

文章编号: 1007-2993(2022)06-0431-06

西安地裂缝勘察特殊情况探讨

王富辉 徐张建 燕建龙 王永刚 赵治海

(西北综合勘察设计研究院, 陕西西安 710003)

【摘要】 西安地裂缝一般场地的勘察方法较成熟, 而复杂场地地裂缝勘察尚无成熟的方法及判别标准。根据西安地裂缝场地的地质构造、沉积环境、地层成因及特殊工程地质性质, 结合西安地裂缝分布规律及发育特征, 在一般场地地裂缝勘察方法的基础上, 综合复杂场地的地裂缝勘察经验, 对西安地裂缝勘察时的几种特殊情况予以归纳总结和探讨, 得出了二类标志层错断不明显的二类场地、二三类场地交汇地段、近地表有出露迹象的三类场地、地裂缝两侧地下水水位异常场地的勘察方法及判别标准。分析结论可为复杂场地的西安地裂缝勘察提供一定的借鉴。

【关键词】 西安地裂缝; 地裂缝勘察; 标志层

【中图分类号】 P 642

【文献标识码】 A

doi: 10.3969/j.issn.1007-2993.2022.06.001

Discussion on Special Cases in Investigations of Xi'an Ground Fissures

Wang Fuhui Xu Zhangjian Yan Jianlong Wang Yonggang Zhao Zhihai

(Northwest Research Institute of Engineering Investigations and Design, Xi'an 710003, Shaanxi, China)

【Abstract】 The investigation method of ground fissure in general site in Xi'an is relatively comprehensive, but there is no improved criterion for ground fissure investigation in complex site. According to the geological structure, sedimentary environment, formation causes and special engineering geological properties of Xi'an ground fissure site, combined with the distribution law and development characteristics of Xi'an ground fissure, on the basis of general site ground fissure investigation methods and the ground fissure investigation experience of complex site, several special situations of Xi'an ground fissure investigation are summarized and discussed. The investigation methods and criteria are obtained for class 2 sites where the fault of class 2 marker layer is not obvious, the intersection of class 2 and class 3 sites, class 3 sites with exposure signs near surface, and sites with abnormal groundwater level on both sides of ground fissures. The analysis results can provide reference for the investigation of Xi'an ground fissures in complex sites.

【Key words】 Xi'an ground fissures; investigation of ground fissures; symbolic layer

0 引言

西安地裂缝是一种特殊的城市地质灾害, 在工程建设中也是一种特殊的岩土工程问题^[1-2]。在涉及西安地裂缝的工程场地进行规划设计前应进行地裂缝勘察, 为设计提供场地内的地裂缝展布资料, 以确定建筑物对地裂缝的避让距离及选择适宜的基础型式^[3]。

目前对于《西安地裂缝场地勘察与工程设计规程》(DBJ 61—6—2006)^[4]及修订版的《西安地裂缝场地勘察与工程设计规程》(DBJ 61/T 182—2021)^[5]规定的相对简单的一、二、三类地裂缝场地, 西安地裂缝勘察已有成熟经验, 但还存在一些复杂、特殊的

地裂缝场地, 对于这些复杂、特殊场地内的地裂缝勘察, 目前还没有成熟的判别标准, 地裂缝勘察难度较大。因此, 对西安地裂缝勘察时特殊情况予以归纳总结和探讨很有必要, 以期达到总结规律、统一勘察判别标准、指导以后西安地裂缝的勘察工作。

1 西安地裂缝特征

西安市地处渭河盆地中央的西安凹陷区^[6-7], 处于几个构造体系的复合部位, 区内分布的断裂主要有: 南侧的临潼—长安断裂, 北侧的渭河断裂, 东侧的泾河断裂、灞河断裂及泾灞河断裂, 西侧的皂河断裂、沣河断裂以及次一级的小断裂。西安区内构造形迹主要表现为隐伏断裂构造, 按其走向可分为 EW 向、

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41807282)

作者简介: 王富辉, 男, 1977年生, 汉族, 河南泌阳人, 硕士, 正高级工程师。研究方向为工程勘察、基坑与边坡、地质灾害、地基处理的理论与实践。E-mail: 564895882@qq.com

NE向和NW向三组。临潼—长安断裂见图1。

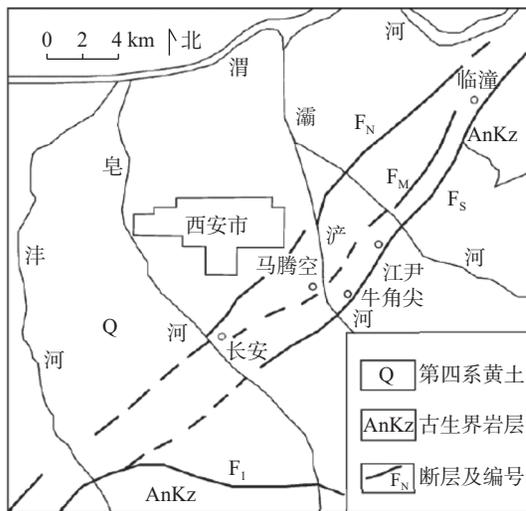
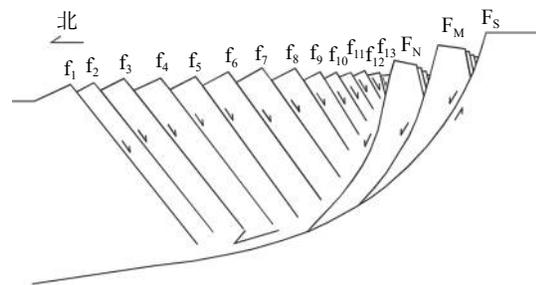


图1 临潼—长安断裂

20世纪70年代以来,通过对西安地裂缝的不断研究,先后提出了抽水成因^[6-7]、构造成因^[8-9]及复合成因^[10-12],到现阶段对其成因及形态基本形成了统一的认识,即西安地裂缝是在过量开采承压水,产生不均匀地面沉降的条件下,临潼—长安断裂带(F_N)西北侧(上盘)一组北东走向的隐伏地裂缝出现活动,在地表形成的破裂。门玉明等^[13]提出了西安地裂缝的剖面结构特征、活动趋势与工程寿期内的位错量预测等几个重要的科学问题;黄强兵等^[14]对西安地裂缝的基本特征及活动趋势进行了分析;邓亚虹等^[1]以渭河盆地为原型,采用有限元数值分析方法,分析了基底伸展作用下盆地浅表层岩土介质和多级破裂系统的应力和变形响应特征,并揭示了基底伸展变形与该区域地裂缝之间的成因关系;宋彦辉等^[15]论述了西安地裂缝勘察场地类型的划分,并分析了三类勘察场地隐伏地裂缝识别存在的问题;王卫东等^[16]分析了渭河盆地及邻区介质品质因子分布、震源机制解与应力场和形变场特征。慕焕东等^[17]以西安地裂缝为研究对象,基于室内振动台试验及FLAC3D数值模拟,分析了地裂缝场地动力响应中的加速度幅值动力响应特征;胡鹏^[18]利用BP神经网络的非线性映射功能和自适应学习能力实现了对灾害活动的预测;田中英等^[19]在西安市大寨路附近开展了地裂缝地球物理多方法联合勘探研究,并根据区内地裂缝的展布特征推测其形成的主要原因有两种;聂智亚^[20]探讨了西安市地裂缝灾害的特征和成因分类,用模糊综合评判法对地裂缝灾害进行了危险性评价;易学发等^[21]利用实地观察和测量资料描述了西安地裂缝的基本特征,认为西安市区超采地下承压水导致地面大

幅度下沉是西安地裂缝产生和发展的主要原因。

西安地裂缝是构造运动加剧时期的产物,分布在临潼—长安断裂西北侧(上盘),西安断陷的东南边缘地区,西安地裂缝的形成受其南侧临潼—长安断裂控制。西安地裂缝总体倾向东南,与临潼—长安断裂带倾向相反,剖面上呈“Y”字型,见图2。西安断层组属西安地区与秦岭山前临潼—长安断裂的次级派生断裂,走向北东,南倾,切断了晚更新世黄土层底部的古土壤层。该断层组是西安地裂缝发育的基础,西安地裂缝是该断层组的地表反映,形成了特有的黄土梁洼地貌,也反映了西安地裂缝与黄土梁洼地貌的构造同源性。



西安地裂缝: f_1 — f_{13} ; 临潼—长安断裂: F_S 、 F_M 、 F_N

图2 西安地裂缝成因模式图

20世纪70年代以来,地裂缝活动的加剧与同一时期华北和西南地区的地震有关,并且受到西安地区过量开采地下深层承压水产生的地面沉降影响。20世纪90年代以前,西安市城市用水全部取自地下水,而且城郊和许多单位尚有数百口自备井,集中开采埋深100~300m的深层承压水。由于长期过量抽取同一层位的承压水,使区域水位下降,由此引发了深层承压含水层的压密,使该时期内抽水引起的地面沉降量大于构造活动的沉降量,出现了严重的地面沉降,并加剧了西安地裂缝的发展(见图3)。

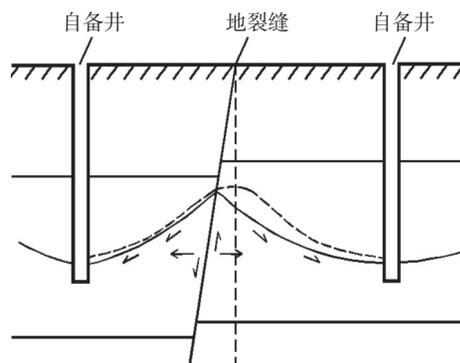


图3 地裂缝控水示意图

迄今为止,西安地区已查明的地裂缝主要有13条,包含主裂缝及其次生裂缝,自北向南依次编号为 f_1 — f_{13} ,表现为与西安断层组构造同源的黄土梁洼

地貌特点(见图4)。自渭河南岸二级阶地开始,由北向南各条地裂缝之间的距离逐渐减小,在靠近临潼—长安断裂的长安区辖区内地裂缝分布较密集,近临潼—长安断裂的区域内地表浅层微破裂增多,亦表现为受临潼—长安断裂构造控制的特点。

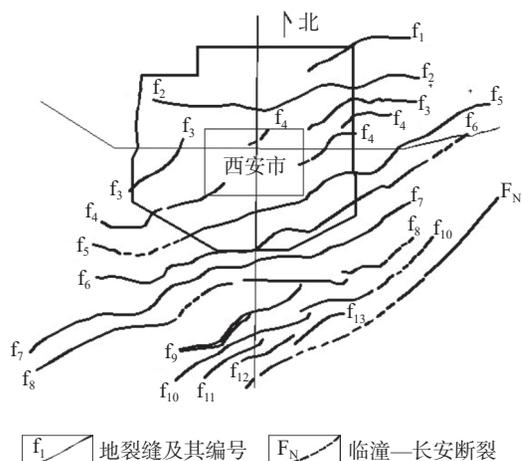


图4 西安地裂缝分布示意图

西安地裂缝的展布方向主要为NE—NEE向,倾向SE,倾角约在 $70^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 之间。受早期构造活动强弱及人工开采深层地下水等因素的影响,各条地裂缝的发展及活动速率不同,表现为古土壤等标志层的垂直错断断距各异。地裂缝对地表建(构)筑物的破坏表现为建筑物开裂变形、地面及道路破裂、管道(沟)变形或错断等,造成了巨大的经济损失。

2 西安地裂缝的一般勘察方法

自1976年唐山大地震后,伴随着工程建设的蓬勃发展,工程技术人员及研究人员对西安地裂缝的认识不断深入,有关西安地裂缝的勘察方法逐渐成熟^[22-23],形成了西安地裂缝勘察的地方标准,于2006年发布了《西安地裂缝场地勘察与工程设计规程》(DBJ 61—6—2006)^[4],并于2021年经修订后发布了新版《西安地裂缝场地勘察与工程设计规程》(DBJ 61/T 182—2021)^[5](以下简称《规程》)。

《规程》基本确立了以现场调查、钻探、槽探、人工浅地震反射波法为主,辅以建筑物及地面变形监测的西安地裂缝勘察方法。

《规程》根据地裂缝场地勘探标志层的不同,将地裂缝场地分为一、二、三类,并规定了各类场地地裂缝勘察的勘探精度修正值(Δ_k)。

(1)一类场地:符合以下全部条件的地裂缝场地称为一类场地,地表破裂为一类场地的勘探标志层(简称一类标志层)。

①场地内的地裂缝是活动的,在地表层已形成

破裂;

②地表破裂具有清晰的垂直位移,地面呈台阶状;

③断续或连续的地表破裂延伸距离较长;

④地表破裂位置与错断上更新统或中更新统隐伏的地裂缝位置相对应。

(2)二类场地:地表无破裂时,符合以下全部条件的地裂缝场地称为二类场地。上更新统和中更新统红褐色古土壤是二类场地的勘探标志层(简称二类标志层)。

①场地内的地裂缝现今没有活动,或活动产生的地表破裂已被人类工程活动掩埋;

②场地内埋藏有上更新统或中更新统红褐色古土壤。

(3)三类场地:不符合一类场地、二类场地条件的地裂缝场地都属于三类场地。三类场地的勘探标志层有以下三种(简称三类“相对标志层”):

①埋藏深度40 m以下的中更新统湖相地层;

②埋藏深度60 m以下可连续追踪的多个人工地震反射层;

③埋藏深度40 m以上的泾灞河阶地全新统、上更新统粗粒相地层。

3 西安地裂缝勘察特殊情况

西安市地处渭河盆地中央的西安凹陷区,受临潼—长安断裂、渭河断裂的影响及地表河流的冲蚀、搬运堆积及改造,西安地裂缝分布区的地貌单元较多,有黄土梁洼,渭河一、二、三级阶地,泾灞河河床、漫滩、一、二、三级阶地,皂河一、二、三级阶地等。在实际工程场地中,大部分属于单纯的一、二、三类地裂缝勘察场地,但隐伏状通过的地裂缝工程场地有时较复杂,有的工程场地跨不同的地貌单元,有的工程场地表象为二类地裂缝勘察场地而实际应属三类地裂缝勘察场地,有的工程场地尽管属三类地裂缝勘察场地,但后期在地表或近地表有规律性的地裂缝出露形迹,也有的工程场地地裂缝两侧地下水位明显异常等。根据大量的地裂缝勘察工程实例,对上述几种特殊情况分别予以归纳和探讨。

3.1 二类地裂缝勘察场地的上更新统(Q_3)古土壤垂直错断不明显

依据《规程》,有些工程场地看似属二类地裂缝勘察场地,但二类标志层——上更新统(Q_3)古土壤垂直错断不明显,垂直断距大多小于1.0 m,且无中更新统(Q_2)古土壤作为二类标志层。在这种地裂缝勘察场地条件下,应首先采用人工浅地震反射波法初步确定深部地层的大致异常位置,再用内插钻孔法进

行深孔(孔深 60~80 m)勘探确定深部 40~80 m 的中更新统湖相地层(三类标志层)错断位置,此时布置的勘探孔间距不宜大于 10 m;然后在已确定三类标志层错断位置的相邻两钻孔之间继续采用内插钻孔法进行浅孔勘探,孔深以确认穿透二类标志层——上更新统(Q_3)古土壤为准,此时布置的勘探孔间距不宜大于 4 m,以保证地裂缝勘探精度修正值(Δ_k)不小于 2 m 的要求;最后将分别确定的三类标志层和二类标志层错断位置连线,并根据西安地裂缝南倾的特点向北侧地表投射,从而获得地裂缝地面坐标点及实际地裂缝倾角等展布特征。根据大量的工程经验数据,实际地裂缝倾角在 $70^\circ \sim 90^\circ$ 之间。

以在浐河三级阶地勘察隐伏状的西安地裂缝 f_{13} 为例,二类标志层——上更新统(Q_3)古土壤垂直错断不明显,垂直断距仅为 0.95 m,三类标志层——中更新统(Q_2)的冲积卵石层错断明显,垂直断距为 5.99 m。将分别确定的三类标志层和二类标志层错断位置连线及推延,可得到勘探精度修正值(Δ_k)为 2 m 的较准确的地裂缝地面坐标点及实际地裂缝倾角(约 87°)。浐河三级阶地 f_{13} 地裂缝典型剖面见图 5。

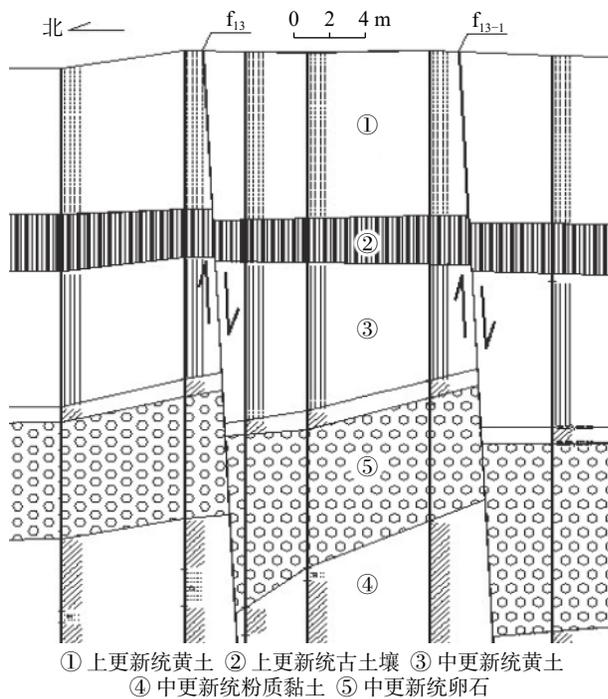


图 5 浐河三级阶地 f_{13} 地裂缝典型剖面

3.2 疑似二类地裂缝场地

西安市西南郊大部分场地地貌单元属皂河一、二级阶地,历史上皂河摆动幅度较大,形成了较宽广的一、二级阶地及其交互区,大部分场地二类标志层——上更新统(Q_3)古土壤以上的黄土层遭受了不同程度的冲蚀、搬运和堆积,改造后形成黄土状土,局

部形成窝状砂类土堆积。尤其皂河一级阶地最为典型,在这种场地内的上更新统(Q_3)黄土及古土壤均遭受了皂河改造,但搬运距离较短,表现为疑似古土壤层存在,且该层层厚、埋深等规律性也较强。在这种场地进行地裂缝勘察时,极易将经改造搬运后的次生古土壤层作为二类场地的标志层——上更新统(Q_3)古土壤,从而误导了勘察人员。现场进行地层鉴别时,应区分清楚原生古土壤层和这种搬运改造后的古土壤层两者之间的区别:原生古土壤系风积成因,颜色为浅褐红—棕黄—棕—棕红色,土质均匀,具有块状结构、不同程度的含钙质淋滤条纹,底部形成厚度不一的钙质富集呈钙板,在同一个场地内的颜色和结构性变化较小;而搬运改造后的古土壤层,准确地判定应为第四系全新统冲洪积黄土状土或粉质黏土,系河流冲洪积成因,颜色不均一,土质较杂乱,可见河流搬运作用形成的异性团粒状结构,若将之浸入清水中清洗后可见砂颗粒等河流搬运改造痕迹。

在类似场地进行地裂缝勘察时,不可将搬运改造后的古土壤层作为二类场地的标志层,应进行深孔(孔深 60~80 m)勘探,并以 40~80 m 的中更新统湖相地层(三类标志层)作为地裂缝判别依据。

3.3 二、三类地裂缝勘察场地交汇地段

根据许多工程实例,在二、三类地裂缝勘察场地交汇地段,即在上更新统(Q_3)古土壤层缺失与否的交汇地段,地裂缝多沿二、三类地裂缝勘察场地交汇地段展布。例如:在皂河一、二级阶地交汇地段,地裂缝南侧的二类标志层——上更新统(Q_3)古土壤普遍遭受河流冲刷剥蚀后,再自下而上依次堆积全新统(Q_4)粉质黏土和黄土状土,局部堆积砂类土层;而地裂缝北侧的二类标志层——上更新统(Q_3)古土壤遭受河流冲刷剥蚀程度较轻或基本未遭受剥蚀。地裂缝在该位置通过时,表现为三类标志层错断及断距非常明显,二类标志层靠近地裂缝错断处亦有错断(见图 6)。此类场地应先用内插钻孔法进行深孔勘探确定三类标志层的错断位置,此时布置的勘探孔间距不宜大于 10 m;再在两个揭露三类标志层错断的勘探孔之间采用内插钻孔法逐渐缩小间距进行浅孔勘探,原则以查明二类标志层——上更新统(Q_3)古土壤的错断及满足地裂缝勘探精度修正值(Δ_k)不小于 2 m 的要求为准;最后将分别确定的三类标志层和二类标志层错断位置连线,并根据西安地裂缝南倾的特点向北侧地表投射,从而获得地裂缝地面坐标点及实际地裂缝倾角等展布特征。

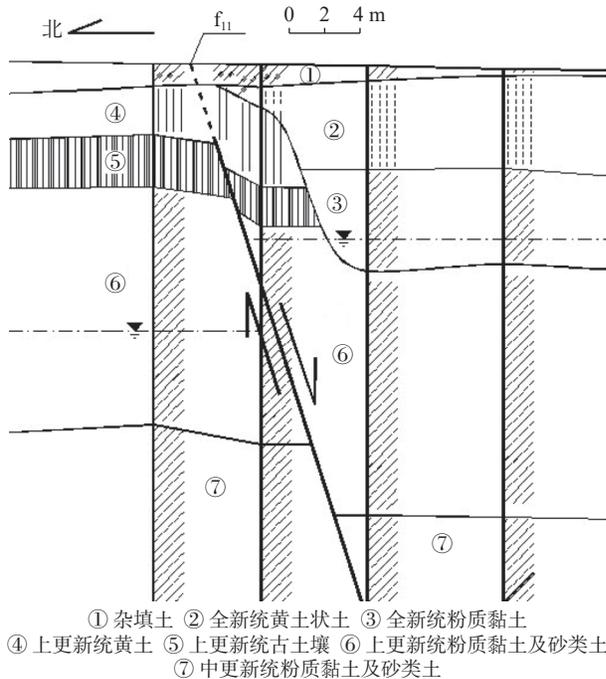


图6 皂河一、二级阶地交汇地段 f_{11} 地裂缝典型剖面

类似皂河一、二级阶地交汇地段的地裂缝场地还有: 灞河一、二级阶地交汇地段, 沣河一、二级阶地交汇地段等, 以上场地均可参照上述勘察方法开展场地地裂缝勘察工作。

3.4 三类场地隐伏状地裂缝在近地表有出露迹象

在地裂缝呈隐伏状通过的三类场地, 一般以三类标志层——中更新统(Q_2)湖相地层的错断来查找地裂缝错断位置。但有些三类场地内(例如皂河一级阶地、沣河一级阶地、灞河一级阶地等), 因地裂缝早期活动变形后, 有些地段在地表已形成破裂, 而后来由于人类活动等将这些变形部位(或破裂)破坏或覆盖使之难以被发现, 而后期在地表水体或降雨的作用下, 这些变形或破裂又显露出来, 多表现为沿地裂缝延展方向的串珠状漏斗、冲蚀土洞等形态, 也有部分表现为由分选性较差的砂类土充填的裂隙或竖向羽状劈裂密集发育等形态(见图7)。这些异常形态是深部上更新统(Q_3)及中更新统(Q_2)地层的错断反映, 若同一区域内根据三类标志层基本确定了隐伏地裂缝的位置, 在此基础上通过开挖探槽也能找到有规律性的类似异常形态, 且基本与地裂缝展布方向一致时, 则可作为隐伏地裂缝在地表或近地表出露的形迹, 作为地裂缝地面坐标点指导场地内的规划建设, 从而提高地裂缝勘探精度。

3.5 地裂缝两侧地下水水位异常

西安地区浅层地下水主要为第四系孔隙潜水, 主要赋存于黄土梁洼区的黄土类土层中或各河流阶



图7 皂河一级阶地 f_1 地裂缝近地表砂窝

地区的冲洪积黄土状土、粉质黏土及砂类土层中, 地下水水位在有限范围的场地内一般较规律, 无较大的起伏变化。

但在许多地裂缝勘察场地内, 发现地裂缝两侧地下水水位异常, 一般表现为地裂缝上盘(南盘)的地下水水位高于下盘(北盘)的, 个别场地内地裂缝两侧的地下水水位高差可达7~8 m, 如图4中所示皂河一、二级阶地交汇地段的 f_{11} 地裂缝两侧的地下水水位相差约7.4 m。原因在于地裂缝错断的破碎带处地层拖曳变形, 形成竖向相对隔水层(暗坝), 阻断了两侧的地下水水力联系。尤其是地裂缝的上盘(南盘)靠近地裂缝处的地层遭受错断影响较强, 多被拖曳变形呈多级微台阶状, 土层中的水平、竖向裂隙及节理被挤密破坏, 地下水沿水平及垂直方向不能畅通流动, 而西安地区的地下水流向基本上由东南流向西北, 当东南方向的地下径流流向地裂缝场地内时, 在地裂缝破碎带处形成水阻, 导致在地裂缝上盘(南盘)地下水水位上升, 相对应下盘(北盘)地下水水位下降。

在此类场地进行地裂缝勘察时, 作为地裂缝勘察的一种有效辅助手段, 可加强钻探期间的地下水初见及稳定水位观测精度。为观测到准确的地下水水位, 钻探完毕后应及时用清水循环冲洗钻孔内的泥浆, 有条件时可设置专门的水位观测孔。

4 结论

鉴于西安地裂缝分布区的地貌单元较多, 地层分布复杂多变, 通过对西安地裂缝勘察时几种特殊情况予以归纳总结和探讨, 得出如下地裂缝勘察研究结果。

(1) 对于二类地裂缝勘察场地, 若上更新统(Q_3)古土壤垂直错断不明显, 首先采用人工浅地震反射波法, 再依次采用内插钻孔法进行深孔、浅孔勘探分别确定三类标志层和二类标志层的错断位置, 最后将两类标志层的错断位置连线, 获得地裂缝展布特征。

(2) 对于疑似二类地裂缝场地, 应辨别清楚河流

搬运改造后的古土壤层,并进行深孔勘探,以三类标志层作为地裂缝判别依据。

(3)对于二、三类地裂缝勘察场地交汇地段,首先采用内插钻孔法进行深孔勘探确定三类标志层的错断位置,再在近地裂缝的北侧采用内插钻孔法进行浅孔勘探,以提高地裂缝勘探精度。

(4)对于三类场地隐伏状地裂缝,若在近地表有出露迹象,应先根据三类标志层基本确定隐伏地裂缝的位置,再通过开挖探槽寻找近地表有规律性的地裂缝变形或破裂异常形态,若其基本与地裂缝展布方向一致时,可作为隐伏地裂缝在地表或近地表出露的形迹,从而提高地裂缝勘探精度。

(5)对于地裂缝两侧地下水水位异常的地裂缝勘察场地,除一般勘探方法外,可加强钻探期间的地下水初见水位及稳定水位观测精度,必要时可设置专门的水位观测孔。

参 考 文 献

- [1] 邓亚虹,彭建兵,李 丽,等.渭河盆地基底伸展与地裂缝成因关系探讨[J].*工程地质学报*,2013,21(1):92-96.
- [2] 彭建兵.西安地裂缝灾害[M].北京:科学出版社,2012.
- [3] 李亚圣.有关西安地裂缝问题的几点分析(勘察中)[D].西安:长安大学,2010.
- [4] DBJ 61—6—2006 西安地裂缝场地勘察与工程设计规程[S].
- [5] DBJ 61/T 182—2021 西安地裂缝场地勘察与工程设计规程[S].
- [6] YI X. Research on the asymmetry ground substance and cause of ground fissures in Xi'an[J].*Earthquake*,1984,(6):50-54.
- [7] 朱金芳.西安地裂缝灾害的成因研究[J].*国际地震动态*,1990,(9):14-18.
- [8] 张家明.西安地裂缝场地勘察[C]//中国地质学会工程地质专业委员会2006年学术年会暨“城市地质环境与工程”学术研讨会论文集.2006.
- [9] 吴嘉毅,廖燕鸿.西安地裂缝的工程性质[M].西安:陕西科学技术出版社,1990.
- [10] 刘国昌.西安的地裂缝[J].*长安大学学报(地球科学版)*,1986,(4):9-22.
- [11] 王景明.地裂缝及其灾害的理论与应用[M].西安:陕西科学技术出版社,2000.
- [12] 王景明,常丕兴.汾渭地裂缝与现代地震活动[J].*地震学报*,1989,(1):57-67.
- [13] 门玉明,石玉玲.西安地裂缝研究中的若干重要科学问题[J].*地球科学与环境学报*,2008,(2):172-176.
- [14] 黄强兵,彭建兵,樊红卫,等.西安地裂缝对地铁隧道的危害及防治措施研究[J].*岩土工程学报*,2009,31(5):781-788.
- [15] 宋彦辉,李忠生,高虎艳,等.西安三类勘察场地隐伏地裂缝识别特征[J].*地球科学与环境学报*,2015,37(4):94-101.
- [16] 王卫东,郑 怡,张永志,等.陕西渭河盆地地裂缝的构造机理[J].*中国地质灾害与防治学报*,2016,27(2):99-102.
- [17] 慕焕东,邓亚虹,李荣建,等.西安地裂缝场地动力响应规律及影响因素分析[J].*地震工程学报*,2019,41(2):418-427.
- [18] 胡 鹏.大西安地裂缝灾害预测研究[D].西安:长安大学,2015.
- [19] 田中英,孙 渊,唐小平,等.地球物理多方法勘探在西安地裂缝探测中的应用[J].*工程地球物理学报*,2018,(1):92-97.
- [20] 聂智亚.西安市地裂缝灾害的勘察统计分析 with 防治[J].*科技创新导报*,2011,(3):87.
- [21] 易学发,苏 刚,王卫东,等.西安地裂缝带的基本特征与形成机制[J].*地震地质*,1997,(4):2-8.
- [22] 朱立峰,李益朝,刘 方,等.西安地裂缝活动特征及勘查思路探讨[J].*西北地质*,2005,(4):102-107.
- [23] 林颂恩,李珍英.对西安地裂缝几个问题的看法[J].*勘察科学技术*,2006,(1):43-47.

收稿日期:2021-07-29