

白龙江流域泥石流沟形态的非线性特征*

王协康, 敖汝庄, 方 铎

(四川大学高速水力学国家重点实验室, 四川 成都 610065)

摘 要: 泥石流的活动是流域演化的一种非线性动力过程, 它的表象决定了泥石流沟具有非线性性。为此, 从影响泥石流发育动力因素的地形条件入手, 利用分形理论的统计自相似对白龙江流域泥石流沟数的累积分布随动力因素变化进行分析, 得到了比较满意的结果。为进一步研究白龙江流域甚至嘉陵江流域的泥石流都具有重要指导作用。

关键词: 泥石流; 非线性; 分形理论

中图分类号: P642.23

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2000)增-0023-04

1 引言

泥石流是一种全球性的突发性自然灾害, 在我国 2/3 国土面积的山区中, 均不同程度地发育着泥石流, 西南、西北、东北山区、秦岭山脉等地的泥石流活动尤为强烈。泥石流以独特的方式骤然将大量泥沙倾入主河道, 在河道中形成堆积体, 不仅控制着入汇口附近的水沙交互作用和河床形态变化, 而且对主河水流及其挟沙能力的时间与空间分布产生巨大影响, 有时将大量泥沙输入库区, 形成严重的水库淤积, 全国每年因泥石流输送的泥沙损失的库容和防洪堤有效高度不计其数。泥石流堵江溃决后所造成大规模沿江洪水灾害更是严重, 仅岷江 1991 年溃决型泥石流一次灾害损失就达 2.5 亿人民币。此外, 泥石流、滑坡灾害也是水土流失的一个重要方面。

白龙江是嘉陵江上游最大的支流, 发源于碌曲县郎木乡, 流经四川省的若尔盖、甘肃省的迭部、舟曲、武都至四川的昭化入嘉陵江。主要支流有白水江与岷江, 是全国主要滑坡、泥石流发育区之一。白龙江流域的泥石流主要集中于白龙江中游的舟曲至临江一带, 在其支流岷江及白水江下游一带也较发育, 据调查, 约有泥石流沟 1400 余条。

最近, 非线性科学在地学领域, 获得了广泛的注意和兴趣, 运用非线性科学方法进行地学研究越来越活跃。泥石流系统包含着复杂的相互作用, 多重的正负反馈, 涉及物理、化学、生物及人文等众多影响因素, 因此泥石流的形成、运动和堆积中, 非线性现象是广泛存在的, 它是一个复杂的非线性系统。泥石流沟暴发泥石流是整个流域侵蚀-演化过程的一种

表现, 由此表现出来的泥石流流域的形态特征也必具有非线性的相关关系。本文拟应用分形理论对白龙江流域的泥石流沟形态特征加以描述, 对研究嘉陵江流域泥石流灾害具有重要意义。

2 泥石流发育的原因

泥石流的发生是与流域的物质风化、侵蚀、搬运、堆积过程有关的。白龙江流域泥石流发育的原因, 主要是该区有陡峻的地形、充沛的降雨和丰富的补给物质, 植被的衰败和人类不合理活动以及它特殊的内营力条件。

2.1 地形、地貌及岩性因素

陇南区域属秦岭山地, 境内群山耸立, 沟壑纵横, 属中高山侵蚀山地, 河谷平原不足总面积的 1%。从地势讲, 西北最高峰为舟曲的青山梁, 海拔 4514 m, 西汉水流域的最高峰为宕昌县兴化乡五个嘴, 海拔 3552 m, 河谷地带高程在西北部的舟曲县为 1300 m。文县最低河谷海拔为 550 m。同在一般高差 1000~1500 m 间。据陇南地区调查, 区内大于 25° 山坡占 50.8%, 而小于 5° 的平地仅占 3.6%。这种陡峻的山地为泥石流发育提供了有利地形。

泥石流的发育与岩性的关系也较大, 白龙江流域岩性中有大量的千枚岩, 岩质软弱、破碎, 易产生大量的滑塌等补给物质, 粘土质含量高, 含盐量大, 都是形成泥石流, 特别是粘性泥石流的有利条件。

2.2 植被及人类活动因素

据传说和历史记载, 宋朝以前白龙江流域除某些山峰外, 广大的河谷地带森林丰蔚, 古树参天。据文县旧志记载, 远在三国时期, 文县境内的白水江流域河谷两岸, 茂林秀竹, 幽旷绝尘。而现在白水江中游自石鸡坝至玉垒关一带的河谷地带, 已无天然林木, 即使山坡高处, 也是树木稀疏已不成林。植被消失, 山坡失去保持层, 水土流失沟谷切割加剧, 泥石

收稿日期: 1999-02-08

* 基金项目: 国家自然科学基金委员会与水利部联合资助项目(编号: 59890200);

攻关项目: “九五”三峡工程泥沙问题研究资助项目(编号: 95-4-1-4)

流也随之而来。

人类的不合理活动加剧了泥石流的发展,除了对森林破坏之外,特别是为了建筑和生产而大量的挖坡与开采石料,造成山体的大量破坏和松散石块堆积于沟道,尤其对小型泥石流沟影响最大。在武都附近,近20年来,泥石流数量已增加近18%。泥石流的分布密度有与人口分布密度成正比的趋势。

2.3 地震和地质构造的特点

泥石流经常继地震而产生,一般认为烈度7以上的地震就会导致泥石流的发生。在我国已划出的23个地震带中,有16个带是泥石流活跃地带。白龙江流域是地震的活跃地区,有史书记载的强烈地震有30余次,一般地震有数百次,造成山崩地裂15次。此外,从板块观点来看,由于印度板块、菲律宾板块和太平洋板块与欧亚板块相撞,在中国陆块内形成的各自连续的应力场,在104°E附近,形成一个南北延伸的应力变化不连续地区,这就是所谓的104°E南北构造带或地震带。这个带也是应力集中的地区,因而地震活动频率高,强度大。地震活动和应力侵蚀都造成了这一带地区的强烈泥石流活动,白龙江流域正是处在这南北构造带上,使泥石流更容易发育。

泥石流灾害在最新隆起的山地最为活跃,这是研究山地灾害的学者最容易注意的现象。该区位于秦岭地槽褶皱带,在燕山运动中由地槽大面积隆升变为陆地,第三纪时的喜马拉雅运动使之再度隆升,并断裂褶皱。自第三纪末至今的新构造运动中,这里是一条重要的活动构造带,使秦岭继续大幅度上升。从白龙江的河谷阶地就可以看到,目前在白龙江流域明显的可以看到三级阶地,见图1。山体的上升造成河流的大量下切,临空面的加大,促使滑坡的大量产生,老的沟道冲积物,河流和老泥石流沉积物又成了新的滑坡和泥石流的补给物质。



图1 白龙江河谷阶地与泥石流沉积示意图

2.4 影响泥石流发育动力因素的地形条件

泥石流的发育除了前面提及的几方面外,还有更重要的动力因素,一般包括流域面积、沟床平均比降、流域山坡平均坡度、流域形态等,见图2,泥石流发生的地形条件。

流域面积的大小,是确定沟谷水动力条件的主要参数。流域面积越大,水动力条件越好;而流域面积越小,则水动力条件越差。对泥石流活动,则是当沟谷流域面积在某一范围内最为有利。沟床比降是直观地反映沟床径流的坡度,是影响沟谷水动力条件的重要参数之一,当沟床比降较小时,流域水动力条件太差,沟床中的松散固体物质很难启动;当比降大于松散物的休止角时,难以积累大量的储备物质,

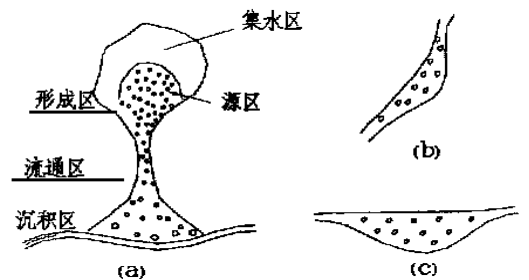


图2 泥石流平面图(a)、源区纵向剖面图(b)及源区横向剖面图(c)

也不易形成泥石流。流域山坡平均坡度直接影响到泥石流的活动。从作用上分析,具有双重性:一是山坡坡度的大小,影响地表汇流时间。坡度越大,地表汇流时间越小,洪水峰值大而历时短,极有利于泥石流形成;而坡度越小,其情况就完全相反。另一方面是对于滑坡、崩塌以及残坡积物参与泥石流活动的可能性,坡度越大,地表坡面的松散物质的移动可能性就越强,越有利于泥石流活动。沟谷流域的平面形状千姿百态,主要有梨形、叶形、羽形、树枝形、长条形等,但对于泥石流活动或洪水汇流,最有利的流域形态为圆形或似圆形。在圆形流域内洪水形成和运动速度比长条形流域快,而且圆形流域洪水类型能量大,流速快,因此,侵蚀和输移能力强,有利于泥石流发育。

3 泥石流沟形态分析

泥石流的活动是流域演化的一种非线性动力过程,在非线形动力作用下形成的沟谷和流域,必然具备一些非线性特征。分形理论的形成和发展,为地貌学的非线性研究开辟了一个新思路。这种现象不是偶然的,流域地貌的内在规律为这条思路提供了可靠的依据。如在形态上,流域中的水文网、岩石表面的裂隙都表现出了一定尺度上的统计自相似性。非线性泥石流的研究,不妨也可借助这种方法。对所收集的白龙江流域的泥石流资料进行研究,并主要从

影响泥石流动力因素的地形条件入手,分析它们与泥石流发生沟数的定量关系。

3.1 沟道数与流域面积之间的关系

对于泥石流沟数与流域面积的关系,本文收集了白龙江干流(171条)和岷江支流(140条)的资料进行分析,随流域面积增大,沟数迅速减少,见表1、表2。为了得到定量的规律,在双对数坐标图中作出某一面积以上的累积沟数散点图,得面积大于和小于 1 km^2 的沟道曲线,见表8。

表1 岷江支流部分泥石流沟数与面积统计表

流域面积 /km ²	>	>	>	>	>	>	>	>	>	总数
	0.01	0.015	0.02	0.06	0.08	0.10	0.16	0.40	0.50	
条数/条	168	158	152	121	114	103	94	71	60	171

表2 白龙江干流部分泥石流沟数与面积统计表

流域面积 /km ²	>	>	>	>	>	>	>	>	>	总数
	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5
条数/条	139	124	118	102	94	88	81	70	61	49

流域面积 /km ²	>	>	>	>	>	>	>	>	>	140
	3.5	4.5	5.5	7.0	8.0	10.0	15	30	40	50
条数/条	39	32	28	25	20	16	13	9	6	1

3.2 沟道数与沟道坡降关系

由于沟床比降对主沟道的运输能力具有较大的影响,它为水流及碎屑物的输送提供了必要的能量。沟床比降越大,越易暴发泥石流。利用表3数据了解它们的关系,并可得关系曲线,见表8。

表3 白龙江干流部分泥石流沟数与沟道比降统计表

主沟平均坡降 /%	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	总数			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	
条数/条	83	78	74	66	56	45	33	21	13	9	6	3	2	83

3.3 沟道数与主沟长关系

主沟道长与流域面积对泥石流暴发的控制作用是相似的。流域面积越小,流程越短,越不利于碎屑物的储存,却有利碎屑物起动,即越利于泥石流形成;反之,则不利于泥石流暴发。以表4数据点绘沟道数与沟长关系,并拟合了相关曲线见表8。

表4 白龙江干流部分泥石流沟数与主沟长统计表

主沟道长 /km	>	>	>	>	>	>	>	>	>	总数	
	0.5	1.0	1.5	2.5	3.0	3.5	5.0	7.0	9.0	11.0	
条数/条	83	81	68	47	40	31	19	10	8	4	83

3.4 沟道数与山坡平均坡度关系

山体坡度的大小决定径流的冲刷和搬运能力。随着坡度的增加,土壤侵蚀的方式将从面蚀向沟蚀、滑坡、崩塌方向发展,形成丰富的堆积物,这必有利于泥石流的发育。但坡度的增长与侵蚀堆积量并不是成单一线性的关系,而是具有一个临界坡度,在此坡度下侵蚀堆积量达到最大。陈永宗等对黄土丘陵沟壑区的研究得出该地区坡面径流侵蚀的临界坡度在 $25^{\circ} \sim 28.5^{\circ}$ 之间,西北水保所郑粉莉对黄土地区细沟侵蚀分析得出为 26.5° ;王玉宽等的研究成为

26° ;靳长兴认为黄土地区临界坡度介于 $25^{\circ} \sim 28^{\circ}$ 之间。利用表5中白龙江干流泥石流沟数与坡度在双对数坐标上的关系进行拟合可得相关曲线见表8。

表5 白龙江干流部分泥石流沟数与山坡坡度统计表

山坡平均坡度 /°	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	总数	
	15	20	22	24	26	28	30	32	33	35	36	37	40	
条数/条	53	51	48	45	43	40	36	29	28	25	14	5	3	54

3.5 沟道数与形成区形态数的关系

从图2泥石流的地形条件可知,形成区的形态与泥石流物质储备量的多少具有明显的相关关系。当形成区为狭长形时,物质来量汇集较慢;而为圆形时,大大有利于水沙的汇集。为此,用 $R_f = A_d/L^2$ 表示形成区的形态特征,式中 R_f 为形成区的形态数,当流域近似为圆形时, R_f 接近 $\pi/4$; A_d 、 L 分别为形成区的面积和沟槽长度。以表6数据分析白龙江泥石流沟数与形成区的关系,通过拟合可得曲线,见表8。

表6 白龙江干流部分泥石流沟数与形态数统计表

形成区形态数 $R_f (>)$	0.1	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.55	0.6	0.75	0.8	0.9	1.1	1.3	总数
条数/条	49	44	39	35	33	26	24	19	16	14	9	8	7	53

3.6 形成区与主沟区的沟槽关系

从图2泥石流的地形条件得,形成区主要是汇集水流和松散固体物质,而主沟区是输送区。由于沟床坡降是输送物质的重要因素,若形成区的沟床比降大于主沟区的比降,则更有利于泥石流的搬运。为此,用 $r_s = S_u/S_d$ 表示整个地形条件的陡度,式中 r_s 表示地形陡度, S_u 为形成区沟床比降, S_d 为主沟区沟床比降。如果 r_s 大于1,则有利于泥石流的形成与发展。以表7数据点绘它们的关系,并进行分析可得曲线见表8。

表7 白龙江干流部分泥石流沟数与坡降比值统计表

$S_u/S_d (>)$	0.5	0.8	0.9	0.95	1	1.02	1.05	1.1	1.13	1.16	1.17	1.3	1.5	总数
条数/条	53	50	48	46	41	31	27	20	16	14	11	9	5	54

3.7 地形条件因素的非线性分析

利用上述统计值研究了泥石流沟数累积分布与各参数的定量关系。总的趋势是,沟道数密度随面积、主沟长、主沟坡降、山坡坡度、形态数及形成区与沟槽坡降比值的增大而减少,但减少的方式与规律并不一致,累积分布具有分段性质,在双对数坐标轴上基本上具有无标度区,也就是说具有统计自似性,即可用分形理论进行研究。各参数相应的统计自相似性见表8,为进一步研究白龙江流域泥石流分布具有重大意义。

4 结 语

(1) 泥石流的活动是流域演化的一种非线性动

力过程, 它的表象决定了泥石流沟具有非线性性, 由此可用非线性科学方法进行研究。

(2) 本文主要从影响泥石流发育动力因素的地形条件入手, 利用分形理论的统计自相似对泥石流沟数的累积分布随各因素变化进行了分析, 得到了比较满意的结果。为进一步研究白龙江流域甚至嘉陵江流域的泥石流都具有重要指导作用。

表 8 各动力因素的非线性分析结果表

所属流域	动力因素	取值区间	回归方程	相关系数 R^2	分维值
岷江支流	流域面积	$S < 1.0 \text{ km}^2$	$L_n N = L_n 56.3 - 0.252 L_n S$	0.9717	0.25
白龙江干流	流域面积	$S < 1.0 \text{ km}^2$	$L_n N = L_n 85.2 - 0.244 L_n S$	0.8830	0.24
白龙江干流	流域面积	$S > 1.0 \text{ km}^2$	$L_n N = L_n 92.2 - 0.715 L_n S$	0.9871	0.72
白龙江干流	沟道坡降	$J > 30\%$	$L_n N = L_n 0.445 - 4.06 L_n J$	0.9690	4.1
白龙江干流	主沟道长	$L > 1.0 \text{ km}$	$L_n N = L_n 226.8 - 1.60 L_n L$	0.9821	1.6
白龙江干流	山坡坡度	$S_0 < 30^\circ$	$N = 896.118 e^{-0.31445 S_0}$	0.8680	
白龙江干流	山坡坡度	$S_0 > 30^\circ$	$N = -1.4435 S_0 + 79.91$	0.9925	
白龙江干流	形态数	$R_f < 0.9$	$N = 62.09 e^{-1.82 R_f}$	0.9837	
白龙江干流	形态数	$R_f \geq 0.9$	$N = -5.34 R_f + 13.90$	0.9922	
白龙江干流	沟槽坡降比值	$r_n \geq 1.0$	$L_n N = L_n 30.2 - 4.70 L_n r_n$	0.9507	4.7

(3) 利用岷江和白龙江资料可得泥石流沟数累积分布在面积 $S < 1.0 \text{ km}^2$ 时, 分维值约为 0.25; 而 $S > 1.0 \text{ km}^2$ 时, 分维值约为 0.72。其它参数的统计分维数见表 8, 由于资料有限, 代表性有待进一步研究。另外, 泥石流沟数累积分布与山坡坡度和形态数的关系可用指数和线性关系分段描述, 相关性也极显著。

(4) 通过研究泥石流沟数累积分布与各影响动

(上接第 12 页)

正方形、卡哥麦及蜂房形, 其临界阈值和有关参数见表 1^[4]。由于坡面汇流、产流输移侵蚀水土可看成是点渗流的逾渗现象, 从表 1 中点渗流临界阈值 P_c^a 可知, 当水保措施使坡面格点成蜂房排列时, 最有利于阻止或延缓坡面汇流及其产沙输移, 因此对耕地治理时, 坡改梯、垄加档、聚土免耕措施尽量改为蜂房形有利于减少水土流失; 而非耕地的林地植被种植, 要将树苗按蜂房形布置, 最有利于保持水土。

表 1 不同点阵上的键渗流与点渗流临界阈值(P_c^b 与 P_c^a)

维数	类型	配位数 Z	堆积分数	P_c^b	P_c^a	临界键数	临界体积分数
2	三角形	6	0.9669	0.3473	0.5000	2.08	0.45
2	正方形	4	0.7854	0.5000	0.5930	2.00	0.47
2	卡哥麦	4	0.6802	0.4500	0.6527	1.80	0.44
2	蜂房形	3	0.6046	0.6527	0.6980	1.96	0.42

6 小 结

坡面侵蚀是水土流失的源区, 坡面降雨入渗、汇流、产沙输移实质上是一种逾渗过程。利用逾渗理论分析了坡面侵蚀水土的输移机理及耕地和非耕地的

力因素地形特征的关系(见表 8), 从地理学、地貌学的角度反映了流域中泥石流发育现状, 对进一步研究预防和治理泥石流灾害具有积极的指导作用。此外, 根据不同地形特征取值范围, 可间接识别该流域泥石流发育的主要影响因素, 如主沟道长、沟道坡降和沟槽坡降比值的影响范围处于 $L > 1.0 \text{ km}$, $J > 30\%$, $r_n > 1.0$, 而不同的面积、山坡坡度及形态数, 具有不同的累积分布形式。

参考文献:

- [1] Ai Nanshan, scheidegger, A. E. The seismotectonic stress field in the hinese Craton Northwest seimol. J. 6(3) 1984, 1-15
- [2] 唐邦兴, 柳树清, 刘世建. 我国山地灾害研究[J]. 山地研究, 1984(2): 1-7.
- [3] Ai Nanshan. Effects of neotectonic stress field on landslides proc. Intem. Conf. & Field Workshop on Landslides 1983, Tokyo: 433-436
- [4] 钟敦伦, 谢洪, 王爱英. 四川境内泥石流预测预报参数[J]. 山地研究 1990, (2): 82-88

作者简介:

- 王协康(1970 年-), 男, 江西吉安人, 四川大学高速水力学国家重点实验室博士, 从事水力学及河流动力学研究;
- 敖汝庄(1957 年-), 女, 四川成都人, 四川大学高速水力学国家重点实验室工程师, 从事水力学及河流动力学研究;
- 方 铎(1933 年-), 男, 安徽石台人, 四川大学高速水力学国家重点实验室教授, 博士生导师, 从事水力学及河流动力学研究

水保措施, 以二维逾渗模型为基础, 通过判定点渗流(雨水占据坡面格点)为模式的逾渗阈值, 从理论上提出按蜂房形对坡面进行水利与生物工程治理水土流失具有较好效果, 为水保措施提供了新的方法。

参考文献:

- [1] Broadbent, S. R., Hammersley, J. M., Percolation Processes, Proc Camb. Phil. Soc 1957(53), 629-645
- [2] P. 泽仑著, 黄均, 等译. 逾渗模型, 非晶态固体物理学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1988, 153-231.
- [3] Nolte D. D., Pyrak-Nolte L. J., Cook N. G. W. The fractal geometry of flow paths in natural fractures in rock and the approach to percolation. PA GEO PH, 1989, 131 (1/2), 111-138
- [4] L. B. Leopold, W. B. Langbein. The concept of entropy in landscape evolution. U. S. Geol. Surv. prof. paper 500A, 1962, 1.

作者简介:

- 王协康(1970 年-), 男, 江西吉安人, 四川大学高速水力学国家重点实验室讲师, 博士生, 从事水力学及河流动力学研究;
- 敖汝庄(1957 年-), 女, 四川成都人, 四川大学高速水力学国家重点实验室工程师, 从事水力学及河流动力学研究;
- 方 铎(1933 年-), 男, 安徽石台人, 四川大学高速水力学国家重点实验室, 教授, 博士生导师, 从事水力学及河流动力学研究

ABSTRACT

The Neural Network Model for Reservoir Operation

FU Shipeng ZHAO Wen-qian MA Guang-wen

(State Key Hydraulic Laboratory of High Velocity Flow of Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610065)

Abstract: Because there are much nonlinear relationship in reservoir operation, good results are hard to gained by using traditional linear relationship. Therefore, a neural network model for long tem reservoir operation is established by BP algorithm. It is more practical and superior.

Key words: reservoir operation; neural network; BP algorithm

Application of Artificial Neural Network Model with Nonlinear Time Series in Hydrologic Forecast

WANG Wen-sheng DENG Jing LIU Guo-dong

(Sichuan University, Chengdu, Sichuan, 610065, China)

Abstract: At first, the artificial neural network(ANN) models with nonlinear time series are established, then time series for single variable and multiple variables are studied with the models. The performance of the ANNs is compared with that of the auto-regressive models. The results have showed that the ANNs are effective in hydrologic forecast.

Key words: the artificial neural network models with nonlinear time series; auto-regressive model; single variable; multiple variables; daily discharge forecasting

Application of Percolation Theory in the Water and Soil Conservation for Slope

WANG Xie-kang AO Ru-zhuang FANG Duo

(State Key Hydraulic Laboratory of High Velocity Flow of Sichuan University, Chengdu, Sichuan, 610065, China)

Abstract: The slope erosion is the original zone of water and soil loss and water and soil on slope must be treated quickly. because rainfall infiltration on slope, afflux and sediment transport is a percolating process, water and soil conservation for cultivated and non-cultivated land on slope is carried out by the percolation theory. Comparing percolation thresholds among the different tow-dimensional percolation models, theoretically, water and soil loss is effectively controlled on slope with honeycomb shape and by hydraulic and biological engineering, which is a new method for water and soil conservation.

Key words: slope erosion; water and soil loss; percolation theory; biological engineering

Study on Engineering Geological Problems at Tanzitai Reservoir in Fengdu County of Chongqing

DENG Rong-gui FU Xiaom in

(Civil Engineering Department of Chengdu Technical Institute, Chengdu, Sichuan, 610059, China)

Abstract: Based on numerous data obtained from field investigations, detail description and in-depth, systematical analysis on engineering geological problems at Tanzitai reservoir in Fengdu County of Chongqing are provided and the results are used as design basis for Tanzitai reservoir.

Key words: reservoir analysis; stability of rock mass; reservoir slope

Nonlinear Properties of Furrow Profiles of Debris Flow in Bailong River Basin

WANG Xie-kang AO Ru-zhuang FANG Duo

(State Key Hydraulic Laboratory of High Velocity Flow of Sichuan University, Chengdu, Sichuan, 610065, China)

Abstract: Debris flow is a nonlinear dynamic process, so the furrows of debris flow have nonlinear properties. Based on analysis of dynamic factors of debris flow growth, accumulative distribution of furrows of debris flow in function with its dynamic factors is studied by fractal theory. The results are satisfactory and benefit for study on debris flow in the Bailong River Basin and Jialingjiang River Basin.

Key words: debris flow; nonlinear; fractal theory

Experimental study on the Hydraulics Characteristics of Intermittent Disposed Buoyant Flows

YU Guo-liang¹ AO Ru-zhuang¹ LIAO Neiping²

(1. State Key Hydraulic Laboratory of High Velocity Flow of Sichuan University, Chengdu, Sichuan, 610065, China;

2. Southwest Electricity Survey and Design Institute Chengdu, Sichuan, 610061, China)

Abstract: There are two ways discharge of sewage water into ocean. In addition to the conventional way, the other is intermittent discharge, which is widely used, in recent decades. The hydraulic characteristics of intermittent disposed buoyant flows were preliminary experimentally studied and the differences of the hydraulic characteristics between intermittent discharge and steady discharge were compared in this paper.

Key words: buoyant flows; hydraulic characteristics; intermittent discharge; steady discharge

Several Problems Being Worth Notice in Management of Project with Foreign Funds

JU Qifeng

(Sichuan Ertan International Engineering Consulting Co. Ltd.,

CHDI of SPC, Chengdu, Sichuan, 610072, China)

Abstract: In the management of projects with foreign funds, some aspects are worth discussing and improving. Then, the construction market of China will be perfect day by day and transform into international practice smoothly. Experiences and lessons gained from practice in management of project with foreign funds in Ertan Project are presented for reference to similar projects.

Key words: project with foreign funds; problem; relationship; exchange rate; escalation; subcontract; division into lots; supply; claim indemnity