

文章编号: 1008-2786-(2018)5-813-08

DOI:10.16089/j.cnki.1008-2786.000377

西南山区长输油气管道坡面泥石流成灾特征与防治

——以云南昆明水节箐高位溃决型泥石流为例

王仁超^{1,2}, 孔纪名^{1*}, 崔云¹

(1. 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室, 成都 610041; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘 要: 云南省地处我国西南山区, 地形复杂, 斜坡地质灾害频发、多发。省内油气管道分布密集, 近年来投产的长输油气管道主要有西南成品油管道、中缅油气管道、百色至昆明成品油管道等。油气管道的建设、运营和管理面临着不同类型山地灾害的挑战。本文基于 2017 年 9 月 14 日云南昆明市水节箐右岸管道泥石流现场调查, 分析了高位溃决型坡面泥石流灾害的启动、演化、成灾基本特征以及油气管道防治对策, 研究成果对推动西南山区长输油气管道沿线泥石流灾害工程治理具有积极意义。

关键词: 高位坡面泥石流; 油气管道; 成灾特征; 灾害链; 防治对策

中图分类号: P642.21

文献标志码: C

云南地处我国西南山区, 地形复杂, 斜坡地质灾害频发、多发。区内油气管道分布密集, 近年来投产的长输油气管道主要有西南成品油管道、中缅油气管道、百昆成品油管道等。油气管道属于典型的线性工程, 动辄上千公里, 沿途穿越不同的地貌单元, 油气管道的建设、运营和管理面临着不同类型山地灾害的挑战。2016 年 6 月—2017 年 10 月, 百色、昆明、大理等地相继爆发坡面泥石流灾害(图 1), 严重危害山区管道的安全运营。

泥石流是由水和固体物质(泥沙、石块、漂木)组成的多相流体, 形成机理复杂^[1,2]。泥石流从地貌形态分类可分为坡面型和沟谷型, 其中坡面型泥石流是指在突发性水动力条件下斜坡表层土体作为主要补给物源的泥石流, 是我国山区油气管道面临的主要斜坡灾害类型, 具有规模小、分布广、成灾

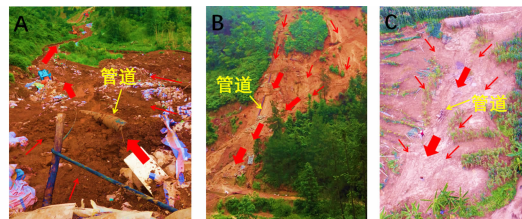


图 1 云南山区管道沿线坡面泥石流灾害
(A. 蒙自马街坡面泥石流; B. 富宁那乐坡面泥石流;
C. 建水龙排冲坡面泥石流)

Fig. 1 Slope debris flow hazards along pipeline in mountainous areas of Yunnan province (A. Slope debris flow on Majie street; B. Slope debris flow on Nale; C. Slope debris flow on Jianshui Longpaichong)

快、防范难等特点^[3,4]。目前, 泥石流研究多关注灾难性沟谷型泥石流^[5-7], 对坡面泥石流的研究还是以室内模型实验和地貌统计学分析为主, 而对于高

收稿日期(Received date): 2018-06-11; 改回日期(Accepted date): 2018-10-22

基金项目(Foundation item): 中国石油化工股份有限公司科研基金(318022-8); 国家自然科学基金(41401608)。[Research project of China Petrochemical Corporation(318022-8); National Natural Science Foundation of China(41401608)]

作者简介(Biography): 王仁超(1989-), 男, 湖南湘潭人, 博士研究生, 主要研究方向: 山地灾害综合防治技术。[WANG Renchao(1989-), male, born in Xiangtan, Hunan Province, Ph. D. candidate, research on integrated prevention and control of mountain disasters.] E-mail: renchao1225@sina.com

* 通讯作者(Corresponding author): 孔纪名(1956-), 男, 四川成都人, 研究员, 主要研究方向: 斜坡变形破坏规律与综合防治技术。[KONG Jiming(1956-), male, born in Chengdu, Sichuan Province, professor, research on Law of slope failure and integrated prevention technology] E-mail: jimingk@imde.ac.cn

位溃决型坡面泥石流对山地油气管道损毁这一特殊成灾模式的调查还不多见^[8-10]。

本文根据对云南省昆明市水节箐坡面泥石流灾害的应急调查,结合地质和水文气象资料成果,分析了高位溃决型坡面泥石流灾害的启动、演化、成灾基本特征以及防治对策,研究成果对进一步认识坡面泥石流成灾模式、推动山区管道沿线泥石流灾害工程治理具有积极意义。

1 水节箐泥石流灾情概况

水节箐坡面泥石流灾害点位于云南省昆明市西北部沙朗白族乡南侧龙庆河谷地,沟口坐标北纬 $25^{\circ}8'29''N$,东经 $102^{\circ}39'22''E$ (图2)。坡面泥石流强大的冲刷、刮铲和撞击能力,造成埋设于坡脚的西南成品油管道昆明-大理段光缆中断,埋深变浅,防腐层剥离,钢管暴露变形失效(图3)。此外,管道停输波及整个西南、华南管网炼化-储运-销售全过程,造成巨大经济损失,危害社会安定,可谓是“牵一发而动全身”。

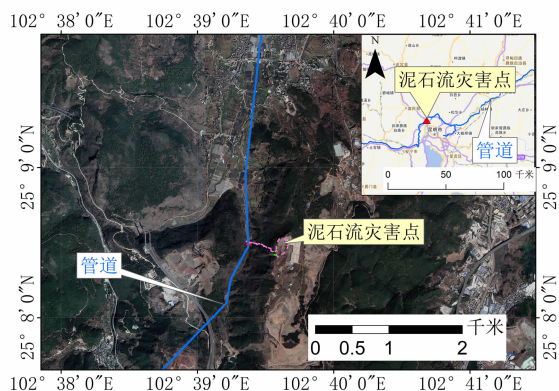


图2 研究区位置图

Fig. 2 Location of study area

2 泥石流成灾环境条件

2.1 地形——势能条件

水节箐坡面泥石流沟地势东高西低,中间呈山夹盆地状,为高山地形,由深切构造侵蚀地质活动形成(图4)。沟道最高海拔2088 m,最低海拔1848 m,垂直高差达240 m。坡顶汇水区为倾向沟道的采石场凹洼台地,地形较平缓。上游形成区沟道较浅,部分岸壁近直立状,呈陡崖地貌。中下游流通区台地消失,下切深度大,坡度大于 40° ,深度超



图3 泥石流冲击管道

Fig. 3 Debris flows impact pipeline



图4 水节箐坡面泥石流沟全貌航拍照片

Fig. 4 Aerial photo of the debris flow gully in the Shuijieqing

过4 m,沟道狭窄,两侧陡峭。地形高差大、重力势能大,提供了泥石流运动的能量基础(图5)。

2.2 构造与岩性——物源条件

水节箐坡面泥石流沟在地质构造上处于昆明盆

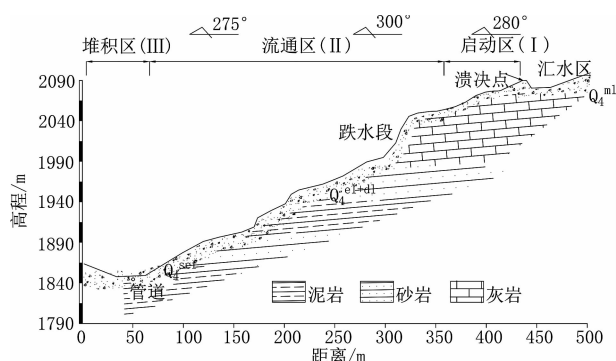


图5 水节箐坡面泥石流沟地质剖面图

Fig. 5 Geological section of debris flow in the Shuijiejing

地西缘最重要的控制性断裂普渡河~西山断裂带上,地震活动频繁,近、现代有记载的6级以上地震达13次。沟道周边区域出露的地层岩性主要有寒武系沧浪铺组(C_1c^2)、泥盆系海口组(D_2h^1)、二叠系下统阳新组(P_1y^1)以及第四系坡残积层(Q_4^{el+dl})、人工堆积层(Q_4^{ml})、泥石流堆积层(Q_4^{ef})等(表1)。由

于受到强烈风化作用以及构造运动影响,流域内基岩节理发育,岩体破碎,崩塌滑坡体数量众多,为斜坡失稳崩滑为泥石流提供物源条件。

2.3 气象水文——水源条件

水节箐一带属于低纬度高原气候,年降雨量 900 ~ 1100 mm,干、湿季分明,降雨主要集中在 5 ~ 9 月,形成夏秋湿热雨多、冬春干旱少雨的特点。水节箐无常年流水,为季节性冲沟,属于沙朗河支沟。本次坡面泥石流爆发于水节箐右岸斜坡。

3 高位溃决型泥石流成灾特征分析

3.1 沟道分区

高位溃决型坡面泥石流具有物源量丰富,分布相对位置高,沟道纵比降大,泥石流流速高,暴发隐蔽性强、破坏性大等特点。水节箐高位泥石流表现出了这些特点,造成了一定的经济损失,因此,研究高位溃决型泥石流的成灾特征是十分必要的。

表 1 坡面泥石流沟道物源特性

Tab. 1 Material properties of debris flow gullies

样品编号	取样部位	地层年代	海拔/m	堆积物性质	厚度/m
1 [#]	沟源岸坡	Q ₄ ^{el+dl}	2095	红粘土、粘土、含角砾粘土	2~5
2 [#]	沟源采石场	Q ₄ ^{ml}	2092	砂砾、砾石、碎块石土	2~8
3 [#]	形成区沟口	Q ₄ ^{sef}	2084	砂砾、砾石、碎块石土	1~5
4 [#]	形成区沟道两岸	P _{1y}	2085	灰色厚层至块状泥晶灰岩、细晶白云岩	>35
5 [#]	流通区沟道两岸	D ₂ h ¹	1960	黄灰色中层状细粒石英砂岩、粉砂岩互层	>30
6 [#]	流通区沟道两岸	Є ₁ c ²	1870	黄灰色页岩夹薄层泥质粉砂岩、石英砾岩	>50

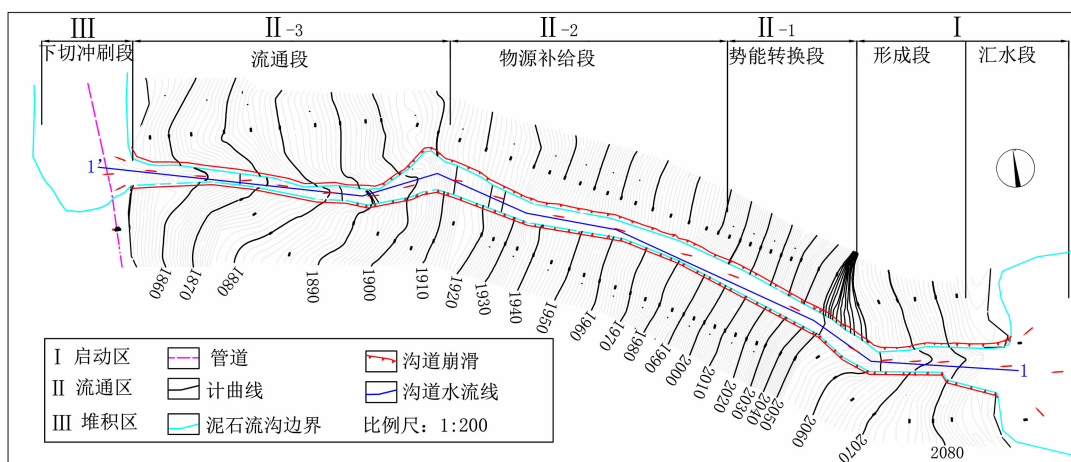


图6 水节箐泥石流灾害工程地质平面图

Fig6 Engineering geologicalmap of ShuiJiejing Debris flow hazards

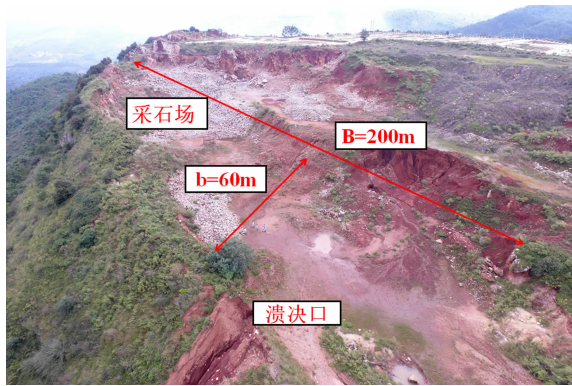


图7 泥石流沟源汇水区

Fig. 7 The topography of debris flow initiation zone

(1)启动区(I)

启动区(I)位于斜坡山体顶部,分为汇水和形成段,高程 2060 ~ 2100 m,相对高差 40 m,坡度约 50°,植被不发育。采石场弃土弃渣直接与泥石流沟沟源连通,为泥石流提供丰富固体松散物源。取土场弃土弃渣人工堆积物源长约 200 m,平均宽 60 m,厚约 5 m,固体松散物源储量估算约 30 000 m³,可参与泥石流启动物源约 24 000 m³。通过实地调查,坡顶为主要的启动水源和物源区域(图 7)。

(2)流通区(II)

沟源区下方即为流通区(II-1),陡崖跌水高度达 30 m,为泥流体的高位剪出提供了地形条件、为泥石流的发生提供了动能优势。流通区(II-2)坡度大于 40°,补充物源以碎块石次棱角状灰岩和白云岩为主。流通区(II-3)坡降可达约 300‰,沟道内物源异常丰富,且其松散未固结,泥石流作用下以底蚀和侧蚀作用为主,在下蚀的过程不断垮塌侧蚀,逐渐形成顺沟的拉槽、深切(图 8)。整个流通区呈近似“1”字形,地势东高西低,陡峭的地形、雨水的快速汇流,丰富的松散堆积物为泥石流的

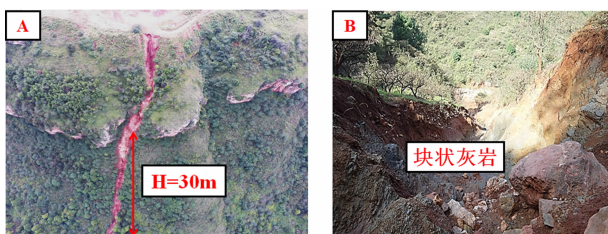


图8 泥石流流通区

(A. II-1 段陡崖跌水; B. II-2 段两侧崩滑)

Fig. 8 Debris flow formation zone

(a. Steep cliffs plunge, b. Channel collapse)

形成和流通提供了有利条件。沟岸地形坡度较陡,为 40 ~ 50°的陡坡,局部形成陡坎。

(3)堆积区(III)

沟口泥石流堆积区(III)沟口呈长条形展布于水节笋沟内,长约 400 m,宽约 30 m,地形坡度约 5°。堆积区地形开阔,地势相对平缓,沟床较为顺直,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。堆积体物质主要为碎石土,最大块石直径可达约 3 m(图 9)。



图9 泥石流堆积区(最大石块直径 3 m)

Fig. 9 Debris flow accumulation zone

(maximum rock diameter up to 3 m)

3.2 灾害链生过程

(1)短时强降雨—沟源溃决

目前,有关降雨型泥石流已有大量的研究报道,其重点为诱发泥石流的降雨阈值研究^[11,12]。2017 年 9 月 14 日早,昆明市西片区小屯立交到普吉一段出现强降雨,8 到 9 点小时雨量 43.3 mm。图 10 给出了水节笋泥石流爆发的整个过程中不同时段降雨强度与累积降雨量,表明泥石流发生在降雨强度最大的时刻,且累积降雨量曲线出现拐点。

汇水区位于沟源附近坡顶,植被不发育,人类工程活动强烈,地表径流途径短,沟源直连石灰岩采石

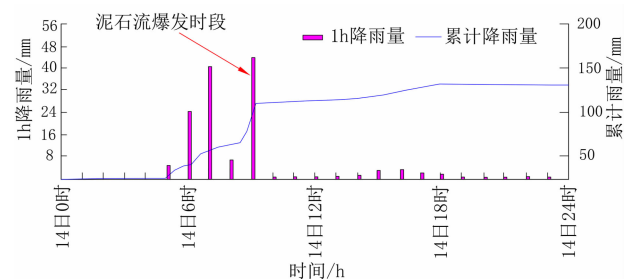


图10 泥石流暴发前后水节笋降雨累积

Fig. 10 Cumulative curve of rainfall before and after debris flow occurrence

场洼地,降雨落地后具有快速汇聚、滞后期短、冲击力大的特点,为泥石流启动提供足够水源。11 时左右,洼地靠近沟源一侧堆填土形成的堵塞体突然溃决形成山洪(图 11),水节箐右岸斜坡爆发坡面泥石流。沟源堵溃点的高位性对初期泥石流规模、流速、破坏力具有放大效应。

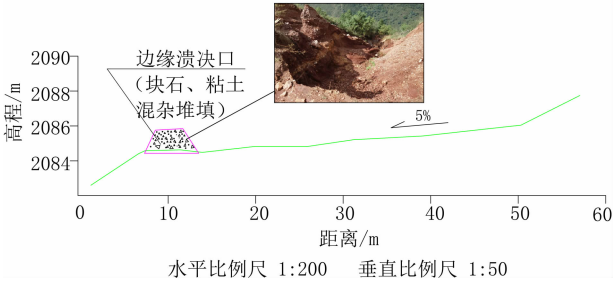


图 11 泥石流沟源溃决口剖面图

Fig. 11 The topography of the upper reaches of the Debris flow gully

(2)坡面侵蚀 - 岸坡崩滑

水节箐泥石流沟固体松散物质来源较为丰富,前期物源主要为矿场人工堆积类,流通时主要补给物源为坡面侵蚀类。在强降雨作用下,流通区沟道两岸坡松散残坡积堆积层发生局部滑塌(图 12),在较狭窄的沟段造成严重堵塞,沟道上游汇水迅速汇流后,冲击沟道内的松散堆积物猛烈冲刷沟谷和斜坡松散固体堆积物,导致泥石流的暴发^[7,13,14]。加之人类耕种造成局部植被覆盖较差,坡面侵蚀对泥石流物源的贡献体现为小雨蓄量、暴雨释量的循环过程(图 13)。水节箐泥石流坡面侵蚀类物源分布长度约 500 m,宽 50 m,平均厚度 3 m,合计方量 75 000 m³。其中可参与泥石流坡面侵蚀类物源分布宽 20 m,合计方量 30 000 m³。

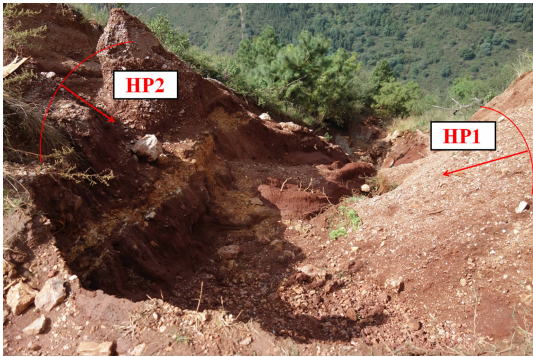


图 12 泥石流沟道崩滑

Fig. 12 Debris flow gullies collapse and slide

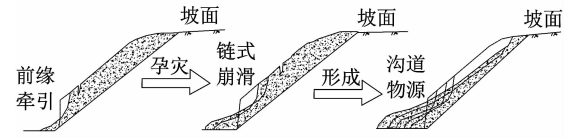


图 13 坡面坍滑补给泥石流物源演化模式

Fig. 13 Development model of slope debris flow

3.3 沟口冲击 - 管道破坏

水节箐坡面泥石流为典型的坡面泥石流,计算水节箐坡面泥石流基本特征参数具体包括泥石流的容重、流速、流量、最大冲击力等,而这些参数的获得主要通过泥石流的沟床和堆积体特征等静态参数分析获得(表 2)。

表 2 水节箐坡面泥石流静力学特征参数

Tab. 2 Static characteristic parameters of debris flow

泥石流名称	汇水面积 /km ²	沟道长度 /km	沟床平均坡降 /‰	最大块石粒径 /m	参与物源量/ × 10 ⁴ m ³		
					采场堆积	沟道崩滑	总量
水节箐	0.5	0.6	300	3	2.4	3.0	5.4

水节箐坡面泥石流径流形态严格受沟道比降、物源数量级补给形式的影响和控制。根据堆积特征,其在流动过程中具明显的洪水 - 泥石流相间特征。在不考虑沟床糙率影响的情况下,根据粘性泥石流平均运动速度公式(式 1)、流体运动缓急程度判断参数 F_r (福劳德数,式 2)、漂砾冲击力计算公式(式 3)、全溃计算公式(式 4)得出水节箐泥石流径流主要特征值^[14~16](表 3)。

$$U = 1.1(gR)^{\frac{1}{2}}S^{\frac{1}{2}}(\frac{D_{30}}{D_{10}})^{\frac{3}{4}} \tag{1}$$

$$F_r = V/\sqrt{gH} \tag{2}$$

$$P = 24.1V^{1.2}R^2 \tag{3}$$

$$q_m = 0.296\sqrt{g}(\frac{B}{b_m})^{0.4}b_mH_0^{1.5} \tag{4}$$

采集现场堆积体进行模拟反演,泥石流最大流体容重为 2.07 t · m⁻³,表明水节箐泥石流是典型的粘性泥石流。单块漂砾冲击力达到 348.2 kN,超出管道极限强度,可见泥石流中砾石的冲击力是造成管道毁坏的主要原因。

表 3 水节箐坡面泥石流流动力学特征参数
Tab.3 Kinetic characteristic parameters of debris flow

容重 $\gamma/(\text{t} \cdot \text{m}^{-3})$	溃决峰值流量 Q_c $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	泥石流峰值流量 Q_c $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	单块漂砾最大冲击压力 kN	流速 $v/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	F_r
2.07	286.62	268.40	348.2	沟道内 4.06 沟道外 1.98	1.18 0.61

4 防治对策

4.1 防治难点分析

(1) 活动方式特殊

泥石流沟源物质以块状灰岩和白云岩为主,沿程底蚀和侧蚀作用明显,在下蚀的过程不断垮塌侧蚀,逐渐形成顺沟的“拉槽”“深切”(图 14)。泥石流发生此类的侵蚀方式大大增加了灾害防治的难度,对生态环境和管道安全造成不利影响。

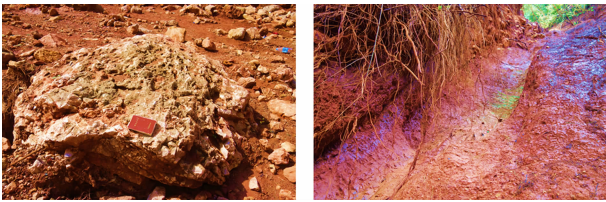


图 14 泥石流运动形成的拉槽

Fig. 14 A trough formed by the movement of debris flow

(2) 灾害链效应

水节箐高位坡面泥石流灾害呈现“溃决-洪水-崩滑”的链生特点(图 15)。首先,沟源良好的汇水条件形成“堰塞坝”,在持续降雨过程中坝体溃决,沟内先形成洪水。由于沟道上游纵向坡比较大,使得洪水流动动能较高,当洪水经过缓沟段时,沟内崩滑松散堆积体物质在水流强大的冲击下启动,形成泥石流向下游运动,洪水沿程冲刷沟道,岸坡不断发生崩滑,形成了规模更大、破坏力更强的泥石流。

4.2 防治思路与对策

水节箐坡面泥石流防治需既符合泥石流防治要求,也要符合管道保护要求。在治理时重点考虑其高位和链生特点,以期达到安全可靠,经济可行。根据“降坡”和“断链”的思路,提出以下防治措施(图 16)。

第一,调控水源。一是沟道上游汇水地形条件的改善,对沟源“盆状”洼地采取回填或者硬化,避免集中汇水;二是汇水的处理,通过修建截排水工程,从源头截流和排水,减少沟内汇水量,弱化泥石流形成的水源条件。第二,减少物源。沟头弃渣和沟内崩滑堆积体是泥石流形成的主要物源条件,可采取生态护坡和岩土工程防治相结合的措施,以减少沟内物源数量。具体措施包括:植树种草增加植被覆盖率、不稳定坡体处修建支挡工程增加坡体稳定性、修建疏导工程减小雨水对坡体的侵蚀作用。第三,水石分离。针对高位泥石流先洪水后泥石流的特点,采取窗口型拦挡坝进行水石分离,降低坝前静水压力,达到消能、阻止或减缓泥石流对管道的冲击。同时,沟口管道上方设置钢筋混凝土防冲盖板,顶部回填沟床堆积物作为缓冲层。

5 结论

水节箐沟源采石场和沟道两岸坍滑体为泥石流的形成提供了大量松散堆积物,构成泥石流固体物质补给源。沟源堆积坝体在强降雨作用下产生溃决效应,高位及陡峭地形促使泥石流高势能转化为动

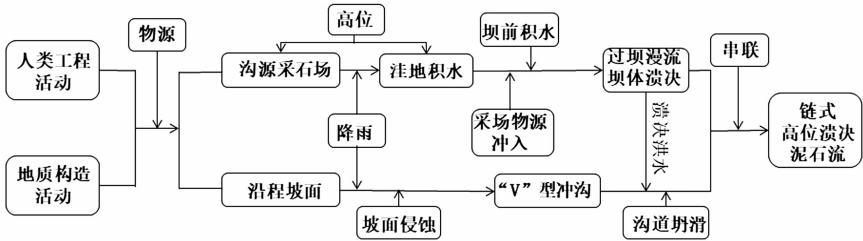


图 15 高位溃决型坡面泥石流的形成机理与灾害链过程示意图

Fig. 15 The formation mechanism of debris flow and geohazard chains

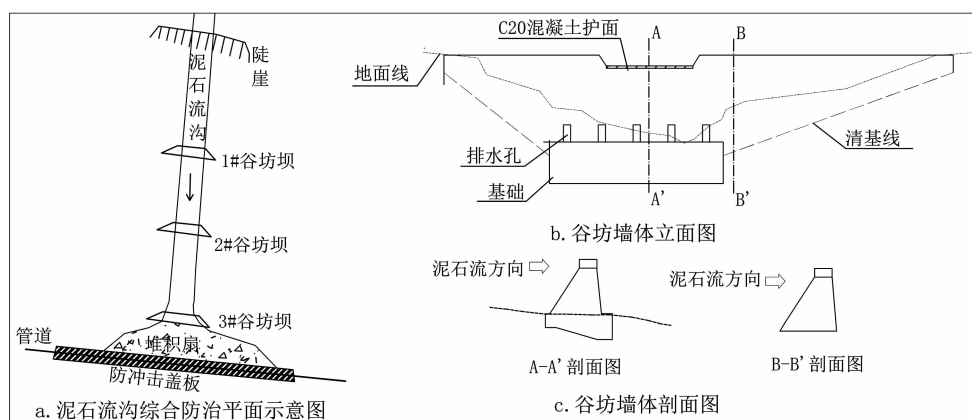


图16 综合防治图

Fig. 16 Design sketch map of comprehensive control

能,是泥石流爆发的动力因素。水节箐坡面泥石流呈现“溃决—洪水—崩滑”型泥石流灾害链的成灾模式,泥石流主要经历了三个过程:前期降雨至坝体溃决,中下游段加速,最终成灾。泥石流中砾石冲击是造成管道毁坏的主要原因,综合考虑泥石流灾害特点和管道防护需求,提出断链、降坡和综合防治的治理方式。

参考文献 (References)

- [1] 张楠,方志伟,韩笑,等.近年来我国泥石流灾害时空分布规律及成因分析[J].地质前缘,2018,25(02):299-308 [ZHANG Nan, FANG Zhiwei, HAN Xiao, et al. The spatial and temporal distribution law and cause analysis of debris flow disasters in China in recent years [J]. Frontiers of Geology, 2018, 25(02): 299-308]
- [2] 费祥俊,舒安平.泥石流运动机理与灾害防治[M].北京:清华大学出版社,2004:182-186 [FEI Xiangjun, SHU Anping. Disaster prevention and movement mechanism of debris flow [M]. Beijing: Press of Tsinghua University, 2004: 182-186]
- [3] 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所.中国泥石流[M].北京:北京商务印书馆,2000 [Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences. Debris flows in China [M]. Beijing: The Commercial Press, 2000]
- [4] 陈洪凯,唐红梅,叶四桥.中国公路泥石流研究[J],中国地质灾害与防治学报,2008,19(1):1-5 [CHEN Hongkai, TANG Hongmei [J], YE Siqiao. Study on debris flows along highways in China [J], The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2008, 19(1): 1-5]
- [5] 崔鹏.泥石流起动条件及机理的实验研究[J],科学通报,1991,21:1650-1652 [CUI Peng. Study on conditions and mechanisms of debris flow initiation by means of experiment [J]. Chinese Science Bulletin, 1991, 21: 1650-1652]
- [6] 潘华利,欧国强,柳金峰.泥石流沟道侵蚀初探[J],灾害学,2009,24(1):39-43 [PAN Huali, OU Guoqiang, LIU Jinfeng. A study on debris flow gully erosion [J]. Journal of Catastrophology, 2009, 24(1): 39-43]
- [7] 贺拿,陈宁生,曾超.泥石流起动机理研究现状及趋势[J],灾害学,2013,28(1):121-125 [HE Na, CHEN Ningsheng, ZENG Chao. Current situation and tendencies of debris flow initiation mechanism [J]. Journal of Catastrophology, 2013, 28(1): 121-125]
- [8] 唐红梅,陈洪凯,唐兰.坡面泥石流演化模式及其试验[J],山地学报,2014,32(1):98-104 [TANG Hongmei, CHEN Hongkai, TANG Lan. Evolution model and test of slope debris flow [J], Mountain Research, 2014, 32(1): 98-104]
- [9] 曾凡伟,徐刚,李青,等.坡度阈值与坡面泥石流——以重庆市北碚区为例[J],山地学报,2004,22(5):568-571 [ZENG Fanwei, XU Gang, LI Qing, et al. Critical gradient and debris flow on slope a case study in Beibei, Chongqing [J]. Mountain Research, 2004, 22(5): 568-571]
- [10] M. A. 卡森, M. J. 柯克拜著, 窦葆璋译. 坡面形态与形成过程 [M]. 北京: 科学出版社, 1984: 28-66 [CARSON M. A., KIRKBY M. J. Translated by DOU Baozhang. Hillslop form and process [M]. Beijing: Science Press, 1984: 28-66]
- [11] 崔鹏,杨坤,陈杰.前期降雨对泥石流形成的贡献——以蒋家沟泥石流形成为例[J],中国水土保持科学,2003,1(1):11-15 [CUI Peng, YANG Kun, CHEN Jie. Relationship between occurrence of debris flow and antecedent precipitation: taking the Jiangjia Gully as an example [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2003, 1(1): 11-15]
- [12] 谭万沛,韩庆玉.四川省泥石流预报的区域临界雨量指标研究[J],灾害学,1992,7(2):37-42 [TAN Wanpei, HAN Qingyu. Study on regional critical rainfall indices of debris flow in Sichuan province [J]. Journal of Catastrophology, 1992, 7(2): 37-42]
- [13] 唐川,李为乐,丁军,等.汶川震区映秀镇“8·14”特大泥石流灾害调查[J],地球科学—中国地质大学学报,2011,36(1):172-180 [TANG Chuan, LI Weile, DING Jun, et al. Field investigation and research on giant debris flow on august 14, 2010 in Yingxiu Town epicenter of Wenchuan Earthquake [J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 2011, 36(1): 172-180]
- [14] 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 [Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. DZ/T0220 – 2006. Specification of geological investigation for debris flow stabilization [S]. Beijing: China Standard Press,2006]
- [15] 胡桂胜,尚彦军,曾庆利,等. 新疆叶城“7.6”特大灾害性泥石流应急科学调查 [J],山地学报,2017,35 (1): 112 – 116 [HU Guisheng, SHANG Yanjun, ZENG Qingli, et al. The emergency scientific investigation of catastrophic debris flow in Yecheng County of Xinjiang on July 6th, 2016 [J]. Mountain Research, 2017,35(1):112 – 116]
- [16] 唐邦兴. 中国泥石流 [M]. 北京:商务印书馆,2000:72 – 95 [TANG Bangxing. Debris flow in China [M]. Beijing: The Commercial Press,2000:72 – 95]

Characteristics and Countermeasures of Slope Debris Flow in Kunming of Yunnan Province of China

WANG Renchao^{1, 2}, KONG Jiming^{1*}, CUI Yun¹

(1. Key Laboratory of Mountain Hazards and Earth Surface Processes of CAS, Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China; 2. University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China)

Abstract: Yunnan Province is in the southwest mountainous area of China, where slope debris flows are fully developed and clustered along slopes, posing great threats to the operating safety of oil and gas pipelines. The long-distance oil and gas pipelines, mainly consisted of the southwest oil product pipeline, the Sino-Myanmar oil and gas pipeline, and Baise to Kunming's refined oil pipelines, etc., had been installed in southwestern China in recent years. Their construction, operation and management are suffering the damages due to types of mountain disasters haunting the relieved region. Based on field investigations, a sudden and severe slope debris flow on the right bank of the ShuiJieJing of Kunming City, Yunnan Province on September 14, 2017, was carefully investigated by jointly examining of geological and hydrometeorological data. The initiation, evolution and formation of high-position catastrophe-prone slope debris flow were performed for a case study. And the basic characteristics of slope debris flows and its prevention and control measures were concluded. This investigation would provide us an engineered insight into the understanding of the damage pattern of slope debris flow on oil and gas pipelines and enlighten the management of mountain pipeline geohazards.

Key words: high debris flow; pipeline; characteristic; geohazards chain; countermeasure