

双庆场集镇地质灾害综合治理工程

施工图设计计算书

1 工程概况..... 1

2 设计依据 2

3 设计参数 2

4 设计工况及标准 3

5 危岩稳定性计算 5

 5.1 危岩稳定性划分 5

 5.2 稳定性计算分析 5

 5.3 稳定性计算结果 8

6 危岩加固计算 15

 6.1 危岩锚固计算 15

 6.2 危岩嵌补支撑计算 28

1 工程概况

石柱县南宾街道双庆场集镇地处重庆市东南部山间河流交汇地段，受复杂的地质环境条件制约和频繁的人类工程活动影响，历来是石柱县的危岩、崩塌地质灾害多发区，也是重庆市规划和自然资源局【渝规资】719号文确定的36个重点地质灾害城集镇之一。由于长期内外地质作用的影响，近年来，双庆场集镇范围引发的危岩地质灾害不断由点向面扩展，严重威胁辖区人民群众的生命财产安全，成为城镇规划建设和经济发展的重要制约因素。

双庆场地处河流交汇地带，三侧河谷岸坡均发育有多级陡崖危岩带(体)，长期以来，双庆场危岩断续发生规模、大小不一的崩塌破坏，对集镇区人民群众生命财产安全造成威胁。2017年6月5日，双庆场西岸背石岩有4处危岩体发生了裂隙渗水及岩体局部垮塌掉块等较明显的变形破坏迹象，严重威胁危岩带下方 S202 省道及场镇街道人民群众的生命财产安全，造成道路临时封闭并上报重庆市交委、撤离下方十多户居民，影响较大；2020年7月17日，因汛期连续强降雨，双庆场东岸黄鹤村村委东侧陡崖危岩带出现危岩垮塌，垮塌规模约数十方，危岩体砸坏坡脚村道路面，幸无人员伤亡，据访问，近年来每到汛期，黄鹤村村委东侧陡崖危岩带经常发生岩体垮塌、掉块现象，时常有岩块掉落冲击陡崖邻近居民楼，在墙壁上砸出坑洞，该侧陡崖危岩带长约206m，高度20~40m，陡崖下方居民楼林立、人群高度密集，该危岩带地灾安全隐患较突出。

双庆场危岩近年来的变形迹象引起了石柱县人民政府及重庆市规划和自然资源局的高度重视，为确保双庆场集镇区内人民群众生命财产安全，切实做好防灾、减灾工作，避免重大地质灾害造成群死群伤，尽快开展双庆场集镇地质灾害综合治理是当地人民群众的迫切要求，是非常必要的。目前，石柱县双庆场集镇地质灾害综合治理工程已由重庆市规划和自然资源局以渝规资〔2020〕378号文批准建设，项目业主为石柱土家族自治县地质环境监测站。我单位通过参加公开招投标，成为石柱县双庆场集镇地

质灾害综合治理项目的勘查、设计单位。

前期已由我队完成了重庆市石柱县双庆场集镇地质灾害综合治理工程勘查工作，受业主委托，现由我队在《勘查报告》的基础上，对重庆市石柱县双庆场集镇地质灾害综合治理工程进行初步设计的编制工作。

2 设计依据

- 1) 《重庆市石柱县双庆场集镇地质灾害综合治理工程勘察报告》，重庆市地质矿产勘查开发局南江水文地质工程地质队，2021.01；
- 2) 重庆市地环总站关于《重庆市石柱县双庆场集镇地质灾害综合治理工程勘察报告》的评估报告，重庆市地环总站，2021.02；
- 3) 《混凝土结构设计规范》GB50010-2015；
- 4) 《地质灾害防治工程勘察规范》DB50/T143-2018；
- 5) 《地质灾害防治工程设计标准》DBJ50/T-029-2019；
- 6) 《室外排水设计规范》，GB50014-2016；

3 设计参数

危岩体治理设计所需计算参数采用《勘察报告》提供参数，具体取值如下：

指标	天然/饱和 重度 γ /kN/m ³	天然/饱和 抗压强度 标准值 f-k/MPa	承载力 特征值 f _a /kPa	天然/ 饱和 内摩擦角 ϕ /°	天然/饱 和粘聚 力C/kPa	基底 摩擦 系数 μ	天然/ 饱和抗 拉强度 σ /MPa	天然/ 饱和变 形模量 E _s /MPa	天然/ 饱和 泊松比
杂填土	205/21*	—	—	30*/26*	—	0.3*	—	—	—
粉质粘土	20.8/21*	—	130*	12.1/10.2*	20.3/15.1	0.25*	—	—	—
强风化泥岩	—	—	300*	—	—	0.4*	—	—	—
中风化泥岩	25.625.8	4.44/2.45	1612			0.45*	—	—	
强风化砂岩			400*			0.4*	—	—	
中风化砂岩	25.2/25.5	487435.67	12948	35.80 34.62*	1213/ 1120	0.5*	564/ 462*	5719/ 4456	0.24/ 0.25
备注	(1) 上表中带*的建议值为根据现行勘察规范参考邻近工程资料及区域经验综合取值。 (2) 岩石地基承载力特征值由岩石单轴抗压强度标准值按分项系数0.33、地基条件系数1.1折减取值； (3) 结构面抗剪强度建议值。砂岩结构面抗剪强度建议值(硬质结构面、结合差):天然状态粘聚力C取60kPa,内摩擦角 ϕ 取22°;饱和状态粘聚力C取55kPa,内摩擦角 ϕ 取20°;砂岩岩层结合差,层面抗剪强度粘聚力c=50kPa,内摩擦角 ϕ =18°;泥岩岩层结合很差,								

	层面抗剪强度粘聚力c=40kPa, 内摩擦角 $\phi=16^{\circ}$ 。 (4) 边坡坡率值(坡高 $\leq 8.0\text{m}$):第四系土层临时放坡坡率按1:1.75分阶放坡;对强风化基岩临时放坡坡率按1:1.00放坡;对中等风化基岩临时放坡坡率按1:0.75分阶放坡,有外倾结构面控制的岩质边坡按外倾结构面倾角放坡,同时应加强对边坡的截排水及变形观测工作; (5) M30砂浆锚固体与岩石极限粘结强度标准值:强风化岩石取270kPa;中等风化泥岩取300kPa;中等风化砂岩取1200kPa。
--	---

结构面取值:

砂岩岩体裂隙结构面天然抗剪强度粘聚力c=60kPa, 内摩擦角 $\phi=22^{\circ}$;饱和抗剪强度粘聚力c=55kPa, 内摩擦角 $\phi=20^{\circ}$;

岩体层面结合差,砂岩岩层层面抗剪强度粘聚力c=50kPa, 内摩擦角 $\phi=18^{\circ}$;

泥岩岩层层面抗剪强度粘聚力c=40kPa, 内摩擦角 $\phi=16^{\circ}$ 。

治理结构设计正常使用年限: 50年

4 设计工况及标准

1) 计算工况:

工况	防治工程等级	破坏模式	荷 载 组 合	稳定安全系数
工况1： 暴雨工况	二级	滑移式	自重+地表荷载+裂隙水压力	1.30
		倾倒式	自重+地表荷载+裂隙水压力	1.40
		坠落式	自重+地表荷载+裂隙水压力	1.50
工况2： 地震工况		滑移式	自重+地表荷载+裂隙水压力+地震力	1.10
		倾倒式	自重+地表荷载+裂隙水压力+地震力	1.15
		坠落式	自重+地表荷载+裂隙水压力+地震力	1.20
工况1： 暴雨工况	三级	滑移式	自重+地表荷载+裂隙水压力	1.20
		倾倒式	自重+地表荷载+裂隙水压力	1.30
		坠落式	自重+地表荷载+裂隙水压力	1.40
工况2： 地震工况		滑移式	自重+地表荷载+裂隙水压力+地震力	1.05

		倾倒式	自重+地表荷载+裂隙水压力+地震力	1.10
		坠落式	自重+地表荷载+裂隙水压力+地震力	1.15

2) 设计标准：

表4.1 危岩稳定性划分表

危岩类型	危岩体稳定状态			
	不稳定	欠 稳 定	基本稳定	稳 定
滑移式	$F < 1.0$	$1.0 \leq F < 1.15$	$1.15 \leq F < F_t$	$F \geq F_t$
倾倒式	$F < 1.0$	$1.0 \leq F < 1.25$	$1.25 < F < F_t$	$F \geq F_t$
坠落式	$F < 1.0$	$1.0 \leq F < 1.35$	$1.35 \leq F < F_t$	$F \geq F_t$

表4.2危岩稳定性安全系数Ft

危岩类型	危岩崩塌危害性分级					
	一级		二级		三级	
	一般工况	校核工况	一般工况	校核工况	一般工况	校核工况
滑移式	1.40	1.15	1.30	1.10	1.20	1.05
倾倒式	1.50	1.20	1.40	1.15	1.30	1.10
坠落式	1.60	1.25	1.50	1.20	1.40	1.15

3) 设计暴雨强度重现期：

20年一遇

4) 防治等级：

双庆场北岸危岩主要威胁坡下北岸建成区居民13 户 6 0 人的生命财产安全，引水渠约400m，受威胁资产约820万元，地质灾害防治工程等级为三级。

双庆场西岸危岩主要威胁坡下西岸建成区居民30户125人的生命财产安全，202 省道公路约640m，受威胁资产约2230万元，地质灾害防治工程等级为三级。

双庆场东岸北段危岩主要威胁坡下东岸北段建成区居民6户30人的生命财产安全，受威胁资产约470万元，地质灾害防治工程等级为三级；双庆场东岸南段危岩主要威胁坡下东岸南段建成区居民123 户426人的生命财产安全，村道公路约560m，受威胁资产约5710万元，地质灾害防治工

程等级为二级。

5) 治理结构设计基准期：50年

5 危岩稳定性计算

5.1 危岩稳定性划分

表5.1 危岩稳定性划分表

破坏模式	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定
滑 塌 式	$F<1.0$	$1.0\leq F<1.15$	$1.15\leq F<F_t$	$F\geq F_t$
倾倒式	$F<1.0$	$1.0\leq F<1.25$	$1.25\leq F<F_t$	$F\geq F_t$
坠落式	$F<1.0$	$1.0\leq F<1.35$	$1.35\leq F<F_t$	$F\geq F_t$

5.2稳定性计算分析

采用《地质灾害防治工程设计标准》DBJ50/T-029-2019公式进行计算。

1) 滑移式

a) 后缘无陡倾裂隙时：

$$F_s = \frac{(W \cos \alpha - Q \sin \alpha - V) \tan \varphi + cl}{W \sin \alpha + Q \cos \alpha}$$

b) 后缘有陡倾裂隙，滑面缓倾时：

$$F_s = \frac{(W \cos \alpha - Q \sin \alpha - V \sin \alpha - U) \tan \varphi + cl}{W \sin \alpha + Q \cos \alpha + V \cos \alpha}$$

$$Q = \xi_c W$$

$$V = \frac{1}{2} \gamma_w h_w^2$$

$$U = \frac{1}{2} \gamma_w l h_w$$

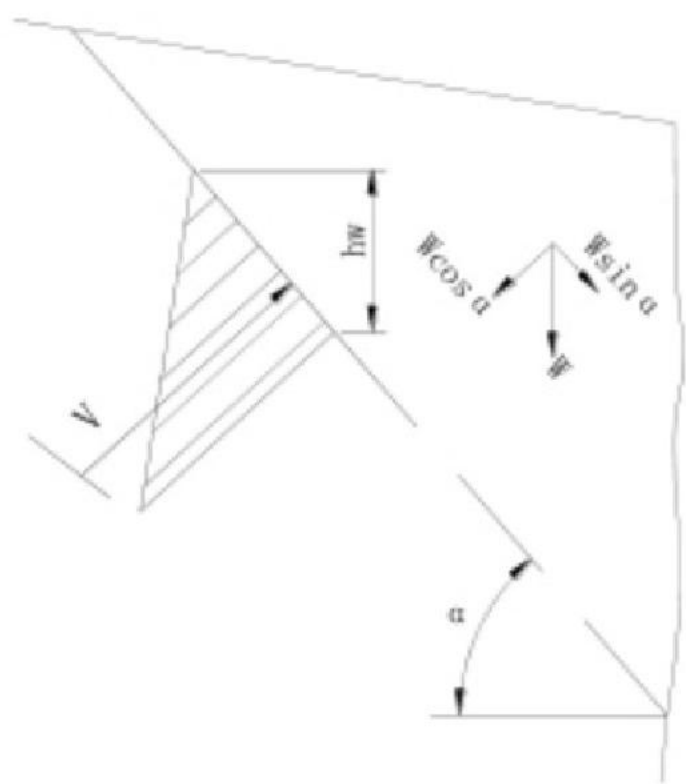


图5-1 滑移式危岩稳定性计算

V—裂隙水压力 (kN/m);

Q—地震力 (kN/m);

Fs—危岩稳定性系数;

c—后缘裂隙粘聚力标准值 (kpa); 当裂隙未贯通时, 取贯通和未贯通段粘聚力标准值按长度加权平均值, 未贯通段粘聚力标准值取岩石粘聚力标准值的0.4倍;

φ—后缘裂隙内摩擦角标准值(°);当裂隙未贯通时, 取贯通和未贯通段粘聚力标准值按长度加权平均值, 未贯通段粘聚力标准值取岩石粘聚力标准值的0.95倍;

α—滑面倾角(°);

W—危岩体自重 (kN/m)

ξ—地震水平振动系数;

U—滑面水压力 (kN/m);

hw—裂隙充水高度 (m), 取裂隙深度的1/2~2/3;

l—滑面长度 (m);

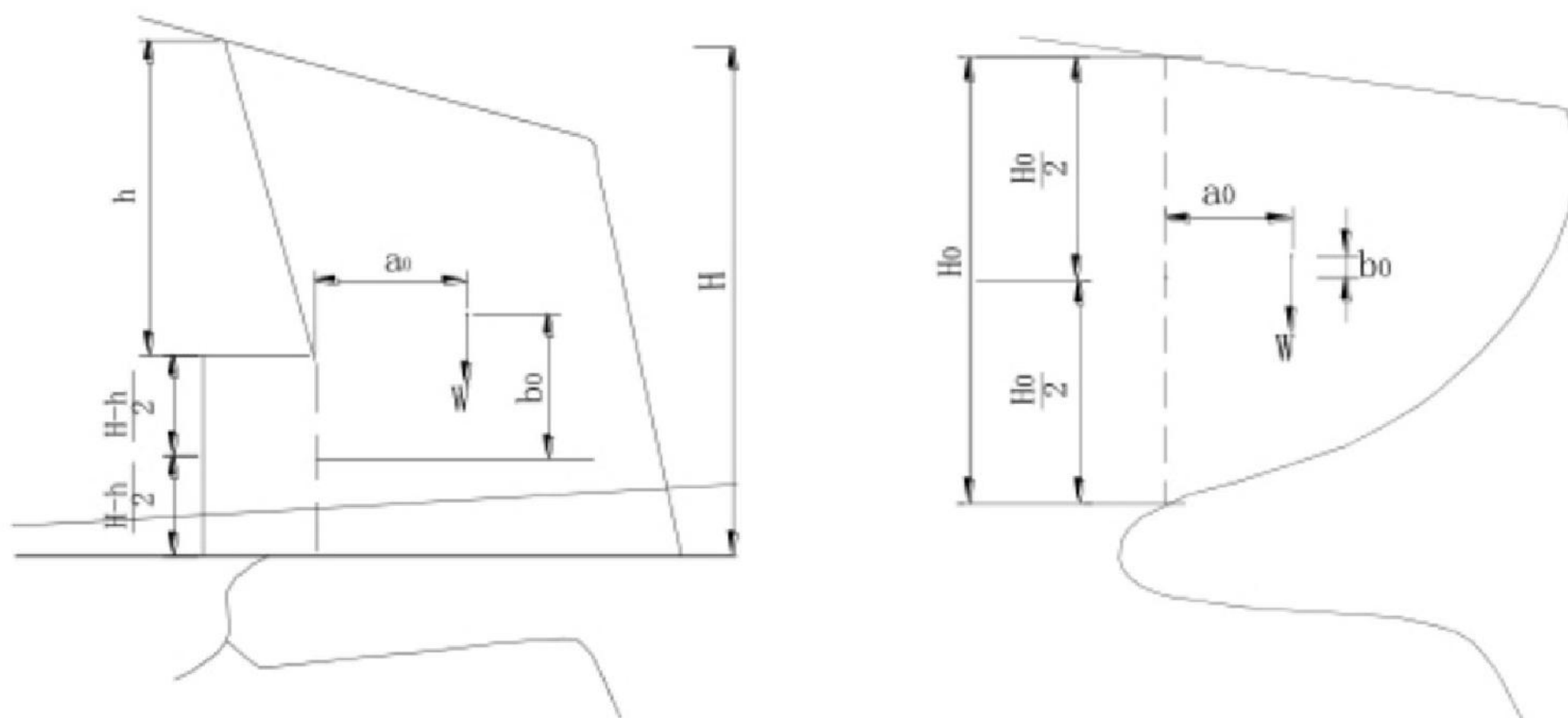
2) 坠落式

a) 对后缘有陡倾裂隙的悬挑式危岩按下列二式计算, 稳定性系数取两种计算结果中的较小值。

$$F_s = \frac{c(H-h) - Q \tan \varphi}{W}; \quad F_s = \frac{\xi f_{lk}(H-h)^2}{Wa_0 + Qb_0}$$

b)对后缘无陡倾裂隙的悬挑式危岩按下列二式计算，稳定性系数取两种计算结果中的较小值

$$F_s = \frac{cH_0 - Q \tan \varphi}{W} \quad F_s = \frac{\xi f_{lk} H_0^2}{W a_0 + Q b_0}$$



(a) 后缘有陡倾裂隙

(b) 后缘无陡倾裂隙

图5-2 倾倒式危岩稳定性计算

式中：

H_0 —危岩体后缘潜在破坏面高度 (m)；

H —后缘裂隙上端到未贯通段下端的垂直距离 (m)；

f_{lk} —危岩体抗拉强度标准值(kpa)， 根据岩石抗拉强度标准值乘以0.30的折减系数确定；其它符号意义同前。

3) 倾倒式

a)由后缘岩体抗拉强度控制时(危岩体重心在倾覆点之外)，按下式计算：

$$F_s = \frac{\frac{1}{2} f_{lk} \cdot \frac{H-h}{\sin \beta} \left(\frac{2(H-h)}{3 \sin \beta} + \frac{b}{\cos \alpha} \cos(\beta - \alpha) \right)}{W \cdot a + Q \cdot h_0 V \left(\frac{H-h}{\sin \beta} + \frac{h_w}{3 \sin \beta} + \frac{b}{\cos \alpha} \cos(\beta - \alpha) \right)}$$

由后缘岩体抗拉强度控制时(危岩体重心在倾覆点之内时)，按下式计算：

$$F_s = \frac{\frac{1}{2} f_{tk} \cdot \frac{H-h}{\sin \beta} \left(\frac{2(H-h)}{3 \sin \beta} + \frac{b}{\cos \alpha} \cos(\beta - \alpha) \right) + W \cdot a}{Q \cdot h_0 + V \left(\frac{H-h}{\sin \beta} + \frac{h_w}{3 \sin \beta} + \frac{b}{\cos \alpha} \cos(\beta - \alpha) \right)}$$

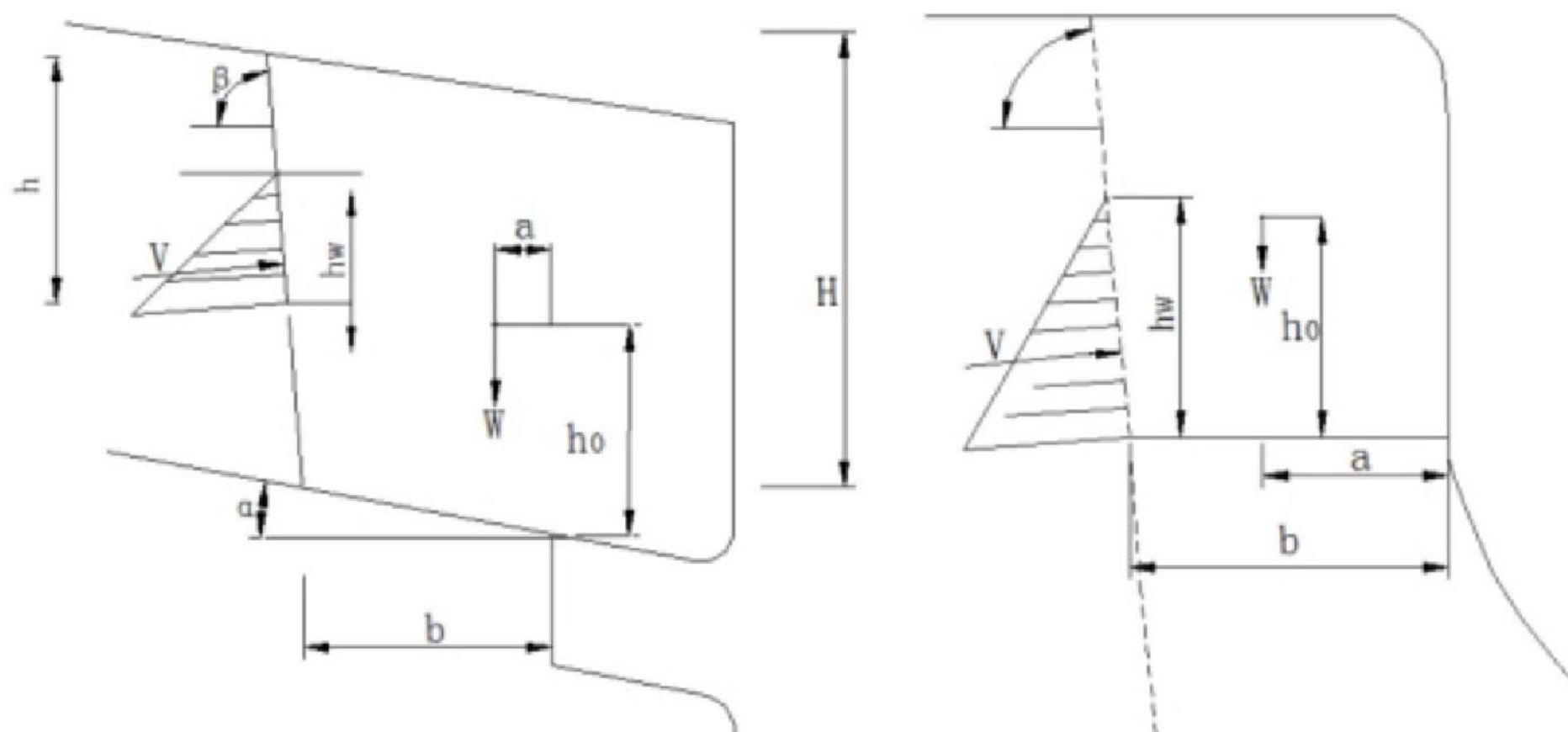


图5-3 倾倒式危岩(左、右分别为由后缘、底部抗拉强度控制)

式中：

h ——后缘裂隙深度 (m)；

h_w ——后缘裂隙充水高度 (m)；

a ——危岩体重心到倾覆点的水平距离 (m)；

b ——后缘裂隙未贯通段下端到倾覆点之间的水平距离(m)；

h_0 ——危岩体重心到倾覆点的垂直距离 (m)；

f_{tk} ——危岩体抗拉强度标准值 (kPa)；

α ——危岩体与基座接触面倾角($^{\circ}$)；

β ——后缘裂隙倾角($^{\circ}$)。

其它符号意义同前。

b)由底部岩体抗拉强度控制时，按下式计算，式中符号意义同前。

$$F = \frac{\frac{1}{3} f_{tk} \cdot b^2 + W \cdot a}{Q \cdot h_0 + V \left(\frac{1}{3} \frac{h_w}{\sin \beta} + b \cos \beta \right)}$$

5.3稳定性计算结果

双庆场危岩稳定性系数计算结果一览表

分区	危岩 编号	破坏模式	防治等级	工况	稳定系数	安全系数	稳定状态
北岸危 岩	w1	倾倒式	三级	暴雨	1.27	1.30	基本稳定
				地震	1.08	1.10	欠稳定
	w2	坠落式	三级	暴雨	1.37	1.40	基本稳定
				地震	1.12	1.15	欠稳定
	w3	倾倒式	三级	暴雨	1.26	1.30	基本稳定
				地震	1.03	1.10	欠稳定
	w4	倾倒式	三级	暴雨	1.28	1.30	基本稳定
				地震	1.01	1.10	欠稳定
	w5	倾倒式	三级	暴雨	1.25	1.30	基本稳定
				地震	1.04	1.10	欠稳定
	w6	坠落式	三级	暴雨	1.35	1.40	基本稳定
				地震	1.09	1.15	欠稳定
	w7	倾倒式	三级	暴雨	1.29	1.30	基本稳定
				地震	1.02	1.10	欠稳定
	w8	倾倒式	三级	暴雨	1.28	1.30	基本稳定
				地震	1.09	1.10	欠稳定
	w9	滑移式	三级	暴雨	1.18	1.20	基本稳定
				地震	1.02	1.05	欠稳定
	w10	滑移式	三级	暴雨	1.16	1.20	基本稳定
				地震	1.04	1.05	欠稳定
	w11	倾倒式	三级	暴雨	1.27	1.30	基本稳定
				地震	1.07	1.10	欠稳定
	w12	坠落式	三级	暴雨	1.36	1.40	基本稳定
				地震	1.13	1.15	欠稳定
	w13	坠落式	三级	暴雨	1.35	1.40	基本稳定
				地震	1.08	1.15	欠稳定
	w14	坠落式	三级	暴雨	1.23	1.40	欠稳定
				地震	1.14	1.15	欠稳定
	w15	坠落式	三级	暴雨	1.27	1.40	欠稳定
				地震	1.06	1.15	欠稳定
	w16	坠落式	三级	暴雨	1.23	1.40	欠稳定
				地震	1.15	1.15	欠稳定

	w17	倾倒式	三级	暴雨	1.25	1.30	基本稳定
				地震	1.08	1.10	欠稳定
	w18	倾倒式	三级	暴雨	1.28	1.30	基本稳定
				地震	1.08	1.10	欠稳定
	w19	倾倒式	三级	暴雨	1.27	1.30	基本稳定
				地震	1.06	1.10	欠稳定
	w20	坠落式	三级	暴雨	1.37	1.40	基本稳定
				地震	1.09	1.15	欠稳定
	w21	坠落式	三级	暴雨	1.36	1.40	基本稳定
				地震	1.13	1.15	欠稳定
	w22	倾倒式	三级	暴雨	1.28	1.30	基本稳定
				地震	1.01	1.10	欠稳定
	w23	坠落式	三级	暴雨	1.37	1.40	基本稳定
				地震	1.14	1.15	欠稳定
	Wb1	滑移式	三级	暴雨	1.16	1.20	基本稳定
				地震	1.05	1.05	欠稳定
	Wb2	坠落式	三级	暴雨	1.39	1.40	基本稳定
				地震	1.11	1.15	欠稳定
	w24	倾倒式	三级	暴雨	1.18	1.30	欠稳定
				地震	1.01	1.10	欠稳定
	Wb3	倾倒式	三级	暴雨	1.21	1.30	欠稳定
				地震	1.01	1.10	欠稳定
	wb6	坠落式	三级	暴雨	1.25	1.40	欠稳定
				地震	1.09	1.15	欠稳定
	wb7	坠落式	三级	暴雨	1.37	1.40	基本稳定
				地震	1.15	1.15	欠稳定
	wb8	坠落式	三级	暴雨	1.36	1.40	基本稳定
				地震	1.13	1.15	欠稳定
	wb9	坠落式	三级	暴雨	1.37	1.40	基本稳定
				地震	1.13	1.15	欠稳定
	wb10	坠落式	三级	暴雨	1.35	1.40	基本稳定
				地震	1.12	1.15	欠稳定
	wb11	坠落式	三级	暴雨	1.36	1.40	基本稳定
				地震	1.11	1.15	欠稳定
	wb12	坠落式	三级	暴雨	1.25	1.40	欠稳定

				地震	1.05	1.15	欠稳定
	wb13	坠落式	三级	暴雨	1.27	1.40	欠稳定
				地震	1.06	1.15	欠稳定
	wb14	坠落式	三级	暴雨	1.36	1.40	基本稳定
				地震	1.13	1.15	欠稳定
	w25	倾倒式	三级	暴雨	1.25	1.30	基本稳定
				地震	1.07	1.10	欠稳定
	w26	坠落式	三级	暴雨	1.38	1.40	基本稳定
				地震	1.14	1.15	欠稳定
	wb15	倾倒式	三级	暴雨	1.19	1.30	欠稳定
				地震	1.02	1.10	欠稳定
	w27	坠落式	三级	暴雨	1.35	1.40	基本稳定
				地震	1.12	1.15	欠稳定
	w28	滑移式	三级	暴雨	1.17	1.20	基本稳定
				地震	103	1.05	欠稳定
	w29	倾倒式	三级	暴雨	1.28	1.30	基本稳定
				地震	1.02	1.10	欠稳定
	w30	倾倒式	三级	暴雨	1.26	1.30	基本稳定
				地震	1.01	1.10	欠稳定
	wb16	滑移式	三级	暴雨	1.18	1.20	基本稳定
				地震	1.04	1.05	欠稳定
	wb17	倾倒式	三级	暴雨	1.27	1.30	基本稳定
				地震	1.06	1.10	欠稳定
	w31	倾倒式	三级	暴雨	1.28	1.30	基本稳定
				地震	1.05	1.10	欠稳定
	w32	坠落式	三级	暴雨	1.36	1.30	基本稳定
				地震	1.14	1.10	欠稳定
	wb18	滑移式	三级	暴雨	1.17	1.20	基本稳定
				地震	1.03	1.05	欠稳定
	w33	坠落式	三级	暴雨	1.25	1.40	欠稳定
				地震	1.07	1.15	欠稳定
西岸危 岩	wx2	倾倒式	三级	暴雨	1.28	1.30	基本稳定
				地震	1.01	1.10	欠稳定
	w34	倾倒式	三级	暴雨	1.22	1.30	欠稳定
				地震	1.03	1.10	欠稳定