

文章编号: 1009-6248 (2003) 02-0097-06

陕西旬阳小河口—两河关段朱家湾 滑坡地质概况及其稳定性分析

魏刚锋, 陈新跃, 韩会平

(长安大学地球科学与国土资源学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 为确保西安—安康二级公路的质量, 运用了地质和地震物理两种勘探方法对滑坡区作了地表和深部地质勘探, 查清了滑坡对工程的影响程度。主要对该区的地质情况、滑坡体的成因及其稳定性进行了分析、综合研究, 得出一些对工程的实施起积极作用的结论。

关键词: 朱家湾滑坡区; 地质概况; 滑坡体

中图分类号: P642.2 **文献标识码:** A

西安—安康二级公路在旬阳县小河口至两河关段将依次经过一批滑坡区(瓦缸寨滑坡区、康家坪滑坡区、朱家湾滑坡区等), 朱家湾滑坡区是最南边的一个。

对该区所处的大地构造位置各家有不同的观点。槽台学将其归入扬子地块北缘古生代拉张盆地南秦岭印支褶皱带留凤关—金鸡岭褶皱束内^[1]; 波浪镶嵌构造学观点认为该区属于秦岭构造结^[2]。秦岭构造结是由 NNE 向环太平洋构造活动带燕辽—太行山—龙门山构造分带与 NWW 向特提斯构造活动带天山—祁连山—秦岭—大别山构造活动分带相互交织的一个活动性很强的构造结^[3]。

1 勘查区地质概况

朱家湾滑坡区位于朱家湾一带公路旁侧, 滑坡面积较大(图 1)。为了研究该区的地质概况, 笔者选择了基岩出露较好两沟之间的 WT₁ 线实测了地质剖面(图 2), 并对整个滑坡区进行了地表地质调查和地震物理勘探, 主要分析该区地质构造与滑坡

的关系。

1.1 地层和岩石

勘查区内出露的地层属中泥盆统, 以灰岩为主, 夹泥灰岩及粉砂质泥岩, 后者变质为千枚岩。根据岩石中所含矿物成分、颜色、结构构造等将其划分为 6 个岩性层(表 1)。由于滑坡作用的影响, 这 6 个岩性层都呈波浪状分布, 产状多变, 但总体南倾。

1.2 构造

勘查区内新老构造运动强烈。褶皱多期(次)叠加; 断层较为发育; 节理发育比较密集; 河床切割相对高差约 70 m 等。

1.2.1 褶皱

勘查区处于一大背形的一翼上(图 2), 在这一翼内又有许多次级褶皱。这些次级褶皱可分为 3 期(次): 早期平卧褶皱; 中期直立倾伏褶皱; 晚期由滑坡改造形成的褶皱。各期(次)褶皱相互叠加, 组成复杂的叠加褶皱形态。

(1) 早期平卧褶皱: 这类褶皱的典型特征是两翼产状(S_0)与片理产状(S_1)在翼部近于平行, 而在转折端处相互垂直, 枢纽(L_1)、轴面(S_1)呈波

收稿日期: 2003-01-27; 修回日期: 2003-05-27

作者简介: 魏刚锋(1949-), 男, 陕西蓝田人, 教授, 主要从事波浪镶嵌构造及其对各类矿产控制作用的教学、科研工作。

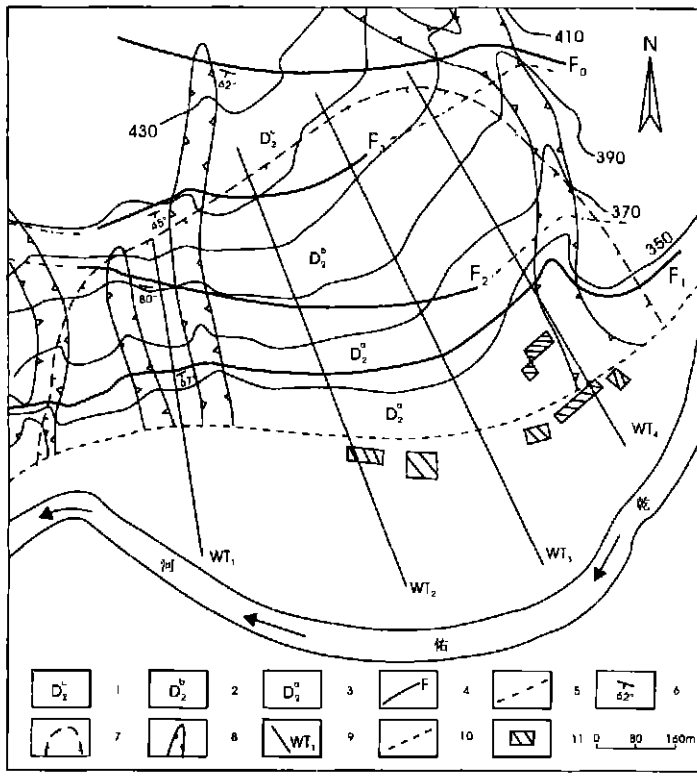


图1 朱家湾滑坡区地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of the Zhujiawan slide region

- 1. 变砂岩夹千枚岩; 2. 灰岩与泥质砂岩互层; 3. 含黄铁矿灰岩; 4. 实测断层; 5. 地层界线;
- 6. 岩层产状; 7. 滑坡区范围; 8. 山沟; 9. 地质、地震勘探线; 10. 公路; 11. 民房

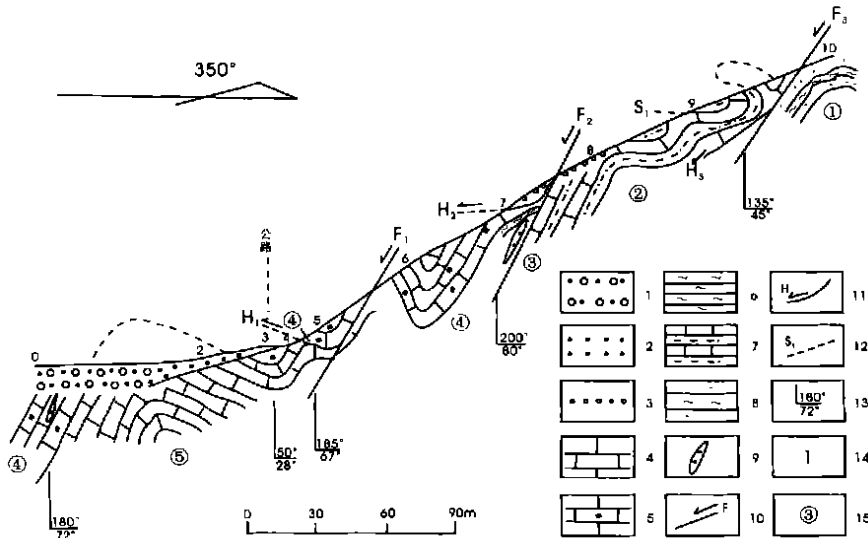


图2 朱家湾滑坡区 WT₁ 线地质剖面略图

Fig. 2 Geological sectional map showing the WT₁ line of the Zhujiawan slide region

- 1. 河床堆积物; 2. 第四纪堆积物; 3. 古河床砾石; 4. 灰岩; 5. 含黄铁矿灰岩; 6. 千枚岩; 7. 灰岩与泥质灰岩互层; 8. 变砂岩夹千枚岩; 9. 石英脉; 10. 断层; 11. 滑脱面; 12. 轴面; 13. 产状; 14. 导线编号; 15. 地层编号

表 1 朱家湾滑坡区出露岩石特征表

Tab. 1 Rock characteristics of the Zhujiawan slide region

层序	名称	厚度	岩石特征	备注
6	泥灰岩夹千枚岩		呈灰白色, 单层厚度约 6 cm, 最大厚度约 12 cm, 主要成分为泥灰岩, 风化后为灰色, 局部泥灰岩呈透镜状, 一般大小为 5 cm × 3 cm, 其间夹有 2~3 cm 厚的灰白色千枚岩	
5	片理化薄层灰岩	710 m	薄层灰岩呈灰黑色, 风化后为灰色, 单层厚度 1~1.5 cm, 夹有厚层灰岩透镜体, 一般大小为 50 cm × 30 cm	石英脉发育, 一组平行片理, 一组垂直片理
4	含黄铁矿片理化薄层灰岩		灰岩呈灰黑色, 风化后为灰色, 单层厚度 2 cm, 其中所夹千枚岩呈灰绿色, 单层厚度约 1 cm。黄铁矿以立方体为主, 最大 1 cm ³ , 一般约 0.2~0.3 cm ³ ; 部分为长方体, 一般大小为 0.1 × 0.2 × 0.4 cm ³ 。黄铁矿集合体呈透镜状, 长 20 cm, 宽 6 cm, 部分沿片理或层理集中分布, 部分在节理面或早期石英脉内或其旁边分布, 总体含量 3%~5%	可见右行膝折带, 宽 4.5 cm, 产状: 300° 60°
3	厚层灰岩		岩石呈灰黑色, 单层厚度大于 50 cm, 中间夹有薄层千枚岩, 千枚岩厚约 1~2 cm	见于部分叠加向斜转折端
2	片理化薄层灰岩夹泥质粉砂岩		岩石总体呈灰黑色。灰岩呈灰黑色, 单层厚 2~3 cm, 片理发育, 主要矿物为方解石; 泥质粉砂岩呈褐色, 单层厚度约 3 cm, 以粉砂质、泥质为主	
1	变粉砂岩与千枚岩互层		岩石总体呈灰绿色—灰白色。变粉砂岩单层厚度 1~2 cm; 千枚岩单层厚度 2~5 cm, 可见绢云母和千枚状构造, 原岩主要是泥质。在大沟, 变粉砂岩呈透镜状	出露于 WT ₁ 线剖面顶部 (图 2)

浪状, 产状多变, 总体以 SW 向倾斜为主 (表 2)。

表 2 朱家湾滑坡区早期平卧褶皱转折端附近要素统计表

Tab. 2 Element statistics near disjunction zone of the early recumbent fold of the Zhujiawan slide region

褶皱编号	出露位置	枢纽产状 (L ₁)	轴面产状 (S ₁)	转折端两翼产状 (S ₀)
S ₁	朱家湾公路旁	110° 30°	35° 75°	114° 33° 200° 85°
S ₂	朱家湾 WT ₁ 线 7—8 导线西沟	160° 30°	215° 54°	20° 26° 212° 60°
S ₃	朱家湾 WT ₁ 线 6—9 导线东 100 m 处	150° 13°	200° 15°	225° 38° 65° 53°

(2) 中期直立倾伏褶皱: 该类褶皱在老公路边出露较多, 滑坡区内也有出露。中期直立倾伏褶皱的主要特征为: ①轴面产状较陡, 一般倾角大于 70°; ②枢纽产状倾向 SE, 与坡向相同, 倾角 20°~30°; ③叠加在早期平卧褶皱之上, 在平卧褶皱转折端处以层理面 (S₀) 而在其翼部以片理面 (S₁) 为变形面形成褶皱; ④轴面、枢纽产状相对稳定。

(3) 晚期由滑坡改造形成的褶皱: 该类褶皱是滑坡作用所形成的表生构造, 具有褶皱外形。地震勘探资料显示底部基岩基本没有发生褶皱变形。由重力滑坡作用对早期平卧褶皱或中期直立倾伏褶皱以及基岩层的近地表层位进行改造而形成这类型褶皱。其特

点是将以以前基岩的近地表层位或坡积物折断或藕断丝连, 强烈改造部位可形成“似尖棱状褶皱”外形。

1.2.2 断层

朱家湾滑坡区内断层比较发育, 根据其规模可将其分为大断层和小断层, 均为张性、张扭性断层。

(1) 朱家湾大断层 (F₀): 该断层出露于勘查区的最高处 (图 1), 产状 210° 62°; 地貌上为陡坎或凹地, 沿走向延伸较远。断层带宽度大于 2 m; 存在有构造角砾岩, 大小一般为 4 cm × 3 cm, 棱角显著, 成分与围岩相同, 胶结物以钙质、泥质为主。断层带周围发育大量伴生张裂隙, 产状为 210° 85°。该断层倾角较大, 沿倾向可与河床下切面相接。在老公路边

有泉水出露, 老公路边的钻井资料显示存在有至少大于 3 m 厚的断层泥。

(2) 小断层 (F_1, F_2, F_3): 在勘查区 WT_1 线实测地质剖面(图 2)上标出了 3 个小正断层。该类断层

规模较小, 宽度约 10 cm, 南倾, 倾角较大。断层带内发育构造角砾岩, 棱角显著。3 个小断层呈近等间距分布。在深部地震勘探剖面上, 也显示该类断层的存在(图 3)。该断层的主要特征见表 3。

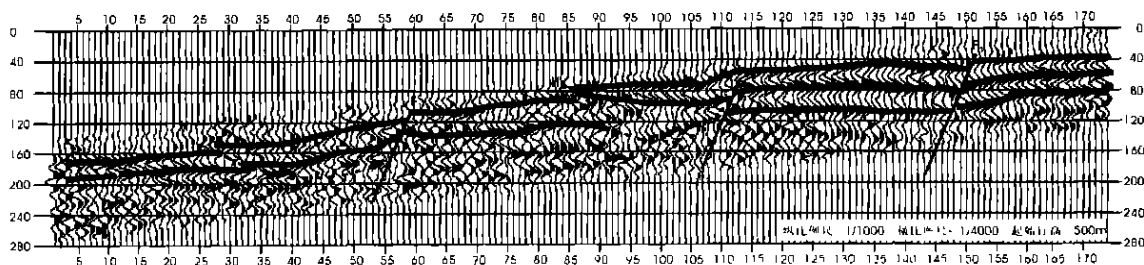


图 3 朱家湾滑坡区 WT_3 线地震深度剖面图 (CDP= 2m)

Fig. 3 Seismic depth record section showing WT_3 line of the Zhujiawan slide region (CDP= 2m)

表 3 朱家湾滑坡区 WT_1 线小断层特征

Tab. 3 Some small fault characteristics showing WT_1 line of the Zhujiawan slide region

断层编号	出露位置	断层产状	断层带特征	上下盘围岩
F_1	5—6 导线 50 m 处	$185^\circ 67^\circ$	有石英脉, 断层角砾存在。断层带宽约 10 cm	灰岩夹千枚岩薄层
F_2	7—8 导线 50 m 处	$200^\circ 80^\circ$	发育拖褶皱, 断层角砾。断层带宽约 10 cm	灰岩夹千枚岩薄层
F_3	9—10 导线 50 m 处	$135^\circ 45^\circ$	出现泥灰岩角砾, 一般大小 0.5 cm × 2 cm 断层带宽 10 cm	上盘为泥灰岩; 下盘为粉砂岩夹千枚岩薄层

1. 2. 3 节理

勘查区内发育的节理大体可分为两类: ①与早期平卧褶皱作用伴生的节理; ②与张性、张扭性断层伴生的节理。

(1) 与早期平卧褶皱作用伴生的节理: 该类节理被石英脉充填, 产状多变, 大体为 $280^\circ \sim 10^\circ \sim 54^\circ \sim 64^\circ$; 总体与片理面 (S_1) 或早期平卧褶皱轴面 (S_1) 近于垂直, 用它可以代表早期褶皱的 σ_1 方位。

(2) 与张性、张扭性断层伴生的节理: 这种类型

节理发育较晚, 一般在张性、张扭性断层的旁侧出现, 无脉体充填, 在断层旁边石英脉中也有发育。实为共轭节理, 其主应力 σ_1 方位垂直于正断层(图 4); 节理倾角一般大于 60° ; 向南倾者可演化为张裂隙。

1. 2. 4 滑脱面

滑坡区内出露 3 个滑脱面(图 2)。均发育在正断层上盘, 呈铲状南倾, 局部沿断层面、基岩面或向南倾伏褶皱的枢纽分布, 其主要特征见表 4。

表 4 朱家湾滑坡区滑脱面特征

Tab. 4 The characteristics on the sliding surface of the Zhujiawan slide region

滑脱面编号	出露位置	产状特征	上下围岩特征
H_1	WT_1 线 5—6 导线 30 m 处	总体产状 $145^\circ 63^\circ$, 呈波浪状弯曲向下, 倾角渐缓	泥灰岩夹千枚岩薄层, 沿千枚岩滑动
H_2	WT_1 线 7—8 导线 30 m 处	总体产状 $212^\circ 60^\circ$; 向下舒缓波状渐缓	含黄铁矿灰岩夹千枚岩薄层, 沿千枚岩滑动
H_3	WT_1 线 9—10 导线 50 m 处	总体产状 $135^\circ 45^\circ$; 向下波浪状渐缓	下盘出露砂岩夹千枚岩; 上盘出露灰岩, 沿二者之间的千枚岩滑动

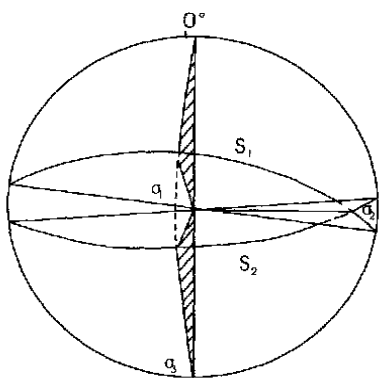


图 4 朱家湾西小沟正断层共轭节理赤平投影 (下半球) σ_1 294° 80°

Fig. 4 Projection showing conjugate joints near normal fault of the Xixiaoguo, Zhujiawan (lower semisphere)

1.3 新构造运动特征

勘查区内可见新构造运动的痕迹, 主要表现为河谷的纵深切割, 沿河 SE 侧相对下降而 NW 侧相对上升, 其标志层 (古今河床砾石层) 相差高度约 70 m。古河床砾石层厚约 1 m, 沿基岩面倾斜分布。在出露的古河床砾石层到今河床之间的任一高度内没有发现有河床砾石的存在。这说明该区新构造运动较为强烈。

2 滑坡体特征及其稳定性分析

根据对勘查区野外地质调查资料的分析和研究, 结合对地震深部勘探和其他资料的分析、处理, 并依据区内地貌特征以及钻井资料, 对区内分布的滑坡体或可能存在的隐伏性滑体, 就其类型和成因、形态和规模以及稳定性等方面作一分析。

2.1 滑坡体的类型和成因

勘查区内所圈定的滑坡体属于缓动式低速滑坡。从地震勘探剖面图 (图 3) 上可以看到, 滑脱面切断基岩向下、前延展, 属于危害性较大的岩质滑坡类型^[4]。

该区的滑坡体主要是在先存构造软弱面 (断层面、节理面或层间千枚岩层) 的前提下, 因重力作用使地质体向下滑移而形成的。3 个滑坡体的后壁均为断层面。断层面理所当然地成为构造软弱面, 为滑坡提供了条件; 褶皱枢纽向南倾斜的层间千枚岩

层也可能提供软弱面; 向南陡倾的张裂隙亦可引起滑塌; 新构造运动的强烈切割或升降, 也是诱发滑坡的因素。

2.2 滑坡体的形态和规模

从所圈定的几个滑坡体 (图 2、3) 来看, 各滑坡体的形态, 尤其是滑脱面的形态各不相同, 且都不具有标准的滑坡形态。软弱面、倾斜地层 (或基岩剥蚀面) 的形态和地形坡角以及上部岩体的重力作用等各种因素决定了滑坡体的形态。在一般情况下, 滑脱面不是一个连续光滑的曲面, 而是小波浪式的粗糙连续面。勘查区内滑坡体的形态主要取决于断层面或倾伏褶皱枢纽的产状, 并与滑脱面的切割深度有关。滑脱面位于浅层的小型滑坡体, 其滑脱面与其下伏基岩面或基岩剥蚀面近于平行; 而切割较深的则形成一个小勺形。

由于该区滑坡体主要是由构造控制的岩质滑坡, 其规模相对较大 (图 1)。整个滑坡区面积约 1.5 km^2 ; 滑坡的深度可达 5~10 m。这类较为大型的滑坡危害较大。

2.3 滑坡体稳定性分析

滑坡是具有一定坡度和高度的斜坡在重力或其他地质营力作用下使先存地质体发生滑移。研究滑坡体的稳定性就必须分析滑坡体现今所受的应力状态和周围其他地质环境。根据这些情况来判断分析该滑坡体现阶段是否稳定。这其中有几个要素必须注意: 具有一定的坡度和高度的各种形式的脆弱结构面 (滑脱面) 是否存在; 包括岩土结构、岩土力学特征、基岩面的倾向以及坡形的凹凸形态等在内的地质条件^[5,6]。这几个方面的因素对滑坡体的稳定性影响很大。

由于地处秦岭褶皱带 (构造结), 滑坡区从古到今区域构造应力场中最大主应力以水平方向为主, 而垂直方向是次要的。首先在朱家湾滑坡区内所圈定的 3 个滑坡体 (H_1 、 H_2 、 H_3 , 见图 2) 均位于复式背形的一翼上, 背形转折端附近北翼地层向北倾, 而滑坡出露处地层总体倾向南, 背形核部对滑坡有一定的“支撑”作用。整个滑坡区在经历滑坡的改造之后, 其所受的主要应力大都往趋向平衡的方向发展。其次, 3 个滑坡体中的脆弱结构面 (滑脱面) 内及其两侧的变粉砂岩、灰岩和千枚岩岩土结构力学性质较好, 一般呈片状、千枚状或致密块状, 使雨水不易渗透, 常常形成隔水层, 难以生成润滑层,

滑脱面均为波浪状粗糙面, 而并非光滑曲面, 有的呈勺型或铲状。第三, 滑坡区的断层角砾岩均被硅质、钙质和铁质等胶结, 未见现代断层活动的痕迹。这些地质特征均有利于滑坡体的稳定。然而, 基岩面的倾向、褶皱枢纽的倾向等均不利于滑坡体的相对稳定。具体来讲, 临近老公路处的滑坡体 (H_1) 坡度较陡, 且为凸形坡; 而山坡上的两个滑坡体 (H_2 和 H_3) 坡度较缓。因此, H_1 滑坡体再次发生滑坡的可能性相对 H_2 、 H_3 滑坡体要大。总体来看, 只要不发生突发的构造运动或地震、火山等地质灾害, 勘查区内 3 个滑坡体应该不会发生再次滑坡事件。

3 结论与建议

通过对勘查区的地质调查和对滑坡类型、成因、形态、规模及其稳定性的分析, 可得出以下结论。

- (1) 勘查区内新老构造运动特征比较显著。
- (2) 新老构造运动是诱发滑坡的重要因素。
- (3) 滑脱面主要取决于断层面或层间千枚岩层。
- (4) 区内 3 个滑坡体是比较稳定的。相比之下,

H_2 和 H_3 两滑坡体较 H_1 滑坡体稳定, H_3 滑坡体最为稳定 (图 2)。

综合上述分析及结论, 建议将西安—安康二级公路选线定于山坡上, 而不要选择老公路处。

参考文献:

- [1] 陕西省地质矿产局. 陕西省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1989. 531-534.
- [2] 张伯声, 王战, 等. 中国波浪状镶嵌构造图 (1: 500 万) 及其简要说明书 (中、英文) [M]. 北京: 地质出版社, 1995.
- [3] 王战, 吴文奎, 等. 中国地壳的镶嵌构造与波浪运动 [M]. 北京: 地质出版社, 1996. 87-88.
- [4] 胡广韬, 等. 滑坡动力学 [M]. 北京: 地质出版社, 1995. 1-42.
- [5] 刘玉海, 等. 延安城市工程地质 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988. 81-121.
- [6] 彭建兵, 等. 渭河盆地活动断裂与地质灾害 [M]. 西安: 西北大学出版社, 1992. 172-175.

Geological outline and stability analysis of the Zhujiawan slide from Xiaohekuo to Liangheguan segment in Xunyang county, Shaanxi province

WEI Gang-feng, CHEN Xin-yue, HAN Hui-ping

(College of Earth Science and Mineral Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: In order to ensure the quality of the second grade highway from Xi'an to Ankang and find out the influence of slide in Zhujiawan region on the highway engineering, the geological and seismic geophysical exploration methods were used to explore earth surface and deep geological condition in this slide region. And on the basis of the two methods, the geological situation, origin of the slides and slope stability are mainly focused on studying and analysis in the region. In addition, some satisfactory conclusions are finally drawn by analysis data and information, which are surveyed and collected on the spot. Some conclusion and suggestion will play an important role in the engineering practice in the future.

Key words: Zhujiawan slide region; geological outline; sliding mass