

火山岩地区研究与填图方法

南京地质矿产研究所 陶奎元

一、火山地层—岩相—构造一体化研究思路

鉴于火山作用的物性，火山岩地区研究的核心问题、研究的模式思路途径，理应与火山岩地区特点适应。地质界对近代火山喷发的研究及在新生代、中生代乃至古生代火山岩区地质实践，已逐步形成了火山岩相构造学研究的趋势，即：火山地层—岩相—构造的综合的或系列的研究。这一研究方向的基本点为：以遥感地质为先导，以测制火山岩相构造图、恢复火山（古火山）面目与历史为主体，并与地球物理方法相结合，最终解决火山（火山构造）的模式、空间格局、演化及火山根部构造形成或火山深部构造。

这一方向的基本任务和思路是：

1. 以火山构造单元为范围，建立火山岩系地层层序和相应的侵入活动时序

研究思路已突破传统地层学（生物和岩石地层）方法，而采用以地质—岩相地层法为主体，并与生物地层、同位素年代地层、古地磁等结合的“四统一”的综合方法。在解决火山岩系地层问题中，这些方法各具自身的功能。

（1）地质—岩相地层法：为了有别于以往单纯以分层的岩性描述岩石而称之为地质—岩相地层法。其要求是查明火山岩系中的层、层次、标志性对比层（例如破火山口外流相）；相类型、组合；冷却与侵位单元的岩石、矿物、化学特征的变异；层与层之间和侵入体之间相互接触关系，综合各方面特征以合理划分火山活动旋回，为研究火山构造、火山发展历史提供基础。

（2）生物地层法：其功能是查明火山岩系沉积夹层中生物群的组合面目，以确定时代和大区域地层对比的古生物准则，并提供判别沉积岩相的生物标志。

（3）同位素年代地层法：其功能是在地质研究所确定时序的基础上，测定可靠的年代数据，建立火山岩年代学地层剖面，包括火山活动时代、各旋回时限和时差、并为大区域地层对比提出年代依据。

（4）古地磁法：测定地层磁场的变化和热剩磁方向作为地层对的依据，同时可以助证侵位过程热状态和冷却单元划分的合理性。

因此，对火山岩对层研究，特别是具有基准性剖面的研究应该采用综合方法。

2. 对火山岩的研究与其他岩类一样，已经形成一个分支学科即火山岩相学

一般将“环境”与“相”理解为因果关系，“环境”在火山学中的内涵更为广泛与复杂。各种环境（陆上、水下、近源与远源、地表与近地表……）直接影响火山活动产物特征的差异。火山岩相学的基本任务是从火山产物的特征入手确定火山喷发类型，堆积机理和恢复古火山。

当今研究的问题是相的类型、含义和识别标志，相的模式和相形成相理。后者包括相的物理性质如搬运过程的流动力学及由它派生的各种结构、构造和热冷却史，也包括化学性质均一和不均一性。

火山岩相研究方面，前苏联学者提出相、亚相分类（或成因类型），并普遍用于古火山岩地区。美国学者对近代火山喷发产物的研究提出了火山碎屑流相模式。

这里应特别指出，古火山岩相研究的深化无疑需用借鉴于近代火山产物研究的成果。

近代火山学的研究大大推动火山岩相的研究。一些新的概念对于古火山岩相的研究是很有意义的。

相分类原则与类型

从广义上讲，环境与相为因果关系，故一个系统的相分类的原则应包括以下几个方面：

- (1) 火山喷发基本形式——爆发、喷溢、侵出；
- (2) 火山喷发环境——陆上、水下；
- (3) 火山产物在地表堆积环境——陆上、水体；
- (4) 火山爆发机制与火山碎屑物搬运方式、堆积机理——空落、火山碎屑流、火山涌流、火山泥流；
- (5) 火山岩浆在地表以下一定深度侵位与侵位机制——次火山岩、隐爆发角砾岩、火山深成侵入岩；

(6) 在火山机构中特定的位置——火山颈、火山口以及近源与远源等。

据以上原则，并考虑到中国东部中生代陆相火山岩地区具体情况和工作的实践，提出以下相分类的基本分类。

- ① 喷溢相 effusion facies (FOF)
- ② 降落(空落)相 fall out (air fall) facies (FOF)
- ③ 火山碎屑流相 pyroclastic flow facies (PLF)
- ④ 涌流相 surge facies

{	地面涌流(干涌流) ground surges (GSF)
	基底涌流(湿涌流) base surges (BSF)
- ⑤ 火山泥流相 lahar facies (LHF)
- ⑥ 火山爆发崩塌相 volcanic explosion —collapse facies (VECF)
- ⑦ 侵出相 extrusion facies (ETF)
- ⑧ 火口、火山颈相 volcanic neck facies (VNF)
- ⑨ 次火山岩相 subvolcanic rock (intrusion)facies (SIF)
- ⑩ 隐爆发角砾岩相 subexplosive breccia facies (SBF)
- Ⓚ 火山喷发沉积相 eruption-sedimentary facies (ESF)

对以上述相类型作如下说明：

(1) 理论与实践已证实火山喷发不仅仅起因岩浆发泡沸腾机制的岩浆爆发 (magma explosions)，还起因于岩浆与外部水互相作用的蒸汽爆发 (hydro explosions)。从而扩大了火山爆发的概念，由岩将爆发到蒸汽爆发构成火山爆发的系列。由此，补充完善了火山喷发类型、火山形态以及火山碎屑流相类型(如 base surge deposit)的研究。

(2) 费希尔 (R.V. Fisher) 等对火山碎屑物喷发、搬运、堆积的环境和过程区分为四大类：即陆上喷发(岩浆喷发)陆上蒸汽喷发陆上堆积；陆上喷发水下堆积和水下喷发水下堆积。这给火山岩相的分类提供了重要的基础。

(3) 对近代中生代火山碎屑流的研究被认为是火山岩石学研究取得突破性进展有表现。这主要指将流体动力学原理引入到碎屑流搬运、堆积过程机理的研究。运用近代地球化学方法研究火山碎屑流侵位时 T 、 p 、 f_{O_2} 和延伸到岩浆心的梯度。

(4) 此外，海底火山喷发、熔岩流与岩穹侵出的真接观察以及火山喷气与蚀变，喷泉与地热的研究也大大促进火山岩相学的发展和火山成因矿床学的研究。

3. 火山构造类型、格局与火山根部、深部构造的研究正在逐步深化

火山或火山构造的研究大体有以下课题：

- (1) 代表性单个火山或火山构造剖析(例如破火山口)，建立演化模式。20世纪70年

代对破火山口研究有较大的进展，特别是沉陷和隆起机理方面有新的概念。

(2) 较大范围内(相当于一个火山喷发区)研究多种火山构造先后叠置切割或基本同期火山构造叠置和镶嵌以探讨一个火山喷发区的演化历史。

(3) 相当于一个火山带内火山或火山构造排列组合形成与基底构造的关系。

(4) 火山构造的探矿性，如“含矿破火山构造研究”“火山与不同类型矿麻烦赋存位置的相关性的研究”。

(5) 火山根部构造，一般研究剥蚀程度较大地区火山残留部分。如环状杂岩的研究，对于识别古火山和了解火山根部的构造极为重要。

(6) 火山深部构造，联系到岩浆房形态、大小与火山构造之间的关系的研究。

测制火山岩相构造图，是查明火山岩区地质构造最重要的任务和有效的工作途径，也是火山岩区大、中比例尺成矿预测和建立的地质找矿模式的基础，这方面工作急需普及与提高，探索一套适合中国中生代火山岩区的工作程序和方法性规范具有重要的实际意义。

火山构造分类系统

III级, 火山构造, 火山构造基本类型(火山)	II级, 火山机构组合群体	I级, 更大型的火山构造组合群体
① 盾火山 La. 夏威夷型 Lb. 冰岛型 ② 泛流玄武岩 ③ 火山渣锥 ④ 层火山 ⑤ 低平火口 凝灰岩环 凝灰岩锥 ⑥ 破火山口 6a. 简单型 6b. 复活型 ⑦ 火山穹隆 7a. 喷发—侵出(岩流—岩穹) 7b. 喷发—侵入	① 火山构造洼地 La. V型(火山岩为主)火山构造洼地 Lb. S型(沉积岩为主)火山构造洼地 ② 火山构造隆起	① 火山喷发带(线型) ② 火山喷发区(面型) ——巨型环形火山构造

4. 遥感地质与地球物理方法是深化火山地质研究必需采用的有效手段

20世纪80年代4号和5号陆地卫星(landsat), 采用专题制图仪(TM), 具30m等级的地面分辨力。法国SPOT(Satellite positioning and tracking, 人造卫星定位及跟踪)卫星应用的可见光扫描仪(HRV)地面分辨可达10m等级。解释方法由目测判读进入计算机自动识别和定量统计处下的阶段。遥感地质在火山岩区具有以下功能和任务:

(1) 识别环形构造。包括所有构造——岩浆活动有关的环形构造: 火山机构所显示的环形构造中, 中、浅成侵入体上侵形成的环形构造, 侵入体内部的环形构造, 推测岩浆房上升的环形构造和地幔隆起所形成的环形构造, 也包括判别正向与负向环形构造以及各种环形构造的组合、排列形式。

(2) 线性构造判别。定量统计其密度分布, 揭示线性体分布规律。线性区域构造与火山构造(放射状构造)之间的关系。

(3) 圈定热液蚀变区和氧化物帽。TM的7波段对含OH的粘土矿物特别有效。

(4) 遥感地质图的编制并结合地面地质图、深部地质图和化探异常图进行成矿物质预测。

中国地面卫星接收站所制的卫片能清晰地显示中生代火山岩地区的线性构造与环形构造。在工作中应充分利用卫片、TM 磁带，以发掘更多的信息。

地球物理方法的应用。在国际上已采用建立微重力网研究火山区和地热区的地面下沉和抬升；用质子旋进磁力仪进行磁测，研究火山、火山穹隆与地下的隐伏构造；用地热测定火山岩区下伏岩浆体的深度。这些方法同样适用于研究中新生代火山岩地质。国外发表的火山构造，特别是破火山口研究文献大多附有遥感解释图和重力异常图。重力异常图对于研究火山构造的功能是：①圈定破火山口或破火山口组合体的边界；②利用地震法和重力场推断岩浆房的范围与深度，如伯格（Kndoto Berg）对阿拉斯加火山带下岩浆房的研究；③分析火山活动期或以后地面隆起和下沉；④布格异常结合破火山口类型，研究破火山口模式，如瓦列斯型破火山口深源低重力场预示存在花岗岩质侵入体，证实圆筒状块体的沉陷与复活隆起。又如狭义克拉克托型破火山口由低密度沉积物引起低重力场。因此提出各种破火山口深部构造的模式。

总之，上述四个方面的内容大体上反映了火山岩相构造学研究的趋势或主要任务。

二、编图的原则与合理程序

旋回—岩相—火山构造一体化研究思路，或者说旋回—岩相—火山构造综合制图法是符合火山岩地区的地质构造特点的，实践表明，这也是行之有效的。这是基于以下原因：

（1）火山构造是火山岩区地质构造的主要骨架，如果采用单一的地层学方法，建立地层组、岩性段并逐层岩石（岩类）命名，那么填图的结果即使能反映一个图幅的地层系统（往往是有问题的），但远远不能满足恢复古火山的宗旨，更不能确定火山构造的类型与特点。

（2）火山岩系地层或一个火山—侵入杂岩的物质是多源的、多形式的。一般而言，火山岩系往往包括三个组成部分：①来自喷发中心的熔岩与火山碎屑岩，在空间与时间上围绕火山中心自成系统的布局；②来自火山周围的火山喷发同时或间歇期的陆源物质，它们与古地理环境有前，有时往往构成夹层，如砂层、砾岩、（陆源碎屑岩），若从单一岩类描述就极易误认为一个地层组；③作为火山—侵入杂岩还包括岩穹、隐爆角砾岩、次火山岩和侵入岩等，如不进行岩相的研究，在以往单纯地层学剖面中往往将岩穹或隐爆角砾岩作为一层熔岩或火山角砾岩。上述三部分产物在时间与空间上构成独特的构造与地层关系。因此，研究地层如不与岩相、火山构造结合，所建立的层序不能真实地反映地质构造的演化历史。

（3）火山产物堆积快速性与岩相多变性。由于火山喷发与堆积速度快，因此无论在走向上还是在倾向上岩石成分与岩相均可呈现明显的变化。①距火山中心远近的横向变化，如中心式火山一般分为三个相带：近火山口喷溢的熔岩与爆发的火山碎屑岩带；火山斜坡火山碎屑岩与沉积岩带（中间带）；远火山口火山—沉积岩带。这三个带为同期异相，若不从火山特性角度去研究它们，则很容易误认为有上下关系的三个地层组。②随着火山喷发的进程，岩浆房内的岩浆成分和火山喷发类型会发生变化，这就可使火山岩的化学成分与岩相发生变化。③火山产物堆积时古地理、气候环境以及地形高低的差异也会导致岩相、岩石类型、岩层厚度的变化。对待这种地层相变结构的复杂性，很难采用单纯的沉积地层学方法进行横向剖面的连接与对比。

（4）火山岩地区的岩层“不整合”具有多种形式与意义。火山岩区不整合至少有两类成因形式。一类为区域性地层不整合或角度不整合，它代表区域构造—沉积事件，往往可以作为划分一个大的时期火山岩的标志；另一类可称为火山喷发不整合，其中包括以下的不同形式：①一次岩流、火山碎屑流或空落堆积均可以呈现整合或不整合地覆盖在早期岩层不平整的地形之上；②酸性或中酸性火山喷发往往伴随着断块位移、破火山口沉陷和或是烈剥蚀，因此一次短时间的火山喷发，也会在火山岩层之间出现角度不整合叠置；③老的火山构造经

过抬升剥蚀，火山的上部已经破坏，若有新的火山构造形成，就出现一套地层与另一套地层之间不整合的关系；④火山喷发期间或喷发以后常有岩浆侵入，伴随着地层穹起，也可以造成火山岩层局部产状的变化，而造成不整合的关系。火山喷发不整合总的特点是分布局限，它的上覆或下伏地层在构造上或变质程度方面没有明显的差别，没有区域性对比意义。

火山喷发不整合，有的具有划分火山活动旋回、阶段的意义，而有的甚至不反映时间意义。

(5) 火山岩地层具有火山岩相的独特含义。单纯的岩类定名与描述，而不作岩相分析，会出现许多误解。曾遇到这种情况：应用传统方法逐层描述，将一个岩相，如火山碎屑流或岩穹内岩类不同的相带，逐一划分为层而作用岩性段甚至“组”的界线。当然，不作岩相分析，填图单位的选择也会出现不合理性，不能正确地恢复古火山。

火山岩相构造制图就是一个火山岩区旋回（层序）—岩相—火山构造研究的过程，单个或组合成群火山构造研究与正确表达的过程。制图的程序不就完全照搬沉积岩区的制图程序。合理的程序是：全面踏勘调查→岩相—地层剖面研究与测制→填图→岩相—地层剖面复查→继续填图→图件的编制与报告编写。这一程序的核心是剖面不能在不了解基本火山构造轮廓的情况下匆忙进行实测。许多情况表明，在这种情况下测制的剖面往往效果不好。

全面踏勘调查的基本要求是，运用不同方法对区内火山构造作用初步的分析与判断，色画出反映火山构造可的轮廓，识别火山构造岩相主要的标志。

全面踏勘调查应该完成以下工作项目：

(1) 对卫片作出解释，包括图像目视解译，可能情况下应用卫片 TM 磁带处理，获得某些有效波段、相对较大比例尺的图像。重点辨别环形或线性影像的分布、环形影像的相互关系、某些岩层在图像上的纹理与角调方面的差异，以及蚀变带、铁帽、氧化带。

(2) 对环形影像要结合已有的地质图件、资料作进一步的判断，以初步研究环形影像范围内的主要地质结构。

(3) 实地作辐射状路线穿越和对重点露头界线作适当追索，特别要注意环形影像部位的岩石与构造，集块岩、火山角砾岩的分布，次火山岩、侵入岩的特点，以及层状与非层状地质体的可能归属的岩相。

(4) 采集一套具代表性的或难于识别的岩石标本以制备薄片，并作出鉴定，掌握岩石微观特点在宏观上的反映，提出测区内岩石命外的初步方案。

(5) 在这些工作的基础理论上勾画出测区内火山构造的轮廓图（草图），并确定测制剖面的位置与工作计划。

1、基准性岩相—地层剖面的建立

所谓基准性岩相—地层剖面是指具有代表性，能反映测区火山产物堆积层序与火山构造历史，并可作为填图的对比性剖面。

这种剖面的测制与建立要注意以下几点：

(1) 要在全面踏勘调查，圈定火山构造轮廓的基础上进行。剖面位置的布置应限于一个火山构造范围内，避免作贯通全区的长剖面图。如果测区范围（比例尺 1: 5000—1: 2000）主要反映一个火山构造，那么剖面应该通过火山构造的可能中心部位；如果在测区范围内（如 1: 5 万一幅图）包括若干个火山构造，那么对大型火山构造应分别布置剖面，当地层结构大体类同时，可选 1—2 个火山构造作重点测制与研究。剖面的布置还要考虑到代表性与岩石出露情况，因此，往往要通过平移（按标志层为准），利用几个短剖面相接，以达到所测剖面具有代表性。

(2) 要在剖面通过区 200—300m 范围内以三度空间去观察各类地质体。对层状和非层状两类地质体作地质构造、岩相与岩石的综合观察与研究，避免采用沿线单一层序或单纯岩

类描述。对关键地段或可疑的某些地质体的重要露头，要作适当追索，仔细研究露头，以确证其产状等重要现象，避免平均使用力量，单纯追求进度。

(3) 在酸性火山岩区，特别是重视建立一个大型火山构造的剖面，如一个破火山口，一个火山构造洼地的岩相—地层剖面。同一火山喷发区、同一旋回的相邻破火山口其喷发特点、岩相组合、构造演化大同小异，所以一个破火山口岩相地层剖面的建立往往可以作为同区、同旋回破火山口地层的对比。如果不同旋回破火山口的岩相组合变化较大时，是应分别建立基准性剖面，一个破火山口岩相—地层剖面作为这个破火山口填图的基准。建立破火山口岩相—地层剖面时还应注意破火山口在时间空间上的迁移所造成的新老破火山口的切割叠置。

(4) 要编写剖面测制的详细的提纲。剖面测制的观察研究提纲对提高剖面质量是很重要的。在测制剖面之前，对于观察一些什么现象，可能遇到一些什么问题，各种工作量的具体布置等要有全面的考虑。制定剖面观察提纲，并要使全体工作人员对提纲的要求心中有数。

这里列出一个重点剖面观察研究的一般性纲要，但各个地区、每条剖面的要求不完全相同，应从具体情况和具体要求出发。

(1) 观察研究层状火山岩系的层序—旋回。层的划分、层的界面、层的内部变化、层的产状标志和它的可靠性；层序上下变化和沿走向的稳定性；某些层的韵律性和互层性；标志层的选择和特征；不整合、火山喷发不整合、假整合、沉积间断、冲刷面、风化壳以及渐变、突变等各种地质界线的鉴别。

(2) 岩相类型和岩流单元的划分。按地层的次序划分火山岩相，对火山碎屑流、熔岩流、空落凝灰岩等岩相应确定单元。

(3) 观察研究“侵入状”的各类地质体。这里所说的侵入状的地质体，包括火山颈、火山穹丘、次火山岩体、侵入体。火山构造内要注意一些呈假侵入状的脉状、漏斗状凝灰岩体。

(4) 观察研究各种角砾岩体。火山构造内常见有各种角砾或角砾状岩石，这些角砾岩的鉴别具有重要的地质意义。一般有以下成因类型：①与火山爆发作用有关的角砾岩——火山角砾岩、熔结角砾岩、角砾熔结；②与火山—侵入作用有关的角砾岩——爆发角砾岩、侵入体边缘冷缩角砾岩；③与火山作用间接有关的角砾岩——崩塌角砾岩、震碎角砾岩；④与构造或热液交代作用有关的角砾岩——构造角砾岩、热液交代（矿化）角砾岩。

测制剖面时，要注意收集“角砾岩”的一些基本资料，以便为制图和专门观察角砾岩体时提供线索。观察角砾岩应从以下四方面进行：①角砾的成分、大小、形态、不同粒级或不同成分角砾在岩石中的含量（采用线距法或面积法统计）；②角砾在岩石中的分布（杂乱性、方向性、可拼性）；③胶结物的成分、比例及结构构造；④胶结物与角砾的比例及胶结的类型，角砾岩体与周围岩石的关系、产状、构造等。

(5) 观察研究各种断裂、裂隙、节理等构造，查明其方向、性质与成因类型。

(6) 观察研究与各种火山作用有关的烘烤、褪色和热液作用有关的现象。

(7) 各种样品采集的计划。

(8) 测制剖面之后要进行野外小结，发现问题应及时作补充观察，室内工作之后，修编剖面图，并作用总结和布置进一步的填图计划。

这里需要强调提出关于室内岩石鉴定问题。岩矿鉴定与剖面测制如为两套人员，这会给正确命名造成许多问题。剖面测制人员应掌握火山岩室内鉴定方法，直接进行岩石鉴定，或岩矿鉴定人员参加到剖面测制工作之中，对采集标本的地质位置、宏观特点以及切片具体位置都应该有直接的了解或明确。

在岩相—地层剖面图上除一般剖面应表示的内容之外，还应该包括以下内容：

(1) 名种层或非地层地质体的界线及其性质，如：

{ 渐变——岩相或岩流单元
 突变——岩相或岩流单元界线

整合界线

角度不整合界线 { 区域性不整合——旋回或更大时期的界线
火山喷发不整合——有时间或无时间意义的界线

侵入接触界线 { 切割式接触——次火山岩岩体以及火山颈界线
超覆式接触——岩穹上部的界线

断层接触界线 { 区域性断层
放射状、环状断层

(2) 岩相与岩流单元的划分及其内部相带的构成、岩石名称。

经过全面踏勘调查与基准性岩相——地层剖面的测制，主要技术人员应及时总结，并明确以下几点：①岩相类型、内部相带变化与相应岩石名称；②旋回与亚旋回（或阶段）划分；③岩石统一命名方案与识别标准；④火山岩层产状的可靠性标志或参考性标志；⑤填图单元与标志层。

2、旋回划分的原则与方法

火山活动具有时间的阶段性与构造—岩浆演化的方向性，一般使用旋回来表达火山活动的阶段性与方向性。一个火山往往要经过喷发、静止、剥蚀、沉积几次反复的过程，形成一套火山—沉积岩系或一套火山—侵入杂岩。一个火山活动旋回应该包括一个火山的活动起始到熄灭的全过程，而一个火山形成过程中的间断可视为一个小阶段或亚旋回。例如，破火山口一般包括破火山前、破火山口大规模喷发与塌陷和塌陷后三个主要阶段，这三个阶段构成一个破火山口的旋回。关于地层学上的术语与火山活动旋回如何对应问题，这里提出的方案是：群相当于火山活动期；组（可能包括相邻几个组）相当于旋回；岩性段可能相当于单一岩相或几个岩相组合。

火山活动旋回划分的原则是：①区域火山活动有较长时间的间断，并能从区域性沉积事件、不整合、古生物组合面貌和同位素们代反映出这种间断性；②一个旋回的火山构造与另一旋回的火山构造有切割、叠置的关系；③火山活动产物在某些岩相、岩相组合、岩石成分、岩石系别（组合）方面可能存在的有规律可循的差异。

在中国东南沿海火山岩区经 1:20 万区域地质调查，各省均以省界为限建立了地层组或群。已建立的组、群总体上反映出了火山—沉积岩系地层的上下关系，为后继地质工作经及更大比例尺的地质填图提供了重要的地层学基础。但是，全区 1:20 万区调工作是在 20 年左右较长时期内完成的，其间人员变动及采用的填图方法不完全一致，同时随着火山地质研究逐步深入，填图比例尺增大，也难免有些地区的地层上下关系须要更正。福建省南园组（ J_3 ）地层有部分或少数地区应为石帽山组（ K_1 ），如上杭火山构造洼地现已更正为石帽山组；浙江省上张火山构造洼地原定为西山头组应更正为朝川、馆头组。还有一些地层组分解为两个地层组，如福建省云山—石牛山地区的石帽组，经工作证实石牛山地区的“石帽山组”是叠置在石帽山组之上的更晚旋回的火山岩，并建立石牛山组，其时代为 K_2 （据福建省区调队冯宗帜等）。

各省已建立火山岩地层组、群（晚侏罗世—晚白垩世），如何划分出旋回以及各省之间的群、组，如何对比的问题，有些已经取得了比较一致的意见或有一个主要的倾向阳花，有的则各家意见不一。中国东南沿海火山地质与矿产研究项目的有关课题、专题在全区有关地质队对火山活动旋回共同研究后，提出了一个划分二期、四旋回的方案，即晚中生代早期（II、III旋回）与晚中生代晚期（III、IV旋回）。对这一方案现作如下三点说明：

(1) 划分早、晚两期的依据

将磨石山群（浙东）、劳村组、黄尖组（浙西）、南园组（福建省）、高基坪群（广东省）

列为早期火山活动产物, 将这些地层组以上层位, 包括朝川组、馆头组、塘上组、赖家组 (浙东)、寿昌组、横山组 (浙西)、石帽山组 (福建省)、官草湖组、南雄组 (广东省) 归属为晚期火山活动产物。依据是: ①归属为晚期地层组的下部普遍存在以红色为基调的砂砾岩、砂岩、粉砂岩, 底部往往能见到底砾岩, 它们的分布具有一定的广泛性, 可作区域性对比, 代表区域性沉积事件, 也表明火山活动有全区意义的重要间断; ②早晚两期火山岩地层组之间的存在风化剥蚀面, 两者分布、产状具不协调性, 控制火山岩分布的构造方向也有差异; ③晚期火山活动所形成的各类火山构造常常叠置、切割早期火山活动所形成的各类火山构造; ④晚期火山岩产状通常较平缓, 形成类喀斯特地貌, 在卫片上极为醒目, 自成景观; ⑤早期火山岩由安岩—英安岩—流纹岩组成连续高钾钙碱性系列, 而晚期火山岩则往往为不连续的由偏碱玄武岩或粗面玄武岩—高钾流纹岩组成的双峰式组合, 或者为单一的玄武岩和单一的流纹岩; ⑥古生物组合有重要的差别, 早期为建德生物群, 晚期为永康生物群; ⑦同位素年龄有明显的差异, 不同地区大体以 130、120 (或 117) Ma 为界; ⑧两期火山岩所经历的热动力变质事件不同——早期火山岩在某些地区遭受热动力变质, 出现明显的片理化带, 而叠置其上的晚期火山岩则没有经受动力变质作用; ⑨侵入于早、晚两期火山岩中的岩体不仅年代不同, 而且各自构成火山—侵入杂岩。早期侵入岩为 I 型, 同时又有 S—I 过渡型, 晚期侵入岩有 I 型和 A 型; ⑩早、晚两期火山岩各具有从下到上的地球化学变异, 均向富硅、钾、铷方向演化, 在碱度演化中, 早期向更富钾的方向演化, 而晚期则向更富钠的方向演化; ⑪在早、晚两期火山岩形成时, 古气候有差异, 总本上晚期炎热、氧化环境, 而早期偏温湿、还原的环境。

(2) 划分 I、II 旋回的依据

将磨石山群 a 段 (大爽组)、b 段 (高坞组) 列为 I 旋回, 而 C₁ (西山头组)、C₂ (茶湾组)、d (九里坪组) 列为 II 旋回, 其理由是: ①磨石山群 C₂ 段 (即茶湾组) 地层就其岩相与分布状况而言, 不是区域性沉积作用的产物, 而为破火山口沉陷期内破火山口沉积相或火山喷发—沉积相。②以火山机构为单元进行地层的相分析后, 不难发现 C₁、C₂ 与 d 段岩层是与破火山口的演化阶段相关联, 即 C₁ 为大规模的火山碎屑流, C₂ 为破火山口沉陷的沉积或火山喷发沉积层, d 为破火山口后岩浆再次活动形成溢流或侵出的产物。将一个破火山口不同阶段的产物归属为同一旋回是比较合理的。③磨石山群 a、b 段, 特别是 b 段分布广泛, 其岩相多数属于低压超沸腾爆发性溢流, 常见熔离成因“熔岩凝灰岩”、凝灰熔岩、碎斑熔岩。这些特征性岩石和岩相与上述 C₁、C₂、d 段有较大的差异。④经卫片解译与实地填图, a、b 段 (I 旋回) 和 C₁、C₂、d 段 (II 旋回) 组成的火山构造上叠和切割关系, 宏观上可以确定它们形成的先后次序。⑤I、II 旋回之间没有普遍见到区域性沉积事件的产物, 这可以由 I 旋回喷发期间区域处于隆起剥蚀的状态。裸露的宁波大榭岛见到 b 段与 C₁ 段代表性岩层之间存在凹凸不平的剥蚀面, C₁ 段底部砾岩中含有大量 b 段岩石的角砾。

方案中将高基坪群角体为 I、II 两个旋回, 依据是: ①高基坪群内部具有一定区域对比意义的, 以灰角为基调的沉积岩层, 主要为砂岩、粉砂岩、泥岩和硅质岩组成。②广东省区调队在海丰地区将高基坪群划分为七个亚旋回, 如以火山构造为单元分析其相互关系, 则不难看出, 其中 1、2、3 亚旋回在地层上连续分布, 是协调的, 并构成一个破火山口; 而 4、5 亚旋回范围明显缩小, 并构成另一个火山机构。这两个火山机构有先后切割关系。因此, 将 1、2、3 亚旋回归属 I 旋回, 而 4、5 亚旋回归属为 II 旋回比较合理。③群家衡、黄光昭等在剖析鹅面辽火山构造洼地时证实高基坪群内沉积层上下的火山岩在分布上有明显的差别。④已知同位素年龄区间人 169—122Ma, 存在新、老两个年龄组。

(3) 晚期火山岩中划分 III、IV 旋回的依据

将塘上组、赖家组、横山组、南雄组归属为 IV 旋回, 而其中的朝川组、馆头组、官司草湖组归属为 III 旋回, 其依据是: ①IV 旋回地层组下部普遍存在红色砂砾岩层、底砾岩, 它以

超覆不整合沉积在 I、II 和 III 旋回地层组之上。②IV 旋回火山喷发微弱，地层中沉积岩所战果比例明显大于其他各旋回。因而，大多数构成火山沉积洼地，并叠置、切割早旋回的各类火山构造。③III 旋回为不边疆的双峰式系列，而 IV 旋回除少数地区为双峰式火山岩之外，往往是单一的玄武岩或单一的流纹岩。

3、标志层的选择和产状测定

标志层是指沿走向、倾向稳定，且有特殊标志，在野外易于鉴别的地层。它的作用就在于填图时可据此确定相当的填图单位或确定岩相的产状。

火山岩区哪些地层可作为标志层？概括起来有下列几种：

(1) 火山岩区往往存在区域性分布广泛、横向稳定的沉积岩层，如底砾岩、古风化壳及冰积层。

(2) 酸性火山岩区熔结凝灰岩层，特别是所谓破火山口外流相的火山碎屑流，由于其横向分布广、岩性比较稳定，在美国西部常常用作破火山口之间的地层对比的标志层。

(3) 在破火山口范围内，只要具有某些易识别的特殊层，均可作为破火山口内地层的对比标志，如双峰式火山岩的玄武岩层、火山碎屑流复合流动单元中某些具有特征的单元（如晶屑组合，特殊的结构或构造，等等）。破火山口沉陷后的沉积层有时也可以作为标志层。

(4) 在以熔岩为主的盾火山、泛流玄武岩，可选择某些火山碎屑岩层、含火山弹的特殊层、具有风化剥蚀面的熔岩层和淬碎玄武岩层，等等。

(5) 对于安山岩或粗面安山岩区，除上述可供选择的层之外，还常常利用具有某些斑晶矿物组合特征的安山岩层作为标志层。

火山岩层产状的正确测定是填图过程中的关键性问题之一，产状测定有误就会导致一系列问题的难解，甚至会影响到对火山构造类型的正确确定。以往工作中曾见到一个地区剖面，其图上产状反映为单斜层。经实地观察，所测产状是熔结凝灰岩的板柱状节理的缓倾面，而且是沿山脊布置在一个层面上。经重新测定熔结凝灰岩的流动面，作出的剖面呈向中心倾斜的格局，这为恢复火山构造提供了地层产状依据。

4、填图单位、路线与图面表面内容

填图单位要视图幅面积、比例尺与不同类型火山岩或火山构造而定，原则上以岩相作为基本单位。如果某些岩相厚度甚小，在一定比例尺的图面上无法表示，那么可以适当放大或与相邻岩相归纳为一个单位。假如某些岩相厚度特别大，其中又可分出流动单元、冷却单元或相带，则可将流动（冷却）单元或相带作为填图的单位。欧美国家在酸性火山岩区，往往把火山灰流或几个火山灰流单元作为填图的基本单位，并习惯上以代表性出露地区的地名命名。此外，熔岩、某些沉积岩以组命名。表 43 列出了美国锡弗尔顿—莱克城火山岩区填图单位。从中可以看出，共分为 11 个填图单位，它明解地表示了火山岩地层、侵入岩与破火山口演化的关系以及相邻的三个破火山口之间的先后关系。

填图路线的布置，从实践来看，不能完全采用沉积岩区等距路线、均匀布点的路线网法，而应采用火山构造可能中心的穿越，填图单位界线与标志层的追索和重要地质体全面露头观察相结合的方法。这里须着重强调的一点是，关键界线和地质体的追索极为重要。

火山构造—岩相图图面的表示内容，大体上有以下九个方面：①以花纹表示各类岩相、岩相组合或岩流单元，以代号表示旋回、亚旋回或阶段（或组、岩段），可保留习惯使用的代号，如江西省鹅湖岭组的代号为 J_{3e}；②不同类型火山构造；③侵入状地质体——岩穹、次火山岩、隐爆角砾岩和不同类型的侵入体；④环状、放射状断裂与区域性断裂；⑤岩层产状或侵入状地质体接触面的产状；⑥标志层及其产状；⑦蚀变带、矿化或氧化带（或地区）以及矿体、矿床；⑧岩流的流动方向；⑨火山岩基底时代与岩石类型。这些火山岩相构造图

图面应表示的内容在最终成图时可以依图面布局略加取舍，以求图面清晰、合理，又能正确反映火山活动旋回（时序）、岩相和火山构造。

锡弗尔顿—莱克城火山岩区填图单位

破火山口	火山灰流岩席	熔岩	侵入岩	时代
		莱克城破火山口石英粗安岩、赫斯达勒组玄武岩	莱克城破火山口花岗岩	中新世
莱克城 22.5Ma	森希内山凝灰岩			
		翁康帕格破火山口周边上部熔岩	中性成分侵入体主要为二长岩	渐新世
锡弗尔顿 27.5Ma	上部火山灰流—菲什谷、瓦逊公园凝灰岩			
		破火山口下部熔岩、火山碎屑岩		
圣胡安与翁康帕克 28Ma	沙比内台地（尤里卡）凝灰岩			
	下部火山灰流、迪朗台地乌特山凝灰岩			
		早期中性熔岩		
		前第三纪岩石		前第三纪