

文章编号:1005-0523(2003)05-0026-05

库岸滑坡灾害及其涌浪分析

胡杰¹, 王道熊², 胡斌³

(四川省交通厅 1. 公路局; 2. 公路勘察规划设计院; 3. 内河勘察规划设计院, 四川 成都 610041)

摘要:库岸滑坡是伴随着建设领域的发展而加剧呈现的一种工程环境问题,这一环境问题已经从大江大河扩展到它们的支流或源头.库岸滑坡危害不仅在于灾害本身,还包括由它引发的重大次生灾害.在未来几十年中,将成为重要的环境工程问题.从许多库岸滑坡入手,对其分布、发育和失稳的规律以及一般滑坡所不曾拥有的次生灾害进行深入分析,探讨有关滑坡涌浪的计算公式,对重大水利工程防灾领域的深入研究是非常重要的.

关键词:库岸滑坡;环境工程;次生灾害;涌浪;矢量干扰

中图分类号:U216.41⁺9.1

文献标识码:A

库岸滑坡既威胁城镇和居民,又影响公路、铁路与航运的交通,特别现在还涉及大、中型水利工程的安全以及国家文物的保护等等.库岸滑坡最常见的现象是江河堵塞、航运中断^[2],同时也有不少因此而招致的巨型涌浪,引发重大次生灾害,甚至使整个水利工程毁于一旦.正因如此,国内外不少专家学者已经开始集中关注这一交叉性研究课题.

1 历史上重大的库岸滑坡和崩塌事故及重大危害

1.1 历史上重大的库岸滑坡和崩塌事故

纵观川江河谷,史前不少大型崩塌、滑坡大都曾阻塞河道、形成险滩,至今虽经漫长岁月,但遗迹仍依稀可见.秭归县范家坪滑坡方量9000万方,当滑坡发生时,前缘直抵对岸,使原本深50m、宽230m的河面突变为深约20m、宽100m的河槽,流水断面锐减为原断面的17%,严重阻塞河道,形成了至今依然存在的长江牛口、八斗大险滩.1896年云阳

县大挡子滑坡,山崩地裂,土石移江,壅塞江流形成如今仍可见的兴隆滩.1亿方量的古老宝塔滑坡形成于全新世时期,种种迹象表明,它发生之时,曾以雷霆万钧之力将前缘直推过江,河道立即受阻,流水断面一度缩为13.5%.1982年7月18日约1500万方的滑体脱离母体,急速滑动,其中约180万方滑入江中,形成约600m的急流险滩.

新滩历来是川江最险恶的急流险滩之一,史书记载,新滩一带两千年来较大的崩滑活动主要有六次,其中1542年规模巨大的崩滑为左岸谷坡月亮山,右岸谷坡瓦岗相继崩塌,冲压居民百余家,碍航长达82a.1985年6月12日新滩最近一次大规模滑动发生了,约3000万方巨大滑体飞速滑动,大量土石方注入江中,瞬间缩小过水端面1/3,掀起巨大涌浪,大片树木击倒,不少船毁人亡.而滑坡对岸涌浪爬高49m,坡击范围内,各种树木被击断,大块石头被卷入江中.

国际上比较著名的是1959年意大利庞特塞拱坝库区发生的300万方滑坡和1963年10月意大利

收稿日期:2003-05-18

基金项目:(Foundation Item):中国科学院知识创新项目(KZVX3-SW-323)(1)资助.[Supported by Knowledge Innovation Program of CAS(KZCX3-SW-323)(1)]

作者简介:胡杰(1974-),男,四川成都人,主要从事公路病害的研究.

瓦依昂水库左岸 $2.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的山体下滑,激起 250 m 巨浪,破坏了坝内所有设施,造成瓦依昂水库失事,震动了整个工程技术界.国内外 15 个典型库岸滑坡如表 1.

表 1 国内外 15 个典型库岸滑坡^[3]

编号	名称	规模	位置	发生时间	主要危害
1	瓦伦昂滑坡	$2.4 \times 10^8 \text{ m}^3$	意大利	1963.10	水库失事
2	庞特塞滑坡	$2.0 \times 10^7 \text{ m}^3$	意大利	1959	没坝
3	新滩滑坡	$3.0 \times 10^7 \text{ m}^3$	长江西陵峡	1985.6	毁船 60 只
4	迭溪滑坡	$4.0 \times 10^6 \text{ m}^3$	岷江	1933.8	岷江堵 45d 亡 8800 人
5	宝塔鸡扒子滑坡	$1.5 \times 10^7 \text{ m}^3$	长江云阳	1982.7	涌浪,险滩严重碍船
6	范家坪滑坡	$9.0 \times 10^7 \text{ m}^3$	长江西陵峡	*	形成险滩
7	天柱山莲沱滑坡	$7.0 \times 10^7 \text{ m}^3$	长江西陵峡	*	堵江
8	唐古栋滑坡	$6.8 \times 10^7 \text{ m}^3$	雅砻江	1967.6	滞坝后成灾
9	泄流坡	$4.0 \times 10^7 \text{ m}^3$	白龙江	1981.4	堵江威胁舟曲、成都
10	沙岭滑坡	$1.2 \times 10^7 \text{ m}^3$	长江龙河	1982.7	堵江
11	查纳滑坡	$1.27 \times 10^8 \text{ m}^3$	黄河上游	1943.2	村寨被毁
12	李家峡 II 滑坡	$1.85 \times 10^7 \text{ m}^3$	黄河李家峡	*	威胁水库
13	磨西面滑坡	$5.0 \times 10^6 \text{ m}^3$	大渡河	1786.6	下游村寨一洗而光
14	塘岩光滑坡	$1.65 \times 10^6 \text{ m}^3$	柘溪水库	1961.3	堵江,涌浪 21m
15	大挡子滑坡	$7.0 \times 10^7 \text{ m}^3$	长江	1896	堵江,船只受损

1.2 库岸滑坡的重大危害^[6]

库岸滑坡的危害从时间上来看可分为 4 种,这种危害主要表现在:

1) 即时性危害

库岸滑坡的发生可直接给城镇、企业、居民带来灾难,也可直接影响航运、铁路、公路的交通安全.

滑坡越江掩埋对岸,毁坏村庄、设施和农田.如 1971 年 8 月四川麦地坡滑坡,其前部冲越沟谷爬上对岸 15—20 m 的平台,掩埋了平台上的村子,以及唐古栋滑坡,冲过雅砻江后,在对岸形成高达 357 m 的堆石坝.

2) 波击性危害

大型滑坡将产生很大的涌浪,这些涌浪不仅可以对其波及水域的一切造成即时性危害,更重要的是随着涌浪的传播和迭加,有可能造成溃坝等水库失事事故.

典型的如 1961 年 3 月 6 日发生于湖南柘溪水库,近坝库区右岸 $1.65 \times 10^6 \text{ m}^3$ 的塘岩光大型滑坡.该滑坡高速落入水库后,形成 21 m 高的涌浪直冲对岸,并使 3.6 m 高的涌浪越过正在施工的坝顶造成重大损失.再者就是人所熟知的湖北新滩滑坡,涌浪造成 60 只船只被毁,9 人死亡的灾难事故.

更为著名的是 1963 年 10 月发生于意大利瓦依昂水库左岸 $2.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的巨大滑坡,飞速滑入库区后,激起 250 m 巨浪,涌浪传至 1.4 km 的坝址时,立波仍高达 70 m,造成震惊世界的瓦依昂水库失事事件,这一事件除使经济上蒙受重大损失外,还残酷

地夺走了 3 000 多人的生命.为世人特别是我们这些工程界人士所铭记.

3) 引发性危害

库岸滑坡阻塞江河,填淤水库,不仅直接影响航运的正常通航和安全,而且水位一旦不能很好恢复,即将对上游河段库区引发一系列灾害,同时若堵塞部一旦溃决,对下游又将产生很大危害.如 1933 年迭溪校场坝滑坡形成的海子、唐古栋堵江蓄水 $6.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 对上游的淹没,以及 1981 年泄流坡滑坡导致上游蓄水 $1\ 300 \times 10^4 \text{ m}^3$,淹没舟曲县油库及一居民点.

4) 潜伏性危害

库岸滑坡冲入江去,不仅可以使河流地貌变异,形成水下急滩、巨砾、心滩、巨砾边滩以及跌水等^[7,8].也可以形成特异的泥包卵,砾石堆.而这些滩、堆变化莫测,难以判定,随时对之后过往船只都会带来灾祸.

2 库岸滑坡的发育、分布规律

库岸滑坡的发育除具备一般滑坡体现的构造岩性、地貌条件控制规律之外,更重要的是表现出与库区、河流水位波动及其侵蚀有关的特征^[4].

2.1 滑坡分布上的地域、条带性

据长江流域研究过的 1203 处滑坡来看,分布在西部区的滑坡明显集中、规模大;中部区稍少于西部区,且规模多为中小型;而东部区滑坡分布数量更少,切规模以几万、几十万方者居多,在滑坡相对

密集的地方多呈条带性,而在不太发育的地区多呈分散分布.

2.2 滑坡体总是沿抗滑强度相对很低的软弱层或软弱面上滑动

长江流域中、西部地区,大面积分布着千枚岩、砂板岩、“红层”砂泥岩及砂页岩等岩类,这些岩类含泥质或云母质较高,层理和节理发育强度低,易于风化和被水软化.坡体中的平缓滑面对应力传播起着相对阻隔作用,成为应力集中带,层理及软弱泥化夹层易成为滑带.如雅砻江、大渡河、长江涪陵—南津关等滑坡密集带就多属这种情况.川西、南集中分布于板岩、千枚岩、泥岩等区,三峡库区主要分布于巴东组泥岩、砂页岩,沙江下游地区主要分布于前震旦系板岩,千枚岩及泥岩中.

2.3 岩体结构、构造对坡体的变形类型起到控制作用^[5]

在石灰岩分布区岩层多平缓,故崩塌相对较少,但同样是这种石灰岩,若下伏页岩和煤层等软弱岩层时,常常形成上陡下缓或阶梯状的山坡,之后这些下伏软岩经过侵蚀和风化,就会引起上部石灰岩大量崩塌,崩积物以后又可沿这些软弱岩滑动而形成滑坡,如新滩滑坡和链子崖崩塌就属于这一种.

在砂岩和泥岩分布区,顺向坡地段各种规模大小不等的顺层滑坡十分发育,多为砂岩泥岩或沿层间错动带滑动,在逆向坡地段,多发育像新滩、黄蜡石类的崩坡积物滑坡.

2.4 对称与非对称性

库岸滑坡具有一定的对称与非对称性,所谓非对称性表现在岸坡来说就是左岸病害体明显多于右岸病害体,对于东西河流走向的,以北坡较多,且作为阳坡的北岸坡相对较平缓而南岸坡相对较陡.所谓对称性就是在河流两岸支沟下段或沟口附近两侧斜坡上往往对称发育着边坡变形体.

2.5 发育特征

库岸堆积层滑坡广泛分布在有大量崩坡堆积物来源且有软弱岩层构成的滑床、滑带并具有一定地下水汇集条件的斜坡地段.

2.6 立体分布特征

滑坡因江河库水水位的影响而表现出分层立体特征.三峡库区滑坡多分布于前缘高程 150 m,后缘高程 1 000 m,特别是在 80 m 前缘,800 m 后缘高程之内.即是在其范围内有所变动,也完全取决于江水库区短期内相对稳定水位,季节性水位波动以及不同年代侵蚀高度的影响.如长江三峡库区就分

布四级出口高程不等的滑坡,即出口相当于二、三、四级侵蚀高程,标高在 250 m 以上的高悬滑坡;出口相当于一级侵蚀高程,高出水面 20—30 m 的高位滑坡;出口在水位波动范围内的中位滑坡和出口低于常水位的低位滑坡.

2.7 活动特征

大量的库岸滑坡的复活具有间歇和重复性特征.而且由于库岸滑坡受水的波动影响较大,所以常表现明显的季节性、群发性和周期性.

2.8 失稳规律

因多数库岸滑坡规模大,群体性强,往往在短期内不会被某一单纯的因素所左右,一般需经过缓慢渐进的时间去逐渐形成其失稳的条件,其间也会有更多的机会受突发力及其它外动力的作用,因而它们的破坏在时间上具有一定的规律性,其中也包括朔月效应规律.

3 库岸滑坡涌浪计算

3.1 几种常用的计算方法

关于滑坡涌浪计算的方法,国内外在这方面的资料较少,主要有:

1) Noda 法

美国人 Noda 提出了水平滑坡模式和垂直滑坡模式的初始涌浪经验公式

水平初始涌浪公式:

$$\zeta_0/H=1.17(V/\sqrt{GH}) \quad (1)$$

ζ_0 —初始涌浪高, V —滑速(米/秒), H —水深(米)

垂直初始涌浪公式:

$$\lambda_0/\lambda=f(V/\sqrt{GH}) \quad (2)$$

λ —滑体厚度(米)

$$\text{当 } 0 < V/\sqrt{GH} < 0.5 \quad \zeta_0/\lambda = V/\sqrt{GH}$$

$$0.5 < V/\sqrt{GH} < 2 \quad \zeta_0/\lambda = f(V/\sqrt{GH})$$

$$V/\sqrt{GH} > 2 \quad \zeta_0/\lambda = 1$$

Noda 的方法仅考虑了速度和水深对涌浪的影响,但波浪的形式尚受水库地形,库面宽度、波群的干扰和叠加作用,特别是忽略了滑体的一些重要几何特征,也未考虑更加普遍的斜向滑坡运动,而且迴避了入水点及其对岸最大浪高和滑坡过程的持续时间 T 等问题.

2) 潘家铮方法

潘家铮先生在 Noda 的基础上引入了 da/dt 的

概念,由此计算初始高度,根据线性假定,可视需要将它分解为一系列小波的叠加,从而求得某点的涌浪过程和涌浪大小^[1].

潘先生的方法考虑了涌浪波反射和滑坡前缘宽度等因素,相对而言比较合理.若计算的滑坡体前沿宽度较小,且再考虑各小段所产生的涌浪波在传播过程中的时间上的相位差的话,误差还会小一些.

3) 哈秋岭及庞昌俊方法

哈秋岭教授和庞昌俊先生针对上述问题分别提出了进一步完善的方法和思路.如斜向运动模式、波的迭加和反射的考虑等^[9].

3.2 涌浪计算的基本思路、模式和着重应考虑的问题

下面本人结合多年来对大量滑坡研究的成果和对各种不同滑坡的认识,在分析探讨多种方法的基础上,强调几点重要问题、提出并推荐了个人认为比较方便合理的计算公式.

1) 滑坡速度是一个重要的参数,应该根据滑坡的性质、规模、特性去认真分析,从而确定较为合理的方法和数值,如大体积滑坡可用体积和它之间对数上存在一定的直线关系来认识和考虑^[4].

2) 滑坡涌浪计算应该考虑滑坡矢向干扰的模式问题.这种矢向干扰能比较真实地表达滑坡与水的作用传递关系.

3) 滑坡涌浪遇到库岸和其它阻挡体,将产生反射,同时出现较大的爬高现象.反射的强弱和方向可以分别通过阻挡体的表面状况及入射角来决定.

4) 计算方法上可用二微积分法,差分法或能量耦合法等多种方法来计算比较.应视滑坡和个人的适应情况而定.

5) 由最大涌浪高计算任一点的涌浪高时,可借助波传递的连续定律来考虑.

6) 涌浪高度的计算,仅仅是库岸滑坡可能产生次生灾害的一个重要参数而已,而真正的灾害,应该是该参数与涌浪量的最不利组合破坏力问题,这才是我们正在研究的课题.

3.3 分析方法

3.3.1 积分法

水库滑坡涌浪可近似地用二维不恒定流方程来描述^[2,6].

$$\frac{\partial H}{\partial t} - \alpha \frac{\partial Z_0}{\partial t} + \alpha + \frac{\partial(Uh)}{\partial X} + \frac{\partial(Vh)}{\partial Y} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial H}{\partial X} + U \left(\frac{\partial U}{\partial X} \right) + V \left(\frac{\partial U}{\partial Y} \right) + G \left(\frac{\partial H}{\partial X} \right) = F_X + R_Y \quad (4)$$

$$\alpha \frac{\partial H}{\partial t} + U \left(\frac{\partial H}{\partial X} \right) + V \left(\frac{\partial H}{\partial Y} \right) + G \left(\frac{\partial H}{\partial X} \right) = K \zeta \quad (5)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = F_Y + R_Y \quad (5)$$

U, V 为 x, y 向的流速, h 水深, t 为时间, Z_0 库底高程, H 水面高程, $H = h + Z_0$, R_x, R_y 分别为水体与库底之间的 x, y 方向上的摩阻力, F_x, F_y 为滑坡对水在 X, Y 方向上的作用力,其值为:

$$F_x = C_d \cos \alpha V_n^2 / 2 h \cos \gamma \quad (6)$$

$$F_y = C_d \cos \beta V_n^2 / 2 h \cos \gamma \quad (7)$$

$$V_n = (V_m - V_w)_n$$

式中 C_d 为阻力系数, α, β, γ 分别为滑向与 X, Y, Z 方向的夹角, h 为水深.

库底水流的阻力

$$R_x = n^2 g \cdot u \cdot \sqrt{u^2 + v^2} / \sqrt[4]{h^3} \quad (8)$$

$$R_y = n^2 g \cdot v \cdot \sqrt{u^2 + v^2} / \sqrt[4]{h^3} \quad (9)$$

u, v 为 x, y 方向上的平均流速, n 为库底粗糙度.

u, v 很重要,解出后可按下节(13)以后式子进行计算.

理论计算由于参数、边界条件等原因,往往认为精确的东西反倒不尽人意,实际中,更倾向于单流分析及实验基础上较准确和简便的计算方法.

3.3.2 能量耦合法

1) 滑坡体的下滑速度

由质量定律或能量守恒与转化定律并结合滑体的不同属性导出下列计算公式:

$$V = \sqrt{(2gH(1-f \cdot \text{ctg} \alpha - cl / G \sin \alpha))} \quad (10)$$

$$V = \sqrt{(2g(H - \sum f_i l_i))} \quad (11)$$

对特大型库岸滑坡,可按下式求最大速度:

$$V = \sqrt{2g(H - eQ^{(-\pi/20)})L} \quad (12)$$

H, L 分别为滑体重心高与水面间高度(m)及滑距(m), Q 为滑体体积 m^3 (无量纲), e 为自然常数

2) 根据滑体和河水相对运动的特征来确定滑体入江的模式和相应的计算公式:

实际情况更多的是斜向滑坡运动干扰模式:

$$\zeta_0 = V / \sqrt{g(H \cos^2 \theta + \lambda \sin^2 \theta)} \quad (13)$$

3) 根据波传递的连续定理求出任一点波高与距离的关系

滑坡滑入江时可认为是半无限大体,则

$$\zeta = \int \Delta L (\zeta_0 / \pi R^{0.95}) dx \quad (14)$$

$$\text{经过 } m \text{ 次反射的波 } \zeta' = \int \Delta_1 (\zeta_0 K^m / \pi R^{0.95}) dx \quad (15)$$

对岸波高往往达不到理论值,故可取 $\zeta'' = (1 +$

$$K) \zeta \quad (16)$$

3.4 计算实例

宝塔滑坡群位于四川云阳县城以东,长江下游左岸 2.5 km,滑坡区南抵长江,北至姚家梁,是三峡库区少有的四个上亿立方米的特大型滑坡之一。

宝塔滑坡周界明显,东以大河沟为界,西与鸡扒子相连,北与桐子林、向家园古滑坡堆积平台相连。坡体南北约 1 800 m,东西宽 500—1 000 m,面积 1.26 km²,总方量约为 7 000×10⁴m³。后缘标高 400—420 m,前缘剪出标高 45—70 m,高差 330—350 m,该处长江水位标高枯水位 84 m,洪水位 135 m。此滑坡根据中部剪出口特殊可划分为上滑体和下滑体两部分,从资料和分析表明,滑坡正处于慢慢蠕动复活阶段,考虑到下滑体目前的变形和上滑体 42 m 深存在的蠕动带,一旦条件适宜,结合洪水位提高诱发的鸡扒子滑坡,以及三峡大坝截流后影响,那么宝塔滑坡的整体失稳下滑是完全有可能的。而这种情况一旦发生,势必对长江航运及整个三峡库区产生一定的不利影响,现我们就对该滑坡滑动入江时产生的涌浪作出预估计算。

1) 计算参数:

滑体整体滑动,长 1 800 m,宽 500—1 000 m,前缘宽 1 000 m,体积 7 000 万方,计算厚度,最大厚度 94 m,剪出口标高 65 m,长江水位标高 84 m,江底最低 40—45 m,洪水位 120 m,计算水深 60 m,江面宽 180 m,考虑洪水等取 220 m 滑体重心离水面高 13 m,滑体滑移 500 m,滑面倾角后缘 20—30,前缘 6—10,平均取 10,天然状态下,饱和状态下,取 10。

2) 计算结果

最大速度: $V=28.1 \text{ m/s}$

滑坡入水点最大浪高:

$$\zeta_0 = V / \sqrt{g(H \cos^2 \theta + \lambda \sin^2 \theta)} = 57.3 \text{ m}$$

$$\text{江岸处涌浪: } \zeta = \int \Delta L (\zeta_0 K^m / \pi R^{0.95}) dx = 63 \text{ m}$$

$$\text{涌浪最大爬高: } \zeta = (1 + K) \zeta = 113.9 \text{ m}$$

几种方法计算的见见表 2。

表 2 几种方法计算值比较表

Noda 法	庞昌俊	哈秋令	本方法
60.4 m	55.2 m	72.4 m	63.0 m

4 结论

本文用大量的真实资料展现了近代库岸滑坡的发生、分布和危害,使我们对人类活动下产生的这种特殊滑坡有一个全新的认识,特别是通过该类

滑坡特有的次生病害的总结和探讨,使人能够具体深刻地感到这种大型病害体的巨大危害性。

库岸滑坡的发育和分布规律,不仅是二十多年来专门从事滑坡研究的自己,而且更是国内外许多滑坡专家共同认识这种特殊滑坡的经验结晶。这些经验结晶必将对从事这方面研究尤其是南水北调中西线工程、大型水利工程研究工作有一定的指导意义。

本文重点讨论了库岸滑坡次生病害的关键祸源——涌浪及其分析和计算。特别是在几位院士或专家前期工作的基础上根据滑坡的特点和性质,提出并推荐了库岸滑坡涌浪计算中更合理的公式,如大型库岸滑坡最大滑速计算公式和适用于滑坡真实的斜体运动初始最大涌浪高的计算公式等。文中最后对正在活动的三峡四大库岸滑坡之一的宝塔滑坡作了涌浪计算,使我们对这一大型滑坡潜伏的又一隐患有了更深入的认识。从计算结果看,约 60m 的涌浪是相当高的,对灾害点附近过往的船只肯定是一场灾难,但对目前已经刚刚蓄水完毕的三峡大坝来讲,由于传播过程的衰减,尚不会造成大的灾难事故,不过应引起高度重视。文中介绍的涌浪计算方法,随着日后进一步完善,必将对这一研究领域的拓宽和发展起到一定的作用。

参考文献:

- [1] 潘家铮. 建筑物的抗滑稳定和滑坡分析[M]. 北京:中国水利出版社,1980.
- [2] 钟荫乾, 陈昌和. 崩塌滑坡与江滩险的关系及其对航道的影晌[J]. 1997.
- [3] 王全才. 时间序列分析的一些方法[J]. 工程地质力学研究, 1995, (1): 165~174.
- [4] 章文波, 等. 中国降雨侵蚀力空间变化研究[J]. 山地研究, 2003, 21(1): 33~40.
- [5] Wang Quancai. An analysis of effect Factors of landslide[C]. Proceedings of the 1994 international workshop and field investigation on geological disaster[C]. Lanzhou: Gansu science and technology press, 1996.
- [6] 郑明新, 王全才. 降雨滑坡的时空预测的方法[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1997, 8(3): 45~49.
- [7] 张一平. 岷江上有雨季南北坡小气候特征比较[J]. 山地学报, 2002, 20(6): 680~686.
- [8] 陈洪凯. 散体滑坡室内启动模型试验[J]. 山地学报, 2002, 20(1): 112~115.
- [9] 哈秋岭, 胡维德. 水库滑坡涌浪计算[J]. 滑坡文集, 1997.

(下转第 37 页)

6 结束语

内昆铁路是我国修建的第一条环保铁路,本文对隧道工程的环境保护问题作了初步的探讨.随着我国对环境保护的日益重视,在今后的铁路建设中,更应全面考虑山区长大隧道工程的环境保护问题.

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国务院第 253 号令“建设项目环境保护管理条例”,1998.
- [2] 铁道部计[1997]46 号“铁路环境保护规定”,1997.
- [3] 铁路隧道设计规范[S].北京:中国铁道出版社,1999.
- [4] 铁道第二勘察设计院.新建铁路内江至昆明线安边(水富)至梅花山段环境影响报告书[S].1998.

Study on Environmental Influence of Large-scale Tunnel in Mountainous Area

SHEN Zhen-wu

(Beijing Building Construction Corporation, Electric Railway Bureau of China, Beijing 100039, China)

Abstract: Considering the selection of the location of tunnel, the influence on the environment caused by the subsidiary engineering, and the disposing sullage, the paper points out the environmental problems caused by the construction of the large-scale tunnel in the mountainous areas. At the same time, it puts forward the corresponding measures.

Key words: tunnel; environment; sullage

(上接第 30 页)

Analysis on Reservoir Landslides and Its Surge

HU Jie¹, WANG Dao-xiong², HU Bin³

(1. Sichuan Provincial Highway Administration Bureau, Chengdu 610041; 2. Sichuan Provincial Institute of Highway Design and Research, Chengdu Sichuan 610041; 3. Inland River Survey and Design Institute of Sichuan Province Chengdu Sichuan 610041, China)

Abstract: Reservoir landslides is becoming exacerbating a environment engineering probles with development of construction field. Today the problems have developed from large river to their branch and origin such as the middle west route of the south to north water transfer project. Reservoir landslides reflect not only hazard itself but also secondard hazard. So, it will be very important envoinment engineering in the future decadeses.

Based on many reservoir landslide cases, this paper summarized their distribution and development rule, and analyzed deeply the characteristics and harmfulness that general landslide do not posses. The methods have been discussed in the paper. Obviously, it will be important step to research of the hazard prevention field of significant water conservancy project.

Key words: reservoir landslides; environment engineering; secondary hazard; surge; vector disturbance