

云南省公路水毁时空分布与态势

张家明, 徐则民, 刘华磊

(昆明理工大学土木系, 云南 昆明 650224)

摘 要: 云南省不同尺度地质环境脆弱, 公路作为带状建筑展布于复杂、脆弱地质环境中, 公路水毁时空分布规律是复杂的。运用统计分析和实地调查方法, 分析云南省公路水毁时空分布和发展态势。突降暴雨易即时诱发公路水毁, 公路水毁具有单点性; 普降暴雨也易即时诱发公路水毁, 公路水毁具有带状性, 水毁链效应显著; 降雨强度不高时, 公路水毁发生略有滞后性。云南省公路水毁主要发生在 6—8 月, 7 月是高发期; 在 20 世纪, 公路水毁周期一般为 2~3 a, 21 世纪公路水毁周期一般为 4 a。滇西公路水毁密度大于滇东, 滇北大于滇南, 滇中公路水毁主要分布在滇中边缘地带; 公路等级越低, 公路水毁越严重; 不同地区公路水毁种类有差别。云南省公路水毁目前仍处于发展的态势。

关键词: 云南; 公路水毁; 时空分布; 发展态势

中图分类号: U418.5

文献标识码: A

云南地处欧亚板块、印度洋板块与太平洋板块的结合部位, 地形、地貌和地质环境复杂, 山脉、河流、盆地、湖泊多受褶皱断裂构造控制。其地处亚热带, 6—10 月为雨季, 降雨主要集中在 7—8 月, 气候炎热, 多暴雨、大暴雨和特大暴雨。该区地质环境脆弱, 强降雨诱发的地质灾害具有点多面广, 灾害类型复杂多样的特点。公路作为带状建筑展布于复杂、脆弱的地质环境背景中, 公路水毁时空分布规律是复杂的。受控于特殊的地理位置、地形地貌、地质环境和社会环境, 一直以来云南都是公路水毁最为严重的省份之一。云南是以公路运输为主体的省份, 其中旅客运输占全社会各种运输量运输的 78.64%, 货物运输占 92.24%^[1]。但公路等级严重偏低的形势决定其研究工作没有引起足够的重视, 直到 20 世纪末, 云南省公路水毁研究工作才得以开展。随着近年来云南公路等级高等级化, 单位里程造价昂贵, 公路水毁损失日益严重, 公路水毁的研究

也越来越得到各级部门和领导的重视。继续深入研究公路水毁分布规律是公路水毁预警预报和公路防灾减灾研究基础且重要的工作。

在对云南省公路水毁类型研究时借鉴四川省公路水毁类型分类、云南省部分地质灾害图件确定病害公路的依据和云南省公路水毁既有研究成果^[2], 结合云南省目前公路水毁实际情况和历年公路水毁上报材料, 确定云南省公路水毁类型主要有: 崩塌、滑坡、泥石流、水毁路基、水毁路面、水毁桥涵、路基沉陷和道路翻浆八大种类。以下基于统计学原理, 统计并分析云南省公路水毁时空分布规律及发展态势。

1 公路水毁的时间分布规律

1.1 公路水毁与降雨强度和历时关系

据云南省历年公路水毁资料和文献记载^[3-7], 收集了 1980—2009 年有降雨强度和历时记录的 38

收稿日期(Received date): 2010-05-11; 改回日期(Accepted): 2010-09-30.

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金项目(40572159, 40772189), 教育部高等学校博士点基金项目(20060674009), 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室开放基金项目(GZ2009-10)。[The National Natural Science Foundation of China(40572159, 40772189), The Foundation of the Ministry of Education of China for Doctor in University(20060674009), State Key Laboratory of Geo-hazard Prevention & Geoenvironment Protection Found(GZ2009-10).]

作者简介(Biography): 张家明, (1984-), 男, 博士研究生, 主要从事山区公路地质灾害与防治工程研究。[Zhang Jiaming, (1984-), male, doctor, major in mountain hazards and prevention methods study.] Tel: 13888442865, E-mail: zjm_enggeo@163.com

起公路水毁事件,受篇幅限制,不再一一列出。需要说明的是,在这 29 a 间,公路水毁事件不仅这 38 起。以上收集的公路水毁事件是在这期间对云南省经济、社会产生重大影响,并有降雨强度和历时记录的水毁事件。足够用于讨论公路水毁与降雨强度和历时的关系并呈规律。

通过对 38 起公路水毁事件的降雨强度、降雨历时和水毁程度统计对比分析,可以得出:1) 突降暴雨、大暴雨、特大暴雨或短短几个小时的降雨量就高达数百毫米的天气环境,容易即时诱发公路水毁;公路水毁点少即水毁具有单点性,但公路水毁有单点破坏程度较高的特征;公路水毁链明显,降雨诱发滑坡泥石流,进一步引起水毁路基、水毁路面和水毁桥涵,在公路岩质边坡易诱发崩塌、水毁路基、水毁桥涵等事件。2) 连续普降暴雨、大暴雨或特大暴雨,公路水毁即时发生;公路水毁展布具有带状性,且单点水毁强度高,总体破坏也较强;公路水毁链更为明显,崩塌、滑坡、泥石流、水毁路基、水毁路面和水毁桥涵齐全,公路土质边坡和低等级公路会产生路基沉陷和道路翻浆等水毁,对国民经济和社会正常生活的影响是巨大的。3) 连续降雨,但降雨强度不高的天气环境,公路水毁发生略有滞后性;公路水毁具有单点性,单点破坏程度不高,造成的各种损失不如前两者严重;水毁种类齐全,但公路水毁链不明。

1.2 公路水毁与月际的关系

唐川^[8]等报道了部分对云南交通产生重大影响的公路水毁事件,结合前面有降雨强度记录的 38 起水毁事件,共收集了 1968—2009 年间共 71 起云南省重大公路水毁事件。71 起重大公路水毁事件

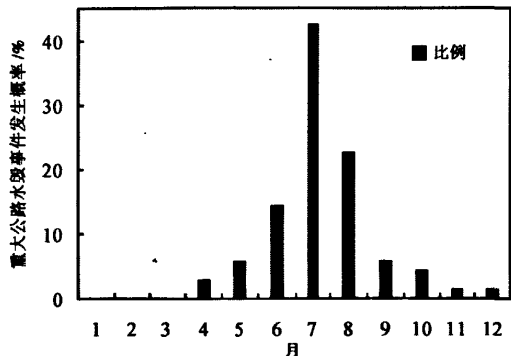


图 1 云南省重大公路水毁事件月际分布

Fig. 1 The monthly distribution of important water-wasting of highways in Yunnan

的月际分布如图 1 所示。从该图可以看出:1、2、3 月没有重大公路水毁事件发生;11、12 月各仅有 1 起重大公路水毁事件发生,各占 1.4%;4 月发生 2 起重大公路水毁事件,占 2.8%;10 月出现 3 起重大公路水毁事件,占 4.3%;5、9 月各发生 4 起重大公路水毁事件,各占 5.6%;6 月发生 10 起重大公路水毁事件,占 14.1%;8 月发生 16 起重大公路水毁事件,占 22.5%;7 月就发生 30 起重大公路水毁事件,占 42.3%。

重大公路水毁事件发生概率在 7 月以前呈增加趋势,7 月达到顶峰,7 月后呈减弱趋势。5—10 月共发生 67 起重大公路水毁事件,占 94.3%,其中 6、7、8 三个月共发生 56 起,占 78.9%。

从公路水毁最为严重的 1986 年和 2007 年来看,1986 年共记录 9 起重大公路水毁,其中 5、6、10 月各出现 1 起,各占 11%,7 月出现 6 起,占 66.7%;2007 年共记录 10 起重大公路水毁事件,其中 4、5、10 月各出现 1 起,各占 10%,9 月出现 2 起,占 20%,7 月出现 5 起,占 50%。

可见,无论从全部重大公路水毁事件月际分布还是从某一年公路水毁事件月际分布来看,都说明云南省公路水毁主要发生在 5—10 月,其中 6—8 月出现概率较大,7 月是云南省公路水毁的高发期。

1.3 公路水毁的周期性

由于云南省部分年份公路水毁资料缺失或水毁事件没有报道,所以不能用重大公路水毁事件发生的年际变化关系来反映公路水毁的周期性。以下以云南省公路水毁年经济损失变化来讨论公路水毁的周期性。

图 2 为云南省公路水毁年经济损失情况。从该图曲线波动变化关系可以看出,1981—1983 年为一个水毁周期,周期为 2 a;1983—1986 年为一个水毁周期,周期为 3 a;1986—1988 年为一个水毁周期,周期为 2 a;1988—1990 年为一个水毁周期,周期为 2 a;1990—1993 年为一个水毁周期,周期为 3 a;1993—1995 年为一个水毁周期,周期为 2 a;2004—2007 年为一个水毁周期,周期为 4 a。可以得出,云南省公路水毁在 20 世纪 80 年代至 1995 年的年际变化周期为 2~3 a,进入 21 世纪,公路水毁年际变化周期明显增长,一般 4 a 为一个水毁周期。

2 公路水毁的空间分布规律

2.1 公路水毁的地区差异规律

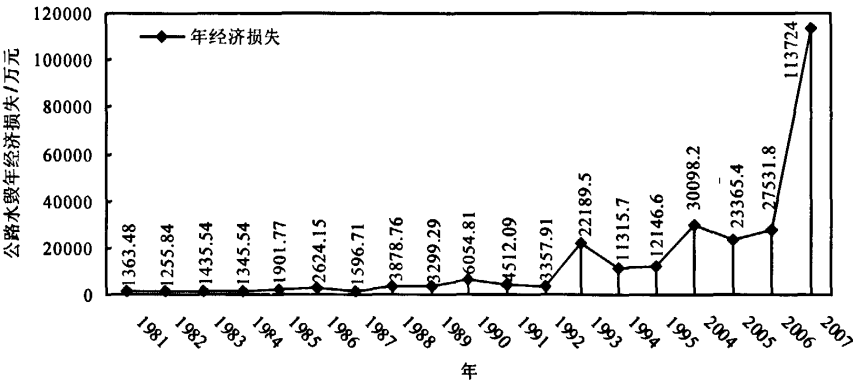


图2 云南省公路水毁年经济损失

Fig.2 Annual economic losses by water-wasting of highways in Yunnan province

从1990年版《云南省国土资源地图集》的滑坡崩塌泥石流流分区图可以得出:滇西地区病害公路主要有中甸-乡城其中一段(60 km),贡山-六库(253 km),六库-瓦窑(90 km),兔峨-老窝(60 km),梁河-姐冒出去6 km(71 km),甸南镇-脉地镇(110 km),漾濞-大邑(20 km),巍山-拥翠(68 km),墨江-江城(156 km);滇中地区病害公路主要有永胜-金江桥(81 km),元江-墨江(85 km),石屏-红河(82 km),东川-嵩明(123 km);滇东地区病害公路主要有绥江-大关(192 km),五龙-双龙营镇(90 km),文山-马关(71 km),莲花塘-八步(65 km),杨万-董千镇(42 km),木杨-花甲(117 km)。统计以上云南省病害公路规模,滇西病害公路共有893 km,滇中病害公路共有371 km,滇东病害公路共有577 km。文献[2]统计了截止1995云南省公路水毁分布情况,有37段公路属于水毁公路。滇西地区统计的公路总长2 201 km,受灾386 km,受到威胁的有928 km,统计公路水毁密度为0.597;滇中地区统计公路总长1 038 km,受灾94 km,受到威胁的有348 km,统计公路水毁密度为0.426;滇东地区统计公路总长1 207 km,受灾138 km,受到威胁的有326 km,统计公路水毁密度为0.384。

随着云南经济发展,政府大力投资公路建设,促进全省经济共同发展。1997年底,全省通车里程仅有73 821 km,其中高等级公路仅有1 415 km(含45 km高速公路),一级公路71 km,二级公路1 291 km。在“十五”期间,云南省公路建设总投资达780亿元,2002年末,云南公路通车里程达 16.4×10^4

km。截止2007年末,云南省高等级公路里程以大于7 400 km,高速公路达到2 508 km,高速公路里程居全国第七位,西部第一位。随着公路工程建设的发展,公路水毁也日益严重。根据以上分析和既有文献记载^[9,10],结合云南省历年公路水毁上报材料,采用实地调查的方法研究并编制云南省主要公路地质灾害分布图(图3)。

从图3可以看出,云南省公路水毁主要分布在维西-德钦-盐井、丽江-香格里拉-乡城、丽江-永胜-宾川、战河-宁蒍、六德-大兴、瓦窑-贡山、永平-云龙-兰坪-通甸-剑川、沙溪镇-漾濞-大邑、甸南镇-大理、大理-太邑-保山、梁河-陇川-瑞丽、小黑江大桥-勐省镇、小黑江大桥-竹塘、思茅-普洱、勐先一代、把边乡一代、临沧-云县-凤庆、羊头岩-幸福、云县-南涧-弥渡、南涧-巍山、永仁-大姚-南华、楚雄-双柏-墨江-江城、墨江-元江、马场、绿春-元阳、元阳-金平、石屏-扬武镇、嵩明-东川-巧家-会泽、屏边-马关-富宁-花甲、丘北-高良-五龙-罗平、昭通-大关-盐津-水富、大关-绥江、西沙-永善。

综上所述,云南省公路水毁主要分布在滇西地区,滇西分布密度大于滇东,滇北大于滇南,滇西北大于滇东南,滇中地区公路水毁主要分布在滇中边缘地带,公路水毁强度也呈自西向东、自北向南递减变化。

2.2 公路水毁路线差异规律

图4为云南省2004年、2005年和2007年全省公路水毁情况。从该图可以明显看出云南省高速公路,省管公路到县乡公路的水毁路基、水毁路面绝大

多数呈增加趋势,只有2005年的省管公路到县乡公路的水毁路面出现递减现象,即从486.893 km递减到289.72 km(图4(a));水毁桥梁、水毁涵洞随云南省高速公路、省管公路到县乡公路递增变化,2007年的水毁桥梁这种变化规律更为明显,从1 133.52 m增加到31 776 000 m(图4(b));从防护、崩塌方来看(图4(c)),云南省高速公路、省管公路到县乡公路变化规律除2004年的崩塌方先增后减外,其余都呈增加趋势。2004年云南省高速公路、省管公路到县乡公路崩塌方变化现象为先增后减,即 $45\,470 \times 10^4 \text{ m}^3$ 增加到 $6\,118\,831.612 \times 10^4 \text{ m}^3$,然后减小到 $896 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

从云南省公路水毁经济损失来看(图4(d)),云南省高速公路、省管公路到县乡公路公路水毁经

济损失主要呈增加趋势。2007年是云南省公路水毁较为严重的一年,从省管公路到县乡公路,水毁路基、水毁路面经济损失增加现象明显,水毁路基经济损失从3 281.244 8万元增加到5 195.32万元,水毁路面经济损失从10 419.548 8万元增加到31 866.286 5万元。省管公路到县乡公路水毁路面经济损失减少的现象由2005年水毁路面经济损失5 391.877 9万元减少到636.85万元、2005年水毁路基经济损失1 108.804 8万元减少到912.46万元、2005年防护工程经济损失1 218.196 3万元减少到1 155.927 5万元、2004年水毁路基经济损失2 202.461 1万元减少到1 727.4万元、2004年水毁路面经济损失5 184.124 9万元减少到5 074.275万元。

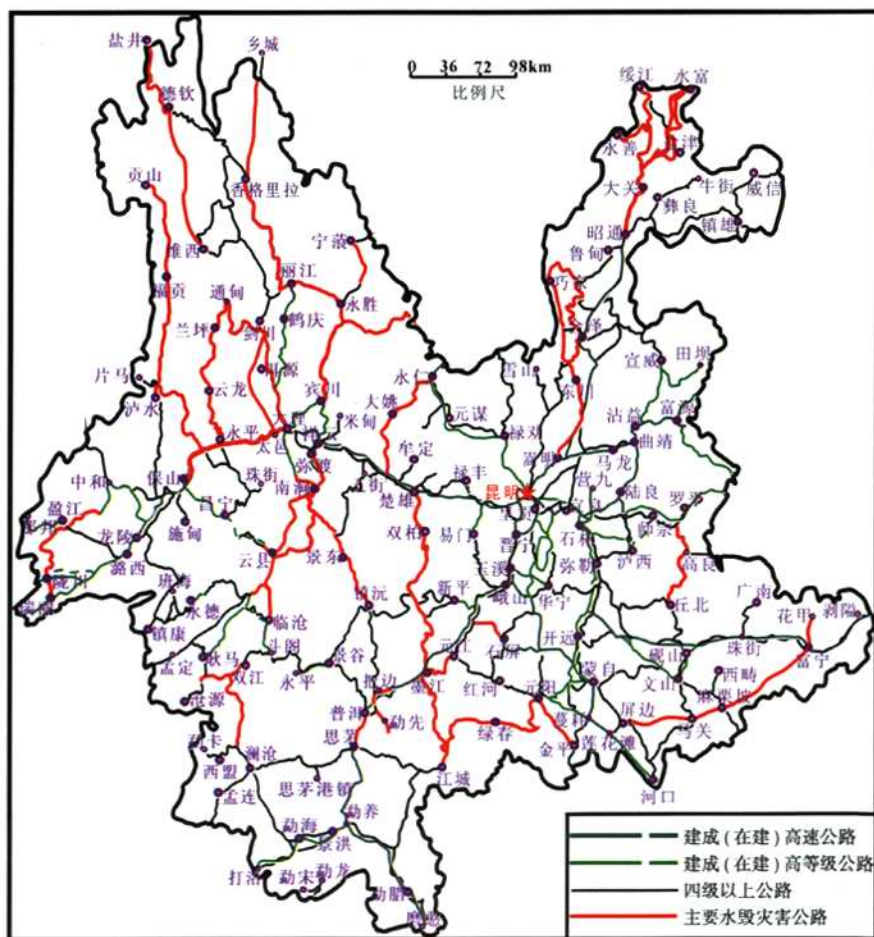


图3 云南省公路主要水毁路段分布图

Fig. 3 The distribution map of water-wasting of highways in Yunnan highways

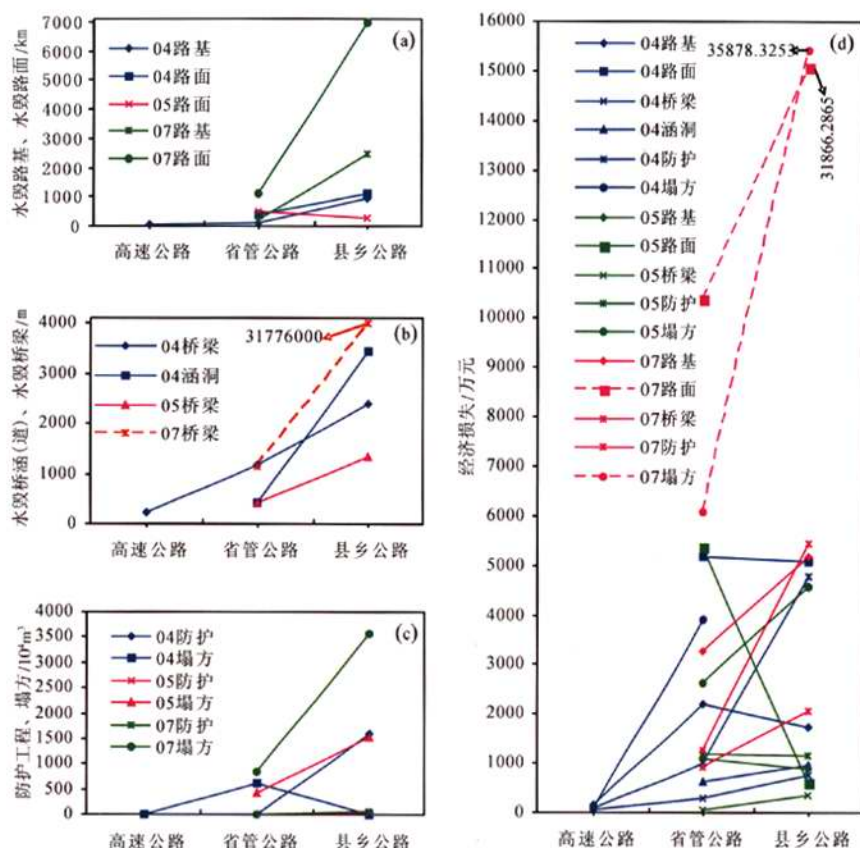


图4 云南省不同等级公路水毁工程情况

Fig. 4 Engineering situation of water-wasting highways of different highway classification in Yunnan province

由此可见,无论是从水毁规模,还是从公路水毁经济损失来看,云南公路水毁损失随着公路等级的减小,公路水毁损失越严重,造成的影响越大。

2.3 公路水毁的路段差异规律

通过实地调查发现,在滇西地区,公路沿线滑坡、泥石流均有分布且滇西地区高山峡谷地貌发育,高陡的岩石边坡极易发生崩塌、滑坡等,为泥石流的暴发提供很好的物源条件。在降雨多的地区,泥石流较为发育,公路水毁链最为显著。在滇中地区,公路沿线滑坡发育,特别是区域地质环境过渡明显的滇中边缘带,滑坡与地形雨耦合诱发泥石流灾害。在小江断裂带附近的巧家、会泽和东川一带的公路,泥石流灾害最为严重,公路水毁链也很明显。在滇东地区,公路沿线水毁灾害主要以崩塌、滑坡、路基沉陷为主。滇东南地区,喀斯特地貌发育,路基沉陷也较为明显,总体上看,滇东公路水毁链效应不明

显。

3 公路水毁的发展态势

从公路水毁规模来看,“六五”期间云南省水毁路基从 9.4 km 增加到 68.89 km,水毁路面从 18.5 $\times 10^4$ m³ 增加到 196.1 $\times 10^4$ m³,水毁桥梁由 6 座增加到 69 座,水毁涵洞从 184 道增加到 290 道,崩塌方量从 500.5 $\times 10^4$ m³ 增加到 863.97 $\times 10^4$ m³ (1984 年);“七五”期间的 1987—1990 年,水毁路基从 30 km 增加到 275.28 km,水毁砂石路面从 134.8 km 增加到 928.3 km,水毁沥青路面从 87.14 km 增加到 364 km,水毁桥梁从 326.34 m 增加到 666.01 m,水毁涵洞从 832 道增加到 1 838 道,防护从 9.738 8 $\times 10^4$ m³ 减小到 8.742 7 $\times 10^4$ m³,崩塌方量从 403.52 $\times 10^4$ m³ 增加到 746.23 $\times 10^4$ m³;从 2004 年

到 2007 年,水毁路基从 1 126.874 km 增加到 2 671.65 km、水毁路面从 4 141.928 km 增加到 8 093.10 km,水毁桥梁从 3 808.48 m 增加到 31 776 000 m,防护从 $51.274\ 568\ 4 \times 10^4\ \text{m}^3$ 增加到 $90.839\ 812\ 2 \times 10^4\ \text{m}^3$,崩塌方量从 $2\ 215.559\ 761\ 2 \times 10^4\ \text{m}^3$ 增加到 $4\ 445.701\ 801 \times 10^4\ \text{m}^3$ 。以上历年公路水毁规模显示云南省公路水毁目前呈上升趋势。

从云南省公路水毁经济损失来看,“六五”期间,水毁经济损失从 1 363.48 万元增加到 1 901.77 万元,总共 7 302.03 万元;“七五”期间,水毁经济损失从 2 624.15 万元增加到 6 054.81 万元,总共 17 453.72 万元;“八五”期间,水毁经济损失从 4 512.09 万元增加到 12 146.61 万元,总共 53 521.72 万元;2004 年到 2007 年间,水毁经济损失从 30 098.2403 万元增加到 113 724.453 9 万元,总共 194 719.931 7 万元。云南省公路水毁经济损失呈增长趋势。

综上所述,随着云南省公路建设和经济不断发展,公路水毁规模和公路水毁经济损失显示云南省公路水毁目前仍处于发展的态势。自 20 世纪 60 年代以来,随着地球自转速度的周期性变化,北半球已经进入一个新的百年尺度的自然灾害相对活跃期。云南地区出现的水毁周期关系与地球自转减慢的周期性规律也具有-致性。因此,在 2050 年以前,极端天气仍活跃,云南省暴发型公路水毁可能继续出现。但随着国家经济发展,对公路水毁的研究和治理给予了足够的重视,各级公路自身防灾、抗灾能力的增强,水毁灾害的规模会相对减小。

4 结 论

1. 突降暴雨、大暴雨或特大暴雨易即时诱发公路水毁,公路水毁具有单点性,水毁链显著;连续普降暴雨、大暴雨或特大暴雨也易即时诱发公路水毁,公路水毁具有带状性,水毁链效应更为明显;降雨强度不高的天气环境,公路水毁发生略有滞后性,公路水毁具有单点性,水毁种类齐全,但公路水毁链不明显。

2. 云南省公路水毁发生概率在 7 月以前呈增加趋势,在 7 月达到顶峰,7 月后呈减弱趋势,5—10 月公路水毁占全年的 94.3%,6—8 月占 78.9%,云南省公路水毁发生时间主要分布在云南降雨季节。

3. 云南省公路水毁在 20 世纪 80 年代至 1995 年的年际变化周期为 2~3 a,进入 21 世纪,公路水毁年际变化周期明显增长,一般 4 a 为一个周期。

4. 云南省公路水毁主要分布在滇西地区,滇西分布密度大于滇东,滇北大于滇南,滇西北大于滇东南,滇中地区公路水毁主要分布在滇中边缘地带,公路水毁程度也呈自西向东、自北向南递减变化。

5. 不同等级公路的水毁规模和水毁经济损失显示云南公路水毁强度随着公路等级降低而增强,公路水毁越严重,造成的影响也越大。

6. 滇西地区,崩塌、滑坡和泥石流均有分布,公路水毁链效应最为明显;滇中边缘地带,滑坡最为发育,在小江断裂带附近的巧家、会泽和东川一带的公路,泥石流灾害最为严重;在滇东地区,公路沿线地质灾害以崩塌、滑坡、路基沉陷为主。

7. 随着云南省公路建设不断发展,公路水毁规模和公路水毁经济损失说明云南省公路水毁目前仍处于发展的态势。

参考文献 (References)

- [1] Fang Xiangchi, Xu Xueshu. Present status and counter measures of washout of highway in Yunnan [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 1998, 9(1): 10~15 [方向池, 徐学庶. 云南省公路水毁现状及对策 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 1998, 9(1): 10~15]
- [2] Fang Xiangchi. Study on engineering geological of geological disaster system of water hazard in mountainous highway [D]. Chengdu: Chengdu Institute of Technology, 1999 [方向池. 山区公路水毁地质灾害系统工程地质研究 [D]. 成都: 成都理工学院, 1999]
- [3] Zhou Chunhua, Tang Chuan, Tao Yun. The meteorological causes for rainfall debris flow in Jinsha River Basin of Yunnan province on July 6, 1998 [J]. Journal of Mountain Science, 2006, 24(6): 678~682 [周春花, 唐川, 陶云. 1998-07-06 云南境内金沙江流域暴雨泥石流的气象成因 [J]. 山地学报, 2006, 24(6): 678~682]
- [4] Zhu Pingsheng, Wu Xianggen. The comprehensive control of k219 landslide on Chuxiong-Dali highway, Yunnan [J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2000, 11(1): 47~49 [朱平生, 吴香根. 云南楚大公路 K219 滑坡的综合治理 [J]. 地质灾害与环境保护, 2000, 11(1): 47~49]
- [5] Yin Hongfeng, Xie Bo, Zhao Ti, et al. Research on developing characteristics and preventing measures of geology disaster in Xinping Country of Yunnan province [J]. Journal of Changchun Institute of Technology: Natural science Education, 2006, 7(2): 54~56 [尹洪峰, 谢博, 赵体, 等. 云南省新平县地质灾害发育特征及防治对策研究 [J]. 长春工程学院学报: 自然科学版, 2006, 7(2): 54~56]
- [6] Tao Yun, Tang Chuan, Cun Canqiong, et al. The meteorological causes for flash flood and debris flow on July 5, 2004 in Dehong prefec-

- ture of Yunan province[J]. Journal of Mountain Science, 2005, 23(1): 53-63[陶云,唐川,寸灿琼,等. 2004-07-05 云南德宏州山洪泥石流气象成因分析[J]. 山地学报, 2005, 23(1): 53-63]
- [7] Ma Dongtao, Feng Zili, Zhang Jinshan, et al. Investigation on landslide and debris flow disasters on July 19, 2004 in Tengchong of Yunnan province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2004, 24(6): 67-71[马东涛,冯自立,张金山,等. 7.19 云南腾冲滑坡泥石流灾害调查报告[J]. 水土保持通报, 2004, 24(6): 67-71]
- [8] Tang Chuan, Zhu Jing, et al. Landslide and debris flow research in Yunnan[M]. Beijing: The Commercial Press, 2003: 1-184[唐川,朱静,等. 云南滑坡泥石流研究[M]. 北京: 商务印书馆, 2003: 1-184]
- [9] Tao Yun, Tang Chuan, Duan Xu. Landslide and debris flow hazards in Yunnan and their relationship with precipitation characteristics[J]. Journal of Natural Disasters, 2009, 18(1): 180-186[陶云,唐川,段旭. 云南滑坡泥石流灾害与降水特征的关系[J]. 自然灾害学报, 2009, 18(1): 180-186]
- [10] Ma Dongtao, Zhang Jinshan, Feng Zili, et al. Main causes of landslide, debris flow and torrential flood disasters on July 20, 2004 in Yingjiang of Yunnan and the disaster reduction measures[J]. Journal of Catastrophology, 2005, 20(1): 67-70[马东涛,张金山,冯自立,等. 2004.7.20 云南盈江滑坡泥石流山洪灾害成因及减灾对策[J]. 灾害学, 2005, 20(1): 67-70]

Spatial-temporal Distribution and Situation of Water-wastering of Highways in Yunnan

ZHANG Jiaming, XU Zemin, LIU Hualei

(Department of Civil Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China)

Abstract: Different scale geological environment in Yunnan province is fragile. As belts the highways distribute in complex and fragile geological environment, spatial-temporal distribution of water-wasterings of highways is also complex. In this paper, spatial-temporal distribution and development situation of water-wasterings of highways in Yunnan Province will be analyzed through methods of statistic and field investigation. Sudden rainstorms reduce water-wasterings of highways easily, one characteristic of water-wasterings of highways is single-point. Widespread rainstorms also can reduce water-wasterings of highways easily, the characteristic of water-wasterings of highways is zonal, water-wasterings of highways chain effect is also significant. When it didn't rain heavily, water-wasterings of highways would appear hysteretic character. Water-wasterings of highways in Yunnan province usually happen from June to August and it gets to peak period in July. In the 20th century, water-wasterings of highways cycle is about 2 to 3 years and in the 21st century, water-wasterings of highways cycle is about 4 years. Density of water-wasterings of highways of in the west of Yunnan is obviously heavier than that in the east of Yunnan and that in the north of Yunnan is heavier than that in the south of Yunnan. Water-wasterings of highways in central Yunnan usually happen at the edge of middle Yunnan. The lower the highway classification, the more serious the washouts of road. Characteristics of different areas of Yunnan are different. Water-wasterings of highways in Yunnan province are still developing at present.

Key words: Yunnan; water-wasterings of highways; spatial-temporal distribution; development situation

作者: 张家明, 徐则民, 刘华磊, [ZHANG Jiaming](#), [XU Zemin](#), [LIU Hualei](#)
作者单位: [昆明理工大学土木系](#), 云南昆明, 650224
刊名: [山地学报](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名: [JOURNAL OF MOUNTAIN SCIENCE](#)
年, 卷(期): 2011, 29(1)
被引用次数: 2次

参考文献(10条)

1. 方向池;徐学庶 [云南省公路水毁现状及对策](#)[期刊论文]-[中国地质灾害与防治学报](#) 1998(01)
2. 方向池 [山区公路水毁地质灾害系统工程地质研究](#)[学位论文] 1999
3. 周春花;唐川;陶云 [1998-07-06云南境内金沙江流域暴雨泥石流的气象成因](#)[期刊论文]-[山地学报](#) 2006(06)
4. 朱平生;吴香根 [云南楚大公路K219滑坡的综合治理](#)[期刊论文]-[地质灾害与环境保护](#) 2000(01)
5. 尹洪峰;谢博;赵体 [云南省新平县地质灾害发育特征及防治对策研究](#)[期刊论文]-[长春工程学院学报\(自然科学版\)](#) 2006(02)
6. 陶云;唐川;寸灿琼 [2004-07-05云南德宏州山洪泥石流气象成因分析](#)[期刊论文]-[山地学报](#) 2005(01)
7. 马东涛;冯自立;张金山 [7, 19云南腾冲滑坡泥石流灾害调查报告](#)[期刊论文]-[水土保持通报](#) 2004(06)
8. 唐川;朱静 [云南滑坡泥石流研究](#) 2003
9. 陶云;唐川;段旭 [云南滑坡泥石流灾害与降水特征的关系](#)[期刊论文]-[自然灾害学报](#) 2009(01)
10. 马东涛;张金山;冯自立 [2004. 7, 20云南盈江滑坡泥石流山洪灾害成因及减灾对策](#)[期刊论文]-[灾害学](#) 2005(01)

本文读者也读过(10条)

1. [周富春](#), [赖勇](#), [翁其能](#), [周建庭](#), [马永泰](#), [陈洪凯](#), [ZHOU Fu-chun](#), [LAI Yong](#), [WENG Qi-neng](#), [ZHOU Jian-ting](#), [MA Yong-tai](#), [CHEN Hong-kai](#) [从新构造应力场论区域公路水毁发育的宏观模式--以凉山境内公路水毁为例](#)[期刊论文]-[重庆交通学院学报](#)2000, 19(4)
2. [韩德明](#) [浅谈公路水毁的成因及防治措施](#)[期刊论文]-[青海交通科技](#)2010(6)
3. [于瑞尚](#) [谈公路水毁的成因与防治](#)[期刊论文]-[大陆桥视野](#)2010(3)
4. [何光春](#), [邓方明](#), [汪承志](#), [凡建伟](#), [HE Guang-chun](#), [DENG Fang-ming](#), [WANG Cheng-zhi](#), [FAN Jian-wei](#) [戈壁公路路基水毁防护试验研究](#)[期刊论文]-[水土保持学报](#)2008, 22(1)
5. [崔伯恩](#), [凌建明](#), [赵鸿铎](#), [赵志华](#), [CUI Bo-en](#), [LING Jian-ming](#), [ZHAO Hong-duo](#), [ZHAO Zhi-hua](#) [沿河公路抗水毁能力评价方法研究](#)[期刊论文]-[公路交通科技](#)2006, 23(9)
6. [李莉](#) [浅谈公路水毁的成因与防治](#)[期刊论文]-[公路](#)2004(5)
7. [崔伯恩](#), [凌建明](#), [赵鸿铎](#), [赵志华](#), [CUI Bo'en](#), [LING Jianming](#), [ZHAO Hongduo](#), [ZHAO Zhihua](#) [公路水毁毁损等级划分体系研究](#)[期刊论文]-[同济大学学报\(自然科学版\)](#) 2006, 34(9)
8. [凌建明](#), [官盛飞](#), [崔伯恩](#), [LING Jian-ming](#), [GUAN Sheng-fei](#), [CUI Bo-en](#) [重庆市公路水毁环境区划指标的研究](#)[期刊论文]-[水土保持通报](#)2008, 28(3)
9. [程尊兰](#), [张正波](#), [耿学勇](#), [CHENG Zun-lan](#), [ZHANG Zheng-bo](#), [GENG Xue-yong](#) [川藏公路东久河下游段路基水毁防护工程对策](#)[期刊论文]-[四川大学学报\(工程科学版\)](#) 2005, 37(3)
10. [祝晓寅](#), [陈洪凯](#), [翁其能](#), [周富春](#), [ZHU Xiao-yin](#), [CHEN Hong-kai](#), [WENG Qi-neng](#), [ZHOU Fu-chun](#) [山区公路水毁机理与抗毁结构分析 --以凉山地区为例](#)[期刊论文]-[重庆交通学院学报](#)2001, 20(2)

引证文献(2条)

1. [陈远川](#), [陈洪凯](#) [山区沿河公路地质风险分类](#)[期刊论文]-[公路](#) 2012(10)

2. 王晓楠, 张燕奇, 王建良 桥梁基桩下伏溶洞围岩应力状态分析[期刊论文]-科学技术与工程 2012(14)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201101016.aspx