



对石碌群地层铷—锶全岩等时线 年龄的再认识

冶金工业部地质研究所 刘宏英

海南石碌群地层的形成时代为许多地质工作者所关注。近年来，本所及科学院地化所等单位在石碌地区开展了较系统的同位素地质年代学研究，积累了一批有价值的年龄资料。伍勤生同志在全国地层会议上系统地报道了铷—锶法的研究成果^[1]。他将140坑道内第四、第五层的6个样品组成一条等时线（541百万年），将CK654钻孔内第五、第六层的7个样品与矿场采面上的3个样品组成两条平行的等时线（588百万年和541百万年），将采面上的另一部分样品又组成两条平行等时线（509和499百万年），据此把石碌群地层和含矿岩系沉积作用的时间定为早—中寒武世，并把这些具有相同年龄值却具有不同的初始铷同位素比值的Rb—Sr全岩等时线作为代表沉积作用年龄而非变质年龄的一个极其重要的标志。

笔者曾在石碌地区做过野外地质工作，并参与部分Rb—Sr样品的采集。但根据Rb—Sr等时线法的原理和采样点的地质情况，本人不能赞同伍勤生同志作Rb—Sr等时线的处理方式及由此得出的某些结论。为活跃学术空气，今愿将自己的粗浅看法提出来供关心石碌群时代的同志们讨论、指正。

问题的提出

文献^[1]中属于石碌群第四、五、六层的样品共35个，它们分别采自石碌矿区的140坑道、矿场采面及E4a勘探线上的CK654钻孔岩芯。140坑道内的样品是垂直地层走向采集的，采样距离达202米，穿越第四、第五两个层位；CK654孔的样品也是垂直地层走向采集的，采样距离170米，穿越了

第五、第六两个层位，采面上为顺层采集，彼此相隔较近，但也包括了第五、第六两层的样品。这三组采样点的相对位置是：140坑道在矿场采面的下部，标高相差200余米；CK654孔在矿区东南，距140坑道水平距离600余米。

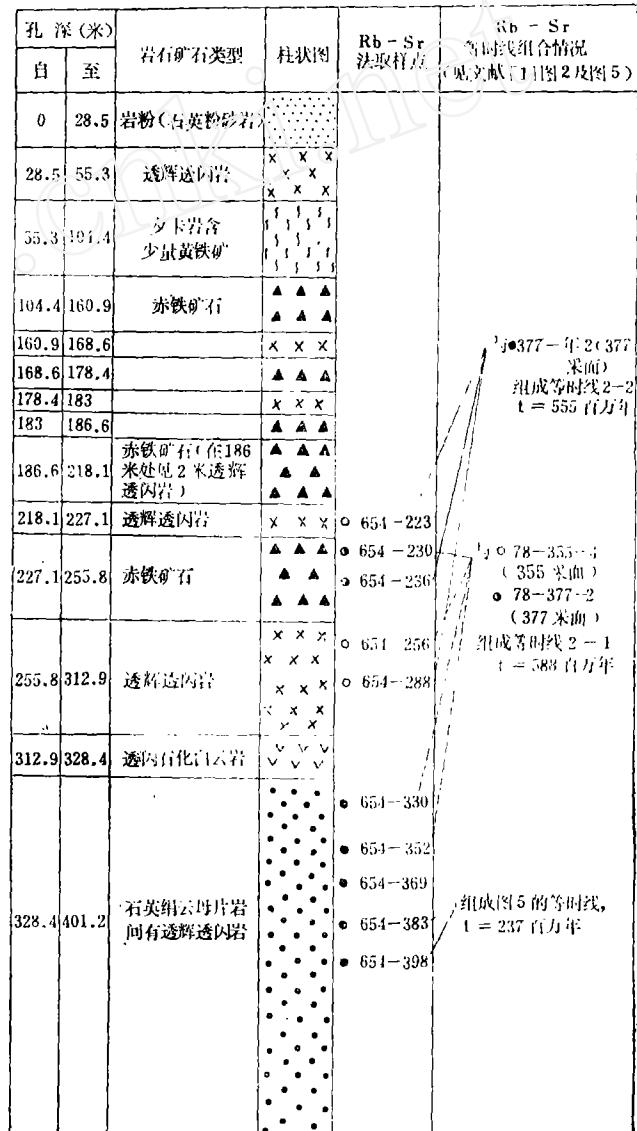


图1CK654孔岩芯柱状图及文献[1]中等时线组合情况示意图

笔者提出的问题有:

1.对140坑道中的样品作等时线处理时,不应该把位于第四层的140-2t(绿泥石化水白云母石英岩)包括进去(见文献(1)表1、图1),因为该样品与其余5个片岩样品(属第五层),不在一个层位,又已发生了蚀变,参加等时线计算不妥。

2.对CK654孔及采面部分样品采用了“平行线”的处理方式(见(1)中表2、表3及图2),但这两组样品既不是按照层位或变质程度来划分的,甚至也不是按照岩性或采样位置来划分的(图1),这样得出的年龄值在理论上难以作出令人信服的解释。文中对采面上另外8个样品的“平行线”处理也存在类似问题(见(1)中表4、图3)。

3.对于石碌群这样的中-浅变质沉积岩来说,作Rb-Sr全岩等时线处理时应该按照什么原则将样品分组,所得出的等时年龄代表的是沉积年龄还是变质年龄,以及它们的初始锶同位素比值有何地质意义,这些问题都有进一步讨论的必要。

有鉴于此,笔者对文献(1)中提供的石碌群第五、六层中的全部Rb、Sr同位素分析数据重新进行了分析和处理,得出了一些新的认识。

作等时线处理所遵循的原则

1.一般原则 为满足Rb-Sr等时线法的假设条件,作等时线处理的一组样品必须是:

(1)相同成因、同时形成的。对沉积岩来说,为保证样品的同时性,应在同一层位取样。

(2)具有均一的 Sr^{87}/Sr^{86} 初始比值。一般地说,同源的岩浆岩,在岩浆熔体中达到了锶同位素的均一化;细粒碎屑沉积岩和化学沉积岩在成岩过程中有可能实现锶同位素的均一化,变质作用会引起锶同位素的再均一化作用,同等变质深度的变质岩锶同位素再均一化的程度相同,因而可能具有相同的 Sr^{87}/Sr^{86} 初始比值。

(3)从样品形成至今保持封闭的化学体系,要避开后期地质作用影响的地带取样。

(4)各样品的Rb/Sr比值有一定差异,且样品数愈多,等时线的误差愈小。

2.处理石碌群样品的原则 对石碌群开

展Rb-Sr年代学研究时,必须注意到这套地层的原岩是沉积岩,而后又受到中-浅区域变质作用的改造这样两个重要特征。若希望得到沉积作用的年龄,首先应该按层位将第五层与第六层的样品分组,以保证样品的同时性;如欲得到变质作用的年龄,还应该按变质程度将样品分组,因为变质程度不同会导致初始锶同位素比值的差异。

根据石碌群的如下地质特征:

(1)第五层与第六层岩石不仅形成时间有先后,而且在岩性上也有很大差别。第五层为石英绢云母片岩及少量绢云母石英片岩,其原岩是比较单一的细粒碎屑沉积岩;第六层则岩性复杂,由铁质粉砂岩、含铁千枚岩、石英岩、透辉透闪岩、白云岩及赤铁矿等矿物组成,其原岩是一套由机械沉积,胶体沉积和化学沉积形成的泥砂质、钙镁质与铁质的混合沉积岩。

(2)石碌群为中-浅变质沉积岩系,基本上属绿片岩相,但在不同的层位中,由于原岩岩性的差异和外界条件的变化,对变质作用的反应是不完全相等的,最低的可能还属绿片岩相的低级亚相,而局部高级的已基本过渡到绿帘一角闪岩相。例如第六层的透辉透闪岩类,根据透辉石的大量出现以及斜长石的成分已达奥长石(No_{20-22} , $Np \wedge (010) = 0 \sim 3^\circ$),表明变质程度已超越绿片岩相而进入绿帘一角闪岩相了^[2]。变质程度不同对原岩Rb-Sr体系的改造程度也不同。

由此确定本文对石碌群中-浅变质沉积岩系的Rb-Sr全岩等时线处理原则如下:

(1)将石碌群第五层的所有片岩类样品放在一组处理。

(2)把石碌群第六层变质程度较高的透辉透闪岩类样品与变质较低的千枚岩板岩白云岩样品分组处理。

铷-锶全岩等时线处理结果

1.第六层透辉透闪岩 Rb-Sr 全岩等时线 文献(1)中的透辉透闪岩样品共有6个,其中3个取自CK654孔,3个取自采面(表1)。原作者将这6个样品与一些片岩或赤铁矿石组合成3条等时线。其实这6个样品彼此有较好的线性关系,用简单最小二乘法求得其等时年龄为 330 ± 48.5 百万年(1σ),

石碌群第六层透辉透闪岩的Rb—Sr同位素数据

表 1

样品号	样品名称	采样位置	Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶	Rb ⁸⁷ /Sr ⁸⁶
654—223	透辉透闪岩	CK654处223米处	0.7480	5.100
654—256	透辉透闪岩	CK654米256米处	0.73164	1.853
654—288	含石英砂的斜长石透辉透闪岩	CK654孔288米处	0.75662	5.844
78—355—4	含钾长石—磷石的透辉透闪岩	355采面	0.7356	2.300
78—377—1	条带状透辉透闪岩	377采面	0.7339	1.135
78—366—2	条带状透辉透闪岩	366采面	0.7356	1.443

相关系数 $r = 0.9594$ (图 2)。

2. 第六层千枚岩板岩白云岩的 Rb—Sr 全岩等时线

文献(1)中共有 6 个赤铁矿石

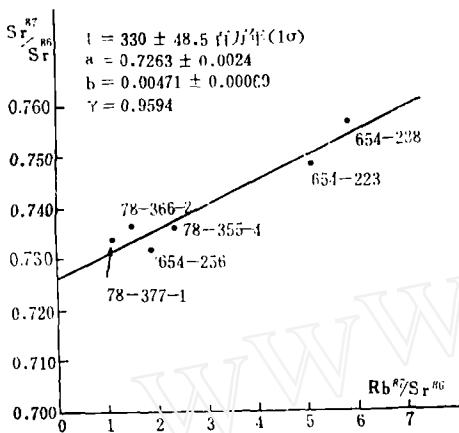


图 2 石碌群第六层透辉透闪岩 Rb—Sr 全岩等时线

的 Rb、Sr 同位素分析数据, 但只采用了其中的 3 个分别参与两条等时线的计算。实际上这 6 个赤铁矿石在座标图上均很发散, 发散的原因尚不清楚。然而文献(1)中两个含铁千枚岩却能投影在中国科学院华南富铁科研队矿物地球化学组在石碌群第六层中所获得的同类等时线上^[2] (表 2、图 3)。这既可表明两家的测试精度大体接近, 又可以证明这组样品在成因上的联系。华南队 4 个全岩样品的等时年龄为 540 百万年, 加上这两个含铁千枚岩样品后为 315 百万年。

3. 第五层片岩的 Rb—Sr 全岩等时线 属于第五层石英绢云母片岩或绢云母石英片岩类样品共 19 个 (表 3), 若将其全部投影在同一图上, 便可发现这些样品点是比较发散的 (图 4)。但从大量数据统计中可看出如下两条规律:

(1) 除 377—1 年 6 明显偏低外, 其余

石碌群第六层千枚岩板岩白云岩的 Rb、Sr 同位素数据

表 2

样品号	测试单位	样品名称	地质产状	Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶	Rb ⁸⁷ /Sr ⁸⁶
76—S—101	科学院 地化所	灰色白云岩	石碌北一矿区第六层	0.7133	0.01926
76—S—116		深灰色千枚岩	'	0.7738	16.9102
76—S—49		富铁千枚岩	'	0.7491	8.2167
76—S—42		黑色炭质板岩	'	0.8252	20.7838
344—年 7	冶金部	含铁千枚岩	344 采面, 矿体中夹层	0.7577	7.373
344—年 8	地质所	含铁千枚岩	344 采面与矿体连续过渡	0.7862	17.880

18 个样品都集中在一定的区间, 显示一种共同的变化趋势。将这 18 个样品全部回归分析, 得等时年龄 t 为 315 百万年, 然而线性关系较差 ($r = 0.8668$), 仅供参考。

(2) 18 个样品中, 有 2/3 的样品 (12 个) 能组成一条较好的等时线, $t = 243 \pm 25.8$ 百万年 (1σ), $r = 0.9476$ 。

以上各组等时线的地质意义将在下面讨论。

数据解释和讨论

用 Rb—Sr 法测定中—浅变质沉积岩的形成时代至今仍是一个较难的课题。从理论上讲, 若在沉积成岩的过程中实现了铷同位素的均一化, 并在变质作用中保持封闭体系且不发生铷同位素的再均一化现象, 则 Rb—Sr 全岩等时年龄可反映沉积成岩作用的时间。但在沉积岩中常含许多碎屑矿物, 其中

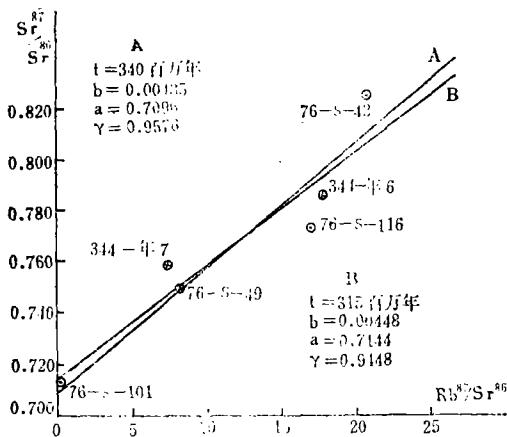


图8 石碌群第六层千枚岩板岩白云岩的Rb—Sr全岩等时线
A—华南队4个样品的等时线， B—6个样品的等时线

的云母和钾长石碎屑富含放射成因铯，这些来自源岩的继承铯在沉积成岩过程中在大颗粒矿物之间不易达到铯同位素组成均一化。另外，沉积环境和沉积岩的结构构造又不利于沉积岩保持Rb、Sr的封闭体系，因为在后期地质作用特别是在区域变质作用过程中，由于下列因素而容易引起沉积岩中Rb、Sr同位素组分的迁移：①岩石的层状构造和对变形的抵抗力差，会形成为数众多的通道以利于溶液的流通，②沉积岩总的非均一性导致岩石中相邻部分的Rb、Sr浓度有巨大变化，③沉积岩中原生低温矿物在变质作用条件下是不稳定的，这些矿物的改组和新矿物的形成，必然要伴随着物质的迁移，④沉积岩中挥发组分含量高，它可使Rb、Sr的迁移速度显著加快。以上因素使沉积岩的Rb—

石碌群第五层片岩的Rb、Sr同位素分析数据

表8

序号	样品号	样品名称	采样地点	Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶	Rb ⁸⁷ /Sr ⁸⁶
1	140-8t	黑云母石英片岩	140坑道中段主穿760米处	0.7610	2.895
2	140-10t	黑云母石英绢云母片岩	140坑道中段主穿807米处	0.7709	3.700
3	140-22t	石英绢云母片岩	140坑道中段主穿测点20处	0.7702	4.252
4	78-266-11	含铁石英绢云母片岩	366采面	0.7674	4.922
5	654-383	硅化黑云母化石英绢云母片岩	CK654孔398米处	0.7759	6.024
6	140-870	斑点状黑云母石英绢云母片岩	140坑道中段主穿870米处	0.7872	6.667
7	654-383	硅化黑云母化石英绢云母片岩	CK654孔383米处	0.77995	7.020
8	78-355-11	石英绢云母片岩	355采面	0.7804	7.409
9	654-352	石英绢云母片岩	CK654孔352米处	0.7856	8.314
10	654-369	石英绢云母片岩	CK654孔369米处	0.7874	9.313
11	377-年2	含黑云母石英绢云母片岩	377采面	0.7839	9.382
12	344-年1	绢云母石英片岩	344采面	0.8038	14.340
13	140-12t	石英绢云母片岩	140坑道中段主穿872米处	0.7931	7.020
14	78-366-12	含铁石英绢云母片岩	366采面	0.7566	3.435
15	78-366-13	石英绢云母片岩	366采面	0.7532	3.705
16	78-355-14	石英绢云母片岩	355采面	0.7550	4.275
17	654-330	绢云母石英片岩	CK654孔330米处	0.75745	4.896
18	78-355-13	石英绢云母片岩	355采面	0.7616	5.082
19	377-年4	绢云母石英片岩	377采面靠矿体北部	0.7355	4.809

Sr体系极易受到后期变质作用的改造，因而中—浅变质沉积岩的数据点在Rb⁸⁷/Sr⁸⁶—Sr⁸⁷/Sr⁸⁶座标图上是比较发散的。经笔者重新处理后的石碌群的几条等时线均是这种情况。此外，对沉积岩Rb—Sr年龄地质意义的解释也是一个长期争论的问题，因为它可能代表沉积物的源岩年龄、沉积作用的年龄、成岩作用的年龄和变质作用的年龄等。沉积岩遭受区域变质作用后，其Rb—Sr年

龄的解释就更趋复杂了。因此在中—浅变质沉积岩的年代学研究中，首先必须恢复其原岩类型并确定其变质深度，分析在上述各种情况下Sr同位素均一化的程度，针对具体测定对象进行分析，才有可能对年龄数据的地质意义有正确的解释。

1. 第六层透辉透闪岩是石碌群中变质程度最高的一组岩石。从矿区不同地段采集的6个样品能组成一条较好的等时线表明变质

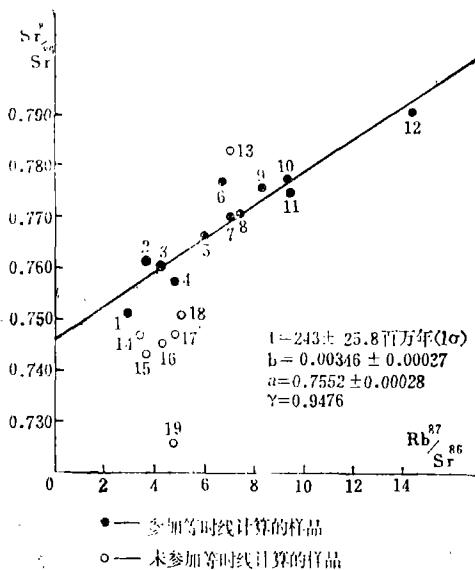


图4 石碌群第五层片岩的Rb—Sr全岩等时线

作用使Sr同位素达到了较高的重新均一化程度,据此求得的Rb—Sr全岩等时年龄(330百万年)当代表透辉透闪岩形成的时间。有意义的是,这一年龄值与第六层样品的千枚岩板岩白云岩的等时年龄(315~340百万年)、第五层18个片岩样品的参考等时年龄(315百万年)及石碌群的上覆地层三棱山组粉砂质千枚岩的Rb—Sr全岩等时年龄(324百万年^[1]) 在误差范围内完全一致,这绝不是偶然的,表明在距今315~340百万年间石碌群发生了一次大的地质事件——区域变质作用。在这些等时线中,以变质程度较高的透辉透闪岩样品的线性关系最好,因此可取330百万年代表石碌群区域变质作用发生的时间。

2. 石碌群第五层片岩遭受区域变质作用的程度较低,但在某些地段受热接触变质作用的影响较明显,使片岩中出现斑点或发生硅化、黑云母化,所有这些因素使得第五层片岩的样品点在坐标图上比较发散。但从2/3的多数片岩样品具有243百万年的Rb—Sr全岩等时年龄来看,区域性岩浆活动的影响当是不可忽视的。因为石碌群的底部及四周均为臆县岩体所包围,岩体时代据140坑道中侵入于石碌群的花岗闪长岩的黑云母

Rb—Sr年龄为249百万年,石碌东部朝阳地区中粒花岗岩的Rb—Sr全岩等时年龄为242百万年^[1],这都与12个片岩的等时年龄是一致的。第五层相对地距下伏岩体更近,因而其Rb—Sr系统较第六层更易受到后期岩浆活动的影响。另从岩石结构和矿物成分来看,凡是受岩浆热接触变质而出现斑点或发生硅化、黑云母化的样品,如CK654孔深部的3个硅化黑云母化石英绢云母石英片岩(654—239、654—383、654—398)及140—8t黑云母石英片岩、140—10t石英黑云母绢云母片岩、377—1年2含黑云母石英绢云母片岩等都落在243百万年的Rb—Sr全岩等时线上,这些都表明243百万年反映了石碌群第五层热接触变质作用的时间。它们较高的 Sr^{87}/Sr^{86} 初始比值(0.7552 ± 0.0028)是变质年龄的又一个标志。

3. 关于石碌群沉积作用的年代,仅就现有的各种同位素地质年龄资料还很难得出令人信服结论。根据笔者重新处理后所得的Rb—Sr全岩等时年龄,原岩时代应大于330百万年。但若区域变质作用与沉积成岩作用的间隔时间很短,沉积作用的上限仍可达中、下石炭纪。今后除应继续开展同位素地质年代学研究外,更应重视区域地层对比和地层古生物等方面的资料。现在有许多同志根据这些资料把石碌群的时代定为石炭—泥盆纪,这与Rb—Sr年龄测定结果并不矛盾。

本文在编写过程中,参阅了本所海南综合队、广东冶金地质勘探公司934队等兄弟单位的研究成果,特此致谢。

文中错误之处在所难免,欢迎大家批评指正。

参 考 资 料

- (1) 伍勤生,海南岛石碌群中—浅变质岩系的物—候年代学研究,全国地层会议论文,1979, 9
- (2) 袁奎荣、李公时、梁金城,广东海南石碌铁矿的地质特征及成因初步分析,我国南方富铁矿资料汇编(内部资料),1976, 8
- (3) 中国科学院华南富铁矿科研队矿物地球化学组,石碌铁矿的成矿时代、矿床成因及成矿机制讨论,科学院院矿会议资料,1979, 7