

中国科学院地球化学研究所

地球化学集刊

MEMOIRS OF GEOCHEMISTRY

第 3 号

科学出版社

中国科学院地球化学研究所

地球化学集刊
MEMOIRS OF GEOCHEMISTRY

第 3 号

科学出版社

1989

内 容 简 介

本集刊是 1976—1977 年间,中国科学院晋北富铁科研队的研究成果专辑。本专辑共分三章,第一章,晋北五台山地区前寒武纪地质构造轮廓;第二章,晋北五台山地区前寒武系铁矿地质;第三章,晋北前寒武系的演化和铁矿的远景。本专辑较深入地研究了五台群中的条带状铁矿和滹沱群中的几类红富铁矿,并讨论了前寒武系的沉积建造、构造演化、岩浆和变质作用以及地球化学等问题。

本刊可供广大地质工作者及地质院校师生参考。

地 球 化 学 集 刊 MEMOIRS OF GEOCHEMISTRY

第 3 号

中国科学院地球化学研究所

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1989 年 1 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1989 年 1 月第一次印刷 印张: 6 1/4 插页: 2

印数: 0001—560 字数: 135,000

ISBN 7-03-000767-0/P·131

定 价: 6.30 元

前 言

为了满足我国钢铁工业对富铁矿石的需求,1976年,中国科学院富铁办公室组织了晋北富铁科研队。科研队在1976—1977两个年度中,在山西五台山地区配合冶金部山西冶金地质勘探公司以及其他科研和生产单位,开展了以评价富铁矿远景为主要内容的科研工作。在工作过程中,部分同志还先后对吕梁、鞍本、冀东、山东、淮南、许昌等主要前寒武系铁矿区进行了考察和对比。两年来,科研队先后提交了九份专题工作报告,本专辑就是在此基础上的最终成果总结。

五台山地区是我国前寒武系发育最好的地区之一。早在上一个世纪就已开始了对这一地区的地质研究,但系统的工作还是在解放后进行的。1951年以王曰伦、赵宗溥为代表的五台队(五台队集体调查,1952;赵宗溥,1954,1956;王曰伦,1955),1955—1957年以马杏垣为首的北京地质学院师生(马杏垣等,1956,1957)等改变了以前个别路线的观察方法,着重在较大面积内探索对比,从而奠定了正确认识五台山地区地质构造的基础。特别是1960年以来,山西区测队开展了五台山地区的区测工作,其后又进行了专题性的研究。1975年在山西五台山,根据区测成果召开了“华北前寒武纪地层专题讨论会”,会议组织了对典型地质构造现象的现场参观、讨论。这次会议对交流经验、统一认识起了良好的作用。会后针对讨论中还存在的疑难问题又作了一些专门的深入研究和广泛的对比,把人们对五台山地区地质构造的认识提高到了一个新的水平。

应该认识到,前寒武系确实非常复杂,而人们认识这种复杂多样地质体的经验还不多,用研究显生宙所建立和完善起来的工作方法,还是不能适用的。在新技术方法的应用方面,如同位素年代学、古生物学(叠层石、微古生物及超微古生物化石)、地球化学(元素地层、含矿性、化学化石等)、地球物理(古地磁等)、变质岩构造地质学等,方法还不够成熟,资料的积累也不够充分。因此,有关五台山地区地质构造的一些基本问题,如:五台山地区有几套大的地层系统,各地层的时间范围,地层的层序、划分和对比,构造运动的期次、性质、关系等等,都尚存在不同的意见。

科研队在五台山地区的工作较集中于铁矿带和铁矿床(点),对五台群中的条带状铁矿和滹沱群中的几类红富铁矿作了较深入的研究工作。在前寒武纪地质研究中,测得了一批新的同位素年龄数据,对前寒武纪的沉积建造、构造演化、岩浆和变质作用以及地球化学和矿物学等都作了一定的工作。本文侧重从前寒武系地质演化的角度来讨论铁矿的形成和远景。

晋北富铁科研队主要由中国科学院地球化学研究所的人员组成。先后参加过野外工作的有陈先沛、李朝阳、钟富道、张玉学、王连芳¹⁾、陈福明、刘铁庚、侯渭、陈南生、王庆隆¹⁾、胡瑞英、董振生、陈福、郁云妹、王德孚¹⁾、陈文华、方秀英、杜瑞芝²⁾、谢长生、王正珍、张

1) 已调离中国科学院地球化学研究所。

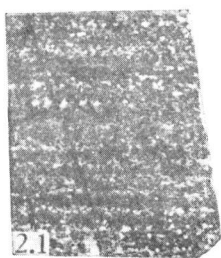
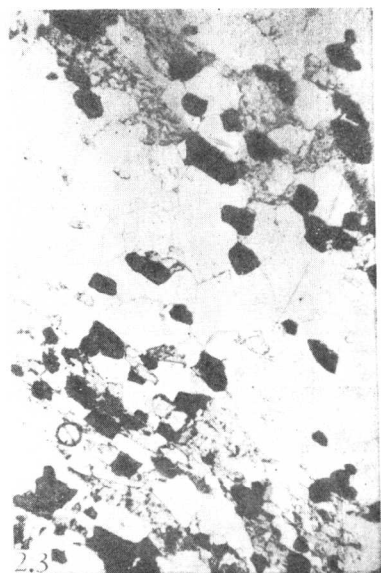
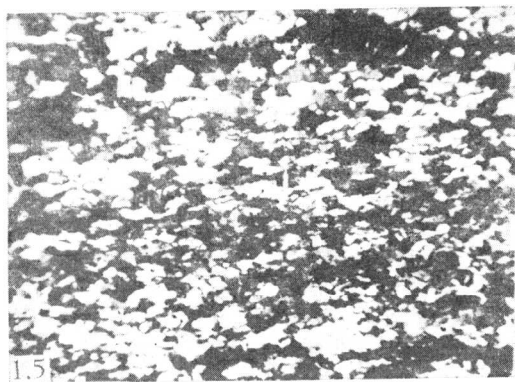
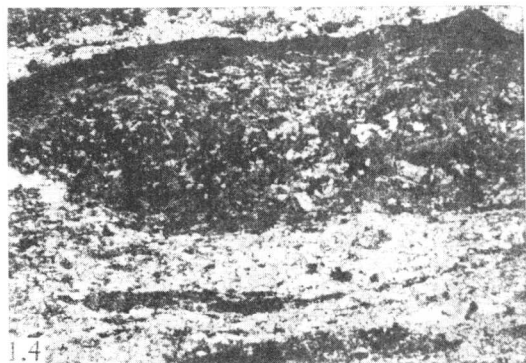
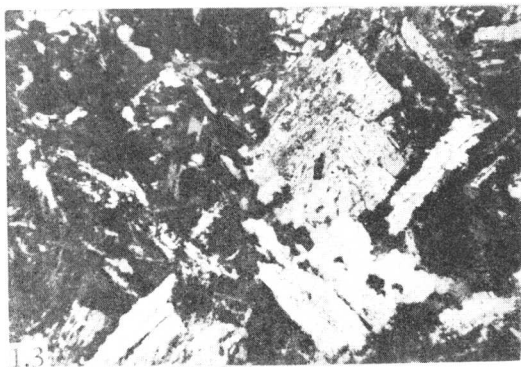
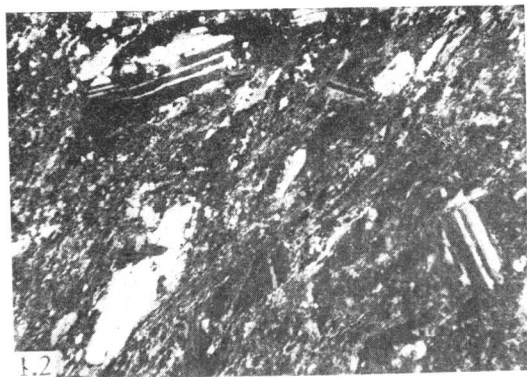
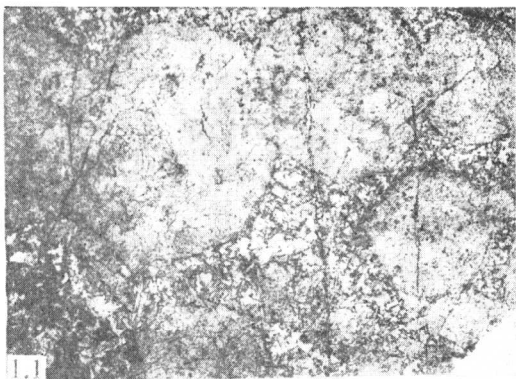
2) 已调离中国科学院地球化学研究所。

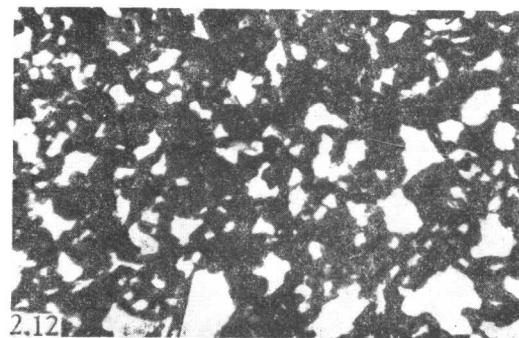
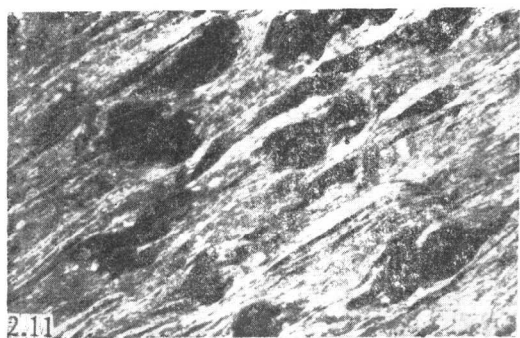
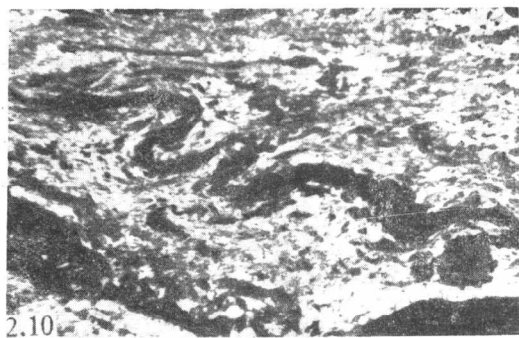
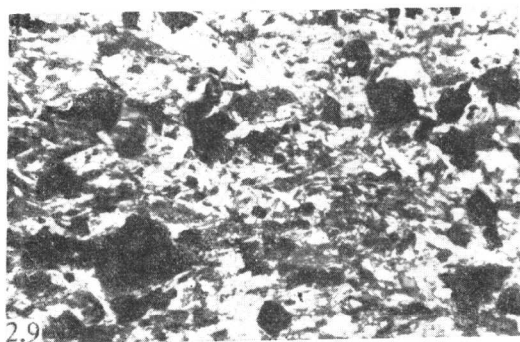
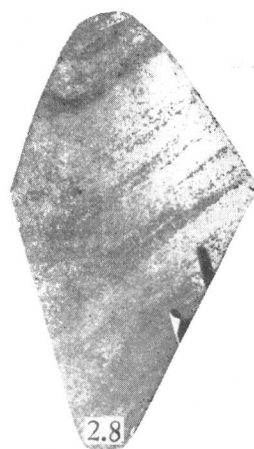
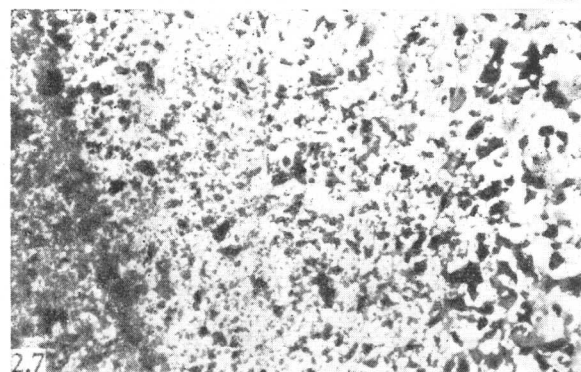
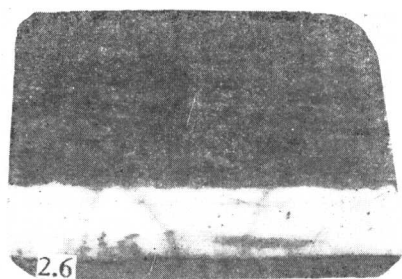
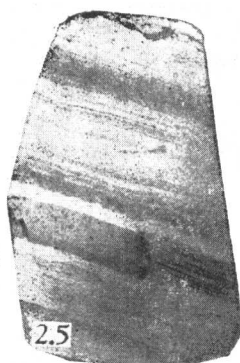
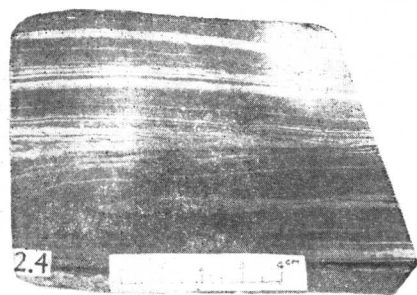
佩兰、唐荣炳、温华洽、燕金寿、吴明清等。中国科学院广州地质新技术所黄建冲、吉荣海参加了部分野外和室内工作。室内的分析测试由中国科学院地球化学研究所一、四、六、十等研究室协助完成。参加本文编写的人员和分工情况如下：陈先沛（前言，第一章之二、第二章之一，第三章之一和之二）；李朝阳（第一章之二，第二章之三）；张玉学（第一章之四和之五，第二章之二）；**钟富道**（第一章之一）；陈福明（第一章之三）。全文由陈先沛统编定稿。蒋寄云、程景平、张宝贵对文稿作了评审。

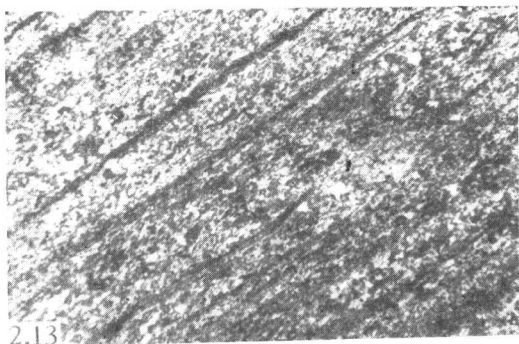
科研队是在中国科学院富铁办公室和地球化学研究所的领导下开展工作的。在工作中得到了山西省冶金地质勘探公司及其下属的二队、六队和山西省地质矿产局及其所属的211区测队的领导和同志们的大力帮助和支持。对上述的各级领导和同志们的帮助，科研队表示深深的感谢。同时，工作是在该区长期从事地质工作的同志已获成果的基础上开展的。在工作过程中和本文的编写中，曾听取过上述各地质队有关同志的介绍，参阅过大量未出版或未公开出版的内部资料，除在有关部分注明外，特此说明。

照片说明

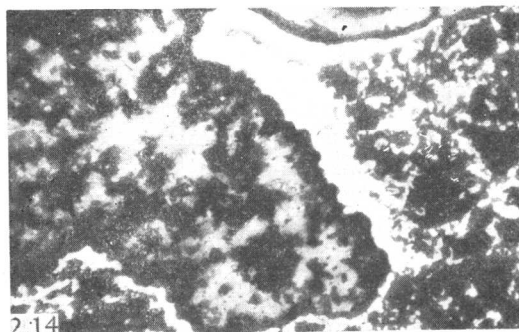
- 照片 1.1 细碧岩的杏仁状构造。中间充填绿帘石,单偏光, $\times 11$ 。
- 照片 1.2 细碧岩中钠长石斑晶。单偏光, $\times 30$ 。
- 照片 1.3 细碧岩中钠长石斑晶被板条状和糖晶状钠长石交代。单偏光, $\times 30$ 。
- 照片 1.4 角斑岩中铁矿透镜体。由铁矿物、钠长石绢云母组成,正交偏光, $\times 80$ 。
- 照片 1.5 细碧角斑岩中硅质条带。由细小石英和少量铁质组成,正交偏光, $\times 80$ 。
- 照片 2.1 下口式镁质条带铁矿。铁条带(黑)与非铁条带交互组成条纹,条纹间界线模糊。
- 照片 2.2 石咀式硅质条带铁矿。铁带(灰黑色)与硅带(灰白)界线模糊。
- 照片 2.3 照片 2.2 的显微镜照片。磁铁矿(黑色)的分布呈过渡趋势,石英带中可见滚圆的变余砂状结构, $\times 30$ 。
- 照片 2.4 峨口式条带铁矿。铁带(灰黑)与硅带界线清晰、平直,具塑性变形褶曲。
- 照片 2.5 峨口式条带铁矿的条带及条带条纹构造。
- 照片 2.6 峨口式条带铁矿。图 2.2 矿层顶部,示铁带(下,灰)、硅带(中,白)与绿片岩带(上,灰黑)关系,硅带与绿片岩接触,各带界线清晰、平直。
- 照片 2.7 峨口式条带铁矿显微照片。铁矿(黑)及石英(灰白)有粒序变化,光面, $\times 83$ 。
- 照片 2.8 河边式条带铁矿。左下具斜层理。
- 照片 2.9 细碧岩中铁矿物呈不规则粒状分布。正交偏光, $\times 80$ 。
- 照片 2.10 在应力作用下铁矿条带形成香肠状构造。正交偏光, $\times 30$ 。
- 照片 2.11 细碧角斑岩中铁矿物沿岩石片理方向分布。正交偏光, $\times 30$ 。
- 照片 2.12 含晶屑凝灰质砂岩。单偏光, $\times 132$ 。
- 照片 2.13 具微层理晶屑凝灰质板岩。单偏光, $\times 30$ 。
- 照片 2.14 由针状赤铁矿集合体(白色)组成的胶状构造。反光, $\times 70$ 。
- 照片 2.15 皮壳状含铁磷矿石。中心为硅岩碎屑。
- 照片 2.16 含弧状硅质藻的硅岩。
- 照片 2.17 具球状超显微结构的硅岩。透射电镜, $\times 2750$ 。
- 照片 2.18 针状、马尾丝状赤铁矿呈旋涡状分布。反光, $\times 60$ 。
- 照片 2.19 具锯齿状解理的赤铁矿。光片, $\times 80$ 。







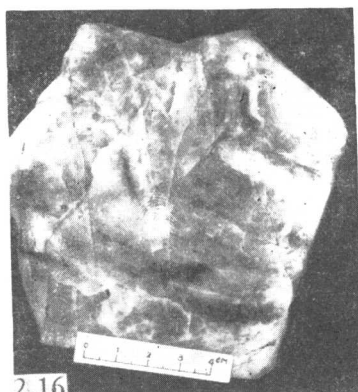
2.13



2.14



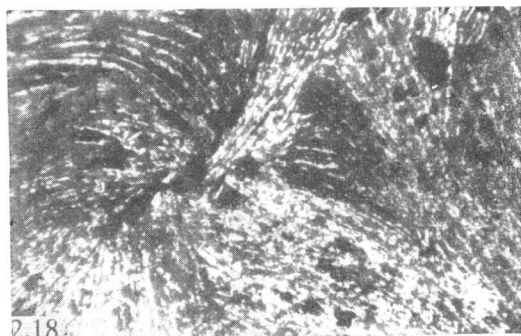
2.15



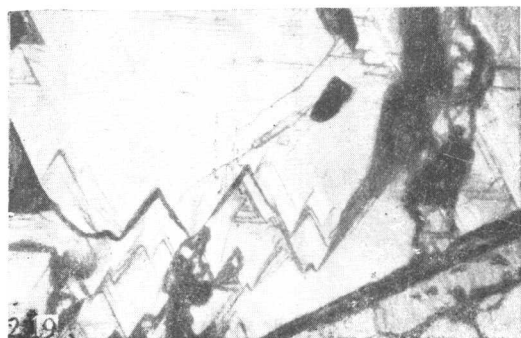
2.16



2.17



2.18



2.19

目 录

前言.....	iii
第一章 晋北五台山地区前寒武纪地质构造轮廓.....	1
一、同位素地质年代.....	1
二、沉积建造类型.....	8
三、构造变动及构造史.....	22
四、岩浆活动及变质作用.....	29
五、火山岩的矿物学与地球化学.....	38
第二章 晋北五台山地区前寒武系铁矿地质.....	47
一、条带铁矿.....	47
二、与火山作用有关的铁矿.....	64
三、赤铁富矿.....	69
第三章 晋北前寒武系的演化和铁矿的远景.....	79
一、前寒武系的演化.....	79
二、铁矿成矿作用和远景.....	88

第一章 晋北五台山地区前寒武纪 地质构造轮廓

一、同位素地质年代

60年代以来,对五台山地区前寒武系的同位素地质年龄已有不少 K-Ar 法的测定数据和讨论,但它们的时代问题仍未圆满解决。在山西区测队武铁山、徐朝雷同志协助下,钟富道同志采集了五台群及滹沱群样品,并测定了它们的 Rb-Sr 年龄。

(一) 实验方法

所有全岩样品的 Rb-Sr 分析是在澳大利亚国立大学地球科学研究院同位素地质实验室完成的。

全岩样品称样 30 mg, HF + HClO₄ 溶矿, 蒸干后加入 ⁸⁷Rb、⁸⁶Sr 稀释剂, 再蒸干, 离心。将清液通过装有 DWX-50-8、100—200 目树脂的树脂管。17 ml 1 mol/L HCl 淋洗后, 6 ml 1 mol/L HCl 接收 Rb。6 ml 2.5 mol/L 的 HCl 淋洗后, 4 ml 2.5 mol/L HCl 接收 Sr。重复纯化一次后, 分别在该实验室设计的, 由电子计算机控制的 MxS 及 MxZ 两台质谱计上测定 Rb 及 Sr 同位素组成。等时线年龄结果均在澳大利亚国立大学计算中心按 McIntyre 及 York 回归方程给出, 衰变常数按国际地质年代学分会推荐的计算年龄 (Steiger *et al.*, 1977), 凡过去发表过的有关年龄数据, 在本文中重新计算。

(二) 结果和讨论

1. 五台群的年龄

五台群按变质程度包括两套岩石, 即变质程度达到角闪岩相与绿片岩相两部分。属于前者的样品采自大包以北至峨口及南峪口, 属于后者的采自五台山南坡太平沟剖面以及铺上以南(图 1.1)。

Rb-Sr 分析数据及等时线见表 1.1 和图 1.2。角闪岩相部分的全岩 Rb-Sr 等时线给出年龄为 2392 ± 46 (2 σ) Ma, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.7015 \pm 6$, 绿片岩相部分的全岩 Rb-Sr 等时年龄则为 1810 ± 42 (2 σ) Ma, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.704 \pm 1$ 。Sr 同位素演化表明(图 1.3), 角闪岩相岩石初始值在误差范围内与该年龄的地幔演化 Sr 同位素组成一致, 说明该岩石来自地幔 Sr 源, 并且没有因后期地质热事件的影响而引起的同位素变化。所得年龄代表岩石的形成年龄, 它与地质部地质科学院刘敦一测定的角闪片岩中锆石的 U-Pb 年龄接近

表 1.1 山西五台及繁峙五台群 Rb、Sr 数据

样品	位 置	岩石类型	Rb(ppm)	Rb 空白 (%)	普通 Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
WT-47	五台县东台北坡	变凝灰岩	14.73	0.12	345.70	0.1228	0.70701 $\pm$ 4
WT-48		变细碧岩	1.63	0.96	367.23	0.0128	0.70323 $\pm$ 2
WT-49		变石英角斑岩	75.77	0.02	84.72	2.5805	0.77112 $\pm$ 1
WT-50		绿泥片岩	27.58	0.06	48.37	1.6454	0.74783 $\pm$ 6
WT-51		绿泥片岩	3.50	0.51	200.99	0.0502	0.70483 $\pm$ 4
WT-52		变石英角斑岩	37.78	0.05	34.70	3.1418	0.78740 $\pm$ 13
WT-53		变石英角斑岩	50.52	0.04	50.45	2.8889	0.77428 $\pm$ 7
WT-54		绿泥片岩	2.71	0.69	118.83	0.0659	0.70606 $\pm$ 7
WT-55		变细碧岩	1.10	1.34	129.54	0.0246	0.70565 $\pm$ 5
WT-25		绢云绿泥片岩	91.88	0.02	33.37	7.9447	0.91198 $\pm$ 4
WT-26	繁峙县峨口南	绢云绿泥片岩	89.41	0.19	31.98	8.0652	0.91608 $\pm$ 15
WT-27		角闪片岩	1.35	1.29	117.64	0.0328	0.70216 $\pm$ 15
WT-28	繁峙县南峪口	石榴白云片岩	53.34	0.04	26.27	5.8563	0.90522 $\pm$ 4
WT-57		黑云片麻岩	61.65	0.03	165.48	1.0750	0.73837 $\pm$ 11
WT-58		角闪片岩	5.87	0.26	190.02	0.0891	0.70495 $\pm$ 2
WT-59		白云片岩	72.71	0.02	230.56	0.9099	0.73303 $\pm$ 5
WT-124	繁峙县峨口南	含榴石绿泥片岩	64.17	0.027	234.82	0.7885	0.72796 $\pm$ 4
WT-126		黑云绿泥片岩	33.05	0.046	669.84	0.1423	0.70774 $\pm$ 5
WT-127		含榴石绢云片岩	94.29	0.017	401.53	0.6775	0.72359 $\pm$ 3
WT-128		黑云斜长片岩	134.33	0.014	396.29	0.9999	0.73555 $\pm$ 4
WT-129		二云片岩	119.33	0.015	492.02	0.6996	0.72613 $\pm$ 2
WT-131		黑云花岗片麻岩	117.06	0.016	37.54	8.9956	1.02000 $\pm$ 5
WT-132		含黑云榴石片麻岩	136.48	0.014	31.21	12.6157	1.1431 $\pm$ 1
WT-134		黑云斜长片麻岩	215.04	0.008	48.18	12.8791	1.13870 $\pm$ 5

另一方面,碳酸岩 Sr 同位素组成,在前寒武不同时期又有不同程度的变化 (Veizer *et al.*, 1976)。据此,我们可以假设,如果沉积岩石(如泥质岩石)在区域变质作用时同位素组成均一化后,没有受到以后地质热事件的干扰,那么,我们就有可能按当时“海水” Sr 同位素组成作为岩石沉积时的初始值,推算这些岩石可能的最大沉积年龄。

我们将元古代“海水” $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.705$ 作为当时沉积的 Sr 同位素初始值,计算的辽河群浪子山组的最大可能沉积年龄为 1988 Ma, 这一年龄与它们的全岩 Pb-Pb 等时年龄相一致 (1977Ma), 证明结果是满意的。

同样,我们应用这一比值来计算溥沱群全岩样品,获得了可能的最大沉积年龄不大于或接近 1900 Ma。虽然目前还没有全岩 Pb-Pb 等时年龄的验证,但有意思的是出现在五台群中 2000 Ma 的 K-Ar 年龄数据,迄今尚未在溥沱群中发现,这或许间接地说明了溥沱群不可能大于 2000 Ma。另外,该年龄与刘定寺顺层侵入溥沱群角闪岩的 K-Ar 年龄接近 (1902 Ma)。从这些数据看,1900—2000 Ma 作为溥沱群可能的最大沉积年龄是合理的。溥沱群 K-Ar 等时年龄 1666 Ma 是它的最低冷却年龄,也就是说溥沱群的上限应大于这一年龄 (钟富道, 1975)。

3. 五台地区前寒武系同位素地质演化

五台山地区五台群不整合覆于龙泉关群眼球状片麻岩之上,后者被认为是阜平群后

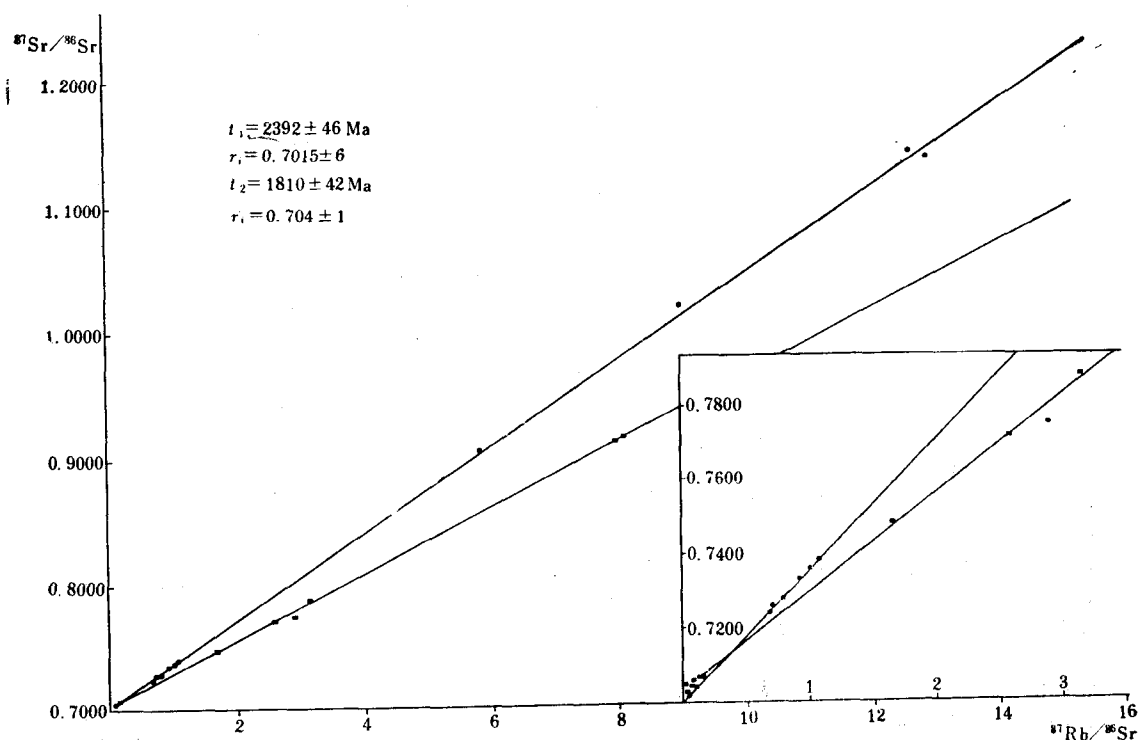


图 1.2 五台群 Rb-Sr 等时线

的一次岩浆活动事件,我们可以把龙泉关群年龄(2560 Ma)¹⁾作为五台山地区太古界与元古界界限的年龄。至于我国北方其他地区的相应年龄界限还需进一步工作。

其后,出现了陆屑沉积建造及拉斑玄武岩建造的五台群和花岗岩,它们的年龄为2400—2500 Ma。在平型关还有含角闪石混合花岗岩,其中椭石的 Th-Pb 年龄为2270 Ma(表 1.3),可能是五台群之后,滹沱群之前的一次较晚的花岗岩侵入活动事件。但应指出,这仅仅是单个椭石数据的表面年龄,而不是 U-Pb 不一致年龄。

滹沱群开始沉积大约在1900 Ma(或2000 Ma),并伴随有基性侵入活动,终结于1700 Ma。郭家寨亚群地层沉积作用在1700 Ma之后,或 ≥ 1543 Ma,随之约1500 Ma,五台地区发生过结束地槽演化历史的构造作用,沿东冶亚群碳酸岩中的裂隙沉淀了胶磷矿(表 1.3)。最后,如我们曾经指出的,五台—太行山地区于1245 Ma左右曾有一次近 SN 向辉绿岩墙群的贯入,它被茶房子灰岩不整合覆盖(钟富道,1980),同样的近 SN 向岩墙群也出现在内蒙古集宁地区及辽东半岛清源等地,后者的 K-Ar 年龄为1285 Ma。这一地质热事件,反映在五台山地区滹沱群变质火山岩是年龄年轻化,它们的 K-Ar 年龄也为 1276 ± 25 Ma。这不是年龄上偶然的巧合,而是代表了中国北部地台的一次大规模构造事件,属于整个大陆地壳构造演化的第四巨旋回的构造运动事件(钟富道,1980)。

1) 刘敦一、伍家善,1980,前寒武地质简讯,第二期。

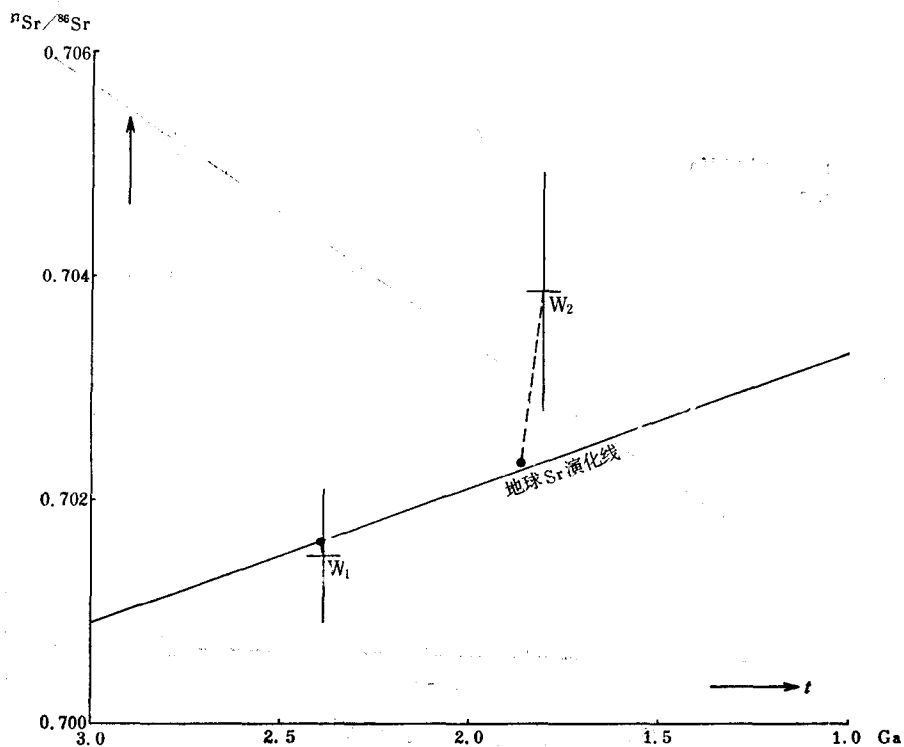


图 1.3 五台群 Sr 同位素演化线

表 1.2 五台县上王庄滹沱群板岩 Rb、Sr 数据

样 品	岩石类型	Rb(ppm)	Rb 空白 (%)	普通 Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
WT-63	银灰色板岩	222.98	0.007	19.71	32.6481	1.57917 ± 7
WT-66	银灰色板岩	270.88	0.007	32.49	24.0562	1.36037 ± 12
				32.49	24.0561	1.36004 ± 9
WT-68	银灰色板岩	268.91	0.006	22.51	34.3747	1.63517 ± 3
WT-69	银灰色板岩	244.39	0.007	56.39	12.5044	1.05649 ± 20
WT-71	条纹状板岩	248.72	0.008	26.49	27.0927	1.43210 ± 10
WT-72	灰绿色板岩	255.11	0.008	32.36	22.7481	1.32159 ± 8
WT-74	深灰色板岩	200.90	0.008	41.72	13.8953	1.07897 ± 5
WT-78	砂质板岩	158.42	0.012	34.43	13.2775	1.06926 ± 7
WT-79	砂质板岩	264.04	0.007	27.38	27.8256	1.46396 ± 4
WT-81	砂质板岩	227.01	0.007	26.97	24.2901	1.37027 ± 8
WT-84	砂质板岩	194.39	0.009	8.17	68.6318	2.57033 ± 10
				8.17	68.6266	2.56890 ± 44
WT-85	砂质板岩	222.91	0.009	11.06	58.1408	2.23937 ± 24
WT-86	砂质板岩	97.45	0.017	28.07	10.1747	0.97288 ± 5
WT-88	板 岩	259.03	0.007	2.60	287.5444	8.36025 ± 50
					286.4327	8.34762 ± 67

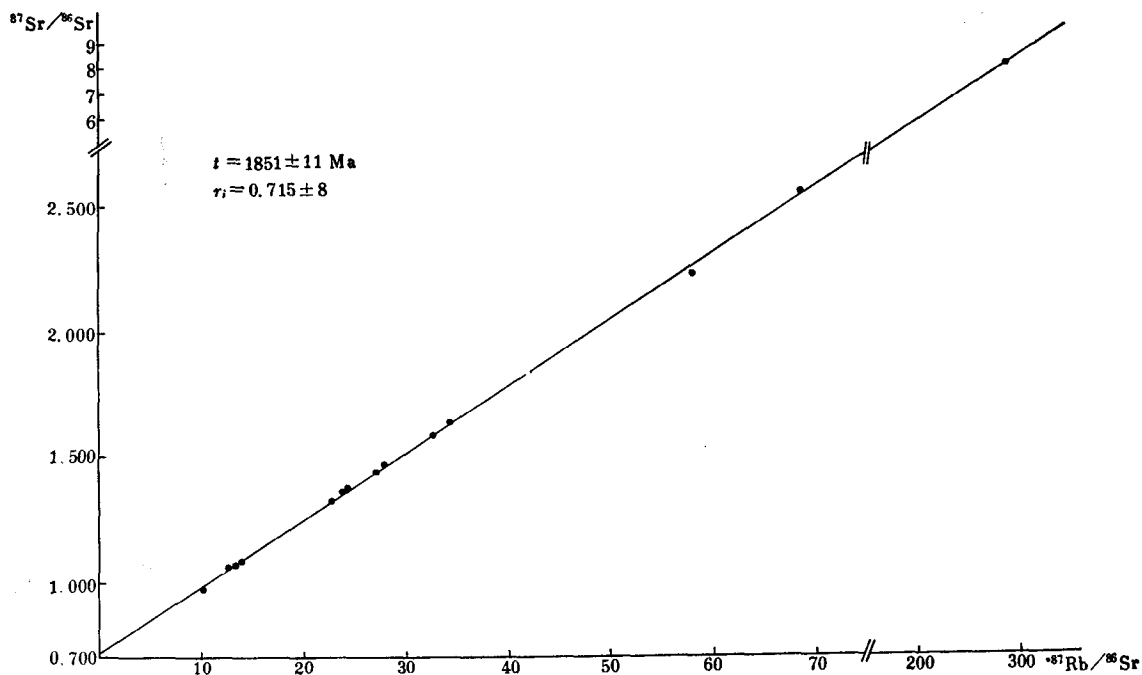


图 1.4 溱沱群浪子山组 Rb-Sr 等时线

表 1.3 五台山地区矿物 U-Pb 年龄数据

编号	产地及产状	矿物	U (%)	Th (%)	Pb (%)	铅同位素(%)				年 龄 Ma			
						204	206	207	208	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$
G-2a	平型关,含角闪石混合花岗岩	锆石	0.0906	0.0590	0.0064	0.56	56.34	12.96	30.13	250	405	1452	265
G-2b	平型关,含角闪石混合花岗岩	榍石	0.0058	0.027	0.0083	0.60	32.75	11.61	55.04	2170	1940	1732	2270
Ys-279	定襄、尧岩山,东冶亚群碳酸岩裂隙沉淀物	磷灰石	0.0077	未测	0.0028	0.48	68.63	12.87	18.02	1492	1437	1384	

4. 五台山地区前寒武系与其他地区地层对比

溱沱群是否与燕山地区震旦系在时代上相当的问题,至今仍有不同看法。认为属于前震旦系的理由之一是怀疑震旦系地层串岭沟组是否为 1900 Ma,另则是认为五台-太行山地区未变质的碎屑岩及碳酸岩(即茶房子灰岩)应与燕山地区的长城群相当,因而溱沱群就应属于前震旦系。

我们曾经指出,串岭沟组样品在补充了三个数据后,九个全岩 Pb-Pb 等时线给出的年龄为 $1922 \pm 91 (\sigma) \text{Ma}$,按国际地质年代学委员会推荐的常数计算的这一年龄值,高于过去发表的年龄值约 20 余 Ma。可以认为我们测定的串岭沟组的年龄是可靠的(陈毓蔚

表 1.4 五台山地区地质年龄及与其他地区对比

中国前寒武地层系统			燕山	五台-太行山地区	中条山、豫西	辽东	
元古界	上	寒武系	€	€	€	€	
		峡东群		 ?	东坡组		
		震旦系	景儿峪组 850 859 896 下马岭组	茶房子灰岩	罗圈组		
		青白口群	铁岭组 1128 1145 洪水庄组 1196 雾迷山组 杨庄组	碎屑岩 1135 1245	董家组		
		蓟县群	高子庄组 (1434) 大红峪组 1605 1626 1660	郭家寨亚群 1543	黄莲堡组		
	中	旦	南口群	团山子组 1807 串岭沟组 1922 常州沟组	1851 1902	熊耳群 1640	永宁群
			长城群	朱杖子群 2031 2083 八道河群 2424	2270(Th) 2392 [2508]	中条群 1790 (嵩山群 1749)	1661 1703 1977 辽河群
		下	朱杖子群 五台群	阜平群	五台群	绛县群	?
		上	阜平群	迁西群 2534	阜平群 [2560] [<2800]	宽甸群	宽甸群
			鞍山群(狭义)			鞍山群(狭义) 2855 [3140]	鞍山群(狭义) [3140]
花岗岩麻岩基底				花岗岩片麻岩 [3330]	花岗岩片麻岩 [3330]		
下	?						