

海螺沟生态旅游景区地质环境评价

晏鄂川^{1,2}, 唐辉明¹, 傅荣华²

(1. 中国地质大学工程学院, 湖北武汉 430074; 2. 成都理工学院工程地质研究所, 四川成都 610059)

摘要: 海螺沟作为国家级风景区, 其地表生态现象和生态过程与其地质环境演变有着密切关系, 加之近年来西部大开发中人类活动在沟内陡然增长, 人为致灾陆续发生。在实地调查的基础上, 对该沟的地质环境状况进行了较翔实的评价, 分析了孕育这些人—地互馈演变作用的独特地质背景, 为下一步的合理开发提出了可行的防治对策。调查表明, 沟内的地质环境问题主要包括雪(冰)崩、融冻、岩土体蠕滑、崩塌、滑坡、泥石流、水土流失和地震等。分析认为导致这些灾害问题的主要作用包括五个方面, 即强烈的新构造抬升运动、复杂的地质构造体系、冰川作用显著、强降水丰沛以及人类活动不当等。最后针对海螺沟开发提出了加强地质环境保护和整治的建议, 对一号营地进行稳定性评价, 二号营地进行崩塌与泥石流整治和热水水开发, 三号营地进行泥石流沟建设。

关键词: 海螺沟; 地质环境; 地质灾害; 环境效应; 防治对策。

中图分类号: P642. 2; X141 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-2383(2002)01-0110-05

作者简介: 晏鄂川(1969—), 男, 副教授, 1998 年毕业于成都理工学院, 获博士学位, 现在中国地质大学工程学院做博士后研究, 主要从事基础地质、地质工程和环境地质研究。

1 海螺沟的主要地质环境问题

海螺沟的地质环境问题较多: 从上游的雪(或冰)崩、融冻、岩土体蠕滑; 中上游的冰雪(或雨水)泥石流、滑坡泥石流, 以及森林雪害(灾); 中下游的崩塌、滑坡、土溜; 到下游的水土流失。同时, 在其下游顺桂花沟一带, 又是鲜水河活动断裂带的康定—石棉发震段的通过部位(图 1)。

1.1 一号营地主要地质环境问题

据实地考察, 一号营地的台地主要由海螺沟古冰川的冰碛物构成, 主要组成物质由变质石英砂岩、大理岩、花岗岩、闪长岩等大小不等的块石和中粗砂透镜体所组成。一号营地海螺沟左岸斜坡上植被发育, 未见有变形破坏迹象, 显示斜坡较稳定。目前, 冲沟中水流清澈透明, 沟两岸绿荫繁茂, 近期无沟坡破坏痕迹, 泥石流活动亦无显示。

1.2 二号营地主要地质环境问题

二号营地的热水沟中, 崩塌、滑坡十分发育(图 2), 并构成热水沟泥石流丰富的物源。据本次调查,

热水沟中有活动迹象且规模较大的滑坡有 5 处之多, 崩塌点亦有 3 个。据实地考察, 热水沟温泉以上沟内右岸发育有一特大型古滑坡。古滑坡前缘已分解为 3 个次级小滑坡, 为叙述方便由下游至上游分别编号为①号、②号和③号小型滑坡。①至⑤号滑坡概况如下:

①号滑坡下游边界紧邻二号营地的温泉出口, 前缘宽 120 m, 长 150 m。滑坡发育于二叠系变质砂岩中, 坡面植被发育。目前, 滑坡正处于加速变形阶段。滑坡前缘的引水渠因滑坡逐年下滑而出现纵张裂缝, 甚至严重错位、翻倒等现象。据访问, 滑坡每年雨季均向沟位移 10~30 mm, 显示滑坡的整体加速下滑正在孕育之中。

②号滑坡距二号营地约 300 m, 为热水沟古滑坡前缘新产生的次级滑坡。滑坡长 140 m, 宽 200 m, 总方量约 $40 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。滑坡堆积物主要由变质砂岩和碎屑岩组成。滑坡体上植被稀少, 仅见少量野草及苔藓, 故推断为近几年中新近发生的滑坡。目前滑坡虽无继续运动迹象, 但由于流水长年对坡脚进行掏蚀, 加上雨季坡面被洪流冲刷, 滑坡前缘已垮塌产生长 50 m, 宽 70 m 的凹沟。滑坡垮塌为热水沟泥石流提供了丰富的物源, 是热水沟泥石流的重要物质来

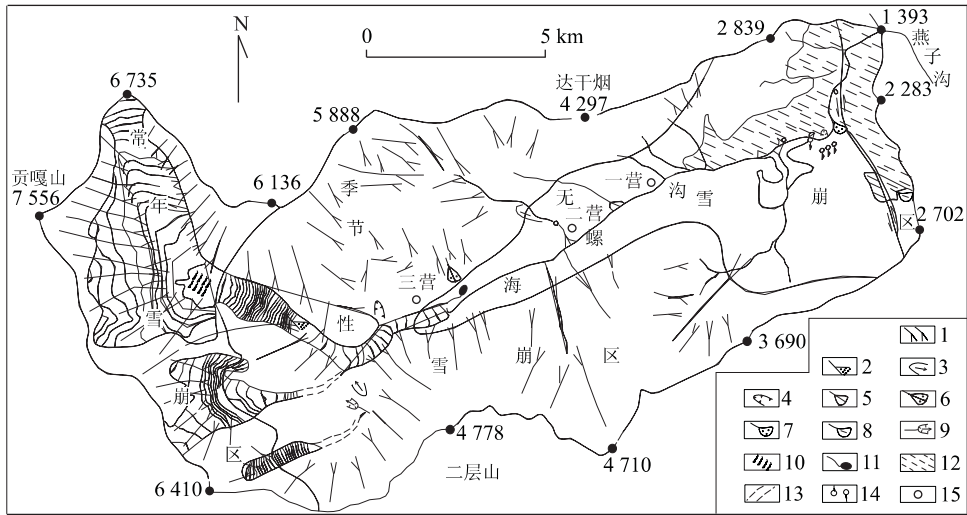


图 1 海螺沟流域地质灾害

Fig. 1 Geohazard sketch map of Hailuoguo valley

1. 雪崩槽及雪崩锥; 2. 冰(雪)崩及锥体; 3. 崩塌; 4. 滑坡; 5. 山洪泥石流; 6. 冰雪雨水泥石流; 7. 暴雨泥石流; 8. 滑坡泥石流; 9. 土溜滑塌;
10. 融冰蠕滑; 11. 冰川泥石流; 12. 水土流失; 13. 现代冰川退缩遗迹; 14. 温泉及冷泉; 15. 旅游营地编号;

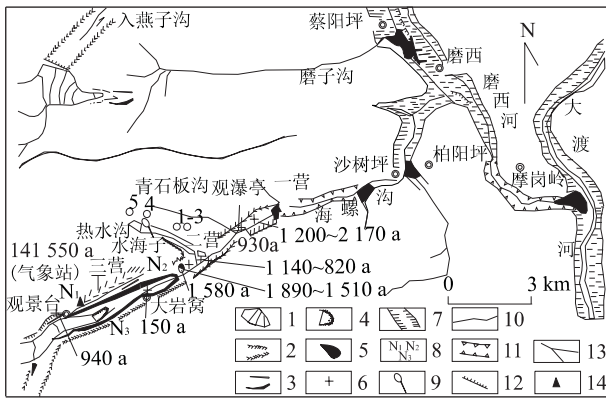


图 2 海螺沟冰碛物与泥石流分布示意

Fig. 2 Sketch map of moraine deposit and debris flow fan in Hailuoguo valley

- 年龄数据均为距今年龄,由¹⁴C测得. 1. 现代冰川; 2. 末次冰期冰碛; 3. 新冰期冰碛; 4. 小冰期冰碛垄; 5. 泥石流堆积; 6. ¹⁴C测年采样点; 7. 冰水阶地; 8. 新冰期三次冰进阶段; 9. 温泉; 10. 分水岭; 11. 峡谷; 12. 陡崖; 13. 河流; 14. 角峰

源之一。

③号滑坡也为热水沟古滑坡的次级滑坡,长150 m,宽350 m,体积近 $50 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。滑坡堆积物主要由变质砂岩块石组成,呈架空结构,坡面上植被稀疏。从植被的发育情况分析,滑坡发生在10年前。由于滑坡堆积物主要由 $60 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ 的块石组成,通常情况下水流搬运较困难,故目前该滑坡坡脚基本保持完整,无新活动迹象。

④号滑坡发育于热水沟左岸,距二号营地约

1 km,为一大型切层滑坡。滑坡长120 m,宽200 m,方量 $30 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。该滑坡为一古老滑坡,发育于变质石英砂岩之中,因年代久远,堆积物已风化为土状,部分较大碎块尚保留原岩石心。滑坡前缘堆积物较厚,并突出于热水沟水流之中,即使在无雨期,其前缘也可遭受水流直接冲击。滑坡下游侧堆积物较薄,尚不稳定,常形成小规模坍塌加积于④号滑坡后缘平台上。因水流冲击,滑坡前缘亦有小规模坍塌,显示滑坡整体不稳定。据现场调查,滑坡在历史上曾经堵断此沟,滑坡上游沟中尚见堵沟时形成的阶地(小平台)堆积物,分布于④号滑坡上游边界以上的沟两岸,长约50 m,宽6 m,高3 m,由中粗砂与浑圆状变质石英砂岩组成,堆积物无明显层理及韵律,表面水平,显示为④号滑坡堵江时的产物,后因坝体溃决而形成。因④号滑坡现状不稳定,有再次大规模滑动的可能,若再次形成堵沟,对二号营地的威胁较大。

⑤号滑坡发育于热水沟左岸,距二号营地约2 km。滑坡长150 m,前缘宽350 m,估计体积 $45 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。滑坡由第四系坡残积物、冰水堆积物、松散堆积物组成。第四系松散堆积物广泛分布于沟岸顶山坡上,堆积厚度20 m以上,物源丰富。因冲沟水流不断改变两岸斜坡外形,进而波及岸上松散堆积物失稳而滑落。滑坡坡面形态起伏较大,小沟渠发育,使滑坡体显得支离破碎。因水量充沛,滑坡体中松散碎块大多数饱水。滑坡表面新鲜,显示处于活动期,但目前滑坡下滑时无整体运动特征,故以解体方式逐步

分块下滑,形成小规模活动的泥石流,因而不能形成完全堵沟现象。

热水沟泥石流发育的历史,要追溯到贡嘎山地区地壳强烈隆起抬升之时。正是由于地壳抬升,形成热水沟强烈下切,引起两岸失稳等一系列地质灾害的发生。历史上的热水沟泥石流,因当时无人居住而从未引起人们的重视。直到贡嘎山东麓的冰川、温泉、原始森林等一系列旅游资源被开发,热水沟沟口由古冰川侧碛形成的平台作为旅游的营地被开发利用,热水沟泥石流的爆发对二号营地构成威胁时,才引起人们对其重视。如前所述,热水沟泥石流的主要物源为热水沟两岸滑坡,物源十分丰富。自开营以来,多次发生洪水和泥石流对二号营地的袭击。

热水沟泥石流属河谷型泥石流,物源主要来源于沟中、下游 2 850 m 高程以下的崩塌和滑坡堆积物,河流的平均纵比降经实测近 1/10,河道呈狭窄“V”型,分段曲折。沟中每次山洪暴发时,往往伴随泥石流的暴发,即主要由暴雨诱发的泥石流,每次暴发所携带的固体物质总量在 $5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 左右,通过二号营地的时间约 90~120 s,大部分物质顺沟而下,汇入海螺沟主沟中,少量固体物质在二号营地下方的公路旁开阔地带堆积。从堆积特征看,主要由变质石英砂岩块体和砂粒组成,粘粒较少,块石体积一般 $20 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ 。据访问,泥石流通过二号营地时,流速达 3 m/s,其中携带的石块对二号营地冲沟护壁形成强大的撞击力,使护壁上擦痕累累,痕深 1 cm 以上。热水沟泥石流目前正处于活跃期。由于调查时间所限,对其发生的性质、频率及规模特征等,尚需作进一步研究。

除泥石流外,山洪对二号营地亦构成威胁,据营地管理人员介绍,热水沟山洪暴发时,洪水可涨至目前的食堂门前,且洪水经过二号营地向海螺沟中渲泄时,猛烈冲刷二号营地的冰碛物斜坡坡脚,使斜坡极不稳定,因此,在考虑对热水沟泥石流的防治问题时,应对洪水的防治问题进行综合考虑为宜。

1.3 三号营地主要地质环境问题

三号营地地处海螺沟约 2 940 m 高程附近的古冰川侧碛垅口(图 2)。该冰川侧碛曾被古黄崩溜冰河中的水流冲蚀,形成一古老沟槽。黄崩溜在三号营地以西近 2 km 处,为一泥石流冲沟,沟中水流经古河槽右岸流经三号营地南侧。黄崩溜小沟流域的最高点海拔 5 400 m,位于一条断层破碎带上,风化崩落于沟中的岩屑石块是冰雪融水和雨水泥石流的固

体物质来源。黄崩溜小沟泥石流的发生与冰川消融程度和降水量的关系十分密切。根据调查发现,泥石流发生后,其所经之处的灌丛、草地植被和土壤几乎全部被淹埋,残存下来的高大乔木,如峨眉冷杉、冬瓜杨等在数年内死亡,形成一片具有枯立木分布的泥石流迹地,之后,植被原生演替也开始了。从泥石流扇形地的植被原生演替可知,黄崩溜小沟在本世纪至少发生 6 次(1909 年、1927 年、1948 年、1967 年、1976 年、1989 年)大规模泥石流。黄崩溜冲沟在黄崩溜形成一大跌水,跌水下泥石流堆积物经多次反复堆积,积聚方量巨大。并且,这些堆积物常被山洪携带至黄崩溜下游形成宽百余 m,长 400 余 m,堆积高 30~50 m 的泥石流堆积物。这样的近期堆积物可达三层之多。三号营地附近的宾馆一带,地表亦有较新的泥石流堆积物。从现状分析,黄崩溜泥石流通过古河槽直接袭击三号营地的可能性不大。原因是从黄崩溜至三号营地之间的古河槽中,高大乔木和低矮灌木已成为泥石流的天然屏障。然而黄崩溜泥石流顺沟而下,沟道在三号营地附近变狭窄,泥石流排泄不畅而冲蚀沟槽,进而对三号营地的危险仍然存在。因而,对黄崩溜泥石流的防治,可考虑三号营地附近沟槽治理的可行性,或引导黄崩溜泥石流直接排入海螺沟。

2 海螺沟风景区地质环境效应及评价

海螺沟目前的不良地质现象的发育状况,是由其地质环境条件所决定。主要表现在以下几个方面:

(1)强烈新构造隆升,导致巨大的高差和势能。地壳强烈抬升,由此引起河流强烈下切。斜坡的外形条件不断改变,进而影响到斜坡内部应力条件的恶化。根据四川省地震局资料,鲜水河断裂南东支(在本区内称摩西断裂),一直处于强烈活动之中,使该断裂西盘强烈抬升,抬升幅度可达 $6 \sim 9 \text{ mm/a}$,由此构成本区内河流强烈下切的基本条件。

(2)地质构造,抑制或加强地质灾害。海螺沟主沟是沿第四纪初出现的近东西向断层发育,热水沟和大冰瀑布至粒雪盆东缘都是北西向断层。流域所在的贡嘎山东坡地层走向均为近南北向,且为一轴向近南北的复向斜构造,其岩层均为二叠纪各种片岩夹石英岩、大理岩、板岩和结晶灰岩,岩层褶皱紧闭,产状近于直立。这样,主沟方向和地层走向近于直交,有利于主沟斜坡稳定,可减少地质灾害,尤其

是大型地质灾害的发生。但主谷两岸支沟则是顺地层走向和沿断层延伸方向发育,加之下切深,高差大,纵坡陡,故有利于多种灾害发育。因此,地质构造既有抑制灾害发生的一面,也有促进灾害发生的作用。本区地层产状受北东—南西向展布的牛场向斜控制。二号营地地处牛场向斜南西翼,故在热水沟右岸构成顺向坡地层,倾角在 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 之间。因而,在热水沟右岸,易于发育顺层滑坡,如热水沟中①、②、③号滑坡均为顺层滑动。

(3)古今冰川作用造就巨量松散固体物质。海螺沟冰碛物分布广泛(图 2),因沉积时间不长,未完全固结,主要成分为灰白色二长花岗岩,角闪岩、绢云母石英片岩、绿泥石片岩及大理岩形成的漂砾、巨砾并夹砂土透镜体,海螺沟中堆积厚度近 200 m,斜坡上冰水堆积物厚 20~30 m,在植被发育情况下,这些松散堆积物尚能保持稳定,一旦植被遭破坏,在暴雨冲刷下极有可能形成坍塌,甚至饱水流动。因此,在海螺沟旅游业开发中,保护植被显得极其重要。

(4)降水丰沛,固液两态产生湿岛效应。降水形态和强度,以及降水总量(年、季、月、日)与地质灾害的规模有密切的关系。海螺沟流域内年平均温度垂直递减率为 $-0.647^{\circ}\text{C}/\text{km}$,年平均降水的垂直递增率为 $64.14\text{ mm}/\text{km}$ 。据气象站 1988~1990 年连续 3 a 的观测资料表明,这里年平均温度 3.9°C ,年均降水量为 $1\,934.7\text{ mm}$;其中 6~8 月平均温度 11.83°C ,平均累积降水量 929.2 mm 。7 月是历年水热指标最高月份,月平均温度 12.7°C ,平均降水量 363.4 mm (7 月降水量占全年的 18.8%)。因此,7 月也是海螺沟历年中多种灾害齐发的月份,其次是 8 月。据研究,海螺沟海拔 3 600~3 800 m 附近有一个最大液态降水带,年降水量达 2 500 mm 左右;海拔 5 200~6 000 m 有一个最大固态降水带,年降水量在 3 000 mm 以上。由于贡嘎山主峰和主山脊耸立于对流层的上部,位置适中,印度洋、太平洋水每年雨季源源不断汇聚于此,辐合上升冷凝降落;它还能拦截高空西风气流中的水汽形成固态降水。这种雪岭冰峰群山的降水,超过周围地区达 1 倍以上的现象便是湿岛效应。由于湿岛效应,贡嘎山才有如此发育的现代冰川和积雪,导致海螺沟内雪崩、冰崩等一系列地质灾害的发育。

(5)人类活动不断恶化地质环境。在海螺沟中,破坏力极大的人类工程活动主要是进山修筑公路。由于公路设计中对边坡治理设计的环节薄弱,加上

施工单位不恰当的施工程序,使公路边坡稳定性变差。并且在筑路过程中,人为地破坏植被,使公路旁的斜坡坍塌现象十分普遍。修路过程中不恰当的弃置废渣,为今后的山区地质环境的恶化留下了极大的隐患。此外,砍伐树木亦可造成泥石流的发生,如热水沟温泉南侧的陡坡($31^{\circ}30'$)小沟,由于 1988 年人为伐树溜木,导致 1989 年的坡面滑坡泥石流灾害;又如海螺沟冰川森林公园中陡坡上的骡驮道,由于长时间承受荷载,出现裂隙、滑坡,树木翻倒,被迫多处改道。

3 海螺沟地质环境问题防治对策

通过现场调查,笔者认为,海螺沟旅游资源的开发尽管存在很多困难,但只要处理措施得当,充分地利用现有的自然地质环境条件,因势利导,科学地治理泥石流,就可以避免或减轻灾害的威胁。据此,提出以下防治对策:(1)一号营地地处海螺沟古冰川侧碛堤上,地势为中缓坡,场地北侧冲沟西岸因目前处于相对稳定时期,因而一号营地的场地条件较好,适于开发利用。但由于一号营地海螺沟一侧为冲刷岸,冰水对岸坡的改造不可忽视,建议加强一号营地斜坡稳定性研究,在此基础上确定开发方案。(2)二号营地可供开发的场地范围不大,并且因热水沟泥石流正处于活跃期,热水沟的源头已接近磨子沟冰川,汇水面积较大,雨季来临之时,冰水与洪水汇合,对二号营地构成较大威胁。二号营地南侧的冰碛物所形成的台地,因热水沟水流冲刷,斜坡的稳定性已经较差。因而,二号营地的开发,关键在于科学地治理好热水沟的泥石流。而对此的治理方案,是疏导措施。(3)三号营地较平缓,为缓坡,场地稳定,可开发利用的场地较充裕,但由于黄崩溜沟在三号营地一带沟槽狭窄。泥石流暴发时因排泄不畅具有翻越沟槽的危险,进而影响三号营地的安全。因而,在对泥石流的预防方面可供考虑的方案有:①拦挡方案,在黄崩溜沟三号营地地段沟岸上,修建挡墙,阻止泥石流翻越沟岸。但此方案可能耗资较大。②停淤方案,即在三号营地上游选择适当的沟段,设置停淤场,阻止泥石流向三号营地前进。③改道方案,打通黄崩溜至海螺沟的通道,让黄崩溜泥石流直接排入海螺沟中。

参考文献:

- [1] 陈富斌, 边兆祥. 海螺沟冰川公园[J]. 科学, 1988, 40(3): 174-178.
Chen F B, Bian Z X. Hailuogou glacier park [J]. Science, 1988, 40(3): 174-178.
- [2] 吕儒仁. 贡嘎山东坡和北坡的山地灾害[J]. 山地研究, 1991, 9(2): 131-135.
Lu R R. Mountain hazard in the eastern and north slope of Mt Gongga [J]. Mountain Study, 1991, 9(2): 131-135.
- [3] 吕儒仁. 一场典型的冰雪雨水泥石流[J]. 山地研究, 1992, 10(2): 89-94.
Lu R R. A typical ice-snow melt water and rainfall debris flow [J]. Mountain Study, 1992, 10(2): 89-94.
- [4] 吕儒仁, 高生淮. 贡嘎山海螺沟冰川冰舌地段的泥石流[J]. 冰川冻土, 1992, 14(1): 73-80.
Lu R R, Gao S H. Debris flow in the ice tongue area of Hailuogou glacier on the eastern slope of Mt Gongga [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1992, 14(1): 73-80.
- [5] 陈富斌. 贡嘎山高山生态环境研究(第 1 卷)[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1993. 1-184.
Chen F B. Environmental study in high mountain of Mt Gongga (Vol 1) [M]. Chengdu: Chengdu University of Technology Press, 1993. 1-184.
- [6] 郑本兴, 马秋华. 贡嘎山全新世冰川变化与泥石流发育的关系[J]. 山地研究, 1994, 12(1): 1-8.
Zhen B X, Ma Q H. Relations between Holocene glaciology changes and mud-rock flow development of Mountain Gongga [J]. Mountain Study, 1994, 12(1): 1-8.
- [7] 陈富斌, 罗辑. 贡嘎山高山生态环境研究(第 2 卷)[M]. 北京: 气象出版社, 1998. 1-170.
Chen F B, Luo J. Environmental study in high mountain of Mt Gongga (Vol 2) [M]. Beijing: Meteorological Press, 1998. 1-170.

Assessment of Geoenvironment and Its Countermeasure in Hailuogou Valley

Yan Echuan^{1,2}, Tang Huiming¹, Fu Ronghua²

(1. Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Chengdu Institute of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: In Hailuogou, a famous landscape, there is a close relationship between the ecological phenomenon and the evolvement of geological environment. Many natural hazards or unnatural disasters happened because of the rapid growth of population in this region. The authors carefully evaluated the geological environment, and analyzed the particular geology characters in this region. As a result, a series of prevention measures of disasters are brought forward for the further development of the region. According to the field investigation, the main geological problems included snow avalanche, glacier avalanche, frost bursting, creeping slip of rock and soil, falling, landslide, debris-flow, soil erosion and earthquake, and the reasons for these problems can be concluded as following: (1) the upward-risen of the neo-tectonic movement is very strong. (2) the geological structure system is quite complex. (3) the effect of glacierization is rather clear. (4) the heavy precipitated water often happens. (5) human activities are very frequent. At last, for protection of the geological environment in the area, the authors raise three pieces of advice. First, evaluate the stability of the slope in section 1. Second, control of falling and debris-flows and exploit thermal springs in section 2. Last, plan a channel for the drainage of debris-flow in section 3.

Key words: Hailuogou valley; geoenvironment; geohazard; environment effect; preventive-controling measure.