

文章编号: 1009-3850(2010)01-0103-06

# 四川泸定地区岩土体类型与地质灾害

李宗亮, 巴仁基, 倪化勇, 刘宇杰, 唐亦旗, 宋志

(成都地质矿产研究所, 四川成都 610081)

摘要: 岩土体为地质灾害的活动主体。地质灾害的孕育、发生和成灾等, 都是岩土体的不同活动形式的反映。不同岩土体具有不同的物理、力学及水理性质, 其可能产生的地质环境问题也不同。在进行灾害预测评价时, 必须充分考虑不同岩土体与地质灾害的关系。

关键词: 岩土体类型; 地质灾害; 地质环境

中图分类号: P642.2 文献标识码: A

四川省大渡河中游的泸定县一带, 由于新构造作用强烈, 降水较为丰沛, 内外地质作用强烈, 地质灾害频发。研究区岩土体类型对地质灾害的发生具明显的控制作用。

可将其划分为松散岩类、半坚硬-坚硬岩类和坚硬岩类三个工程地质岩类。依据岩石物理力学性质、岩体结构、胶结程度等特征, 可进一步划分出 8 个工程地质岩组 (表 1)。

## 1.1 砂砾、卵石、碎石为主的松散岩组 (I)

除陡崖区外, 该岩组在全区均有不同程度的分布。主要分布于河谷、支沟及其两侧斜坡, 为出露最为广泛的一个岩组。该岩组成因类型多样, 包括全

## 1 岩土体类型及特征

泸定县境内出露地层的岩石类型多样, 根据岩石的物理力学性质及其完整性、坚硬程度、岩性等,

表 1 大渡河中游岩土体工程地质类型  
Table 1 Rock mass types in the middle reaches of the Dadu River

工程地质岩类及岩组			地层 (岩石) 代号	分布特征
岩类	岩组	代号		
松散岩类	砂砾、卵石、碎石为主的松散岩组	I	Qh <sup>sp1</sup> , Qh <sup>eH</sup> , Qh <sup>co1</sup> , Qh <sup>dH-co1</sup> , Qh <sup>df</sup> , Qh <sup>dp</sup> , Qh <sup>co1</sup> , Qh <sup>s</sup> , Qh <sup>k1</sup>	河谷和两侧斜坡地区
	碎石、砂土为主的松散-半胶结岩组	II	QP <sup>sp1</sup> , QP <sup>df</sup> , QP <sup>sp1</sup> , QP <sup>dp</sup>	河谷阶地
	粉粘土为主的半胶结岩组	III	QP <sup>k1</sup>	海子村等
半坚硬-坚硬岩类	泥岩、页岩、砂岩互层半坚硬岩组	IV	J <sub>2</sub> <sup>s</sup> , J <sub>-2</sub> <sup>x</sup> , Z <sub>3</sub> <sup>x</sup>	研究区东北部
	灰岩、泥灰岩夹砂岩、泥岩坚硬-半坚硬岩组	V	T <sub>2</sub> , D <sub>2</sub> <sup>y</sup> , D <sub>2</sub> <sup>g</sup> , D <sub>1</sub> <sup>r</sup> , S <sub>2</sub> <sup>s</sup> , S <sub>2</sub> <sup>j</sup> , S <sub>1</sub> <sup>j</sup> , Q <sub>3</sub> , Q <sub>2</sub> <sup>b</sup> , O <sub>1</sub>	研究区东部
	板岩、变质砂岩半坚硬-坚硬岩组	VI	P <sub>2</sub> , P <sub>1</sub> <sup>s</sup> , P <sub>1</sub> <sup>e</sup> , P <sub>1</sub> <sup>s</sup> , D <sub>2</sub> <sup>e</sup>	研究区西南和中部地区
坚硬岩类	酸性岩岩浆岩坚硬岩组	VII	Z, γ <sub>m2</sub> , γ <sub>k2</sub> , γ <sub>2</sub> , γ <sub>Q2</sub> , γ <sub>C2</sub> , γ <sub>γ<sub>5</sub></sub> , γ, ρ, ε	全区不均匀分布
	中基性-超基性岩浆岩坚硬岩组	VIII	Ψ <sub>2</sub> , γ <sub>δ2</sub> , δ <sub>Q2</sub> , δ <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , Σ <sub>2</sub> , β <sup>μ</sup> , P <sup>ts</sup>	全区不均匀分布

收稿日期: 2009-10-15 改回日期: 2010-03-24

作者简介: 李宗亮 (1967-), 教授级高工, 主要从事基础地质及地质灾害研究

资助项目: 四川泸定县地质灾害详细调查 (编号: 1212010640503); 典型泥石流防治关键技术及示范 (项目编号: 1212010814038)

新世冲洪积、残坡积、崩积、崩坡积、泥石流堆积、滑积、风积、人工堆积、冰川堆积等,尤以残坡积最为发育。该岩组一般由碎块石或碎块石混粉粘粒组成,因其结构松散,物理力学强度低,遇水易软化,在不利的地形条件或人工扰动下易形成滑坡、不稳定斜坡等。同时,因其规模一般较小,变形相对缓慢,常呈间歇性滑动,故多为泥石流的重要物源。

#### 1. 冲洪积 ( $Qh^{cp1}$ )

主要沿大渡河、磨西河及其支沟的河床、心滩、漫滩分布,堆积物为砂砾、卵石。松散,含水性、透水性极好,稳定性差,堆积形态常随河道的变迁而改变。由于在汛期间断的被淹没,其上不适宜人类工程活动。

#### 2 残坡积 ( $Qh^{cd}$ )

在全区缓坡和部分陡坡均有不同程度的有分布。厚 0.2~25m,堆积物成分和厚度与下伏基岩、坡度、堆积部位等有关,一般坡脚一带厚度较大,往上坡方向厚度减薄。

在以花岗质岩为主的基岩地区,残坡积主要为碎块石混砂土,粉粘粒含量较少,多呈稍密状,含水性及透水性好。在自然状态下,坡度为 $35^\circ$ 左右时能长期稳定,无明显的变形发生;而当坡度大于 $35^\circ$ 时坡体多有小的滑坡、拉裂隙发育。在基岩以泥岩、砂岩、灰岩、片岩等为主的地区,残坡积物主要为碎块石、角砾混粘土,含水性及透水性差,粘土遇水易软化,在坡度大于 $25^\circ$ (局部 $15^\circ$ 左右)时,堆积物即开始蠕变变形并产生滑坡。滑坡主要为浅层中小型土质滑坡,滑动面以土岩接触面为主,变形以前缘垮塌和整体的蠕变为主,且蠕变变形发生历史悠久,较少有大型快速滑动现象。

#### 3 崩塌堆积 ( $Qh^{co1}$ )、崩坡积 ( $Qh^{co+dl}$ )

主要分布于大渡河两岸的陡坡上,坡脚一带厚度较大,往上坡方向厚度减薄,呈倒石锥状分布。主要由块石混碎石组成,多有架空现象,由坡脚往上坡方向堆积物粒度变细。松散、稍密状,含水性及透水性极好。在自然状态下,坡度 $35^\circ$ 左右时稳定性较好,而当坡度大于 $35^\circ$ 时,沿斜坡常有落石现象。

#### 4 泥石流堆积 ( $Qh^{dl}$ )

主要分布于现代泥石流沟口,堆积物成分与泥石流的性质有关。区内主要以漂卵石混砂土为主,松散、稍密状,含水性及透水性好。坡度多大于 $7^\circ$ ,说明本区的泥石流以水石流为主,其分布区为泥石流灾害的危险区。

#### 5 滑坡堆积 ( $Qh^{dp}$ )

主要分布于海子坪滑坡强烈发育区及整错落—

化林坪滑坡强烈发育区。堆积物主要为含角砾粘土,呈可塑状。在滑坡以蠕变变形为主的地区,表现为残坡积物滑坡,性质与残坡积相近,处于不稳定状态;在滑坡物质已解体的滑坡上,堆积物松散,在降水作用下,易饱水形成坡面泥石流或成为沟谷型泥石流的主要物源。

#### 6 风积 ( $Qh^{co1}$ )

仅见于嘉靖村与五里沟之间的大渡河左岸,分布范围较小,由该处大渡河边滩砂土被风搬运堆积而成,成分为细砂。松散,孔隙发育,透水性好,现作为砂场进行开采,除开采中过陡放坡可能产生不安全因素外,无其它直接危害。

#### 7 冰川堆积 ( $Qh^{gl}$ )

主要分布于海螺沟、燕子沟及其它高海拔的现代冰川活动地区,由漂卵石混砂土及少量粉粘粒组成,松散,含水性及透水性好,主要为泥石流的物源。

#### 8 人工堆积 ( $Qh^s$ )

主要分布于公路外侧及部分矿山,成分主要为碎块石,松散,含、透水性好,稳定性差,其主要为泥石流的物源。

### 1.2 碎石、砂土为主的松散-半胶结岩组(II)

该岩组主要分布于河谷两侧的阶地、台地上。成因类型有冲洪积、泥石流堆积、冰川堆积及滑坡堆积等。

#### 1. 冲洪积 ( $Qp^{cp1}$ )

零星分布于大渡河两岸的I-II级阶地上,多具二元结构,下部为卵石层,上部为砂土,以中密状为主,孔隙发育,含、透水性极好。由于阶地平整,为人类工程活动集中区之一,自然状态下阶地坡度大于 $40^\circ$ 时长期稳定,人工边坡高10m,坡度达 $60^\circ$ 时亦能稳定自立。但由于河流侧蚀、砂石料开采,在靠近阶地带有小的崩滑产生。

#### 2 泥石流堆积 ( $Qp^{dl}$ )

主要分布于磨西台地,在泥石流沟口的老扇上及部分二级河流下游的残留阶地上亦有零星出露。该堆积由漂卵石混砂土组成,中密、密实状,含水性及透水性较差,堆积物坡度多小于 $10^\circ$ ,为人类工程活动集中区之一。在扇上常有现代河流或泥石流沟切过,由其组成的陡坡的坡度多大于 $60^\circ$ ,且能长期稳定,但由于河流侧蚀或不合理的人工切坡,在靠近阶地带有小的崩滑及落石产生。

#### 3 冰川堆积 ( $Qp^{gl}$ )

主要沿大渡河两岸分布,地貌上常呈平台、缓坡。堆积物为含漂块石的角砾土,由漂块石、角砾-粗砂及少量粉粘粒组成。密实,含、透水性差,由于

粘土含量少,无明显胶结,具有弱的崩解性。据物理学性试验成果,堆积体物质天然密度平均为 $2.04\text{ g/cm}^3$ ,孔隙比平均为 $0.3855$ ,凝聚力 $C$ 为 $0.004\text{ MPa}$ ,摩擦角 $\varphi$ 为 $35.05^\circ$ 。在自然状态下,坡高大于 $100\text{ m}$ 坡度大于 $48^\circ$ 时能长期稳定自立。人工边坡高 $15\text{ m}$ 坡度为 $70^\circ$ 时仍较稳定。但当由于人工改造使其表面残坡积覆盖层被剥或被大量的集中水流冲刷时,其易于解体产生坡面泥石流或小的崩滑及落石现象。

#### 4 滑坡堆积 ( $Q^{lp}$ )

仅发育于四湾和摩岗岭。四湾古滑坡为冰川堆积物滑坡,堆积为含漂块石的角砾土,由于滑坡发生时间较长,现堆积物呈密实状。在坡高 $30\text{ m}$ 坡度 $70^\circ$ 时能长期稳定自立。滑坡堆积体物质组成以粗颗粒为主,其中,块碎石含量平均为 $24.03\%$ ,砾石含量平均为 $43.80\%$ ,天然密度平均 $2.13\text{ g/cm}^3$ ,孔隙比平均为 $0.364$ ,凝聚力 $C$ 为 $0.010\text{ MPa}$ ,摩擦角 $\varphi$ 为 $25.4^\circ$ ;渗透系数 $k$ 为 $7.77\times 10^{-2}\text{ m/s}$ 属强透水性土;摩岗岭古滑坡堆积物部分为碎裂状花岗岩,多保留原岩之结构构造,稳定性较好。

#### 1.3 粉粘土为主的半胶结岩组 (III)

仅见于海子坪一带,由昔格达组 ( $Q^{p1}$ )组成。下部为碎石土与漂卵石,中层状结构;上部为粉土、粘土夹砂土,中薄层状结构。半成岩状,含水性与透水性极差,同时由于粉土、粘土遇水易饱水软化,从而引发滑坡,为区内的两个滑坡强烈发育区之一。以蠕变为主,小的浅层滑坡比较常见,但其发生历史悠久,较少有大型快速滑动现象。

#### 1.4 泥岩、页岩、砂岩互层半坚硬岩组 (IV)

该岩组主要出露于整错落化林坪一带,为上三叠统须家河组 ( $T_3x$ )、下中侏罗系统自流井组 ( $J_2z$ )、沙溪庙组 ( $J_2s$ )地层,岩性为砂岩、泥(页)岩组成的韵律层,局部含煤,岩体结构以互层状—中厚层状结构为主。泥(页)岩抗风化能力弱,易于崩解软化;砂岩致密坚硬,抗风化能力强,易形成陡坎,主要含基岩裂隙水。泥岩含水性和透水性差,为相对隔水层,而砂岩含透水性较好,为含水层。在缓坡陡坡区,该岩组上常覆盖有厚 $0.5\sim 5\text{ m}$ 的残坡积层,同时在其分布区内易形成集中地表径流。由于降水下渗缓慢,其上残坡积土体易于饱水从而引发滑坡。

#### 1.5 灰岩夹砂岩、泥岩坚硬—半坚硬岩组 (V)

该岩组出露于区内东部冷碛、兴隆一带。主要为泥盆系中统养马坝组地层,岩性为深灰色中厚层

团块状泥质灰岩,生物灰岩夹灰色泥岩、粉砂岩。岩体结构以互层状—中厚层状结构为主。灰岩质脆,坚硬致密,抗压强度高,受构造改造,垂直层面节理裂隙较发育。泥岩等抗风化能力弱,易于崩解软化,当存在倾向临空面等不利组合条件时易产生崩塌。

#### 1.6 板岩变质砂岩等半坚硬—坚硬岩组 (VI)

该岩组出露于海螺沟、燕子沟一带。主要为二叠系石英岩、云母石英片岩夹石榴子石云母片岩、条带状大理岩、碳质板岩、绢云片岩、灰岩等,岩体结构以互层状—中厚层状结构为主。板岩、绢云片岩等抗风化能力弱,易于崩解软化;石英岩、石英片岩、大理岩等质脆、坚硬致密,抗压强度高。由于该岩组沿鲜水河构造带分布,受构造改造,垂直层面节理裂隙较发育,当存在倾向临空面等不利组合条件时易产生崩塌。该岩组分布区崩坡积物中粘性土含量高,容易发生滑坡,如石头沟滑坡、麻窝滑坡、解放组滑坡等,诱发因素多为暴雨。

#### 1.7 酸性岩浆岩坚硬岩组 (VII)

该岩组在全区出露广泛,主要由元古代花岗闪长岩、钾长花岗岩、花岗质混合岩组成。岩体较完整,岩体结构以块状—次块状结构为主,在断层带中则为镶嵌碎裂结构。岩石致密坚硬,岩体强度高。由于长期的风化剥蚀,自然状态下山体较为浑圆,稳定性较好,但在断层破碎带及人工切坡区,由于裂隙发育,易产生崩塌。

#### 1.8 中基性—超基性岩浆岩坚硬岩组 (VIII)

该岩组沿大渡河及磨西河两岸分布,形成时代为元古代,经历了多期构造运动的叠加改造。岩性以基性、超基性侵入岩为主,岩质坚硬致密,微裂隙发育,岩体结构以次块状结构为主,在断层带中则为镶嵌碎裂结构或碎裂结构。由于其主要沿构造带展布,受构造改造强,易产生崩塌。在高山地带,由于冻融、风化强烈,常见岩屑或岩屑堆积裙、石海等物理地质现象。

## 2 岩土体类型与地质灾害关系

本次调查发现,除崩塌外,滑坡、不稳定斜坡及泥石流的发生均与砂卵石、碎块石松散岩组 (I)密切相关。其主要表现为:①区内的滑坡、不稳定斜坡主要发生在砂卵石、碎块石松散岩组 (I)中;②区内泥石流的物源主要通过砂卵石、碎块石松散岩组 (I)的活动提供。

砂卵石、碎块石松散岩组 (I)组成一般为碎块石或碎块石混粉粘粒,因其结构松散,物理力学强度

低,遇水易软化,在不利的地形条件或人工扰动下易形成滑坡、不稳定斜坡,同时通过这些滑坡、不稳定斜坡的活动及面蚀作用为泥石流提供物源。

地质灾害与其它不同岩土体类型的关系,则因地质灾害类型的不同其相关性亦不相同,由岩土体的物理、力学及水理性质及不同类型地质灾害的发生机理所决定。

### 2.1 岩土体类型与泥石流

岩土体主要通过给泥石流提供物源而影响泥石流的发育。区内泥石流的物源研究表明,泥石流的物源主要分布于酸性岩浆岩坚硬岩组(VII)和碎石、砂土为主的松散半胶结岩组(II)分布区(图1),比例分别为40%和21%,主要与各岩土体类型的出露面积有关。

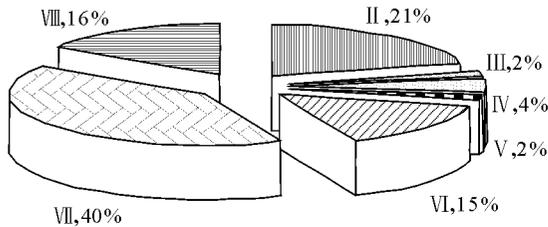


图1 泥石流物源在不同岩土体类型中的分布比例

II. 碎石砂土为主的松散半胶结岩组; III. 粉粘土为主的半胶结岩组; IV. 泥岩、页岩、砂岩互层半坚硬岩组; V. 灰岩、泥灰岩夹砂岩、泥岩坚硬半坚硬岩组; VI. 板岩、变质砂岩坚硬半坚硬岩组; VII. 酸性岩浆岩坚硬岩组; VIII. 中基性超基性岩浆岩坚硬岩组

Fig 1 Illustration of the Percentages of the debris flow deposits in individual rock mass types

II = friable semicemented rock association composed of detritus and sands III = semicemented rock association composed of silt & clay IV = semihard rock association composed of mudstone shale and sandstone V = hard-semihard rock association composed of limestone and marl intercalated with sandstone and mudstone VI = hard-semihard rock association composed of slate and metamorphic sandstone VII = hard rock association composed of acidic magmatic rocks VIII = hard rock association composed of intermediately basic to ultrabasic magmatic rocks

各岩土体类型的泥石流的密度(图2)表明,每10 km<sup>2</sup>的岩土体中,为泥石流提供物源的能力差异很大。以粉粘土为主的半胶结岩组(III)和碎石、砂土为主的松散半胶结岩组(II)供给能力最强,其每10 km<sup>2</sup>的面积分别有14.1条、4.4条泥石流的物源与之有关。而灰岩、泥灰岩夹砂岩、泥岩坚硬半坚硬岩组(V)、酸性岩浆岩坚硬岩组(VII)每10 km<sup>2</sup>的面积中仅有0.6条泥石流的物源与之有关,该两个岩组

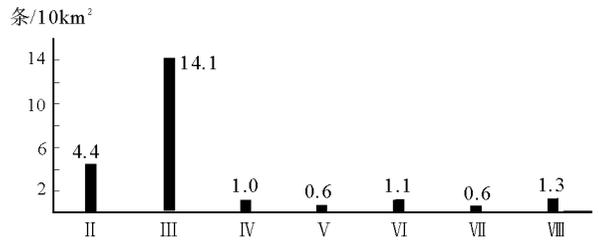


图2 各岩土体类型中泥石流的分布密度(图例见图1) Fig 2 Bar chart of the distribution of the debris flow deposits in individual rock mass types (See Fig 1 for the explanation of symbols)

为泥石流提供物源的能力最弱。

### 2.2 岩土体类型与崩塌

各岩组中崩塌的分布数量差异很大(图3),崩塌主要分布于酸性岩浆岩坚硬岩组(VII)、中基性超基性岩浆岩坚硬岩组(VIII)中,其发育比例分别达58%、20%。

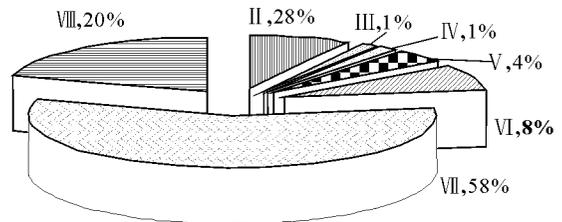


图3 崩塌在不同岩土体类型中的分布比例(图例见图1)

Fig 3 Illustration of the Percentages of rock avalanches in individual rock mass types (See Fig 1 for the explanation of symbols)

各岩组中单位面积崩塌的分布密度在以碎石、砂土为主的松散半胶结岩组(II)、中基性超基性岩浆岩坚硬岩组(VIII)和灰岩、泥灰岩夹砂岩、泥岩坚硬半坚硬岩组(V)中分别为每10 km<sup>2</sup> 0.66处、0.63处、0.61处。酸性岩浆岩坚硬岩组(VII)中崩塌体的数量最多,但每10 km<sup>2</sup>的崩塌密度仅0.31处。各岩组的崩塌密度反映了各岩土体物理力学性质的不同,碎石、砂土为主的松散半胶结岩组(II)、中基性超基性岩浆岩坚硬岩组(VIII)和灰岩、泥灰岩夹砂岩、泥岩坚硬半坚硬岩组(V)为区内的易崩岩组(图4)。

### 2.3 岩土体类型与滑坡

区内的滑坡以土质滑坡为主,但各岩组由于物质成分的差异,其风化产物各不相同,所产生的滑坡的机理及发育程度各异。

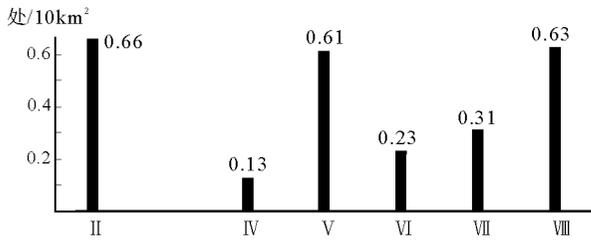


图 4 各岩土体类型中崩塌的分布密度 (图例见图 1)

Fig 4 Bar chart of the density of rock avalanches in individual rock mass types ( See Fig 1 for the explanation of symbols)

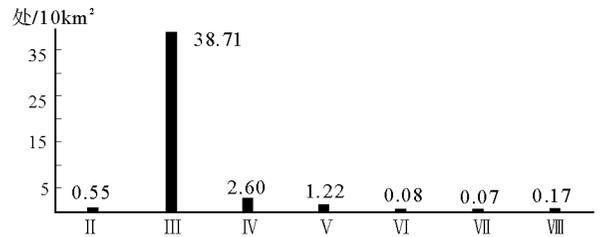


图 5 各岩组中滑坡的分布密度 (图例见图 1)

Fig 5 Bar chart of the density of landslides in individual rock mass types ( See Fig 1 for the explanation of symbols)

半胶结岩组 ( III)由于呈半成岩状,粉粘土含量高,自身易于吸水软化产生滑坡,故在区内出露面积虽很小,但滑坡体的分布密度却是最高,每 10 km<sup>2</sup>达 38.7处 (图 5),远高于其余岩组,为区内的最易滑岩组;泥岩、页岩、砂岩互层等半坚硬岩组 ( IV)风化后的残坡积物中粉粘粒含量高,遇水易饱和软化,其滑坡体分布密度为 2.6处 /10 km<sup>2</sup>,为区内的易滑岩组;灰岩、泥灰岩夹砂岩、泥岩坚硬 半坚硬岩组 ( V)风化物中亦含一定的粉粘粒,其滑坡体分布密度为 1.2处 /10 km<sup>2</sup>,为区内的较易滑岩组。其余岩组滑坡分布密度低,酸性岩浆岩坚硬岩组 ( VII)仅为 0.07处 /10 km<sup>2</sup>,为不易滑岩组。

2.4 岩土体类型与不稳定斜坡

区内不稳定斜坡除危岩体 (崩塌)外,全为土质

斜坡,与各岩组风化物中粉粘粒的含量关系密切。通过调查,不稳定斜坡主要分布于碎石、砂土为主的松散 半胶结岩组 ( II)和泥岩、页岩、砂岩互层等半坚硬岩组 ( IV)中 (图 6);从不稳定斜坡的分布密度看,其在碎石、砂土为主的松散 半胶结岩组 ( II),泥岩、页岩、砂岩互层等半坚硬岩组 ( IV)灰岩、泥灰岩夹砂岩、泥岩坚硬 半坚硬岩组 ( V)的分布密度为 10 km<sup>2</sup>分别为 1.43处、1.04处、0.81处,远高于其它岩组,这些岩组分布区的斜坡稳定性较差 (图 7)。

2.5 岩土体类型及可能产生的地质环境问题

通过对区内各岩土体类型与地质灾害分布关系研究,结合各岩土体类型的物理力学性质及水理性质分析,区内各岩土体类型可能产生的地质环境问题及与地质灾害的关系如表 2。

表 2 区内各岩土体类型可能产生的地质环境问题对照表

Table 2 Possible geological hazards triggered by individual rock mass types

工程地质岩类及岩组			可能产生的地质环境问题				与地质灾害的关系
岩类	岩组	代号	泥石流	滑坡	崩塌	不稳定斜坡	
松散岩类	砂砾、卵石、碎石为主的松散岩组	I	√√√	√√√		√√√	与泥石流、滑坡、不稳定斜坡关系最密切关系
	碎石、砂土为主的松散 半胶结岩组	II	√√		√√√	√√	为泥石流的重要物源,产沙能力强,易发生土崩,斜坡稳定性差
	粉粘土为主的半胶结岩组	III	√√√	√√√			为本区的最易滑岩组,为泥石流提供物源的能力很强
半坚硬-坚硬岩类	泥岩、页岩、砂岩互层等半坚硬岩组	IV	√	√√		√√	为本区的易滑岩组,不易发生崩塌,残坡积层稳定性差,
	灰岩、泥灰岩夹砂岩、泥岩坚硬 半坚硬岩组	V		√	√√	√√	为本区的较易滑岩组,易发生崩塌,残坡积层稳定性差
	板岩变质砂岩等半坚硬 坚硬岩组	VI			√	√	为本区的较易崩岩组,残坡积层稳定性较好
坚硬岩类	酸性岩浆岩坚硬岩组	VII					为本区地质灾害的主要分布岩组,但该岩组稳定性为最好
	中基性 超基性岩浆岩坚硬岩组	VIII			√√√		为本区的易崩岩组

注: "√√√"表示最易发生, "√√"表示易发生, "√"表示较易发生,无 "√"表示不易发生

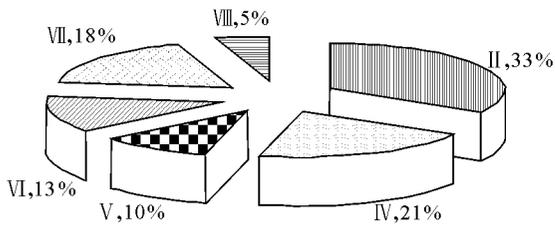


图 6 不稳定斜坡在各岩组中的分布比例 (图例见图 1)  
Fig 6 Illustration of the percentages of unstable slopes in individual rock mass types ( See Fig 1 for the explanation of symbols)

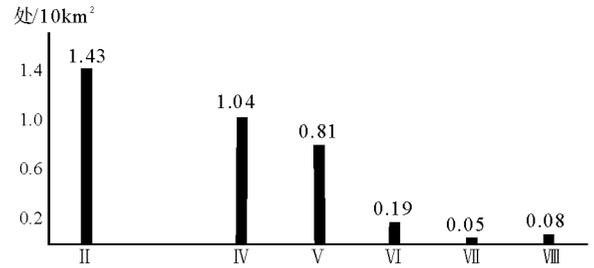


图 7 各岩组中不稳定斜坡的分布密度 (图例见图 1)  
Fig 7 Bar chart of the distribution of unstable slopes in individual rock mass types ( See Fig 1 for the explanation of symbols)

### 3 结 论

(1) 大渡河中游泸定县一带的岩土类型可分为 3 个工程地质岩类和 8 个工程地质岩组。

(2) 各工程地质岩组可能产生的地质环境问题以滑坡、泥石流及不稳定斜坡为主, 松散岩类中最易

发生地质灾害。

(3) 半坚硬 坚硬岩类可能产生的地质环境问题以滑坡、崩塌及不稳定斜坡为主, 泥石流不发育。

(4) 酸性岩浆岩坚硬岩组中不易发生地质灾害, 而中基性—超基性岩浆岩坚硬岩组最易发生崩塌灾害, 产生其它地质环境问题的可能性较小。

## Rock mass types and their bearings on the geologic hazards in the Luding region, Sichuan

LIZong liang, BA Ren ji, Ni Hua yong, LU Yu jie, TANG Yi qi, Song Zhi  
( Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract The initiation, development and occurrence of geologic hazards are attributed, without exception, to different types of activity of rock masses. The exposed strata in the Luding region, Sichuan may be classified on the basis of physical properties, hardness and lithology into three engineering geological rock associations, including friable rocks, semihard-hard rocks and hard rocks. The friable rocks are generally easy to bring about the geological hazards such as landslides, debris flows and unstable slopes. The semihard-hard rocks may be related to the geological hazards such as landslides, rock avalanches and unstable slopes. As the hard rocks, there is no possibility for the acidic rocks to result in the geological hazards, only the intermediately basic to ultrabasic rocks may be responsible for the generation of rock avalanches.

Key words: rock mass type, geological hazard, geological environment