%	41粒	
<i>Pinus</i> sp. 松属 (未定种)	29.82%	34.01%	49.48%	10粒	0.6%
<i>P. densata</i> Mast 西康油松				3粒	
<i>P. sylvestris</i> L. 欧洲赤松	12.36%	2.27%	3.90%	6粒	
<i>P. sibirica</i> (Rupr) Mayr 西伯利亚松	2.18%	0.76%	3.90%		
<i>P. sibirica</i> Mayr 西伯利亚松				1粒	
<i>P. liaotungensis</i> Liaur 辽东松	0.72%		3.25%		
<i>P. nigra</i> Ar Arnold var. <i>Pinetiana</i> Aschers et Groebn 黑松					
<i>P. densiflora</i> S. et Z. var. <i>liaotungensis</i> 日本赤松变种			0.65%	1粒	
<i>P. koraiensis</i> Seib 红松	2.18%				
<i>P. pinex</i> L.				1粒	
<i>P. parviflora</i> (Pall) Mnyr 偃松	3.27%				
<i>P. tabulaeformis</i> Carr 油松			3.25%		
<i>P. armandi</i> Franch 华山松	0.73%	9.85%			
<i>P. massoniana</i> Lamb 马尾松	0.73%	0.76%	3.90%	1粒	
<i>P. cf. huangshauensis</i> Hsia 黄山松				2粒	