

对兰州市刘家堡断层的新认识

何文贵^{1,2}, 袁道阳^{1,2}, 葛伟鹏^{1,2}, 刘兴旺^{1,2}, 梁明剑^{1,2}, 郑文俊^{1,2}

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国地震局地震预测研究所兰州科技创新基地, 甘肃 兰州 730000)

摘要:以往兰州市的地学界和工程学界普遍认为兰州市存在一条自安宁到桑园峡纵贯兰州市区的刘家堡断层(亦称孔家崖断层),是一条隐伏的规模较大的全新世活动断裂,因而对市区工程建设有重要影响。本文通过钻探资料及对兰州市安宁区文华嘉苑场地大探槽的开挖证实,所谓“刘家堡断层”其实为一不同岩性的接触界面。

关键词:活断层; 兰州市; 刘家堡断层; 孔家崖断层

中图分类号: P546 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2009)01-0040-06

New Perspective for Liujiapu Fault of Lanzhou City

HE Wen-gui^{1,2}, YUAN Dao-yang^{1,2}, GE Wei-peng^{1,2},
LIU Xing-wang^{1,2}, LIANG Ming-jian^{1,2}, ZHENG Wen-jun^{1,2}

(1. Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, China;

2. Lanzhou Base of Institute of Earthquake Prediction, CEA, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Up to now, most of scholars work in geology and earthquake engineering considered that a very important Liujiapu fault (also named Kongjiaya fault) exists in Anning district of Lanzhou city, and maybe extends east to Sanyuanxia across the main urban region of Lanzhou city. The fault was determined as a Holocene active fault, so it had seriously influence to the urban engineering and architectures. In recent study, through drilling at some sites along the fault lines in Anning district, especially a large trenching study at Wenhua Jiayuan site in Anning district, we find that "Liujiapu fault" is just a interface between different terranes.

Key words: Active fault; Lanzhou city; Liujiapu fault; Kongjiaya fault

0 引言

一直以来,地质学及工程地质学界普遍认为在兰州市安宁区存在一条刘家堡断层^[1-3]。该断层“是兰州市区内的一条重要的活动断层。断层位于金城关断裂带南侧,与金城关断层平行,纵贯市区中心。断层西起安宁区杏花村,向东经刘家堡、孔家崖,过黄河经兰毛一厂、西关什字、五里铺,至桑园峡泉子沟附近,全长约40 km。其总体走向N65°W,倾向南西,倾角较陡。以孔家崖为界,该断裂东段大致呈直线型,走向为N74°W;西段总体走向N50°W,局

部偏转为N38°W(图1)”。 “断层在第四纪以来不同地质时期,其活动性质发生过明显的变化。早更新世至晚更新世晚期,表现为高角度正倾滑性质,即南西盘下降,北东盘上升。在同一深度南西盘为五泉砾岩,北东盘为紫红色、黄色砂岩。晚更新世晚期至全新世,表现为高角度逆倾滑性质,即南西盘上升,北东盘下降。”并认为刘家堡断层是一条全新世活动断层^[2-3]。

刘家堡断层主要是由钻孔及水文电测深资料确定的,其第四系垂直断距约100~185 m左右^①。另

收稿日期:2008-05-26

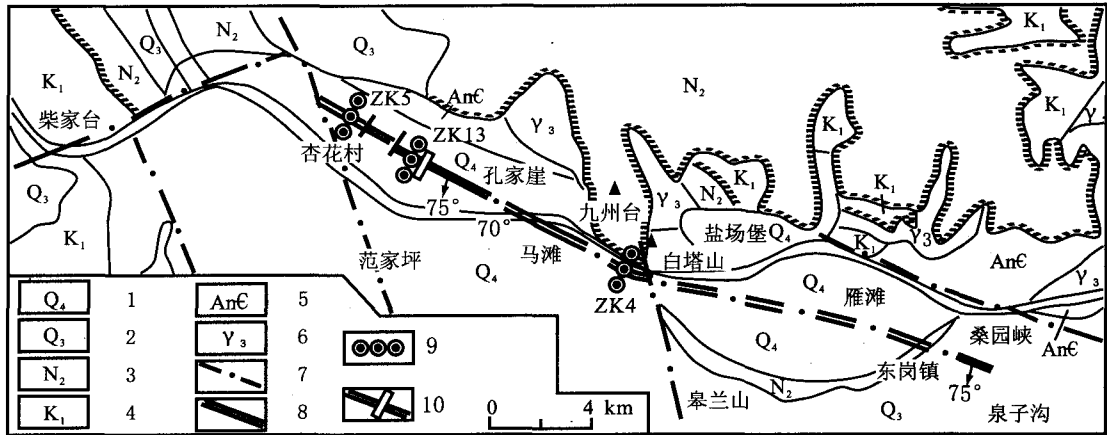
基金项目:中国地震局十五重点建设项目——兰州市活断层探测与地震危险性分析(1-4-48);中国地震局兰州地震研究所论著编号:LC2009005

作者简介:何文贵(1963-),男(汉族),吉林白城人,正研级高工,主要从事地震地质学方面的研究工作。

① 甘肃省地质矿产局.地质构造与区域稳定性分区图说明书(兰州市幅、西固城幅).1988.

外,王进宝等^[1]根据安宁区某工程场址横跨断层的钻探资料分析,认为刘家堡断层北东盘卵石层顶面埋深一般 5 m 左右,基岩顶面埋深一般 7 m 左右,断层南西盘卵石层顶面埋深约 3 m,其下部为下更新统五泉砾石层,顶面埋深 10 m 左右,在 20 m 以

下未见基岩。根据卵石层垂直间距为 1.2~2.8 m (平均 2.2 m),按 II 级阶地¹⁴C 年代为 1.1×10^4 a 计算,得到全新世以来平均垂直滑动速率为 0.2 mm/a。



1. 全新统; 2. 上更新统; 3. 上第三系; 4. 下白垩统; 5. 前寒武系; 6. 花岗岩; 7. 隐伏断层; 8. 刘家堡断层; 9. 钻孔位置; 10. 探槽位置

图 1 兰州市刘家堡断层平面展布图(据文献[1]修改)

Fig. 1 Distribution of Liujiapu fault in Lanzhou city(From reference[1]).

由于该断层位于兰州市中心地区,其地震地质意义十分重大,在《兰州市活断层探测与地震危险性评价》项目实施过程中,对该断层进行了各种手段的探测,并取得了许多新成果^[4-6]。基于浅层人工地震探测和电成像探测等物探工作,我们选择了 4 处场

地进行钻探和 1 个场地槽探验证,其位置分别位于刘家堡断层西段安宁区的兰州师范学校,断层中段的裴家营十字、文华嘉苑工程场地和断层东段的小西湖立交桥等地(图 1)。验证结果使我们对于兰州市的活断层研究和兰州盆地性质有了新的认识。

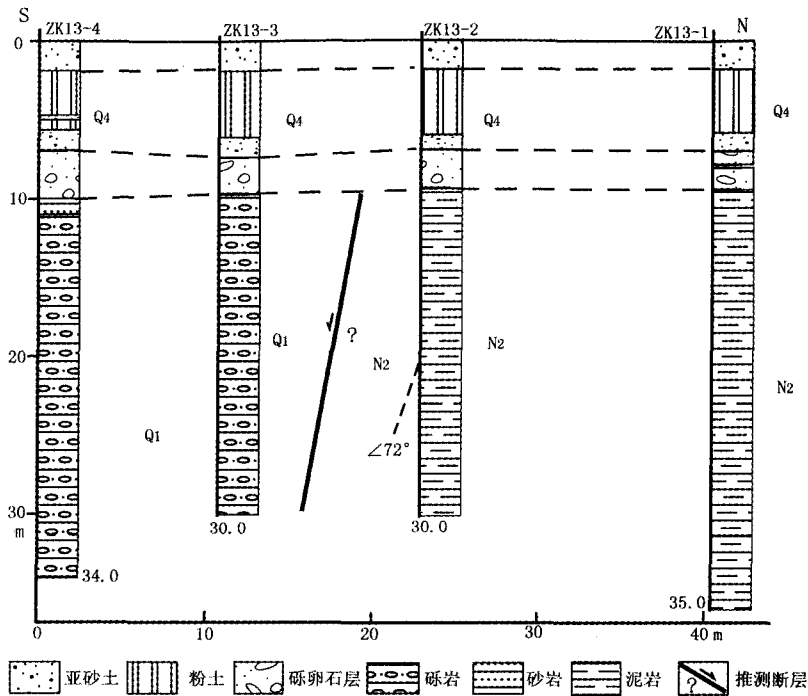


图 2 安宁银滩路文华嘉苑钻探剖面图

Fig. 2 Drilling section at Wenhua Jiayuan, Yintan road in Anning district of Lanzhou city.

1 银滩路文华嘉苑钻探、槽探结果

在位于文华嘉苑工程场地内(图1中ZK13),钻探结果揭示两套地层之间存在间断面(图2),北侧阶地砾石层之下为第三系砂泥岩,南侧为第四系砂砾岩,它们之间就是前人认为的刘家堡断层。

我们在钻探判定的断层位置进行了大探槽开挖。该探槽地貌上位于黄河I级阶地,探槽长约上部长35 m,下部长约27 m,上部宽约13 m,下部宽约1.5 m,深约11 m。剖面(图3)出露的地层如下:

④人工填土层:土黄色、黑灰色人工填土,以黄土为主,夹有垃圾及砖块。厚约0.35 m;

⑤黄土层:土黄色黄土状粉土,较疏松,厚约2.8 m;

⑥粘土层:褐红色粘土,厚约0.5~0.7 m;

⑦黑土层:灰黑色,含砂,厚约1.2 m;

⑧粉砂层:土黄色与铁锈黄色、铁锈红色粉砂互层;厚约2.1 m;

⑨卵石层:灰白色、青灰色卵石,一般粒径为5~8 cm,大者可达15~20 cm,砾石磨圆度好,分选性较好,为冲积成因,厚度1.6~2.0 m

-----不整合-----

⑩砾石层:青灰色,一般砾石粒径为2~3 cm,大者可达5~8 cm,砾石磨圆度好,分选性较好,为冲积成因,半胶结,厚度不详;

⑪砂层:土黄色中砂层,疏松,厚约0.1 m;

⑫砾石层:土黄色砾石层,一般砾石粒径为3~5 cm,大者可达10 cm,砾石磨圆度好,分选性较好,为冲积成因,砾石层受挤压而变形,半胶结,厚约1.2 m;

⑬砂层:青灰色中砂层,受挤压而变形,疏松,厚约0.2 m;

⑭砾石层:青灰色砾石层,一般砾石粒径为2~5 cm,大者可达15 cm,砾石磨圆度好,分选性较好,为冲积成因,砾石层受挤压而变形,半胶结,厚约0.3 m;

⑮砂层:青灰色中砂层,受挤压而变形,疏松,厚约0.2 m;

⑯砾石层:青灰色、土黄色砾石层,一般砾石粒径为2~5 cm,大者可达10 cm,砾石磨圆度好,分选性较好,为冲积成因,砾石层受挤压而变形,半胶结,厚约0.7 m;

⑰砂层:土黄色中砂层,受挤压而变形,较疏松,厚约0.2 m;

⑱砾石层:土黄色、青灰色砾石层,一般砾石粒径为3~5 cm,大者可达10 cm,砾石磨圆度好,分选性较好,为冲积成因,砾石层受挤压而变形,半胶结,厚约2.6 m;

⑲砂层:青灰色中砂层,受挤压而变形,半胶结,厚约0.4 m;

⑳砾石层:土黄色砾石层,一般砾石粒径为2~5 cm,大者可达10 cm,砾石磨圆度好,分选性较好,为冲积成因,砾石层受挤压而变形,半胶结,厚约0.5 m;

㉑砂层:青灰色中砂层,受挤压而变形,半胶结,厚约0.1 m;

㉒砾石层:土黄色砾石层,一般砾石粒径为2~5 cm,大者可达10 cm,砾石磨圆度好,分选性较好,为冲积成因,砾石层受挤压而变形,半胶结,厚约0.5 m;

㉓砾石层:青灰色砾石层,一般砾石粒径为2~5 cm,大者可达10 cm,砾石磨圆度好,分选性较好,为冲积成因,砾石层受挤压而变形,半胶结,厚约0.4 m;

㉔砾石层:土黄色砾石层,一般砾石粒径为2~5 cm,大者可达10 cm,砾石磨圆度好,分选性较好,为冲积成因,砾石层受挤压而变形,半胶结,厚约2.3 m;

㉕砾石层:青灰色砾石层,一般砾石粒径为2~5 cm,大者可达10 cm,砾石磨圆度好,分选性较好,为冲积成因,含有薄砂层,半胶结,厚约0.3 m;

㉖砾石层:土黄色砾石层,一般砾石粒径为2~5 cm,大者可达10 cm,砾石磨圆度好,分选性较好,为冲积成因,半胶结,厚约0.6 m;

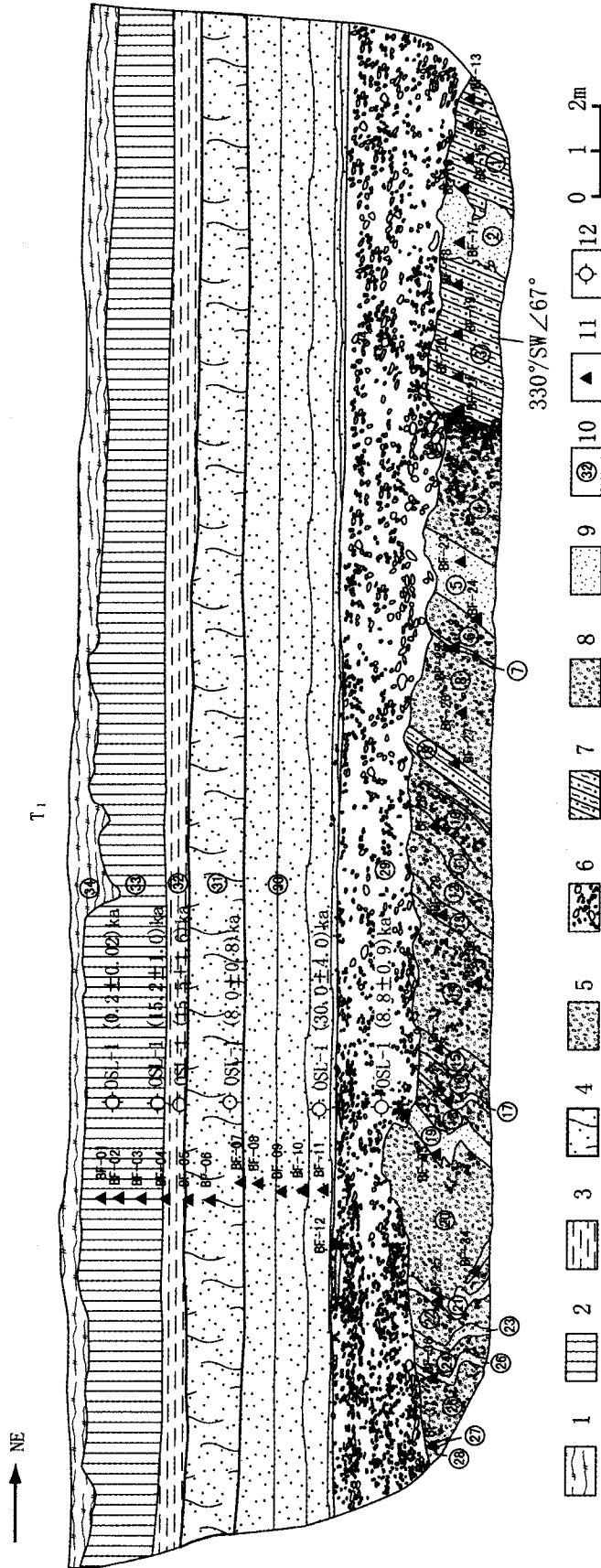
㉗砾石层:土黄色夹青灰色石层,一般砾石粒径为2~5 cm,大者可达10 cm,砾石磨圆度好,分选性较好,为冲积成因,半胶结,厚约0.4 m;

㉘砾石层:青灰色砾石层,一般砾石粒径为3~5 cm,大者可达10 cm,砾石磨圆度好,分选性较好,为冲积成因,含有薄砂层,半胶结,厚约1.4 m;

㉙泥岩:砖红色泥岩团块夹少量砾石,半胶结,厚约0.5 m;

㉚砾石层:土黄色砾石层,一般砾石粒径为3~5 cm,大者可达10 cm,砾石磨圆度好,分选性较好,为冲积成因,半胶结,厚约2.5 m;⑳砂层:青灰色中砂层,半胶结,厚约0.1 m;

㉛砾石层:青灰色砾石层,一般砾石粒径为2~5 cm,大者可达10 cm,砾石磨圆度好,分选性较好,



1. 人工填土层; 2. 黄土层; 3. 红粘土层; 4. 黑土含砂层; 5. 红色粉砂层; 6. 阶地砾石层; 7. 红色泥岩; 8. 砾岩; 9. 砂岩; 10. 地层编号; 11. 孢粉取样品; 12. 光释光 (OSL) 取样品

图 3 兰州安宁区文嘉苑工程场地大探槽剖面图

Fig.3 Trench log at Wenhua Jiayuan site in Anning district of Lanzhou city.

为冲积成因,半胶结,厚约 0.6 m;

⑤砂层:青灰色厚层状中砂层,半胶结,厚约 1.5 m;

④砾卵石层:上部为土黄色砾石层,一般砾石粒径为 3~5 cm,大者可达 10 cm,砾石磨圆度好,分选性较好;下部为青灰色卵石层,一般砾石粒径为 10 cm 左右,大者可达 15~20 cm,半胶结,厚约 2.8 m;

-----不整合-----

③泥岩:桔黄色厚层状泥岩,胶结成岩,厚约 3.5 m;

②砂层:桔黄色粗砂层,半胶结,发育有一条节理,厚约 1.3 m;

①泥岩:砖红色泥岩夹薄层石膏,未见底。

我们对探槽剖面进行了拍照、绘图和主要层位采样后。样品经中国地震局地质研究所地震动力学实验室的孢粉分析结果表明:剖面下部 25 块孢粉样品中发现孢粉 2908 粒,其中乔木植物花粉居多,占总数的 82.7%,灌木及草本植物花粉和蕨类植物孢子分别为 10.9%和 6.2%。因松、桦及冷杉的明显变化可将其划分为 2 个花粉带:WH13-21 为松-冷杉-麻黄花粉带,WH22-37 为松-桦-冷杉花粉带。剖面中下部桔红色泥岩(WH13-21)与其上的淡土黄色砂砾岩(WH22-37)沉积时期的古植被及古气候反映的是上新世及早更新世地史时段的古环境,将其时代定为上新世(N₂)泥岩和早更新统(Q₁)砾岩,它们构成阶地的基座。岩层倾角从北向南逐渐变缓的特征,表明其具生长地层的性质,内部存在多处挠曲现象。在泥岩和砾岩之间的接触面上无任何错动的形迹,并可以发现风化壳的存在。

其结果与前人的认识出现较大差别。主要表现

在:构成下部基座的砾石均已倾斜变形,并略具胶结,其颜色为淡土黄色,与上部 I 级阶地青灰色河流卵石层差别明显。以往人们仅仅依靠钻孔岩芯往往难以区分,常常将上下两套砾石层误认为是一套地层,至少是分界线难以准确划分。剖面中层③与层④之间的不整合界面就是根据物探、化探及钻探所确定的刘家堡断层的位置。因此,该探槽剖面结果显示前人提出的刘家堡断层实际上并非断层,而是两套地层之间的岩性界线。上部覆盖的水平地层为黄河 I 级阶地二元结构沉积,在其底部砾石层中的夹砂层采的 OSL 年代为 8.8±0.9 ka 较为可靠,但有部分样品年代倒置且偏老不可靠。根据孢粉该剖面中①~③层为上新统地层,④~⑤层为上新统至早更新统地层,证明刘家堡断层是第三系上新统泥岩与第三系上新统至第四系早更新统砾岩之间的一个不整合界面。

2 桃林路兰州师范学校钻探结果

我们在兰州师范学校附近布置钻探进行验证(图 1 中 ZK5),从钻探结果对比图(图 4)可见,南侧的 ZK5-1~ZK5-3 上部为黄河 II 级阶地堆积物,下部为 Q₁ 半胶结的砂砾岩,由于岩石较疏松,岩芯破碎,岩层产状不清;而北侧的 ZK5-4~ZK5-5 上部为黄河 II 级阶地堆积物,与南侧的 ZK5-1~ZK5-3 可以对比,层位稳定,下部为 N₂ 紫红色砂岩、泥岩。其中 ZK5-4 在 24.2 m 揭露出 Q₁ 砾岩与 N₂ 砂泥岩之间的不整合面,倾角约 45°。结合在断层中段文华嘉苑开挖的探槽剖面可知,判断二者之间应为不整合岩性界线,而非断层。

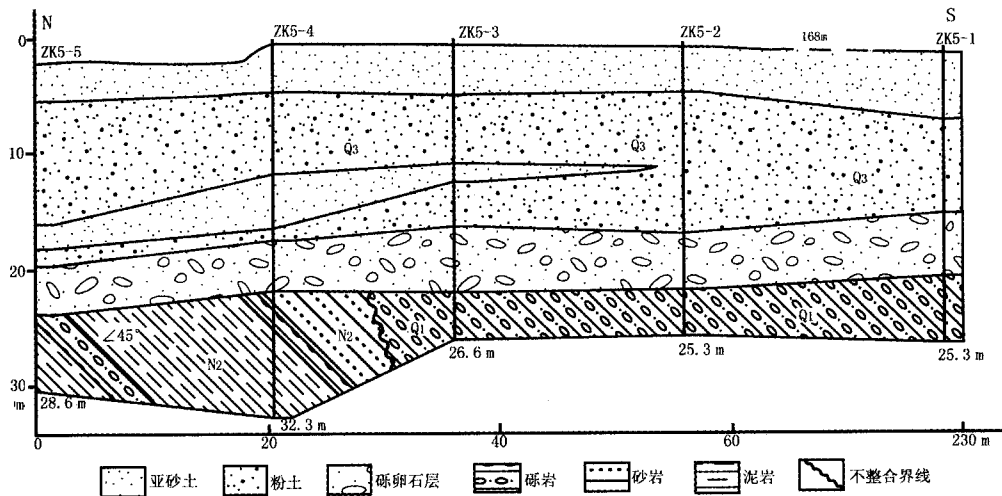


图 4 安宁区兰州师范学校钻孔剖面图

Fig. 4 Drilling section at Lanzhou Normal School in Anning district of Lanzhou city.

3 小西湖立交桥钻探结果

为了获得刘家堡断层东段的真实情况,我们在小西湖立交桥下面进行了加密钻探(位置见图1),共打了7个钻孔,利用工勘孔2个(HZ-6、HZ-7)。从钻孔对比剖面(图5)可见;ZK4-1~ZK4-6在钻过6~7m的黄河河漫滩卵石层之后,下部均为淡土黄色的略具胶结的砾石层,但岩芯破碎,产状不清,推测时代为 Q_1 ;ZK4-7在钻过7m左右的黄河河漫滩卵石层之后,下部为淡土黄色砾石层,至18.8m钻到

了不整合面上,其以下为淡紫红色砂泥岩(N_2),无错动迹象;HZ-6和HZ-7均为利用的岩土工程勘探孔,在钻过6~7m左右的黄河河漫滩卵石层之后,下部全为淡紫红色泥岩(N_2)。从对比剖面图可见,南侧砾岩层与北侧泥岩之间的接触界线南倾,此界面即为前人判断的刘家堡断层(正断)。参考中段文华嘉苑场地大探槽开挖结果,判断二者间为岩性界线,非断层。

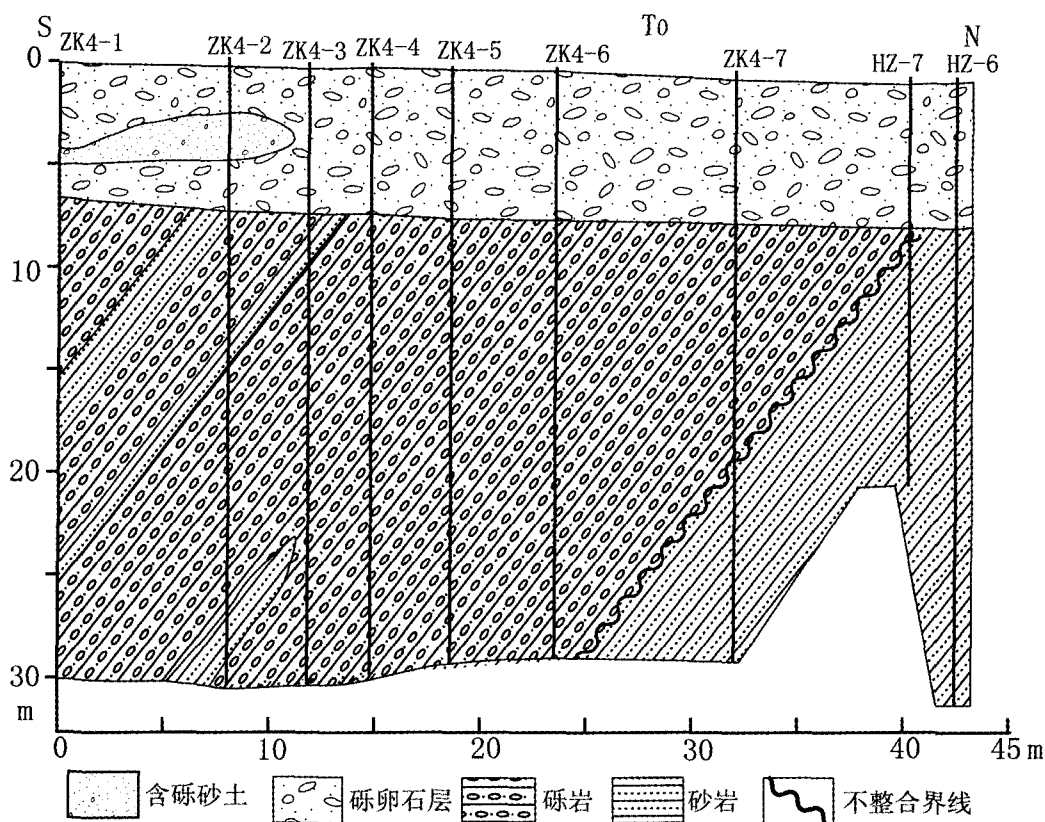


图5 七里河区小西湖立交桥钻孔剖面图

Fig. 5 Drilling section at Xiaoxihu overpass in Qilihe district of Lanzhou city.

4 结论

本项目所获得的沿断层一系列钻探,特别是大型探槽资料表明,前人提出的刘家堡断层实际上为第三系上新统泥岩与第四系下更新统砾岩之间的岩性界线,而非断层。而对于前人认为兰州是一个断陷盆地的说法也是一个否定,“刘家堡断层”实际上应该是兰州向斜盆地的北部边界,对于刘家堡断层的否定,为兰州市扩大了有效建设用地,对兰州市的建设和发展做出了重要的贡献。探测过程为其它城市开展活断层探测提供了成功范例。

[参考文献]

- [1] 王进宝,戴华光,丁伯阳,等. 兰州市刘家堡断裂活动特征[J]. 西北地震学报,1998,20(3): 92-94.
- [2] 戴聚昌,袁道阳. 兰州地区活动构造的基本特征[J]. 高原地震,2002,14(3): 35-40.
- [3] 袁道阳,刘小凤,郑文俊,等. 兰州地区活动构造格架与变形特征[J]. 地质学报,2004,78(5): 626-632.
- [4] 袁道阳,王兰民,何文贵,等. 兰州市地震活断层探测新进展[J]. 地震地质,2008,30(1): 236-249.
- [5] 刘兴旺,袁道阳,葛伟鹏. 兰州黄河阶地高精度GPS测量与构造变形研究[J]. 西北地震学报,2007,29(4): 341-346.
- [6] 卢育霞,王振明,王兰民,等. 兰州盆地活断层的高分辨率浅层地震勘探技术[J]. 西北地震学报,2008,30(4): 344-353.