

火山灰流凝灰岩

——其成因、地质关系及鉴定

——向科学大会献礼——

6
华东地质科学研究所

1977

火山灰流凝灰岩

著 者 罗 斯 和 史 密 斯
译 者 程 名 华 和 孙 先 如
出版者 华东地质科学研究所
印刷者 南京市革命委员会印刷厂

南京 1977年

本书系根据美国罗斯(Clarence S. Ross)和史密斯(Robert L. Smith)所著“火山灰流凝灰岩—其成因、地质关系和鉴定”(ASH-FLOW TUFFS: THEIR ORIGIN, GEOLOGIC RELATIONS, AND IDENTIFICATION)一书译出,原书1966年由美国地质调查所出版。本书对各种火山碎屑物质及熔结凝灰岩的成因、地质特征、物理化学特性以及野外和显微镜下的鉴定方法等都作了较详细的阐述,并附有近百张显微镜照片和说明。翻译时对内容略作删改。

本书由程名华同志和孙先如同志译出,最后由程名华同志校订。

火山灰流凝灰岩

目 录

提 要	
前 言	
一、火山碎屑物的命名问题	
二、术语词汇	 (5)
三、概念的发展	 (19)
四、火山灰流凝灰岩的喷发历史	 (36)
1. 培雷	 (36)
2. 万烟谷的喷发	 (38)
3. 科托帕克西	 (39)
五、火山灰流凝灰岩的火口沉	 (40)
六、对火山灰流凝灰岩的认识	 (43)
1. 野外的特征	 (43)
火山碎屑特征	 (43)
分选程度	 (46)
厚度	 (47)
分层	 (49)
区域范围	 (54)
平缓的倾角	 (55)
浮石的熔结与变形	 (57)

熔融凝灰岩与熔结凝灰岩的对比·····	(63)
脱玻作用与蒸气相矿物·····	(63)
节理·····	(67)
侵蚀形态·····	(71)
古喷气孔·····	(73)
2. 显微镜下的特征·····	(75)
火山碎屑特征·····	(76)
浮石碎屑·····	(78)
熔结、扭曲和拉长·····	(79)
斑晶和外来物质·····	(82)
脱玻作用·····	(84)
七、物理化学性质 ·····	(88)
1. 热量·····	(90)
2. 粘度·····	(92)
3. 挥发份·····	(93)
4. 熔结·····	(94)
5. 脱玻作用·····	(101)
八、物理性质 ·····	(103)
1. 折射率·····	(103)
2. 比重·····	(106)
3. 孔隙度·····	(106)
九、中性火山灰流 ·····	(110)
哥斯达黎加的安山岩质火山灰流·····	(111)
十、时代的分布 ·····	(112)
1. 中生代·····	(113)
2. 古生代·····	(113)
3. 前寒武纪·····	(114)

参考文献…………… (199—222)

附图及说明 (见附图目录)

图 片 目 录

1. 熔结凝灰岩 (采自美国新墨西哥州某地) …… (11)
2. 1930年在培雷爆发的“小型热云” …… (13)
3. 新墨西哥州伐耶斯山某地的“战舰石”，
很多火山灰流凝灰岩具有这样柱状构造 …… (45)
4. 新墨西哥州伐耶斯山附近某地的凝灰岩剖面 …… (46)
5. 新墨西哥州伐耶斯山某地的熔结凝灰岩陡
崖，完全熔结的凝灰岩的柱状节理 …… (47)
6. 新墨西哥州伐耶斯山某地火山灰流凝灰岩
陡崖 …… (48)
7. 新墨西哥州伐耶斯山另一处火山灰流凝灰
岩陡崖 …… (56)
8. 新墨西哥州伐耶斯山又一处火山灰流凝灰
岩陡崖。火山灰流的水平状表面，及一系
列层状火山灰流 …… (57)
9. 具有贝壳状断口的熔结凝灰岩标本，外观
很象黑曜石 …… (59)
10. 照片 9 中同一熔结凝灰岩标本的薄片的显
微镜下照片，表明熔结非常完全 …… (60)
11. 采自黄石公园的火山灰流凝灰岩 …… (65)
12. 墨西哥某地一层10~20米厚的玻质熔结凝
灰岩中所采的标本 …… (69)
13. 照片12岩样的背面，具有条纹斑状结构 …… (70)
14. 新墨西哥州伐耶斯山某地的陡崖为一股

- 400 呎厚的火山灰流层的弱熔结至未熔结
部分…………… (72)
15. 伐耶斯山的战舰石火山灰流凝灰岩的孔隙度… (109)
未熔结或弱熔结凝灰岩的显微照片 (图16—19)
16. 玻质火山灰流凝灰岩, 采自苏门答腊南部………… (116)
17. 火山灰流凝灰岩, 采自美国爱达荷州南部
安蒙地区…………… (117)
18. 玻质火山灰流凝灰岩, 采自爱达荷州南部
安蒙地区, 其中碎屑已略微挠曲变形………… (118)
19. 火山灰流凝灰岩, 采自冰岛, 结构未受挠
曲变形…………… (119)
- 弱熔结火山灰流凝灰岩 (图20—23)**
20. 火山灰流凝灰岩, 表明碎屑的排列是受流
动方向的控制…………… (120)
21. 包在较新凝灰岩体中的一块较老的熔结凝
灰岩碎屑…………… (121)
22. 玻质熔结凝灰岩 (苏门答腊南部), 碎片
具有尖角…………… (122)
23. 玻质火山灰流凝灰岩 (伐耶斯山), 仅受
轻微熔结…………… (123)
- 熔结凝灰岩 (秘鲁和苏门答腊) (图24—27)**
24. 玻质火山灰流凝灰岩 (秘鲁的阿雷基帕)
碎屑大小不等…………… (124)
25. 玻质熔结凝灰岩 (秘鲁), 由于流动时的
剧烈爆裂, 使大部分碎屑都失去了特有的

- 尖屑…………… (125)
26. 玻质熔结凝灰岩, 采自北苏门答腊多巴湖地区, 在晶屑之间有一些压塑的碎片…………… (126)
27. 玻质火山灰流凝灰岩, 采自北苏门答腊, 仅有微弱熔结, 碎片多未变形…………… (127)
- 略受变形的熔结凝灰岩 (图28—29)**
28. 熔结凝灰岩, 采自科罗拉多州, 标志着脱玻作用的初期…………… (128)
29. 熔结凝灰岩, 采自俄勒冈州中部, 仅有轻微变形和部分脱玻现象…………… (129)
- 结构变形的熔结凝灰岩 (图30—33)**
30. 黑曜石状熔结凝灰岩, 采自新墨西哥州伐耶斯山区。显示凝灰岩结构的痕迹已不明显…………… (130)
31. 玻质熔结凝灰岩, 采自新墨西哥伐耶斯山区。显示在熔结和变形时具有塑性…………… (131)
32. 熔结凝灰岩, 采自犹他州铁泉附近。充分的熔结和强力的挤压仅使碎片受到微弱的破坏。接着又产生脱玻作用…………… (132)
33. 熔结凝灰岩, 采自犹他州铁泉附近。在变形之后仍保留玻质结构…………… (133)
- 熔结凝灰岩和流状结构的比较 (图34—37)**
34. 细粒玻质熔结凝灰岩, 受晶屑的强烈挤压, 流动构造很容易与喷出的流纹岩相混淆…………… (134)
35. 玻质熔结凝灰岩, 采自爱达荷州东南部。碎屑受到挤压, 但原有结构仍保留完好…………… (135)

36. 玻质熔结凝灰岩, 由于受晶屑的强烈挤压和扭曲, 形成明显的似流状构造…………… (136)
37. 在侵入岩脉中的玻质流状岩石, 采自科罗拉多州…………… (137)
- 强烈扭曲的熔结凝灰岩 (图38—41)**
38. 熔结凝灰岩, 采自新墨西哥州。显示发育良好; 呈平行排列的碎屑…………… (138)
39. 玻质熔结凝灰岩, 采自苏门答腊北部托巴湖附近。为仍保有浮石结构的塌落的浮石碎屑…………… (139)
40. 脱玻熔结凝灰岩, 受到强烈的挤压, 但碎片结构仍可辨出…………… (140)
41. 玻质熔结凝灰岩, 与前面40中岩样属同一层位。因延展作用使碎片结构难以分辨…………… (141)
- 火山灰流凝灰岩中的浮石 (图42—44)**
42. 在风化表面上清楚显露出的未熔结、未失气的浮石碎屑…………… (142)
43. 与照片42同一凝灰岩的薄片显微照片, 可看出其中含有一些未失气的玻质浮石碎屑…………… (143)
44. 玻质熔结凝灰岩, 采自美国西部某地。为完全熔结的尖屑结构和完全失气的浮石…………… (144)
- 碎片和浮石的可塑性 (图45—48)**
45. 熔结凝灰岩, 浮石已完全失气。但浮石结构仍保留…………… (145)
46. 玻质熔结凝灰岩, 采自日本, 浮石结构已破坏, 而珍珠状裂隙发育…………… (146)

47. 熔结凝灰岩, 采自新墨西哥州, 具有塑性的浮石碎屑的挠曲变形…………… (147)
48. 熔结凝灰岩, 采自新墨西哥州, 浮石受石英晶屑的挤压造成扭曲变形…………… (148)
- 凝灰岩结构的扭曲 (图49—51)**
49. 熔结凝灰岩, 采自爱达荷州某地, 在尖屑结构已变形并完全熔结之后发育的石泡孔洞…………… (149)
50. 标本49制成的薄片的显微照片, 凝灰岩结构已变形…………… (150)
51. 薄片显微照片, 与照片49的标本属同一层位, 但位于其东南8或10哩处…………… (151)
- 具有球粒和石泡的岩样 (图52—54)**
52. 熔结凝灰岩标本, 采自爱达荷州东南部, 在凝灰岩堆积并完全熔结之后发育的气孔…………… (152)
53. 标本52的薄片显微照片, 为一以斜长石晶屑为核心生出的一个球粒…………… (153)
54. 熔结凝灰岩中发育的一个巨球粒的一部分的显微照片, 形成三个同心带…………… (154)
- 浮石的脱玻作用 (图55—58)**
55. 浮石碎屑标本的显微照片, 采自新墨西哥州, 由于结晶作用, 使尖屑结构受到破坏…………… (155)
56. 标本55的薄片在正交偏光镜下照片, 表明长石和方英石的粗粒共生的情况…………… (156)
57. 标本采自新墨西哥州, 浮石的脱玻作用及结构的破坏…………… (157)
58. 标本57的薄片在正交偏光镜下的照片, 在

浮石碎屑中，发育有粗粒脱玻作用产物…………… (158)

被脱玻作用破坏的结构 (图59—62)

- 59. 受到熔结和强烈扭曲的熔结凝灰岩，以及尖屑结构的脱玻作用…………… (159)
- 60. 标本59的薄片，表明在原有尖屑结构以外，单独发育的长石和方英石板晶的粗粒放射状集合体…………… (160)
- 61. 采自爱达荷州西南部的熔结凝灰岩，表示脱玻尖屑以及浮石结构的一部分破坏…………… (161)
- 62. 粗粒脱玻产物的发育完全破坏的原有结构…………… (162)

脱玻物质 (图63—66)

- 63. 熔结凝灰岩，呈巨球粒状，可清楚地看到其中的长石和方英石的放射状集合体…………… (163)
- 64. 熔结凝灰岩，球粒成群发育…………… (164)
- 65. 熔结凝灰岩，球粒状构造…………… (165)
- 66. 熔结凝灰岩的开口孔洞，其中有鳞石英的板晶发育…………… (166)

脱玻作用的特征 (图67—70)

- 67. 所谓“雷旦”的光片照片，一种通常发育在玻质火山岩中的空心球…………… (167)
- 68. 即照片67中的外缘物质的显微照片，其剖面垂直于堆积面…………… (168)
- 69. 即照片67中的外缘物质的显微照片，其剖面平行于堆积面…………… (169)
- 70. 采自爱达荷州东南部的熔结凝灰岩的显微照片，显示出碎片相互挤压而铸成的平行

构造…………… (170)

具有椭球状构造的熔结凝灰岩 (图71—74)

71. 具有熔结和脱玻作用的熔结凝灰岩 (新墨西哥州), 碎片构造未受变形…………… (171)

72. 如放大了的图71标本, 显出椭球状构造…………… (172)

73. 脱玻熔结凝灰岩 (新墨西哥州), 在长石晶屑周围的碎片有被挤弯的现象…………… (173)

74. 脱玻熔结凝灰岩 (美国西部), 具有非常完整的椭球状构造…………… (174)

熔结凝灰岩 (图75—78)

75. 熔结凝灰岩 (澳洲), 结构已部分因脱玻作用而模糊…………… (175)

76. 脱玻熔结凝灰岩 (匈牙利), 碎片结构已模糊…………… (176)

77. 脱玻熔结凝灰岩 (朝鲜), 碎片结构不很清楚…………… (177)

78. 熔结凝灰岩 (瑞典), 局部保留碎片结构…………… (178)

中性熔结凝灰岩 (图79—82)

79. 中性熔结凝灰岩 (苏联阿尔明尼亚), 弱熔结, 但浮石已变形…………… (179)

80. 中性熔结凝灰岩 (苏联阿尔明尼亚), 弱熔结, 碎片已变形…………… (180)

81. 安山质熔结凝灰岩 (日本), 因完全压实而成线状构造…………… (181)

82. 熔结凝灰岩 (加利福尼亚州), 为黑云母—辉石安粗岩类型…………… (182)

安山质熔结凝灰岩 (图83—86)

83. 安山质熔结凝灰岩(阿根廷), 系平行于堆积面切割的薄片…………… (183)
84. 与图83为同一岩样, 系垂直于堆积面切割的薄片…………… (184)
85. 安山质熔结凝灰岩(哥斯达黎加)标本…………… (185)
86. 如图85岩样的薄片显微照片…………… (186)
- 伊丁斯称之为熔结浮石的某些岩石(图87—90)**
87. 伊丁斯采色绘图的复制照片…………… (187)
88. 岩石薄片(黄石公园)…………… (188)
89. “具有椭球状构造的熔结浮石”…………… (189)
90. 熔结浮石(新墨西哥州)…………… (190)
- 具有历史意味的某些熔结凝灰岩(图91—98)**
91. 熔结凝灰岩中有大块安山岩包果体(黄石公园)…………… (191)
92. 开始脱玻的熔结凝灰岩(黄石公园)…………… (192)
93. 玻质熔结凝灰岩(内华达州), 该薄片系斜交于堆积面切割的…………… (193)
94. 熔结凝灰岩(内华达州), 呈明显的压扁和延展现象…………… (194)
95. 熔结凝灰岩呈椭球粒现象…………… (195)
96. 火山灰流凝灰岩(万烟谷), 硬度不大…………… (196)
97. 熔结凝灰岩(新西兰北岛)…………… (197)
98. 熔结凝灰岩(摩洛哥)…………… (198)

火山灰流凝灰岩

——成因、地质关系及鉴定

提 要

火山碎屑物，这种由火山喷气中的悬浮灰份流所沉降堆积的物质，正在广泛地被认识到是重要的地质事物。这些碎屑有的未固结，有的因部分熔结而变硬，也有的熔结为致密的岩石。本书叙述了这种火山碎屑物的成因概念的由来和演变经过；对其特性和产出情况做了详细描述；指出鉴别的标志；及其分布和熔结情况。

为了避免描述火山灰流时再创造一些新的专名词，或对旧有名词又作新的定义，所用的术语都尽可能根据最早引用者的话下了定义。所采用的描述语汇如果没有可利用的普遍接受的专名词，则沿用习惯用语。

对最后导致对凝灰岩的分布和熔结的了解的那些地质概念做了追溯。早在1900年前后，地质学家们已经就这些物质是代表了某些特定的火山熔岩流，还是火山碎屑成因进行过争论。在报告了有关培雷、苏弗利尔和万烟谷的火山喷发的地质学家的讨论中，以及另外一些研究了类似的古火山喷发作用的地质学家的报告中可看到对凝灰岩已有了较深入的了解。

火山灰流物质的鉴别既包括野外观察也包括实验室研究，

两方面都是需要的。在野外地质关系方面可做为评价的有：范围、厚度、负荷与熔结的关系、节理、剥蚀形态、外来包体或浮石碎屑、脱玻作用，以及与喷发中心的关系。根据经验，根据某些清楚的特征往往甚至在几哩以外就能鉴定火山灰流的堆积物。

实验室研究方面需要做出描述和评价的包括化学分析，组份与其它性质的关系，孔隙及其与负荷和熔结的关系，以及熔结的温度。显微镜下的研究可看出有大量变化不定的东西，需要讨论它们在鉴定中的相对价值。这包括各种各样的玻璃尖屑结构，尖屑因挤压、熔结和脱玻而造成的各种各样的变形。这些因素可能给成因留下清楚的重要证据，这证据也可能在不同程度上变模糊了。即使变形很利害，在有经验的情况下也可能做出鉴定，但是非常粗的脱玻作用产物的发育往往破坏了对鉴定有意义的结构。本文讨论了对鉴定有意义的各种特征，也讨论了容易判断错的一些不规则的特性，并利用照片加以对比。

这些凝灰岩中的矿物成份包括原生矿物（斑晶），在堆积之后因脱玻作用而形成的矿物，以及成为汽态的矿物。对这些矿物成份在喷发前和堆积后的发育做了研究。

火山灰流的广泛分布以及某些地方喷出量之大，在火山学方面提出了许多问题。对堆积的机理以及堆积物的物理化学性质做了研究。熔结所需要的热量的来源，长期以来成为地质工作者的一个课题，但是综合了所有这些地质和物理的因素得出的结论是并不需要外加热量。本身的热量和由物理关系所保持的热量已足够熔结的需要了。也提到了熔结过程的物理化学性质。关于火山灰流沉积物的典型产状，显微镜下一些有代表性的标本，以及各种各样的熔结凝灰岩和非熔结凝灰岩都有照片

说明，在需要阐明其意义的地方都做了讨论。

前 言

对火山作用、这个可以观察到的地质作用，以及对地表现成的火山岩的研究，提供了认识火成作用和火成岩的捷径。因而，大量的地质工作放在火山作用及火山产物方面，但过去着重在熔岩或流状岩石方面比火山碎屑岩多。原因之一是，火山碎屑岩是过渡类型，含有熔岩的碎屑，但往往又堆积成沉积岩的样子。这些岩石具有沉积岩的许多特点。在世界许多地方，硅酸盐类火山碎屑岩比其它类型的火山碎屑岩多，因此，对其成因的了解更为重要。这些硅酸盐类火山碎屑岩的已知名称是各种各样的，如火山灰流 (ash flows)，焊接凝灰岩 (welded tuffs)，热崩堆积物 (glowing avalanche deposits)，热凝灰岩流 (incandescent tuff flows)，熔结凝灰岩 (ignimbrites) 等等，都曾经是许多地质工作者的深入研究的课题，而且，也出版了一些描述特定产状的很好的文章。

然而，通过所有这些文章可看到，在描述火山灰流物质所采用的术语是如此繁杂和重叠，而且提出了各种不同的成因，部分是由于识别标准的发展，部分是由于成因概念的演化。多年来，作者从事于新墨西哥州伐耶斯山地区的详细研究，该区火山灰流堆积厚度将近1000呎，覆盖350多平方哩。该区为峡谷所切割，火山碎屑岩和剖面出露良好。这些研究取得的经验，再加上在美国西部的许多别的地区，特别是盆地山岭相间区 (Basin and Range Province)，以及在墨西哥、新西兰和冰岛等地的观察，使作者深信，在火山灰流凝灰岩的命名、特性和成因方面的认识和评价是相当过时了。由于过去未能认

识，有许多火山灰流凝灰岩过去并未如实填图，而且有许多地区以前在地质图上填为熔岩流的，现在知道是火山灰流凝灰岩。另外一些地区经过更详细的实验室鉴定和区域填图工作之后，确定无疑地发现了一些火山灰流凝灰岩。在这些研究中所取得的资料对解开问题的线索，确定术语的定义，弄清概念，并取得较好的基础，以便在这个基础上进一步提高都是很有意义的。

报告中引用了早先的一些作者的报告中有关火山碎屑喷发物的观察结果。对一些大的火山爆发作了地质和岩石学的研究，并与物理和化学资料做了对比。报告中也对一些火山碎屑物质给以命名，并描述了火山灰流凝灰岩的形成史，即喷发、搬运、固结（包括熔结）和脱玻作用。因为图解往往比文字更能适当简明扼要地描述各种各样的明确的特征，报告中包括有一些标本和薄片的照片。

一、火山碎屑物的命名问题

早在作者对伐耶斯山地区进行研究时，就发现有关火山碎屑物质的命名存在问题。如某些火山碎屑岩或火山活动就没有名称，而另外一些却有好几个名称。在对火山碎屑岩的研究和了解进行了多年之后，提出了一些新的名称，老的名称并没有完全废除，有些采用的名称的含意和概念有所延伸，还有一些名称的原来的定义已不再适用。对过去一些文献中所使用的一些术语做一广泛的审查，结果面临的是命名上混乱的问题，如何使这些术语在描述和解释中很容易区分，便自然成为世界各地都需要解决的课题。

有两种解决的办法——或是把文章中所使用术语及其定义