

Anti-Sliding Piles Supporting Engineering Applications in a Landslide in Three Gorges Reservoir of Chongqing

Shaoqiang Wu

Guangxi Hydrogeology and Geological Engineering Investigation Institute, Liuzhou
Email: wu-shaoqiang@163.com

Received: Nov. 11th, 2012; revised: Dec. 4th, 2012; accepted: Dec. 16th, 2012

Abstract: In the city of Chongqing in the Three Gorges Reservoir Rentuo landslide treatment engineering as an example, discusses the basic features, genesis of landslide, to evaluate and analyze the stability of landslide, on the basis of the proposed design scheme of landslide treatment engineering. Through the project example analysis shows that, the anti-slide pile retaining structure in landslide control projects of economic, security, reasonable, can meet the design requirements, the project has good effect, obvious economic benefit and social benefit, provide the experience for the prevention and control of geological disasters in Three Gorges Reservoir area.

Keywords: Anti Slide Pile; Landslide; Reservoir Area of Three Gorges

抗滑桩支挡工程在重庆市三峡库区某滑坡治理工程的应用

吴绍强

广西水文地质工程地质勘察院, 柳州
Email: wu-shaoqiang@163.com

收稿日期: 2012年11月1日; 修回日期: 2012年12月4日; 录用日期: 2012年12月16日

摘要: 以重庆市三峡库区仁沱滑坡治理工程为例, 论述了滑坡的基本特征、成因, 对滑坡的稳定性进行了分析评价, 在此基础上提出了滑坡治理的工程设计方案。通过工程实例分析表明, 抗滑桩支挡工程在滑坡治理工程中经济、安全、合理, 能够满足设计要求, 工程效果良好, 经济效益和社会效益显著, 为三峡库区地质灾害防治提供了经验。

关键词: 抗滑桩; 滑坡治理; 三峡库区

1. 引言

抗滑桩是穿过滑坡体深入于滑床的桩柱, 用以支挡滑体的滑动力, 起稳定边坡的作用, 是一种抗滑处理的主要措施。由于其具有抗滑能力强、适用条件广泛、不易恶化滑坡状态、施工安全简便, 并能进一步核实地质条件等突出优点, 使抗滑桩支挡工程广泛应用于滑坡及边坡稳定性治理工程中。

仁沱滑坡位于重庆市江津支坪街道办事处(原江津市仁沱镇), 长江一级支流綦江的右岸, 滑坡一旦失稳将直接危及仁沱镇居民 154 户 413 人及印刷厂、信

用社、回收公司三家单位职工约 100 多人的生命财产安全。街道长约 1400 m, 建筑面积约 16,843 m², 预计直接经济损失达 4459 万元。如果集市时滑塌出现人员伤亡, 损失巨大。根据滑坡基本情况及成因机制, 采用抗滑桩支挡工程治理该滑坡, 经济合理, 社会效益和经济效益显著。

2. 滑坡基本特征及类别

2.1. 滑坡地形地貌

仁沱滑坡位于长江一级支流綦江右岸, 属于綦江

一级基座式阶地，阶地后缘为低山丘，属河谷阶地地貌和剥蚀丘陵地貌。地形东南高西北低，阶地上地形坡度相对较缓，坡度在 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ，其纵断面形态近似于阶梯状，滑坡前缘坡度较大，在 $20^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 之间，局部临空，形成高约2~8 m的陡坎。仁沱滑坡地貌景观见图1。

2.2. 滑坡空间形态

滑坡总体平面形态呈“马鞍”形。后缘高程205~215 m；前缘剪出口为綦江右岸，高程为173~175 m。前缘宽约510 m，后缘宽约150 m，滑坡纵向长约150 m，分布面积 $4.65 \times 10^4 \text{ m}^2$ ，总体积约 $58.13 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，滑坡主滑方向 332° 。

2.3. 滑坡物质组成及结构特征

滑坡体主要由第四系人工杂填土及粉质粘土组成；滑带为靠近基岩面相对较软的粉质粘土，可塑状、局部呈软塑状；滑床在滑坡后部、中部为泥岩、砂岩互层，砂岩为灰、褐灰色，主要矿物成分为石英、长石，泥质、钙质胶结，中细粒结构，岩质坚硬；泥岩呈紫红色，由粘土矿物组成，粉砂泥质结构，中厚层状，泥质胶结，为软质岩。岩层产状 $280^{\circ} \angle 46^{\circ}\sim 48^{\circ}$ ，滑坡(斜坡)临空方向约 332° ，为稳定的切向坡，滑床略呈折线形，滑床面倾角，中后部较陡 $18.0^{\circ}\sim 25.0^{\circ}$ ，中前缘倾角较平缓 $0^{\circ}\sim 5.00^{\circ}$ ，局部为反向倾 $1^{\circ}\sim 2^{\circ}$ ，前部及前缘剪出口滑床为粉质粘土。

2.4. 滑坡水文地质条件

滑坡区地下水主要有上层滞水、松散岩类孔隙水和基岩裂隙水。上层滞水主要赋存于填土层中，由大气降水及居民生活废水补给，其水量较小；松散岩类孔隙水主要赋存于粉质粘土及含卵石粘土层中，在綦江边与綦江水面连通的孔隙式潜水，基岩裂隙水主要赋存于砂岩中。



Figure 1. Rentuo landslide panorama
图 1. 仁沱滑坡全景

2.5. 滑坡岩土物理力学性质

2.5.1. 滑体岩土物理力学性质

滑体粉质粘土天然含水量为26.15%，天然重度为 19.6 kN/m^3 ，饱和重度为 19.8 kN/m^3 ，孔隙比0.76，塑性指数13.00。滑体土天然快剪峰值平均值 $C = 27.7 \text{ kPa}$ ， $\varphi = 13.15^{\circ}$ ，饱和快剪峰值平均值 $C = 21.48 \text{ kPa}$ ， $\varphi = 10.20^{\circ}$ 。

2.5.2. 滑带土物理力学性质

滑带土天然含水量为26.91%，天然重度为 19.4 kN/m^3 ，饱和重度为 19.8 kN/m^3 ，孔隙比0.77，塑性指数13.31。天然快剪峰值平均值 $C = 23.00 \text{ kPa}$ ， $\varphi = 12.36^{\circ}$ ，天然快剪残余平均值 $C = 15.50 \text{ kPa}$ ， $\varphi = 8.00^{\circ}$ ，饱和快剪峰值平均值 $C = 16.14 \text{ kPa}$ ， $\varphi = 8.67^{\circ}$ ，饱和快剪残余平均值 $C = 11.50 \text{ kPa}$ ， $\varphi = 6.24^{\circ}$ 。

2.5.3. 岩石物理力学性质

滑坡区岩石主要为侏罗系中统沙溪庙组砂岩、泥岩互层，泥岩天然重度 $23.9\sim 25.6 \text{ kN/m}^3$ ，饱和抗压强度 $3.0\sim 6.0 \text{ MPa}$ ，属软质岩；砂岩天然重度 $23.2\sim 25.6 \text{ kN/m}^3$ ，饱和抗压强度 $8.9\sim 27.1 \text{ MPa}$ ，属较软岩。

3. 滑坡稳定性分析评价

3.1. 滑坡变形破坏特征

根据变形特征及强度，滑坡可分为强变形区和一般变形区。强变形区主要分布在滑坡中部偏西南侧沿江公路一带，其横向宽约210 m，纵向长约35 m，面积约 7350 m^2 。自1998年8月强降雨以来，江边半幅街道道路面被破坏已不能正常通行。路面可见延伸16~57 m的拉张裂缝7条，裂缝走向北东~南西，近东西向，张开5~50 mm；房屋位移和拉裂点两个，据监测资料统计，1号监测点，自1998年7月~2002年7月，水平位移累积35 mm，垂直位移累计20 mm，2号监测点(顺河街何亚玲民房)，自1998年7月~2003年8月，水平位移累积260 mm，垂直位移累计160 mm。滑坡变形的范围主要在滑坡的中前缘，中后缘未发现变形迹象，另据钻孔和探井揭露的地层，其滑坡深部土体未发现滑移面、擦痕等滑动特征，因此滑坡变形主要受江水涨落影响，杂填土严重坍塌，同时地表水入渗，土体饱和，引起滑坡土体表层局部

滑移。

3.2. 滑坡影响因素分析

影响滑坡的因素分内因和外因两种：

1) 内因

①滑坡物质以粉质粘土和杂填土为主，夹松散碎块石，是形成滑坡的基础。

②滑坡前缘较陡，坡度为 30° 左右，高10~20 m左右的陡坡，临空条件好，是滑坡形成的有利地貌条件。

③由于邻近江边，使基岩面一带的粉质粘土长期处于饱水状态，其抗剪强度降低，是滑坡形成的重要条件。

④近江岸斜坡汇水面积大，滑坡前缘是主要的汇集和排泄区，使岩土体抗剪强度降低，也是滑坡形成的条件。

2) 外因

①降雨是影响滑坡的主要因素。尤其是连续降雨，雨水渗入土体，不但使滑体土重度增大，而且使滑带土饱水软化，降低其抗剪强度，引起斜坡土体沿软弱面滑移变形破坏。

②綦江江水涨落，对滑坡前缘产生淘蚀作用，不断产生库岸坍塌，增大临空面，减小阻滑力；江水浸泡滑体，使滑带土抗剪强度降低，而且江水涨落过程的动水压力也进一步恶化滑坡的稳定性。

③人类工程活动

修建民房及不合理堆弃土、垃圾等，给滑坡加载，加之地表水及生活用水的不合理排放，恶化了滑坡体的工程地质条件。

综上所述，仁沱滑坡的变形受地形地貌、岩土结构和物质组成等因素控制；而綦江水位涨落及不断冲刷前缘的土层，是引起滑坡前缘变形的主要原因。

3.3. 滑坡的稳定性及发展趋势

根据滑坡地形地貌、地质结构及滑坡变形特征，该滑坡为一潜在滑体，目前在中前部出现的变形主要为塌岸所致，而中后部基本无变形迹象。滑坡整体在各工况稳定性计算都处于稳定状态。滑坡的稳定性在久雨或是在三峡库区由正常运行蓄水位175 m骤降至145 m的防洪限制水位时，受库水浮托力和地下水

渗透压力的影响，加上水库蓄水运行时的库岸再造作用，可能激发和加剧滑坡中前缘塌岸破坏，从而引起中前部滑移的可能。

4. 治理工程设计^[1]

4.1. 滑坡治理方案

该滑坡防治工程等级为Ⅱ级，采用排水 + 悬臂桩板墙 + 护坡方案。

1) 排水工程：在前缘布置少量排水沟，以疏导当地居民排水为主；

2) 桩板抗滑桩：在滑坡前缘约180 m标高位置布置抗滑桩87根，桩顶高程185 m，桩间设挡土板，桩后回填；

3) 护坡：在滑坡南西部1~1剖面处采用浆砌块石护坡。

4.2. 设计指标

4.2.1. 设计荷载组合

工况一：自重 + 地表荷载 + 现状水位(常年枯水位173.21 m)；

工况二：自重 + 地表荷载 + 暴雨 + 水库坝前175 m接5年一遇洪水对应回水线(滑坡区183.21 m水位)；

工况三：自重 + 地表荷载 + 暴雨 + 水库坝前162 m接50年一遇洪水水面线(滑坡区192.66 m)；

工况四：自重 + 地表荷载 + 水库坝前175米水位降至145米(滑坡区183.21 m→173.21 m)；

工况五：自重 + 地表荷载 + 暴雨 + 水库坝前175米水位降至145米(滑坡区183.21 m→173.21 m)；

工况六：自重 + 地表荷载 + 水库坝前从162 m降至145 m + 接50年一遇洪水水面线(滑坡区192.66 m→173.21 m)。

按已建建筑荷载假定分布，滑坡上多为1~3层房建筑，地表荷载每层按15 kN/m考虑。按50%的建筑密度，上覆建筑荷载15 kN/m的均布荷载考虑。公路荷载按15 kN/m考虑。

4.2.2. 设计参数

设计参数取值见表1、表2。

4.2.3. 计算方法

选取对滑坡可能滑动面作为计算剖面进行计算。

根据滑坡潜在滑动面呈近似折线型, 参照《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001, 2009 年版)^[2]推荐的公式(采用传递系数法)对滑坡的稳定性和滑坡体推力进行

计算。对滑移式塌岸(采用圆弧滑动法)稳定性和滑坡体推力进行计算。

1) 传递系数法计算公式:

$$K_f = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left(\left(W_i \left((1-r_c) \cos \alpha_i - A \sin \alpha_i \right) R_{Dx} \right) \tan \phi_1 + C_i L_i \right) \prod_{j=i}^{n-1} \Psi_j}{\sum \left(W_i \sin \alpha_i - T_{Dv} \right) \prod_{j=i}^{n-1} \Psi_j} + R_n$$

$$P_i = P_{i-1} \times \psi + K_{st} \times T_i - R_i$$

式中:

$$\psi_j = \cos(\alpha_i - \alpha_{i+1}) - \sin(\alpha_i - \alpha_{i+1}) \tan \alpha_i + 1$$

$$T_n = W_n \sin \alpha_n + T_{Dn}$$

Table 1. The sliding zone soils of severe, shear strength values
表 1. 各滑带土体重度、抗剪强度取值

状态	重度 (kN/m ³)	杂填土		平水期水位 以上滑带土		平水期水位 以下滑带土	
		C (kPa)	Φ (°)	C (kPa)	Φ (°)	C (kPa)	Φ (°)
天然状态	20	14	17	27.4	13.2	23.5	12.7
饱和状态	20.3	12	15	23.3	11	17	9.2

Table 2. Design parameters of rock mass
表 2. 岩体设计参数取值

项目	中风化泥岩	中风化砂岩	强风化砂泥岩互层	中风化砂泥岩互层
天然重度(kN/m ³)	24.9	24.5		
饱和重度(kN/m ³)	25	24.7		
天然抗压强度(MPa)	6.98	23.56		
饱和抗压强度(MPa)	4.64	17.1		
地基承载力特征值(MPa)	1.5	3		
变形模量(MPa)	1500	3000		
泊松比	0.30	0.20		
基底摩擦系数	0.40	0.55		
地基系数(MN/m ³)	90	200	60	120
容许侧压力(kPa)	2000	4000	1000	2500

$$\prod_{j=i}^{n-1} \Psi_j = \psi_i \cdot \psi_{i+1} \cdot \psi_{i+2} \cdots \psi_{n-1}$$

$$R_{-Di} = r_w \cdot h_{iu} L_i \tan \beta_i \sin(\alpha_i - \beta_i)$$

$$R_n = \left((W_n (1-r_u) \cos \alpha_n - R_{Dn}) \tan \phi_n \right) + c_n l_n$$

$$T_{-Di} = r_w \cdot h_{iu} L_i \tan \beta_i \cos(\alpha_i - \beta_i)$$

K_f ——稳定系数

W_i ——第 i 块段滑体的自重力(kN/m)

R_i ——作用于第 i 块段的抗滑力(kN/m)

N_i ——第 i 块段滑动面的法向分力(kN/m)

ϕ_i ——第 i 块段土的内摩擦角(°)

c_i ——第 i 块段土的粘聚力(kN/m)

L_i ——第 i 块段滑动面长度(m)

T_i ——作用于第 i 块段滑动面上滑动分力(kN/m),

出现与滑动面方向相反的滑动分力时, T_i 取负值。

Ψ_j ——第 i 块段的剩余下滑力传递至第 $i+1$ 块段时的传递系数($j=i$)

α_i ——第 i 块段滑动面切线方向与水平方向夹角

T_{Di} ——作用于第 i 块段渗透压力平行滑面分力

R_{Di} ——作用于第 i 块段渗透压力垂直滑面分力

β_i ——第 i 块段地下水流向与水平方向夹角(°)

r_w ——水的重度(kN/m³)

A ——地震加速度(取 0.05 g)

K_{st} ——滑坡推力计算的安全系数

2) 圆弧滑动法计算公式:

$$F_s = \frac{\sum R_i}{\sum T_i}$$

式中:

$$T_i = W_j \sin \alpha_i + T_{Di}$$

$$R_i = \left((W_j (1-r_u) \cos \alpha_i - R_{Di}) \tan \Phi_i \right) + c_i l_i$$

$$T_{-Di} = r_w \cdot h_{iu} L_i \tan \beta_i \cos(\alpha_i - \beta_i)$$

$$R_{-Di} = r_w \cdot h_{iu} L_i \tan \beta_i \cos(\alpha_i - \beta_i)$$

式中符号意义同前。

3) 动水压力计算公式

动力压力产生的平行滑面分力

$$T_{Di} = \gamma_w A_i \sin \beta_i \sin(\beta_i - \alpha_i)$$

动水压力产生的垂直滑面分力

$$R_{Di} = \gamma_w A_i \sin \beta_i \sin(\beta_i - \alpha_i)$$

式中:

γ_w ——水的重度(kN/m³);

A_i ——第 i 条块地下水水位以下的滑体面积(m²);

n ——滑体的孔隙度(%);

α_i ——第 i 条块滑面倾角(°);

β_i ——第 i 条块地下水水力坡度(°)。

4) 地下水水位浸润线

①当库水位上升时, 地下水水位浸润曲线可按下式计算:

$$y = \sqrt{y_p^2 + \frac{s'}{s}(h^2 - h_p^2)}$$

式中:

y_p ——水位上升后的库水位(从隔水层顶面起算)(m)

h_p ——水位上升前的库水位(从隔水层顶面起算)(m)

s ——水位上升前计算点至库岸距离(m)

s' ——水位上升后计算点至库岸距离(m)

y ——水位上升后计算点的地下水水位(从隔水层顶面起算)(m)

h ——水位上升前计算点的地下水水位(从隔水层顶面起算)(m)

②当库水位下降时, 如库水位下降前库水位与地下水水位相同, 地下水水位浸润线可按下式计算:

$$h_{x,t} = h_{0,0} - (h_{0,0} - h_{0,t}) F(\lambda)$$

式中: $h_{0,0}$ ——下降前的库水位(从隔水层顶面起算)(m)

$h_{0,t}$ ——下降后的库水位(从隔水层顶面起算)(m)

$h_{x,t}$ ——库水位下降后计算点的地下水水位(从隔水层顶面起算)(m)

$F(\lambda)$ ——库水位对地下水水位的影响系数

$$\lambda = \sqrt{\frac{x^2}{4at}}$$

t ——库水位下降所经历的时间(s)

a ——导水系数(m²/s)

$$a = \frac{KM}{\mu}, \quad M = \frac{h_{0,0} - h_0}{2} l$$

M ——含水层厚度(m)

μ ——给水度

X ——水位下降后计算点到库岸距离(m)

4.2.4. 计算结果

5~5 剖面计算结果见表 3、表 4。

4.2.5. 设计标准

防治工程结构设计基准期为 50 年。

4.3. 分项工程设计

4.3.1. 抗滑桩设计

1) 抗滑桩布置

在滑坡前缘约 180 m 标高位置设置抗滑桩 87 根, 桩顶高程 185 m, 桩间设置挡土板, 桩的布置见图 2、图 3。

2) 抗滑桩设计基本要素

抗滑桩设计基本要素见表 5。

3) 桩身材料

采用 C30 混凝土, 设计抗压强度: $f_{cm} = 14.3$ N/mm²。桩的弹性模量 E 为 30,000 N/mm²。采用热轧 HRB335 型钢筋, 强度标准值 $f_{yk} = 335$ N/mm²; 抗压强度: $f' = 300$ N/mm²。

Table 3. The landslide stability calculation results
表 3. 滑坡稳定性计算结果

计算剖面编号	工况	稳定性	
		稳定系数(F_s)	稳定性评价
5~5	工况一	2.27	稳定
	工况二	1.61	稳定
	工况三	1.72	稳定
	工况四	1.74	稳定
	工况五	1.70	稳定
	工况六	1.64	稳定

Table 4. Sliding collapse bank stability calculation results
表 4. 滑移式塌岸稳定性计算结果

计算剖面编号	工况	安全系数 (F _{st})	桩板后回填前			桩板后回填后		
			稳定系数 (F _s)	稳定性评价	剩余推力 (kN/m)	稳定系数 (F _s)	稳定性评价	剩余推力 (kN/m)
5~5	工况一	1.2	1.19	基本稳定	26	1.18	基本稳定	50
	工况二	1.2	1.07	基本稳定	287	1.07	基本稳定	310
	工况三	1.2	1.47	稳定		1.44	稳定	
	工况四	1.15	1.08	基本稳定	192	1.07	基本稳定	214
	工况五	1.15	1.01	欠稳定	381	1.01	欠稳定	403
	工况六	1.15	0.96	不稳定	532	0.96	不稳定	554

Table 5. Pile design elements
表 5. 桩要素设计表

桩型	桩号	全长(m)	桩截面	受荷段 (m)	嵌岩段 (m)	桩距	设计推力	根数
						(m)	(kN/m)	根
A1	1~12	23.0	1.8 m × 2.8 m	14.5	8.5	5.5	783	12
A2	13~22	23.0	1.8 m × 3.0 m	14.0	9.0	5.5	941	10
A3	23~27	23.0	1.8 m × 3.0 m	14.0	9.0	5.5	958	5
A4	28~35	22.5	1.8 m × 3.0 m	14.0	8.5	5.5	884	8
A5	36~42	24.0	1.8 m × 3.0 m	15.5	8.5	5.5	817	7
A6	43~48	23.5	1.8 m × 3.0 m	15.0	8.5	5.5	832	6
A7	49~55	26.5	1.8 m × 3.0 m	17.0	9.5	5.5	785	7
A8	56~78	22.0	1.5 m × 2.8 m	14.0	8.0	5	833	23
A9	79~87	20.0	1.5 m × 2.0 m	13.0	7.0	5	510	9

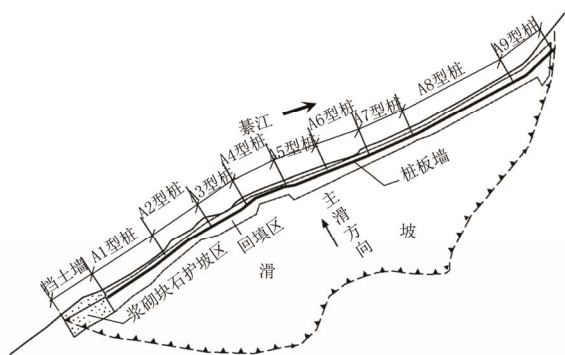


Figure 2. Rentuo landslide control project layout
图 2. 仁沱滑坡防治工程平面布置图

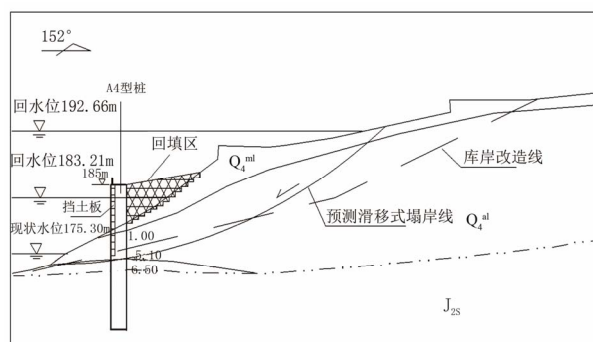


Figure 3. Rentuo landslide control project profile
图 3. 仁沱滑坡防治工程剖面图

4.3.2. 挡土板设计

桩间挡土板布置在桩截面前缘，挡板厚 0.30 m，每块长 3.5~3.7 m，高 1.00 m，挡板总高度 10 m，底部设置 C20 砼基础；挡板采用 C30 钢筋砼。板后设置 0.30 m 厚的砂卵石反滤层，每隔 2 m 设置呈品字形 φ90 mm 的泄水孔。

在挡土板上设置高 1.20 m 的防护栏。

4.3.3. 排水工程设计

在前缘布置少量圆形排水管涵，以疏导当地居民排水为主，采用 PVC 双壁波纹管，直径(内径)为 0.5 m 和 1.2 m 两种，共布置排水沟 10 条。

4.3.4. 岸坡防护设计

在滑坡区西面前缘已有挡土墙，东侧 12 m 需加高至同一高程(181 m)，采用 M7.5 浆砌条石砌筑，墙



Figure 4. Rentuo landslide after management landscape
图 4. 仁沱滑坡治理后景观

顶至高程 187 m 段坡面采用浆砌块石护坡，砌块石厚度为 30 cm，下部铺 15 cm 厚的砾砂夹碎石垫层。

4.3.5. 桩板后回填设计

桩板后回填至高程 185 m，要分层回填压实，回填前先清除坡面上以生活垃圾为主的填土，回填土的基层斜坡挖成台阶后再回填，填土压实度要求达 90% 以上。

5. 结语

仁沱滑坡规模较大，滑坡区上居民房屋、企事业单位等重要构筑物等分布密集，滑坡前缘坡度陡，治理工程措施布置困难，对变形要求要高，涉及滑坡及其塌岸治理工程设计等理论和经验，属治理技术难度大的滑坡。

该治理工程设计的先进性在于：一是丰富了涉水滑坡及其塌岸防治工程设计理论和经验，解决了滑坡稳定性评价理论和传统土压力理论对比应用、可靠度选择等理论问题，为三峡库区地质灾害防治提供了宝贵的经验；二是该工程采用排水 + 悬臂桩板墙 + 护坡等进行综合治理，治理方案经济、安全、合理，施工可行，解决了滑坡的整体稳定性及长期使用，并能满足滑坡区上部建筑的变形要求及正常使用；三是本次治理工程设计结合了当地场镇的规划进行，做到了治理工程设计与当地规划和环境的完美结合。仁沱滑坡治理后景观见图 4。

该滑坡治理工程于 2009 年 5 月完成后，特别是经过 2010 年 7 月雨季洪峰后，经监测均没有发现滑坡再次变形。设计治理目标完全达到，工程效果良好，取得很好经济效益和社会效益，保证了当地经济的持续性发展。

参考文献 (References)

- [1] 滑坡防治工程设计与施工技术规范(DZ/T0219-2006)[R]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [2] 岩土工程勘察规范(GB50021-2001, 2009 年版)[R]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.