

地质科技资料选编（三十八）

国外火山岩区工作中的 一些基础地质问题

中 册

火山岩地层

中国地质科学院情报所

一九七八年

引 言

火山岩地层的研究是火山岩区大比例尺地质填图的基础工作，是查明火山活动历史和火山岩区开展普查找矿工作的重要前提。

长期来，火山岩地层不仅是地层学领域中一个困难的研究课题，而且也是火山岩区地质填图中面临的一个始终未能得到较好解决的艰巨任务。大量事实证明，火山岩是在既不同于沉积岩又不同于侵入岩的特殊的地质条件下形成的。火山活动形成的喷出产物，一般包括两部分。一部分是喷溢的熔岩，它在地质产状上与侵入岩既有不同，也有类似之处；但是这部分产物与沉积岩明显不同。另一部分是喷发的火山碎屑岩，它在地质产状上接近于沉积岩，与侵入岩区别很大。火山岩的最大特征是，在空间上其来源通常是多中心的，在时间上其喷发往往是多旋回的，在物质成分上是复杂的，在物质供应方向上是多变的。正因为如此，就决定了火山岩地层不同于沉积岩地层，岩性复杂，横相变化大，厚度变化大，这些现象在火山口附近表现得最为突出。由于火山岩地层具有这样一些特征，因此就不能简单地生搬硬套适合于沉积岩地层的研究方法来解决火山岩地层问题。

可是，国外不少地质人员以往在研究火山岩地层时，往往忽略了在火山活动中心及其附近，由于喷发性质和强度的变化以及喷发过程中古地形特征和火山产物成分上的变化而使得火山岩层剖面的结构变化相当大的特点，因而机械地照搬沉积岩层的研究方法来处理火山岩的填图工作，这样做经常会导致重大错误。实践证明，在火山岩区工作时，如果不考虑火山活动可能是多中心、多旋回、成分复杂、火山物质运动方向多变等特征，那么，对火山岩地层的划分与对比问题，就不可能得到正确的解决。

近十余年来，国外大多数地质人员逐步认识到了火山岩所具有的既不同于侵入岩又不同于沉积岩的独特特征，在火山岩地层研究工作中采用了一些新的原则和方法，并且取得了一定成效。

火山岩层是在火山活动过程中由喷出的熔岩和火山碎屑岩堆积而成的。一个火山的活动历史往往很长，包括火山喷发期和静止期，在其经历的历史过程中，火山活动是多阶段或多旋回的。一次火山活动产生一套具有一定厚度的火山岩层。此后，火山静止下来，在此期间，已经形成的火山岩可以被剥蚀，或者在火山岩层之上形成厚度不定的沉积岩。过后，火山又可能复活，喷出一套新的火山岩层，这套岩层可以直接覆盖在已有的火山岩上，也可以覆盖在上述沉积岩层上。经过多次喷发和静止之后，便形成了巨厚的火山岩地层或火山—沉积岩地层。通过对组成这套地层的火山岩和沉积岩的物质成分和厚度的变化以及相互间的接触关系的仔细研究，往往可以阐明火山活动的性质、强度和火山物质成分的变化特点，进而有助于查明火山活动时的构造性状以及整个火山活动的演化规律。只有做了这样一些研究，才能进一步探讨火山岩区的成矿特征及规律，才能对区内矿产进行科学预测。

研究火山岩地层，除了理论上的意义之外，还具有重要的实际意义。大量国外资料表

明，在相当多的火山岩区里，大多数矿床与火山活动有密切的成因和空间联系。在我们编写的《国外火山岩区工作中的一些基础地质问题》上册《古火山构造》中，对火山岩区的矿产及其成矿特点，作了比较详细的综合分析。这里只是指出，国外近十多年来在火山岩区普查找矿时，发现了大量产在火山通道、爆发岩筒和破火山口等火山构造中的矿床，并在此基础上提出了火山构造控矿的新理论。现在这一新的理论已为越来越多的国外地质人员所重视，在普查找矿实践中取得了颇为显著的成果。但是，除了火山构造控矿理论之外，许多地质人员仍然坚持层控矿床的理论。他们认为，火山岩区的很多矿床是产在一定的地层层位中，与火山岩层具有紧密的空间联系。不过，目前在国外出现了将这两种理论结合起来的趋势，不少地质人员认为，在一定的地质条件下，火山构造控矿理论与层控矿床理论都是站得住脚的，这两类矿床是在火山活动过程的不同阶段和火山构造的不同部位形成的。比如，C. D. 布兰奇在研究了澳大利亚和巴布亚新几内亚的大量火山岩区矿床之后，于1976年指出，火山根部附近形成的由一系列中酸性岩床、岩盘、岩墙、岩颈和岩筒等浅成岩体组成的杂岩，是有利的成矿环境，如果岩浆富铜，就可产生斑岩铜矿。在火山口范围内，喷气活动可以产生金、汞和硫化物矿床。按照他的意见，存在两种可能形成铅、锌和铜矿床的火山环境。首先，在形成破火山口的喷发之后，随之出现了零散的不集中的火山活动，在这种情况下，任何一种含矿溶液都将通过破火山口之下和周围已断裂的岩石而分散开来，结果就形成了与美国锡尔弗顿破火山口的一些矿床非常相似的分散的脉状矿床。其次，在火山活动出现在海相或湖相环境的地方，有可能产生层状铅、锌和铜矿床，在这种情况下，在火山的四周，存在着有利于铅、锌和铜矿床形成的地点，它们往往呈层状产于火山岩或火山碎屑岩的一定地层层位中。

L. J. G. 谢默霍恩在1976年发表了有关火山岩区矿产的综合研究资料。在他的文章中，除了谈到海底和陆上火山岩矿床的一些不同特点之外，也研究了火山构造控制的矿床和层控矿床。根据他的意见，在火山岩矿床中，层控矿床具有相当重要的意义，这种矿床通常是由海底火山活动产生的，多半为块状矿床，包括诸如含铜黄铁矿型矿床和氧化铁矿床等，成矿的火山岩可为镁铁质到中性(和通常的细碧岩)或长英质的。这些同生矿床可以具有极大的规模。

根据L. J. G. 谢默霍恩的意见，陆上火山活动很少产生重要的层控矿床，其成矿作用主要是出现在次火山部位，即出现在火山的根部。在这里形成的矿床不是块状的，而是脉状或浸染状矿床，比如像斑岩铜矿、网脉状钼矿以及金、银、锡、汞和铋等浅成热液矿床。这类矿床主要是与钙碱性的闪长岩到花岗岩性质的岩浆活动有关。

但是，陆上火山活动并不只是形成与火山构造相关的脉状或网脉状矿床，目前国外已有资料证明，在大陆火山岩区里，有时也能形成规模相当大的与一定火山岩层层位有关的层控型矿床。比如，不少人指出，智利的腊科铁矿就属于这一类型。腊科铁矿产在第四纪陆上火山杂岩中，这个火山杂岩包含五个与安山岩一流纹英安岩熔岩相关的磁铁矿熔岩流。这是一些品位很高的氧化铁矿床，其储量约有十亿吨。

正因为火山岩区具有找矿远景，所以这些年来各国都逐渐加强了火山岩区的地质调查和研究工作。美国、加拿大、苏联等国家为了查明火山岩区的地质特点、发展规律及矿产分布情况，不仅广泛开展了1/25万—1/10万地质填图，而且在一些重要成矿带和远景地段上，系统地或有选择地开展了1/5万或相当比例尺的综合地质调查。当前，国外在火山岩区开展大比例尺地质调查时，存在两个值得注意的基本趋势：一个是苏联的突出岩相的填图法，另一个

则是其它国家的以地层为主的填图法。国外在火山岩区地质填图时,之所以出现这样两种基本趋势,其主要原因是与火山岩地层有着密切关系。

对于火山岩地层所具有的特殊性和复杂性,各国并没有什么分歧。但是通过对国外资料的分析可以发现,在地质填图过程中如何对待火山岩地层的这种特殊性和复杂性,地层划分应达到什么精度,如何解决火山岩地层的划分与对比问题等方面,各国的确采取了不同的做法。

苏联地质人员认为,由于火山岩不但具有沉积岩和侵入岩的一些特点,而且具有火山活动本身造成的一些特有的规律,因此,在地质填图过程中不能仅仅采用只适合于沉积岩区的单纯地层学方法或只适合于岩浆岩区的岩石学方法,而必须采用适合于火山岩区特点的以岩相分析方法为主的一套方法。他们认为,如果单纯从地层学的角度去研究火山岩地层,在建组的基础上划分出不同的岩性段,那么,这基本上只能反映出一个地区的火山岩层的大体层序,并大致勾绘出区域地质的基本轮廓,而忽视了火山岩层的复杂性,特别是忽略了火山岩横相变化的情况。这样一来,就无法再造出对寻找火山岩矿床至关重要的各类火山构造。因此,在大比例尺地质填图过程中,虽然也划分地层,但做得较粗,只要求到组或亚组,而主要是强调岩相的划分和研究。

许多国家的做法与苏联有所不同。一般也承认火山岩地层较之沉积岩地层复杂,横相变化较快,但并不因此就应该成为忽略地层工作重要性的理由。相反,填图的比例尺越大,就更需要加强地层工作,而且地层工作的精度就要更高,决不应当与中比例尺地质填图所要达到的地层精度是一样的。不少人认为,虽然在火山口附近火山岩的分布杂乱无章,但离开火山口向外,火山岩的横相变化逐渐减小,在这种情况下,只要在采用传统的地层学方法的基础上有效地引用一系列新的研究方法,是能够成功地对这些火山岩层作详细地层划分的,建立起一个火山岩地区的火山岩层序,从而有助于确定这个地区的火山活动历史。正是基于这种认识,许多国家在火山岩区进行填图时,长期来都是坚持以地层为主的方法。但是,考虑到火山岩具有侵入岩的某些特点以及岩性横向变化较大的特点,因此,在填图时,要在地层划分到岩性段的基础上填绘出各种熔岩的空间分布,对于能指示火山口存在的诸如火山弹、火山角砾岩和集块岩这样一些火山碎屑岩也要求在地质图上反映出来,至于其它火山碎屑岩则按沉积地层的填图方法加以处理。

根据国内在火山岩区开展大比例尺地质填图的需要,遵照毛主席“洋为中用”的教导,我们在收集和分析国外有关火山岩地层资料的基础上,编写了这份《火山岩地层》综合资料。这是《国外火山岩区工作中的一些基础地质问题》的中册。应当指出的是,这份资料并没有包括有关火山岩地层方面的全部内容,而只是涉及其中的一些具有实际意义的重大问题。由于火山岩地层比较复杂,加上国外在火山岩地层划分与对比方面的经验并不是成熟的,至今也没有一致公认的标准,而且有些看法不同程度地带有片面性和形而上学的色彩,因此,一定要有分析有批判地阅读这份资料和利用其中的一些成果。我们编写这份综合资料的目的是为了适应我国火山岩地层工作的需要,更重要的是希望以此促进国内地质工作者根据我国大面积分布的复杂的火山岩地层的研究,提出一套划分与对比火山岩地层的行之有效的正确理论、原则和方法,为在火山岩区开展大比例尺地质填图和普查找矿工作提供坚实的基础。

这份资料的初稿写成后,曾请江西区测队、浙江区测队、福建区测队、中国地质科学院地矿所的有关同志审查过。古地磁和地质年令测定方法两部分由中国科学院地质所和北京第

三研究所的有关同志审查过。根据他们的意见，对初稿作了适当的补充和修改。在此，谨向他们表示感谢。

由于编者水平有限，错误之处在所难免，请批评指正。

目 录

一、火山岩地层工作中的几个问题

- (一) 按火山岩区建立区域性地层表..... (2)
- (二) 必须建立破火山口的详细地层层序..... (13)
- (三) 火山岩地层工作中必须重视相变的研究..... (30)
- (四) 火山岩层面及其顶、底板的确定..... (36)
- (五) 火山岩区角度不整合的确定问题..... (49)
- (六) 火山岩填图单位的确定..... (50)

二、火山岩地层的划分与对比方法

- (一) 旋回法..... (63)
- (二) 标志层法..... (68)
- (三) 火山通道内岩石的穿插关系..... (70)
- (四) 生物地层法..... (71)
- (五) 矿物学方法..... (72)
- (六) 岩石化学地球化学方法..... (78)
- (七) 古地磁方法..... (98)
- (八) 其它地球物理方法..... (111)
- (九) 地质年令测定方法..... (113)
- (十) 小结..... (138)

一、火山岩地层工作中的几个问题

本资料中所使用的火山岩地层这一术语，主要指的是由喷发到地表的熔岩和火山碎屑岩组成的地层。

由于火山岩地层比沉积岩地层要复杂得多，因此，应用适合于沉积岩地层的一套原则来处理火山岩地层，在大多数情况下是行不通的。根据目前所掌握的国外资料来看，以下几个问题的正确解决是合理地划分与对比火山岩地层的先决条件。这些问题是按火山岩区建立区域性地层表，建立破火山口的详细地层层序，必须重视火山岩地层相变的研究，火山岩层面及其顶、底板的确定，火山岩地层中的不整合的确定以及填图单位的确定。

这里还应特别提出的是，正确建立一个地区的火山岩地层层序绝不是一次就能办到的，往往需要经过“**实践、认识、再实践、再认识**”的循环往复过程。通常，必须将火山岩地层与火山构造等方面的研究紧密配合起来，正如火山构造的查明不能脱离地层研究一样，火山岩地层也不能离开火山构造而孤立地加以研究。否则，不仅不能正确查明火山构造，也不能正确地解决地层问题。大量事实充分证明，一个地区的火山岩地层的建立是否正确，与正确查明火山构造有着密切关系。比如，在大比例尺地质填图过程中，在研究火山岩地层时，最理想的情况是建立火山机体的详细地层层序，为了做到这一点，就必须正确查明具体的火山机体以及区内火山岩层与该火山机体的关系，查明哪些火山岩是来自其它火山机体。又如，为了建立破火山口的火山岩地层层序，同样要求正确圈定破火山口，查明研究区内的火山岩层与破火山口的关系，查明哪些火山岩是来自该破火山口，哪些火山岩是来自其它破火山口。对于其来源与该破火山口相关的火山岩来说，还要确定它们是破火山口发展历史中的哪个阶段的产物。

在火山岩区开展大比例尺地质填图时，为了进行地层划分与对比，必须重视地层剖面的测制工作。在填图过程中，不仅测制火山岩地层剖面的方法（请参阅《国外火山岩区工作中的一些基础地质问题》上册《古火山构造》的有关部分）与沉积岩地层剖面不同，而且在数量上往往比后者也要多得多。

在有航空照片可资利用并据这种航空照片能够粗略地圈定出破火山口或者在经中比例尺地质填图确定了破火山口的火山岩区进行工作时，除了在岩层出露最全、遭受构造破坏最小的地段测制剖面之外，还应在正式填图之前选择破火山口的不同地段实测有代表性的地层剖面，以便进行初步的地层划分与对比。然后在填图过程中，再在这些剖面之间布置横穿地层走向的路线，并进行横向追索。在填图期间，如果发现地层关系很复杂，以致用原先测制的相邻剖面无法加以控制时，那么，除了加密路线和沿走向进行追索而外，还应在关键地段补测必要的地层剖面，以便查清这种地层关系并修改原先拟定的地层方案。

如果已有的中比例尺地质图未能圈定出破火山口构造，或者无航空照片可资利用，或者虽有航空照片但不能从这种照片上发现破火山口构造时，那么，情况就变得更复杂了，在地层工作中往往会遇到更大的困难。在大比例尺地质填图之前应进行路线踏勘，绘制路线剖面，

勾绘踏勘草图。在填图过程中，通常应测制许多地层剖面，以便为区内火山岩地层的划分与对比奠定初步的基础。不过，剖面布置在空间上不可能与已知破火山口的情况相同。在这种情况下，除了选择岩层出露最全、构造破坏最弱的地段测制剖面之外，还应当根据地质构造特征而在图幅的不同部位实测多个地层剖面。此外，对图幅内由中比例尺地质图上反映出来的构造、地层最复杂的地段还应测制必要的剖面，仔细研究造成地层、构造复杂的原因。在填图期间，如果发现处于原先测制的相邻剖面之间的地段的地层关系复杂，与已有的实测剖面不能进行对比，那么，就应在加密路线和作横向追索的同时，补测新的剖面，以便查明地层关系并对已经拟定的地层方案进行修改。在整个填图过程中，必须将地层工作与火山构造的研究最紧密地结合起来，力求将图幅内可能存在的而在以往的地质工作中又未发现的破火山口等构造圈定出来。在一旦圈定出破火山口之后，就应根据破火山口的特征而在已有地层剖面的基础上再补充一些必要的剖面，以便建立破火山口的地层层序。

由此可以看出，在火山岩区开展地质填图时，为了确保地层层序的精度和提高图幅质量，在填图过程中，往往需要把相当多的时间花在地层剖面的测制与研究上，在测制剖面时，一定要克服两种偏向。一种是总想通过测制一个剖面来完成对整个火山岩区或破火山口地层层序的认识。实践证明，这种想法是不切合实际的，只有通过反复测制和研究大量剖面，才能逐渐对研究区内的火山岩地层层序有正确的了解。当然，在测制剖面的具体安排上，可以灵活掌握，当研究区的火山构造情况不清时，在进行大比例尺地质填图过程中，一开始不要把重点放在实测剖面上，一般来说，在正式填图之前，除了测制必要的剖面之外，主要是强调路线踏勘。路线踏勘要搞得细一点，在踏勘过程中要绘制精度较高的路线剖面，并勾绘出踏勘草图。通过路线踏勘，初步掌握研究区内火山岩的主要岩石类型及其空间分布情况，可能存在的构造格局和各种岩层的大体接触关系，尽量收集有关火山岩地层层序方面的资料，以便为查清区内的火山构造特征和地层层序作准备，并为下一步填图奠定初步基础。如果一开始就把主要精力放在实测剖面上，由于没有弄清区内的火山构造格局，势必不能正确布置剖面，因而也就不能建立可靠的地层层序，这必然会浪费时间，造成工作上的不必要的损失。因此，在通常情况下，实测剖面主要应放在填图过程中去做，特别是应放在填图工作的后期去做。另一种偏向是想把一个剖面以及据这种剖面建立起来的地层系统推广到整个破火山口甚至整个火山岩区加以使用，总想建立一种在整个破火山口或火山岩区到处可用的所谓标准地层剖面。这种想法是非常有害的。中、酸性火山岩区是一种复杂的地质构造，它往往包括许多破火山口和喷发中心，各个地段的火山岩地层是不一样的，这一点已为人们所周知，要在这样的情况下测制一个到处可用的标准剖面是不现实的。通常只能是对不同地段测制不同的剖面，包括测制各个已鉴别出来的火山机体的地层剖面、破火山口各个部位的地层剖面以及介于两个火山机体或两个破火山口之间的过渡地段的剖面。由此可以看出，火山岩地层层序的建立绝不是一劳永逸的，在填图中必须随时对初期拟定的地层方案根据填图过程中所积累的资料不断加以修改和补充，只有这样，才能在最后提出一个比较正确的地层层序。

(一) 按火山岩区建立区域性地层表

在国外文献中，火山岩区（或火山岩省和火山岩带）这一名称虽已广泛使用，但并没有

明确的一致公认的定义。在应用火山岩区和火山岩带这些概念时，情况相当混乱。比如，对同一个火山岩分布地区，有人将其称之为火山岩带，有人则称之为火山岩区。但是，比较多的人将火山岩带和火山岩区看成两个不同的概念，前者的规模比后者大，一个火山岩带可以包括几个火山岩区以及分开这些火山岩区的大型盆地（或洼地）或隆起。看来，这样做可能更为恰当一些。

基于目前在火山岩带和火山岩区的概念上存在的混乱现象，因此本文不打算就这两个概念作进一步的分析。为了方便起见，本文中所使用的火山岩区是指在一定的地质时期内、在一定的地质环境里由岩浆喷发（包括与喷发相关的侵入）形成的一套火山岩的分布区域。

火山岩区的规模相当大，一般为数千平方公里，也有数万平方公里以上的。在形态上，火山岩区多为不规则状，也有略呈带状延伸的。

火山岩区往往不是单个出现的。在这种情况下，各个火山岩区之间经常分布有规模相当大的沉积盆地、巨型隆起或以大断裂为界。比如，美国科罗拉多州中南部就包括渐新世—中新世的圣胡安火山岩区、西埃尔克火山岩区、瑟太尼内迈尔火山岩区和锡尔弗断崖—罗西塔山火山岩区，新墨西哥州则包括中新世的哲迈兹山脉火山岩区和渐新世—中新世的莫戈伦高原火山岩区（图1）。圣胡安火山岩区与哲迈兹山脉火山岩区之间隔着一个格朗德河洼地，其它火山岩区之间则分布有山脉或高地。

一个火山岩区相当于一个沉积盆地。但是，由于一个火山岩区往往包括许多彼此分开的

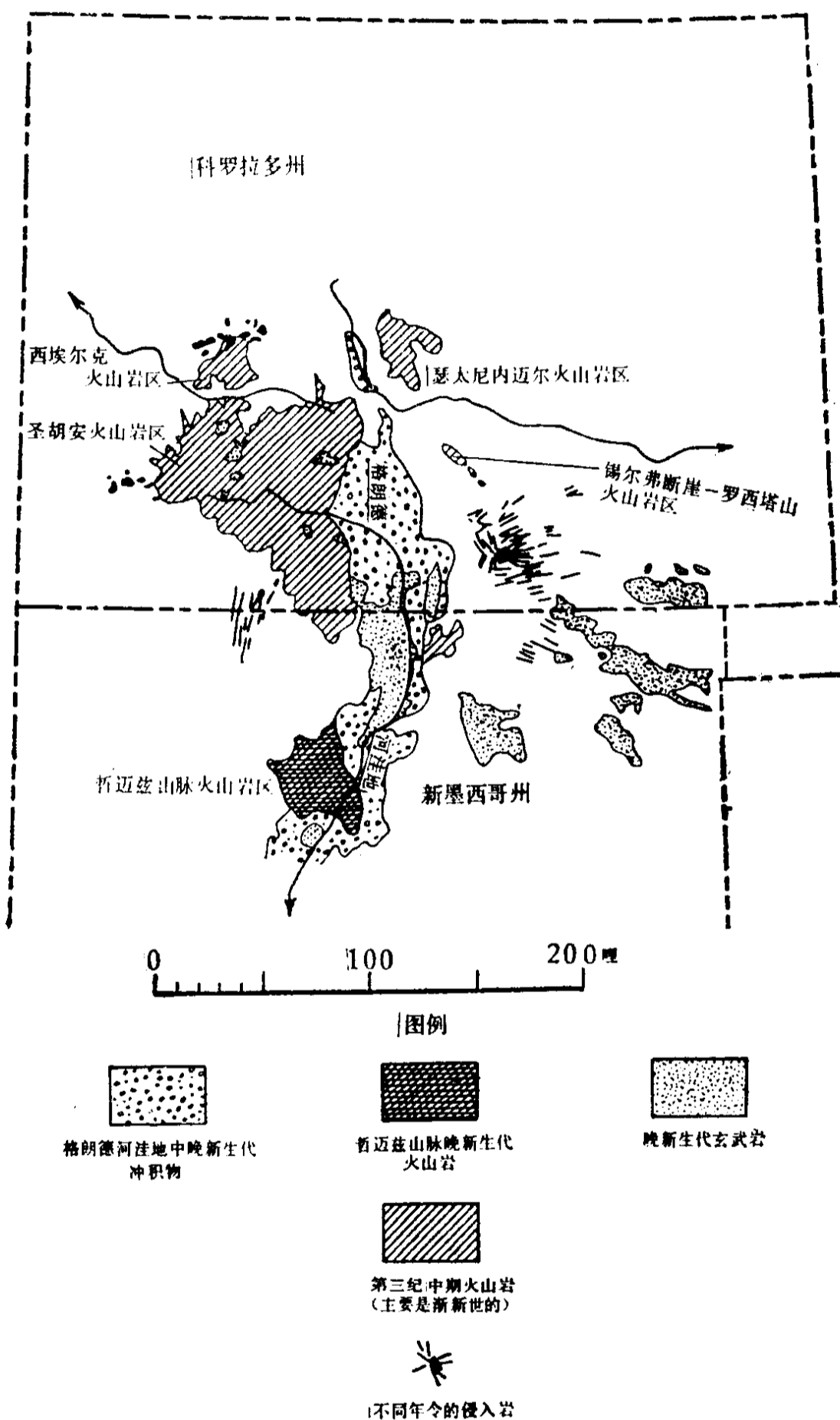


图1 表示科罗拉多州中南部及其邻区新生代火山岩分布的地质图。

破火山口或火山构造洼地，其中的火山岩并不是依次从同一个来源地喷发出来的，而且这些火山岩在该区内并不一定是连续分布的，因此，最终建立起来的一个火山岩区的地层表仅仅是将该区范围内从不同来源地喷发出来的，只是局限于一定地段的火山岩按形成顺序排列起来的。这样，一个火山岩区的地层表所列出的各个火山岩地层，并不是在整个火山岩区内原先就存在的，即它们在许多地方既可以单独或一起出现，也可以完全缺失。一个火山岩地层在许多地方缺失并不一定就是由晚期剥蚀作用引起的，而是可以因从一定的火山通道中喷发出来的火山岩并没有到达这些地方造成的。比如，分布在美国俄勒冈州东部及毗邻的华盛顿州和爱达荷州地区的哥伦比亚高原玄武岩是世界上五个延伸最大的大陆火山岩区之一。这套玄武岩现定名为哥伦比亚河玄武岩群，或简称哥伦比亚河群。该群主要包括两个组，下部是皮克图雷戈尔格玄武岩，上部是亚基马玄武岩。很少见到这两个组直接接触，因为它们在喷出时被布卢山脉背斜隔开了。皮克图雷戈尔格玄武岩分布在该背斜的南部，而亚基马玄武岩则分布在北部（图2）。只是在局部地方，如在比尤特克里克地区，皮克图雷戈尔格玄武岩的少数岩流越过了该背斜构造，而与亚基马玄武岩的下部一些岩流交互出现。这样一来，地层证据表明，皮克图雷戈尔格玄武岩的上部是与亚基马玄武岩的下部同时喷发的。虽然这两个组在绝大多数地方的地层剖面中并没有同时出现，它们喷发时的分布范围因受布卢山脉背斜限制而各据一方，没有出现大面积迭覆现象，但是，为了表述整个哥伦比亚高原玄武岩区的地层层序，人们往往根据它们的喷发顺序列入一个统一的地层表（表1）中。这个例子说明，这样建立起来的一个火山岩区的地层表与沉积岩地区的地层表有重大不同。因此，国外地质文献中通常所说的一个火山岩区的火山岩地层表往往是一种经过高度综合的产物。

不同火山岩区的地层是完全不同的。这主要是因为不同火山岩区的地质构造条件不同，火山物质的来源即岩浆源不同。决定一个火山岩区总的地层层序及其分布范围的主要因素是地质构造条件、岩浆源的性状以及喷发特征。

不同火山岩区由于区域构造环境不同，因此由火山活动产生的地层各具不同的特点。首先，不同的火山岩区具有不同的喷发构造类型，即每个火山岩区都具有特定的喷发构造型式。比如，大陆高原玄武岩区（印度德干高原玄武岩区、美国哥伦比亚高原玄武岩区等）是以裂隙式喷发为特点，火山通道是被岩墙或岩墙群充填的断裂或断裂系，玄武岩浆就沿着这些断裂面喷溢出来，并离开断裂线向两侧或向一侧流动，流动的距离可达几十公里到数百公里以上，分布面积广，在横向上岩性和厚度都比较稳定。但是，以中心式喷发为特点的火山岩区，一般是中、酸性火山岩发育区，其火山岩地层与高原型玄武岩区不同。在这类火山岩区里，火山通道为中心式火山口，岩浆沿管状通道上升，喷出到地表，并离开火山口呈辐射状或扇形向外流动，流动的距离一般不很大，在横向上岩性与厚度变化明显。其次，在不同火山岩区内，由于火山活动本身形成的火山构造类型不同，因此地层特征也可以不同。例如，在以裂隙式喷发为主的地区里，火山构造比较简单，很少发育各种各样的破火山口或火山口或火山构造洼地，构造破坏不强烈，火山岩层分布面积广。但是，在中心式喷发地区内，往往发育许多不同类型的破火山口或火山构造洼地等火山构造，构造破坏强烈。在破火山口形成之后，通常还会发生火山活动，在这种情况下，喷出产物大都局限于破火山口范围内，这样一来，就导致破火山口内、外的火山岩地层有很大不同。由于这样一些构造条件的差别，因此，使得以裂隙式喷发为特征的高原玄武岩区的火山岩地层的划分与对比并不那么

困难（见实例一，图2及图3），而以中心式喷发为特征的火山岩区的火山岩地层的划分与对比就显得较为困难了（见实例二和三，图1）。

火山物质的来源即岩浆源不同，对火山岩地层的类型、特征和分布范围有着重大影响。一

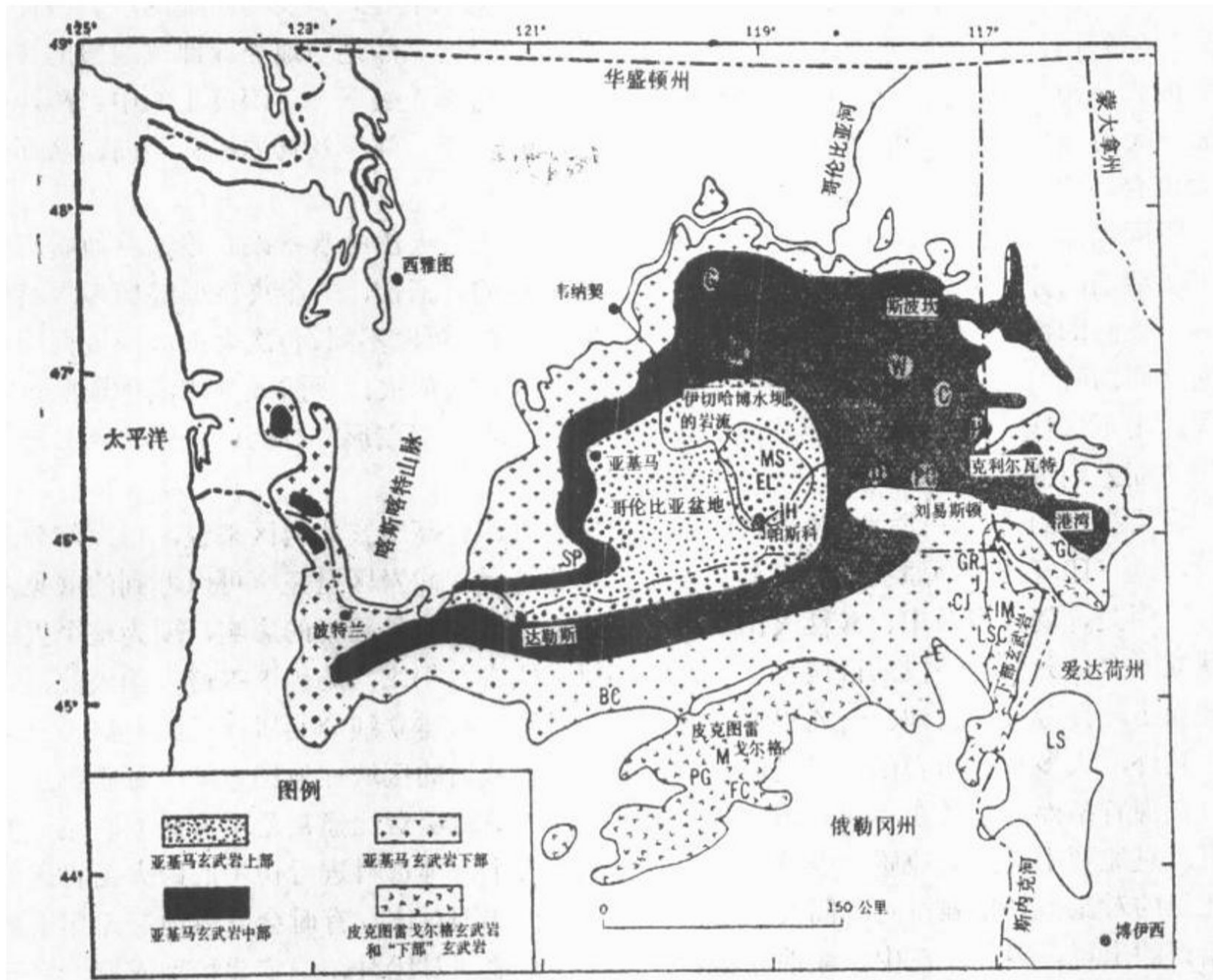


图2 高度概括的哥伦比亚河玄武岩各个地层单位的分布图。各地层单位见表1。

模式化的各个地区代表哥伦比亚高原地面上出露的主要地层单位。较老的单位可能出露在斯内克河与哥伦比亚河峡谷及其支流中，还有一些是出露在高原西部的背斜山脊的核部。在俄勒冈州东北部及其邻区爱达荷州部分地区，下部玄武岩被亚基马玄武岩的下部所覆盖，并且下部玄武岩只是出露在深的峡谷中；为了强调下部玄武岩在本区的存在，它的出露范围被夸大了。博伊西以北的空白区为下部玄武岩和亚基马玄武岩下部所占，但它们的相对分布范围不清楚。在喀斯喀特山脉顶峰附近，哥伦比亚河玄武岩大部分被较新的岩石掩盖了。图中字母所代表的地点为：

- | | | | |
|-------------|--------------|---------------|--------|
| BC = 比尤特克里克 | C = 科尔法克斯 | CJ = 基夫何塞夫岩墙群 | D = 道奇 |
| E = 恩特普赖斯 | EL = 埃尔托皮亚 | FC = 弗拉特克里克 | |
| G = 大古力 | GC = 格拉夫克里克 | GR = 大朗德河 | |
| IH = 伊切哈博水坝 | IM = 伊纳哈河 | J = 何塞夫克里克 | |
| LS = 小萨尔芒河 | LSC = 小希普克里克 | M = 莫努明特岩墙群 | |
| ML = 莫塞斯湖 | Ms = 梅隆 | O = 奥塞洛 | |
| PO = 波美罗伊 | PG = 皮克图雷戈尔格 | P = 普尔曼 | |

个火山岩区的出现,主要是由两个因素决定的:一个是区域地质构造条件,另一个是岩浆源的类型和性状。在通常情况下,每个火山岩区都具有特定的岩浆源。由于岩浆源的物质成分、所处的深度、具有的规模及物理化学条件的不同,因此,导致不同的火山岩区的火山岩地层也有差异。比如,前面提到的哥伦比亚高原玄武岩区和以中心式喷发为特征的中、酸性火山岩区,必然具有各自不同的岩浆源。哥伦比亚高原玄武岩区显然是与地壳深部或地幔的玄武岩浆型的岩浆源有关,而一些中、酸性火山岩区则应是地壳之下一定深度上的中、酸性成分的岩浆源有成因联系。由于岩浆源不同,可以使喷发性质、强度及物质成分不同,从而使各个火山岩区的火山岩地层也有显著差别。

不同火山岩区往往具有不同的喷发性状。根据对现代火山的观察以及根据对地质历史上的火山活动的分析,只出现一次喷发的火山是不存在的。通常,一个火山要经历多次喷发,具有多旋回的特点。不同火山岩区的火山活动期次及旋回可以不同,各次火山活动或火山活动旋回之间的时间间距可以不同,而且在不同旋回期间喷出的火山物质成分的演化顺序也可以不同。由于这样一些原因,致使不同火山岩区的火山岩地层在形成时期、岩性特征、地层层序等方面差别很大。

应当指出的是,在建立火山岩区的区域地层表时,就高原玄武岩区来说,可以细分到岩性段,这在印度德干高原玄武岩区和美国哥伦比亚高原玄武岩区是完全可以办到的(见实例一)。但是,就大多数中、酸性火山岩区来说,由于上述诸种因素的影响,要为整个火山岩区建立一个划分到岩性段的区域地层表,与高原玄武岩区相比,的确困难得多,因此,目前国外除了一部分工作较细、研究程度较高的火山岩区能够建立细分到岩性段的地层表(见实例二)外,大多数火山岩区还只是建立以组或亚组为基础的区域性地层方案(见实例三)。

在现有条件下,要在不同火山岩区之间进行详细的地层对比通常是不可能的。在一般情况下,只能利用同位素地质年令数据、古地磁以及古生物等资料进行初步的跨火山岩区的组或亚组的对比。如果强行对不同火山岩区的地层进行详细对比,有时会导致地层工作上的重大错误的出现。因此,在中、酸性火山岩区作这样的地层对比时,一定要特别谨慎。

实例一：哥伦比亚高原玄武岩区

这里所称的哥伦比亚高原玄武岩区主要是指哥伦比亚河玄武岩群覆盖的俄勒冈州、华盛顿州和爱达荷州的大部分地区。除了中新世的哥伦比亚河玄武岩群之外，在部分地方还出现少量上新世-第四纪的喀斯喀特山脉橄榄石玄武岩（图3）。

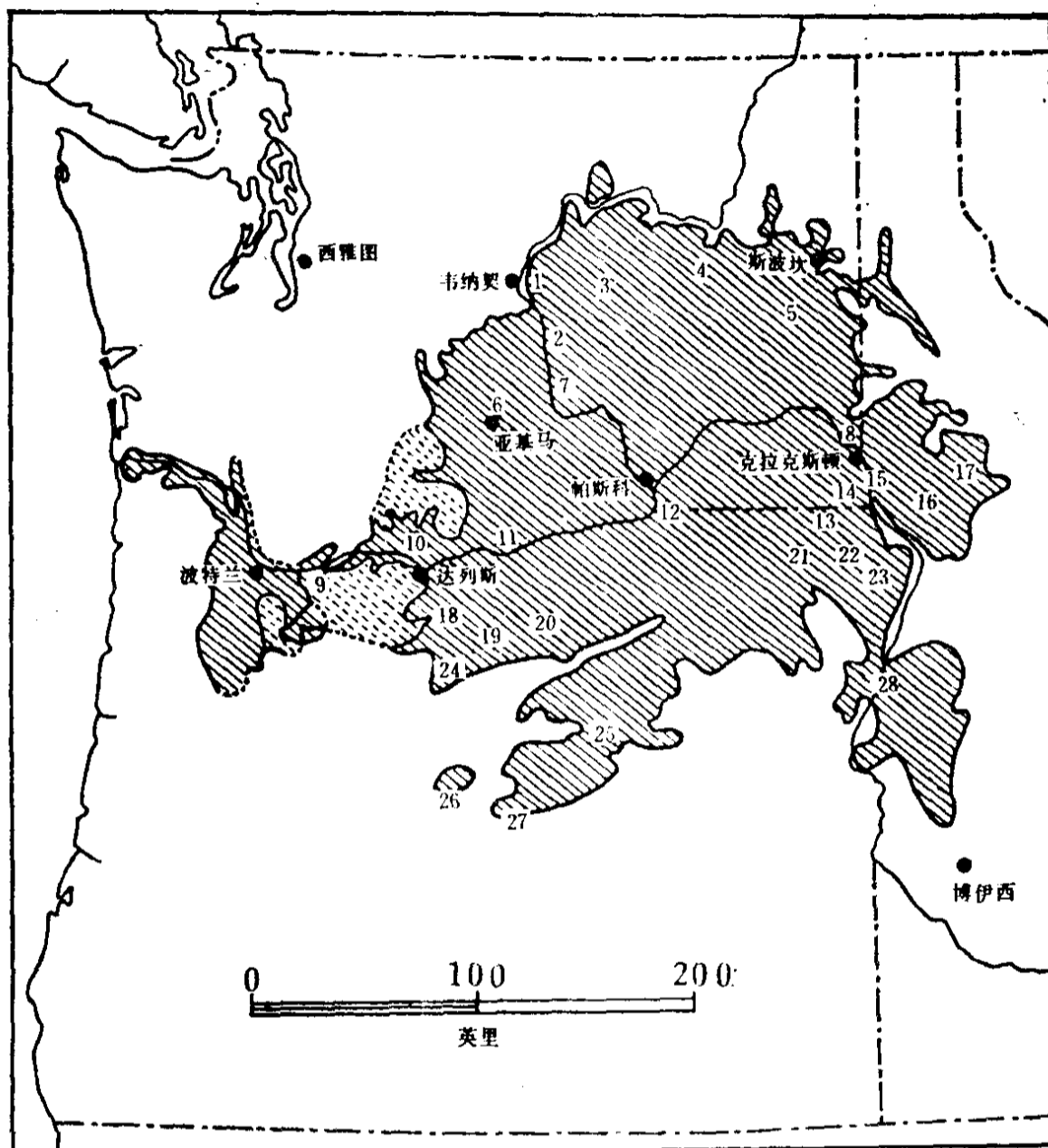


图3 哥伦比亚河玄武岩。虚线所示的地区是较新的喀斯喀特山脉火山岩分布地区。

从图2及图3上可以看出，哥伦比亚河群分布面积很广，而且在大范围内岩流数和厚度较稳定（表1）。

由于哥伦比亚河玄武岩群分布广泛，岩性比较单调，无论在横向上还是在纵向上，都是由一套玄武岩组成的，因此，长期来它成了美国一些地质人员的研究课题。他们通过划分与对比哥伦比亚高原玄武岩的地层，试图编制出哥伦比亚高原玄武岩区的区域性火山岩地层表（表2），并在此基础上摸索出一套适合于不含化石的火山岩地层的研究方法。经过十多年的摸索，已经提出了许多可用来研究火山岩地层的较为有效的方法，包括古地磁方法、岩石化学地球化学方法、矿物学方法、地球物理方法等。采用这些方法，不仅可以成功地进行地层划分与对比，而且用岩石化学地球化学方法和古地磁方法所建立的化学类型地层表和古地磁地层表与通过野外地质调查所建立的地层层序（表2）一致。有关哥伦比亚河玄武岩群的岩石化学地球化学地层表，将在下面的有关部分予以介绍。

表 1 哥伦比亚河玄武岩的部分实测剖面

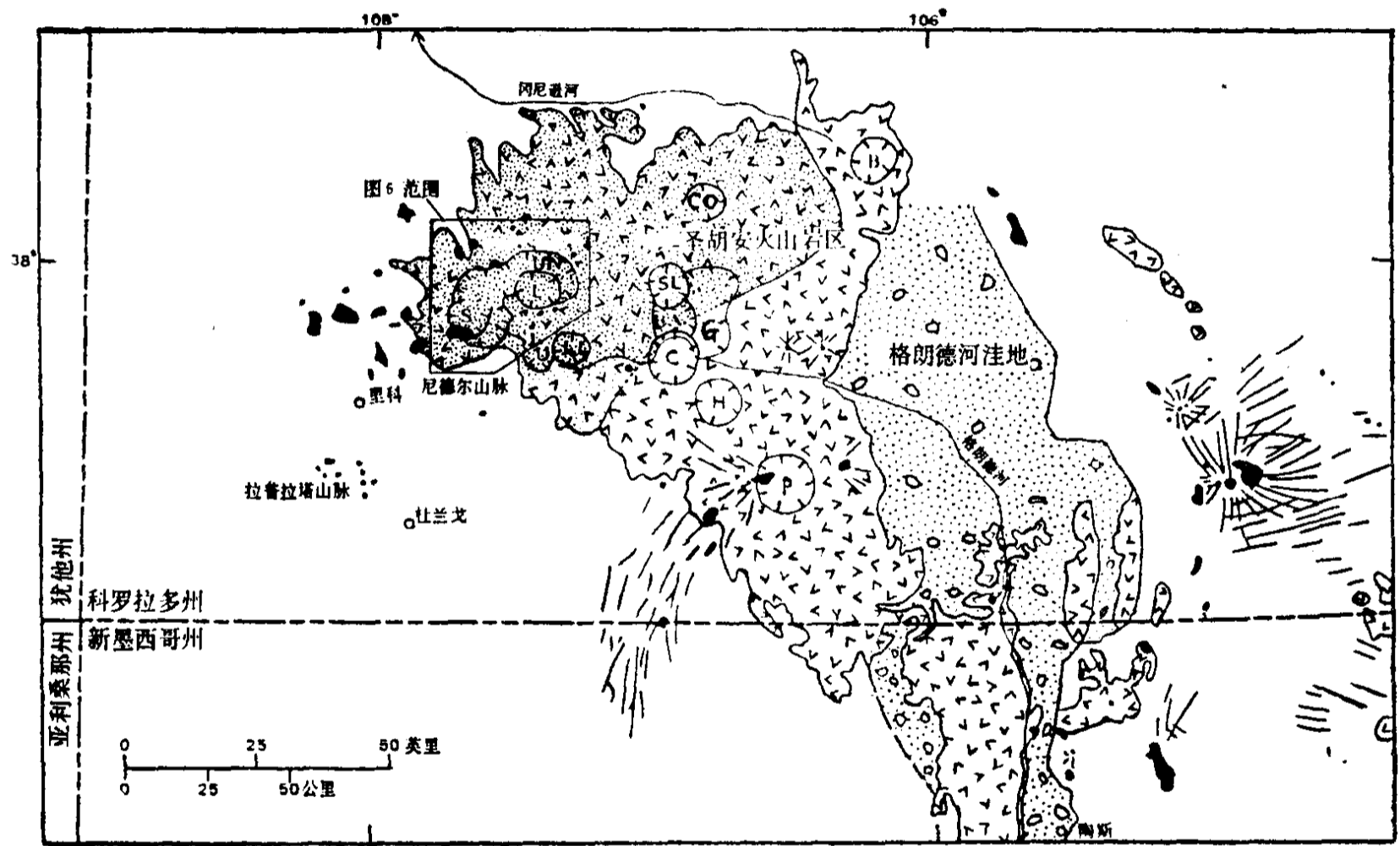
剖面号 (图 3)	名称和地点	厚度 (呎)	岩流数
1.	华盛顿州道格拉斯县, 华特弗尔一道路拉斯克里克	910	10
2.	华盛顿州格兰特县克雷塞特巴	845	10
3.	华盛顿州格兰特县德雷福尔斯	450	8
4.	华盛顿州林肯县林肯	330	4
5.	华盛顿州怀特曼县雷克湖	250	3
6.	华盛顿州亚基马县, 罗萨加普	845	9
7.	华盛顿州格兰特县塞提勒尔加普	1190	16
8.	华盛顿州怀特曼县尤尼恩敦高原	11735	25
9.	俄勒冈州穆尔托洛马县福尔斯	730	8
10.	华盛顿州克利克塔特县, 克利克塔特河	1195	15
11.	华盛顿州克利克塔特县, 雷克格雷克	760	10
12.	华盛顿州瓦拉县, 瓦卡拉加普	1190	13
13.	俄勒冈州瓦洛瓦县, 波瓦特卡	1470	19
14.	华盛顿州阿索廷县大朗德	1460	32
15.	华盛顿州阿索廷县, 斯内克河湾	2080	25
16.	爱达荷州爱达荷县, 库特维尔一萨蒙河	1920	17
17.	爱达荷州克利尔沃特县, 拉依尔斯峡谷	1825	18
18.	俄勒冈州瓦斯科县, 太爱格雷吉	610	8
19.	俄勒冈州吉利亚门县, 比夫凹地	1555	22
20.	俄勒冈州吉利亚门县锡克斯迈尔	480	7
21.	俄勒冈州乌尼县米兰	1077	20
22.	俄勒冈州瓦洛瓦县, 焦斯费克雷克	2010	23
23.	俄勒冈州瓦洛瓦县伊纳哈	2465	31
24.	俄勒冈州瓦斯科县考峡谷	750	11
25.	俄勒冈州格兰特县皮克图雷戈尔格	720	14
26.	俄勒冈州克罗克县, 克罗克河	830	11
27.	俄勒冈州克罗克县, 毛里山脉	410	5
28.	俄勒冈州巴克尔县潘恩克里	1225	12

表 2 哥伦比亚河群玄武岩的地层层序

哥伦比亚河群	亚基马玄武岩	上	伊切哈博水坝岩流 瓦德加普和埃勒芳特玄武岩 波莫纳玄武岩
		中	普莱斯特拉皮茨岩段 (包括乌马蒂拉玄武岩) (华盛顿州中部) 洛洛河岩流 (爱达荷州) 罗沙岩段 弗伦奇曼泉岩段
		下	包括横向上可追索五十公里以上距离的几个玄武岩流
			皮克图雷戈尔格玄武岩 (俄勒冈州中北部) 下部玄武岩 (俄勒冈州东北部和爱达荷州)

实例二：圣胡安火山岩区

圣胡安火山岩区位于美国科罗拉多州西南部 (图 4)。整个火山岩区又分成西部、中部和东部三个部分。这三个部分具有各自不同的火山岩地层层序。



图例

- 冲积物
- 火山岩
- 阴影区为原来由沙比内罗台地凝灰岩占据的范围
- 侵入岩
- 圣胡安火山岩区的破火山口
- B. 博南札
- BA. 巴奇洛尔
- C. 克里德
- CO. 科曼托巴
- G. 拉加利达
- H. 霍皮山
- L. 莱克城
- LL. 洛斯特胡
- P. 普拉托罗
- S. 维尔弗顿
- SJ. 圣胡安
- SL. 圣路易斯
- U. 乌特河
- UN. 翁康帕格雷

图 4 表示圣胡安火山岩区和圣胡安山脉各个破火山口的位置以及从圣胡安破火山口和翁康帕格雷破火山口内喷出的沙比内罗台地凝灰岩 (及尤里卡岩段) 的概略分布图。

圣胡安火山岩区的地理位置就是圣胡安山脉延伸范围，包括几个第三纪中期和晚期的巨大的迭覆火山堆积体，它们一起构成面积 10000 平方哩、厚 1—2 哩的复成火山岩体。

该区是落基山区的重要矿化地区之一。仅圣胡安山脉西部，在近一百年内，已开采的与火山活动相关的矿产总价值大约为 5 亿美元。由于它具有重要的找矿远景，因此几十年来一直吸引了不少地质人员在该区进行反复的地质调查，其研究程度比较高。但是，圣胡安火山岩区西部、中部和东部的火山构造特征及其演化历史不一样。西部包括圣胡安破火山口、翁康帕格雷破火山口、锡尔弗顿破火山口、莱克城破火山口、乌特河破火山口和洛斯特湖破火山口，中部包括圣路易斯破火山口、巴奇洛尔破火山口、克里德破火山口、拉加利达破火山口以及霍皮山破火山口（图 4）。由于每个破火山口都具有各自的发展规律，因此，长期来很难为整个圣胡安火山岩区建立一个包括熔岩和火山碎屑岩在内的统一的区域地层表，只能是按西部、中部和东部分别建立火山岩的地层层序。

R. G. 利德基等人于 1968 年提出了圣胡安山脉西部第三纪火山岩地层表（表 3）。但是，到 1973 年，他与 T. A. 史蒂文等人一起又对这个地层分类方案作了较大的修正（见下一节《必须建立破火山口的详细地层层序》）。在 1973 年的地层方案中，锡尔弗顿火山岩群、波托西火山岩群和吉尔平峰凝灰岩被取消了，代之以一些新的地层命名，并认为伯恩斯组和亨逊组是圣胡安破火山口内塌陷后的熔岩、角砾岩和沉积岩的堆积产物，这两个组大体相当于一个层位，可部分地与希普山组即希普山石英安粗岩的卡逊中心的类似熔岩和角砾岩对比。另外，认为表 3 中的皮巧翁组应与圣胡安组及莱克福克组的层位相当，也属于老单位，它们属于火山口相的熔岩和角砾岩。

表 3 圣胡安山脉西部第三纪火山岩地层表

←总的向西	各个单位的地理分布		总的向东→
	赫斯达勒组 侵入岩和喷出岩		
(新单位)	波托西火山岩群		
	吉尔平峰凝灰岩	希普山石英安粗岩	许尔坨组
		未命名单位 森希内峰流纹岩 未命名单位	
(中单位)	锡尔弗顿火山岩群		
	亨逊组		
	伯恩斯组		
	尤里卡凝灰岩		
	皮巧翁组		
(老单位)	圣胡安组—莱克福克组		

在圣胡安火山岩区里，虽然喷出的熔岩很多，但与喷出的火山灰流相比，无论是在体积和分布范围上还是在岩流的数目上，都是次要的。因此，就圣胡安火山岩区火山岩地层的层序建立来说，起主要作用的是火山灰流层位的鉴定。1972 年，T. A. 史蒂文等人在为圣胡安

山脉各局部地段建立了详细地层层序的基础上，提出了圣胡安火山岩区主要火山灰流单位的层序（表4）。

表 4 圣胡安火山岩区主要火山灰流单位地层层序

森希内峰凝灰岩（22.5 百万年）		
斯诺舒山凝灰岩（>26.4 百万年）		
纳尔逊山凝灰岩		
科赫托巴公园岩段		
外流岩段		
拉特河凝灰岩		
埃克威蒂岩段		
外流岩段		
瓦逊公园凝灰岩		
马默思山凝灰岩（26.7 百万年）		
卡平特尔山脊凝灰岩		
巴奇洛尔山岩段		
温迪古尔奇层		
康普贝尔山层		
威卢河层		
外流岩段		
菲什峡谷凝灰岩（27.8 百万年）		
菲尼克斯公园岩段		
拉加利达岩段		
外流岩段		
沙比内罗台地凝灰岩		马索尼克公园凝灰岩（28.2 百万年）
迪朗台地凝灰岩	年	宝山凝灰岩
布卢台地凝灰岩	代	拉杰德罗岩段
乌特山脊凝灰岩（28.4 百万年）	关	奥希托河岩段
	系	拉贾拉峡谷岩段（29.8 百万年）

有关圣胡安火山岩区中部的火山岩地层，将在下面《必须建立破火山口的详细地层层序》一节中加以介绍。

实例三、新墨西哥州哲迈兹山脉火山岩区

哲迈兹山脉包括一个在前寒武纪花岗岩以及古生代、中生代和新生代沉积岩基底上产生的第三纪晚期和第四纪的复杂火山岩区。该火山岩区的面积约1500平方哩，火山岩层的最大厚度约为5000呎（图1）。