5 林军,张丽珠,陈志坚,等. 多孔硅蓝光发射和光致发光机理. 物理学报,1996,45(1): 121～125
6 Steiner P, Kozlowski F, Sandmaier H, et al. New results on electroluminescence from porous silicon. Mat Res Soc Symp Proc, 1993, 283: 343～351
7 Lauerhaas J M, Sailor M J. Chemical modification of the photoluminescence quenching of porous silicon. Science, 1993, 261: 1 567～1 568
8 Chandler-Henderson R R, Sweryda-Krawiec B, Coffer J L. Steric consideration in the amine-induced quenching of luminescence porous silicon. J Phys Chem, 1995, 99: 8 851～8 855

晋卫军 沈国励* 俞汝勤
(湖南大学化学计量学与化学传感技术研究所,化学化工学院,长沙 410082. *联系人)

鸣沙石英颗粒表面结构与鸣沙形成机制

鸣沙被誉为神奇的自然现象,曾引起国内外学者的极大兴趣,并对其发声机制提出种种推测和假说[1]. 近一个多世纪以来,尽管国内外学者做了大量的研究工作,但对鸣沙形成机制迄今仍无令人信服的解释[2]. 近来,加拿大学者 Goldsack 等研究认为,鸣沙发声来源于沙粒表面沉积的 SiO_2 凝胶,其理由是:鸣沙不仅表面确有 SiO_2 凝胶存在,而且其表面 SiO_2 凝胶有着与工业硅胶相同的表面化学组成和相同的发声频谱[3]. 实际上,他还未揭示鸣沙发声的本质. 值得指出是,沙粒表面 SiO_2 凝胶与工业硅胶不仅有着相同的表面化学组成,而且有着相同的多孔的表面物理结构[4]. 为进一步论证石英颗粒表面物理结构对鸣沙声发射的贡献[5],作者等最近做了以下有趣的实验.

(1) 普通沙表面冲洗实验. 将采自日本、澳大利亚、科威特和中国等国家和地区的粒径 0.1～0.25 mm 的普通沙漠沙和海滩沙,首先置于盐酸(HCl)中冲洗,然后用蒸馏水洗净并烘干,在玻璃棒冲击激励下,经冲洗的普通沙均发出与鸣沙相同的频谱(400～900 Hz). 在扫描电子显微镜(SEM)下观察,经处理的普通沙较之未处理前有着良好的表面孔(坑)状结构(图 1(a), (b)).

(2) 玻璃微珠表面化学溶蚀模拟实验. 选用粒径为 0.08～0.1 mm 的工业生产玻璃微珠,首先经氢氟酸(HF)浸泡,然后用蒸馏水洗净烘干. 结果在玻璃棒冲击激励下,这种经处理过的表面无 SiO_2 凝胶的玻璃微珠,却发出悦耳的鸣声,其频谱居然与鸣沙完全一致. 在 SEM 下,我们惊奇地发现经 HF 处理的玻璃微珠表面有较多的孔洞. 而不发声的未经处理的玻璃微珠却缺乏这种表面结构(图 1(c), (d)). 回顾 30 年代,英国著名风沙物理学家 Bagnold[6],曾用极圆的称之为"冰冻的水珠"的人造玻璃球,始终未能使其发声的原因,是与人造玻璃球缺乏这种表面结构有关.

上述实验结果表明,鸣沙发声机制与沙粒表面化学组成无关,而与其表面多孔(坑)状的物理结构有关. 由此看来,自然沙粒表面由风蚀、水蚀、化学溶蚀及化学沉淀等多种因素所形成的多孔(坑)状结构所构成的共鸣腔,才是鸣沙发声的内因所在,其共鸣机制与亥姆霍兹共鸣腔相似[7]. 在外力作用下,无数表面光滑多孔的球状颗粒,在运动过程中因互相摩擦碰撞产生极微弱的振动声响,经大量的表面空腔共振放大,从而使人耳接收到运动沙粒的发声频谱. 如果在自然界中,水分或更细的粉尘粘粒等杂质侵入沙粒表面的孔洞时,由其所产生的阻尼作用,可导致鸣沙共鸣机制丧失而变为哑沙,这是自然界中沙漠石英颗粒表面 SiO_2 凝胶及多孔(坑)状结构的普遍存在,而鸣沙现象却十分罕见的原因. 除此之外,鸣沙发声必不可少的还有外因,即自然环境因素,包括具有良好的磨圆度和粒度组成 28～32°

的坡度和小于0.3%的水分含量. 因此,清除　石英沙粒表面各种细小杂质对多孔结构的污

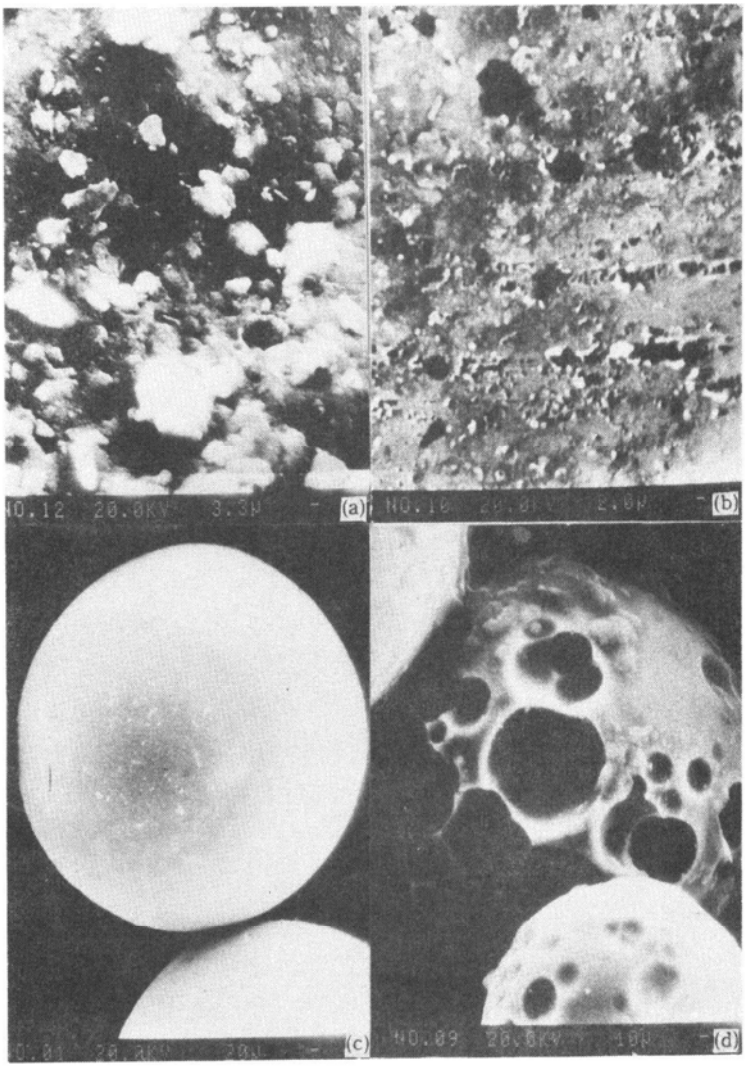


图 1　处理及未处理沙表面孔状态结构

(a)普通沙漠沙; (b)冲洗砂; (c)玻璃微珠; (d)经 HF 处理过的玻璃微珠

染和恢复鸣沙发声的环境条件,是恢复哑沙发声的有效途径.

致谢　本工作为国家自然科学基金(批准号: 49401001)和中国科学院兰州分院择优基金及中国科学院沙坡头开放站基金资助项目.

参　考　文　献

1　三轮茂雄. 鸣沙的幻想(日文). 东京:近代文艺出版社,1994. 43～101

2　Haff P K. Booming dunes. American Scientist, 1986, 74: 377～381

3　Goldsack D R, Leach M F, Kilkenny C. Natural and artificial singing sands. Nature, 1997, 386: 29

4　沈　钟,王果庭. 胶体与表面化学. 北京:化学工业出版社,1991. 221～252

5　屈建军,孙　波,张伟民,等. 鸣沙石英颗粒表面结构及其声学意义. 科学通报,1995,12(12): 1 111～1 113

6　拜格诺 R A(钱宁,林秉南译). 风沙和荒漠沙丘物理学. 北京:科学出版社,1959. 238～239

7　陈　通. 亥姆霍兹共鸣器. 中国大百科全书,物理Ⅰ.

北京，上海：中国大百科全书出版社，1987. 523

戴枫年①

（①中国科学院兰州沙漠研究所，兰州 730000；
②中国极地研究所，上海 200129；
③中国科学院兰州化学物理研究所，兰州 730000）

屈建军① 孙 波② 王远平① 蒋生祥③
张伟民① 董光荣①

黔西南微细浸染型金矿床的喷流沉积成因

近20年来，在我国贵州西南地区陆续发现了一系列产于沉积岩中的微细浸染型金矿床，从而引起了国际地质学界的广泛关注，并被认为是中国最具潜在远景的金矿产地之一. 鉴于这些金矿床受层位和岩性控制十分明显，以至迄今对其所表现出来的层控性质为众所公认. 又鉴于金的矿化主要以微细浸染状产出，因而一些研究者将其与卡林型金矿床相类比. 目前对此类矿床成因的倾向性看法是，在同生沉积初步富集金的基础上经后期改造再富集成矿，强调后生热液改造占主导地位. 然而，作者对黔西南十余个金矿床研究后发现，矿床中不乏海底喷流同生沉积特征，尤其是戈塘、板其和岩上等金矿床中存在典型含矿层状硅质岩，为评价海底喷流沉积作用及其对金矿床形成的控制提供了极为重要的证据.

确认海底喷流产物的主要证据有：(1)在晚古生代和中生代早期，矿床所在区域——右江盆地中存在多组穿壳的同生断裂，这为热液活动提供了通道. 沿同生断裂的扩张活动，导致盆地中发育了一系列的隆起和洼地. (2)矿石、含矿岩石及其中的硫化物具有大量同生沉积组构和成岩早期软变形组构，如包卷层理、枕状构造、滑塌构造、沉积混杂堆积、滑塌角砾岩等，指示强烈的同沉积断裂活动，有利于喷流作用的发生. (3)含矿硅质岩呈块状、同生角砾状、条带状和结核状等产于同生断裂构造带中. 硅质岩层一般厚数米至十余米，最厚达70余米，且分布较稳定. (4)许多矿体顺层整合产出，矿石与岩石无明显区别，仅靠化学分析数据来圈定. (5)硅质岩化学成分以 SiO_2（82.3% ～ 94.3%）为主，平均含量高达90.85%，其余为 FeO，Fe_2O_3 和有机炭. 硅质岩 Al/(Al + Fe + Mn)比值低于0.35，投点于Fe/Ti-Al/(Al + Fe + Mn)图解和 Al-Fe-Mn 三角图上，均落于热水沉积区. (6)硅质岩中稀土元素以总量低($8.75 \sim 36.75 \times 10^{-6}$)、铈亏损明显和铕亏损不明显为特征. 经北美页岩标准化后，稀土元素的含量随原子序数的增大而增大，其配分模式与现代热水沉积物的稀土元素配分模式一致. (7)硅质岩的硅同位素组成($\delta^{30}Si‰$)在0～－0.4之间(平均－0.17). 其值在 Mariana 和 Galapagos 热液硅质烟囱的 $\delta^{30}Si$ 值范围内[1]，揭示两者具有相似的成因机制.

就金矿床中金矿体与硅质岩之间的关系而言，整个硅质岩层就是金矿体，或金矿体局部产于硅质岩层的中、上部及其顶板岩石中. 这是因为在海底喷流作用发生的过程中，在具有地质意义的物理化学条件下，热水溶液中金硅络合物$[AuH_3SiO_4]^0$比其它各种络合物(如$[Au(HS)_2]^-$，$AuCl_2^-$ 等)都显得重要的多[2]，由于金和 SiO_2 具有亲和性，使金优先富集于喷流岩中而形成硅质岩型金矿石，如板其、戈塘金矿床就是典型实例. 但是，在厚层硅质岩形成的早期，因喷溢热水溶液中$[AuH_3SiO_4]^0$达不到与实际 H_4SiO_4 浓度相平衡的含量，而使$[AuH_3SiO_4]^0$处于相对比较稳定的状态. 随着溶液中 SiO_2 继续沉淀，使 H_4SiO_4 耗减到一定程度时破坏了络合物$[AuH_3SiO_4]^0$的稳定性，使金沉淀下来. 故金常常富集于厚层硅质岩层的上部或硅质岩层的顶板岩石中. 岩