

论五台群的地质时代

沈保丰,毛德宝

(天津地质矿产研究所,天津 300170)

摘要:五台群是我国早前寒武纪典型地层之一,主要出露在山西省五台山地区。经过一百多年来中外学者的研究,对五台群的认识取得了重要进展,但对其层序的划分和地质年代的归属仍有不同意见。作者在野外地质工作基础上,根据高凡亚群、滹沱群底界和侵入五台群岩体(特别是同构造早期的侵入岩)等年龄资料,认为五台群的顶界年龄大致为 25 亿年左右;根据金刚库组斜长角闪岩的 Nd 平均模式年龄、侵入金刚库组石佛岩体小马蹄沟处片麻状花岗闪长岩残余锆石的 TIMS 法年龄和片麻状花岗闪长岩的 Nd 模式年龄,提出五台群的底界年龄为 2 800 Ma。因而五台群的地质年龄为 2 800 ~ 2 500 Ma,属新太古代。

关键词:五台群;地质年代;顶界年龄;底界年龄;新太古代

中图分类号: P534.1

文献标识码: A

文章编号: 1672 - 4135(2003)02 - 72 - 08

1 概述

五台群主要分布在山西省五台山地区,西起原平,东至灵丘,呈北北东向展布,全长大于 160 km,宽 35 km,是一套经受角闪岩相到次绿片岩相多期变质和多期变形叠加的火山 - 沉积岩系(图 1)。此外,在恒山的南坡,阜平的北部也有分布,是我国早前寒武纪的典型地层之一。

五台山地区的地质调查始于 1871 年德国学者李希霍芬(F. V. Richthofen),1882 年他首次将出露于五台山地区的绿色片岩及有关岩层命名为五台层绿泥片岩。1903 ~ 1904 年美国学者维理斯和布拉克威尔德(B. Willis & E. Blackweider)提出了五台纪。随后杨杰^[1]、王曰伦^[2]、赵宗溥^[3]和马杏垣^[4]等,先后对五台群的层序、岩石类型和特点进行了较深入的研究。从上世纪 60 年代起,在五台山地区开展了较大规模的深入的地质填图和地质科研,其内容涉及到 1/20 万和 1/5 万地质填图及地层、构造地质、变质岩和变质作用、花岗质岩石、同位素地质年代学、古生物、地球物理、矿床地质(以铁、金)等多学科、多方法的研究,对五台山地质的认识大大前进了一步,其中影响较大的成果有:1/20 万平型关幅(山西区调队,1963 ~ 1966),太行山 - 五台山区前寒武纪变质岩系同位素地质年代学研究^[5],五台山区变质沉积铁矿地质^[6],五台山早前寒武纪地质^[7],五台山 - 恒山绿岩带地质及金的成矿作

用^[8],五台山早前寒武纪重大地质事件及其年代^[9],五台山 - 恒山绿岩带金矿床地质^[10],山西主要成矿区带成矿系列及成矿模式^[11],山西五台山地区早前寒武纪年代构造格架^[12],五台山地区条带状铁建造金矿地质及成矿预测^[13]等。

经过一百多年来对五台群的研究,虽然对五台群的认识取得了重要的进展,但对其层序和时代的归属仍有不同的方案。目前提出的地层划分方案主要有 3 种(表 1)。这 3 种方案都认为上部是经历次绿片岩相变质的由浊流岩组成的高凡亚群,主要岩石类型为石英岩、千枚岩、变质粉砂岩等,有些千枚岩中富含石墨,在变质粉砂岩内原生构造发育,有时见包卷层理。主要分歧是下部绿片岩相 - 角闪岩相的变质火山 - 沉积岩系地层的划分问题。由于上世纪 80 年代在五台群内“发现”二个不整合面^[6,7],因而将五台群三分,其中以白瑾、徐朝雷等为代表(表 1),即自下而上为石嘴亚群,台怀亚群和高凡亚群。1989 年山西区调队在岩头测区进行 1/5 万区调时,认为在台怀亚群和石嘴亚群间的甘泉不整合实际上是滹沱群与五台群之间的不整合,并在鸿门岩组和柏枝岩组之间的绢云母石英片岩的底部(原芦嘴头组)层位上发现有零星分布的、标志沉积间断的变质砾岩,台怀亚群和石嘴亚群之间为沉积间断关系,恢复了 1/20 万区调的芦嘴头组,因而徐朝雷、胡学智等(1989)建立了一个有新内涵的台怀亚群(表 1)。田永清等^[8]、沈保丰等^[10]认为,所谓的芦嘴头组的变质砾岩仅见于局部地

收稿日期:2003 - 02 - 22

基金项目:国家黄金攻关项目(90051 - 01);中国成矿体系与区域评价项目(K1.4);华北地区前寒武纪重大地质矿产问题研究(200101)

作者简介:沈保丰(1935),男,研究员,博士生导师,从事矿床地质、早前寒武纪地质和前寒武纪成矿作用研究。

段,而绢云母石英片岩的厚度也很不稳定,不足以构成一个岩石地层单位和划分亚群界线的地

层岩组。因此,结合 1/5 万区调成果,将五台群厘定为上、下两个亚群(表 1)。

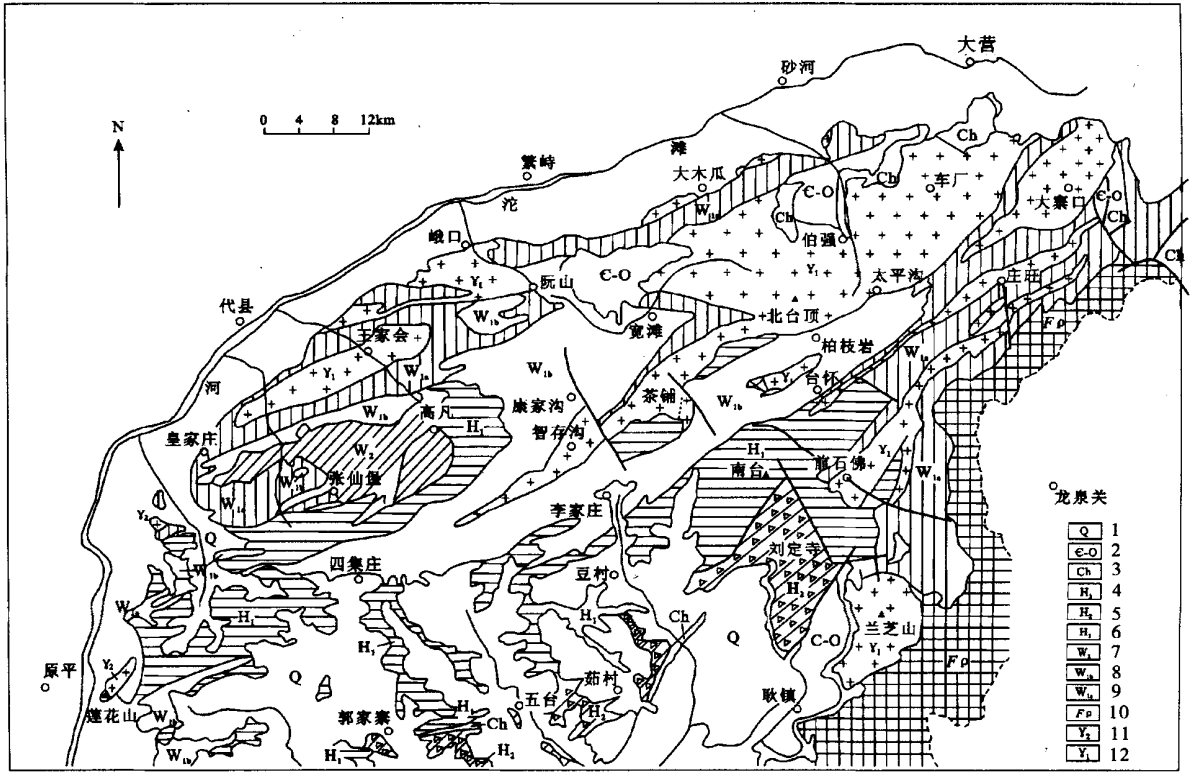


图 1 五台山地区前寒武纪地质略图

Fig.1 Precambrian geological sketch map of Wutaishan region

- 1. 第四纪; 2. 寒武 - 奥陶纪; 3. 长城系; 4. 郭家寨亚群; 5. 豆村亚群; 7. 次绿片岩相高凡亚群;
- 8. 次绿片岩相石嘴亚群; 9. 角闪岩相石嘴亚群; 11. 吕梁期花岗岩; 12. 五台期花岗岩类

表 1 五台群划分方案对比表

Table 1 Correlation between the division of Wutai Group

古元古界	白瑾、徐朝雷等(1986)		徐朝雷、胡学智等(1989)		沈保丰、孙继源、田永清等(1994)	
	滹沱群	四集庄组	滹沱群	四集庄组	滹沱群	四集庄组
新太古界	五台群	高凡亚群 羊蹄沟组 洪寺组	五台群	高凡亚群 台怀亚群	五台群	高凡亚群
		台怀亚群 鸿门岩组 柏枝岩组		台怀亚群 鸿门岩组 芦嘴头组		石嘴亚群
		石嘴亚群 文溪组 庄旺组 金刚库组 板峪口组		石嘴亚群 柏枝岩组/ 文溪组 庄旺组 金刚库组 板峪口组		鸿门岩组 柏枝岩组 文溪组 庄旺组 金刚库组 板峪口组

对五台群的地质时代归属也有不同的认识。自从 1959 年沈其韩等^[14]在《地质论评》第 6 期正式发表了有关五台群的 K - Ar 同位素年龄数据后,不少研究者应用不同的同位素测年方法,获得了 200 余个同位素年龄数据,尤其是近年来单颗粒锆石微量热电质谱法(简称 TIMS 法)、

SHRIMP 法,Sm - Nd 法等的引入,同时结合其他测试方法,对五台群的地质年代归属和探讨其地壳演化,大大地推进了一步。但需指出的,五台群的地质时代归属仍有不同的意见,归纳起来大致有以下几种认识:一种意见认为五台群属古元古代^[5,8,15];一种意见认为五台群属新太古

代^[7,9,10,16,17];还有一种意见认为五台群的下部为太古宙,中上部为古元古代^[6];此外还有一种意见认为五台群的中下部为太古宙,上部属古元古代。上述四种意见,以前二种较多。此外,对五台群下部板峪口组的归属也存在不同的认识,一种认为板峪口组是五台群的底部;一种意见认为板峪口组应属溱沱群的大石岭组;还有一种意见认为1/20万平型关幅所示的板峪口组西段属溱沱群的大石岭组,其东段仍为五台群板峪口组。虽然对五台群内部层序划分和时代归属有不同的认识,但五台群的上部与溱沱群呈不整合接触,下部与阜平岩群为韧性断层接触的意见是一致的。

2 五台群顶界(上限)年龄讨论

对五台群的顶界年龄有二种意见:一种以刘敦一等^[5]为代表,认为五台群顶界年龄为23亿年,马杏垣等^[15]也持此种认识,田永清等^[8]则将顶界年龄置于24亿年;另一种意见以白瑾等^[7]为代表,认为五台群的顶界年龄为25亿年(或 2500 ± 100 Ma,徐朝雷等^[16],沈保丰等^[10],王汝铮等^[12]也持此种意见。

我们认为五台群顶界年龄的确定,应在进一步了解五台群地质特征的基础上,通过测定高凡亚群,溱沱群的底界,侵入五台群(特别是五台群上部地层)岩体的年龄等途径来确定。

2.1 高凡亚群的同位素地质年龄讨论

王汝铮等^[18]在代县高凡-殷家会之间高凡亚群羊蹄沟组中采集了具有代表性的10个千枚岩类样品。其编号、样品号和岩性分别为:1) W8611T 灰色碳质千枚岩,2) W8617T 浅灰色绢英千枚岩,3) W8620T 浅灰色条带状千枚岩,4) W8616T 深灰色碳质千枚岩,5) W8614T 深灰色碳质千枚岩,6) 深灰色条带状碳质千枚状板岩,

7) W8612T 灰色千枚岩,8) W8606T 绢英片岩,9) W8619T 浅灰色绢英千枚岩,10) 灰色千枚岩。对它们分别作了 Pb - Pb、Rb - Sr 和 Sm - Nd 同位素分析,得出 Pb - Pb 等时线年龄为 $(92\ 040 \pm 107.9)$ Ma 和 Rb - Sr 等时线年龄为 $(2\ 030.3 \pm 14.5)$ Ma。这一组 2 000 Ma 左右的年龄,在古元古代溱沱群中也有反映,可能同古元古代构造热事件有关。10 个样品 Sm - Nd 同位素分析结果见表 2。根据分析结果获得两条等时线年龄(图 2),由 W8611T、W8617T、W8620T、W8616T 和 W8614T 等 5 个样品给出的斜率为 $0.016\ 6 \pm 0.000\ 2$,截距为 $0.509\ 6 \pm 0$,等时线年龄为 $(2\ 517 \pm 32)$ Ma。由 W8615T、W8612T 和 W8606T 等 3 个样品给出斜率为 $0.017\ 9 \pm 0.000\ 3$,截距为 $0.509\ 0 \pm 0$,等时线年龄为 $(2\ 714 \pm 44)$ Ma。在两条等时线之间,分散 W8619T、W8609T 两个样品,其定线年龄接近 2 600 Ma。需要指出,这 10 个样品的岩性、矿物成分、结构构造等特征没有明显差别,而其中 8 个样品拟合了两条线性关系较好的等时线,年龄为 2 517 Ma、2 568 Ma,平均模式年龄为 2 714 Ma、3 173 Ma。由前 5 个样品组成的第一条等时线年龄和平均模式年龄比较接近,有可能代表其成岩年龄。由第 6 ~ 8 个样品组成的第二条等时线年龄和平均模式年龄相差较大,等时线年龄不代表样品的形成年龄,样品可能反映包括较大比例的继承 Nd,或是在某期地质构造改造时体系重设过程中获得了过剩 Nd,更可能是二者兼有。本区 10 个样品的 Nd 模式年龄从 2 560 Ma ~ 3 170 Ma 可能反映沉积物源区的岩石,既有以长英质 - 镁铁质火山岩为主的五台群及其共生的 TTG 岩套,也有五台群基底的岩石组份。

表 2 高凡亚群羊蹄沟组千枚岩类全岩 Sm - Nd 同位素分析结果

Table 2 Whole rock Sm - Nd isotope analysis results on the phyllites of Gaofan Subgroup Yangtigou Formation

编号	样品号	Sm($\times 10^{-6}$)	Nd($\times 10^{-6}$)	$^{87}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	误差 2 (%)	TDM (Ga)
1	W8611T	3.865	18.023	0.1297	0.511722	0.002	2.58
2	W8617T	4.717	24.873	0.1147	0.511469	0.004	2.57
3	W8620T	6.790	36.705	0.1118	0.511425	0.002	2.56
4	W8616T	7.287	39.548	0.1114	0.511417	0.003	2.56
5	W8614T	7.858	45.990	0.1033	0.511284	0.001	2.57
6	W8615T	5.079	23.511	0.1306	0.511365	0.002	3.24
7	W8612T	7.659	39.452	0.1174	0.511125	0.004	3.17
8	W8606T	4.264	25.070	0.1028	0.510867	0.004	3.11
9	W8619T	5.500	30.774	0.1100	0.512276	0.001	2.74
10	W8609T	5.012	27.848	0.1088	0.511257	0.001	2.74

(据王汝铮等^[18],1992)

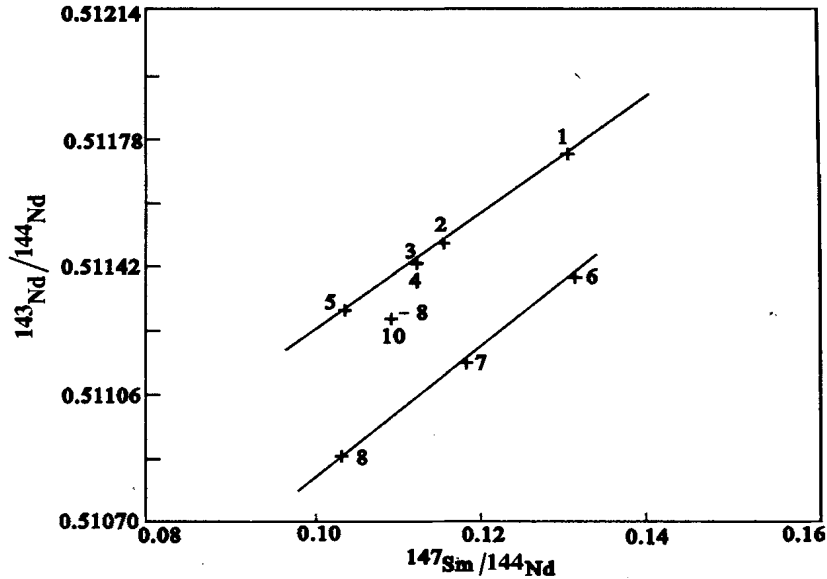


图 2 五台群千枚岩类全岩 Sm - Nd 等时线图

Fig 2 Whole rock Sm - Nd isochron diagram on phyllites from Wutai Group

(据王汝铮等^[18], 1992)

2.2 溥沱群下部地层地质年代讨论

溥沱群主要分布在五台山南坡台怀 - 四集庄一线以南,石嘴 - 定襄一线以北(图 1)。溥沱群是一套轻微变质的沉积岩系,由变质砾岩、石英岩、千枚岩、板岩、白云岩、大理岩并夹少量(变质)玄武岩等组成,与下伏五台群和上覆中元古代长城系均为不整合接触,共分 3 个亚群 14 个组,自下而上为豆村亚群:四集庄组、南台组、大石岭组、青石村组;东冶亚群:纹山组、河边村组、建安村组、大关洞组、槐荫村组、北大兴组、天蓬脑组;郭家寨亚群:西河里组、黑山背组和雕王山组。本文中指的溥沱群下部地层是指豆村亚群所有组及东冶亚群的纹山组和河边村组。确定溥沱群下部地层的年代最合适的测年对象应是分布在地层中的(变质)火山岩,目前已知在豆村亚群青石村组和东冶亚群河边村组内产出变质玄武岩。青石村组以灰紫色、灰黑色、灰绿色千枚岩、砂质千枚岩为主,夹石英岩、白云岩,上部为变质玄武岩层,厚度一般为 40 ~ 50 m,是青石村组与上覆东冶亚群纹山组的分层标志层。青石村组的变质玄武岩基本属于拉斑玄武岩范畴。王汝铮等^[19]对采自五台县刘定寺村北变质玄武岩内透明自形锆石进行了单颗粒锆石 TIMS 法年龄测定,获得(2 450 ± 10) Ma 数值,说明其为青石村组的成岩年代。东冶亚群河边村组以泥质白云岩为主,下部有少量石英岩、板岩,顶部有一层变质玄武岩。变质玄武

岩按其化学成分特点,接近碱性玄武岩。王汝铮等^[19,20]分别在五台县马头口村北和定襄县纹山两地的变质玄武岩的样品中,进行了单颗粒锆石 TIMS 法年龄测定,分别获得(2 400 ± 20) Ma 和(2 358 ± 96) Ma 数值,以此为河边村组的成岩年代,这 2 个数据都比较接近,但考虑到后者的误差值相对较大,因而选择(2 400 ± 20) Ma 的年代。

2.3 花岗岩类的同位素年代讨论

花岗质岩石广泛分布在五台山绿岩带内,特别是侵入五台群上部地层内花岗质岩石的同位素地质年代,是确定五台群年代上限的重要依据。田永清等^[8]、沈保丰等^[10]依据花岗质岩石与绿岩(组成五台群的表壳岩)的关系,区分为前绿岩期(构造前)、同构造期和后构造期等类型。确定五台群上限年龄最主要的依据是同构造期花岗质岩石,其次是后构造期的花岗质岩石。本区同构造期的花岗质侵入体有石佛、兰芝山、峨口、义兴寨、独峪、王家会、光明寺等岩体,其岩石类型以钠质为主,形成不同的 TTG 组合,如石佛、王家会岩体为花岗闪长岩 - 花岗岩组合,兰芝山、峨口岩体为奥长花岗岩 - 花岗岩组合等;后构造期的花岗质侵入岩主要形成在吕梁期的晚期(1 800 Ma ~ 2 100 Ma),一般呈不整合侵入体,其岩性除少部分为钠质外,一般富钾,如平型关、莲花山、凤凰山、大洼梁等岩体。

按与绿岩的关系,同构造期的花岗质岩体,可

再细分为同构造早期和晚期两亚类。同构造早期的侵入体一般具有与绿岩片理方向一致的片理及与绿岩近于整合的产状,岩体的产状呈条带状、不规则状或呈整合状产于绿岩地层中,有可能是绿岩同期的侵入体,如石佛、峨口、兰芝山、光明寺等岩体。同构造晚期的花岗质侵入体常具有岩浆底辟侵入性质,其中含有绿岩的捕虏体,其侵入时间略晚于绿岩,如王家会、独峪岩体。

白瑾等^[7,9]对侵入于石咀亚群的石佛岩体内,采自五台县南塔、前石佛、后石佛的花岗闪长岩的锆石,进行常规 U - Pb 年龄测定,获得一致曲线的上交点年龄为(2 507 ± 17 / - 16) Ma 和对石佛岩体小马蹄沟处的花岗片麻岩内桔黄色锆石进行了单颗粒锆石的 TIMS 法年龄测定,获得(2 483 ± 1) Ma。刘敦一等^[5](1984)对兰芝山、光明寺、峨口等花岗岩体进行了常规锆石 U - Pb 一致线法测定,分别获得(2 560 ± 6) Ma、(2 522 ± 16) Ma 和(2 520 ± 30) Ma 年龄。

山西区调队对具有岩浆底辟侵入性质,含金刚库组绿岩包体的、片麻理不甚明显的代县王家会岩体采取花岗岩测年样品,北京三所进行了 K - Ar 稀释法测定,获得 2 374.1 Ma。我们在王家会岩体内采取了花岗岩样品,天津地质矿产研究所同位素地质研究室进行了 Sm - Nd 同位素分析,其分析结果:Sm(× 10 - 6) 5.765, Nd(× 10 - 6) 40.076, ¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd 为 0.087 0, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 为 0.511 222, 误差 2(%) 0.005, T_{DM}/Ma 2 309 ± 6。模式年龄和 K - Ar 稀释法年龄基本近似。可认为 2 309 Ma 为王家会岩体的年龄。这些与绿岩同构造早期的、呈条带状片麻杂岩或小型整合岩体的同位素年龄大多在 2 500 Ma 左右,而同构造晚期具岩浆底辟侵入性质的岩体则大约在 2 300 Ma 左右。

从以上三个方面的讨论,高凡亚群的 Sm - Nd 等时线年龄为(2 517 ± 32) Ma, 滹沱群青石口组变质玄武岩内单颗粒锆石的 TIMS 法年龄为(2 450 ± 10) Ma, 河边村组变质玄武岩内单颗粒锆石的 TIMS 法年龄为(2 400 ± 20) Ma, 而青石口组离滹沱群的底界尚有近 3 000 m 厚度的沉积物,估计其底界年龄接近 2 500 Ma。侵入五台群的同构造早期呈整合的条带状、不规则状和整合状产出岩体的同位素年龄大多在 25 亿年左右,而同构造晚期具岩浆底辟侵入性质的岩体

则在 23 亿年左右。综上所述,五台群的顶界(上限)年龄可大致定为 25 亿年左右。

3 五台群底界(下限)年龄讨论

对五台群底界(下限)的年龄目前也有二种认识。刘敦一等^[5]将五台群的底界年龄定为 2 560 Ma。其主要依据是:在兰芝山岩体的北端(七月村)及西南端被五台群板峪口组石英岩层覆盖,用常规锆石 U - Pb 法获得的兰芝山花岗岩的同位素年龄为(2 560 ± 6) Ma,因而五台群的底界不会大于此年龄值。但对这套石英岩层的时代归属分歧较大。白瑾等^[7,9]、徐朝雷等^[16]认为板峪口组和大石岭组在岩石组合、构造变形、变质作用等方面有很大的差异,而兰芝山岩体七月村附近的沉积岩系,具有滹沱群下部大石岭组的特征沉积构造——红黑相间的条纹状千枚岩及十分发育的泥裂和波痕等。从而动摇了五台群底界的年龄的论据。马杏垣等^[15]、田永清等^[8]使用构造 - 岩浆旋回法来确定层序的归属,认为从空间展布的特点,五台群呈北东方向叠置在太古宙硅铝壳基底之上,五台海盆很可能是古元古代早期(26 ~ 23 亿年)形成的具有绿岩带性质的盆地。但这种认识没有佐以同位素年龄的证据。白瑾等^[7,9]、徐朝雷等^[16]、沈保丰等^[10]、王汝铮等^[12]提出五台群的底界(下限)为 28 亿年(或 28 ~ 29 亿年)。白瑾等^[9]、王汝铮等^[12]提出的依据是在石佛岩体的小马蹄沟花岗片麻岩内,选出玫瑰红色的单颗粒锆石,经 TIMS 法测定,获得上交点年龄为(2 803 ± 430) Ma,认为它可能代表五台群早期岩浆活动锆石的结晶年龄,从而进一步推测五台群底界的沉积年龄可能等于或稍早于 2 803 Ma。徐朝雷等^[16]主要依据阜平岩群中只出现(2 800 ~ 2 900) Ma 的一组数据,且中、下亚群的年龄基本相似,把它视为变质年龄比较合理,据此,将(2 800 ~ 2 900) Ma 作为五台群的下限年龄。在白瑾、王汝铮等的工作基础上,我们对五台群的底界年龄作了一些工作,主要对石佛岩体等作了同位素测年工作,在此基础上进行探讨。

石佛花岗质片麻岩体位于五台山地区的东南,岩体自石佛西南到东北端神堂堡附近,呈北东向延长的楔形体,面积达 75 km²(图 1)。岩体片麻理方向平行围岩的叶理。主岩体与金刚库

组和庄旺组岩石接触。由于强烈的变形,使区域平行叶理发育,掩盖了原有的接触关系,但在北部可见明显的侵入接触和在大、小马蹄沟一带复合了吕梁期花岗岩,同滹沱群大石岭组长石石英岩呈侵入接触关系。岩体的主要岩石类型为片麻状花岗闪长岩 - 花岗岩。

白瑾等^[9]在神堂堡 - 沙河公路与神堂堡 - 庄旺公路交叉口以北约 300 m 处,采集了金刚库组磁铁石英岩层之下斜长角闪岩层样品,做了单颗粒锆石 TIMS 法年龄测定。锆石含量很低,一类锆石晶体黯淡,不十分透明,被强烈溶蚀和蜕晶质化;另一类占锆石总量的大部分,较透明,晶体发育有裂纹和被溶蚀的核晶,一般表面溶蚀不强,个别成半浑圆状。将表面较干净的 6 个样和已蜕晶质化的 4

个样品,拟合而成的不一致线的上交点年龄为 (2 438 ±36) Ma,下交点年龄为 (559 ±44) Ma。矿物研究该锆石属变质成因,其同位素年龄可能反映金刚库组地层最近一次重要的变质事件年龄。白瑾等^[9]在石嘴、金刚库、神堂堡、射虎川等地采集了一套斜长角闪岩、斜长角闪片岩、含石榴斜长角闪岩和黑云变粒岩等属于金刚库组的岩石,分别作了全岩 (9 件样品) Rb - Sr 等时线年龄和全岩 (11 件样品) Sm - Nd 等时线年龄,获得 (2 573.06 ±47.16) Ma 和 (2 599 ±41.49) Ma,认为这二种方法测定的同位素年龄与侵入金刚库组与地层同变形变质的石佛岩体 (硫磺厂) 单颗粒锆石 TIMS 法 (2 607 ±36) Ma 年龄基本相似,可能反映了五台期早期岩浆活动、角闪岩相变质等重大地质事件。

表 3 五台群金刚库组斜长角闪岩 Sm - Nd 同位素分析结果

Table 3 Sm - Nd isotope analysis results of the amphibolite of Wutai Group Jingangku Formation

序号	样品号	Sm ($\times 10^{-6}$)	Nd ($\times 10^{-6}$)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	误差 δ (%)	T_{DM}/Ma	$t_{\text{Nd}}(\text{t})$	$f_{\text{Sm}/\text{Nd}}$
1	W8650T	2.662	12.423	0.1295	0.511630	0.003	2735	4.02	- 0.34
2	W8702T	3.080	15.428	0.1207	0.511471	0.006	2735	4.02	- 0.385
3	W8701T	2.899	10.819	0.1620	0.512161	0.002	2897	3.67	- 0.18
4	W8639T	0.591	2.736	0.1306	0.511632	0.002	2767	3.95	- 0.34
5	W8645T	2.210	7.706	0.1734	0.512350	0.003	3005	3.43	- 0.12
6	W8653T	4.227	15.248	0.1696	0.512303	0.001	2908	3.64	- 0.14
7	W8703T	3.623	16.386	0.1337	0.511682	0.003	2780	3.93	- 0.32

注:(Sm - Nd 同位素分析的原始资料引自白瑾等^[9],1992)

我们从白瑾等^[9]金刚库组的 11 个样品中,选取了其中 7 个斜长角闪岩样品的 Sm - Nd 的同位素分析结果,获得全岩 Sm - Nd 等时线年

龄和平均模式年龄。金刚库组斜长角闪岩的 Sm - Nd 同位素分析结果见表 2 - 3,等时线年龄见图 3。

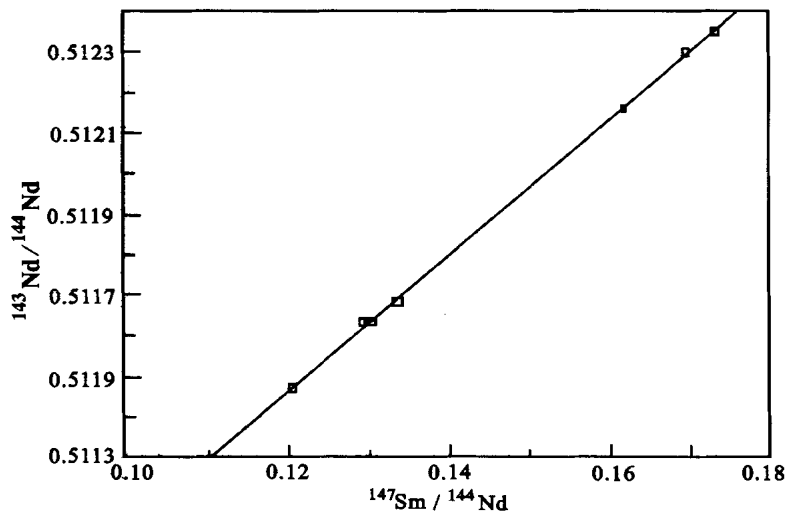


图 3 斜长角闪岩 Sm - Nd 等时线年龄

Fig. 3 Sm - Nd isochron diagram on amphibolite

斜长角闪岩的等时线年龄为(2 550 ±62) Ma,该同位素年龄和上述讨论的一样,也反映了重大的变质变形事件。 $N_d(t) = 2.2$,说明基性物质来自亏损地幔源。7个样品的模式年龄从2 735 ~ 3 005 Ma,平均模式年龄为2 832.4 Ma,有可能反映斜长角闪岩原岩的形成年龄。

白瑾等^[9]在石佛岩体的东南小马蹄沟处的片麻状花岗闪长岩内,获得残留锆石的 TIMS 法年龄为(2 803 ±430) Ma。我们对小马蹄沟处的片麻状花岗闪长岩作了 Sm - Nd 同位素分析,其结果为:Sm ($\times 10^{-6}$) 3.897, Nd ($\times 10^{-6}$) 26.894, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 0.087 6, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 为 0.510 861,误差(2 σ) 0.000 012, T_{DM}/Ma 2 751 ±14。

石佛花岗质片麻岩体主体产在以斜长角闪岩为主的金刚库组和庄旺组内。从空间关系和同位素年龄数据分析,说明石佛岩体是金刚库时期火山作用晚期同构造岩浆侵入的产物。石佛岩体 La/Sm - La 图解上位于部分熔融线附近,在(La/Yb)_N - (Yb)_N 图解上位于角闪岩区^[21],因此可以认为石佛岩体是通过拉斑玄武岩(已变质为斜长角闪岩)的部分熔融产生的母岩浆经分离结晶形成的。

从以上获得的一批数据:石佛岩体小马蹄沟片麻状花岗闪长岩残留锆石的年龄(2 803 ±430) Ma,该处片麻状花岗闪长岩的 Nd 模式年龄 T_{DM}/Ma 2 751 ±14 和主要产出的斜长角闪岩平均模式年龄 2 832.4 Ma,三个同位素年龄值都较接近,均在 28 亿年左右。这可能说明,在 28 亿年左右,在五台山地区有一次壳幔分离,地幔物质通过底侵作用进入地壳。现代实验研究表明,花岗质岩石是地壳中镁铁质岩石部分熔融的产物, Nd 模式年龄有可能反映花岗岩源岩的年龄,(2 751 ±14) Ma 可能反映石佛岩体源岩金刚库组斜长角闪岩的年龄,而该年龄与斜长角闪岩的平均模式年龄 2 832.4 Ma 和残留锆石的年龄(2 803 ±430) Ma 也比较接近,因而我们认为 2 800 Ma 应是五台群的底界年龄。

总之,五台群的顶界(上限)年龄约为 25 亿年,底界年龄(下限)大致在 28 亿年。

4 结语

1) 根据高凡亚群、滹沱群底界和侵入五台群

岩体(特别是同构造早期的侵入岩)等年龄资料,五台群的顶界年龄可大致定为 25 亿年左右。

2) 根据金刚库组斜长角闪岩的 Nd 平均模式年龄,侵入金刚库组的石佛岩体小马蹄沟处片麻状花岗闪长岩残余锆石的 TIMS 法年龄和片麻状花岗闪长岩的 Nd 模式年龄,五台群的底界年龄为 2 800 Ma。

3) 五台群的地质年龄在(2 800 ~ 2 500) Ma,为新太古代。

致谢:作者对孙继源教授级高级工程师和田永清教授级高级工程师对我们五台山地区进行地质调查时,林源贤研究员、钟长汀副研究员、张月琳副研究员和王进军硕士研究生等在同位素测试、计算机制图和提供资料等方面给予的大力支持,表示感谢!

参考文献

- [1] 杨杰. 山西五台山地质略述[J]. 地质学报, 1936, 15 (2): 261 - 268.
- [2] 王日伦等. 五台山五台纪地层的新见[J]. 地质学报, 1952, 32(4): 325 - 353.
- [3] 赵宗溥. 中国前寒武纪地层问题[J]. 地质学报, 1954, 34(2): 169 - 196.
- [4] 马杏垣, 蔺荫昌, 尉葆衡, 周大荣. 五台山区地质构造基本特征[M]. 北京: 地质出版社, 1957.
- [5] 刘敦一, R. W. 佩吉, W. 康普斯顿, 伍家善. 太行山 - 五台山区前寒武纪变质岩系同位素地质年代学研究[J]. 中国地质科学院院报, 1984, 3: 57 - 79.
- [6] 李树勋, 冀树楷, 等. 五台山区变质沉积铁矿地质[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1986, 1 - 299.
- [7] 白瑾. 五台山早前寒武纪地质[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1986.
- [8] 田永清. 五台山 - 恒山绿岩带地质及金的成矿作用[M]. 太原: 山西科学技术出版社, 1991, 1 - 244.
- [9] 白瑾, 王汝铮, 郭进京. 五台山早前寒武纪重大地质事件及其年代[M]. 北京: 地质出版社, 1992, 1 - 65.
- [10] 沈保丰, 孙继源, 田永清等. 五台山 - 恒山绿岩带金矿床地质[M]. 北京: 地质出版社, 1994, 1 - 180.
- [11] 陈平, 陈俊明, 等. 山西主要成矿区带成矿系列及成矿模式[M]. 太原: 山西科学技术出版社, 1996, 1 - 259.
- [12] 王汝铮, 颜耀阳, 李惠民, 林源贤. 山西五台山地区早前寒武纪年代构造格架[J]. 前寒武纪研究进展, 1997, 20(2): 44 - 50.
- [13] 骆辉, 余克忍, 陈志宏, 田永清, 沈保丰. 五台山区条带状铁建造金矿地质及成矿预测[M]. 北京: 地质出版

- 社,2002,1 - 147.
- [14]沈其韩,陆宗斌,陈荣辉. 山西繁峙红岩上一带五台系地层的绝对年龄测定的新资料[M]. 地质论评,1959,19(6):279.
- [15]马杏垣,白瑾,索书田,劳秋元,张家声. 中国前寒武纪构造格架及研究方法[M]. 北京:地质出版社,1987,1 - 131.
- [16]徐朝雷,徐有华,范嗣昆,等. 关于五台群上、下限年龄的讨论[J]. 地球化学,1991,4:321 - 330.
- [17]程裕淇. 中国区域地质概论[M]. 北京:地质出版社,1994,1 - 517.
- [18]王汝铮,林源贤,郭春华. 五台群千枚岩类 Sm - Nd 同位素体系:叠加变质变形区同位素数据解释[J]. 山西地质,1992,7(3):344 - 349.
- [19]王汝铮. 古元古代溥沱群玄武岩 Rb - Sr、Sm - Nd 同位素体系初论[J]. 前寒武纪研究进展,1997,20(1):35 - 43.
- [20]王汝铮,李惠民. 溥沱群下部地层地质年代商榷[J]. 天津地质矿产研究所所刊,1992,26 - 27:305 - 314.
- [21]吴素珍. 五台山地区前寒武纪花岗岩类的稀土元素地球化学[J]. 地球化学,1991,20(1):87 - 97.

On Wutai Group Geochronology

SHEN Bao - feng, MAO De - bao

(Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources , 300170)

Abstract :Wutai Group distributing in Shanxi Province is one of the typical early Precambrian geological strata in our country. Studied by both Chinese and foreign scholars in the last one hundred years, the great progress was made in Wutai Group. But there are still the different opinions on the division of the succession of strata and geochronology. On basis of the field geological work and the age data of the Gaofan Subgroup, Huto Group bottom boundary and intrusive rock of Wutai Group (especially syntectonic early intrusives), the authors suggest that the top boundary age of Wutai Group is about 2 500 Ma. According to the average Nd model age of the amphibolite of Jingangku Formation, and the remaining zircons TIMS age of the Xiaomatigou gneissic granodiorite and the Nd model age of the gneissic granodiorite invading in the Jingangku Formation, the authors put a suggestion to the 2 800 Ma of the Wutai Group bottom boundary. Because of the geological age is 2 800 ~ 2 500 Ma, Wutai Group belongs to Neoproterozoic Era.

Key words : Wutai Group;geochronology;the top boundary age of Wutai Group;the bottom boundary age of Wutai Group