

### 沙脉、沙火山的特征及其地震意义

沙脉和沙火山不是一种罕见的地质现象，在国外早有报导和研究。近十几年来，在我国，由于地震地质研究的不断深入，沙脉、沙火山屡有发现，本文就其特征及与地震的关系作一初步探讨。

#### 1. 沙脉和沙火山的特征

##### (1) 沙脉

构成沙脉的碎屑物主要是粉砂和各种粒径的沙，个别为细砾和粘土质<sup>[1]</sup>。沙脉以各种角度切割围岩，少数与围岩层理平行，但大多数是直立或近于直立的。沙脉无论在走向上和倾向上远不能和断裂相比，其宽度一般为0.1—1公尺，个别宽度可达100公尺。北京宣武门上更新统中的沙脉宽度6—8公分<sup>[5]</sup>，涿鹿吉家营的沙脉宽仅2公分左右。在出露好的地区，单个沙脉沿走向可以追索到几百公尺到几公里。偶尔也有更大的沙脉。它们通常以雁列形式出现。

沙脉的形态可分为六种<sup>[8]</sup>：(1) 两壁平行的直线型；(2) 向上收敛、尖灭型；(3) 向下收敛、尖灭型；(4) 分枝型；(5) 锯齿型；(6) 扭曲型。

依据沙脉物质来源途径，可分为两种类型，一是在重力影响下从上面往下充填；另一种是由于力的作用，迫使碎屑物从下面往上注入，二者的区别在于沙脉自身的结构上。充填沙脉的内部往往可见到层理，比其它成因的沙脉粒径要粗，形态多为向下收敛、尖灭，其形成是缓慢的。注入沙脉有以下特点：(1) 沙脉的碎屑颗粒有时平行两壁排列，显示线性流动构造(图1)。(2) 在垂向上，有些沙脉的碎屑粒径边部细、中部粗，显示沙粒向上注入时中部流速较大。(3) 沙脉中往往带母层成分的同生砾。(4) 沙脉的基部有时有向上涌出的势头，如北京宣武门上更新统沙脉的基部砾石竖立有上冲之势(图2)。(5) 多为向上收敛、尖灭或分叉(图3)。(6) 其形成是急速的，碎屑注入过程中能携带砾石，表明流动急速而上冲力强。

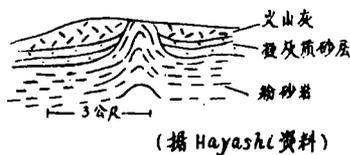


图1 沙脉中的流动构造



图 2

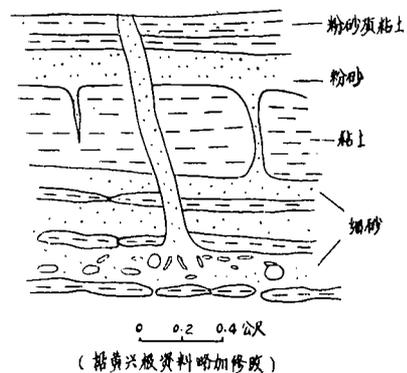


图 3

沙脉及其围岩有时有以下一些结构：围岩的两壁常是光滑的，偶尔也有条痕，擦痕或刻

蚀的凹槽、浅沟以及羽状裂隙。在围岩壁的一侧或两侧有向上弯曲、扭动的形迹。沙脉内部有平行脉壁的云母片、石英粒、母层的小砾块以及围岩碎片构成的薄层，厚度以公厘—公分计。围岩壁的泥质层被平行沙脉的塑性物质混杂或沙层被液化物混杂。然而大多数沙脉内部没有什么构造。

在某些地区，同一地点的不同沙脉出现在不同层位或一些沙脉被另一些沙脉穿插，切割，表明是两期或两期以上的沙脉。

### (2) 沙火山

沙火山的结构、外貌与火山锥一样，喷出的物质主要是粉沙、各种粒径的沙及粘土。在锥顶中央有喷出口或火山颈，喷出口的直径向下逐渐变小。个别沙火山锥呈椭圆形，喷出口偏向一端。有些火山口发育不好，或被侵蚀露出了火山颈。沙火山横切面可见到成层的沙层，且自喷山口近似对称地向外倾斜。

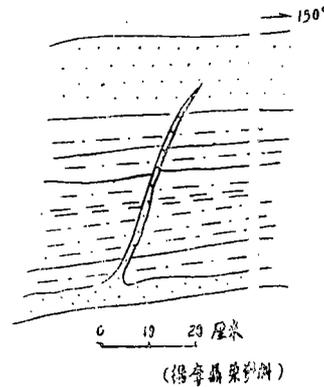


图 4

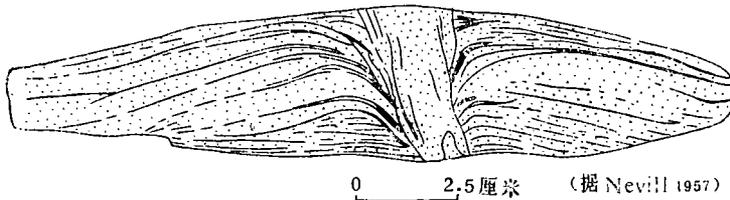


图 5 沙火山的横切面

沙火山的大小取决于水和沙喷出的数量及喷出速度。沙火山常呈分散状、串珠状或成群的带状分布。有些沙火山象慧星一样展布。沙火山往往出现在靠近裂隙或地震断裂以及滑动面附近，有些沙火山是沿着地震裂隙喷出的。有时一个沙火山覆在另一个沙火山之上<sup>(4)</sup>，这有可能是两期沙火山的喷发，也可能是同一期喷发的、时间间隔很短的先后两次。五原地震时，有一小沙火山附在较大沙火山的斜坡上，是“寄生沙火山”，属后一类型。

有些沙火山在水下喷发，表现为火山锥有较圆滑平缓的斜坡，有些喷出地面，斜坡较陡，常被少量鳞片状分布的喷出物覆盖。在紧接沙火山喷发之后是环形破裂、沉降和卫星锥出现。

当沙火山的锥体被剥蚀掉，剩下注满碎屑的通道，或由于喷发力还不足以达到地表，在中途停下来，即形成沙管，或圆筒形构造。

注入沙砾和沙火山是表生构造，涉及深度很小，有的仅几公尺或10—20公尺，规模一般不大，常局限于一定范围，又由于在常温常压下形成，没有伴生变质作用和岩浆活动，所以也不能用统一的动力作用解释。

### 2. 地震产生的沙脉和沙火山

地震产生的沙脉、沙火山的鉴别标志是：(1)沙脉是自下向上注入的，而不是自上向下贯入的；(2)附近还有其它液化和形变踪迹；(3)当地及其附近没有火山和岩浆活动，没有石油、天然气等气体出现；(4)处于地震区或地震带，或在现代地震之后出现，

另外还有一些其它标志。

地震产生的沙脉、沙火山的形成过程，可概括于下：饱和水的母层碎屑颗粒受到地震波的剧烈振动，颗粒重新定位趋于密集排列，同时析出了间隙水，这时颗粒之间的接触暂时减少，上覆沉积物所产生的负荷压力就转移到该沉积物内孔隙中，导致孔隙压的升高，孔隙压升高减小沉积物的抗剪强度，如减小得很大，就变成不稳定，沙质等沉积物就变得像粘性液体（液化）。其上覆沉积物多半是粘土质沉积物，粘土由于压实和失水容易成岩，而经过分选的沙层压实作用很小，没有或很少胶结物，所以不易石化〔6〕。同样条件下，两种沉积物石化程度是不同的，因之粘土接近泥岩，具有一定的脆性，具有抗剪和抗张强度，受力后足以形成破裂和裂隙。前述孔隙压力增大，围压也增高，导致上覆粘土层遵循当地的应力格局破裂或隐性破裂，或沿着已有的软弱面或裂隙破裂，当地震波穿过厚层沉积物时，破裂或裂隙反覆地受到剪切和张压交替，裂隙张开时，裂隙之间的地段就受到挤压，下伏具有高孔隙压的液化沙层碎屑随之注入到张开的裂隙中，因之裂隙的张开和碎屑的注入是准同时的（Penecontemporaneous）。只有极少数是发生在已固结的岩石中，其裂隙的产生早于碎屑的注入〔7〕。

注入的碎屑形成沙脉，如压力足够大时会喷出地表或水下形成沙火山。或者说沙脉是在注入过程中未找到新的通道，缺乏孔隙水的应有补给，或由于液化层较薄，孔隙压较低，在中途失掉上冲能力形成的。而沙火山则因液化层较厚或液化层的孔隙压很大，有足够的上冲力造成的。

沙层是否液化，取决于地震震级、震源深度、震中距和地震历时。在浅源地震情况下，震级在6级或6级以上（Seed, 1968; Seed and Idriss, 1971），最大地面加速度达 $0.2g^3$ ），地震振动频率达 $0.1-10\text{HZ}$ （周/秒）（Richter, 1958）的地震能够产生沙土液化。

一般沙脉和沙火山出现于强主震之后的数秒钟内，并延续数小时甚至数日才停息。

地震产生沙脉和沙火山的实例是很多的，如1976年唐山7.8级地震后，在陡河右岸的唐山新建区开挖地基时，发现许多沙脉注入到黄土状粘土质粉砂层中，沙粒成分主要为细粒石英，脉宽15—20公分，在黄土状粘土质粉砂层之下是淡黄白色沙层，显然是不久前地震引起沙层液化的产物<sup>1)</sup>。1979年内蒙五原发生6级地震，在五原地区出现许多沙火山<sup>2)</sup>，沙粒成分主要为石英质粉、细沙，火山锥直径一般0.4—1.5公尺，高达15—35公分，火山口直径8—15公分。在日本种子岛东北的伊关海岸，早第三纪的Kumage确有很多沙火山，其最大直径38公分，最高10公分，火山口最大直径4.5公分，火山口最深2.5公分。更小的一些沙火山直径仅1—3公分，其密度每平方米达11个〔3〕。据文献记载，世界上最大的沙火山直径达16公尺，高达3公尺。

1964年美国阿拉斯加地震时，在近代三角洲沉积物的上部有一列系地震形成的构造，包括沙脉、沙火山、沙管、塌滑、节理和断裂〔8〕。

在美国Tennessee西北部的Reelfoot湖区，晚全新世沉积的开挖槽内，发现许多小断裂、褶皱和沙脉、沙管等。在采槽内出现13条沙脉，沙脉是沿着Reelfoot陡坎未固结的粉

1) 杨承先，野外考察笔记，1979。

2) 杨承先，内蒙五原地震考察报告，1979。

3) 实际上，在最大地面加速度小于 $0.2g$ 情况下，产生液化的实例也不少，如日本新潟7.5级地震，最大地面加速度 $0.16g$ ，产生液化，所以 $0.2g$ 可能偏高。

砂层中的小断裂注入的,沙脉和断裂被认为是同时形成的。这一地震遗迹推断是1811—1812年新马德里大震造成的〔9〕。

地震活动是有周期性的,当前次地震引起的沙土液化,出现沙脉、沙火山等,而后来的地震常常也会在同一地区重复发生液化,表现为两期或多期的沙脉、沙火山。这是因为前一次液化后的母层结构已破坏,抗剪强度已降低,很容易再次液化。前次的沙脉、沙管可能作为后来液化物更易上冲的通道。据《中国地震目录》记载,在滦河三角洲先后有23次地震发生沙土液化,1976年唐山地震时液化也相当严重。1976年唐山地震时,北京地区的郎府和门楼两地,在7.8级主震时液化严重,6.9级强余震时又重复液化。一个地区在一次地震中产生沙土液化,出现沙脉和沙火山,则在下一次地震时,即使震级小于前次地震,也会重复发生液化,有多期沙脉、沙火山出现。

### 3. 研究沙脉、沙火山的意义

(1) 根据沉物中的沙脉和沙火山及其它变形构造,可以确定地震事件,除少数例外情况,一般可以指出缺乏仪器记录的历史地震震级的下限(即震级一般不会低于6级)。

(2) 如发现多期沙脉、沙火山,结合历史地震记录及地震形变(如地震陡坎)等,能大致地推断地震活动周期。

(3) 据沙脉、沙火山可推断一个地区的液化范围和强度,预测未来地震时可能出现的液化重复性,为地震烈度区划、抗震研究服务。

(4) 借助沙脉的方位和沙火山的规律性排列,如雁列、共轭等,可判断深部发震断裂的性质。如果是现今地震产生的沙脉、沙火山,结合震源机制解及地震裂隙、地震断裂等提出现今应力场,如果是史前地震,可结合其它地震形变等推断古应力场。

(国家地震局地震地质大队 杨承先)

本文1983年11月19日收到)

### 参 考 文 献

- 〔1〕 Marschalko, R., Clastic dikes, In: The Encyclopedia of Sedimentology, Dowden, Hutchinson and Ross, Inc., 1978.
- 〔2〕 木村学, 小断层系、砂岩岩脉カラ見たラクン褶曲帯の形成机构, 地质学杂志, Vol. 85, No. 5, 1979.
- 〔3〕 Okada, H. and Whitaker, J.H.MCD., Sand Volcanoes of the palaeogene kumage group, Tanegashima, Southwest Japan, 地质学杂志, Vol. 85, No. 4, 1979.
- 〔4〕 Allen, J.R.L., Sedimentary structures, , Elsevier Scientific Publishing Company, 1982.
- 〔5〕 黄兴根、焦振兴、张英礼, 北京宣武门古地震遗迹的发现及其意义, 地质论评, Vol. 27, No. 3, 1981.
- 〔6〕 Smyers, N. B. and Peterson, G.L., Sandstone dikes and sills in the Moreno shale, Panoche Hills, California, Geol. Soc. Am. Bull., Vol. 82, No. 11, 1971.

- [ 7 ] Dionne, J—C. and Shilts, W. W., A pleistocene clastic dyke, upper chaudiere valley, Que'bec Can.J.Earth Sci., Vol.11, pp. 1594—1605, 1974.
- [ 8 ] Reimnitz, E.and Marshall, N.F., Effects of the Alaska earthquake and tsunami on recent deltaic sediments, Journal of Geophysical Research, Vol.70, No.10, 1965.
- [ 9 ] Darid, P.R., Late Holocene faulting and earthquake recurrence in the Reelfoot Lake area, Northwestern Tennessee, Geol. Soc. Amer. Bull., Vol.90, No.11, 1979.
- [ 10 ] 王钟琦、谢君斐、石兆吉, 地震工程地质导论, 地震出版社, 1983.

THE CHARACTERISTICS OF SAND VEIN AND SAND VOLCANO  
AND THEIR IMPORTANCE TO EARTHQUAKE

Yang Chengxian

(*Seismogeological Brigade, State Seismological Bureau*)