



HR(E)93—013

溢洪道破坏的分类及处理分析

水利水电科学研究院水力学研究所

一九九三年七月

北 京

工程试验报告
水力学研究所 审批表
研 究 论 文

题目名称		溢洪道破坏的分类及处理分析	
签 字 栏	所 长	周宪政 (签名)	1993 年 8 月 5 日
	室 主 任	王念慎 (签名)	1993 年 7 月 20 日
	项目负责人	邵媛媛 (签名)	1993 年 7 月 20 日
	技术负责人	邵媛媛 (签名)	1993 年 7 月 20 日
	项目参加人	邵媛媛 (签名)	1993 年 7 月 20 日
	报告编写人	邵媛媛 (签名)	1993 年 7 月 20 日

目 录

一、前 言

二、溢洪道破坏的工程实例

三、溢洪道破坏的分类

四、溢洪道破坏的处理分析

五、结语

参考文献

溢洪道破坏的分类及处理分析*

一、前言

溢洪道的作用是宣泄洪水。它是水利枢纽或灌区中的重要建筑物。

溢洪道位置的选择,关系到水利枢纽或灌区的总布置,影响到工程安全、进度、投资和工程量。如果挡水建筑物是混凝土坝和浆砌石坝时,应尽量考虑在坝顶溢流。如果是土坝,实际工程表明,大多数中小型水库溢洪道放在靠近坝头的岸边上。如缺乏适宜的岸边溢洪道位置时,也可布置在离大坝不远的山谷垭口处。所以,按溢洪道位置一般可分为,坝(闸)顶、岸边和垭口溢洪道三种^[1],见图1。

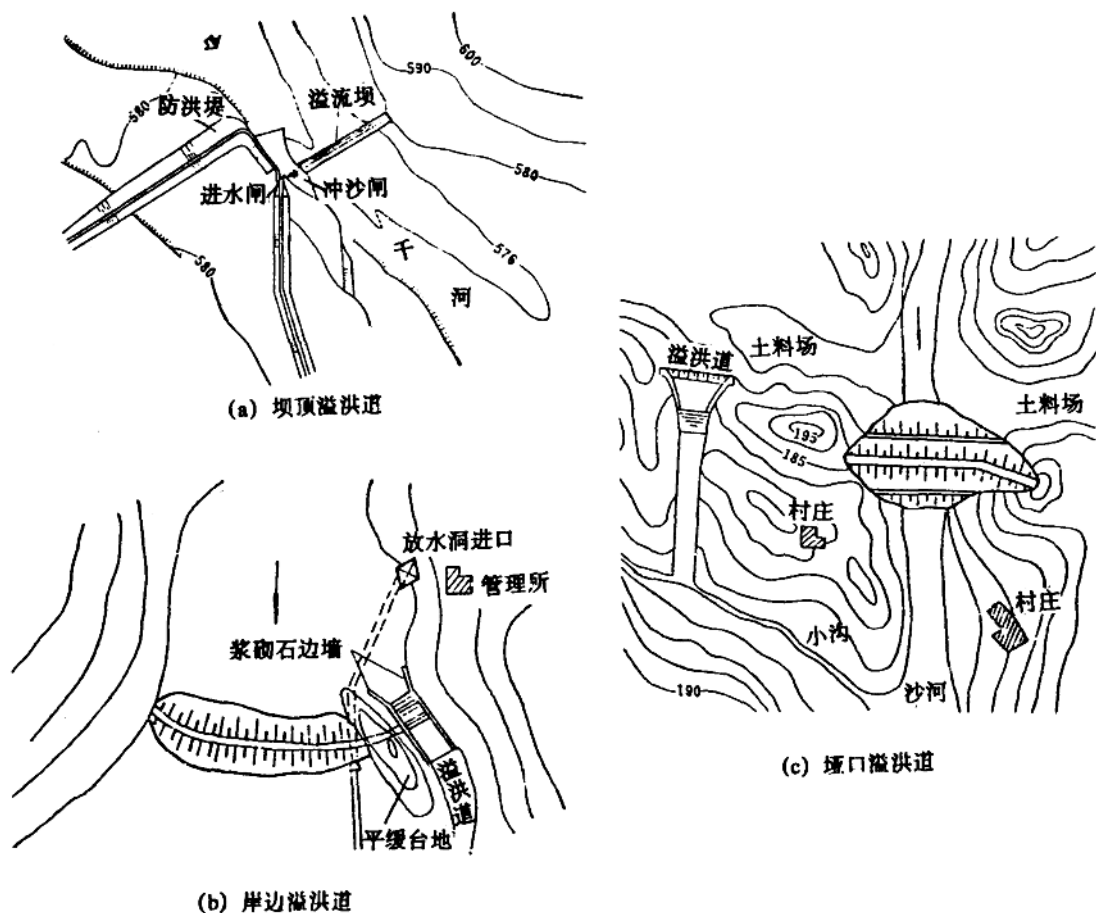


图1 坝顶、岸边和垭口溢洪道位置图

* 本文是国家自然科学基金重点项目成果

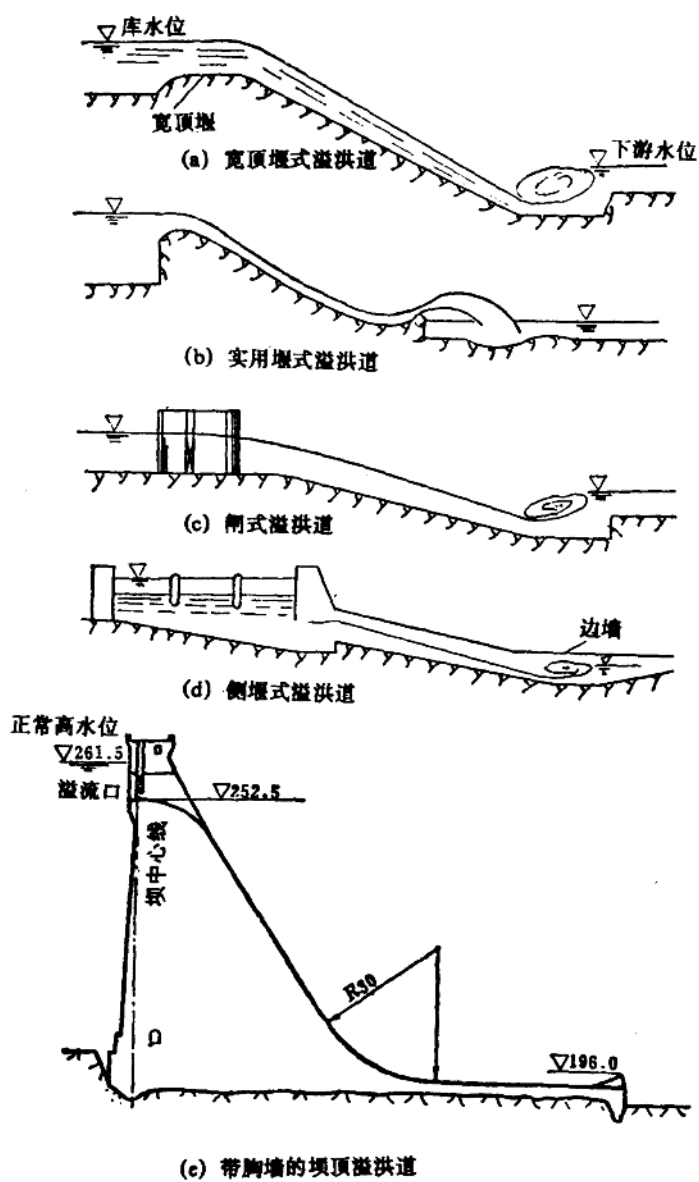


图 2 常见的溢洪道型式

泄洪建筑物的型式基本上可归纳为两大类,即溢洪道和泄洪洞。它们的根本区别是泄洪的水流流态不同。溢洪道的水流流态一般是有自由表面属开敞式的。只有带胸墙的溢洪道和泄洪洞属于孔流,这是针对宣泄大流量而言。当宣泄小流量时,水流流态是无压明流。所以,不论是大、中、小型水库或是灌区,选择泄洪建筑物型式时,优先考虑的是开敞式溢洪道。因为它超泄能力大、运行可靠。施工、管理和维修方便、造价低、适应性强。从进口形式来分,它可分为正堰式和侧堰式两种。常见的溢洪道型式,见图2。

另外,溢洪道还有一些特殊型式,如虹吸溢洪道、竖井溢洪道等,但目前在我国采用不多,尤其小型水库中采用的更少。

溢洪道是用来宣泄水库容纳不了的洪水的。因此,它的安全与否,事关重大。

本文将着重介绍中低水头开敞式溢洪道破坏的分类和处理分析。着重介绍由于水流作用引起的破坏。溢洪道结构的老化和病害,如混凝土裂缝、碳化与钢筋锈蚀、环境水对混凝土表面的侵蚀等与水闸相似,参见文献^[2],这部分内容,在此处不作介绍。

二、溢洪道破坏的工程实例

溢洪道的任务是将汛期或水库拦蓄不了的多余洪水从上游一定的高程安全泄放到下游较低高程的河床中去。

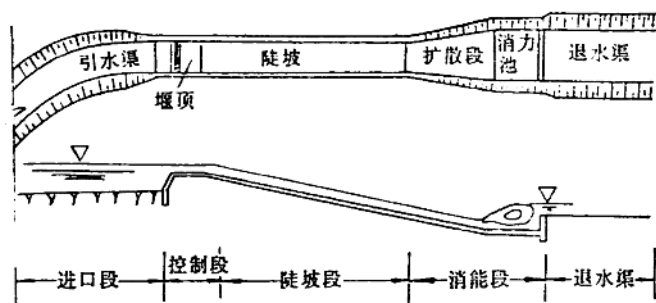


图3 溢洪道的组成部分

它与原河道不同之处,在于在较短的距离内有较大的落差。这样,下游余能较大,对建筑物容易造成破坏。虽然在工程设计时已考虑了这个因素,将溢洪道设计成5个组成部分^[3],即进口段、控制段(溢流堰)、陡坡段、消能段

和退水渠,见图3。由图可见,进口段和退水段是溢洪道同水库与下游河床的连接段。中间三部分为溢洪道的主体。控制段是溢洪道的进口断面,它控制着溢洪道的泄流能力。陡坡段是把洪水从控制段泄往下游,它的特点是坡陡水流急。消能段是消耗水流的能量,使湍急水流变为平稳的水流,然后进入退水渠和下游河道。这样,使水流能较安全下泄,可以尽量减少破坏。在实际工程运行过程中,由于溢洪道出问题,而引起垮坝事故的工程较多。

据西德布林(H. Blind)对世界上309座有代表性的大坝失事原因统计^[4],由于溢洪道泄量不足或泄洪孔闸门操作失灵,造成洪水漫顶而失事的有111座,占所统计大坝失事的36%。

我国已建工程的运行情况统计^[3](1950年~1960年)和17个省区1973年垮坝的统计,见表1。

由表1可见,由于溢洪道断面过小,而使洪水漫顶造成垮坝失事的约占垮坝总数的40%(包括部分因超标准洪水而引起的漫顶)。有些水库的溢洪道虽具有足够的过水能力,但由于工程在设计、施工和管理上存在的问题,也会引起垮坝事故。

据最近吉林省水利科学研究所对省内、外 30 多座溢洪道的调查^[5], 其破坏数量很多, 有的相当严重。就吉林省来说, 吉林、通化、四平、白城等地区和海龙、前郭、梨树、星星哨等灌区调查, 约有工程总数的 80% 左右的工程有这样或那样破坏。

表 1 我国已建工程的运行情况统计

地 区	时 间	垮 坝 原 因					
		洪水漫顶	正施工工程	质量过差	管理及其它	梯级影响	原因不明
全 国	1950 年~1961 年	39.7%	17.6%	26.6%	10.3%	/	5.8%
17 个省区	1973 年	38.0%	7.8%	37.0%	13.9%	3.3%	/

笔者调查和收集了 64 座溢洪道的运行和破坏情况, 其中 41 座水电站(坝高在 70m 以下)中低水头溢洪道破坏的工程实例, 详见表 2; 总结分析了 23 座中小型水库溢洪道破坏的工程实例, 着重总结分析湖南、广东、河北等省的溢洪道, 详见表 3。

现列举 21 个典型工程的破坏实例, 在设计、施工和运用中存在的问题分述如下:

1. 柘林水电站(土坝坝高 63.5m)第一溢洪道(岸边陡槽式)^[6] 三级消力池、底流消能。各级消力池均遭不同程度破坏: 一级消力池陡槽下部伸缩缝处, 被冲面积约 13m^2 , 最大冲坑达 25cm, 趾墩下游底板上护面钢板全部冲走, 并有冲蚀坑, 深度一般为 10~15cm, 最深为 18cm, 见图 4。一级消力池底板普遍磨损; 二级溢流面左侧严重磨损; 三级消力池下游与河床衔接处被冲刷, 最深处为护砌段表面以下 3.3m。

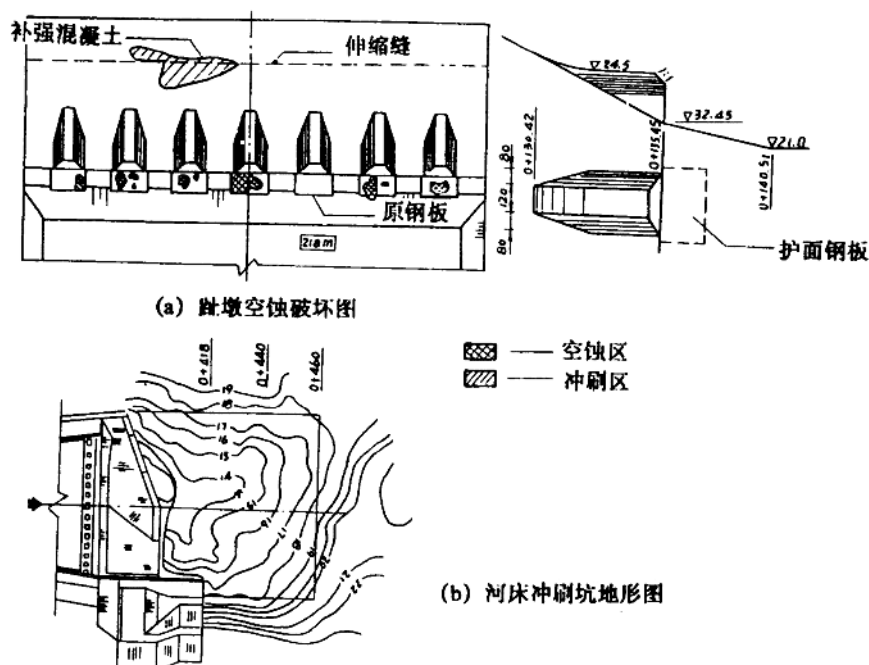


图 4 柘林水电站第一溢洪道一级消力池趾墩空蚀和河床冲刷图

表 2

水电站中低水头溢洪道运行及破坏情况

序号	水电站名称	所在省区	坝高 (m)	溢洪道名称及尺寸 / 孔-宽×高 (m×m)	消能方式	运行及破坏情况	是否加固处理	破坏主要原因	备 注
1	上犹江	江西 上犹	67.5	坝顶溢洪道 / 5-13.0×7.0	挑流	运行良好, 但门槽曾空蚀呈蜂窝麻面	环氧砂浆修补		修补后, 没有发展
2	柘林	江西 永修	63.5	岸边陡槽式溢洪道 / 3-12.0×7.5	底流	各级消力池均遭不同程度破坏, 下游河床严重冲刷	环氧砂浆修补及抛四面体	施工质量不良, 体形不佳, 被水冲击刺落	经处理, 河床较稳定; 拟采用岩墙补气消能设施
3	盐锅峡	甘肃 永靖	57.2	坝顶溢洪道 / 5-12.0×11.0	底流	消力池底被冲毁约 2000m ² , 冲走混凝土 2600m ³	改建为二级消力池, 大修护坦, 全面补强	原二级消力池施工时改为一级; 1981 年遇特大洪水	大修后, 每年检查正常
4	龙颈	广东 汕头	57.2			防洪标准低, 达不到设计要求			校核设计洪水为二千年一遇
5	岳城	河北 磁县	53.0	溢洪道 / 9-12.0×10.0		底板混凝土破坏面积达 50% 以上, 蚀深 3-5cm	多次修补不理想, 最后用丙乳砂浆修补	表面不平整较普遍	因资金有限, 局部掌握修补
6	红旗	贵州 清镇	52.5	河床开敞式溢洪道 / 4-12.0×6.3		岸坡冲刷; 冲坑, 冲坑深 3-4m			
7	狮子滩	四川 长寿	51.0	坝顶溢洪道 / 5-18.0×7.0	挑流	安全运行, 但齿墙及铺盖受冲	已加固处理	齿墙插入不够深, 导墙不够高	
8	修文	贵州 修文	49.0	坝顶厂顶溢流 / 3-9.75×5.0	挑流	建筑物无损, 下游被冲, 1963 年坝顶漫流达 152h	及时除“险”	1992 年鉴定为险坝; 主要泄洪能力偏低	
9	陆水	湖北	49.0	主坝坝顶溢流 / 5-9.4×10.5	底流	护坦有蚀损坑, 钢筋折断	1968 年改建为滚动坎, 1972 年改建为平坎	体形不当, 有堆砌及闸门开启方式不佳	改建后, 未再发生破坏
10	富春江	浙江 桐庐	47.7	坝顶溢洪道 / 17-14.0×13.0	面流	鼻坎空蚀破坏 14 处, 总长 108.3m, 占全长 37.7%	已修复, 1990 年增建防冲墙保护工程	闸门间隔开启, 13-16 坝址无防冲工程	改为闸门均匀开启, 修复后, 运行良好
11	天桥	山西 保德	47.0	坝顶溢洪道 / 7-12.0×8.0; 7-12.0×4.0	挑流	护坦磨蚀, 水下部位冲刷严重, 泄量达不到要求	用高分子材料和混凝土多次修补	高速挟沙水流冲刷, 磨蚀	修补后, 效果较好; 1984 年定为五百年一遇洪水标准
12	葛洲坝二江闸	湖北 宜昌	47.0	闸顶溢流 / 27-12.0×24.0	底流	闸底磨蚀严重, 最大深度达 10.2cm	每年检修 5-7 孔, 1985-1986 年全面检修		
13	红石	吉林 桦甸	46.0	坝顶溢洪道 / 8-12.0×11.4	岸流	右边回流较大, 坝下右岸严重冲刷	护坡加固	部分闸孔泄洪	

* 本表列入的是坝高 70m 以下的中低水头溢洪道

续表 2

序号	水电站名称	所在省区	坝高(m)	溢洪道名称及尺寸/孔-宽×高(m×m)	消能方式	运行及破坏情况	是否加固处理	破坏主要原因	备 注
14	官厅	河北怀来	45.0	开敞式溢洪道/ 2-11.12×6.0		官厅水库抗滑能力降低	溢洪道进行三次扩建	泥沙淤积严重和 设计洪水一再增大	泄量由 560m ³ /s 增至 6000m ³ /s
15	太平湖	辽宁宽甸	44.2	坝顶溢洪道/ 20-12.0×10.88	面流	坝下复盖层被冲, 右岸遭回流严重淘刷			
16	黄坛口	浙江衢县	44.0	坝顶溢流/10-10.5×9.8	底流	护坦磨蚀严重,冲坑深 7.9m	现已修复	局部体型不当,间门操作不妥,混凝土质量差	
17	青枫峡	宁夏青铜峡	42.7	坝顶溢洪道/7-14.0×8.0	面流	运行成功,但护坦有 冲蚀,防洪标准偏低	环氧砂浆修补,增加 3 孔 10.0m×5.5m 泄洪闸	设计水头低,消能较好	
18	西津	广西横县	41.0	实用堰溢洪道/ 17-14.0×12.3	面流	运行基本正常,但坝基 冲刷严重,局部有淘空	1982 年冬对 1#-8# 坝段进行水下修补	面流态难以保证	
19	八盘峡	甘肃兰州	40.0	泄洪闸/3-10.0×7.5	底流	尾坎基础被淘,护坦磨蚀	加高加宽护坦,增设 防冲墙,加固左导墙	经常单孔或偏孔开启	加高加宽护坦,增设 防冲墙,加固左导墙
20	拉浪	广西宜山	38.8	坝顶溢洪道/9-各宽 10.0	挑流	1981 年复核,设计洪水偏低,由 9500m ³ /s 改为 10600m ³ /s	大坝加高 2.1m,已加高完毕	设计的洪水系列短缺	坝顶高程改为 181.0m
21	沙田	湖南汝城	38.0	坝顶溢洪道/4-10.0×6.0	挑流	1980 年 5 月 26 年一遇洪水, 造成洪水漫顶 1.3m	坝顶已加高 1.4m	大坝设计洪水偏低	大坝加高,为了达 200 年一遇洪水标准
22	水糟子	云南会泽	37.0	坝顶压力孔口溢洪道/ 3-各宽 9.4	挑流	溢流面无损坏, 但局部有冲刷及蜂窝	1988 年进行混凝土修补	淹没过大洪水,施 工时有钢筋外露	修补后,溢流面未过水
23	大渡河	四川长寿	36.5	右岸河床式溢洪道/ 1-18.0×7.0; 左岸溢洪道/ 2-12.0×7.0	挑流	表面混凝土剥落,下游护坦 与泄洪渠冲刷(1989 年 7 月)	水泥砂浆灌浆	施工质量低,混凝土标号低	灌浆后,未能修复
24	回龙山	辽宁桓仁	35.0	坝顶溢洪道/13-12.0×8.4	面流	鼻坎遭空蚀破坏,坝下局 部冲刷,大部分钢筋露出	混凝土修补	空蚀原因是鼻坎顶有一平台	
25	下马岭	北京门头沟区	33.2	坝顶溢洪道/ 5-12.0×6.3	挑流	坝体严重漏水, 溢流面局部空蚀	溢流面和上游水上部 分用钢筋混凝土外包	坝体混凝土裂缝较 严重,混凝土质量差	加固后,效果良好
26	江口	江西新余	33.0	右岸实用堰溢洪道/ 2-11.0×8.0	底流	主坝基冲刷,1989 年冲刷严重, 冲坑距背墙较近,防洪标准低, 左、右岸溢洪道泄量 3940m ³ /s	是否加固,待冲刷情况发展再定	齿墙不够深,齿墙后 未设混凝土保护	现进行测量及加强检查监测,核 查校核洪水标准 13600m ³ /s

续表 2

序号	水电站名称	所在省区	坝高(m)	溢洪道名称及尺寸/孔-宽×高(m×m)	消能方式	运行及破坏情况	是否加固处理	破坏主要原因	备 注
27	黄壁庄	河北获鹿	30.7	溢洪道 / 8-12.0×12.3		陡槽段混凝土底板已全部破坏,深度大多为5-10cm	加固墙护面积43996m ² ,浇筑混凝土15409m ³	闸门漏水,施工及材料质量差,冻融破坏,1963年大水冲刷	维修时施工质量较好,但闸门仍有漏水
28	麻石	广西融水	30.6	开敞式溢洪道 / 13-14.0×16.5	面流	运行基本正常,但坝下形成冲刷坑,两岸海扇严重	重新调整闸门启闭程序	真正形成面流时间不长,坝下河床没有护坦等	
29	渔子溪一级	四川汶川	27.8	胸墙底孔泄洪闸 / 3-8.0×9.0	底流	胸墙护面基本完好,下游淤积混凝土护坦有磨蚀	采用C ₃₀ 级硅粉混凝土修补护坦	底板连接平整,加之钢板护面	修补后,效果较好
30	马边岩	湖南桃江	25.3	深、浅泄洪闸 / 5-10.0×9.5; 18-10.0×6.5	底流	清力池护坦多处磨蚀,右等墙胸墙空	1983年汛前回填压浆混凝土6000m ³ ;改进闸门启闭程序	消能不充分,发生远坝式水跃	冲刷加剧,仍需继续加固
31	小江	云南会泽	20.3	矩形泄洪槽 / 1-10.0×9.6	挑流	泄洪槽冲刷,陡坡段严重,消力坎被冲毁	分二阶段修复处理	泄洪频繁	处理后,效果良好
32	石棉	四川石棉	20.0	大、小冲砂闸 / 2-6.0×11.0; 2-2.5×4.0	挑流	闸底板及铺盖磨蚀严重,闸墙与边墙下部被磨蚀	闸底板抬高,护坦改为统一的斜坡,并采用抗磨材料	护坦底被变坡,推移质冲刷	改建后,运行良好
33	船场溪二级	福建南靖	20.0	坝顶溢洪道 / 1-宽51.0(无闸门)		1985年发现设计洪水有误	溢流坝段加高、补强		1981年进水口被堵,停电96h
34	下寨甸	北京门头沟区	19.5	坝顶溢洪道 / 5-12.0×6.3	挑流	闸墩局部冲刷、剥蚀	闸门漏水,局部射水		
35	华安	福建华安	18.0	拦河闸大小孔(宽顶堰) / 5-10.0×8.0; 14-8.0×7.0	底流	右翼墙淘空,护坦冲刷及淘空,护坦下游被淘	挡土墙加宽加深,翼墙加固	河床砂砾层较深,护坦太短,施工质量差	
36	柳林	湖南慈利	18.0	坝顶溢流 / 20-8.0×5.3	底而流	冲毁消力池成坎65%,护坦74%、淹没61%、底板冲坑深4.3m	控制闸门运行方式;修复采用库液消能	闸门操作不妥,施工时底板抬高1.5m,底板较薄,未设锚筋	修复后,水流衔接良好
37	映秀湾	四川汶川	17.0	泄洪闸 / 4-14.0×11.0; 1-12.0×10.0	底流	底板冲刷磨蚀,以1 ^号 、3 ^号 闸最为严重,闸坝泄流能力不足	已修补,闸坝已加高2m	推移质粒径大,质地坚硬	修补后,效果一般
38	西河一级	云南大理	13.2	泄洪槽孔闸 / 1-4.5×5.0		高水位时泄洪能力不足			
39	六郎洞	云南威宁	13.0	坝顶实用堰溢洪道 / 1-4.0×1.5		泄洪能力由64m ³ /s降为31m ³ /s	为提高水位超负荷运行,由原设计洪速6.0m/s改为4.0×1.5		泄洪能力不满足设计要求
40	锦泊湖	黑龙江宁安	10.9	坝顶开敞式高、低堰 / 2-宽24.36.0	挑流	冲刷、冻融严重	用钢板和丙乳砂浆修补	出口轴线与河道相交大于90°,尾水出口流速大	修补后,较好地解决冻融破坏
41	大寨	云南罗平	10.5	泄洪闸 / 4-8.8×5.5	挑流	闸坝下游两岸冲刷	已处理		现运行正常

表 3 中小水库溢洪道运行和破坏情况*

序号	水库名称	所在省区	溢洪道名称及尺寸 /孔-宽×高(m×m)	消能方式	运行和破坏情况	是否处理加固	破坏主要原因	备 注
1	青山	湖南桂东	坝顶溢洪道/2-8.0×5.3	底而流	孤门段护坦基岩不同程度淘空,下游冲坑最深处比护坦低7.5m	拟采用丁型消力池稳定流态	底封混合流冲刷护坦严重,冲刷孔洞形成旋涡	底部流速4-6m/s
2	甘溪	湖南冷水江	坝顶溢洪道/17-10.0×6.3	挑流	下游护坦被冲环30m,冲坑深11m,坝脚亦淘空	加固处理,并在下游加设尾坎,形成一个底流消力池	闸门全开,反弧半径偏小(R=1.5m);下游存在破坏带	加固后,护坦尚未发现损坏
3	河溪	湖南沅江	坝顶溢洪道,原设计采用一般的平底消力池	底流	池内两侧产生立轴漩涡	改为丁形消力池,池长为原来50m的1/3	改建后,消能效果良好,池仅有轻微的冲刷	设计下泄流量429m³/s,实际下泄量62m³/s
4	威溪	湖南武冈	侧堰溢洪道/1-宽70		堰体下护坦被冲坏了四块		护坦有裂缝,渗水后底板上浮,由脉动压力将底板掀起	设计下泄流量429m³/s,实际下泄量62m³/s
5	白马寺	湖南涟源	实用堰溢洪道/5-8.0×5.0浆砌块石,外包C ₁₅ 级混凝土		消力墩下游有冲坑,宽7m,长30m,深2.5m;板间接缝最大抬高10cm		消力墩被冲垮,墩体不足,堰体未设检修门,通向来泄止水,草孔堰板,护坦基无止水,由静水压力破坏	设计泄量860m³/s,实际泄量167.2m³/s
6	黄材	湖南浏阳	岸边溢洪道/3-10.0×9.0,因经费缺,只完成进口闸门段及泄洪渠	挑流	第一、二级消力池进口陡坡段下部基础冲深分别约2m和1m		溢洪道铺砌等面,混凝土板下有流水,由静水压力破坏	单宽流量6m³/s.m
7	官庄	湖南醴陵	宽顶堰溢洪道/7-6.0×3.6;3-10.7×3.6		陡槽末端混凝土块被冲走,中间两块板的基座被冲深约2.5m		接建有升坎,接建未设止水,陡坡及池底板未设钢筋,由脉动压力破坏	
8	屯仓	广东	溢洪道位于大坝右岸/4-5.0×4.7		闸后冲成深坑约15m,内外翼墙分别冲走约30m和140m,墙后冲成深槽,比翼墙底低1m多		遇特大暴雨,泄量670m³/s;陡坡建在弯道上,流态极紊乱,分缝处被淘空	设计流量302m³/s
9	东吴	广东	溢洪道控制段装有平板闸,门后为陡坡及消力池		右侧陡坡底被淘空,左侧底板下有漏水通道,带出砂土		闸门漏水,反冲层不起作用,漏水带走土,造成底板被淘空破坏	
10	汤溪	广东饶平	溢洪道/5-各宽10.0		第一、二级遭严重破坏	改为一级差动式挑流消能,改建后泄量2560m³/s	齿墙埋深不足,临界起跳流量过大,鼻坎尺寸不当	原设计挑洪标准850m³/s
11	青年	广东海丰	泄洪闸原为二级消能,第一级消力池,第二级挑流鼻坎		消力池底板及侧墙已有几处浆砌大石被掀走,池底部分淘空	改建泄洪闸,取消消力池,改为一级挑流消能	挑流鼻坎之上设消力池是不合理的,工程效果不好	改建后,流态大大改善;水舌射程明显加大
12	三坑	广东普宁	溢洪道分五级消能,各级陡坡为变宽型式,宽30m~17.4m	挑流	流态恶化,陡坡上发生严重冲刷波,建成交3年,出险5次	溢洪道度除,另建新的溢洪道,池改为一级挑流消能	消力池池长,池源不足,扩散角过大,池中两侧有严重回水	新建的泄洪闸运用近20年,情况良好

* 本表着重收集湖南、广东和河北等省的中小水库溢洪道

续表 3

序号	水库名称	所在省区	溢洪道名称及尺寸 /孔-宽×高 (m×m)	消能方式	运行和 破坏情况	是否加固处理	破坏主要原因	备 注
13	高尧	广东 连平	宽顶堰溢洪道, 进口 宽 30m, 两级变宽陡 坡, 两陡坡间夹角 111°	挑流	每次泄洪两陡坡 间转弯段都被冲坏, 水库被列为危险工程	转弯段范围修建消力池	转弯段完全处于急流 状态, 流态异常恶劣	解决了急流转弯的恶劣状态
14	北河	广东 阳春	溢洪道布置在北付 坝以北的坡口处, 开敞式/1-宽 80.0		溢洪道的下泄洪水 无法流入下新河道	放弃已建溢洪道, 而在南 付坝以西另建新溢洪道	要改建, 需占耕地 140 亩, 迁移房屋 70 间, 故放弃	
15	武陂	广东 廉江	溢洪道设两级消 力池, 陡坡上设 人工加糙消力齿	挑流	陡坡消力池曾多次冲毁, 第二级消力池亦遭严重破坏	放弃原溢洪道, 另新建溢洪道	泄洪时陡坡上流速大; 施工质量欠佳	采用一级鼻坎挑流, 不设人工加糙消力齿
16	加潭	海南 河上游	宽顶堰溢洪道/1-宽 60.0—30.0, 渐变段长 10m	挑流	经 8 次泄洪, 最大冲坑深 约 10m, 齿墙脚淘空 2m 多	进行 5 次抢修, 仍未见效, 后新建一 条正对尾水归槽, 水流归河的溢洪道	变宽过快, 鼻坎高差高, 反弧半 径小; 下游尾水下降, 回流淘刷	新建溢洪道回流大 减, 运用情况良好
17	小新庄	河北	溢洪道只开宽 5m, 出口 3-4m (原设计宽 8m)		洪水漫顶		过水能力太小	
18	八合	河北	溢洪道/左侧宽 17.0, 右侧宽 18.0; 在右 侧又建 7 孔砖砌渡槽		泄洪时, 飘浮物常常 堵塞桥孔, 使泄洪不畅		每孔跨度 2-3m, 桥孔太小	设计流量 440m ³ /s
19	海流图	河北	宽顶式溢洪道/ 1-宽 80.0 (泄流量 360m ³ /s)		泄流 200m ³ /s 时, 库水位雍高 1.5m, 几乎造成险情	1974 年汛后改为宽 80m 的侧墙, 陡坡的桥改为单孔桥	1974 年桥进口宽度缩至 15m, 且建 2 个宽桥墩, 水流受阻	改建后保证了泄洪安全
20	龙河口	安徽	原溢洪道布置在右岸 弯道上, 未做消能设施		水流冲刷右岸, 底板冲 成深达 6m 的两个大坑	1976 年将两坑填平补齐, 并增建高 6m 的二道坝	布置不合理	改建后形成消力池, 改善了消能效果
21	清泽	山西	溢洪道/4-宽 40.0 (设计流量 1055m ³ /s)	挑流	泄量 60m ³ /s, 底板一块 被冲走, 四块被顶裂、掀起	疏通排水管, 疏通后 测得排水量达 4L/s	排水管堵死, 另有横穿 底板下的铁路高压供水 管漏水, 增大了渗水压力	
22	羊毛湾	陕西	原设计陡坡段收缩 太快, 又在弯道上		过水时坝顶淤积, 减淤系数 $m = 0.39$	陡坡段进口曲线修 改, 流量系数 $m = 0.44$	进口曲线不当	修改后, 避免了坝顶淤积
23	玉溪河 引灌 工程	四川 芦山	泄洪冲沙闸/5-各宽 10.0		溢流面表面遭相当严重破坏, 4#、5#孔平均磨损 20~30cm, 右侧反弧段上有两个大坑	1982 年对 4#、5#孔进行补强, 铺砌 HJ30-54 铸铁板护面	大粒径推移质从溢 流闸下泄至消力池	

2. 盐锅峡水电站坝顶溢洪道(坝高 57.2m)^[7] 原设计为二级消力池, 施工时改为一级消力池。溢洪道自 1965 年 5 月投入运行后, 消力墩发生空蚀破坏, 后在反弧段增设趾墩、放水结果消力池底板冲蚀严重, 见图 5。1968~1972 年, 相继凿除了池内全部趾墩和消力墩, 1973 年又增设二级消力池, 使消能效果提高。1981 年 9 月发生特大洪水, 历时长, 汛后检查, 一级消力池底板冲毁面积 2000m^2 , 深 $1\sim 2\text{m}$, 大部分钢筋外露, 冲走混凝土 2600m^3 。

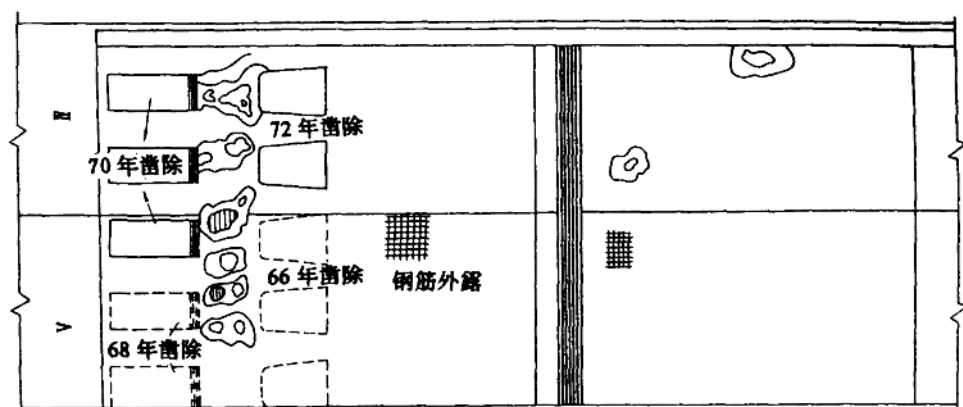


图 5 盐锅峡一级消力池破坏平面图(1970 年 3 月测绘)

3. 蒲圻陆水水利枢纽溢流坝(坝高 49m)^[8] 溢流坝设 5 孔, 采用底流水跃消能, 两级消力池, 两级之间用 $1:6$ 斜坡连接。反弧段设 10 个趾墩均无破坏, 而在每个墩体后 3m 范围内出现一对对称空蚀坑, 深度约 $0.23\sim 1.32\text{m}$, 面积 $4\sim 7\text{m}^2$, 有的钢筋已被折断。由减压模型试验, 看到趾墩后形成左、右两个对称的立轴旋涡, 旋涡中心处瞬时压强低于蒸汽压强, 出现密集的空化云, 这是导致空蚀的原因。

4. 富春江水电站溢流坝(坝高 47.7m)^[9] 坝顶溢洪道 17 孔, 面流消能。1978 年枯水

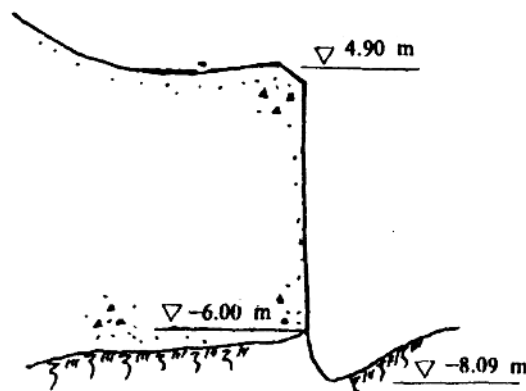


图 6 富春江水电站溢流坝 14 坝段坝趾部位淘刷图

期鼻坎外露,发现鼻坎空蚀破坏14处,损坏长度108.3m,占鼻坎总长的37.7%,损坏面积143.6m²,混凝土剥落约20m³,钢筋外露203根,其中折断30根。

1984年水下检查,发现坝趾淘刷,12[#]、13[#]、14[#]坝段坝趾后基岩淘刷破坏最为严重,形成一个水下洞穴,长8.7m、高4.2m、宽0.5m,最低高程达-8.09m,坝趾已临空0.5~2.0m,见图6。

5. 岳城水库(土坝坝高53m)溢洪道^[10] 溢洪道修建时不重视施工质量等原因,造成镇墩曲面不平顺,分块缝之间的高差和模板块的错位,引起曲面局部凹凸不平及高低坎普遍皆是。经多年运行,泄槽破坏面积占总面积50%以上,局部剥蚀,深度达3~5cm,粗骨料外露,见图7。

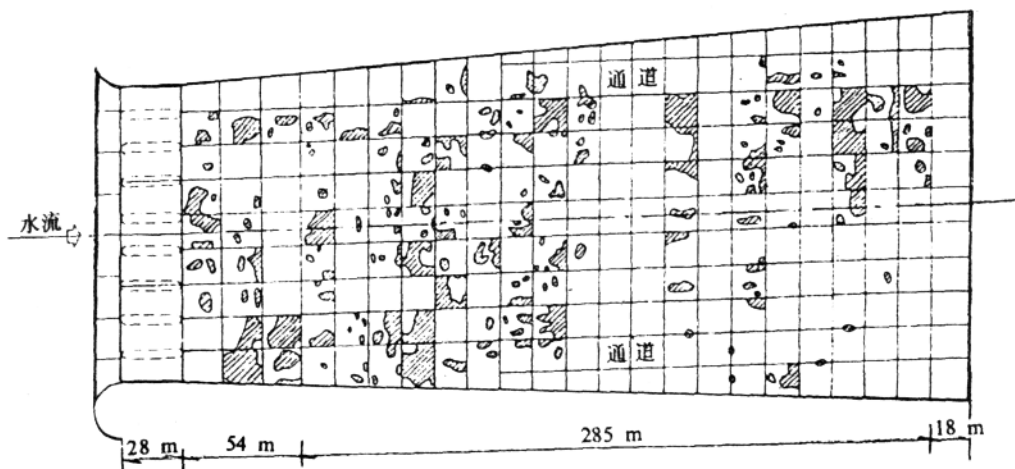


图7 岳城水库溢洪道泄槽面板破坏平面图

6. 回龙山水电站溢流坝(坝高35m)^[11]溢流坝鼻坎多处破坏,见图8。由于鼻坎末端接一小平台,经模型试验验证,当闸门隔孔开启泄洪或处于临界面流流态时,平台末端出现负压,因此导致空蚀破坏。

7. 拉浪水电站坝顶溢洪道(坝高38.0m) 坝顶溢洪道共设9孔,挑流消能。1981年复核,由于设计洪水系列短缺,设计洪水偏低,现大坝已加高2.1m,泄量由9500m³/s提高到10600m³/s。

8. 沙田水电站坝顶溢洪道(坝高38.0m) 坝顶溢洪道共设4孔,挑流消能。1980年5月宣泄26年一遇洪水,造成洪水漫顶1.3m,大坝设计洪水偏低,现坝顶已加高1.4m。

9. 麻石水电站溢洪道(坝高30.6m) 开敞式溢洪道共13孔,面流消能。运行基本正常,但由于面流流态难以保证,对坝基冲刷严重,局部有淘空。

10. 马迹塘水电站泄洪闸(闸高25.3m)^[6] 深孔



图8 回龙山水电站溢流坝鼻坎空蚀图

5孔、浅孔18孔，底流消能。溢流坝下游护坦多处磨损，右导墙脚淘空，并冲毁100余m长边墙，见图9。

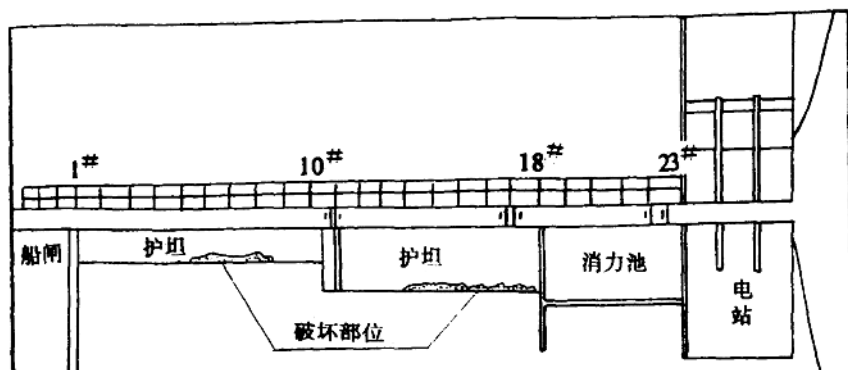


图9 马迹塘水电站溢流坝下游护坦破坏图

11. 石棉水电站冲沙闸(闸高20.0m)^[11] 大、小冲沙闸各2孔，底流消能。闸底板及铺盖磨损严重，闸墩与边墙下部被磨损，见图10。

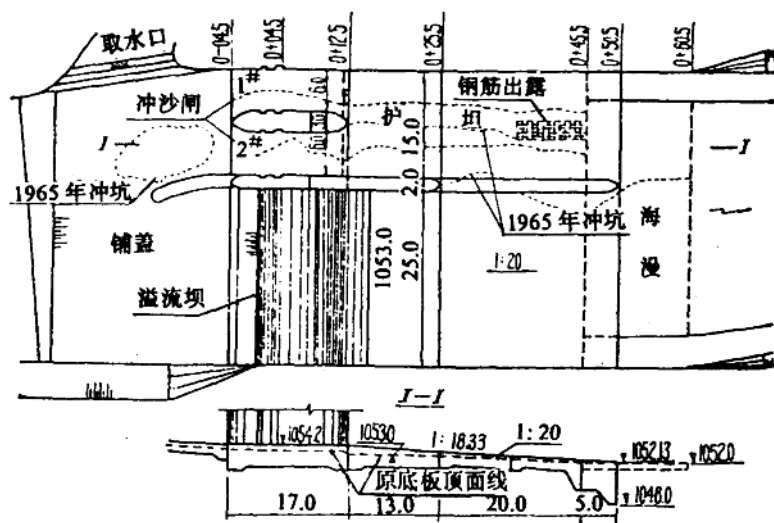


图10 石棉水电站冲沙闸下游护坦冲坑及体型修改图

12. 柳林水电站坝顶溢洪道(坝高18.0m)^[12] 坝顶溢流、底面流消能。1982年9月泄洪后，消力池尾坎长185.2m，冲毁122m，占65%；护坦消力池底板3889m²，冲毁2900m²，占74%；海漫2620m²，冲毁1600m²，占61%，消力池底板处的冲坑最深达4.3m，且靠近坝趾，最近距离1m，故威胁大坝安全，见图11a。主要是消力池底板施工时

未经验算擅自抬高 1.5m 和闸门单孔全开全关, 导致远驱水跃。

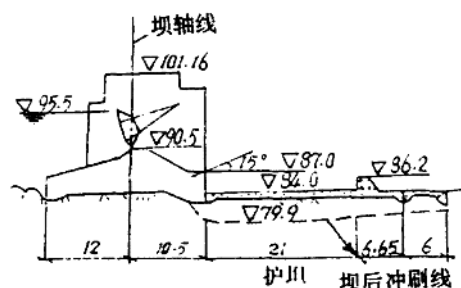


图 11a 柳林水电站溢流坝消能工及其破坏示意图
(单位: m)

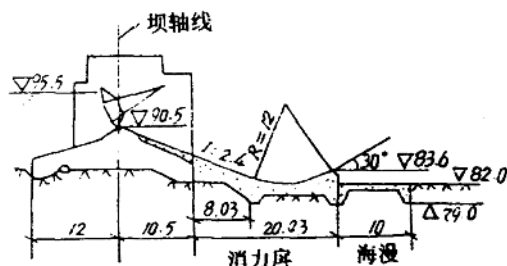
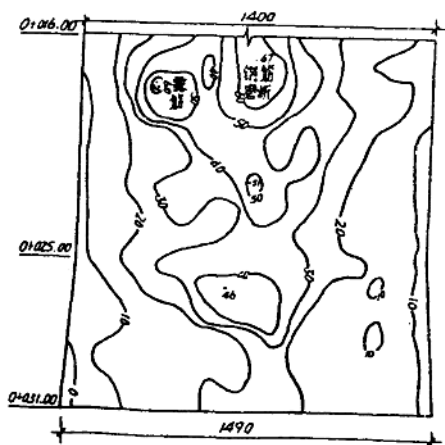


图 11b 消能工修复后剖面图
(单位: m)

13. 映秀湾水电站泄洪闸(闸高 17.0m)^[13]



图中等高线数字为相对于闸底板设计高程
(▽936.00m)的冲刷深度(单位:cm)

图 12 映秀湾 3#泄洪闸底板冲刷图

泄洪闸 5 孔, 底流消能。闸底板冲刷磨损, 以 1#、3# 闸最为严重, 见图 12。另由于库区和下游河床淤积闸坝泄流能力不足, 闸坝现已加高 2m。

14. 六郎洞水电站坝顶溢洪道(坝高 13.0m) 坝顶实用堰溢洪道 1 孔, 原设计为 6.0m×3.5m(宽×高), 为了提高库水位、超负荷运行, 改为 4.0m×1.5m, 现泄洪能力不满足设计要求。

15. 官庄水库溢洪道^[14] 宽顶堰溢洪道 10 孔, 宣泄单宽流量 $6\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$ 时, 陡槽末端底板(混凝土块)被冲走, 中间两块的基础被冲深约 2.5m。主要原因是接缝有升坎; 纵横接缝均未设水平止水, 仅用柏油杉板填缝, 且有些已损坏; 陡坡及底板未设锚筋; 脉动压力将混凝土板掀起, 最后被水流冲走, 见图 13a、13b。

16. 东吴水库溢洪道^[1] 溢洪道控制段装有平板闸门, 门后有陡坡及消力池。1973 年宣泄较大洪水后, 发现右侧陡坡底板下基础被淘空, 后进行了修复, 到 1975 年 10 月检查, 发现左侧底板下又有漏水通道, 带出砂土, 敲击漏水点以上底板时闻有空洞声。主要是闸门漏水, 水流自接缝处渗入到底板下部, 反滤层不起作用, 漏水带走地基土壤, 使空洞越来越大, 造成底板脱空破坏, 见图 14。

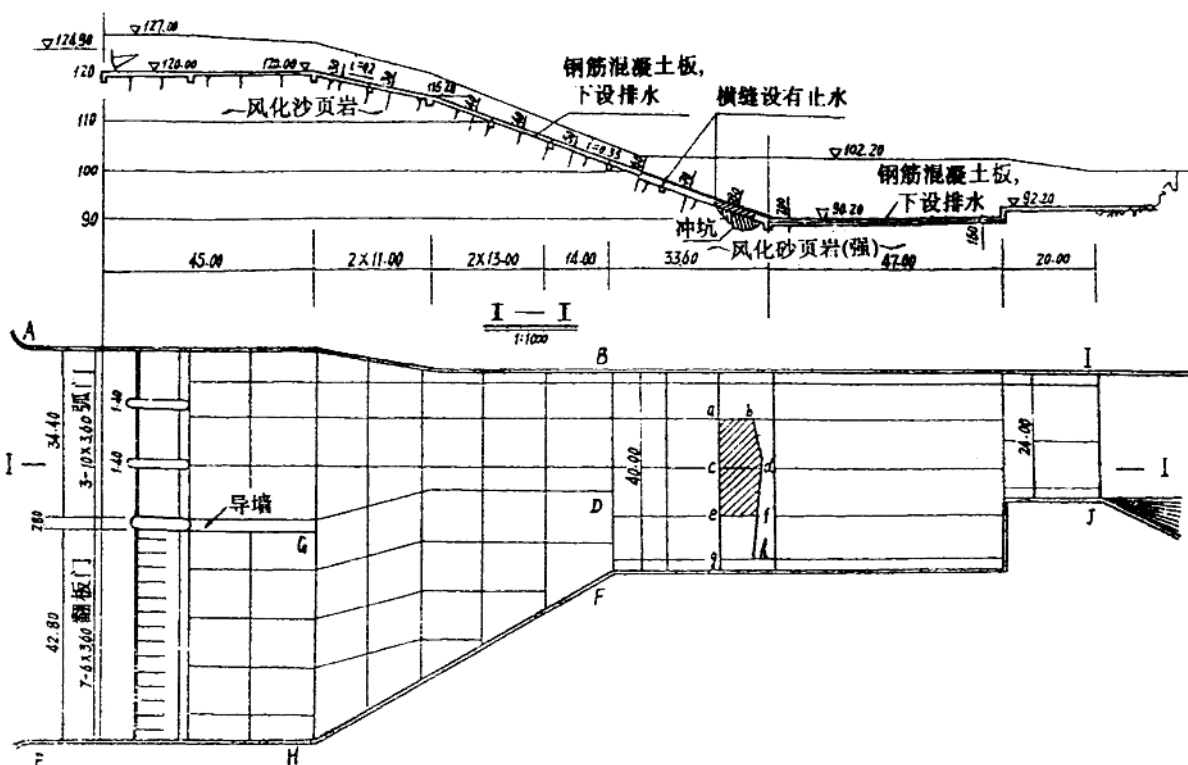


图 13a 官庄溢洪道破坏示意图(1982 年冲毁 $Q=180\text{m}^3/\text{s}$) (单位: m)

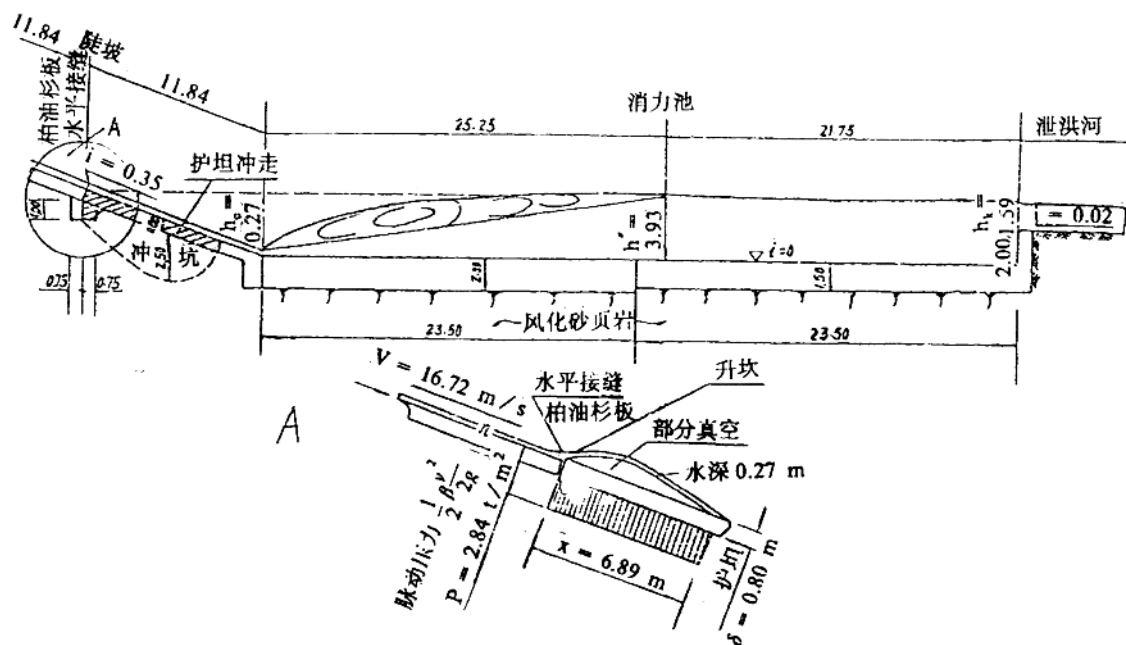


图 13b 官庄溢洪道陡坡末段冲毁图 (单位: m)