

## “5.12”汶川地震诱发典型滑坡的类型和特征

李秀珍<sup>1,2</sup>, 孔纪名<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室, 四川 成都 610041;

2. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

**摘 要:** 在对汶川地震诱发的典型滑坡进行详细野外调查的基础上, 根据滑坡的运动特点和运动方式的不同, 将滑坡分为 4 种基本类型: 滑动型滑坡、滑动 - 流动型滑坡、坠落 - 滑动型滑坡及坠落 - 弹射 - 滑动型滑坡, 其中滑动型滑坡又按照滑动特点、物质组成特性以及滑体宏观破碎程度的不同, 分为整体滑动型滑坡、碎裂滑动型滑坡和碎屑滑动型滑坡, 并通过不同类型的典型滑坡实例对每一类滑坡的基本特征, 特别是运动特征及运动过程进行了深入细致的分析。这不仅有助于更全面深入地认识地震滑坡的类型和特征, 而且也为此后减轻和预防地震滑坡灾害提供了基础。

**关键词:** 汶川地震; 地震滑坡; 类型; 特征

**中图分类号:** P642. 22

**文献标识码:** A

2008 - 05 - 12, 我国四川省汶川县发生的 8.0 级特大地震, 约触发了 15 000 处滑坡等山地灾害, 估计直接造成 2 万人死亡<sup>[1]</sup>。其中, 规模大于  $1\,000 \times 10^4 \text{ m}^3$  的滑坡和掩埋上百人的滑坡均达到数十余处<sup>[2]</sup>, 仅北川县城王家岩滑坡就掩埋了 1 600 多人, 而安县高川乡泉水村发生的规模达  $7.42 \times 10^8 \text{ m}^3$  的大光包滑坡更是达到了我国历史地震滑坡规模之最<sup>[3]</sup>。此次地震引起的滑坡灾害数量之多、规模之大、灾害之严重令世人震惊。

由于不同的地质地貌及坡体结构等条件对地震的动力响应机制和响应方式有所不同, 汶川地震滑坡表现出了区别于一般滑坡灾害的独特性和多样性的特征。正确认识地震滑坡的类型和特征是减轻和预防地震滑坡灾害的基础。关于地震滑坡的类型和特征, 国内外已有一些学者进行过研究。如 Keefer D. V (2002)<sup>[4]</sup> 依据地震滑坡运动的特性、内部破裂程度、地质环境和物质组成等, 将地震滑坡分为 3 大类: 碎裂滑动型滑坡 (disrupted landslides)、整体滑

动型滑坡 (coherent landslides) 以及侧向扩离和流动型滑坡 (lateral spreads and flows)。周本刚等<sup>[5]</sup> 根据我国西南地区的地震滑坡特点, 将地震滑坡按其运动方式划分为: 推移式滑坡、牵引式滑坡、溜滑性滑坡和崩塌性滑坡 4 大类。

对汶川地震滑坡, 殷跃平<sup>[1]</sup> 根据典型地震滑坡表现出不同于常见滑坡的滑床特征, 分为 4 种类型: 阶型滑坡、凸型滑坡、勺型崩滑和座落型 (振胀型) 滑坡, 并指出大量滑坡经历了初始斜坡 (风化碎裂岩体) - 地震抛掷 - 撞击崩裂 - 高速滑流的作用过程。许强<sup>[6]</sup> 根据滑坡区的主要岩性, 将地震滑坡分为 3 种类型: 硬岩类滑坡、软岩或硬岩表层剥皮型滑坡、松散堆积物滑坡, 又将硬岩类滑坡分为完整块状岩体和近水平层状岩体的高位临空抛射型滑坡和中陡倾角顺层斜坡的低位顺层滑坡 2 大类, 并对每一类地震滑坡的特征进行了系统研究及实例分析说明。孔纪名等<sup>[7]</sup> 根据滑坡的运动及成因特点将汶川地震滑坡分为震滑型和崩滑型 2 大类 5 个亚类,

**收稿日期** (Received date): 2010 - 10 - 17; **改回日期** (Accepted): 2011 - 04 - 20。

**基金项目** (Foundation item): 国家自然科学基金项目 (40802072, 50639070); 中科院“西部之光”项目 (08R2140140); 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KCCX1 - YW - 03)。[Supported by the NSFC (40802072, 50639070); West Light Foundation of The Chinese Academy of Sciences (08R2140140) and Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences (KCCX1 - YW - 03).]

**作者简介** (Biography): 李秀珍 (1975 - ), 女 (汉族), 内蒙古人, 助理研究员。主要研究方向: 边坡 (滑坡) 评价及预测。[Li Xiuzhen (1975 - ), female, assistant researcher, majoring in evaluation and prediction of landslides and slopes.] E-mail: lxzljt@sina.com

并对每一类滑坡的典型实例进行了分析。这些均为正确认识和预防地震滑坡灾害提供了良好的基础。

不同的划分标准,划分结果虽然不尽相同,但有助于从不同角度更全面地认识地震滑坡这种灾害。本文拟在已有研究工作<sup>[7]</sup>的基础上,根据汶川地震滑坡的主要运动特点及运动方式,对地震诱发典型滑坡的类型和特征进行系统研究。

## 1 地震典型滑坡的类型和特征

由于受斜坡地形地貌、地层岩性及坡体结构等条件的影响,在汶川8.0级特大地震的作用下,出现了多种不同类型的滑坡,且表现出了与常见滑坡不同的运动特点及失稳破坏方式。在对汶川典型地震滑坡深入细致调查的基础上,根据滑坡的主要运动特点和运动方式,将汶川地震诱发的典型滑坡分为4种基本类型:滑动型滑坡、滑动-流动型滑坡、坠落-滑动型滑坡及坠落-弹射-滑动型滑坡,其中滑动型滑坡又按照滑动特点、物质组成特性以及滑体宏观破碎程度的不同,分为整体滑动型滑坡、碎裂滑动型滑坡和碎屑滑动型滑坡。

### 1.1 滑动型滑坡

斜坡上部的岩土体在地震的作用下,发生整体或碎裂、碎屑滑动,滑坡体的运动方式主要以滑动为主。滑动型滑坡是汶川地震灾区最为发育的一类滑坡。此类滑坡中,既有岩质滑坡,也有土质和岩土混合质滑坡;既有浅层滑坡,也有深部滑坡。根据滑坡的滑动特点、物质组成特性及滑体宏观破碎程度的不同,又可以将滑动型滑坡分为整体滑动型滑坡、碎裂滑动型滑坡和碎屑滑动型滑坡3种。

#### 1.1.1 整体滑动型滑坡

整体滑动型滑坡是指斜坡上部的岩土体在地震的诱发作用下发生整体性滑动。该类滑坡一般规模大,滑速快,运动过程中因滑速、滑向不一致易出现明显分级、分块现象,但运动的整体性较好,前缘部分滑体受阻挡后容易解体,伴随地震的作用容易在河道内形成堰塞湖。

此类滑坡在汶川地震中较为常见,如文家坝滑坡、林家坝滑坡、肖家桥滑坡、石板沟滑坡以及唐家山滑坡、王家岩滑坡等。

1. 文家坝滑坡:位于四川平武县南坝镇文家坝村涪江一级支流石坎河的左岸,为一岩土混合质的整体滑动型滑坡。

滑坡体纵向斜长约800 m,横向宽600 m,规模约 $1\,900 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。滑坡前缘高程742 m,后缘高程约为1100 m,前后缘相对高差约400 m。原始斜坡坡度 $30^\circ$ 左右,原坡面发育有一系列冲沟,其中2条已成为文家坝滑坡的侧向边界。滑坡主滑方向 $\text{NW}320^\circ$ ,前缘滑动距离约150 m,堵断了石坎河,形成了规模巨大的文家坝堰塞湖。滑坡体主要由第四系黄色、黄褐色堆积层和寒武系油房组( $\text{C}_y$ )变质砂岩和凝灰质砂岩组成。滑坡主后壁陡坎高度较小,约1~3 m,中部陡坎高度相对较大。滑坡堆积体形态整体完好,近似呈“方形”状堆积、铺洒在坡面和石坎河河道上。滑坡体表面被一系列近于平行的弧形张裂缝及滑坡台坎分割的较为松散,呈多级阶梯状或陡坎状,而且坡面稀拉生长的植被仍然井然有序(图1、图2)。这些特点显示了文家坝滑坡整体启动,分级牵引下滑的运动特点。

归纳该滑坡的形成过程大致可分为三个阶段:整体启动阶段-分级牵引滑动阶段-受阻停滞堆积阶段。具体过程为:在强地震的作用下,斜坡岩土体沿着坡体内的强风化软弱界面整体启动;由于滑体前缘具备较好的临空条件,在地震力的作用下,前缘首先发生滑动,然后牵引中后部滑体逐次发生滑动;当滑动到石坎河对岸受阻后,便停滞堆积下来,堵塞了石坎河,形成了汶川地震中仅次于唐家山堰塞湖的第二大堰塞湖(图3)。

2. 肖家桥滑坡:位于安县茶坪乡茶坪河右岸,为一岩质整体滑动型滑坡。滑坡处于茶坪河上游的深山峡谷中,滑坡所在区属龙门山南段茶坪山的东南坡,距汶川地震中心的距离约100 km。

肖家桥滑坡为一岩质顺层-切层整体滑动型滑坡(图4、图5),滑坡北东侧顺层滑动,南东侧切层滑动,基岩岩性主要为二叠系阳新灰岩。实测北东侧岩层产状: $330^\circ \angle 45^\circ \sim 50^\circ$ ,南东侧岩层倾角 $30^\circ$ 。滑坡体斜长578 m,顺河宽277 m,规模约 $250 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。主滑方向 $\text{NW}335^\circ$ ,前缘滑动距离约200 m,滑坡堆积体深度最大达87 m。该滑坡在地震作用下沿强风化灰岩界面发生整体顺层-切层滑动,一直滑至坡脚,堵断茶坪河形成堰塞湖,并向茶坪河左岸爬高约40 m(图6)。因原岩风化强烈,节理、裂隙极为发育,加之地震力的持续作用,滑坡后的石灰岩体极为松散破碎。

3. 林家坝滑坡:位于四川省平武县平通镇林家坝村,为一堆积层整体滑动型滑坡。



图1 文家坝滑坡航拍图

Fig. 1 Aerial photograph of Wenjiaba landslide



图2 文家坝滑坡正视图(开挖导流渠后)

Fig. 2 Front view of Wenjiaba landslide(after excavating the diversion channel)

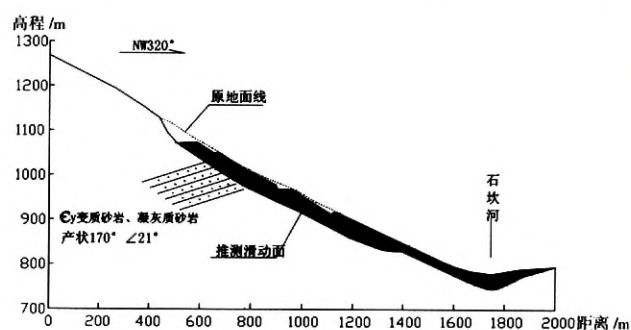


图3 文家坝滑坡剖面示意图

Fig. 3 Section sketch map of Wenjiaba landslide



图4 肖家桥滑坡航拍图

Fig. 4 Aerial photograph of Xiaojiaqiao landslide



图5 肖家桥滑坡正视图(开挖导流渠后)

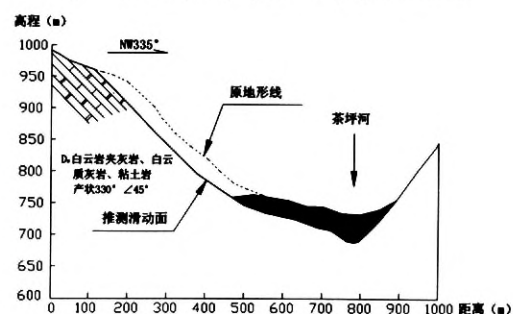
Fig. 5 Front view of Xiaojiaqiao landslide  
(after excavating the diversion channel)

图6 肖家桥滑坡剖面示意图

Fig. 6 Section sketch map of Xiaojiaqiao landslide

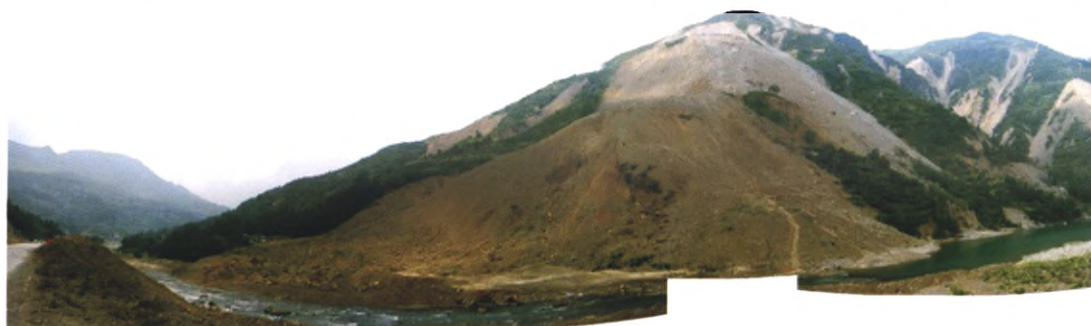


图7 林家坝滑坡正视图(开挖导流渠后)

Fig. 7 Front view of Linjiaba landslide(after excavating the diversion channel)

该滑坡体长约1 000 m,宽303 m,滑坡规模 $530 \times 10^4 \text{ m}^3$ 左右。滑坡前缘高程673 m,原始斜坡坡度 $39^\circ$ 。滑坡物质组成主要为松散堆积层,下伏基岩为志留系炭质板岩、千枚岩、片岩。主滑方向 $\text{SE}95^\circ$ ,主滑段宽度约100 m,前缘滑动距离约100 m。在整体滑动的过程中,形成两级明显的滑坡平台(图7~8)。滑体中上部结构较完整,滑体前缘部分解体。滑坡体不仅堵断了涪江形成堰塞湖,而且冲到了河流对岸的公路边坡约30 m高。

1.1.2 碎裂滑动型滑坡

碎裂滑动型滑坡是指在滑动过程中,由于地震波动振荡作用力的持续作用,发生松弛、碎裂,碎裂的岩土体沿坡面或一定的结构面发生碎裂滑动。此类滑坡一般碎裂程度较高,整体性较差,碎裂物一般滑至陡坡坡角或部分散落在坡面上,可以在相对平缓的斜坡上滑行几十及百米远(图9)。

1.1.3 碎屑滑动型滑坡

斜坡表面的松散土层或强风化岩体,在强震的

作用下,以岩屑或土屑的形式顺坡发生溜滑。此类滑坡一般为浅表层滑坡,厚度多小于3 m,破碎程度高,分布范围广,常常成片分布,一般可以滑至陡坡坡角,在相对平缓的斜坡上可滑行几米至几十米(图10、图11)。

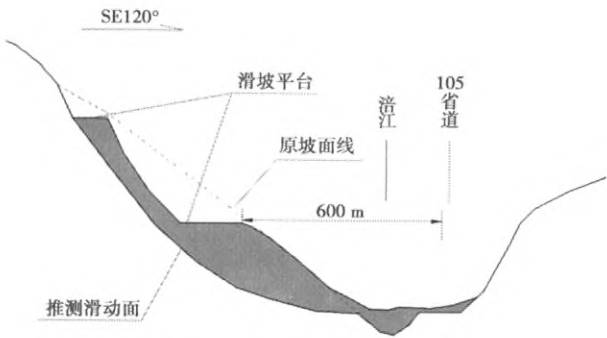


图8 林家坝滑坡剖面示意图

Fig. 8 Section sketch map of Linjiaba landslide



图9 碎裂滑动型滑坡

Fig. 9 Photos of disrupted landslides



图10 岩屑滑动型滑坡

Fig. 10 Photos of rock debris landslides



1.2 滑动 - 流动型滑坡

斜坡上部的岩土体在地震中高速滑动启动后,冲击到前方的谷坡发生碰撞、碎裂、解体,破碎岩体沿前方的沟谷发生高速远程碎屑流动形成灾害。严格地说,只有初始的高速滑动可以称其为滑坡,而后的运动过程主要以碎屑流为主。此类滑坡通常发生在较狭窄的沟谷陡坡上,滑床坡度也较陡(一般在 $30^{\circ}$ 以上),甚至较平直,一般滑坡范围大,滑速快,滑

程远,如果在地震中获得很大的初始动能,滑体物质则有可能在沟谷中几经“折射”后再顺沟谷运动。汶川地震滑坡中最为典型的滑动 - 流动型滑坡应属汶川县映秀镇的牛圈沟滑坡。

牛圈沟滑坡:位于汶川县映秀镇(图 12 ~ 图 17)。

该滑坡启动于映秀镇的何家山谷坡,何家山南面为岷江支流牛圈沟,北东侧为牛圈沟支流莲花心



图 11 土屑滑动型滑坡  
Fig. 11 Photos of soil debris landslides



图 12 牛圈沟滑坡滑源区  
Fig. 12 Source area of Niujuangou landslide



图 13 牛圈沟滑坡强烈撞击折射区  
Fig. 13 Knocking and refracting area of Niujuangou landslide



图 14 牛圈沟滑坡流动区  
Fig. 14 Flowing area of Niujuangou landslide



图 15 牛圈沟滑坡堆积区  
Fig. 15 Deposit area of Niujuangou landslide

沟,滑坡后缘高程约 1 540 m,原始斜坡坡度约 40°。滑坡区主要由强风化的斜长花岗岩组成,启动滑坡体的规模约  $260 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。滑坡启动后,顺着莲花心沟及牛圈沟运动至岷江河谷,相对高差近 700 m,水平运动距离约 2.3 km,并形成堰塞湖。在运动过程中,先启动的滑体与沟谷谷坡发生了多次碰撞、折射、铲刮,大幅度地增加了沟道内运动的碎屑物。初步估计堆积物总方量超过  $500 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,地震后该沟内已发生多次泥石流。

牛圈沟滑坡的运动及形成过程,可以大致分为以下三个阶段(图 18):

### 1. 滑动启动阶段

在强震的作用下,何家山谷坡上近  $260 \times 10^4 \text{ m}^3$  的花岗岩体沿强风化分界面从海拔 1 540 m 高程处沿 NE60°的方向瞬间启动。该滑坡距汶川地震理论震中位置仅 9 km 左右,且位置较高,启动时获得了极高的速度和动量。由于滑面较陡且平直,滑体前

缘临空,因此,前缘几乎没有抗滑段,强风化界面发育的主滑带即为快速滑移带,整个滑体基本同时启动,发生高速滑动。

### 2. 碰撞、折射、流动阶段

高速滑动的花岗岩体冲上莲花心沟一侧的坡体上,与莲花心沟的坡体发生多次碰撞、折射、铲刮后,最终返回莲花心沟沿 SE150°的方向以碎屑流的方式顺沟高速滑行流动,在莲花心沟与牛圈沟交汇处转向沿 NE84°的方向继续流动。

### 3. 停滞堆积阶段

在碎屑流高速运动的过程中,随着碎屑物的不断增加,加之莲花心沟和牛圈沟的地形坡度逐渐变缓,同时高速运动的碎屑流经过莲花心沟与牛圈沟交汇处的跌水(图 16),损失了部分能量,最终导致碎屑流的速度、能量逐渐降低,并最终在牛圈沟停滞堆积下来。

### 1.3 坠落-滑动型滑坡



图 16 莲花心沟与牛圈沟交汇处

Fig. 16 Interchange of Lianhuaxin valley and Niujuangou valley



图 17 牛圈沟滑坡形成的堰塞湖

Fig. 17 The landslide lake caused by Niujuangou landslide

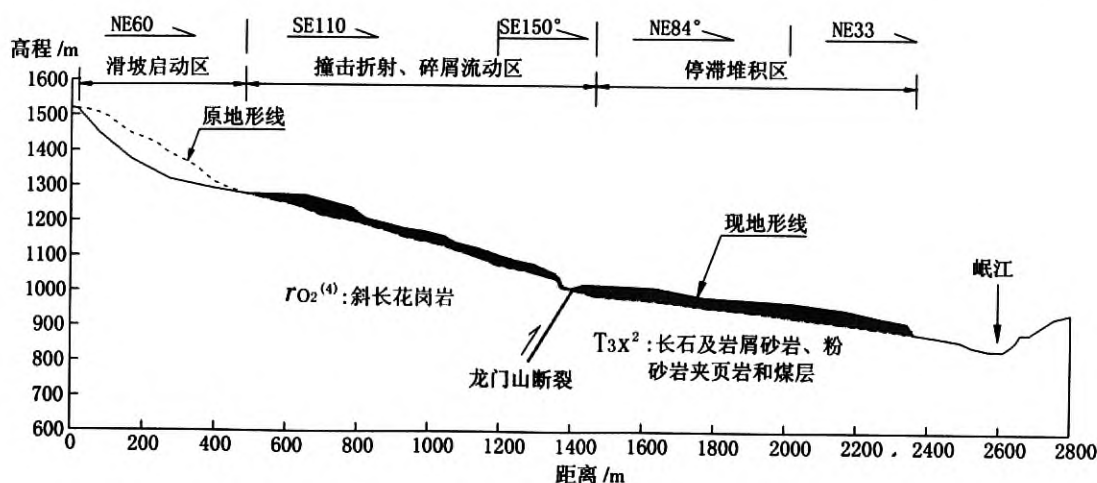


图 18 牛圈沟滑坡剖面示意图

Fig. 18 Section sketch map of Niujuangou landslide

高陡斜坡上部的岩体,在地震中发生坠落,坠落的岩体碎块石快速推动中下部坡面上的岩土体发生滑动,形成滑坡。此类滑坡多发生在有宽阔谷地的山坡上,斜坡多具有上陡下缓的台阶状形态,后缘崩塌拉裂面近于直立,或残留危石,坡体中下部滑动痕迹明显。汶川地震诱发的九峰村滑坡、沙坝村滑坡等就是此类滑坡的典型代表。下面主要以九峰村滑坡为例进行说明。

九峰村滑坡:位于四川省彭州市龙门山镇谢家店子九峰村7组。

该滑坡体长约600 m,宽约270 m,方量约 $500 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。滑坡主滑方向SE135°,前缘滑动距离约400 m。滑坡体后缘高程约1500 m,前缘高程1199 m,相对高差约300 m。滑坡体所在的斜坡具有上陡(40°以上)下缓(21°左右)的台阶状形态(图19~图21)。滑坡体前方有较宽阔而平坦的谷地,即为谢家店九峰村7组居民所在地。滑坡体主要由黑云正长花岗岩和砾岩、砂岩、灰岩及表部黄褐色堆积土等组成,基岩节理裂隙十分发育,风化强烈,力学强度低,在强烈震动的作用下极易粉碎成碎块石和砂砾石。该滑坡地震时堵断沙金河,形成堰塞湖。

根据灾害发生过程中不同部位物质的运动及堆积特征,可将该滑坡划分为3个区,即后缘崩滑区、整体滑移区和滑后堆积区(见图21)。后缘崩滑区高程为1350~1540 m,上下高差约190 m,该区斜坡坡度相对较陡,基岩风化强烈,裂隙极为发育,以局部崩塌及小规模滑塌灾害为主。整体滑移区高程1260~1350 m,该区主要为地貌上的凸出部位,剖面上呈现明显的台阶状形态,该区坡体主要以整体地齐头并进的方式进行滑移运动。滑后堆积区高程大致为1260~1180 m,主要位于谢家店九峰村7组居民所在的开阔谷地和沙金河河道。

分析滑坡的运动及形成过程可分为以下3个阶段(见图21):

### 1. 后缘崩滑启动阶段

在强地震的作用下,坡体的波动振荡在斜坡岩土体内形成了不同类型的附加应力,从而在各种裂隙及不连续面的端部附近产生了应力集中现象,引起了裂隙及不连续面的不断扩展,致使滑坡区部分岩体发生震动破裂,在坡度相对较陡的滑坡源区开始出现小规模崩塌滑动;崩滑区产生的崩滑体,因其所处位置较高,且在持续的地震作用下,产生了较高的速度和较大的动量。

### 2. 整体启动滑移阶段

后缘崩滑体在地震持续作用下产生了较高的速度和较大的动量,以大约33.6 m/s的速度撞击前进方向上的凸出山坡,产生了强烈的冲撞和推动作用,同时地震产生的推滑力作用于强度不断降低的斜坡岩土体上,当临近滑床面两侧特别是锁固段的临近滑床面两侧的岩土体所受的剪应力超过其抗剪强度时,便激发滑坡体骤然而迅猛下滑,产生了更高的滑坡速度。

### 3. 滑后停滞堆积阶段

在高速滑行过程中,滑坡体在巨大的冲击力作用下迅速解体,体积急剧增大,当运动到对岸受阻后,便停滞堆积下来。

## 1.4 坠落-弹射-滑动型滑坡

高陡斜坡上部的岩体,在地震中发生坠落,快速运动的块石(体)由于斜坡中部凸起岩层阻挡而产生弹射,弹射块石推动坡面的岩土体发生滑动,形成滑坡。一般斜坡上部陡峻,下部相对较平缓,后缘崩塌坠落裂面近于直立,或残留危石,斜坡中部有凸出岩层,突出岩层下部局部坡体基本未受扰动,坡体下部滑动痕迹明显。此类滑坡的典型实例如东河口滑坡。

东河口滑坡:位于四川省广元市青川县红光乡东河口村(图22)。

该滑坡体纵向斜长约1000 m,横向宽600 m,规模约 $1500 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。滑坡体所在的大坪山山顶高程1610 m,斜坡坡度40°左右。滑坡体后缘高程约1380 m,前缘高程900 m,相对高差约480 m。滑坡前缘滑动距离约2 km左右,在红石河和青竹江上分别形成了 $100 \times 10^4 \text{ m}^3$ 余和 $300 \times 10^4 \text{ m}^3$ 多的堰塞湖。滑坡区的地层主要为寒武系邱家河组 $\text{C}_{1q}$ 和 $\text{C}_{2q}$ 地层,滑坡体中、下部岩性为深灰色-黑色中-强风化炭硅质板岩、炭质绢云母石英千枚岩,上部岩性为块状~透镜状白云质灰岩,裂隙发育,产状为 $356^\circ \angle 20^\circ$ 。滑坡体后壁高陡、粗糙,崩滑区剪出口下部坡体局部未被扰动。

按照东河口滑坡的活动时间和空间,大致可将该滑坡划分为启程、近程和远程3个连续的运动阶段(图23)。

### 1. 启程坠落、滑动阶段

在强地震的作用下,坡体波动振荡,在斜坡岩土体内形成的附加应力,使斜坡岩土体,特别是斜坡上部石灰岩中原有裂隙、不连续面不断拉裂、迅速扩

展,趋于贯通,高陡斜坡后缘的石灰岩体在地震力的作用下首先开始坠落,并沿石灰岩与变质板岩的分界处发生滑动(滑动方向为 NE30°),因其所处位置

较高,且在地震持续的作用下,此阶段获得了较高的滑动速度和较大的动量。

2. 近程弹射、碰撞阶段



图 19 九峰村滑坡正视图  
Fig. 19 Front view of Jiufengcun landslide



图 20 九峰村滑坡侧视图  
Fig. 20 Side view of Jiufengcun landslide

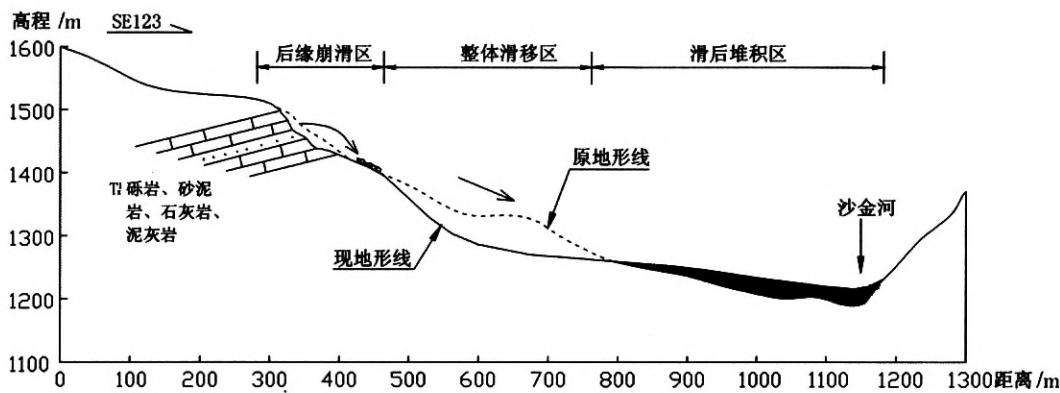


图 21 九峰村滑坡剖面示意图  
Fig. 21 Section sketch map of Jiufengcun landslide



图 22 东河口滑坡正视图  
Fig. 22 Front view of Donghekou landslide



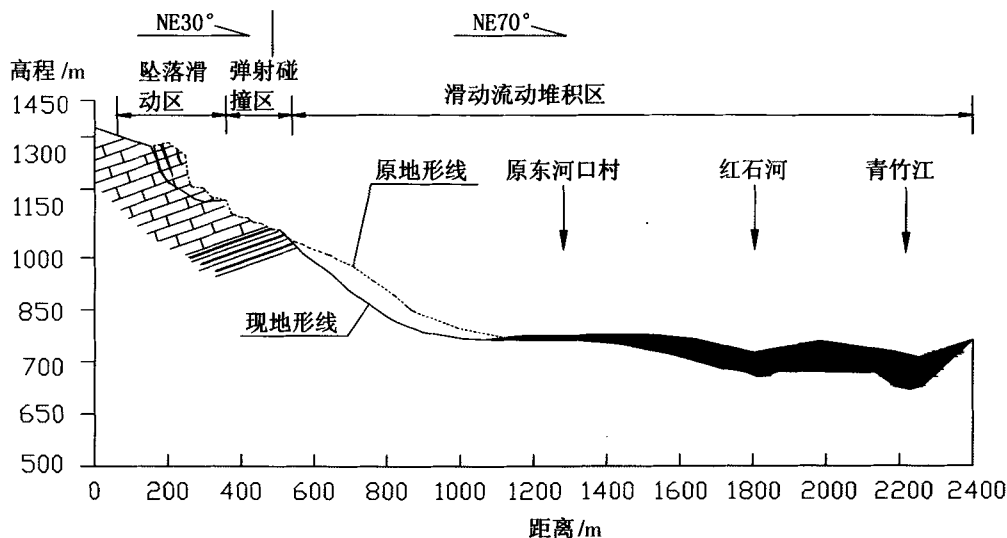


图 23 东河口滑坡剖面示意图

Fig. 23 Section sketch map of Donghekou landslide

因其剪出口位置较高,且剪出口处滑动床面向上反翘,在启程坠落、滑动阶段已获得较高的速度和较大的动量。当崩滑体崩落、滑动后,快速运动的块石(体)被斜坡中部凸起岩层或滑坡对面坡体阻挡产生弹射,崩滑体前缘向前凌空飞越至滑体北东侧的沟谷,并与沟谷两侧坡体发生碰撞后转向。

### 3. 远程滑动、流动堆积阶段

崩滑体与沟谷两侧坡体碰撞后,推动坡面的岩土体沿沟谷转向(NE70°)发生高速滑动及流动。此阶段运动主要以高速滑动及碎屑流运动为主,滑体内部已完全解体破碎,并形成碎屑与空气及少量水(原沟谷中有水流)的混合物,混和体高速运动约 2 km 左右,受阻后停滞堆积下来。

## 2 结语

在对汶川地震诱发的典型滑坡详细调查的基础上,根据汶川地震滑坡的运动特点和运动方式的不同,将地震滑坡分为 4 种基本类型:滑动型滑坡、滑动-流动型滑坡、坠落-滑动型滑坡及坠落-弹射-滑动型滑坡,其中滑动型滑坡又按照滑动特点及滑体的宏观破碎程度的不同,分为整体滑动型滑坡、碎裂滑动型滑坡和碎屑滑动型滑坡,并通过不同类型的典型滑坡实例对每一类地震滑坡的基本特征,特别是运动特征及运动过程进行了深入细致的分析。这不仅有助于更全面深入地认识地震滑坡的类型和特征,而且也为了今后减轻和预防地震滑坡灾害

提供了基础。

## 参考文献(References)

- [1] Yin Yueping. Features of landslides triggered by the Wenchuan earthquake[J]. Journal of Engineering Geology, 2009, 17(1): 29-38 [殷跃平. 汶川 8 级地震滑坡特征分析[J]. 工程地质学报, 2009, 17(1): 29-38]
- [2] Xu Qiang, Huang Runqiu. Kinetics characters of large landslides triggered by May 12th Wenchuan earthquake[J]. Journal of Engineering Geology, 2008, 16(6): 721-729 [许强, 黄润秋. 5.12 汶川大地震诱发大型崩滑灾害动力特征初探[J]. 工程地质学报, 2008, 16(6): 721-729]
- [3] Huang Runqiu, Pai Xiangjun, Li Tianbin. Basic characteristics and formation mechanism of the largest scale landslide at Daguanbao occurred during the Wenchuan earthquake[J]. Journal of Engineering Geology, 2008, 16(6): 730-741 [黄润秋, 裴向军, 李天斌. 汶川地震出发大光包巨型滑坡基本特征及形成机理分析[J]. 2008, 16(6): 730-741]
- [4] David k. keefer. Investigation landslides caused by earthquake - A historical review[J]. Survey in Geophysics, 2002, 23: 473-5100
- [5] Zhou Bengang, Zhang Yuming. Some characteristics of earthquake-induced landslides in southwestern China[J]. Northwestern Seismological Journal, 1994, 16(1): 96-103
- [6] Xu Qiang. Main types and characteristics of the geo-hazards triggered by the Wenchuan earthquake[J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2009, 20(2): 86-93 [许强. 汶川大地震诱发地质灾害主要类型与特征研究[J]. 地质灾害与环境保护, 2009, 20(2): 86-93]
- [7] Kong Jiming, A Fayou, Wu Wenping. Typical Examples Analysis the Types of Wenchuan Earthquake Landslide[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2009, 23(6): 66-70 [孔纪名, 阿发友, 吴文平. 汶川地震滑坡类型及典型实例分析[J]. 水土保持学报, 2009, 23(6): 66-70]

## Types and Characteristics of Typical Landslides Triggered by “5.12” Wenchuan Earthquake

LI Xiuzhen<sup>1,2</sup>, KONG Jiming<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Mountain Hazards and Surface Processes, CAS, Chengdu 610041, China;

2. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** By investigating typical earthquake-induced landslides in the field, the landslides triggered by “5.12” Wenchuan earthquake were classified into 4 kinds of basic types: slide type landslides, slide-flow type landslides, fall-slide type landslides and fall-eject-slide type landslides according to movement characteristics and modes of the landslides. Moreover, according to the characteristics of sliding and material composition of the landslides and macro disrupted degree of sliding mass, sliding landslides were classified into 3 kinds of secondary types: coherent landslides, disrupted landslides and debris landslides. On the basis, basic characteristics, especially movement characteristics and processes for all types of landslides was thoroughly analyzed by different types of typical landslides cases. It is not only helpful to comprehensively understanding the types and characteristics of earthquake-induced landslides, but also can provide a mitigation and prevention basis for future earthquake-induced landslides.

**Key words:** Wenchuan earthquake; earthquake-induced landslides; types; characteristics


---

### 消息1:《山地学报》网上投稿系统开始运行

尊敬的作者及审稿专家:《山地学报》网上投稿、审稿系统开通了,为了方便,本刊网上投稿系统网站名有所改变,现更名为:www.sdx1983.com,这将是本刊投入使用的正式网站名。作者投稿请登录站点 <http://www.sdx1983.com>,投稿时请仔细阅读本刊来稿要求,并同时向编辑部寄交与电子文档一样的纸质稿一份。我们的投稿系统网特别开辟了网上科普知识和考察游记栏,欢迎广大作者、读者赐稿。目前本系统处在试运行阶段,希望提出改进意见,帮助我们使其更加完善。

(然子桐)

## “5.12”汶川地震诱发典型滑坡的类型和特征

作者: 李秀珍, 孔纪名, LI Xiuzhen, KONG Jiming  
作者单位: 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室, 四川成都610041; 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川成都610041  
刊名: 山地学报   
英文刊名: Journal of Mountain Science  
年, 卷(期): 2011, 29(5)  
被引用次数: 1次

### 参考文献(7条)

1. 殷跃平 汶川8级地震滑坡特征分析[期刊论文]-工程地质学报 2009(01)
2. 许强;黄润秋 5.12汶川大地震诱发大型崩滑灾害动力特征初探[期刊论文]-工程地质学报 2008(06)
3. 黄润秋;裴向军;李天斌 汶川地震出发大光包巨型滑坡基本特征及形成机理分析[期刊论文]-工程地质学报 2008(06)
4. David k. keefer Investigation landslides caused by earthquake-A historical review 2002
5. Zhou Bengang;Zhang Yuming Some characteristics of earthquakeinduced landslides in southwestern China 1994(01)
6. 许 强 汶川大地震诱发地质灾害主要类型与特征研究[期刊论文]-地质灾害与环境保护 2009(02)
7. 孔纪名;阿发友;吴文平 汶川地震滑坡类型及典型实例分析[期刊论文]-水土保持学报 2009(06)

### 引证文献(1条)

1. 潘建平. 刘湘平. 徐水太 尾矿坝地震破坏机制探讨[期刊论文]-金属矿山 2013(1)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_sdx201105013.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201105013.aspx)