

北京高丽营断层事件年代学研究

尹功明¹⁾ 卢演侑^{1 3)} 魏兰英²⁾ 张景昭³⁾

1) 中国地震局地质研究所, 中国地震局新年代学开放实验室, 北京 100029

2) 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

3) 中国科学院地球环境研究所, 西安 710075

摘 要 断层的活动时代是活动构造、古地震和新构造等研究中的重要内容,也是目前的难点所在。确定断层最新一次活动事件的年代通常有两种途径:一是通过测定断层活动产物(如断层泥、断层破碎物、崩积楔等)的年龄来确定断层事件的年代;二是通过测定断层错动的最新地层及其上覆未错动的最老地层的年龄,来获得活动年代的上下限年龄。根据沿高丽营断层在房山坨里至永定河一带所观察到的活动断层的具体特征,分别采用了上述两种途径和相应的测年技术,给出了芦井、晓右营、辛开口和长辛店等地断层的最后一次活动的大致年代。高丽营断层至少有过 3 次活动,分别发生在距今 270 ~ 360, 130 ~ 140 和 1.8 ~ 4.2ka。

关键词 断层活动 年代学 北京

中图分类号 P597+.3 文献标示码 A 文章编号 0253-4976(2002)01-101-10

1 引言

确定断层最新一次活动事件的年代通常有两种途径:1)通过测定断层活动产物(如断层泥、断层破碎物、崩积楔等)的年龄来确定断层事件年代;2)通过测定断层错动的最新地层及其上覆未错动的最老地层的年龄,来获得活动时代的上下限年龄。所采用的测年方法视被错动地层和未被错动地层的物质组成等条件而定,也就是说,与断层事件有关的地质体中究竟含有哪种适合于目前广泛应用的测年方法(如¹⁴C、热释光法(TL)、光释光法、电子自旋共振法(ESR)、裂变径迹法、K-Ar法等)的样品。

高丽营断层是北京新生代断陷盆地的西边界断层,沿此断层在北京房山坨里至永定河一带观察到的活动断层大体有 3 种情形:一是错动了黄土层并被更新的黄土层所覆盖(在芦井、晓右营等地可见)。黄土中有机质含量太低,无法应用¹⁴C 测年方法,而近 10 多年来的研究表明,风积黄土是 TL 法测年的良好对象(Wintle et al., 1982; Lu et al., 1987, 1988)。因此,对于这类断层事件,我们通过黄土地层的热释光测年来确定事件发生的年代。二是断层错动了前第四纪基岩、未错动上覆第四纪黄土状沉积物(如在辛开口所见)。通过用热释光测定上覆黄土状沉积物

〔收稿日期〕 2001-03-15 收稿, 2001-06-19 改回。

〔基金项目〕 国家重点基础研究发展规划项目(G1998040704)资助。

中国地震局地质研究所论著 2002B0005。

① 林传勇, 2000, 深浅部地球物理资料的地质解释、地壳物质组成和岩石力学参数的综合研究, 中国地震局“九五”攻关项目科研报告(9504080401)。

的年龄可估计断层事件的上限年代。三是断层错动了前第四纪基岩,无上覆第四纪沉积物或只有很薄的残坡积层,而断层带内断层泥或破碎物发育(如在辛庄所见),对于这种情况,我们通过 ESR 法测定断层泥年龄来确定断层事件的年代(图 1)。

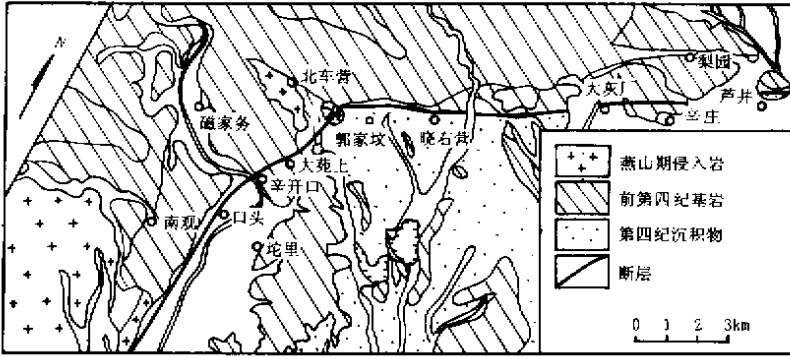


图 1 高丽营断层测年样品采样位置图(据陈国星等,1994 修改)

Fig. 1 Sampling sites along the Gaoliying Fault for dating(modified from Chen et al.,1994).

2 热释光测年及其结果

从芦井、晓右营和辛开口 3 个断层活动性地质观察点采集了 9 个第四纪沉积物样品,除芦井的 BJTL-01 和辛开口的 BJTL-11 两个样品分别为古风砂样品和黄土状沉积物样品外,其余 7 个均为黄土样品。BJTL-02、-03、-06、-09、-10 和 -12 都是典型的风积黄土样品,BJTL-08 为断层崩积楔,其母质为黄土。这些样品都用 TL 光法作了年龄测定,其结果列于表 1。

2.1 测年方法简述

TL 法测定地质样品年龄的原理:石英等碎屑矿物中的辐射能积累大小与时间呈函数关系(Aitken, 1985)。

2.2 ED 值测定

对于上述 9 个样品,除 BJTL-01 风砂样用粗颗粒($90\sim125\mu\text{m}$)石英 TL 技术外,其余都用细颗粒($4\sim11\mu\text{m}$)组分 TL 技术,并用残余 TL 法来测定 ED 值。大体步骤如下(详见 Wintle et al., 1982; Lu et al., 1988):

(1)用静水沉降法从样品中分离出 $4\sim11\mu\text{m}$ 粒组;或用筛分、电磁分离、重液分离及 HF 酸腐蚀,从样品中分离出 $90\sim125\mu\text{m}$ 的纯石英颗粒。

(2)将分离出的 $4\sim11\mu\text{m}$ 组分或 $90\sim125\mu\text{m}$ 石英颗粒制成直径 10mm、厚约 $3\text{mg}/\text{cm}^2$ 的测片 22~28 个。

(3)用 6 个测片做天然 TL(N)测量,8 个测片分成 4 组,每组 2 个,分别做天然 TL 加 β 辐射诱发 TL(即 $N+\beta$)测量,人工所加辐照剂量值最好为估计的 ED 值的 3 倍以上。再用 8 个测片做天然 TL 加 α 辐射诱发 TL 测量(即 $N+\alpha$)。对于粗颗粒石英不作这部分测量;余下 6 个测片做光晒退后的 TL 测量,即 R 测量。各个测片接受 α 或 β 辐射或光晒退的条件一致。

所有测片都在氮气环境中被加热,从室温加热到 500°C ,升温速率为 $10^\circ\text{C}/\text{s}$ 。TL 信号在 Daybreak TL System 系统中检测,并进行数据处理。这批样品的 TL 曲线都很相似,如较老的样品 BJTL-12 和较年轻的样品 BJTL-10 都有相似形状的 TL 曲线(图 2、3)。它们的天然 TL

表 1 北京高丽营断层活动事件有关的黄土层 TL 测年结果
Table 1 Thermoluminescence dating results of the loess layers related
to faulting events on Gaoliying fault, Beijing

野外 编号	采样地点 和岩性	U/ppm	Th/ppm	K ₂ O/%	α 有效 系数	剂量率 /Gy·ka ⁻¹	坪区间 /℃	等效剂量 /Gy	年龄 /ka
BJTL-01	门头沟芦井 风砂	1.8	6.0	2.82	0.001	3.483	320~350	51±13	18±4
BJTL-02	门头沟芦井 黄土	2.6	8.7	2.52	0.100±0.002	4.946	330~350	308±17	62±4
BJTL-03	门头沟芦井 黄土	3.2	17.5	2.62	0.100±0.003	7.065	320~380	304±35	42±6
BJTL-06	坨里晓右营 黄土	2.5	9.3	2.34	0.060±0.003	4.302	370~390	286±15	66±4
BJTL-08	坨里晓右营 黄土楔	2.7	9.2	2.40	0.054±0.003	4.372	370~390	39±3	9±0.7
BJTL-09	坨里晓右营 黄土	2.7	9.6	2.15	0.065±0.005	4.383	320~340	89±6	21±1.4
BJTL-10	坨里晓右营 黄土楔	2.8	9.4	2.45	0.065±0.005	4.611	310~340	59±4	13±0.9
BJTL-11	坨里辛开口 黄土状土	2.1	9.0	2.46	0.031±0.003	3.495	360~400	440±46	137±14
BJTL-12	坨里辛开口 黄土	2.6	8.6	2.52	0.100±0.003	4.996	350~370	334±22	69±5

(即 N)曲线都在约 280℃ 出现宽峰,晒退 16h 后的残余 TL(即 R)曲线在小于 400℃ 区间不出现峰
值,而且 TL 强度很低,随 β 辐射剂量增加,TL 强度上升。

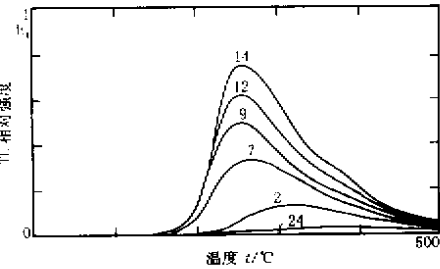


图 2 样品 BJTL-12 的细颗粒(4~11μm)
组分的发光曲线

Fig. 2 Thermoluminescent curve of fine grains
(4~11μm) from sample BJTL-12.

曲线 2 为天然 TL(N);7,9,12 和 14 分别为天然 TL 加 204,
408,600 和 800Gyβ 辐射剂量诱发的 TL 曲线,24 为天然 TL
经太阳光 16h 晒退后的 TL 曲线

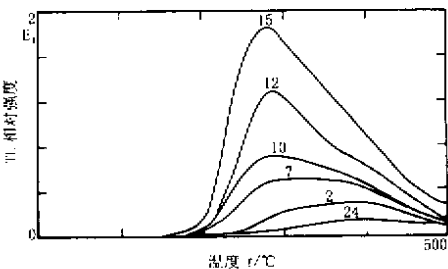


图 3 样品 BJTL-10 的细颗粒(4~11μm)
组分的发光曲线

Fig. 3 Thermoluminescent curve of fine grains
(4~11μm) from sample BJTL-10.

曲线 2 为天然 TL(N);7,10,12 和 15 分别为天然 TL 加 50,
100,175 和 350Gyβ 辐射剂量诱发的 TL 曲线,24 为天然 TL
经太阳光 16h 晒退后的残余 TL

(4) 根据上述测量结果,做出各个样品在不同加热温度的 TL 生长曲线,确定等效剂量(ED)

值(图4)以及 α 辐射剂量产生热释光的有效系数 a 值。 α 系数是在同一加热温度上 α 剂量诱发的TL生长曲线($N+\alpha$)与 β 剂量诱发的TL生长曲线($N+\beta$)的斜率之比值。通过在每10℃的间隔上确定ED值和 a 值,找出ED值‘坪’区间,这‘坪’区间的ED平均值和 a 平均值即为所测定的ED值和 a 值,如图5和图6所示。

2.3 环境辐射剂量率(D)的测定

沉积物中石英矿物颗粒所接受的环境辐射主要来源于沉积物所含U、Th和 ^{40}K 等放射性核素衰变产生的 α 、 β 和 γ 辐射,宇宙射线亦提供少量贡献。在中纬度低海拔地区埋深1m的样品宇宙射线提供的年剂量率约为0.15mGy/a(Prescott et al., 1982)。对于岩性基本一致的沉积物,通过测定样品的U、Th和K含量,利用Aitker(1985)提出的放射性核素含量与年剂量的转换系数,可确定环境中 α 、 β 和 γ 提供的年剂量率。表1给出了这批样品的U、Th和 K_2O 测定值,以及由它们换算得出的各个样品的环境辐射剂量 D (单位:Gy/ka)。表1中的各个 D 值都考虑了宇宙射线的贡献及沉积物含水量的影响。这批样品基本上取自天然陡坎附近,含水量都估计为5%,不过含水量从1%~10%的变化对 D 值影响不大于2%。

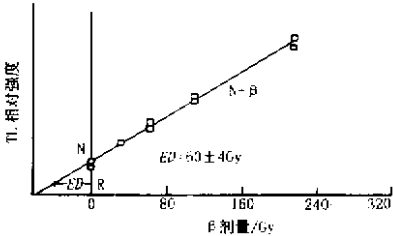


图4 样品BJTL-10在300℃的TL生长曲线及等效剂量ED值

Fig.4 TL growth curve and ED at 300℃ of sample BJTL-10.

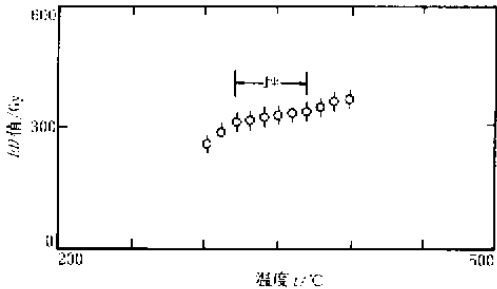


图5 样品BJTL-1的ED值坪
Fig. 5 Plot of ED versus temperature of sample BJTL-1.

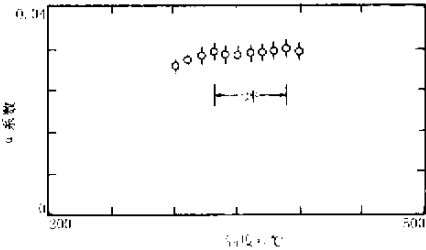


图6 样品BJTL-11的 α 系数随测量温度的变化曲线
Fig. 6 Plot of α efficiency versus temperature of sample BJTL-11.

2.4 TL测年结果讨论

这8个黄土、黄土状土样品及1个风砂样品的TL年龄测定结果列于表1。各个样品的TL年龄值代表了样品所在沉积层的沉积年龄,即沉积层中碎屑颗粒(主要是石英和长石)最后一次暴露在阳光下再被掩埋(沉积)以来所经历的时间。

表1给出的各个样品的TL年龄值总体上是令人满意的,主要事实如下:1)各个样品的细颗粒(4~11 μm)组分或粗颗粒(90~125 μm)石英的TL信号强度与接受的照射剂量之间几乎都

有良好的线性关系,即 TL 信号强度随剂量增加而增大(图 2 3 A);2)各个样品的 TL 生长曲线(图 4)中实测部分(图 4 中纵坐标轴右侧线段)几乎都 2 倍于外推部分(图 4 中纵坐标轴左侧的线段),这就保证了在加热温度上所确定的 ED 值是客观的;3)所有样品的 ED 值“坪”区间都大于 30℃,较长的“坪”区间(图 5)所得出的 ED 值平均值的可信度就高。以上 3 点表明这批样品的 TL 测量基本上是成功的,所确定的 ED 值的可靠性较高。

对于各个样品的环境剂量率(D)值的确定,其准确性可能不那么高,原因是这批样品的 U 和 Th 含量是用容量化学方法测定的,有一定的不准确性。K 含量用火焰分光光度计测定,准确性较高。从总的情况来看,这批样品的 D 值与黄土高原(Lu, et al., 1988)样品的 D 值基本一致,还是基本可靠的,这一点从下面分析各个取样点的层位关系亦可看出。

BJTL-01、-02 和 -03 取自芦井剖面(图 7)。BJTL-01 取自未被断层错动的风砂层,其 TL 年龄为 $(18 \pm 4) \text{ka}$ 。BJTL-02 取自被断层错动的马兰黄土中下部,其 TL 年龄为 $(62 \pm 4) \text{ka}$,可能稍偏大,但应是可接受的,因为马兰黄土可分为上、中、下 3 段,即 L1-1、L1-2 和 L1-3。L1-1 和 L1-3 为较粗的黄土, L1-2 通常为古土壤或严重风化和土壤化的黄土,其年龄约为 $(30 \pm 3) \text{ka}$ 至约 $(45 \pm 5) \text{ka}$ (卢演涛等, 1991)。在芦井剖面未见相当于 L1-2 的马兰黄土中段。因此, BJTL-02 样品所在层位应是 L1-3 即马兰黄土下段,其年龄为 $(45 \pm 5) \sim (83 \pm 5) \text{ka}$, BJTL-02 样品取自断层陡坎下滑的黄土块体,岩性与 BJTL-03 样品相似,可认为是 L1-3 上部黄土,后者的 TL 年龄为 $(42 \pm 6) \text{ka}$,同样是可接受的。由于这两个样品采自断层下盘的破碎带中,地层序列可能受到断层活动的影响,造成它们的年龄值倒置。

芦井剖面上覆风砂层的时代:北京地区的环境变化研究(孔昭宸等, 1980, 1982)表明,在距今约 25~13ka 华北是非常干冷的,永定河两岸植被稀疏,砂化严重。而距今 9ka 以后气候变暖,植被又繁茂起来,直至近 1~2ka,由于人类活动,局部出现风砂堆积。芦井剖面上覆风砂层的地貌形态(呈垅岗状)和植被茂盛都表明,它不是近期由于人类活动而产生的风砂堆积物,而应是末次冰期极盛期(25~13ka B.P.)永定河河滩的吹扬堆积物,因此其释光年龄为 $(18 \pm 4) \text{ka}$ 是合理的。

从缺失 L1-2 层来看,芦井剖面的断层错动更可能发生在 $(32 \sim 18) \text{ka B.P.}$ 期间。

晓右营剖面各个样品的取样位置和年龄表示在图 8。崩积楔中取的样品 BJTL-10 年龄为 $(13 \pm 0.9) \text{ka B.P.}$,这是可以接受的。而 BJTL-09 样品取自断层上升盘,看来应是晚更新世末期的沉积物,因为在该剖面上未见到北京周围山区丘陵上常见的中全新世(约 8~6ka B.P.)的淋溶褐土型或草甸褐土型古土壤。BJTL-09 样品的年龄为 $(21 \pm 1.4) \text{ka B.P.}$,也说明了这一点。应指出,该剖面中 BJTL-06 样品的 TL 年龄为 $(66 \pm 4) \text{ka B.P.}$,可能偏大。该样品的 ED 值出现两个“坪”区间,一个在 360~390℃,其平均 ED 值为 $(286 \pm 15) \text{Gy}$,另一个在 320~330℃,其平均 ED 值为 $(225 \pm 16) \text{Gy}$ 。按 TL 测年规则,在这种情况下,通常取“坪”区间较宽的平均 ED 值即 $(286 \pm 15) \text{Gy}$,得到 TL 年龄为 $(66 \pm 4) \text{ka B.P.}$,若考虑到该层沉积过程中未充分暴光,那么就应取 320℃左右的 ED 值,因为石英的 325℃TL 峰最易晒退,即取 $(225 \pm 16) \text{Gy}$,其 TL 年龄则为 $(52 \pm 4) \text{ka B.P.}$ 。这些都表明, BJTL-06 样品所在层属于马兰黄土下段(L1-3)。

在辛开口剖面(图 9), BJTL-12 样品取自马兰黄土下部,其 TL 年龄为 $(69 \pm 5) \text{ka B.P.}$ 。而 BJTL-11 样品取自可能是中更新世的红棕色亚粘土层,这种样品做 TL 测年是比较困难的。该样品的 TL 年龄为 $(37 \pm 14) \text{ka B.P.}$ 仅有参考意义,表明样品所在地层组成的台地应是中更新世

或更早形成的。

因此,上述 3 个地点至少记录了 2 次断层活动,第 1 次记录在辛开口,发生在距今 137ka 之前,而芦井和晓右营各自揭示的断层活动可能为同期,时代约距今 1.8~4.2ka。

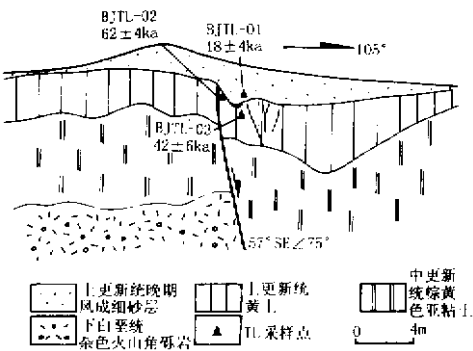


图 7 芦井断层实测剖面图

Fig. 7 Measured geological section of Lujing fault.

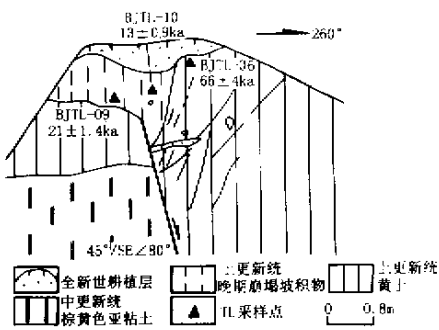


图 8 晓右营断层实测剖面图(据陈国星等,1994 修改)

Fig. 8 Measured geological section of Xiaoyouying fault (modified from Chen et al., 1994).

3 ESR 测年及结果

ESR 测定地质样品的方法虽然日益被广泛应用,然而这一技术还不十分成熟,对其测定的年龄数据要慎重应用。ESR 测年方法的原理类似于 TL 方法。

6 个断层泥样品是用 ESR 法测定年龄的,一般认为,在断层带内被压碎的石英等矿物(特别是石英有 E' 中心)ESR 信号会消失或绝大部分消失,随后石英等矿物接受 α, β, γ 辐射,又产生 E' 中心的 ESR 信号,并随接受剂量的增加 E' 中心 ESR 信号增强,因此可通过 E' 中心 ESR 信号及其与辐射剂量的关系来确定古剂量(AD)值(Rink, 1997)。

3.1 样品制备

这 6 个断层泥样品都用以下方法制备样品。首先将样品用清水浸泡 1 昼夜,筛分出粒径 0.105~0.220mm 的粒组,再用浓盐酸(HCl)浸泡 1 昼夜,去除碳酸盐类物质,再用浓的 NaOH 浸泡 1 昼夜,去除一些表面杂质。然后用蒸馏水冲洗至中性,置于烘箱中,在 40~50℃ 温度下烘干。

将烘干的测样分成 8 份,每份重量为 300mg。其中 1 份做天然 ESR 信号强度的测量,另 7 份用北京大学⁶⁰Co- γ 源照射不同的量值。辐照后的测样放置 2 周后,再进行 ESR 测量,即获得天然加辐照诱发的信号强度。

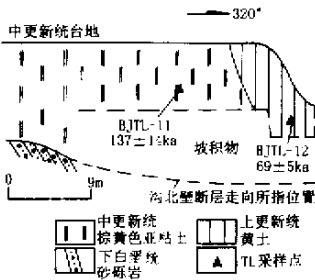


图 9 辛开口冲沟南壁综合剖面图

Fig. 9 Synthetic profile of the southern wall of Xinkaikou gully.

3.2 ESR 信号测量

各个样品经⁶⁰Co-γ照射后的 8 份测样都在中国科学院生物物理研究所的 FEIXG 型 ESR 波谱仪(日本 JEOL 公司生产)上进行 E'中心信号强度测量。测量条件:微波功率为 0.2mW,调制幅度为 0.08mT。

3.3 ED 值确定

对于每个样品,分别测量出 8 份测样的 E'中心 ESR 信号强度(即吸收谷深度),做出 E'中心 ESR 信号强度与照射剂量的相关曲线,即采用附加法获得 ED,这批样品的拟合曲线呈饱和指数。

3.4 环境剂量率(D)的测定

测定方法与前述 TL 测年中环境剂量率的测定相同,结果列于表 2。应指出,在计算中是假定 α 辐照产生的 ESR 的效率为 0.05,宇宙射线的贡献估计为 0.15mGy/a。

表 2 北京高丽营断层泥样品 ESR 测年结果
Table 2 ESR dating results of fault gouges collected from Gaoliying fault, Beijing

野外编号	地点	古剂量/Gy	剂量率/Gy·ka ⁻¹	年龄/ka
Y-3	大苑上村北	1 260 ± 378	3.983	320 ± 100
Y-4	大苑上村北	1 190 ± 358	4.422	270 ± 80
BJ-04	长辛店辛庄	1 230 ± 368	3.411	360 ± 110
BJ-05	长辛店辛庄	360 ± 109	2.789	130 ± 40
BJ-07	长辛店辛庄	350 ± 110	2.588	135 ± 40
BJ-13	长辛店辛庄	1 090 ± 328	3.524	310 ± 90

3.5 断层泥 ESR 测年结果讨论

从这 6 个断层泥样品的 ESR 测年结果(表 2)不难看出,各个样品年龄测定值的测量误差都在 30%左右,其原因之一为所加人工辐照剂量偏小。对于断层泥样品,迄今还未见较满意的测年方法,尽管不少研究者曾做过钾氩法、裂变径迹法、热释光法等测定断层泥年龄的试验,但成功的事例却极少。从目前来看,ESR 法测定断层破碎物和断层泥的研究比较深入(Fukuchi, 1989; Grün, 1989; 陈以键等, 1989; Rink, 1997),认为一定规模的断层活动能使断层泥中石英的 E'中心 ESR 信号复零,从机理上解决了断层泥 ESR 测年问题。当然,断层泥形成有其相当复杂的过程,即使采集到具有最新擦痕的断层泥样品,所测得 ESR 年龄值是否就是代表了断层最新一次运动的年龄呢?这仍需研究。但是,无论怎样,具有新擦痕的断层泥样品的 ESR 年龄总可以反映断层较新一次或几次断层活动使石英压碎后所经历的大致时间(即年龄)。

图 10 给出了 6 个样品的取样地点及断层泥 ESR 年龄值。如果仅从表 2 和图 10 的年龄数据分析,高丽营断层在基岩中的活动大体可分 2 期,最老一期发生在中更新世中期,距今约 270~360ka,在大苑上村北和长辛店辛庄都可见到活动迹象;第 2 期发生在中更新世末至晚更新世初,距今约 130~140ka,在长辛店辛庄可见到活动迹象。

4 讨论和结论

前文已述,对于断层泥样品 ESR 年龄的可靠性或地质意义,关键在于断层活动时,其先存

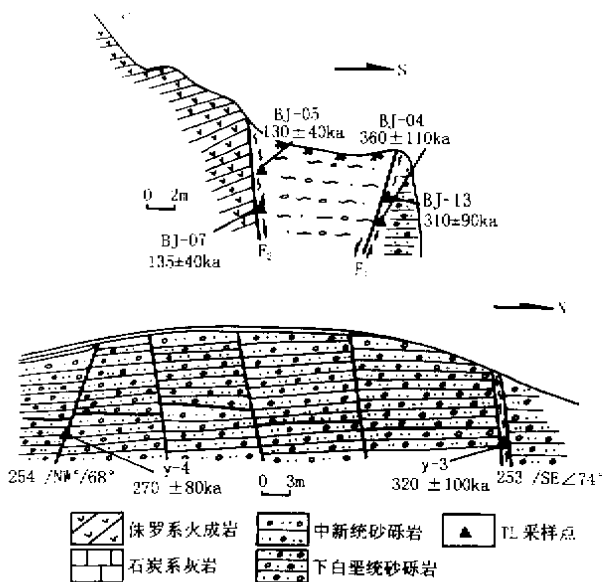


图 10 长辛店辛庄(a)和大苑上村北(b)断层破碎带示意图

Fig. 10 Sketch map of shattered fault zones at Xinzhuang village , Changxingdian countryside (a) , and the north of Dayuanshang village (b) , respectively .

积累的信号是否回零或回零程度如何。实验表明 ,只有断层活动到达一定的强度 ,才能使原先的信号回零 ,得出的年龄才能真正代表那次活动以来的时间。否则 ,只能给出一个下限年龄。

在样品采集范围内(约 20km) ,根据高丽营断层的展布特征 ,在此范围内分段的可能性较小 ,即很有可能各采样点是同时活动的。根据前文热释光测定的断层错断和覆盖物质的结果 ,高丽营断层的活动至少可有两次 ,分别发生在距今 137ka 之前和距今 1.8 ~ 4.2ka。比较 ESR 和 TL 年龄结果 ,可以肯定地说 ,最后一次的断层活动没有使大苑上村北和长辛店辛庄的断层泥 ESR 信号回零 ,可能是最后一次活动的强度较小所致。

综合考虑不同样品的年龄值及其地质意义 ,可以初步认为高丽营断层自中更新世以来可能有过 3 次活动 ,分别发生在距今 270 ~ 360 ,130 ~ 140 ,1.8 ~ 4.2ka。前两次的年龄值只能作为参考年龄。本文的实际测量表明 ,在应用地表断层泥样品的年龄时要慎重 ,它不一定代表此断层真正的最后一次活动年龄。

感谢陈国星研究员在野外采样时的帮助 ,陈以键高级工程师帮助测试分析 ESR 年龄。

参 考 文 献

- 陈国星 郑传贝 任利生. 1994. 京西黄庄 - 高丽营断层西段晚更新世的一次粘滑性活动[J]. 地震, (3): 23 ~ 28.
- CHEN Guo-xing, ZHENG Chuan-bei, REN Li-sheng. 1994. A stick-slip motion by the end of late Pleistocene along western segment of the Huangzhuang-Gaoliying fault, western Beijing[J]. Earthquake (3): 23 ~ 28 (in Chinese).
- 陈以键 赵颇 卢景芬 等. 1989. 黄河小浪底水库区断层的 ESR 年龄测定[J]. 地震地质, 11(4): 83 ~ 89.
- CHEN Yi-jian, ZHAO Po, LU Jing-fen, et al. 1989. ESR dating of faults in the area of Xiaolangdi reservoir on the Yellow River[J]. Seismology and Geology, 11(4): 83 ~ 89 (in Chinese).
- 孔昭宸 杜乃秋 张子斌. 1980. 北京地区距今 30000 ~ 10000 年的植物群发展和气候变迁[J]. 植物学报, 22(4): 39 ~ 46.
- KONG Zhao-chen, DU Nai-qi, ZHANG Zi-bin. 1980. The phytocoenosis development and climate change from 30ka B.P. to 10ka B.P. in Beijing[J]. Acta Botanica Sinica, 22(4): 39 ~ 46 (in Chinese).
- 孔昭宸 杜乃秋 张子斌. 1982. 北京地区距今 10000 年以来的植物群发展和气候变化[J]. 植物学报, 24(2): 172 ~ 180.
- KONG Zhao-chen, DU Nai-qi, ZHANG Zi-bin. 1982. The phytocoenosis development and climate change since 10ka B.P. in Beijing[J]. Acta Botanica Sinica, 22(2): 172 ~ 180 (in Chinese).
- Aitken M J. 1985. Thermoluminescence Dating[M]. London: Academic Press, 66 ~ 76, 221 ~ 226.
- Fukuchi T. 1989. ESR studies for absolute dating of fault movements[J]. Jour Geol Soc, 149: 265 ~ 272.
- Grun R. 1989. Present status of ESR dating[J]. Appl Radiat Isot, 40: 1045 ~ 1056.
- LU Yan-chou, ZHANG Jing-zhao, XIE Jun. 1988. Thermoluminescence dating of loess and paleosols from the Lantian section, Shanxi Province, China[J]. Quaternary Science Reviews, 7: 245 ~ 250.
- LU Yan-chou, Prescott J R, Robertson G B et al. 1987. Thermoluminescence dating of the Malan Loess at Zhaitang, China[J]. Geology, 15: 603 ~ 605.
- Prescott J R, Robertson G B. 1997. Sediment dating by luminescence: A review[J]. Radiation Measurements, 27(5/6): 893 ~ 922.
- Prescott J R, Slephan L G. 1982. Contribution of Cosmic-ray to environmental dose for thermoluminescence dating, Latitude and depth dependence[J]. Council of Europe Journal PACT, 6: 15 ~ 17.
- Rink W J. 1997. Electron spin resonance (ESR) dating and ESR applications in Quaternary science and archaeometry[J]. Radiation Measurements, 27(5/6): 975 ~ 1025.
- Wintle A G, Huntley D J. 1982. Thermoluminescence dating of sediments[J]. Quaternary Science Reviews, 1: 31 ~ 35.

CHRONOLOGICAL STUDY OF FAULTING EVENTS OF GAOLIYING FAULT, BEIJING

YIN Gong-ming¹⁾ LU Yan-chou¹⁾ WEI Lan-ying²⁾ ZHANG Jing-zhao³⁾

1) Institute of Geology & Laboratory of Neochronology, China Seismological Bureau, Beijing 100029, China

2) Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

3) Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, China

Abstract

Dating the age of faulting is critical to the studies of active tectonics, paleoearthquake and neotectonics, but is sometimes difficult of access. At present, two methods are commonly used to date the age of the

last faulting. The one is to date the direct products of faulting, such as fault gouge and colluvial wedge, while the other is to date the youngest sediment that was offset by faulting or the oldest sediment that was not affected by faulting.

In the region from Tuoli to Yongdinghe River, western Beijing, three types of faulting can be identified along the Gaoliying fault. The first type is that the fault displaces the older loess layer, but is covered by the younger loess layer, such as the cases at Lujing and Xiaoyouying. The second type is observed at Xinkaikou, where the fault offsets the pre-Quaternary bedrocks, but does not affect the Quaternary covering layer (loess). The third type is identified at Xinzhuang village, where the fault dissects the pre-Quaternary bedrocks, resulting in fault gouge, but no Quaternary sediment covering the faults.

According to the types of faulting and the characteristics of sediments, two dating methods were used to date the ages of faulting events on the Gaoliying fault in the region from Tuoli to Yongdinghe River, Beijing. Thermoluminescence dating method is suitable to dating eolian deposits, such as loess, and thus is used to date the loess samples affected by faulting or deposited after faulting. Electron Spin Resonance (ESR) dating method is currently the most reliable method to date fault gouge, and thus is used to date the ages of fault gouges collected from Xinzhuang and Dayuanshang villages, respectively.

Based on the ages of faulting, it is concluded that at least 3 faulting events had occurred on the Gaoliying fault at 270 ~ 360ka B.P., 130 ~ 140ka B.P and 1.8 ~ 4.2ka B.P, respectively.

Key words Faulting event, Dating, Beijing

〔作者简介〕 尹功明,男,1966年生,1987年合肥工业大学地质系地质专业毕业,在中国地震局地质研究所获博士学位。副研究员,现主要从事第四纪年代学和新构造的研究,尤其是释光(热释光、光释光)测年技术和电子自旋共振测年技术的方法及应用研究,电话:010-62009115, E-mail: yingongming@sina.com。