

通南巴区块泥石流发育基本特征及防治对策

杜杰¹, 左雅娅²

(1. 中国石化西南油气分公司工程技术研究院, 四川 德阳 618000; 2. 四川省交通运输厅工程质量监督局, 成都 610041)

摘要:通南巴区块为中石化川北矿区一大主力区块,日产天然气约 30 万 m³,后期开采空间巨大。通过前期研究表明,受地形条件限制,目前区块内钻井及采气场地多处于盆地谷地带,井场在钻井及后期采气过程中经常遭遇山洪泥石流等地质灾害,严重威胁井场的安全运营,为彻底查清山洪泥石流对井场的危害程度及其发育特征,本次研究选取 2010—2012 年区块内 6 口井井场作为研究对象,通过查明井场所处沟谷基本特征,统计泥石流受灾情况,在总结各沟谷基本特征参数的前提下,总结了区内泥石流的成因机制,后期爆发频率及规模;同时从定量角度计算了区块内泥石流的动力学参数,尤其是泥石流峰值流量等参数值,为后期井场选址建设及防治泥石流提供了参考依据。

关键词:通南巴; 泥石流; 沟谷基本特征; 成因机制; 峰值流量

中图分类号:P642.23

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)03-0315-06

Development Characteristics of Debris Flow in Tongnanba Region and Control Measures

DU Jie¹, ZUO Ya-ya²

(1. Engineering Research Institute of SINOPEC Southwest Oil Gas Branch Company, Deyang, Sichuan 618000, China; 2. Sichuan Provincial Highway Transport Engineering Quality Supervision Station, Chengdu 610041, China)

Abstract: Tongnanba region is SINOPEC's mining area in the northern Sichuan Province, daily output is about 3.0×10^5 cubic meters of natural gas, later mining space is enormous. The research shows that by topography conditions, at present in the gas drilling and region in the basin with more valley, drill in the late in the process of gas drilling will often encounter flash flood debris flow of geologic hazards, serious threat of drill the safe operation, to check up thoroughly flash floods to drill harm degree of debris flow and its development characteristics. The research selected six well locationa in the area from 2010 to 2012 as the study object. Based on researches on the basic characteristics of the valleys in well field, statistical debris flow disaster, the fundamental characteristic parameters in valleys on the premise of summary, the debris flow the cause of formation mechanism, outbreak frequency and the latter scale were summarized. At the same time, from the quantitative aspect, dynamic parameters of the debris in the area was calculated, especially peak flow rate of debris flow parameters value, which provides reference basis for the latter location, prevention and control construction debris flow well site.

Key words: Tongnanba; debris flow; basic characteristics of the valleys; genetic mechanism; peak flow

通南巴区块位于四川省的北部,四川盆地东北边缘,米仓山南麓,地形由北向南西倾斜,北高南低,地形北陡南缓,处于中山向低山丘陵过渡的地带,属盆周中低山区。区块内平均海拔 850 m,最高海拔 2 117.0 m,最低点海拔 305.9 m。区块内地层出露受构造的限制,从北向南,由老到新,从寒武系到第四系,除缺失泥盆、石炭外,其余均有出露,地层总厚度

7 311.1~18 279.1 m;三迭系及更老地层出露于东西向构造带的岩溶地貌区和单斜山区;侏罗系地层主要出露在单面山分布的地区;白垩系地层主要出露在县境南部的桌状山和低山区;第四系零星分布在各地层之上及沿河两岸的坝地内,除了沿河谷地带分布的冲洪积层之外,还有残坡积和崩坡积层等散布于境内各地。

从区内地形及地层结构特点来看,井场在前期选址过程中可选空间狭小,场地可选地段主要沿河(沟)两岸冲洪积堆积阶地,即盆地或宽谷(以下简称“盆谷”)是该区块内理想的建设场地,但受盆谷上部山坡稳定性,尤其是穿越盆谷河流(沟谷)特征的制约,井场不可避免将遭受盆谷内河流(沟谷)的危害主要灾害类型为洪水—泥石流。

1 泥石流沟谷基本特征

通南巴区块内泥石流沟域内山高坡陡,流域面积大,沟道长度多大于 3.5 km,沟道平均纵坡降大于

150‰,流域特征系数相对其它区域典型泥石流沟谷较大,见表 1。区内沟谷上游以狭窄“V”型谷为主,且沟谷宽度不一,中下游地段地形开阔,呈“U”型谷。沟谷左岸以残坡积为主,斜坡较平缓,在下游可见阶地发育;沟谷右岸中上游以垮塌堆积物为主,下游以陡立岩质边坡为主,沟谷存在若干处弯道,弯道半径为 15~20 m。沟域总体植被覆盖率约 80%,其中谷坡中上部以高大乔木和低矮灌木丛为主。沟谷中下游两侧及沟底基岩局部出露,且沟道跌水坎发育,跌水坎高度可达 2.5 m,汇流参数相对较小,但产流参数相对较大,见表 1。

表 1 区块内泥石流沟谷特征参数统计

项目	流域面积 $F/$ km^2	沟长 $L/$ km	河道平均 坡度 $J/‰$	流域特征 系数 θ	汇流参数 m	产流参数 μ
HB2 井沟谷特征参数	10.23	4.52	0.163	6.33	0.291	3.874
JL1 井沟谷特征参数	14.52	5.05	0.157	3.08	0.345	3.962
M104 井沟谷特征参数	8.38	3.05	0.278	2.75	0.391	4.006

泥石流沟域不是由典型的形成区、流通区和堆积区组成,特别是没有典型的物源区。根据泥石流形成条件和运动机制及泥石流松散固体物源的分布,将沟域划分为三个区段:支沟汇集高程以上地形开阔,植被发育,汇水面积大,主要以汇水功能为主,物源多分布在沟底高程地段,部分沟床堆积物可参与泥石流的形成,因此划为泥石流汇流—形成区;该高程以下沟道纵坡降明显增大且沿途物源丰富,故划为泥石流形成—流通区;井场或采输作业平台位置处沟谷纵坡降低,地形相对开阔,为泥石流堆积区,见图 1。

1.1 汇流—形成区特征

沟谷地形开阔,地势陡峭,平面形态多呈瓢状,汇水面积大,汇水功能显著,沟域内植被覆盖好,主要以高大乔木及低矮灌木丛为主,植被覆盖率达 90% 以上。沟谷呈开阔 U 形谷,宽度多大于 100 m,两侧岸坡主要受地形结构影响,主要发育崩塌堆积体,但

由于堆积体所处地段海拔高程较高,且堆积体植被覆盖好,稳定性较好,可直接参与泥石流过程的物源量较少,实际泥石流物源主要来自于沟道内以及沟槽两侧。总体来看,该区域以汇水功能为主,形成了泥石流发生的先决条件即水源条件,至流通区时多以水石流形式出现,见图 2—3。

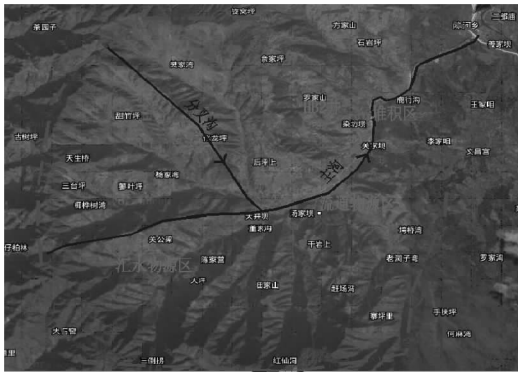


图 1 HB2 井泥石流沟域三区划分



图 2 M104 井汇流—形成区



图 3 HB2 井汇流—形成区

1.2 形成—流通区沟谷特征

沟谷呈开阔 V 型谷,沟谷平均宽度 60~80 m,局

部狭窄地段沟宽仅 5~10 m,见图 4。该区域沟道纵坡降明显增大,沿途多发育跌水坎,沟床零星可见基

岩出露,两侧岸坡植被覆盖较好,覆盖率 70%。通常情况下该区段沟谷两侧岸坡多以岩质边坡与堆积体边坡交替分布。沿途物源以邻沟侧堆积垮塌体和泥石流堆积为主,尤其是沟道内冲洪积物和老泥石流堆积物,是泥石流爆发的最主要物源条件。该处物源分布特征:(1) 表层 1~3 m 多为新近的堆积物,堆积松



图 4 沟谷及物源特征(M104 井)

1.3 堆积区沟谷特征

堆积区地形开阔,地势相对平缓,沟谷多呈开阔“U”型谷,这也是井场选址的一大主要原因。原始沟道较为顺直,泥石流在此区内主要以停淤为主,形成了较为典型的泥石流堆积扇。沟口扇形堆积地形发育,扇缘及扇高明显增长,新老扇叠置覆盖外延中,新扇规模逐渐扩大,扇面的年变幅 $>+0.5\text{ m}^{[1]}$,堆积区多被改造为农田等植被覆盖率较高。井场多沿沟谷两侧冲洪积阶地或泥石流堆积扇进行规划布置,图 6 为 M104 井井场建设前地貌形态特征。

2 泥石流灾情及成因机制分析

2.1 泥石流灾害史及灾情

2012 年 7 月 6 日,巴中市普降暴雨,7 日上午 7 点 55 分,HB2 井上游爆发较大规模山洪泥石流,泥石流爆发后冲毁井场临沟侧围墙,冲毁长度约为 17 m,



图 7 HB2 井受灾情况(稀性泥石流)

2011 年 7 月 6 日,M104 井上游暴发历史罕见的特大山洪泥石流,泥石流暴发后溢出沟道,淹没井场

散,多呈架空状,可直接参与泥石流过程,见图 5;(2) 老泥石流堆积物多呈犬牙交错分布,可部分参与泥石流过程,同时在一定程度上降低了沟谷的过流断面,导致泥石流出现一定程度的停积,因而该区泥石流的运动过程为加速—停积—再加速,是泥石流形成的主要场所。



图 5 沟谷及物源特征(HB2 井)

泥石流堆积物直接掩埋井场工艺装置区、部分管汇台区,部分管线等设施遭受损毁,井场采输流程临时关闭,造成了较为严重的财产损失^[2],见图 7,同时下游 HB1 井、HJ203H 井、M101 井、HF203 井及 HB102 井也遭受了洪水/稀性泥石流的威胁,见图 8。



图 6 M104 井井场为老泥石流堆积扇



图 8 HB1 井受灾情况(洪水)

前场设备区和局部钻井平台,导致部分机器设备受损严重,超高的洪水冲毁了后场生活区,造成了严重的

财产损失,见图 9;JL1 井井场被淹 1.5~2 m,部分淤泥达到 0.5~1 m,造成发电房、柴油机组、SCR 房、泥

浆泵、固井车、气体钻井设备等被淹或被淤泥掩埋,经济损失大,见图 10。



图 9 M104 井受灾情况(稀性泥石流)



图 10 JL1 井受灾情况(稀性泥石流)

2.2 泥石流发生频率和规模

根据调查各井场每年受灾情况,各沟域每年 7—9 月份均有洪水发生,尤其是受近年来极端气候影响——区内各气象站监测近年来同时期雨量明显增大,形成一流通区原有静储量物源在强大的水动力条件下重新启动,沟道内松散的不稳定物源明显增多,加之各支沟泥石流发生频率近年来增大(支沟下切速率明显大于主沟,处于发展期),这些均导致主沟发生泥石流的频率将进一步增加,基本属于中—高频泥石流。

重影响泥石流的自然排泄通道,主要表现在:(1) 井场侵占河道导致沟谷的自然行洪能力降低;如 JL1 井、M2-1 井;(2) 改移沟道直接改变了泥石流的排泄通道,受泥石流直进性影响,泥石流将漫过人工改移沟道直冲井场,导致井场成为泥石流的直接威胁对象,如 M104 井、HB2 井,见图 11。

从近年来各井场受灾情况来看,2009—2012 年每年的 7 月中旬各沟均发生不同规模的稀性泥石流和高夹砂水石流,对比各沟域历来所爆发的泥石流规模来看:JL1 井 2011 年 7 月 5 日泥石流一次性冲积方量约为 2 300 m³(50 年一遇);M104 井泥石流一次冲积量接近 1.0×10⁴ m³(百年一遇);HB2 井泥石流一次冲积量接近 1 800 m³(50 年一遇)。流域内各沟泥石流爆发规模基本在小到中等规模。

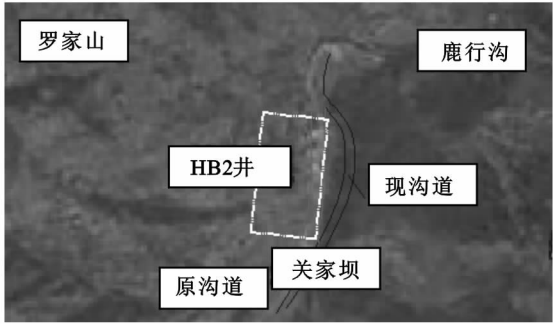


图 11 HB2 井建设过程中人工改移沟道

2.3 泥石流成因机制分析

泥石流汇流—形成区支沟发育,汇水面积大,在局域性的强降雨作用下沟谷汇集大量的水源,汇流过程中将沟道和坡面的细粒松散堆积物源携带进入沟道,通过沟道冲刷沟道松散堆积物源至形成一流通区,形成小规模的水石流,受形成一流通区地形、物源等条件影响,泥石流在该区段内进一步得到加速,并沿途不断参与进新的物源,泥石流规模增大,但从物源特征来看,泥石流在该区段内主要将主沟两岸及沟底的细颗粒物带向下游,这从该区域沟道物源组成结构特征可以看出(大颗粒物多呈架空装,细颗粒物被冲向下游),在正常情况下沟谷形成较为典型的稀性泥石流或高夹砂洪水自然排泄至下游沟谷地段。但受前期井场建设活动影响,井场平整过程中大多数井场均存在侵占河道或改移沟道等情况,因而严

3 泥石流基本动力学特征参数

泥石流基本动力学特征参数包括泥石流的容重、流速、流量、一次泥石流过流总量、一次泥石流固体冲出量、泥石流整体冲压力、泥石流爬高和最大冲起高度及泥石流弯道超高,统计区内各泥石流沟谷基本动力学特征参数如表 2 所示。

结合井场建设特点,针对泥石流典型特征参数及暴雨洪峰流量值及泥石流峰值流量值进行计算^[3],这些参数将直接作为后期泥石流防治工程的重要依据,而确定该值的主要参数为区内降雨强度值。

3.1 暴雨洪峰流量值(雨洪法)

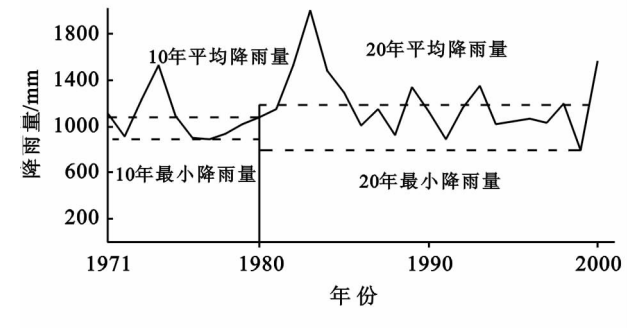
区内属亚热带湿润季风气候区,全县 1971—2000 年平均降水量 1 154.6 mm,1971—1980 年平均降水量 1 068.8 mm,1981—2000 年平均降水量 1 188 mm,表明近年年均降雨量比 1985 年以前有所增加,见图 12,M104 井场所在地区周边气象站观测资料

(2011年),日降雨量达到200 mm以上的有5次。根据1 h雨量观测结果,2010年7月24日该地区周边遭受100 a一遇强降雨1次(烟溪站1 h降雨最大值

76 mm),2011年7月6日井场周边强降雨1 h最大值62.6 mm,基本接近50 a一遇。这些均证明了区块内降雨有明显增强的趋势。

表2 通南巴区块典型泥石流基本动力学特征参数统计

位置	容重/ ($t \cdot m^{-3}$)	流速/ ($m \cdot s^{-1}$)	暴雨洪峰 流量 Q_C / ($m^3 \cdot s^{-1}$)	泥石流峰 值流量 Q_C / ($m^3 \cdot s^{-1}$)	整体冲 压力 / kN	一次泥石流 过流总量 / ($m^3 \cdot s^{-1}$)	一次泥石流固 体物质冲出物 / ($m^3 \cdot s^{-1}$)	爬高 / m	冲起 高度 /m	单块块石 最大冲 压力 /kN
HB2井	1.57	3.07	85.64	130.72	27.5	0.79×10^4	0.18×10^4	1.21	0.85	192.1
ML104井	1.41	3.70	176.08	250.40	28.9	13.36×10^4	3.40×10^4	1.12	0.70	248.3
JL1井	1.30	3.21	127.62	178.5.1	25.6	0.62×10^4	0.05×10^4	0.75	0.60	125.7



水计算手册》,主要参数选取暴雨均值 H_{1p} ,通过变差系数确定设计频率下最大暴雨量值。

$$Q_B=0.278(\frac{S_P}{\tau^n}-\mu)^F$$

式中: S_P ——某频率的雨力(mm/h); n ——暴雨参数; τ ——汇流时间(h); L ——主沟长度(km); F ——流域面积(km^2)。根据上述公式查取相应的数据,并利用推理公式计算的最大洪水流量,计算了两口井的泥石流沟谷两种频率下的暴雨洪峰曲线,图13—16中可以看出,区块内泥石流沟谷暴雨洪峰曲线呈“单峰”状,洪峰过程历时12~24 h,相对于泥石流过程历时15~35 min,泥石流整个过程是“快涨快退”^[4]。

图12 区块内1971—2000年降雨量年际变化及对比

以下按100 a和50 a一遇的暴雨强度进行泥石流流量计算。暴雨时的最大洪峰量采用推理公式计算,有关参数的确定依据是《四川省中小流域暴雨洪

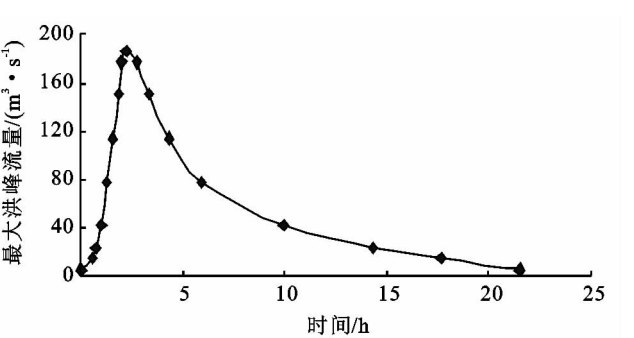
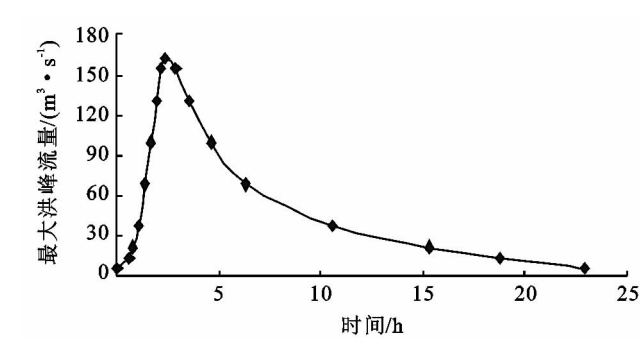


图13 M104井50年一遇暴雨洪峰曲线

图14 M104井100年一遇暴雨洪峰曲线

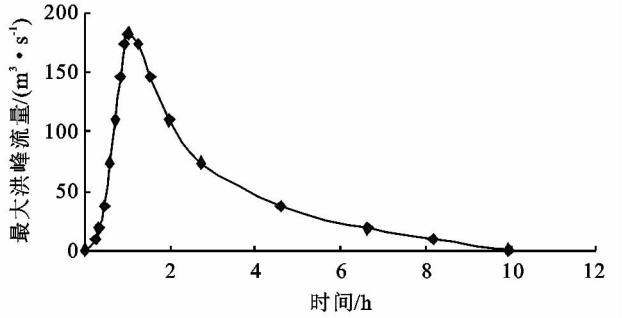
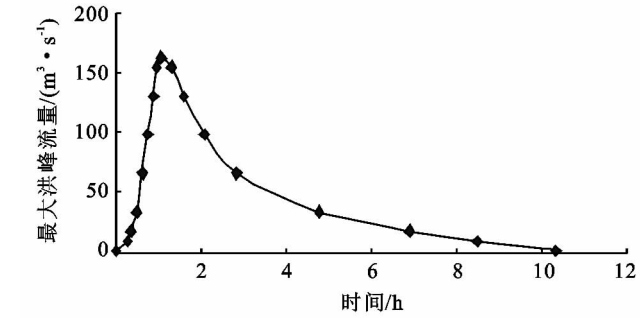


图15 HB2井50年一遇暴雨洪峰曲线

图16 HB2井100年一遇暴雨洪峰曲线

3.2 泥石流峰值流量计算

根据流域暴雨强度、汇流面积以及洪峰径流系数等参数值,通过雨洪法求得暴雨洪峰流量值,然后考虑泥沙修正系数以及沟道堵塞系数确定泥石流峰值

流量。

$$Q_c=(1+\varphi)Q_pD_c$$

式中: Q_c ——泥石流断面峰值流量(m^3/s); φ ——泥沙修正系数,采用查表法得到结果; Q_p ——暴雨洪峰

流量; D_c ——堵塞系数,按勘查规范表查表确定,按勘查规范表查表确定^[5]。

4 井场选址及防治对策

井场建设选用冲洪积扇形地、宽谷和小盆地作为井场建设场地时,井场的重要建/构筑物 and 设施要避免冲沟沟口和沟道,但从本次调查统计情况来看,该区块内可作为井场建设场地基本都位于沟谷两侧和沟口泥石流堆积扇上,随着该区块内极端气候频现及人类活动逐步强烈等因素影响,后期井场建设遭受泥石流的风险较大,但同时又是不可避免的,但在井场选址规划中应尽量减少对原有地质环境的扰动和科学的合理规划布局^[6],尽量保证:(1)减少人工改沟等工程活动;(2)规划阶段应充分考虑改沟沟道的走向、沟道截面尺寸等参数。针对区块内泥石流的发育特征与井场建设的特殊性,该区块内泥石流防治对策建议如下:

(1)井场建设侵占原有沟道:此种情况泥石流爆发以后直冲井场的可能性较小,危险性相对较低,泥石流对井场的破坏主要以侧蚀为主。井场靠沟侧应设置防洪堤坝,堤坝尺寸应保证50 a一遇泥石流峰值流量的行洪空间,同时根据地形条件对沟道进行拓深处理,通过这些防治对策基本上能保证井场的正常运营。

(2)井场建设改移沟道:此种情况泥石流爆发以后将直冲井场,危险性较大,如M104井、HB2井均属于上述情况,针对改移沟道后的泥石流防治,除采取必要的防侧蚀工程对策外,迎水面侧必须设置高坝以防泥石流直冲井场,高坝设计必须考虑泥石流在此处的弯道超高现象^[7],统计值表明,该区块内泥石流弯道超高基本接近1.0 m,疏导工程应满足泥石流最大峰值流量,否则泥石流存在翻坝的可能,同样危险性大。

5 结论

(1)通南巴区块内井场不可避免将遭受盆谷内河流(沟谷)的危害,主要灾害类型为洪水—泥石流。

(2)区内泥石流沟谷主体可划分为三个区,即汇流—形成区、形成—流通区及堆积区,泥石流主要在形成—流通区形成并得到加速,致灾过程主要发生在堆积区。(3)根据现场统计调查,区块内各井场在2010—2012年期间普遍遭受洪水—稀性泥石流灾害,尤其是以2011年M104井特大山洪泥石流与2012年HB2井山洪泥石流为典型灾情。(4)区块内各泥石流沟道内松散的不稳定物源明显增多,爆发频率将有所增加,爆发规模基本在小到中等规模之间。(5)泥石流沟汇水面积大,尤其是随着极端气候的频频出现,局域性的强降雨将形成较大规模的水动力条件,在形成—流通区席卷日益增多的不稳定物源形成泥石流,井场建设侵占河道或改移沟道进一步增加了泥石流的致灾能力。(6)区块内泥石流暴雨洪峰流量值可达 $85.6\sim 176.08\text{ m}^3/\text{s}$,泥石流峰值流量值可达 $130.72\sim 250.40\text{ m}^3/\text{s}$,暴雨洪峰曲线呈“单峰”状,洪峰过程历时 $12\sim 24\text{ h}$,相对于泥石流过程历时 $15\sim 35\text{ min}$,泥石流整个过程为“快涨快退”。(7)井场选址规划过程中应减少人工改沟等工程活动及充分考虑改沟沟道的走向、沟道截面尺寸等参数;防治对策主要以防侧蚀、疏导及正面拦挡工程(迎水面)为主。

参考文献:

- [1] 孟国才,王士革,谢洪等.岷江上游泥石流灾害特征分析[J].灾害学,2005,20(3):94-97.
- [2] 《石油地面工程设计论文集》编委会.石油地面工程设计论文集[C].北京:石油工业出版社,2008.
- [3] 张倬元,王士天,王兰生.工程地质分析原理[M].北京:地质出版社,1994.
- [4] 黄润秋,许强.第三届全国岩土与工程学术大会论文集[C].成都:四川科学技术出版社,2009.
- [5] DZ/T0220—2006 泥石流灾害防治工程勘查规范[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [6] 刘希林,苏鹏程.四川省泥石流风险评价[J].灾害学,2004,19(2):23-28.
- [7] DZ/T0239—2004 泥石流灾害防治工程设计规范[S].北京:中国标准出版社,2004.