

# 广元市次生地质灾害分布特征及影响因素分析<sup>\*</sup>

## ——以朝天区为例

张英平<sup>1</sup>, 石建省<sup>1</sup>, 甘建军<sup>2,3</sup>, 刘长礼<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院水文地质工程地质研究所, 河北 正定 050803; 2. 成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059; 3. 四川省地质矿产勘查开发局, 四川 成都 610081)

**摘要:** 四川省广元市朝天区是汶川8.0级地震的重灾区之一, 由地震触发的崩塌、滑坡等次生地质灾害对人民群众生命财产安全构成巨大威胁。基于实地调查, 对震后地质灾害隐患点进行了统计分析, 指出了地震地质灾害的分布特征, 并对其影响因素进行了深入分析。区内地震地质灾害点多分布在海拔800 m以上的陡坡或陡崖部位, 并沿龙门山断裂带、嘉陵江水系及交通路线呈线状或带状分布。地震地质灾害的发生是内外力共同作用结果, 其中地震力和断裂构造带对地质灾害发生起着决定性的作用, 而地层岩性对灾种起关键性的作用, 滑坡多发育在页岩、片岩、板岩、千枚岩等软岩分布区, 崩塌多发育在灰岩、砂岩等硬岩分布区。

**关键词:** 滑坡; 崩塌; 分布特征; 影响因素; 汶川8.0级地震; 广元市朝天区

**中图分类号:** P642.2    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-811X(2011)01-0075-05

2008年四川省汶川8.0级大地震及余震诱发了大量的崩塌、滑坡、泥石流等次生地质灾害, 严重破坏了灾区的生产和生活设施, 对人民群众生命财产安全构成巨大威胁。广元市朝天区因地震诱发的地质灾害85处, 地质灾害造成6人死亡, 毁坏房屋160间, 威胁到22个乡镇1609户9144人的生命财产安全, 全区因次生地质灾害造成的直接经济损失691万元, 潜在经济损失21392万元<sup>[1]</sup>。

## 1 研究区概况

广元市朝天区位于四川省广元市北部, 嘉陵江上游, 川陕甘三省交界的边陲地带。朝天区辖朝天、沙河、羊木等25个乡镇(图1), 面积1620 km<sup>2</sup>, 境内有嘉陵江及其支流羊木河、浅溪河等河流分布。

朝天区处于龙门山构造断裂带北端, 是地质灾害的高发区<sup>[2]</sup>。据朝天区2002年县市地质灾害调查, 震前朝天区地质灾害隐患点107处, 主要有崩塌、滑坡、地面塌陷和地裂缝, 其中崩塌29处, 滑坡74处, 地面塌陷3处, 地裂缝1处。震后朝

天区地质灾害隐患点新增了85处, 滑坡最多, 崩塌次之。其中滑坡45处, 崩塌(危岩)31处, 潜在不稳定斜坡8处, 地面塌陷1处。

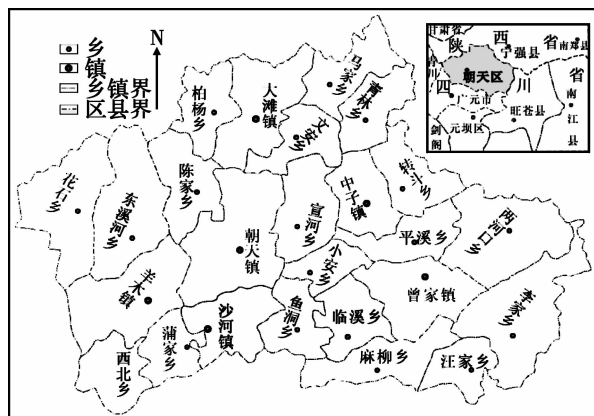


图1 广元市朝天区范围及分布图

## 2 研究区次生地质灾害的分布特征

震后对区内2002年县市地质灾害调查的107处预案点进行了核查。通过核查, 震前107处预案点在震后基本无大的变化, 朝天区地震触发的地质灾害点新增85处, 滑坡为优势灾种。

\* 收稿日期: 2010-08-23

基金项目: 中国地质调查局《全国主要城市环境地质调查评价》项目(1212010535501)

作者简介: 张英平(1976-), 女, 河北石家庄人, 博士研究生, 主要从事地质灾害和城市地质方面的研究. E-mail: zhangyingping1976@126.com

通讯作者: 石建省(1962-), 男, 河北石家庄人, 研究员, 博士生导师, 主要从事环境地质工程地质方面的研究. E-mail: tiger7886@263.com

### 2.1 次生地质灾害的地域分布

研究区新增的 85 处地质灾害隐患点分布于 22 个乡镇, 占全区 25 个乡镇的 88%。其中朝天镇最多 19 处, 面灾害密度为 1.6 处/10 km<sup>2</sup>; 宣河乡 7 处, 面灾害密度为 1.1 处/10 km<sup>2</sup>; 羊木镇 7 处, 面灾害密度为 0.7 处/10 km<sup>2</sup>; 鱼洞乡 6 处, 面灾害密度为 1.3 处/10 km<sup>2</sup>; 大滩镇 5 处, 面灾害密度为 0.6 处/10 km<sup>2</sup>; 其余乡镇分布 1~4 处不等。

### 2.2 次生地质灾害的地层时代分布

朝天区地震地质灾害隐患点有 27 处分布于震旦系地层中, 11 处分布于寒武系地层中, 1 处分布于奥陶系地层中, 6 处分布于志留系地层中, 6 处分布于泥盆系地层中, 12 处分布于二叠系地层中, 22 处分布于三叠系地层中(图 2)。二叠系、三叠系、寒武系、震旦系等地层出露处通常地形坡度较大, 岩石破碎, 河流切割强烈, 且有 108 国道、宝成铁路及复线等大型线状工程通过, 具备形成滑坡、崩塌等地质灾害的基本条件。

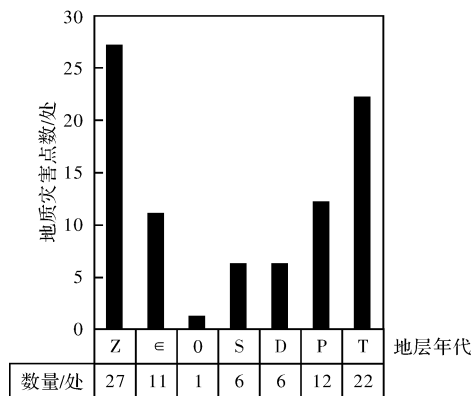


图2 地质灾害点在各地质时代中分布直方图

### 2.3 次生地质灾害在地形地貌上的分布

朝天区新增 85 处地质灾害隐患点分布于海拔 600 m 以下的 1 处, 600 ~ 800 m 10 处, 800 ~ 1 000 m 23 处, 1 000 ~ 1 200 m 35 处, 大于 1 200 m 的 16 处(图 3)。800 m 以上地貌单元较复杂, 相对高差大, 坡度陡, 地形切割异常强烈, 岩体破碎, 临空面发育, 为地质灾害的发生提供了充足的条件。海拔 800 m 以上的地质灾害隐患点 74 处, 占总数的 86.75%。

朝天区新增 85 处地震地质灾害隐患点主要分布于陡坡—陡崖部位, 其中有 50 处分布于陡坡地带, 主要为滑坡; 30 处分布于陡崖处, 主要为崩塌(危岩); 5 处分布于缓坡地带, 在平台及平坝部位无地质灾害点分布(图 4)。因为陡坡—陡崖部位

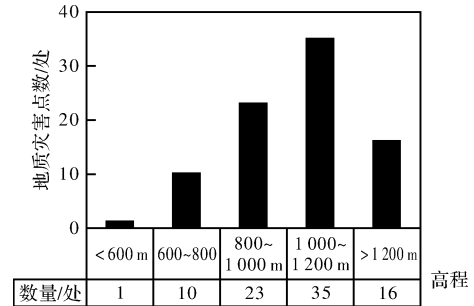


图3 地质灾害点在不同高程上分布直方图

本身具有地质灾害发生的有利条件, 如地形坡度陡, 临空面发育等, 加之地震的影响, 所以地质灾害表现的异常发育。

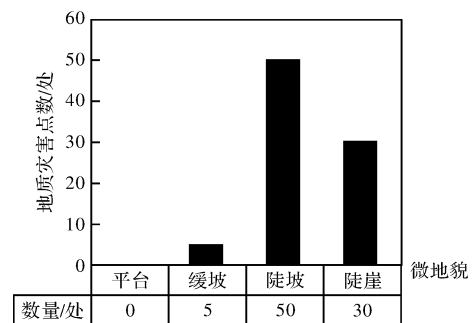


图4 地质灾害点在微地貌上分布直方图

### 2.4 次生地质灾害在构造断裂带上的分布

在遭受汶川 8.0 级地震的影响后, 区内新增的 85 处地质灾害隐患点沿构造断裂带呈线性分布。沿断裂带分布有崖根头滑坡、通木树滑坡、解家岩滑坡、老林包滑坡、火实坡村不稳定斜坡、谢家岩崩塌、朱家岩滑坡、寨堡崩塌、贯头上崩塌、薄山子崩塌等共 41 处地质灾害点。在两个构造线交汇处地质灾害点的发育规模相对较大。靠近断裂带受地震影响较强烈, 次生地质灾害发育相对较密集, 有 50 余处; 而远离构造线地带, 受地震影响相对较弱, 地质灾害发育相对较稀疏(图 5)。同时, 靠近断裂带地带的灾点无论是从灾情、险情, 还是地质灾害规模都要比远离构造线地带的大得多, 如胡家坪滑坡、三官桥滑坡、寨堡崩塌(危岩)、明月峡崩塌(危岩)等均靠近构造线。

## 3 研究区次生地质灾害的影响因素分析

朝天区地震地质灾害受强烈地震力、构造断裂带的控制作用, 又受地形地貌、地层岩性、人类工程活动和降雨量等多种因素的影响。

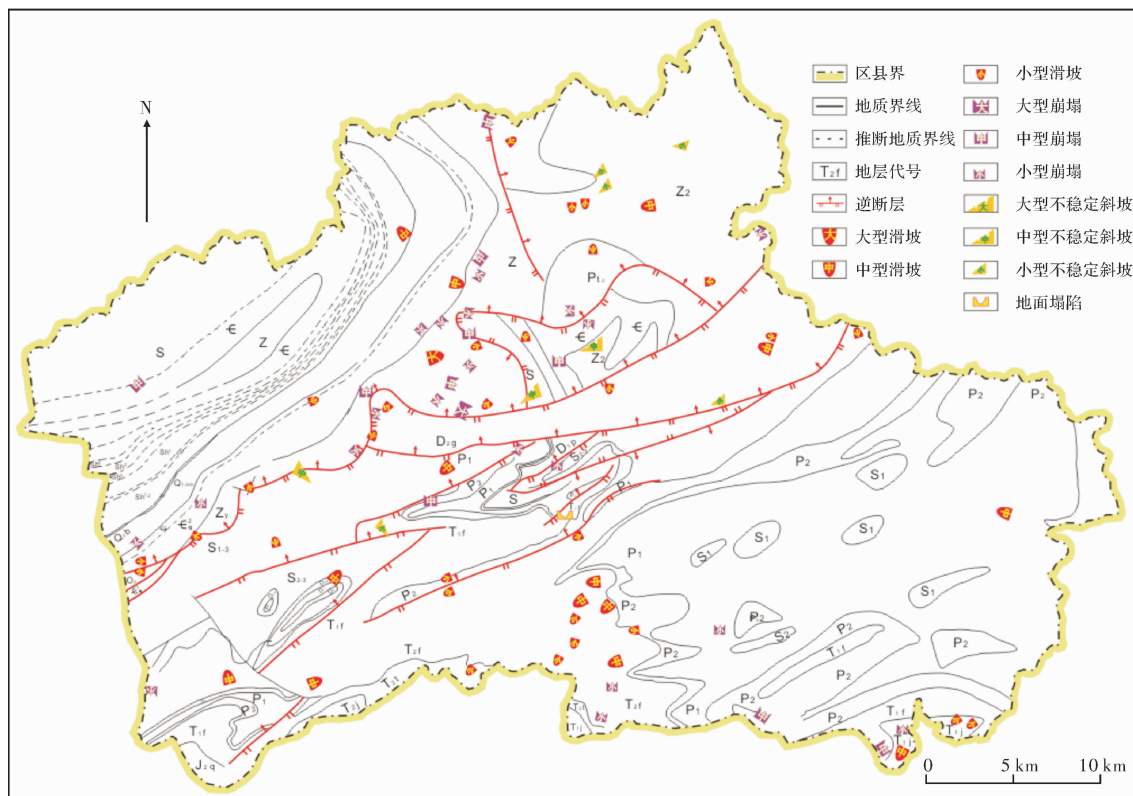


图5 朝天区地质构造与地震地质灾害关系图

### 3.1 强烈地震力的影响

汶川 8.0 级地震时,朝天区主震水平地震动峰值东西向加速度为 77.8 ~ 249 Gal, 南北向加速度为 99 ~ 189 Gal, 主震铅垂向地震动峰值回速度为 61.6 ~ 124 Gal, 地震裂度为 VII<sup>[3]</sup>。强震时,崩塌滑坡多受地震纵波竖向周期拉伸与横波水平周期剪力的耦合作用,其中以纵波的竖向拉伸作用占优势,表现为拉剪破坏形式<sup>[4]</sup>。据野外调查,研究区滑坡体多为第四纪残破碎石土,结构松散,滑动面多位于残积层与基岩之间的界面或岩体的软弱结构面附近。地震纵横波的耦合作用在上述结构面产生放大效应,使得滑坡的滑动面呈阶梯状、锯齿状,凹凸不平,表现出明显的拉剪性。如胡家坪滑坡、三官桥滑坡、柏杨乡小学滑坡、大包滑坡等。崩塌则表现出明显的平抛、弹射和远程滚动的特点,如寨堡崩塌、茅坡岩崩塌、谢家岩崩塌、麻柳峡崩塌、真天观崩塌等,虽然崩塌规模不大,但造成了 6 人死亡,毁坏房屋 107 间。

### 3.2 构造断裂带的影响

朝天区地处摩天岭—米仓山东西向构造带和龙门山北东向构造带交汇处。该区构造活动频繁,地貌所反映的晚近期构造运动主要是燕山期构造旋回抬升为主,表现为褶皱且具地台型的特色,

以逆断层为主,区内褶皱、断裂极为发育,主要有明月峡背斜、新店子倒转背斜、飞仙关背斜、压性高角度北东向冲断裂<sup>[5]</sup>(图 6)。

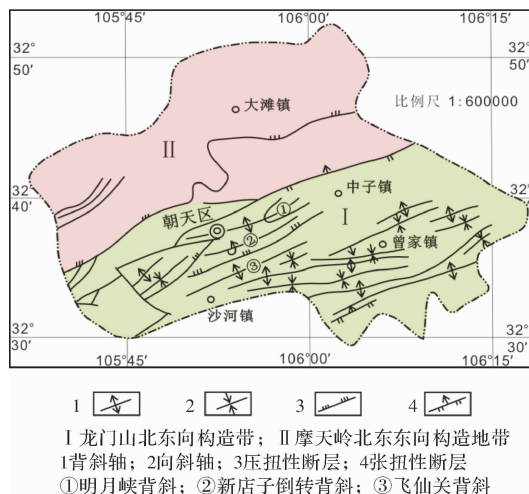


图6 广元市朝天区地质构造示意图

龙门山断裂带由一系列褶皱和 3 条主干断裂及次级断裂系组成,自西向东为安县—灌县—江油山前断裂带、映秀—北川—南坝—林庵寺中央断裂带和茂县—汶川后山断裂带<sup>[6-7]</sup>。其中安县—灌县—江油断裂和映秀—北川—南坝—林庵寺断裂带平行穿朝天区,另外一条茂县—汶川断裂带北端的平武—青川断裂在其西北邻近区域穿过<sup>[8-10]</sup>。

龙门山系地表破裂带沿北东东向延伸,以逆冲走滑为主,断裂带北端在规模和强度上明显小于南段和中段<sup>[11]</sup>,但中强余震多次发生,大部分城镇受到严重破坏,部分民房倒塌,多数楼房破裂或局部坍塌成为危房。

### 3.3 地形地貌的影响

朝天区属摩天岭中山区向龙门山中低山区及丘陵地带过渡区,海拔 475~1 989 m,地势东西高,中部低,由北向南倾斜。东部岩溶地貌,海拔 1 200~1 989 m,由东北向西南倾斜。北部、西部属米仓山、龙门山褶皱地带,以中低山为主,海拔 800~1 600 m,因风化层很薄,基岩裸露,侵蚀严重,其间峰峦高耸,沟壑深切,峭壁丛生。中南部嘉陵江、羊木河、潜溪河沿岸地形切割强烈,沟谷下切深度大,河流岸坡结构较薄弱,斜坡坡度陡,临空面发育,有利于地质灾害的发生。震前 107 处地质灾害隐患点,在海拔 600~1 000 m 范围内就发育了 73 处。位于嘉陵江主河道及潜溪河两岸的地质灾害隐患点就有 62 处。震后,新增的 85 处地质灾害隐患点发育在海拔 600 m 以上的就有 84 处,分布在嘉陵江主河道、羊木河及潜溪河两岸的地质灾害隐患点有 63 处。

### 3.4 地层岩性的影响

朝天区西北部主要出露摩天岭地层,南东部为龙门山地层。摩天岭地层分区主要分布于朝天区西北部的柏杨、陈家、花石、东溪河、马家坝、青林等乡,区内主要为震旦系至前泥盆系碧口群的地层,而龙门山地层分区则分布于朝天区其余各乡镇,区内主要出露志留系至侏罗系的地层<sup>[12-13]</sup>。由于研究区地处两个地层的交汇处,岩性复杂,有灰岩、砂岩、泥岩、页岩、片岩、板岩、千枚岩等<sup>[14]</sup>。受龙门山和摩天岭多期构造运动的影响,褶皱、断裂纵横交错,地层切割强烈,岩性复杂,软硬岩石交替出露,岩石节理裂隙十分发育,岩石较为破碎,为崩塌、滑坡的发育提供了有利条件。在软页岩、片岩、板岩、千枚岩、灰岩与页岩或泥岩互层的软岩分布区以滑坡为主,在灰岩、砂岩、硬质页岩等硬岩分布区崩塌发生较多。

### 3.5 降雨及人类工程活动的影响

朝天区年降雨量 800~1 000 mm,主要集中在每年 5~9 月,年日照数 1 300~1 400 h,年平均气温 17℃左右,气温年差较大,雨量充沛,属亚热带湿润季风气候。地震前朝天区地质灾害的发生时间多集中于雨季,震前 107 处地质灾害隐患点

5~9 月发生的地质灾害就有 75 处,占总数的 70%。另外,朝天区地质灾害发生频率最高的年份有 1981 年、1987 年、1998 年、1999 年、2000 年和 2001 年,所发生地质灾害点数分别为 6 处、7 处、17 处、8 处、10 处和 8 处,共 56 处,占震前总数的 52.34%。其中,1981 年和 1987 年是朝天区降雨量最大的两个年份,1998~2001 年则是朝天区内修筑 108 国道等大型线状工程活动最强烈的几年。

近年来由于大量的工程建设开挖山体坡脚,破坏了斜坡形态及稳定性,其它如修建乡村公路、小城镇建设及采矿等人类工程活动,破坏了山体的稳定性,为地震地质灾害发生提供了更加有利条件。

## 4 结论

通过对朝天区地震地质灾害的分布特征和影响因素进行分析研究,可以得出如下结论。

(1)广元市朝天区地震次生地质灾害以滑坡为主,崩塌次之。地质灾害点主要沿龙门山断裂带、嘉陵江水系和交通线呈线或呈带分布,且构造线与构造线或河流的交汇处,岩层破碎,地质灾害的发育规模相对较大。

(2)地质灾害点多集中在高程 800 m 以上的陡坡或陡崖部位,主要是这些部位的坡度较大,岩体破碎,地震在这些部位的放大效应最为显著;地震地质灾害在各类岩层均有发育,滑坡多发育在软页岩、片岩、板岩、千枚岩、灰岩与页岩或泥岩互层的软岩区,崩塌多发育在灰岩、砂岩、硬质页岩等硬岩分布区。

(3)朝天区地震地质灾害的发育受地震力、断裂构造带、地形地貌、地层岩性、水文条件及人类工程活动的影响,其中地震纵横波的耦合作用和构造断裂带是决定性因素。由于受汶川强烈地震力的影响,滑坡滑动面呈阶梯状、锯齿状,凹凸不平,表现出明显的张剪特性;崩塌则表现出显著的平抛、弹射和远程滚动的特点。

(4)地震触发的地质灾害具有长期性和滞后性,强烈地震使山体结构遭受严重破坏,稳定性大大降低,随着雨季到来,在降雨等因素的诱发下,会形成新一轮的地质灾害。

## 参考文献:

[1] 四川省地质矿产勘查开发局川西北地质队. 四川省 5.12 地

- 震灾区广元市地质灾害应急排查报告[R]. 绵阳: 四川省地质矿产勘查开发局川西北地质队, 2009.
- [2] 陈国光, 计凤桔, 周荣军, 等. 龙门山断裂带晚第四纪活动性分段的初步研究[J]. 地震地质, 2007, 29(3): 657-673.
- [3] 崔芳鹏, 胡瑞林, 殷跃平, 等. 地震纵横波时差耦合作用的斜坡崩滑效应研究[J]. 工程地质学报, 2009, 17(4): 455-463.
- [4] 韩金良, 吴树仁, 何淑军, 等. 5.12 汶川 8 级地震次生地质灾害基本特征及其形成机制浅析[J]. 地学前缘, 2009, 16(3): 306-326.
- [5] 李传友, 宋方敏, 冉永康. 龙门山断裂带北段第四纪活动性讨论[J]. 地震地质, 2004, 26(2): 248-258.
- [6] 马杏垣. 中国岩石圈动力学地图集[M]. 北京: 中国地图出版社, 1989.
- [7] 彭华, 马秀敏, 姜景捷. 龙门山北端青川断层附近应力测量与断层稳定性[J]. 地质力学学报, 2009, 15(2): 114-130.
- [8] 任俊杰, 张世民. 汶川 8 级地震地表破裂带特征及其构造意义[J]. 大地测量与地球动力学, 2008, 28(6): 47-67.
- [9] 四川省地质局第二区域地质测量队. 中华人民共和国区域地质调查报告广元幅(1:20 万)[M]. 北京: 地质出版社, 1966.
- [10] 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [11] 谢洪, 钟敦伦, 矫震, 等. 2008 年汶川地震重灾区的泥石流[J]. 山地学报, 2009, 27(4): 501-509.
- [12] 殷跃平. 汶川八级地震地质灾害研究[J]. 工程地质学报, 2008, 16(4): 433-444.
- [13] 杨泰平, 唐川, 齐信. 基于 GIS 技术的汶川 8.0 级地震诱发地质灾害危险性评价——以四川省安县为例[J]. 灾害学, 2009, 24(4): 68-72.
- [14] 周荣军, 黄润秋, 雷建成, 等. 四川汶川 8.0 地震地表破裂与震害特点[J]. 岩石力学与工程学报, 2008, 27(11): 2173-2183.

## Analysis of Distribution Characteristics and Influencing Factors of Secondary Geohazards in Guangyuan City —— Taking Chaotian District as an Example

Zhang Yingping<sup>1</sup>, Shi Jiansheng<sup>1</sup>, Gan Jianjun<sup>2,3</sup> and Liu Changli<sup>1</sup>

(1. *Institute of Hydrogeology and Environment Geology, CAGS, Zhengding 050803, China;*

2. *State key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;*

3. *Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resource, Chengdu 610081, China)*

**Abstract:** Chaotian district of Guangyuan city is one of heavy disaster areas in Wenchuan earthquake. Rock collapses, landslides, debris flows and other geohazards triggered by Wenchuan earthquake, seriously threatened people lives and properties. Based on field survey in Chaotian district, statistical analysis of the points with hidden geohazards is made. The distribution characteristics of seismogeological disasters and their influencing factors are analyzed. The seismogeological hazard sites mainly distributed on steep slopes or cliffs at altitudes of over 800 meters in linear or zonal patterns along Longmen fault zone, Jialing River and traffic lines. Seismogeological disasters are the results of joint action of internal and external forces. Faults and seismic force play a decisive role, while stratum lithology determined the types of disasters. Most landslides developed in the area of soft rock, such as shale, schist, slate and phyllite, and most collapses developed in the area of hard rock, like limestone and sandstone.

**Key words:** landslide; collapse; distribution characteristics; influencing factors; M8.0 Wenchuan earthquake; Chaotian District of Guanyuan City