

1:50000 地质测量方法参考书

4

古火山地质测量方法

〔苏〕B. B. 顿斯基赫

B. H. 泽列普根

И. И. 克罗尼道夫

地 质 出 版 社

1:50000 地质测量方法参考书

第 四 册

古火山地质测量方法

(苏)B.В.顿斯基赫

В.Н.泽列普根

И.И.克罗尼道夫

林 彻

何庆先 译

徐成彦

地 质 出版社

前 言

自从 1969—1973 年出版了 1:50000 地质测量方法指南丛书 (1—13 册), 1974、1978 年出版了这一比例尺的测量方法手册以来, 苏联地质部地质研究所的地质测量和普查工作方法室, 便着手编写方法参考丛书。这一套书介绍了在复杂的地质条件下进行地质测量工作的方法, 即在地质体难于分层, 难于对比的红色“哑”层、生物礁 (Биогермные) 灰岩、西伯利亚的暗色岩、火山成因的、变质的、交代的岩层以及复杂错动的地层等等地区, 进行地质测量的方法。

这一套方法参考丛书中包括深部和立体地质制图、矿产预测研究方法和地质测量过程中矿产分布规律及预测图的编制方法等。

虽然这一套参考丛书主要是为大比例尺 (1:50000—1:25000) 地质测量而编写的, 但实际上对从事任何比例尺的地质测量工作的地质人员都适用。方法参考丛书由苏联地质部地质研究所的工作人员编写, 但参加这项工作的还有苏联地质部其他单位、苏联科学院、地质院校的许多专家。

编者和作者希望这一套方法参考丛书能对处于困难工作条件下的地质人员有所帮助, 能对地质测量工作的科学水平提高有所促进。

绪 论

近年来,证实了一系列矿床与古火山构造的伴生关系。因此,在火山岩分布区的大比例尺地质测量工作中,面临着这样的任务:查明古火山,确定它们的矿产远景。因此,在1:50000的地质测量工作中,对火山成因的地层不仅要求象过去那样按时代和成分划分,而且要求按岩相和古火山类型的属性划分^[121]。为了对火山进行远景评价,要求研究火山的构造、确定其类型、确定火山活动的范围和性质。除了普查意义之外,地质测量人员在解决岩石学问题时,例如确定某地区火山活动发展的方向、不同成分的火山产物之间的相互关系、各类火山的活动规模和时间关系等等时,都必须研究古火山。由于没有专门介绍如何查明和研究古火山的方法参考书,使地质测量工作在满足现代的要求方面,以及解决与地质测量人员提高业务有关的问题方面,遇到了困难。

В. М. 谢尔盖耶夫斯基 (Сергиевский) 在“地质测量与普查方法手册”^[148]一书中,向地质测量人员初步介绍了有关火山活动类型、火山喷口及其岩相的一些资料。М. А. 法沃尔斯卡娅 (Фаворская) ^[163]的著作比较详细地探讨了侵入岩、次火山岩、喷出岩的岩相划分问题,但是没有谈到它们与古火山构造和古火山的联系。

В. С. 科朴帖夫-德沃尔尼科夫 (Коптев-Дворников)、Е. Б. 雅科夫列娃 (Яковлева)、М. А. 彼特罗娃 (Петрова) 在“火山岩及其研究方法”^[81]一书中,比上述著作更为详细深入地介绍了火山地层的研究方法。这本书在描述火口岩相时,列出了一系列能说明古火山特点的标志,指出了火山常常与断裂交汇点伴生的现象,并且介绍了火山喷口的最典型形态、大小、类型以及能帮助查明这些情况的某些标志。然而,这些作者很少注

意对火山机构内部结构的直接研究问题和具体火山地层的属性问题。

Е. Ф. 马列耶夫 (Малеев) 的文章^[99、101、102]中, 有不少有关火山研究方法的资料, 他总结了第三纪及现代火山地层的制图经验。这些著作说明岩相分析具有头等重要的意义, 是研究火山地区和恢复火山活动性质的基础, 同时还简短地介绍了火山的基本类型和相应的岩相。但是, 这些著作的根据仅仅是年轻的, 现代火山活动区的资料, 所以有关火山研究方法的具体结论, 不能完全适用于古火山活动区。

在“1:50000地质测量方法指南”第七册^[56]中, 介绍了研究火山地层时应用地球物理方法的若干资料; 说明在查明和研究古火山火口体时可以利用磁法勘探。近年来的新资料说明, 在研究火山及其组成要素时可以扩大使用地球物理方法。

在“1:50000地质测量方法指南”第四册^[110]中, 不仅介绍了盖层火山地层的研究方法, 而且列出了火口相及次火山相的一系列标志, 指出了查明和研究古火山构造的意义, 确定侵蚀截面深度的意义。但是, 该书没有谈到在具有不同侵蚀截面的地区进行地质测量工作时查明古火山本身的标志及其研究方法。“1:50000地质测量方法手册”^[111]中, 也只局部涉及了这些问题。本书则以这些问题为主题。

内 容 简 介

本书阐述了造山作用区和古地台区的主要火山类型。指出了查明不同侵蚀程度的火山的标志。以亚美尼亚、远东、哈萨克斯坦、中亚及其他一些地区为例，根据古火山的保存程度，利用岩相、构造、岩石、地貌及地球物理方法，查明和研究古火山的特征。列举了侵蚀截面深度不同地区各类火山的解译标志。研究古火山时，应十分重视利用岩层的岩石物理特性。本书探讨了综合利用各种方法的问题，介绍了古火山构造中矿产分布的特点并对矿产普查工作提出了建议。

本书适用于从事大比例尺地质测量和普查工作的地质人员、在古火山地区工作的科研人员以及地质院校的学生。

全书附表20个，图73幅，参考书目219种。

目 录

前言

绪论

第一章 主要火山类型的特征	1
造山作用区的火山 (B. B. 顿斯基赫, B. H. 泽列普根)	3
微弱侵蚀的火山	3
中度侵蚀的火山	20
深度侵蚀的火山 (Ю. А. 伊万诺夫参加编写)	36
裂隙型 (线型) 火山机构	54
地台区的火山 (Т. К. 伊万诺娃, М. И. 米特罗兴)	58
盾状火山	59
层状火山	61
爆炸岩筒 (火山道)	66
无根火山 (冠状火山)	67
成因不明的火山口状洼地 (B. B. 顿斯基赫)	68
第二章 查明和研究古火山的地质方法	71
地形图的分析 (B. H. 泽列普根, B. B. 索洛维耶夫)	71
航空摄影资料的解译 (B. B. 顿斯基赫)	73
现代火山和不久前的死火山要素的解译标志 (侵蚀深度不大的火山区)	73
古火山要素的解译标志 (中度和深度侵蚀的火山区)	78
地貌观察 (B. H. 泽列普根)	83
火山地层的岩相分析 (B. H. 泽列普根)	87
岩相分析的原则、目的和任务	89
微弱侵蚀火山区的岩相分析	91
中度和深度侵蚀火山区的岩相分析	102
厚度分析	110
火山地层的构造分析 (B. B. 顿斯基赫)	111

火山-地质构造	111
古火山机构的构造标志	123
对火山岩原生构造的显微构造分析	130
根据物理参数对火山岩进行岩石构造分析 (А. А. 普里 亚特金)	133
火山岩的岩石学研究 (В. Н. 泽列普根、Т. В. 道米尼 科夫斯卡娅)	142
岩石学特征	143
岩石化学特征	145
地球化学特征	153
第三章 研究火山的地球物理方法 (И. И. 克罗尼道夫主 编, Г. К. 巴达洛娃参加编写)	164
微弱侵蚀火山的磁场分析	164
中度和深度侵蚀火山的磁场分析	171
火山火口体的查明和研究	181
研究火山时对岩石磁性的利用 (И. И. 克罗尼道夫、 Л. Е. 绍尔波)	185
火山研究的重力测量方法 (А. П. 戈尔什科夫, М. И. 祖宾主编, И. И. 克罗尼道夫参加编写)	196
第四章 古火山的复原 (В. В. 顿斯基赫, В. Н. 泽列普 根, И. И. 克罗尼道夫)	205
盾状火山	205
层状火山	211
第五章 古火山的成矿特征 (В. В. 顿斯基赫主编, Ю. А. 伊万诺夫, Т. К. 伊万诺娃, В. Н. 罗曼诺夫参 加编写)	221
第六章 火山岩发育区地质图的编制原则和编写报告的说明 (В. В. 顿斯基赫, В. Н. 泽列普根, И. И. 克 罗尼道夫)	240
参考文献	249

第 一 章

主要火山类型的特征

为了研究古火山地层和古火山，我们不得不注意现代火山活动区和不久前停止火山活动的地区。通过对年轻火山活动区的分析，往往可以回答以下问题：例如火山的类型及其规模、喷发机制、可能形成火山机构的时间、各种火山机构内、外的岩相分布、火山地质构造改造的性质及规模等等。在现代火山的分类法中^[158、58、144、138]，根据火山机构的纯形态特征作了很详细的划分，自然，在古火山区有时无法把这些特征当做分类标准。在古火山区工作的地质测量人员，需要另一种分类法，他们可以根据在不同侵蚀程度的火山区能观察到的标志组合，将已查明的火山按分类法归入不同的类型。

我们的分类法（图1），将一切火山按火山机构的形态分为中心型和线型两种。中心型火山的特点是具有筒状火口，火山机构在平面上的形态相当对称。线型火山的特点是具有岩墙状火口，火山机构朝着一个方向伸长。这两类火山，按结构的复杂程度又可分为两类：1)单成因的，火山活动没有明显的间断痕迹，通常由同一或近似成分的岩石组成，形成期比较短。2)复成因的，形成过程中火山活动不止一次地被中断，有时中断的时间很长，这在火山机构的形态和火山产物的成分上均有反映。不同火山活动阶段的产物可以极不相同。自然，复成因火山的规模也比单成因火山的规模大。

中心型单成因火山中包括侵出穹窿和火山渣锥，线型单成因火山中包括裂隙型挤出（与侵出穹窿相当）和火山渣长垣（与火

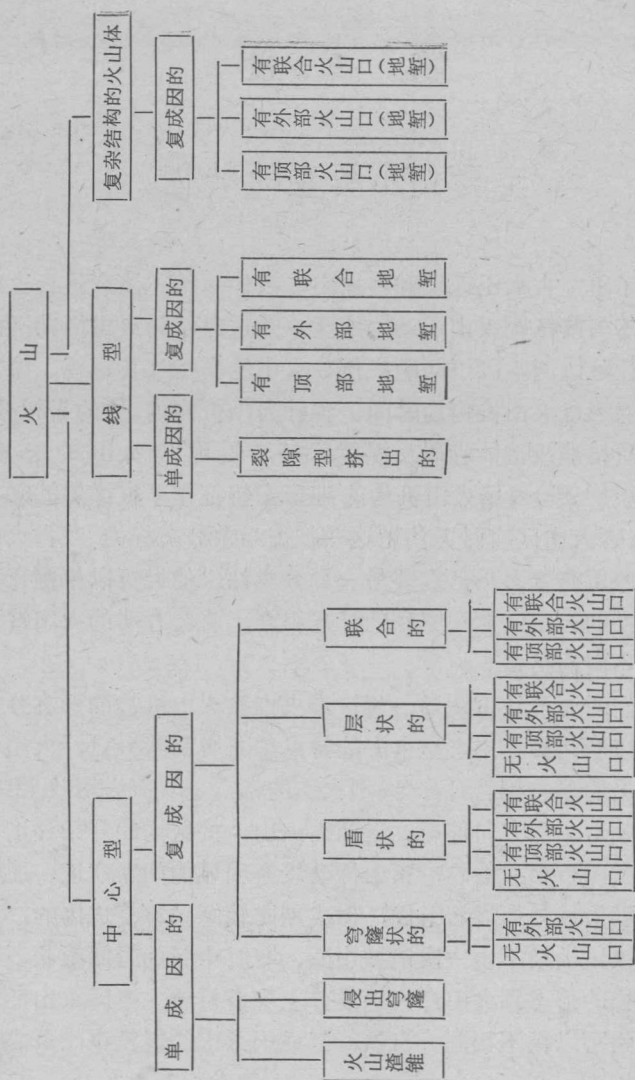


图 1 火山的分类

山渣锥相当)。中心型复成因火山, 可以按其地质结构和形态划分为穹窿状的、盾状的、层状的及联合的(上述各类结合而成)。线型复成因火山中包括裂隙型火山, 可造成熔岩山脉或熔岩高原。复杂结构的火山体是线型和中心型复成因火山的结合体。

以作者的资料为例, 对最常见的火山类型简单描述如下:

造山作用区的火山

一切火山均可按侵蚀程度划分为三类: 1) 微弱侵蚀的火山, 特点是保存了大部分火山地形; 2) 中度侵蚀的火山, 一般没有保存火山地形, 但这类火山的根部尚未被揭露; 3) 强烈侵蚀的火山, 根部已被揭露。

为了更全面地应用现实主义的原则, 我们研究火山的顺序是首先研究保存得最好的现代火山和年轻火山, 因为其侵蚀截面较小, 然后研究保存得不好的古火山, 通常指前中生代的火山(总的说来, 这是侵蚀截面较大的地区)。

微弱侵蚀的火山

作为微弱侵蚀的火山例子, 我们将探讨千岛群岛、堪察加和亚美尼亚的火山。现代火山不是我们研究的主要对象, 因此, 我们打算作详尽阐述, 只想谈谈对今后研究古火山有用的那些构造一岩相特征。

现代火山活动区的火山

戈洛夫宁纳(Головнина)火山, 位于国后岛(Кунашпр)上(千岛岛弧)。从形态上看, 这是一个巨大的(在陆地上底部的范围为 13×20 公里)盾状火山体(高度达 400—500 米), 沿着该岛的长轴方向略略延伸, 顶部是一个对称的火山口, 直径为 4.5 公里, 深度为 250 米。火山坡已被羊尾沟强烈切割, 呈 $8-12^\circ$ 。倾角逐渐向大海方向倾伏, 并与海滨阶地(高度达 120 米)相接。

高出海面的火山由安山岩、凝灰岩及凝灰质-沉积岩组成, 自顶部火山口向外围倾斜(图2)。这些岩石在火山的不同部位所

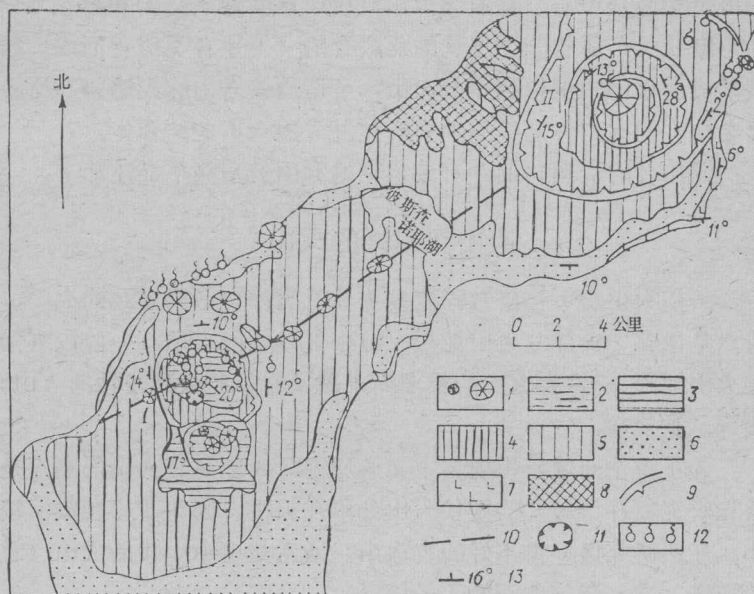


图 2 戈洛夫宁纳 (I) 和门捷列耶娃 (II) 火山的结构略图

1—安山—英安岩的侵入穹窿；2—湖成火山口内沉积（细砾岩、砂岩）；3—戈洛夫宁纳副火山的安山—英安岩和凝灰岩；4—火山近顶带的岩层（安山岩、安山玄武岩，集块凝灰岩）；5—安山岩、安山—玄武岩，砾状凝灰岩、火山坡上的火山泥流沉积；6—海滨阶地沉积；7—门捷列耶娃盾状古火山的安山—玄武岩；8—门捷列耶娃火山的基底；9—火山口的边界；10—推断性断裂；11—火山口漏斗；12—喷气和喷硫场；13—岩层产状要素

起的作用不同。例如，在火山机构的西部，明显地以凝灰岩和凝灰质-沉积岩为主，北部则以熔岩为主。

在海拔高度约320—390米的平缓山脊背景上，火山口的南部是轮廓清晰的穹窿状戈洛夫宁纳山，高度为541米，周围有半圈小高地，介于山底和数十米宽的明显低地之间。戈洛夫宁纳山是由安山-英安岩组成的穹窿（底部达300米），位于安山-英安岩成分的小型中等破坏程度的内火山口型层状火山的外轮山中。层状火山存在的证据，一是外轮山中的岩层环绕着戈洛夫宁纳山向外围倾斜（倾角达15—20°），二是岩石成分比盾状火山中的酸性更

高。层状火山的规模，底部一般不超过4公里。南坡与盾状火山坡相接。除上述层状火山外，在盾状火山的顶部火山口中还有若干小型（直径约500米）侵入穹窿，由安山岩和安山-英安岩组成。

顶部火山口的壁部，向其底部呈 $30-35^\circ$ 角倾斜。火山口中有两个湖，北部的大湖为热湖，南部的小湖为沸湖；中间是两个侵入穹窿（图3）。湖岸由火山混合细砾岩组成，其物质来源是火山口的壁部和一度占据整个火山口底部的早期湖的湖岸。湖面之上3—4米，1.5—2米，0.5米处有三个不同高度的阶地，说明了湖面的退缩和降低，而且可能是火山口的底部继续陷落的结果。在湖岸峭壁上出露的沉积物的可见厚度约为17米，除细砾岩外，还包括砂岩、砾岩、层凝灰岩（根据E. K. 马尔欣宁(Мархинин)的资料^[105]）。

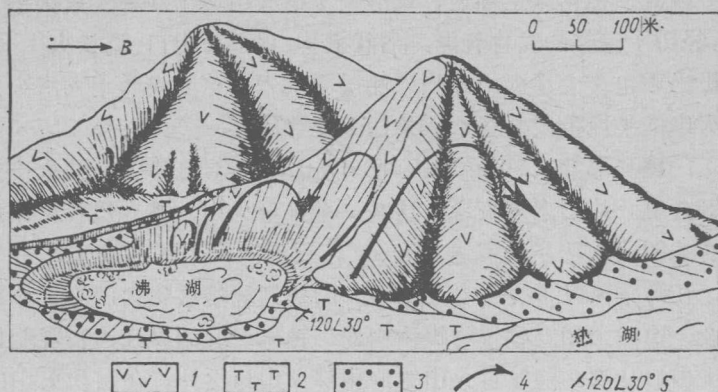


图3 戈洛夫宁纳火山的现代火山口地区

1—安山-英安岩穹窿；2—松散的火山碎屑沉积；3—湖成沉积、细砾岩、层凝灰岩；4—穹窿中熔岩的挤出方向；5—岩层的产状要素

沸湖的现代沉积物是含硫淤泥，覆盖于安山岩质角砾之上，厚度约9米。湖盆地的直径达150—200米，湖的北岸由安山-英安岩侵入穹窿组成，其他部分由细砾岩和层凝灰岩构成了15米高的湖岸。在湖岸的上部，砾状大小的火山碎屑岩很发育，由安山-英安岩穹窿的碎屑、在喷气场中经改造的安山岩，多孔隙的安

山-玄武岩、泥质页岩及粉砂岩组成。火山碎屑沉积物的厚度约3米，产状接近水平，沿着陡坎的边缘形成了不太明显的“岸堤”。位于火山碎屑岩之下的细砾岩和层凝灰岩，构成了明显的外倾围斜，岩层由湖向外呈 $10-25^{\circ}$ 角倾斜。这些资料说明：穹窿形成后产生的现代火山口，位于湖的位置上。沿着湖岸出露的无数喷气孔以及破碎的侵出穹窿壁也证明了火山口的存在。穹窿将细砾岩层向上抬升约5米，所以岩层的产状更陡了，达 35° （图3）。节理的方向与不明显的流纹平行，可以想象，穹窿的粘性熔岩来自两个相近的通道。位于顶部火山口中心的穹窿，底部直径约300—400米，高达100米。巨大的喷气场之间有相当大的间隔（达500—700米），它们与安山-英安岩侵出穹窿均沿热湖湖岸分布，勾划出了盾状火山顶部火山口的环形断裂。

因此，根据以上描述，戈洛夫宁纳火山属于联合复成因型火山，经历了完整的发育旋迴：盾状机构、顶部火山口、层状火山。盾状机构中包含大量火山碎屑岩和层凝灰岩，可能说明了戈洛夫宁纳火山的早期阶段是在水下条件下发育的。

门捷列耶娃（Менделеева）火山，位于戈洛夫宁纳火山东北20公里。从形态上来说，这是一个锥形火山，具有层状火山所特有的凹曲山坡，斜率达 $20-23^{\circ}$ ，逐渐向火山底部减缓到 $10-8^{\circ}$ ，在海平面以下变得更为平缓。门捷列耶娃层状火山的机构很复杂，由两个相互叠置的锥体构成，锥体之间的界线为表现明显的火山口陡坎。除了古火山锥的顶部火山口之外，在层状火山的底部还有一个火山口陡坎。层状火山的直径约12公里，高度约900米（见图2）。

与门捷列耶娃火山有关的沉积物，自下而上可以划分为下列几段：

- 1) 具有典型柱状节理的安山-玄武岩，沿鄂霍次克海和太平洋岸出露，呈 $4-6^{\circ}$ 角向外围倾斜，属最古老的（可能是盾状）火山机构的产物。可见厚度在20—30米以上。

- 2) 海滨阶地的凝灰质沉积岩：火山混合砂、层凝灰岩、浮

石砂、粉砂岩。厚度约100—120米。在剖面底部，这些岩石的时代约4万年^[131]。

3) 古老层状火山锥的安山岩及其凝灰岩，呈10—15°角倾斜。

4) 年轻火山锥的安山岩及集块凝灰岩，产状比较陡（18—25°）。

5) 火山泥流沉积，发育于古老层状火山坡的下部，倾角为15—18°。

6) 顶部侵出锥的英安岩，边缘部分的流动层很陡（达60°）；在平坦火山锥的顶部，岩层比较平缓，约15°。

由此可见，门捷列耶娃火山由具有顶部火山口的盾状火山机构和复杂的层状火山构成。在该岛范围内，盾状火山机构表现为出露于海平面之上100—200米的火山顶部。火山口具有明显的古老外轮山，其陡坎大部分被海滨阶地沉积物所覆盖。因此，给人一种印象：门捷列耶娃火山属索马-维苏威型（Сомма-Везувий）层状火山。这个层状火山的顶部穹窿冲破了年轻外轮山的西北部，比外轮山高出200—300米，构成了陡倾（35—45°）锥形小山，直径达1.5公里。

层状火山的顶部火山口和边缘火山口中，有很多喷气场。

阿瓦恰（Авача）火山 属于堪察加的典型现代层状活火山。这是一个地形上表现明显的索马-维苏威型的双重火山。古火山锥底部的直径约11—12公里，高达1.9公里，外轮山的直径约4公里。火山机构具有典型的轻微凹曲山坡，斜率向上逐渐增大，在外轮山附近达25—30°，在年轻火山锥附近达30—35°。组成火山的岩层主要是安山质熔岩和少量安山-玄武质熔岩，与凝灰岩、火山渣、集块岩流的未经分选的粗粒沉积物成互层。冰川沉积分布相当广泛，产于外轮山的火口原和古火山坡上，洪积物主要发育于火山的下部。

在火山口的四壁中，发现了阿瓦恰火山的近岩颈岩石（图4）。火山口的南壁基本上由安山岩流及粗粒火山集块岩和火山渣互层

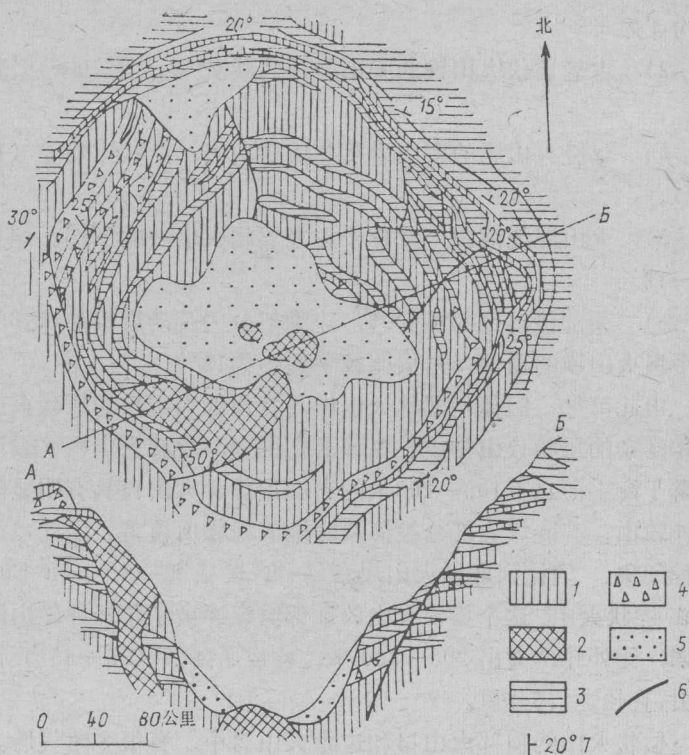


图 4 阿瓦恰火山口的结构略图

(据 В.Н. 泽列普根 Зелепугин 和 В.А. 马克西莫夫斯基 Максимовский⁽⁶⁰⁾)

1—安山岩成分的熔岩；2—侵出体，岩墙（熔岩流的根部）；3—火山渣；4—块状火山集块岩；5—碎石堆；6—断裂构造；7—产状要素。

组成。火山口西南壁的下部和中部，被安山岩侵出体切断，这种安山岩侵出体具有单一结构，与围岩不同，并具有明显的节理。朝着北西方向，侵出体过渡为熔岩流，厚度约 7—8 米，沿着火山壁可追索约 100 米。火山口的北壁和北东壁，由安山岩及不同颗粒度的火山渣碎屑物的薄层段组成。

由于火山口北东壁和南西壁的岩性成分不同，所以岩石的颜

色也不同，这在火山口的上部表现尤其明显。西南部主要为灰色和深灰色的安山岩熔岩，而北壁和东北壁的上部则以红褐色及红色岩层为主，这与氧化了的火山渣广泛分布有关。火山口壁下部和中部的熔岩及火山碎屑岩，主要呈内倾围斜产状($20-30^{\circ}$)。这种产状可能是因为火山喷口中的岩浆柱退缩从而使岩颈附近的岩石发生陷落造成的。火山口壁最上部的火山渣和熔岩，呈外倾围斜产状(平均倾角达 20°)，与下部岩石呈明显角度不整合(图4)。构造破坏表现为位移幅度5至10米的正断层，其中以放射状断层为主。一般倾角较陡，接近直立。它们的羽状断裂通常较平缓。某些断裂带中，含有持续的喷气场，于是在附近的熔岩中形成了褪色地段，火山渣主要为鲜红色。

同前面描述过的复成因火山一样，阿瓦恰火山具有侵出穹窿和产于环状及放射状断裂中的裂隙挤出体。位于火山顶部西北6公里处的侵出体维尔勃留德(Верблюды意“骆驼”)可以算做这种裂隙产物的实例。从形态上来看，这是一个呈近东西向延伸的悬崖山脊，有两个波峰，全长600米，宽约200米，高达150米。侵出体由灰色二辉安山岩组成，与周围深灰色及黑色安山-玄武岩及火山渣的颜色显著不同。在侵出体的近接触带内，有表现明显的“盖层”角砾岩(据А.里特曼Ритман)，宽约15—20米，由砾状和集块状熔岩角砾岩组成，包含辉石安山岩的尖楞角砾以及经同样成分的熔岩胶结的角砾。

年轻火山活动区的火山

(以亚美尼亚山原为例)

阿腊加茨(Арагац)火山 是亚美尼亚山原最大最复杂的火山。这是一个具有顶部高原的巨大火山体，东北角有四个呈环形分布的山顶，外坡比较平缓，内坡比较陡峻。火山体底部的直径为60公里，相对高度为2公里。直至位于海平面之上3100—3200米的顶部高原，整个山体的坡都很平缓，平均不超过 $8-10^{\circ}$ 。在顶部高原之上，山坡的斜率明显增大，至山顶部位，增大到 $20-30^{\circ}$ 以上。自山体的顶部向四面有放射状的深峡谷网，很像现代火山