

“中国地震活断层探索——南北地震带北段”项目资助出版

一个自主创新的 地震预测思路

——走向天地生人综合研究

徐道一 著

地震出版社

“中国地震活断层探索——南北地震带北段”项目资助出版
徐道一 1957 ~ 2014 年论文选集

一个自主创新的地震预测思路

——走向天地生人综合研究

徐道一 著

地震出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

一个自主创新的地震预测思路: 走向天地生人综合研究/徐道一著.

—北京: 地震出版社, 2016. 3

ISBN 978-7-5028-4541-4

I. ①—… II. ①徐… III. ①地震预测—文集 ②地震预报—文集 IV. ①P315.7—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 000229 号

地震版 XM3768

一个自主创新的地震预测思路——走向天地生人综合研究

徐道一 著

责任编辑: 樊 钰

责任校对: 李 珩 刘 丽

出版发行: 地震出版社

北京市海淀区民族大学南路 9 号

发行部: 68423031 68467993

门市部: 68467991

总编室: 68462709 68423029

E-mail: 68462709@163.com

http: //www. dzpress. com. cn

邮编: 100081

传真: 88421706

传真: 68467991

传真: 68455221

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京地大天成印务有限公司

版 (印) 次: 2016 年 3 月第一版 2016 年 3 月第一次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

字数: 1255 千字

印张: 49

印数: 0001 ~ 1000

书号: ISBN 978-7-5028-4541-4/P (5233)

定价: 200.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

目 录

1	志留系	1
2	电子计算机与地质学	12
3	数理统计在地质学中的应用	15
4	数学方法在地层和地质构造研究中的某些应用	19
5	中国大陆年地震趋势的多因子综合预报	30
6	宇宙因素与地震	41
7	地震活跃期的宇宙背景条件	50
8	天文地质学的若干问题 (摘要)	54
9	明清宇宙期	59
10	月球和类地行星的化学成分的统计分析	68
11	Abundance variation of iridium and trace elements at the Permian/Triassic boundary at Shangsi in China	76
12	中国大陆巨震和大震活动的分布	81
13	陆相和海相地层的天文对比方法	84
14	论古生物的抗灾变能力——古生态研究的一个新领域	92
15	中国文化传统与自然科学基本研究方法	103
16	Significance of a $\delta^{13}\text{C}$ anomaly near the Devonian/Carboniferous boundary at the Muhua section, South China	107
17	论地质灾变的哲学意义	111
18	Three Main Mass Extinction—Significant Indicators of Major Natural Divisions of Geological History in the Phanerozoic	116
19	地球、月球与类地行星的地质构造比较及其意义	127
20	中国天文地质事件研究进展	134
21	天地生各种现象的主周期序列及其重要意义	146
22	古生物大量灭绝——地质历史发展阶段划分的基本标志	152
23	唐山地震前浅井水位的趋势面分析	162
24	《周易》与现代自然科学	166
25	黄河下游减灾综合研究的重要意义	171
26	地球系统科学——一门新的综合学科	173
27	天地生综合研究的重要意义	179
28	从现代物理、系统科学看中国大地震预报研究的战略思想	184
29	严重自然灾害群发期与社会发展	190

30	太极序列·灾变·渐变·····	192
31	太极序列是现代自然科学通向《周易》的一个桥梁·····	195
32	略论毛泽东思想的第三个来源·····	200
33	中国大陆8级地震的有序性——一种新的预测方法·····	205
34	关于90年代有可能发生8级地震的预报意见·····	216
35	中国传统文化精华的现代意义·····	217
36	地球科学不仅是牛顿科学的科学，更是系统科学的科学·····	221
37	Carbon isotope and iridium event markers near the Permian/Triassic boundary in the Meishan section, Zhejiang Province, China ·····	222
38	天地生人系统观与太极序列·····	229
39	中国哲学思想在科学中的应用·····	233
40	Scientific Significance of Chinese Traditional Thought for Improvement of the Relationship Between Human Beings and Nature in China ·····	236
41	地震决策过程的一些思路·····	243
42	磁暴与大地震的跨越式关系探讨·····	247
43	试论干支60年“周期”与大地震等自然灾害的关系·····	253
44	新疆大地震的时间有序性初探·····	261
45	Spatial Ordering of $M \geq 8$ Earthquakes in the China Continent and Its Adjacent Areas ·····	269
46	Some Considerations on Earthquake Prediction Decision Process ·····	278
47	为什么我们要转变预报地震的思路·····	283
48	Jumping-over Relation Between Magnetic Storm and Earthquake and the Great Earthquakes in Japan During 1993 – 1995 ·····	286
49	试论阴阳是对待的统一·····	292
50	Equidistance Ordering of Large Earthquakes in North China ·····	298
51	初论地质信息有序系列·····	308
52	Equidistance Ordering of Large Shallow Earthquakes ($M \geq 7.5$) in Japan Since 1890 ·····	318
53	On The Network Features of Large Earthquake Occurrences That Appear in the Spatio-Temporal Distribution ·····	320
54	Spatiotemporal Ordering of Great Earthquakes ($M \geq 8.0$) in Asia During 1934 – 1970 Years ·····	322
55	Equidistant Ordering of Shallow Earthquakes ($M \geq 7.5$) in and Around Japan Since 1890 ·····	334
56	地质灾变现象的哲学意义·····	352
57	科学预测与预测科学——翁文波院士学术思想初探·····	356
58	试论超大型矿床的空间等距有序性·····	362
59	兴都库什大地震 ($M \geq 7$) 的时间有序性及其动力学意义·····	365
60	论科学与道德·····	371

61	Equidistance Ordering of Large Earthquakes in the Aegean and Surrounding Areas	375
62	复杂性科学: 21 世纪的科学	385
63	大地震发震时间二倍关系探讨	388
64	从 1999 年 4 月 8 日吉林深震看地震趋势	396
65	传统文化与现代科学冲突和互补是 21 世纪主旋律	400
66	传统的“和”概念与当代“多样性”概念的崛起	404
67	亚洲大地震的时间有序性与沙罗周期	408
68	世纪之交看地震预测的争论	416
69	从大地震形成的网络性质看地震预测的争论	418
70	沙罗周期、8 级大地震与太极序列	420
71	预测 20 世纪 90 年代中国大陆 8 级大震的成果及其理论意义	423
72	大地震发生的网络性质——兼论有关地震预测的争论	430
73	The Network Features of Large Earthquake Occurrence and Continental Tectonics in Asia	438
74	有关地球科学创新的几个问题	440
75	一阴一阳之谓道——试论依法治国、以德治国的对待统一	444
76	周易与 21 世纪科学	449
77	试论周易与持续发展	455
78	要尊重科学,但不能有科学主义思想	460
79	《周易》与科学的一些基本概念的比较研究	464
80	太极序列和它在中国 8 级地震预报中的应用	471
81	关于北京“非典”疫情预测小结	475
82	“不能有科学主义思想”不是反科学口号——初答赵南元教授	478
83	青藏高原的剧烈隆起对中华文明产生的影响	483
84	从《归藏》发展到《周易》的启示	495
85	试论“系统”和“网络”的异同	500
86	天地生人网络研究的新方法——实例和认识	503
87	2001 年 11 月 14 日新疆 8.1 级地震的预感及其预测意义	508
88	中国大陆 8 级巨震的时间信息有序性及其预测意义	512
89	李四光先生的学术成就和学术思想——纪念李四光院士诞辰 115 周年	517
90	2003 年 9 月 27 日俄蒙中边界 7.9 级地震的中期预测及其重要意义	522
91	中国自然科学应选择“和实生物”的发展道路	529
92	中国大陆的巨震活动有可能趋向平静	532
93	周易·科学·21 世纪——实例和认识	537
94	试论中华传统思想在当代科学中的应用	544
95	从大地震的时间有序性看时间的另一属性	548
96	天文地层学的兴起	553
97	试论中国地震预测研究的战略特色	558
98	中国传统文化对地球科学自主创新的启示	562

99	自组织网络与灾害链研究·····	567
100	《周易》的“时”和科学的“时间”的比较研究·····	571
101	中华传统文化对 21 世纪社会的影响将十分深远·····	575
102	陆相沉积的天文地层研究方法简介——以井下地层为例·····	581
103	巨震连发期与气温寒冷期的对应关系·····	599
104	建设多元化地学文化的几点思路·····	602
105	少奇同志教导记心头·····	607
106	为什么说大地震是有可能预测的·····	611
107	从对农业的认识看我国经济发展方式的转变·····	618
108	灾害链演变过程的似序参量·····	622
109	以中华传统文化感悟 21 世纪健康之路·····	628
110	节能减排与煤地下气化的战略开发·····	639
111	汶川巨震印度尼西亚巨震及其与青藏滇缅印尼歹字型构造体系的关系·····	645
112	信息有序性方法及其大地震预测意义·····	651
113	21 世纪初全球巨灾群发期的认识及其预测意义·····	655
114	Self-organized Ordering of Earthquakes ($M \geq 8$) in Mainland China·····	658
115	对当前全球重大灾害的认识及其现实意义·····	666
116	歹字型构造体系在地震预测中的应用·····	674
117	The Relations of $M_w 9.0$ Earthquake in Japan to Other Great Shocks in Asia and Their Interpretations·····	684
118	对日本 9 级地震的中期预测及其依据·····	687
119	2013 年 4 月 20 日芦山大地震中期预测的初步回顾和评述·····	694
120	在日本 9 级地震预测中取象比类方法的应用·····	703
121	从因果性走向相关性的科学思维变革趋势——读《大数据时代》一书的 一点启示·····	708
122	开展生态文明建设的战略思考——生态环境问题的转折点·····	713
123	对具有中国特色的减灾研究的几点思考·····	717
附录一 РАННЕПАЛЕОГЕНОВЫЕ ОСТРАКОДЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА·····		724
附录二 1957 ~ 2014 年著作、论文、短文目录·····		736

志 留 系^{*}

以往的地质工作者常把祁连山中一套巨厚的板岩、千枚岩、硬砂岩等变质岩系划为志留纪，泥盆纪或下古生代，统称为“志留泥盆纪”，因此有必要把前人对泥盆纪的看法也简单介绍一下。

19 世纪末，B. A. 奥勃鲁契夫，曾在祁连山西部东大窑附近所谓“南山系”的砂岩中找到一些化石，经鉴定有：*Spiriffer elegans* Stein, *S. anosoffi* Verneuil, *Rhynchonella aliensis*, *Atrypa alinensis* Vern 等，定为泥盆纪。1934 年，侯德封、孙健初在古浪、武威南山系上部灰白色砂质岩层中觅得两块珊瑚化石，经计荣森鉴定为 *Pachypora* sp. 和 *Favosites* sp.，时代只能大致定为下石炭纪前或泥盆纪，侯德封、孙健初根据化石和其层位在石炭系之下，定南山系上部可能为泥盆系，下部则可能为志留系，或更老。自此以后，南山系被认为是志留-泥盆纪或包括下古生代地层。1936 年，孙健初将南山系划分为古浪系（志留-泥盆纪）和青石岭系（泥盆纪）；前者为暗绿色硬砂岩、千枚岩，上部夹石灰岩，后者为绿色、红色板岩、硬砂岩等；这种划分并无化石根据。至 1942 年，孙健初又提出因青石岭系和古浪系二者的关系未完全明确，将二者合并为“祁连山系”，定为中下古生代。

1945 年，王尚文在北祁连山西段工作时，建立“泉脑沟系”一名，定为志留系。他将在旱峡出露的紫红色石英粉砂岩称为“旱峡系”，根据 B. A. 奥勃鲁契夫在东大窑附近找到了所谓泥盆纪化石这一可疑的发现，定旱峡系为泥盆纪沉积。这一分类以后为地质工作者广泛应用。1948 年，李树勋对南山系重行划分，提出“古浪灰岩”一名，定为泥盆纪产物，其下岩层就推论为志留系，均无化石根据。

1947 年，尹赞勋和王尚文在玉门南山发现笔石二处：一属下志留纪晚期，一属中志留纪初期。此为第一次可靠标准化石的发现。1950 年，杜恒俭鉴定了几块珊瑚化石，属于志留纪的化石有：*Favosites forbesi* E. et. H. 和 *Dinophyllum* sp.，采自玉门俄博西沟和旱峡，此为第一次关于祁连山志留系中珊瑚化石的报道。

近几年来，宋叔和（1955 年）、冯景兰、刘宝珩（1958 年）在研究白银厂及其周围地质以后，都认为祁连山中一套浅变质岩石是由志留-泥盆纪地层组成。宋叔和认为：志留纪地层下部为钙质千枚岩夹薄层石英岩；中部为绿色钙质千枚岩夹中厚层石英岩层，上部为黑色千枚岩绿色板岩等。泥盆纪地层则为由凝灰质千枚岩、石英岩、硬砂岩和变质火山岩系组成。定为志留纪和泥盆纪的根据是和玉门含笔石地层的对比。

1955 年，侯德封、张文佑、陈庆宣、穆恩之在窟窿山口观察，认为该处旱峡系不整合覆于千枚板岩系之上。

1956 年，俞昌民在鉴定了穆恩之采自玉门一带属于泉脑沟系的紫红色、绿色石英粉砂岩层中的珊瑚化石后，认为应属于中志留纪，而 *Palaeofavosites hanhsiensis* Yü 在旱峡系中的

^{*} 本节引言部分及小结部分由徐道一执笔。见：《祁连山地质志》，第二卷，第一分册，科学出版社，1963：128 ~ 136，148 ~ 152。

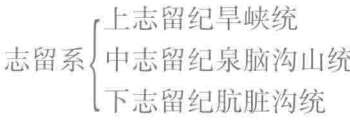
发现可能表示早峡系中可能包含一部分志留纪地层，但俞昌民未下确切的结论。1958 年，郭勇岭、甘克文在祁连山以东中宁野猪沟发现含 *Favosites* sp. 和 *Dalmanella* sp. 化石的中志留系。

由上述看来，过去在祁连山西部发现了一些笔石和珊瑚化石，而地层顺序还不清楚。祁连山东部则没有发现化石，主要依靠和西部对比；因此，造成一些地层系统的混乱现象。

经过三年来的工作，对于志留系有一些比较明确的认识。志留系一般未经变质，或只受很轻微的区域变质，分布只局限于北祁连山加里东褶皱带北边，为一狭长的北西西方向延伸带状。西边起自昌马以东，在肮脏沟、早峡、窟窿山口、石油河、白杨河一带发育十分良好，一般出露宽约 3~4km，出露最宽处在肮脏沟可达十几千米。往东北大河一带未见，可能被新地层掩盖，肃南一带重又出现，再往东志留纪地层因找到化石不多未能确定。北祁连山西段志留系的南界常与奥陶系呈断层接触，或中间隔以较新的地层；其北界已接近祁连山和走廊交界，常为中新世地层掩盖。

在北祁连山西部志留系发育很好，化石丰富，我们作了比较详细的地质工作，特别是早峡—肮脏沟、窟窿山口一带。在 1956 年路线地质工作的基础上，1957 年和 1958 年有小队专门在这一带进行地层工作，测了详细的地层剖面，采得大量的化石，在肮脏沟、早峡之间发现了完整的志留系标准剖面，对志留系的了解比较清楚。其他地区如白杨河、肃南、互助、门源、永昌等地对志留系只是作了一般性的区域地质工作，可供对比。

志留系的划分主要根据祁连山西部玉门县泉脑沟山的标准剖面。根据笔石、珊瑚等化石建议把志留系分为三统；自上而下为：



早峡统、泉脑沟山统、肮脏沟统三者的接触关系都是逐渐过渡的整合关系。志留系与下伏奥陶系为不整合。

王尚文的“泉脑沟系”，仅属中下志留系。

泉脑沟系标准地点在玉门县积阴功台西南的泉脑沟，这里中、下志留系为断层接触，地层出露不全，不足以作为标准；再使用“泉脑沟系”这一地层名词已感到不便，故建议废除“泉脑沟系”一名，而改用国际统一命名志留系。中、下志留系分别用泉脑沟山统和肮脏沟统代表。

早峡统由“早峡系”改来。王尚文定“早峡系”为泥盆纪，但现在发现“早峡系”仅属上志留纪，早峡系亦相应改为早峡统。

肮脏沟统、泉脑沟山统、早峡统三统的划分，都根据玉门县的泉脑沟山剖面。

综合各地区的志留纪地层资料，分统叙述。有关各地区志留系的详细情况、剖面、岩性描述见所附各地区的志留系。

下志留纪肮脏沟统

肮脏沟统主要分布在北祁连山西段，往东因无化石，很难和中志留系划分开来，岩层大致也呈北西西方向延伸，岩性横向变化较大，厚度也随地而异。

肮脏沟统的标准地点在玉门肮脏沟，它的划分根据泉脑沟山剖面，在此剖面上肮脏沟统上部发育齐全，化石丰富。肮脏沟统下部在泉脑沟山剖面上出露很少，但在剖面之北、肮脏沟以东发育良好。地层层序清楚，出露最厚。故以肮脏沟命名此统。

肮脏沟统可细分上、下二部：下部主要是绿色砂岩、灰绿色页岩、灰绿色中厚层砾岩。砾岩一般层厚在十几米至数十米，质很坚硬，砾石大小悬殊，大者 5~10cm，砾石成分十分复杂，有千枚岩、板岩、石英岩、灰岩、火山岩、砂质岩、花岗岩等，其中花岗岩砾石数量较少。这些砾石分属于寒武纪、奥陶纪或更老的岩石。厚度估计约 800m 以上。

肮脏沟统上部是灰蓝色、灰色厚层中粒砂岩、粉砂岩和灰黑色板岩、灰绿色页岩成互层，夹有黄色中粒砂岩、细砂岩、页岩等，底部也有数层不厚的砾岩。砂质和泥质约略各占一半，砂岩颗粒中石英占绝对优势，长石很少，分选均匀，显系在较平静的环境下形成，厚 1800m。在页岩和砂质页岩中，富含笔石化石。此层在泉脑沟山剖面上和北石门子—泉脑沟山—早峡剖面上发育完整，化石丰富，除砂岩外其余各层几乎都含笔石。化石重要的种属有：*Streptograptus crispus* Lapworth, *Retiolites geinitzianus* Barrande, *Monograptus turriculatus* (Barrande), *Monoclimacis vomerina* (Nicholson), *Monoclimacis griestoniensis* (Nich), *Monograptus priodon* (Bronn), *Demirastrites spiralis* (Geinitz), *Pristiograptus cf. regularis* Tornquist 等。这些大部分都是下志留系上部的标准化石，有的还是分带标准化石。笔石带分带与英国标准笔石带相对比，可分为：*Spirograptus tusiculatus* 带（第 24 带），*Streptograptus crispus* 带（第 25 带），*Monoclimacis griestoniensis* 带（第 26 带）和近于下志留系顶部的 *Monograptus crenulatus* 带（第 27 带）。如此，肮脏沟统上部可确定为下志留系上部无疑。没有发现属中志留纪的笔石，这说明恰是在下志留纪末生物群和沉积环境有了变更，这和中国南部一般中志留纪与下志留纪的情况亦吻合。因此，可根据笔石的出现定为下志留纪，珊瑚等壳相化石的出现定为中志留纪。但不能根据砾岩的出现与否来区别是肮脏沟统上部或下部。肮脏沟统共厚约 2600m。

虽然未发现下志留系下部的笔石，但是在已找到的含笔石的岩层之下，还有数百米厚的砂岩、砾岩、页岩，其时代就应为下志留纪下部，也可能产笔石，这应值得今后工作者注意。

由肮脏沟往东至积阴功台，在泉脑沟仅有肮脏沟统上部出露，岩性主要是灰色、灰绿色薄层页岩和黄色细粒中粒砂岩，中夹有砾岩。砾石成分主要为石英，次为砂岩及页岩团块，砾石较圆滑，大小悬殊，与泉脑沟山统为断层接触。肮脏沟统出露厚度仅 600 余米。尹赞勋、王尚文以前在此地曾采得笔石化石 *Monograptus crispus*，定为下志留系上部，此次工作中采得笔石有：*Monograptis* sp., *Streptograptus* sp., *Demirastrites* sp., *Petalolithus tenuis* Elles et Wood 等，亦为下志留系上部。

往东至西哈拉子沟和白杨河亦仅有肮脏沟统上部，在西哈拉子沟以前尹赞勋、王尚文在黄灰色砂质页岩中找到有 *Monograptus vomerinus*（新变种），*Custograptus* sp. 及 *Retiolites* sp.，定为中志留纪初期。由岩性看来似早志留纪而 *Monograptus vomerinus* 近来都放在下志留系上部，推想这仍应属于肮脏沟统。在白杨河天生圈的志留系中亦有笔石化石：*Monograptus cf. revolutus* Kurck., *Monograptus* sp. 等，亦为下志留系上部。肮脏沟统下部的砾岩、砂岩等，在泉脑沟山以东地区未见。

白杨河以东地区中没有找到过早志留纪的笔石化石，肮脏沟统也就难以确切肯定。

在窟窿山口沟东出露一套灰绿色千枚岩、黑色板岩、中夹碎屑灰岩，厚逾千米，中有小型闪长岩体侵入，对这套岩系的时代有争论。李荫槐等认为应属早志留纪，并认为流水沟的火山岩也亦应为早志留纪产物。但也有人认为（徐道一）这套千枚岩板岩应为前志留纪的。肮脏沟统在窟窿山口缺失或大部缺失。

在上述这些地区见到肮脏沟统和奥陶系的接触都为断层接触，但是根据志留系的岩相、建造、变质作用和海浸不整合、具底砾岩等特点认为肮脏沟统与下伏奥陶系为不整合关系（详细论证见后）肮脏沟统和上复中志留纪泉脑沟山统的接触关系非常清楚，为连续过渡的整合关系。

肮脏沟统下部的砾岩在肮脏沟地区最为发育，分布成南北向，在泉脑沟山以东则不见出现。从分布上看来，大致成为一冲积锥，或冲积锥的一部分。砾岩的层位有向上移动的趋势，在泉脑沟，肮脏沟统上部出现有砾岩，再东至流水沟则更在泉脑沟山统中出现砾岩。肮脏沟统上部在此处亦部分缺失。自妖魔山再东在西哈拉子沟、白杨河则又出现肮脏沟统上部，白杨河肮脏沟统上部无砾岩。肮脏沟统厚度有由肮脏沟向妖魔山变薄的趋势。

肮脏沟统的沉积物由下部往上颗粒变细，由砾岩为主变为砂岩为主。下部砾岩砾石成分复杂，具底砾岩性质，往上则变为灰色黄色中粒砂岩，成分比较单纯，分选也好，二者显然不同。它代表奥陶系经地槽中期褶皱后，在山前形成的拗陷中最初阶段的沉积。至早志留纪后期随着地形高差的降低，陆屑变细使沉积物由粗变细。

中志留纪泉脑沟山统

泉脑沟山统分布较肮脏沟统广泛，西至肮脏沟东大窑以西，往东一直延展至白杨河。在肃南、金佛寺一带又重新出现，再东分布情况不清；但在祁连山东段中宁以南的野猪沟一带，又有中志留系出现。说明泉脑沟山统在祁连山北坡应为一条带状由西向东延伸。

泉脑沟山统标准地点在肮脏沟与旱峡之间的老沟山，它的划分根据泉脑沟山剖面，时代定为中志留纪温洛克世。张文堂等又根据北石门子—泉脑沟山—旱峡剖面把此剖面上第 65~86 层划为温洛克统下部，第 87~98 层相当于温洛克统上部。这主要是根据珊瑚化石确定的，在岩性上要区分泉脑沟山统上、下部比较困难。

泉脑沟山统主要是由绿色、紫色、灰绿色砂岩、粉砂岩与砂质页岩的互层夹灰色泥灰岩，交替成互层，岩石没有变质。沉积物主要特点是以泥质和粉砂质为主，并含有钙质。

岩性在纵向上变化频繁，由粉砂岩—页岩—灰岩组成一个个沉积旋回。由下而上，沉积物由粗变细，钙质由少变多至晚期时钙质最多，形成灰岩也最厚，至末期时又迅速减少。横向变化由泉脑沟山往东至妖魔山有厚度减小的趋势，在泉脑沟山统下部出现了砾岩，过妖魔山再往东则砾岩又消失。

在泉脑沟山统中化石特别丰富，主要产于泥质石灰岩中，此石灰岩有时几乎全由化石组成。化石种类十分繁多，计有珊瑚、腕足类、腹足类、三叶虫、头足类、苔藓虫类、海百合茎等。其中以珊瑚、腹足类、海百合茎的化石最多，腕足类、苔藓虫次之。珊瑚以群体珊瑚为主，重要化石珊瑚有：*Favosites forbesi* Edward & Haime, *Favosites cf. gotlandicus*, *Multisolenia* sp., *Tryplasma* sp., *Palaeofavosites* sp., *Halysites* sp., *Nanshanophyllum* sp., *Syringopora cf. birureata*, *Thamnopora* sp., *Heliolites* sp., *Mesofavosites* sp., *Subalveolites* sp. 等；腹足类

有：*Hormotoma* sp. 等；腕足类有：*Eospirifer* sp. , *Pentamerus* sp. , *Crispella* sp. 等；头足类有：*Orthoceras* sp. , *Paramenoceras* sp. 等。根据化石可确定泉脑沟山统属中志留纪温洛克世。化石在泉脑沟山统的上部最丰富。

其中值得注意的有头足类 *Orthoceras* sp. , *Paramenoceras* sp. , 这在流水沟和泉脑沟山剖面上都有发现, 数量不多。此化石一般在华北、东北都产于奥陶系, 但此两属亦可延至志留纪, 现在泉脑沟山统中的发现说明在祁连山不能以这二化石来定奥陶纪, 这在野外工作中应加注意。

另外, 应注意到 *Favosites* sp. 各处都有, 但 *Pentamerus* sp. 只在窟窿山口流水沟一带发现, 和珊瑚共生, 而完全不见 *Eospirifer* sp. 等腕足类; 相反 *Eospirifer* sp. 等腕足类在老沟山肮脏沟都有发现, 而 *Pentamerus* sp. 却不见。由此说明两地的古地理情况不一样, 两个不同的环境适宜于不同的生物生长。从岩相的分析也完全证明两地是不同的环境。

泉脑沟山统中全为壳相化石, 化石极为丰富, 但却无笔石。在肮脏沟统中则笔石极为丰富, 而腹足类、珊瑚却没有。在岩性上, 自泉脑沟山统起出现钙质夹层, 这样在生物和岩相上的差别作为中、下志留系的分界是理想的。这与我国湖北、贵州、云南的中、下志留系的划分亦相符合。

在泉脑沟山统的紫色页岩或砂质页岩的层面上也常有波纹、雨痕等现象, 与早峡统中产出一样, 有时在绿色砂质页岩的层面上也有。

泉脑沟山统在肮脏沟两侧十分发育, 向南一直至南石门子以北, 到处都为红绿相间的粉砂岩及页岩, 中夹生物灰岩, 化石也遍地皆是。肮脏沟以西至昌马盆地东缘, 泉脑沟山统大批出露。自肮脏沟往东经早峡、窟窿山口、西哈拉子沟、石油河, 一直延伸到白杨河, 都有泉脑沟山统出露, 岩性大致和老沟山相似。唯在流水沟、风沟一带, 泉脑沟山统中出现了砾岩, 在产 *Encrinurus* sp. 和 *Pentamerus* sp. 的砂岩、页岩和泥灰岩的互层中夹有砾岩, 砾岩厚约数十米一层, 砾石成分随其下出露奥陶系的岩性而变异, 一般以石英、红色绿色碧玉和岩屑等为主。此砾岩和肮脏沟统的砾岩岩性上有些相似, 但在层位上则显然不同, 应属于中志留纪。泉脑沟山统上部的岩性基本上和标准的泉脑沟山统上部的岩性近似, 代表后期海水广布, 沉积环境差异趋于缩小。

在流水沟可见到早峡统与泉脑沟山统呈连续沉积, 在其东的红沟亦可见到早峡统与泉脑沟山统呈连续的沉积。因此, 在窟窿山口早峡统与泉脑沟山统呈连续沉积。

流水沟的泉脑沟山统之下, 缺失肮脏沟统或至少有部分缺失, 在泉脑沟山统中出现砾岩; 在平面上, 上奥陶纪南石门子统围绕志留系分布, 而泉脑沟山统成一向斜位于其上。因此, 在流水沟泉脑沟山统可能为海浸不整合覆在奥陶系之上。特别值得注意的是: 大片出露的志留系限于妖魔山以北, 但奇怪的是在妖魔山主峰南麓有一小块的泉脑沟山统, 长约 1km 多, 宽约 300m, 孤立出现于妖魔山灰岩中, 岩性主要是绿色紫红色砂岩、页岩中夹泥灰岩, 产 *Pentamerus* sp. , *Favosites* sp. 等化石, 和流水沟的泉脑沟山统相同, 亦缺失肮脏沟统。此小块的泉脑沟山统, 面积虽小, 意义却大。说明是在海浸时海水侵入陆地中比较低凹的地区, 它和其下的妖魔山统呈海浸不整合接触关系, 在古地理上可指示当时海岸线的大致位置。类似的情况在白杨河、喇叭泉、大西沟、北岔亦可见到, 有几个小面积的泉脑沟山统以海浸不整合覆于奥陶系上。

在肃南, 可能有泉脑沟山统, 未找到化石。

再东,关于泉脑沟山统的报道就没有了,到祁连山以东中宁一带才有发现,这儿中志留系厚度仅数十米,产 *Halysites* sp., *Favosites* sp., *Dalmanella* sp., *Coronocephalus* sp. 等化石,可与泉脑沟山统相对比,这证明泉脑沟山统虽未在祁连山东部发现,但肯定存在过。

从以上几地区看来,泉脑沟山统与上覆的早峡统及下伏肮脏沟统呈连续沉积,在某些地区(窟窿山口,白杨河)以海浸不整合覆于奥陶系之上。

泉脑沟山统应代表志留纪海浸最大时的沉积,沉积物的颗粒细、均匀,成分纯净。说明沉积环境的平静,陆地地形经长期侵蚀已经高差不大,使陆屑颗粒变细,又经过长期的搬运和良好的分选作用才沉积下来。

珊瑚和其他生物的繁殖说明在浅海环境下靠近海岸,海水不深、温暖,海底上有不厚的泥质钙质层,特别适合于生物的生长发育,使各种生物大量繁殖。

泉脑沟山统的厚度在祁连山西部泉脑沟山一带最厚可达 1160m,向东逐渐变薄,且在流水沟一带出现砾岩层。说明西部海水较深,地形上较低凹,往东海水较浅,接近陆地,海底地形较为隆起。

上志留纪早峡统

早峡统的分布较为广泛,西自肮脏沟以西往东经早峡、窟窿山口至石油河都有分布,在金佛寺大草滩以南、肃南石窑河谷有出露。在祁连山东段门源东部大阪以北,互助北的七堂峡口亦有分布。

早峡统的标准地点在玉门早峡,它和泉脑沟山统的划分根据泉脑沟山剖面。早峡统上限因断层未出露和下伏泉脑沟山统为整合接触。

在早峡,早峡统主要是一套巨厚的紫红色粉砂岩,中夹红色页岩、板岩、砂岩、粗砂岩。亦夹少量灰绿色粉砂岩、页岩的薄层或是透镜体,有时在下部夹泥灰岩透镜体。

在早峡早峡统的特征以砂质为主,由下而上,颗粒逐渐变粗。

早峡统中化石稀少,只在早峡的早峡统下部从很薄的灰岩透镜体中找到有珊瑚化石,俞昌民鉴定为: *Palaeofavosites hanhsiensis*,这是中志留纪繁盛的珊瑚生物群的残余。另外,在肃南西河地区亦有腕足类化石发现。

早峡统中普遍发育波纹和雨痕,在砂岩中亦有层理倾角不大的交错层,代表海水较浅的沉积环境。

在祁连山西部窟窿山口肮脏沟一带岩相变化不显,早峡统基本上和早峡的一样。

在北祁连山东部亦有早峡统,但这儿早峡统大多没有找到化石,主要根据岩性及层位和“早峡系”对比而定,暂时也列入早峡统。

在许多剖面上早峡统中均常有所谓层间砾岩的夹层(如互助北七堂峡、金佛寺南大草滩)。层间砾岩砾石浑圆度差,大小自数毫米至 3~4cm 不一,砂岩数目不多,实际上是砾状砂岩和粉砂岩,与砂岩呈逐渐过渡。砾石颜色常与胶结物显著不同,因之在野外易引起注意。也有砾石与胶结物颜色一致的情形。

在祁连山东部早峡统中的粉砂岩和砂岩有相当发达的交错层。在泥质较多的夹层中波纹和泥裂雨痕常可看到。

早峡统中各岩层的层理一般可以看出,节理不发育。

所有早峡统的组成岩石在镜下均显示明显的碎屑构造，碎屑构造以石英为主，偶有长石和少量的岩屑、基性矿物等。胶结物主要是泥质、粉砂质和铁质。早峡统下部碳酸盐胶结物质增多。

从各个剖面的材料看，早峡统一般不含火山岩。但在若干地方看到有超基性岩的侵入（天祝西北和祁连红沟），在早峡肮脏沟有基性岩脉侵入。

早峡红层一般不变质或变质较浅，层理未被破坏。所含泥质岩夹层一般以页岩为多，镜下很少看到碎屑和胶结物质的重结晶现象；碎层排列零乱，没有明显的层理，也较少看到板理的发育。

下面就早峡统的上下接触关系、早峡统的时代以及早峡统所代表的环境分别叙述：

1. 早峡统上下接触关系

（1）早峡统与泉脑沟山统的接触关系是连续的，这是一个普遍的现象。在 1956 年工作时，就已指出“泉脑沟系”上部（大致相当泉脑沟山统）的紫红色绿色粉砂岩与早峡系的紫红色粉砂岩呈整合接触。1957 年和 1958 年，在肮脏沟泉脑沟山，早峡窟窿山口的江沟和流水沟等地都看到这种连续过渡的关系，进一步证实了这个现象是一个普遍规律。

从化石上看来，早峡系亦产珊瑚化石，与泉脑沟山统的珊瑚相似，生物群上无大变化。

从岩性上，早峡统中有波痕、泥裂等和泉脑沟山统中波痕、泥裂相同，后者亦夹有紫色—紫红色砂质页岩和粉砂岩、砂岩等，故二者完全是一个过渡渐变的关系。

由上述看来，早峡统和下伏泉脑沟山统的连续关系完全可以肯定。

（2）早峡统与上覆岩层的关系：早峡统现定为晚志留纪，其上覆岩层应为泥盆系，但祁连山的泥盆纪地层目前还不清楚。在野外尚未见到二者的接触关系如何。

根据目前所了解的资料，老君山砾岩以前定为石炭系下部，但近来大多数人认为应属上泥盆系。早峡统和老君山砾岩从岩性对比看来，显然不同，老君山砾岩代表地槽回返后巨厚的山麓堆积，其后即为早石灰纪晚期海浸。早峡统则代表海退时期的沉积。二者的分布也完全不一致，前者在祁连山东部发育，而后者则在祁连山西部发育。因此，早峡统和老君山砾岩为两套岩相、建造完全不同的岩系。由此推论早峡统沉积后，可能发生过造山运动，与上覆的岩层为不整合接触。

2. 早峡统的时代

早峡统和泉脑沟山统的分界根据岩相和化石来划分，早峡统开始于紫红色粉砂岩、页岩在岩层中占绝对优势，只夹极少的绿色页岩、粉砂岩、泥灰岩薄层或透镜体，自此以上划为早峡统，向上在岩性上有逐渐变粗的趋势，代表海退相沉积，与泉脑沟山统代表海浸相沉积不同。

中国南部志留纪的古地理的普遍规律是中早志留纪是海浸时期，以中志留纪时海浸为最大，而上志留纪则为海退时期。祁连山的志留纪海浸、海退基本规律与之相似，故如上述那样把紫红色岩石占绝对优势和钙质成分极少时作为上志留纪的开始，如此划分界限是合理的。虽然此界限不一定确切地位于中上志留系的标准界限所在，但一定在其附近，而这样划分在野外应用时则是十分方便的。

王尚文定“早峡系”为泥盆纪是根据以“早峡系”与 B. A. 奥勃鲁契夫在东大窑找到泥盆纪化石的岩层相对比。我们为了确定是否有泥盆系，曾根据奥勃鲁契夫记载，至产化石地点观察。这儿出露的大部是泉脑沟山统，附近亦有少量的早峡统，在早峡统中没有找到化

石,而在附近泉脑沟山统中则找到腕足类、珊瑚化石,从奥氏的岩性描述看来,化石应产自泉脑沟山统,因此怀疑奥氏的所谓“泥盆纪”化石是产自泉脑沟山统中。这样定早峡系为泥盆纪的根据就不存在了。因此,根据:①早峡统整合于中志留系以上;②早峡统中找到志留纪的珊瑚化石;③海退相沉积在中国南部志留系一般是上志留系的规律,将早峡统的时代定为上志留纪。

在早峡统中没有发现过其他可靠的泥盆纪化石,因而认为早峡统时代可延长到泥盆纪,也缺乏根据。

3. 早峡统是浅海相沉积

早峡统过去曾有人认为是陆相,但现在看来应为浅海相沉积,根据:①早峡统底部有海相珊瑚化石;②早峡统中普遍存在波纹,并见有少数交错层和泥裂现象,其特点反映浅海相沉积。

早峡统的碎屑岩,分选较好、均匀,颗粒棱角显著,球度、圆度较差,不似陆相沉积物。

早峡统当时的沉积环境应是海水较浅,属于浅海相,靠近滨海地区接近海岸。早峡系总厚在 900m 以上。

小 结

综合以上叙述,最后尚有以下几个问题提出讨论:

1. 志留系与奥陶系的接触关系

志留系与奥陶系的接触关系应为不整合,这在前已有叙述,因其牵涉到整个志留系的问题,故在此较详细说明:

志留系与奥陶系分布上虽常在一起,但野外遇到的却常为断层接触关系,在玉门肮脏沟至石油河一带,奥陶系和志留系虽都发育良好,但亦系为断层接触或为侏罗系、白垩系等新岩层所掩盖。

我们认为志留系与奥陶系之间应为一个不整合,在北祁连山西部明显,至于北祁连山东部因志留系、奥陶系尚未能清楚分开,此一不整合还待今后的工作证实。这不整合主要根据如下:

(1) 奥陶系是标准的地槽剧烈下沉时期的沉积,有强烈且频繁的火山喷发活动,堆积着巨厚的火山岩和火山碎屑岩、砂质岩和硬砂岩等,而志留系则代表地槽末期地槽边缘沉积。志留系中火山岩一般不发育,在祁连山西部仅有后期中基性岩脉侵入,岩性较之奥陶系完全不同。二者代表地槽两个不同发展的阶段。地槽由下沉阶段至回返经过一次造山运动才能发生这一变化。

(2) 如前所述,在北祁连山西部流水沟、妖魔山、白杨河等地都可见到泉脑沟山统以海浸不整合位于奥陶系之上,而泉脑沟山统又和肮脏沟统为整合连续关系,故推论志留系应不整合于奥陶系之上。

(3) 肮脏沟统下部的砾岩、砂岩层具底砾岩性质,有寒武系、奥陶系各时代的砾石混杂一起,是造山运动后急剧侵蚀的粗粒碎屑层的堆积物。

(4) 在构造上奥陶系和志留系不同,奥陶系主要为北西西走向,形成轴向北西西的向

斜和背斜，志留系在北祁连山西部肮脏沟形成轴向近乎南北的平缓背斜向斜，局部地区亦有地层走向为北西西。在祁连山西部看来，奥陶系与志留系的构造方向不甚一致。

(5) 奥陶系的变质程度较深，现已变为绿色岩系和板岩等，属于浅区域变质，劈理方向与层理走向常一致，不易发觉。志留系则相反，大部分未受区域变质或变质很浅，尤其中上志留纪的泉脑沟山统和早峡统在西部很少变质，因此，奥陶系和志留系的变质程度明显不同。

(6) 志留系分布与奥陶系分布情况也截然不同。如上所述，志留系分布仅限于北祁连山加里东褶皱带的北边，而奥陶系分布则要广泛。

(7) 在北祁连山东段永昌乱石堆也可清楚地看到志留系不整合于较老岩系之上。

综上所述，由岩相、变质程度、构造方向和海浸不整合等现象可确定奥陶纪与志留纪之间有一造山运动，形成志留系不整合于奥陶系之上。这一运动规模和程度都很大。此运动结束北祁连山加里东地槽的下沉阶段，使地槽主体回返褶皱升起，只在其边缘又剧烈拗陷，形成志留纪沉积。

2. 志留纪时古地理概况

志留纪时在北祁连山西部有一狭长状的海，向西与天山志留纪海相通。大致其走向与褶皱形成的北西西—南东东的山脉走向一致。此山之南为经加里东运动褶皱形成的山脉，祁连山西部的海水来自西方。早志留纪初期，因回返升起的山脉地势高峻，剧烈的侵蚀作用带来大量的粗粒碎层，肮脏沟这一带地形比较低凹，或接近于陆源来源地，接受了大量的沉积。从其呈南北向分布看来，似为一冲积锥，生物这时稀少，陆屑应自南面搬来。

至早志留纪晚期，海水较广，向东伸展至石油河、白杨河一带，唯流水沟这一带由于奥陶系在此隆起，在海面以上，缺少沉积，由肮脏沟至流水沟，海水由深变浅。中志留纪时，海浸扩大，生物大量繁殖，浸淹地区更广，在南边如流水沟、妖魔山等超覆在奥陶系以上，在晚期海浸最大。至上志留纪时则海水后退，沉积物以砂质为主，生物不宜生长。

永昌乱石堆志留系以明显不整合覆于较老岩层上，在岩相、厚度、建造上和玉门一带显然不同，和中国一般志留系也显然不同，因未作详细地层工作，不遽下推论，其主要情况见前叙。

3. 祁连山志留系与中国南部志留系之对比

祁连山的志留系如上描述和中国东部所发育的志留系相对比有许多基本特点是相似的，但由于它是发育在北祁连山加里东地槽发展阶段中，因此也有和东部志留系不同的特点。

1949年，尹赞勋在“中国南部志留系的初步划分和对比”的论文中，从地层、沉积、古生物、构造、古地理等方面，详细阐述了中国南部志留系的基本特点。尹赞勋指出：中国南部志留系可三分，即早志留纪龙马溪统、中志留纪罗惹坪统和晚志留纪韩家店统。龙马溪统最主要是笔石相，以页岩为主，在很多地区生物群全为笔石。罗惹坪统局部超覆于龙马溪统之上，珊瑚相的沉积在扬子海西部和连明海西端广泛出现。而韩家店期，海水开始退出，主要是沉积砂岩和页岩，含化石稀少。志留系上下有沉积间断，由早志留纪海浸到晚志留纪海退组成一个完整的沉积旋回，和其上下岩系相区分。祁连山志留系也具备中国东部志留系的这些基本特点，祁连山志留系也可三分：下部亦为笔石相，中部为珊瑚、腕足类等壳相；上部则化石稀少。自下而上亦由海浸到海退，亦组成一完整的沉积旋回，从所含动物群看来，也基本上相似。因此，可认为当时在古地理上二者是一脉相连，互相沟连，祁连山和毗

邻的湖北、四川一带（即尹赞勋所称扬子海西部地区）的志留系发育更相近似。

但另一方面，由于祁连山志留系发育于祁连山加里东褶皱带中，处于北祁连山加里东地槽的回返阶段，使它具有许多与中国南部不同的特点，兹列举如下：

（1）北祁连山的志留系与其下的奥陶系为不整合，志留系和奥陶系的岩石特点、古生物、岩相、建造都有显著的区别，代表加里东地槽发展的两个不同的阶段。而中国南部的奥陶系和志留系之间，虽然普遍存在假整合或连续，但至今还未发现一个不整合。

（2）祁连山志留系有底砾岩。肮脏沟统下部有厚达几百米的底砾岩，而中国南部志留系普遍缺少底砾岩或底部粗砂岩，底部则常为页岩，只局部地区底部有几米厚的砂岩。

在肮脏沟统虽然是笔石相，但从岩石性质来看也是砂岩、页岩各占其半，这与中国南部大部由页岩组成，也有不同。

（3）祁连山的整个志留系的厚度很大，厚达 4500 余米以上，而中国南部志留系一般只 300~800m。在湖北、江西、武宁和修水之间崖山页岩厚达 2500m，在鄂西南，厚达 3000m 左右，但像祁连山那样厚达 4500m 以上者却没有。

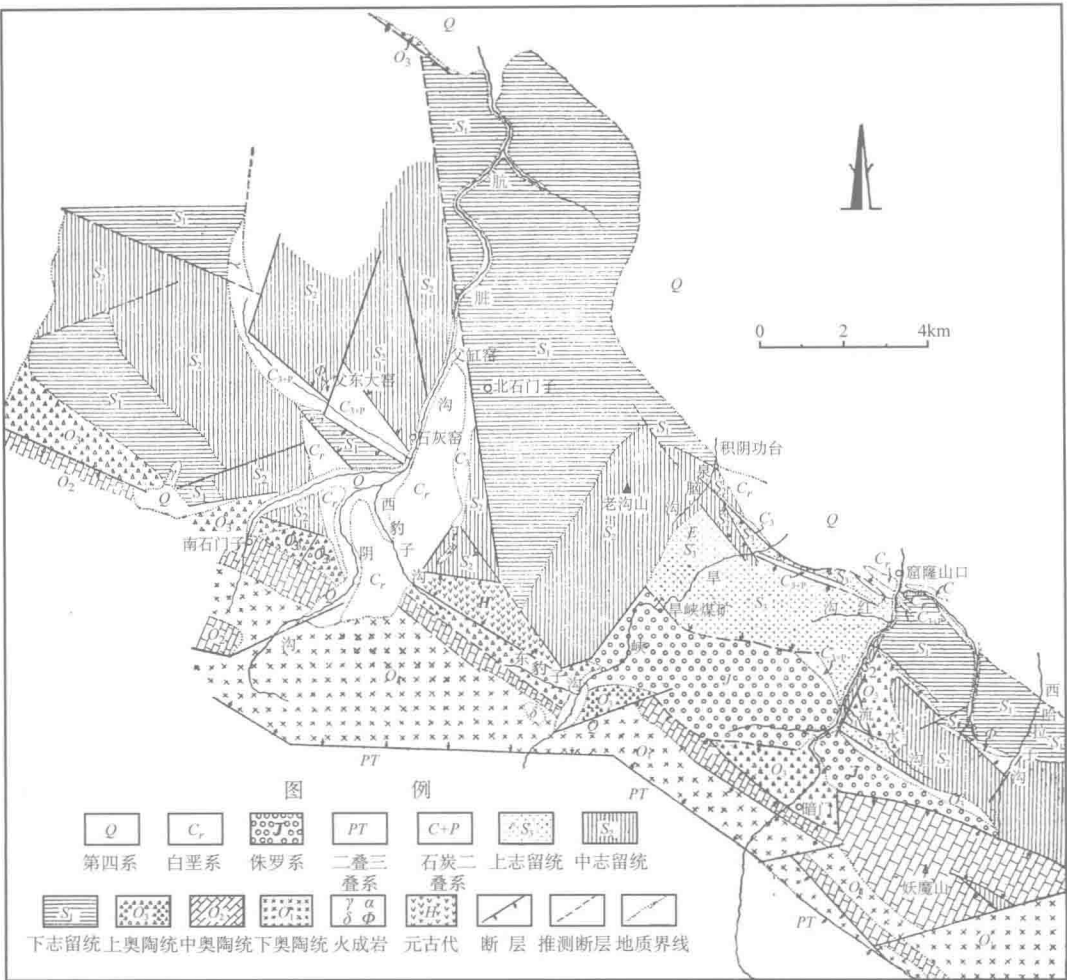


图 III - 14 甘肃玉门西南祁连山北麓地质示意图（据尹赞勋，徐道一等改绘）