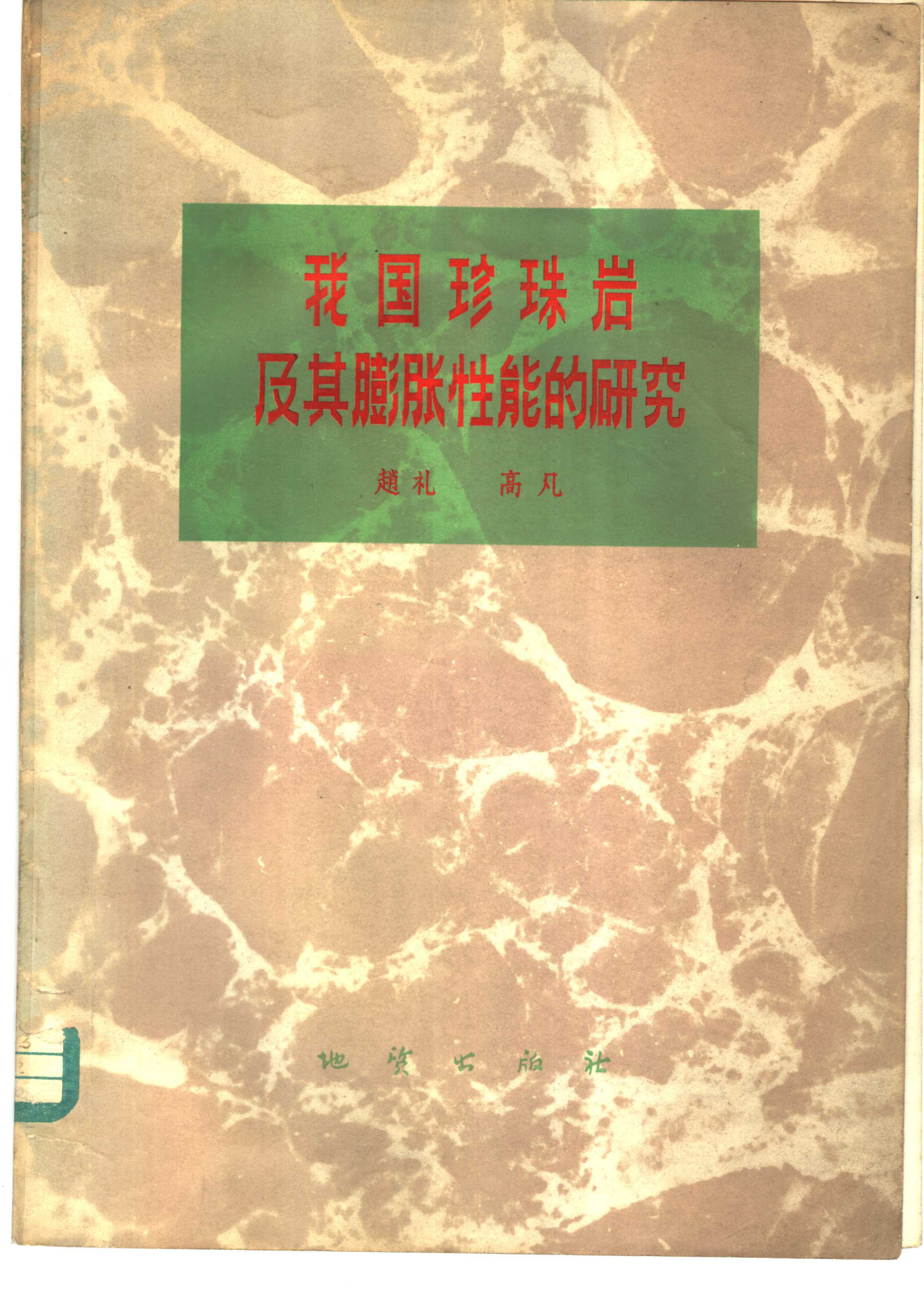




我国珍珠岩 及其膨胀性能的研究

趙礼 高凡

地 質 出 版 社

我国珍珠岩 及其膨胀性能的研究

赵礼 高凡 著

地质出版社

我国珍珠岩及其膨胀性能的研究

赵礼 高凡著

*

地质局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1975年7月北京第一版·1975年7月北京第一次印刷

印数1—4,650册·定价1.20元

统一书号: 15038·新102

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

马克思主义的哲学认为十分重要的问题，不在于懂得了客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

前 言

膨胀珍珠岩及其制品是一种新型材料。目前,世界各国广泛应用于建筑、冶金、化工、电力、农业、国防以及其他高温深冷工业方面(低温液氢、氧、氮的贮运,液化设备的隔热保冷等)。

膨胀珍珠岩是二十世纪六十年代发展最迅速的工业之一。至今已有三十多个国家生产这种材料,原矿年总产在百万吨以上。

遵循伟大领袖毛主席的教导,我国工人阶级高举“鞍钢宪法”的旗帜,坚持独立自主、自力更生、艰苦奋斗、勤俭建国的方针,打破洋框框,走自己工业发展道路,研制成功了膨胀珍珠岩,开创了我国轻质多孔无机材料的新领域。

珍珠岩、松脂岩、黑曜岩是生产膨胀珍珠岩的原材料,属酸性天然玻璃熔岩一类。三者用于工业上产品性能完全一样,习惯上将产品统称膨胀珍珠岩。产品的生产工艺流程简单。矿石经破碎、筛分、预热、焙烧即成。珍珠岩制品的特点是:重量轻,30~120公斤/立方米;绝热性能好, λ (导热系数)=0.03~0.04千卡/米·时·度;使用温度范围广,-250°~+700°C;化学稳定性强,不腐、不燃、耐酸、耐碱。

与同类材料石棉、蛭石、硅藻土比较,具有质轻、保温性能好、技术经济效果好的优点;与纤维保温材料玻璃棉、矿渣棉比较,有施工方便、不刺人等优点;与有机保温材料泡沫塑料、气凝胶、沥青软木比较,有价格便宜、原料丰富、使用温度范围广、化学稳定性强、不燃烧等优点。

过去,珍珠岩未得到足够重视。目前膨胀珍珠岩工业在我国已获得长足发展,成为我国社会主义建设不可缺少的部门之一。因此,对珍珠岩进行普查找矿、科研、新工艺实验等,已成为很迫切的任务。

本书系根据珍珠岩实验研究资料,经综合整理编写而成。全书共分四章。第一章依据对我国东部中生代以后的几十处产地的470余件酸性玻璃熔岩样品的研究,提出了该类岩石的分类和命名。第二章系对酸性天然玻璃岩中的雏晶-微晶和脱玻生成物-球粒、粘土等的偏光显微镜研究,并结合化学分析,阐明脱玻化与Na、K、 H_2O 三者的线性关系,以及与膨胀系数K值的关系。第三章对膨胀机理和生产工艺的重要环节进行了探讨。通过对松脂岩特有的泡体结构的发现和用红外线吸收光谱分析研究,弄清了水在天然玻璃中的三种类型。同时指出,中性水分子类型的游离水能引起天然玻璃的膨胀。第四章综述我国目前有代表性的酸性玻璃熔岩的概略地质特征,并提出了找矿方向和标志。

本书另附两个附录。附录一是根据生产过程积累的经验数据等提出的工业指标和矿石分级标准的建议;附录二是根据各项实验和统计,阐述用岩相测定膨胀系数K值的方法。

在实验研究和编写本书过程中,许多单位对我们大力协助,提供了部分实验数据,特此致谢,单位名称在此不一一列出。

王植同志对本书做了全面审阅,李上森、刘德泉同志对全文进行了精心修改,在此表示衷心地谢意。

我们学习毛主席的哲学思想还很不够,实践知识和国内外情况了解得很少,错误可能很多,敬希读者批评指正。

1974.10 于天津

统一书号：15038·新102

定 价： 1.20 元

目 录

前 言

第一章 我国东部中生代以后的酸性天然玻璃岩石·····	(1)
一、雷公墨·····	(1)
二、与火山喷发有关的酸性天然玻璃岩石·····	(5)
三、小结·····	(13)
第二章 雏晶微晶与球粒粘土等·····	(18)
一、天然玻璃的物理化学特征·····	(18)
二、雏晶微晶的镜下观察·····	(19)
三、结晶中心与辉石微晶·····	(26)
四、脱玻生成物(一)球粒·····	(26)
五、脱玻生成物(二)粘土等·····	(28)
六、脱玻作用的化学特征·····	(28)
第三章 酸性玻璃熔岩的膨胀·····	(33)
一、国内外研究近况·····	(33)
二、膨胀因素·····	(34)
三、酸性玻璃熔岩中的水·····	(44)
第四章 酸性天然玻璃熔岩的找矿方向和标志·····	(53)
一、我国几个天然玻璃熔岩产地的地质概况·····	(53)
二、中生代酸性玻璃熔岩的地质特征·····	(59)
三、找矿方向和标志·····	(63)
主要参考文献·····	(65)
附录一、对膨胀珍珠岩原料工业指标的建议·····	(66)
附录二、用岩相方法测定珍珠岩膨胀倍数K值的探讨·····	(68)
图版及其说明·····	(81)

第一章 我国东部中生代以后的 酸性天然玻璃岩石

近年来,酸性天然玻璃岩石(包括珍珠岩)引起了地质、建材等工业部门和农村人民公社等多方面的重视。目前,对酸性天然玻璃以及有关岩石,命名不一。随着工农业的发展,矿石使用范围的日渐扩大,对酸性天然玻璃岩石进行分类和合理命名,已很有必要。

天然玻璃岩石的研究,始于本世纪初。斯塔克(Stark, M., 1904)、乔治(George, W. D., 1924)、鲍温(Bowen, N. L., 1928)等人对天然玻璃岩石的化学成分、化学成分与比重、折光率等之关系进行了研究。以后,对天然玻璃岩石的物理、化学性质方面的研究,日趋广泛和深入。火山岩类和凝灰岩类中,都存在着天然玻璃岩石或玻璃成分。目前,系统地成因方面论述天然玻璃岩石分类的资料,还不甚多。

河野义礼(Kawano, Y., 1950)研究天然玻璃岩石时,提出“雷公墨”(Tektite)这一术语,将其归于天然玻璃岩石之类^[1]。酸性熔岩的基质是多种多样的,玻基和半玻基的,皆可划入玻璃岩中。玻璃熔岩中的黑曜岩、珍珠岩、松脂岩,以化学成分上含水之多少来区分。火成碎屑岩中玻质凝灰岩部分,可归入天然玻璃碎屑岩的范畴。玻璃碎屑岩受压熔结后生成熔结凝灰岩。经谷田(Tanida, K., 1961)研究^[2],将其分为晶结凝灰岩(“Sillar” type Tuff)与熔接凝灰岩(Welded Tuff)两种。二者的特点是:前者不具熔结的玻璃碎块,后者常伴生熔结的玻璃碎块。

通过对现代火山活动的研究,得知火山形态与岩浆喷出形式有关,而喷出形式又与喷出物质的成分有关。依据喷出物质成分,火山可分为熔岩火山、爆破的碎屑火山和混合型的火山。后者由熔岩与碎屑物构成。由此不难想像,在一定条件下,玻璃熔岩与玻璃碎屑岩也有混杂的机会。这类混杂的岩石我们命名为熔玻杂岩。

根据上述的简单概念,并通过对天然玻璃岩石的实际观察和研究,我国东部中生代以后酸性天然玻璃岩石,就其成因可分为两组:其一,与陨落有关的天然玻璃,称之为“雷公墨”。它生成的地质时期是第三纪。从其化学组份看,应属酸性天然玻璃。其二,与地球上火山喷发有关的天然玻璃岩。它生成的地质时期是上侏罗世一下白垩世。常伴随由一小部分玻璃基质的熔岩流和大部分玻块、玻屑所构成的玻璃碎屑岩。因此这组岩石较为复杂。

一、雷 公 墨

(一) 概述

这类天然玻璃,是一种漆黑坚硬的石头。自古以来,人们就认为它是从太空飞落到人间的陨石。早在十世纪中叶,唐朝刘恂称它为“雷公墨”。刘恂所著《岭表录异》中记载:“雷州骤雨后,人于野中得石如黧石,谓之雷公墨。扣之铮然,光莹可爱。”这是历史上有关雷公墨的最早记载。据近代文献,1787年达尔文在澳大利亚首先发现了所谓“达尔文玻

璃”，他当时认为是“火山玻璃”。1900年修斯 (Sues, F. E) 对这类“火山玻璃”命名为“Tektite”。我国以前把“Obsidianite”和“Tektite”同译成“似曜岩”。现在看来，译名不够确切。我们赞同李达明^[10]的建议，把“Tektite”一词沿用我国固有的名称，即译为“雷公墨”。

近几十年来，对雷公墨的研究不断深入和发展。巴尼斯 (Barnes, V. E.) 搜集了1940年以前的大部分材料，编成专集。1953年布朗 (Brown, H.) 将1940年以后十来年有关雷公墨的文献资料，编入他的有关陨石专著中。六十年代之后，越来越深入地研究了雷公墨的各种物理、化学性质、结构、分布和同位素年龄等特点。在1970年以前，曾组织过三次国际雷公墨讨论会。第三次会议于1969年4月在纽约举行。这次讨论会的主要成果是在深海域内发现了微雷公墨^[4]。

雷公墨在亚洲、澳洲、非洲、欧洲、北美均有发现，常依产地定它的族名。现将世界各地主要雷公墨产地及其族名，列入表1。

表1 雷公墨主要产地及其族名*

洲 别	产 地	族 名
亚 洲	中国雷州半岛 海南岛	雷州石 (Leichowite) 海南石 (Hainanite)
	印度支那半岛 老挝芒隆 泰国克马拉吉 (Kemaraj) 潘 丹 (Phang Daen)	印度支那石 (Indochinite) 芒隆型雷公墨 (Muong Nong Type Tektite) 芒隆型雷公墨 泰兰石 (Thailandite)
	印度尼西亚	瓜哇石 (Javaite) 勿里洞石 (Billitonite)
	菲 律 宾	菲律宾石 (Philippinite)
澳 洲	澳 大 利 亚	达尔文玻璃 (Darwin Glass) 澳大利亚石 (Australite) 澳洲微雷公墨 (Australasian Microtektite)
非 洲	利比亚沙漠	利比亚沙漠玻璃 (Libyan Desert Glass)
	象牙海岸	象牙海岸雷公墨 (Ivory Coast Tektite) 阿散蒂喷火口玻璃 (Ashanti crater Glass) 象牙海岸微雷公墨 (Ivory Coast Microtektite)
欧 洲	捷克斯洛伐克 摩拉维亚 (Moravia) 一波赫米亚 (Bohemia) 高地	摩尔多瓦石 (Moldavite)
	德 国	瑞斯喷火口堆积物 (Ries crater material, 包括 Ries Glass)
	瑞 典	寿石 (Shonite)
北 美	美 国 特克萨斯州 哥伦比亚州	贝迪阿斯石 (Bediasite) 美国石 (Americanite)

* 根据李达明、Fleicher, R.L., Konta, J. 等人资料编制。

(二) 雷公墨研究的现状

近代科学文献中不断发表有关雷公墨的物理化学特征、形状、构造、分布、地质年龄

等各方面的研究材料。这些资料最终都集中在说明雷公墨的成因问题上。自六十年代起,关于雷公墨的成因主要有两种不同的意见,即:(1)地球说;(2)宇宙说。

1. 化学成分

雷公墨是天然玻璃的一种。巴尼斯根据雷公墨的化学分析资料指出^[6],在成分上雷公墨很接近粘土质沉积岩。在几千个雷公墨化学分析资料中,只有少数与岩浆岩成分相似。如贝迪阿斯石就具有酸性岩浆岩化学成分的特征,象牙海岸的雷公墨亦如此。

雷公墨的 SiO_2 含量为68~82%,比闪电熔岩(Fulgurite, SiO_2 88.46~97.30%)和陨石玻璃(SiO_2 68.34~98.20%)的含量低。比重是2.30~2.46。折光率在1.48~1.52之间。颜色由黑绿到绿或由褐黑到黑。

弗里德曼(Friedman, I.)指出^[6],雷公墨含水分低于黑曜岩,但二者的重氢比大体是一致的。在1957年国际雷公墨讨论会上,弗氏曾报导:“被首次原子弹爆炸熔融后的岩石的水分含量接近雷公墨。”由于没有对爆炸点附近被熔融的沉积岩进行测定,故不能急于推定这种被熔融岩石含水量是低的。

2. 焦石英

焦石英一词由拉克罗克斯(Lacroix)建议用于天然玻璃,主要包含于闪电熔岩与陨石玻璃中。罗吉尔(Rogers, F.)认为,焦石英是闪电熔岩的主要成分。他对阿利桑那的陨石玻璃进行了描述,认为亦由焦石英组成。由此看来,焦石英是组成闪电熔岩和陨石玻璃的主要似矿物。闪电熔岩是中空管状的玻璃,由雷电击打石英砂而生成的。陨石玻璃是多孔的玻璃,由巨大陨石或陨石群爆破冲击砂岩产生高热熔融而形成的。

贝迪阿斯石、澳大利亚石、印度支那石、摩尔多瓦石中的砂与粉砂级玻璃颗粒,经测定,折光率 $n = 1.462$,也是焦石英。

罗斯(Ross, C. S.)对新墨西哥州阿拉莫哥多(Alamogordo)地方因第一次原子弹爆炸而出现的一种熔石英^[7]进行了描述。样品是绿色玻璃,镜下为弯曲状的焦石英颗粒,与雷公墨中见到的相近,与摩尔多瓦石中的焦石英更相似。

3. 形状与大小

许多文献记载了对雷公墨形状研究的资料。雷公墨个体呈球状、椭圆扁平状、亚铃状、泪滴状、流状等形状。对澳大利亚石、印度支那石与菲律宾石的形状研究,注意了较老的雷公墨的表面刻纹。一种意见认为,表面刻纹与雷公墨的成因无关,因为它可能是飞驰到停留地点之后,受到溶蚀而形成的。不管怎样,雷公墨表面上的弯曲流状构造,有助于迅速区别具有类似刻纹的其他种属,如黑曜岩等。

澳大利亚石的形状常像纽扣一样。它可能系经过两期熔化形成的。当其穿入地球的大气圈时,不规则的玻璃质体前端,经受摩擦最大,故首先熔化。首次熔化的产物,在运行过程中被剥掉。由于运动速度逐渐减慢,熔融的玻璃质流向边缘,又由于玻璃质体形状不对称,在气圈中行进时不断翻滚,使再熔玻璃薄皮拥向边缘,卷曲而形成凸边,构成纽扣状。依据澳大利亚石形状推测的形成过程,为雷公墨的宇宙成因说提供了材料。

弯曲拉长泪滴状是一种不规则的形态,可能来自喷出的玻璃,在低速遇冷时,构成弓形。有的薄板状,其中心比边缘薄,亦属不规则的形状,它可能产生在超声速之下,由于玻璃的粘稠体先附着在一个平面上,稍后而喷出。但这种解释尚不适用于中心较厚的那一种。

雷公墨个体的大小对说明其成因问题亦有参考意义。

利比亚沙漠玻璃片重量可大到 10 磅, 而 1993 个澳大利亚石样品, 平均单体重量只有 0.931 克。澳大利亚石的成分偏基性。在熔化温度时, 它比含硅量高的利比亚沙漠玻璃容易流动。假如两者生成温度大致相同, 则两者个体大小不同是不难理解的。

印度支那石的成分大致与澳大利亚石相似。前者个体的平均体积却较大, 可能系较低温度下的产物。初步认为, 消耗的能越大, 温度越高, 流动性越强, 则个体越小。雷公墨个体小, 符合上述情况。

4. 流状构造

雷公墨的弯曲流状构造, 常发育在小的个体上, 这是因为它们形体小, 冷却快的缘故。反之, 大体积的玻璃冷却慢, 如黑曜岩、珍珠岩, 保留下来的流状构造, 多是平面的或平缓弯曲的, 这种构造在微晶的排列上表现得更明显。雷公墨不含微晶, 其流状构造是由于相邻薄层的折光率不同所致。这种不同, 来自二者化学成分的差异。在偏光镜下看到, 不同成分的相邻薄层受着严重的压力, 这是由二者膨胀系数的不同而引起的。经试验, 雷公墨样品熔化时间仅几分钟。超过熔点温度后, 流状构造全部消除, 同时玻璃也失去受压现象。经过 4 小时之后, 玻璃全部呈均匀状态, 有时存留几颗微小的焦石英颗粒。

有关雷公墨的成因学说, 都要求雷公墨具熔化时间短作为其基本依据。上述这种具弯曲流状构造的玻璃, 可能由于陨石或小行星在暂短时间内冲击了地球、月球或与地球有相似成分的其他星球而产生的。

5. 地球上火山成因的玻璃与月球表土中的玻球

产于低粘度熔岩的玻屑凝灰质中的玻球状、泪滴状及亚铃状的细小颗粒, 由纯净的褐色均匀的玻璃组成。玻球直径由 2 微米到几毫米, 有时也混有较大的个体, 常呈拉长或泪滴状。玻球表面光滑, 最外缘小孔常有破裂。

月球表土中的玻球, 具有很多小孔, 一个大的孔位于中心。玻球直径大于 100 微米, 外壁厚 10~20 微米, 还有其他小玻球、晶体或岩石碎片粘附在球面上。球面光滑。月球的玻球含有均匀的和不均匀的流动条带状玻璃。

综上所述, 对雷公墨的成因, 基本持两种不同的说法, 即: (1) 地球成因说: 巨大陨石或陨石群爆炸冲击了地表砂岩, 经高温熔融而成; (2) 宇宙成因说: 陨石坠落冲击了与地球表面岩石成分相似的星球 (月球或其他星球), 经分裂熔融陨落地球表面, 形成这种玻璃——雷公墨。

(三) 我国雷公墨的特点

我国雷公墨产于雷州半岛与海南岛。李达明对该区进行了调查和研究^[10]。

雷州半岛的雷公墨产于更新世后期两次玄武岩喷发之间的海相沉积夹层内。海南岛的雷公墨产于第三纪—更新世地层中。

雷州半岛的雷公墨, 重 3—33 克, 最大者达 126 克。形态以厚的碎核桃壳状或不规则形状较多, 其他还有水滴状、球状、圆饼状、树皮状、少量的薄管状、平板状、画钩状和哑铃状等。海南岛的较小, 重 1—5 克, 最大达 18 克。形态以薄片状为主, 还有碎核桃片状、瓦片状、平片状、棒状、水滴状、饼状等。形状虽多, 总的看来, 绝大多数都具有近似于飞机翼的水滴状断面和流线型的体型, 这可能是在熔融状态下, 在空气中飞行所致。

雷公墨表面有凹坑构造。海南岛雷公墨的凹坑分布较密而均匀, 片状体的两面均有,

但雷州半岛的，凹坑往往很不均匀，且常集中于一面。

雷公墨还有流动构造。线纹密集时，凹凸线纹相间，稀疏时则以凸纹为主。

雷公墨的表面构造是内部构造的反映。在雷公墨的磨面上以浓氢氟酸腐蚀几小时，则出现密集的显微凹坑构造，凹坑直径一般0.03毫米左右。不同流层的抗腐蚀力有差异，因之出现高度不同的凹坑带，即手标本上所见的流线。在溶蚀过程中显微凹坑的出现，说明玻璃质并不是均匀的，而是以小圆球为单位，分先后溶于氢氟酸中。

李达明对中外各地雷公墨的主要平均化学成分进行了比较，认为雷州半岛和海南岛的雷公墨化学成分很相似，且与邻近东南亚各国所产的也非常相似，但与石质陨石大不相同，而与酸性岩浆岩倒有相似之处。

二、与火山喷发有关的酸性天然玻璃岩石

(一) 一般概念

1. 岩浆与天然玻璃岩石

所谓岩浆就是天然产出的、炽热的、溶解有挥发物质的硅酸盐熔浆流体。岩浆流出地表时，由于急速冷却，粘度减低，岩流中的残余岩浆来不及结晶，便固结为天然玻璃。残余岩浆的成分由流纹英安岩质经流纹岩质到碱性流纹岩质，最后相当于共结的长石石英成分。流纹英安岩质岩流呈玻基斑岩结构到微晶玻质结构。流纹岩质岩流比流纹英安岩质的粘度更大，固结成玻璃的倾向也更大。基性岩浆比酸性岩浆具更大的流动性。在某一温度下，基性岩浆完全生成结晶体，而酸性岩浆在该温度下，却达到过冷状态，固结成玻璃。所以，在地表玄武岩玻璃很少，流纹岩玻璃则较普遍。早年日人神津淑佑通过黑曜岩的实验岩石学研究，曾指出：“火山玻璃岩石可以作为地下高温高压岩浆的地表低温低压的同相来处理，其各种性质比普通火成岩即岩浆异相的结晶质岩石与岩浆更为密切。”^[1]

2. 岩浆的粘度与火山形态

依据研究现代火山活动的资料，我们能够判定火山形态类型与火山活动类型间的关系。岩浆的粘度越高，挥发成分爆破逸失的倾向越大。爆破抛出物与熔岩流可同时或相间产生，造成混合火山。岩浆粘度较大时，易生成内成熔岩岩穹，堵塞岩浆通路，因而产生强烈的爆破现象。气体的逸失，在爆破物喷发时最严重，这时就不能生成熔岩的固结体。所以岩浆的粘度和挥发成分的含量，是决定火山形态类型的主要因素。

就火山形态来讲，火山可区分为中央火山和裂隙火山；单成火山和复成火山。单成火山由单一的喷发所造成；复成火山是几次喷发的产物。

单成中央火山常规模小，构造简单，形态受地形的控制。岩浆如沿着坡面流动，则形成长而薄的岩流；如溢出在平面上，就构成外成熔岩岩穹。裂隙火山也常是单成火山，在喷溢一次之后，裂隙就阻塞不通。如以后在附近又有新的裂隙通路，再次喷出的物质堆积于较早的喷出物之上，这样就形成复成裂隙火山。这时，不仅两者喷出物有时很难分辨，而且老地形和老喷发裂隙全被覆盖，也同样难以辨认。

浙江省靖岳珍珠岩矿区的中生代酸性喷出岩及与其伴生的天然玻璃岩石，经初步了解，可能是复成裂隙火山的喷出物。中生代古火山爆发以后，经过长期剥蚀、构造运动和上覆盖层的沉积，使古火山早已失去原有形态，这时只能根据古火山遗留形态与各层喷出物的

特征,与现代火山活动及其形态进行对比研究,才有可能正确地判定古老火山的形态类型。

3. 火山的岩浆活动类型及其性质

无论中央火山或裂隙火山,以其喷出物的种类可分为(1)喷出的;(2)爆破的;(3)混合的三类。

喷出的熔岩火山,主要是熔岩流,爆破指数 $E < 10$,一般常在2~3间。所谓爆破指数,就是碎屑物质占全体火山产物的百分比值。熔岩流溢出覆盖地面平缓的斜坡,往往达几十平方公里或更大,成为火山的中下部,在其上盖上更新的岩流,形成差不多平顶的高原。熔岩火山中碎屑物很少,只见于放射裂隙的最高部分,形成渣丘的放射状排列。

爆破的碎屑火山由粘稠岩浆爆破而成,常为单成构造。碎屑火山常成组出现,个体火山相互超覆,较早的岩丘被晚生岩丘破坏或埋覆。小型碎屑火山,也能由流动力强的岩浆构成。倘若岩浆的压力非常微弱,使岩流不能随着爆破而进行活动,此时产物是一种混合喷发物,即火山渣或火山砾、砂粒和粗粒凝灰质等,构成小丘体,全然没有熔岩流。这种混合的喷发物,可以掩蔽以前喷发的熔岩流,因此粗略的观察可误认为是一个独立的碎屑火山,实际是一种混合的单成火山的一部分。

混合火山中一般含有熔岩和爆破碎屑物,两者按一定比例,在较大的范围内变化,其爆破指数 E 从11直到90。混合火山可细分为富熔岩型 ($E = 11 \sim 33$)、中间型或标准型 ($E = 34 \sim 66$) 和富碎屑型 ($E = 67 \sim 90$, 更高到95)三种。

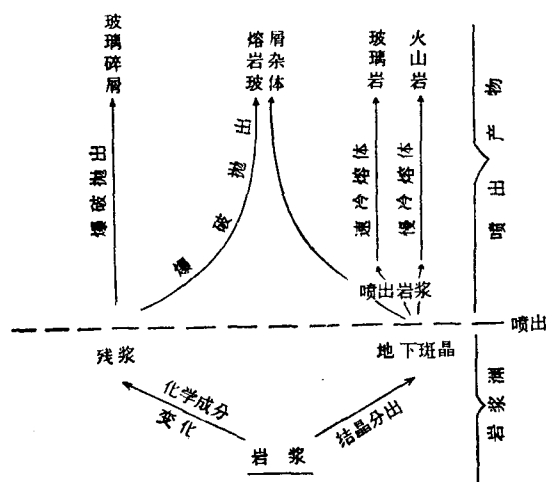


图1 岩浆活动类型及其活动产物关系示意图

(仿里特曼(A. Rittmann), 加以修改)

上升很高,结晶作用受到阻碍,就结成火山玻璃。从物理化学观点看,火山玻璃可以当成一种粘度非常大的过冷溶液。

在流动的缓慢冷却的熔体中,各种组份的离子和结晶中心有足够的活动性,经过适当的时间,可构成大结晶,致使全部岩浆成为结晶质。

在次火山条件下,熔体冷却较慢,粘度由于溶解气体而减低,结晶有机会生成巨大晶体。如此时岩浆喷发,晶体由熔体携带而上,则作为斑晶出现在火山岩中,成为具斑状结构的岩石,其基质可以是全晶质的、半晶质的或玻璃质的。

根据上述岩浆粘度、岩浆活动类型与其活动产物等关系,绘示意图如图1。

岩浆在低压下分离为赤热的流动熔岩和相物质。这种相的分离,视岩浆粘度的不同,伴随着或多或少的强烈的爆破现象。挥发成分比较缓慢地流失,只有当岩浆非常流动时,爆破才有可能性。假设气体逸失非常强烈,不仅熔体可爆破成碎屑,既成岩也可爆破成碎块,也可被抛出。

温度下降,熔岩流体的粘度相对增高。当温度继续下降时,可达固结温度。依据化学成分和气体含量的不同,熔岩流体的固结温度由600至900℃。熔岩流体快速冷却时,在短时间内粘度值

(二) 我国东部中生代以后的酸性天然玻璃岩石

对我国东北、华北、东南一些省、区的珍珠岩矿区进行野外观察和室内研究, 结合前人资料, 将我国东部中生代以后酸性天然玻璃岩石试分为四类: 1. 酸性熔岩类; 2. 玻璃熔岩类; 3. 玻璃碎屑岩类; 4. 熔玻杂岩类。

1. 酸性熔岩类

在酸性熔岩中, 流纹岩经常伴随有天然玻璃出现。流纹岩的基质形态多种多样, 非常复杂。但从天然玻璃质角度出发, 流纹岩可区别为两大类: 其一, 基质不具玻璃质的, 也就是由微晶、隐晶质等组成各种形态的基质, 这类不在我们讨论的天然玻璃质岩石范围之内; 其二, 基质含天然玻璃质的流纹岩。无论它含天然玻璃质的量多或少, 或者已脱玻生成超隐晶质, 以及变生而成球粒集合体等等, 都是我们研究的对象。

我们所研究的一些省、区矿点的流纹岩岩相的共同特点是:

(1) 斑晶 钾长石和石英。钾长石常具卡式双晶, 少见超微格子状构造; 石英有熔蚀状。

(2) 基质 变生而成大小球粒, 空隙间为隐晶质或超隐晶质, 不见残余玻璃质。极少样品含有小玻球。

(3) 暗色矿物 极少 ($<5\%$), 一般为黑云母、角闪石。

斑晶矿物以透长石为主, 暗色矿物绝少。岩石大致相当约翰森 (Johannsen, A.) 分类的钾淡流纹岩 (Kalitordrillite, 125E) 或淡色流纹岩 (126E)^[12]。

半玻基流纹岩, 常以石英、透长石等构成斑晶。常见的半玻基质形态有下列几种:

(1) 主要为长石微晶, 呈条形, 在微晶隙间充填玻璃质。

(2) 暗色颗粒成排, 形成流线, 其间包括一块块的玻璃质。

(3) 绕球粒的流线, 常代以玻璃质绕其周围。

(4) 淡色均匀的玻璃质, 有珍珠裂隙, 沿此裂隙生成淡色或暗褐色显微霏细物质的条带。

脱玻流纹岩一般具有由深部岩浆分异晶出的地下斑晶。斑晶有完整的自形, 有他形, 也有无定形互相勾连的奇异聚晶 (图版 I 之1), 常具明显的熔蚀现象。还有不具斑晶而全部由纤维球粒组成的脱玻流纹岩 (图版 I 之2)。

球粒大小不等, 由放射状纤维矿物组成, 有时中间以石英或长石斑晶为核心。组成球粒的纤维矿物, 有的是透长石 (图版 I 之3), 有的是由正长石、石英两种矿物组成。后者经X光粉晶分析, 其主要线谱见表2。

纤维球粒隙间填充的隐晶质, 不易鉴定。有时由条带状的隐晶质 (图版 I 之3) 或微晶质—隐晶质组成基质 (图版 I 之1)。

上面所谈到的半玻基流纹岩, 其基质已全脱玻化, 并无残余玻璃质存在, 能看到的都是脱玻流纹岩, 只是由脱玻的基质形态, 推定半玻基流纹岩的存在罢了。

浙江省靖岳矿区的流纹岩, 残余大量的玻璃小球体, 为一特殊实例。该处岩石有石英和透长石斑晶, 斑晶自形良好。球粒的放射状纤维里藏着许多小的玻璃球。在高倍镜下观察, 有的玻球外缘变为垂直球边的短放射状纤维, 球体中心仍为玻璃, 构成中断十字形消光, 极少数全部脱玻成十字形消光, 但有的区域内大部球体全是玻璃质的 (图版 I 之4)。

二百年前, 西奥弗拉斯塔斯 (Theophrastus) 注意到一种黑色质密的流纹岩经烧灼之

表 2 K03及K38样品X光粉晶分析主要线谱

K03 分 析 样 品	石 英	1	9	10	8	7	7
		d (Å)	4.24	3.34	1.815	1.540	1.372
	正 长 石	1	5	10	7	4	4
		d (Å)	3.77	3.34	3.21	2.98	1.788
K38 分 析 样 品	石 英	1	9	10	8	7	7
		d (Å)	4.26	3.36*	1.818	1.544	1.372
	正 长 石	1	3	10	6	3	4
		d (Å)	3.79	3.36*	3.23	2.992	1.794

实验条件：阳极铁质，电压40千伏，电流10毫安，相机直径57.3毫米，曝光6小时。

* d = 3.36，是石英、正长石二种矿物重叠值。

后，变成像多孔质的浮岩，同时颜色和比重都有变化，小玻球从中全部脱散而出。约翰森推测，他指的可能是流纹岩里的象珍珠岩玻璃的核心。

我国东北、华北及东南地区，天然玻璃岩石的顶底板或夹层中的流纹岩，普遍具有球粒结构。

这些球粒的生成，是流纹岩基质脱玻的结果，它有一生成过程（见第二章）。在脱玻早期，球粒常以独立个体出现，脱玻化增进，球粒数目增加，球粒相接触，空隙间生成小球粒。在脱玻后期，在球粒间隙之间，则生成隐晶质，就不再出现球粒的集合体。

2. 玻璃熔岩类

就化学成分看，本类岩石相当于流纹岩质的熔岩流。硅酸含量高。形态上，常成为岩席、流层和岩脉，也有时在地面上形成较厚的岩层。本类岩石的主要种属及其特征，如表3。

表 3 酸性玻璃熔岩种属及其特征

种 名	H ₂ O*(%)	斑 晶	珍珠裂纹	颜 色	光 泽	断 口
黑曜岩	<2	稀 少		薄碎片，黑色带绿、褐、蓝或灰，有时还有黄或红各色	玻 璃	贝 壳 状
珍珠岩	2~6	无或很稀少	普 遍 有	无色、淡灰、蓝、绿、褐或灰黑	玻 璃	
松脂岩	>6	极 少	间 或 有	黑、灰、橄榄绿、褐、红	松脂、沥青	贝 壳 状
玻基斑岩	—	多 量	有 时 有	具有上列各种颜色	玻璃、松脂	

酸性玻璃熔岩的种属，主要以产状、含水量、珍珠裂隙、光泽、断口等来区分。珍珠

岩广泛地有珍珠结构,但有时并不明显,个别的松脂岩也有此种结构。珍珠岩具玻璃光泽,松脂岩以松脂光泽为主,有时也具沥青光泽。黑曜岩具贝壳断口,色黑,玻璃光泽,但有时与熔接凝灰岩不易区分。所以区分这类岩石的主要手段,还是要依靠水分测定,其他因素只作参考。

以含水量来划分酸性玻璃熔岩是人为的,各研究者意见不一。

拉杜 (Ladoo) 和迈尔斯 (Myers) 的分类如下,

黑曜岩 $H_2O^+ < 1\%$;

珍珠岩 $H_2O^+ 2\sim 5\%$;

松脂岩 $H_2O^+ > 5\%$ 。

约翰森统计已有资料,区分为,

黑曜岩 $H_2O^+ < 1\%$;

珍珠岩 $H_2O^+ < 4\%$;

松脂岩 $H_2O^+ 4\sim 10$ (或更大) %。

桑原认为,

黑曜岩 $H_2O^+ 2\%$;

珍珠岩 $H_2O^+ 3\sim 4\%$;

松脂岩 $H_2O^+ 5\sim 8\%\sim 10\%$ 。

冈野的分类,

黑曜岩 $H_2O < 2\%$;

珍珠岩 $H_2O 2\sim 5\%$;

松脂岩 $H_2O > 5\%$ 。

我们根据几年来大量的实际分析资料,进行了比较,认为最后一种分类较为妥当。如将珍珠岩与松脂岩的分点略向后移,更符合实际情况。我们建议分划点如下:

黑曜岩 $H_2O^+ < 2\%$;

珍珠岩 $H_2O^+ 2\sim 6\%$;

松脂岩 $H_2O^+ > 6\%$ 。

(1) 黑曜岩

黑曜岩一词用于块状的、致密的,但也常常用于熔渣状的玻璃岩石,具有深褐或黑、灰、红等色。断口呈贝壳状。经化学分析,含 $H_2O^+ 0.24\sim 0.91\%$ 。斑晶很少。显微镜下观察,有雏晶和微晶,常或多或少具流状排列。由于这些包体存在,使岩石颜色深暗,只在薄边上呈半透明。黑曜岩常显斑点或条带,球粒普遍出现,数量很多。比重变化在2.13~2.42之间。实际上黑曜岩是流纹岩的天然玻璃。黑曜岩常作为火山抛出物,产于凝灰玻璃角砾岩中,其次产于熔岩中。

铃木 (Suzuki, R.)^[13] 对日本宫城县、山形县的黑曜岩与珍珠岩进行过研究。在那里,厚层浮石中的圆弧状裂隙里,含有珍珠岩块,岩块中残留有黑色黑曜石粒。黑曜石粒直径为1—3毫米或更大。多的地方,一平方厘米内含有200~300个。黑曜石仅存在于纯玻璃质部分。

罗斯等^[14]研究了新墨西哥州的珍珠岩和黑曜岩的关系。薄片珍珠岩具有珍珠裂隙,含有无水的核心。核心折光率 ($n=1.486$) 比包围它的珍珠岩 ($n=1.496$) 低。外围珍

珠岩含水3.5%，核心含水0.3%。核心系黑曜岩，直径0.04毫米~0.15毫米。正交偏光下，这种核心显示张力双折射。核心边缘显示光性的宽度不等，中心的均质体黑核大小也不一。这种黑曜岩的核心，很早被称为珠状流纹玻璃（Marekanite）（Judd, J., 1886），在此以前，对其成因不明。新墨西哥州的黑曜岩核心产状大致与铃木研究的黑曜石产状相同，所以“Marekanite”一词译为黑曜石较妥当。

张力表现在核心上有两种形式。显著的外带，可能与外边的水化有关；内部显示微弱闪动的双折射，与窄狭外带无关而独立存在。这在直径10~15毫米的颗粒上格外明显，然而在更大颗粒上反而不存在。至于水化薄膜厚仅0.03~0.05毫米，而张力发展到通过核心，张力所涉及的距离大于水化边缘厚度的几百倍，产生这一现象的原因，还不清楚。当加热时，外缘双折射退而不见，但内部却不变。

罗斯认为，珍珠岩是黑曜岩受水化作用的变生物，黑曜岩核心（或黑曜石）是原岩的残余物。并认为黑曜岩中的水可能是连续地直接由岩浆而来，即原始水，而珍珠岩中的水是水化作用的结果，来自岩浆后期，也可能来自雨、雪或地下水。这种反应能发生于岩浆晚期冷却阶段或在更晚的时期。

（2）珍珠岩

珍珠岩无色或具淡灰、兰、绿、红、褐、灰黑等色。折光率1.4905~1.4988。比重2.235~2.297。含水量<6%。无斑晶或很稀少。具珍珠结构为其特点。岩石崩碎时，常有圆形玻球掉下。玻球直径大者超过三、四厘米，小者在显微镜下方能见到。除珍珠结构外，尚有流线构造（图版Ⅻ之58），由含雏晶和微晶的行列表现出来，记录着熔岩在固结之前流动的历程。

珍珠岩的珍珠结构，经近来研究者的实验证明，不是由于分选和冷缩造成的，而是与火山玻璃在低温低压发生水化作用及水之分布不均有关。珍珠岩等火山玻璃中大部分水分是次生的。珍珠玻球有时是未受水化作用的残余颗粒，即黑曜石。黑曜石只含少量原始水，未受水化作用，故无珍珠结构出现。

山西省塔地矿区的珍珠岩，在镜下无色透明，具大小珍珠结构，非常明显，并有雏晶行列通过（图版Ⅱ之5）。

珍珠岩很容易脱玻，首先沿珍珠裂隙发生。如河北省椴树凹的珍珠岩，褐色，沿珍珠裂纹脱玻，生成黄色微晶质，构成美丽图案（图版Ⅱ之6）。

（3）松脂岩

松脂岩这个名称来源于沥青，其光泽和结构与沥青都很相似。松脂岩颜色有黑、灰、橄榄绿、褐、红等，有时是均匀的，有时则呈斑点状或条带状。为似沥青光泽的玻璃质，含极少斑晶，致密，具贝壳状断口，比重2.22~2.51，折光率1.493~1.501。

松脂岩比起黑曜岩来，基质中散布更多的雏晶和骸晶，构成美丽的图谱（图版Ⅱ之8和9）。

河北省东南山松脂岩，在镜下观察为无色透明玻璃质，有少量串珠状雏晶和次生小球粒。有时含雏晶较多，流动受阻，形成弯曲流纹。褐色球粒及其集合体出现无规律（图版Ⅱ之7）。

（4）玻基斑岩

玻基斑岩的斑晶存在于含有雏晶和微晶的玻璃基质内，岩石外貌有时象松脂岩。斑晶