

③

17-24

水库

设计

安全度

垮坝

风险分析

防洪

第15卷第1期

水利水电科技进展

1995年2月

水库安全设计与垮坝风险

朱元胜 王道席

TV 62

(河海大学水资源水文系 南京 210098)

摘要 我国和世界水库安全事故和垮坝的统计资料,可以为检验水库安全设计,和解决如何把握安全适度的“度”,提供一些重要的信息。我国大中型水库共有2 891座,垮坝为123座(垮坝率 $Q_f=4.25\%$),垮坝率为国外的2.6~2.8倍,差别相当明显。虽然可能是由于国内外统计的标准和方法不完全一致造成的,数值不见得能直接对比,但是相差如此之大,是否应引起足够的注意,并对它作进一步的分析呢?适度的防洪安全标准,即安全适度的“度”,是需要通过权衡得失方式确定的,其结果是与设计水库的经济、社会、环境和政治价值有关;也和影响设计水库安全的众多风险因素的作用有关。如果认同这种观点,一方面得出的标准应该是因地而异的,另一方面得出的设计标准也应该是因时而异的。

关键词 水库 风险分析 安全度 垮坝 防洪标准 安全设计

远在公元前1950年。巴比伦的Ham-murabi皇帝制定的法典中,对于处理房屋倒塌事故的法律条文,是依据“以牙还牙”原则制定的,即由建房工匠一方承担事故的全部责任、赔偿房主全部损失,包括为伤人及致死而偿命。这部并不完善的早期法典反映对房主阶层的偏袒,裁决的标准是简单而明确的,并没有区分事故的性质,不论其原因是属于被告主观的失职或疏忽,还是属于客观的洪水、地震和暴风雨等,判决都是相同的。经过漫长的历史进程,人们才认识到对建造者或生产者一方过苛的惩处,势必导致采取不必要的和过度的保证安全措施,只会约束社会经济的发展。从此法律的条文就注意到要区分事故的性质了,并在不断完善和健全过程中,逐步调整当事双方的责任范围的划分,表现出向反方向倾斜的趋势。到了资本主义兴盛时期,对安全事故赔偿案例的原则是:法律只保护交易双方签订的契约,或行业制订的标准所限定的索赔权利,法律明显倾向建造者或生产者一方。例如英国一则关于马车交通事故的著名案例,法官裁决马车制造商的

赔偿,只局限于该马车的乘客人身及财物损失,对事故殃及的路人不负赔偿责任。可以看出此时的法律认定:当事人只对“契约”或“标准”限定范围之内事故损失负责,范围之外的“超标准”的事故风险是由消费者承担的。其后果导致建造者或生产者设法制订不公正的契约或标准,来逃避保证消费者人身及财物安全的责任。到了近代,法律又出现向反方向摆回的趋势,美国的一些安全事故案例,判决往往是对建造者和生产者不利,法官的裁决一般都没有受行业标准或政府的技术管理规定的制约,而是遵循保护消费者的安全不受损害权益的准则^[1]。如某警官汽车事故受伤致残,指控Chrysler汽车公司设计失误案(1980),尽管原设计是符合行业标准和政府的技术管理规定的,但判决该警官胜诉,获2百多万美元赔款。又如两艘近海拖轮的船主指控船厂未装无线通讯设备,不能及时获取风暴信息致使沉船案(1932),虽然行业标准近海拖轮是无需配置的,法庭依据配置通讯设备简单易行又不昂贵,却可大幅度提高航行安全保证,判决船主胜诉。再有某顾客指控

服装厂未采用阻燃布料制作儿童睡衣,造成燃烧使四岁女孩致伤案(1980),法院裁决被告行为属疏忽,不负责任和蓄意不顾他人的利益,应赔偿原告损失 7.5 万美元,另罚款 100 万美元等。

从以上对历史的简略回顾,可以看出:一方面法官和涉及安全设计的双方当事人迫切都需要制订一个标准,作为处理安全事故划分责任的依据,标准要求明确清晰。另一方面,历史的经验却又说明由于决策人员不同,和公众的安全或风险意识的变化。对安全设计的要求是在不断调整的,标准似乎是模糊不定的。因此,在安全设计工作中,“如何把握安全适度的‘度’(How save is save enough)?”,成为一个长期困扰人们的矛盾。

水库垮坝事故不同于一般性的安全事故,一方面其后果特别严重,有时会造成惨绝人寰的毁灭性灾难,另一方面垮坝受众多自然因素影响,是非人力所能控制的。然而,现代水库工程安全设计原则,仍旧是以一定的设计标准作为基础,即在各种自然因素(如暴雨、洪水、风浪、地震等)可能变化的幅度内,拟定一种或多种对水库安全不利的组合,用作为水库安全设计标准。我国的水库安全设计,是以雨洪的频率、地震的震级和烈度、结构物的安全系数等为定量指标,再选定这

些指标的数值,作为设计标准,即安全适度的“度”。设计程序的框架和各项设计标准,是分别由各行业专家统一研究制定,经过政府主管机构审查批准,作为技术规范颁发执行,是全国的水库安全设计的依据,具有法令性约束作用。

通过规范形式制定安全设计程序的框架和各项设计标准的办法,在实用上具有统一和简便的优点,可以通过权威机构认定的方式,回避了对标准的合理性和适度性作论证,虽然在理论上对同类水库的安全度具有一定的可比性,但是也存在明显的弱点:由于各个水库的情况各异,如水库在当地社会经济发展中的地位和作用;出现事故或垮坝的后果严重程度;设计所依据资料的数量和质量;设计方法的精度和可靠性;施工技术和质量;工程运作、维修、管理状况等方面都不尽相同,这些势必会影响到水库的安全。适度的安全设计标准理应体现这些差别,采用的数值应该是不同的。而在统一的水库安全设计规范条文中,就很难针对具体水库细致地考虑其具体条件。

我国水库防洪安全的洪水设计规范几经修改,也体现出试图克服上述弱点的努力,规范变动情况如表 1。

表 1 历次水库设计洪水标准汇总表(重现期·年)

	坝 型	幅度	挡水建筑物级别					备 注
			1	2	3	4	5	
1964 年标准	不分坝型	无幅度	10000	1000	500	200	100	失事后造成较大灾害的重要大型、中型水库以及特别重要的小型水库采用上限;失事后不致造成较大灾害的水库采用下限或上下限之间。
1979 年山丘区标准	土石坝	上限	(可能最大洪水)					
		下限	10000	2000	1000	500	300	
	混凝土坝	上限	(可能最大洪水)					
		下限	5000	1000	500	300	200	
1979 年山丘区补充标准	土石坝	无幅度	10000 或可能最大洪水	2000	1000	500	200	适用于一般坝高小于 15m 的水库
	混凝土坝	无幅度	5000	1000	500	200	100	
1990 年平原滨海区标准	不分坝型	上限	2000	1000	300	100	50	
		下限	1000	300	100	50	20	

我国和世界水库安全事故和垮坝的统计资料,可以为检验水库安全设计和解决如何把握安全适度的“度”,提供一些重要的信息。据《中国水旱灾害》编委会提供的资料,1991年全国已建成水库83 799座,总库容4 677亿 m^3 ,其中大型水库367座,库容为3 400亿 m^3 ;中型为2 524座,库容为693亿 m^3 。如表2所列。

据《中国水旱灾害》编委会的资料,自1950年至1990年全国垮坝共3 241座(占3.86%),其中大型2座(占0.55%),中型

121座(占4.79%),小型3 118座(占3.85%)。

根据1973年国际大坝委员会(ICOLD)的资料^[3],统计了43个成员国的8 925座大坝,其中出现危及坝体安全事故为367座(占4.11%);垮坝为135座(占1.51%),和1975年和1988年由美国大坝委员会(USCOLD)提供的资料^[4,5],统计了5 450座水库,其中出现危及坝体安全事故为306座,事故率 $Q_s=5.6\%$;垮坝为89座, $Q_s=1.63\%$,见表4。国外统计的是坝高超过13.7~15.0m的水库,

表2 全国已建成水库(库容:万 m^3 ;座数:座)

地 区	合 计		大 型		中 型		小 型	
	座 数	总库容	座 数	总库容	座 数	总库容	座 数	总库容
全国总计	83 799	4 675 192	367	34 003 776	2 524	6 932 563	80 908	5 788 853
北 京	82	926 679	4	875 400	16	43 233	63	8 046
天 津	93	252 226	2	205 900	11	35 939	80	10 387
河 北	1 176	1 498 172	20	1 275 410	36	128 637	1 120	94 125
山 西	779	399 394	6	170 700	54	146 666	719	82 028
内 蒙 古	474	730 871	9	501 228	59	170 207	406	59 436
辽 宁	915	3 036 425	25	2 740 526	62	188 665	828	107 234
吉 林	1 332	2 998 778	13	2 685 650	82	203 762	1 237	109 366
黑 龙 江	494	690 038	15	438 400	51	160 725	428	90 913
江 苏	1 140	1 901 280	8	1 671 400	40	121 302	1 092	108 578
浙 江	3 585	3 377 058	19	2 886 549	96	272 708	3 470	217 801
安 徽	4 536	1 825 973	10	1 247 530	100	326 523	4 426	251 920
福 建	2 738	725 340	8	38 000	72	178 759	2 658	166 581
江 西	9 571	2 351 532	18	1 325 400	194	439 522	9 359	586 610
山 东	5 643	1 922 966	33	1 214 920	136	380 129	5 479	327 917
河 南	2 430	5 023 402	16	4 556 900	97	269 014	2 317	197 488
湖 北	5 760	5 013 381	52	3 926 551	226	635 941	5 482	451 889
湖 南	13 261	2 911 780	15	1 735 700	227	541 641	13 019	634 439
广 东	6 355	3 721 371	27	2 478 416	263	709 414	6 065	533 541
广 西	4 479	2 217 224	25	1 301 318	167	486 066	4 287	429 840
海 南	980	751 485	5	455 658	67	192 388	908	103 439
四 川	9 181	1 192 023	7	396 970	118	283 826	9 056	511 227
贵 州	1 850	520 022	3	315 900	29	71 467	1 818	132 655
云 南	4 528	696 651	2	65 860	125	353 568	4 401	277 223
陕 西	1 336	456 672	5	123 400	62	202 019	1 268	131 253
甘 肃	285	853 993	6	728 660	25	86 117	254	39 216
青 海	136	20 581			5	8 582	131	11 999
宁 夏	194	175 166	1	85 000	14	53 538	179	36 628
新 疆	460	584 709	13	215 430	90	292 205	357	77 074

注:表中数据不含上海、西藏、台湾。

表3 中国、美国和世界水库安全事故或垮坝统计表

	中 国		美 国		世 界	
	垮坝事件	安全事故	垮坝事件	安全事故	垮坝事件	安全事故
统计的水库数(座)	2 891	*	5 450	5 450	8 925	8 925
垮坝数 M_f 或事故数 M_a (座)	123	*	89	306	135	367
垮坝或事故发生初期五年的百分比(%)	*	*	50.0	48.0	53.0	58.0
垮坝率 Q_f 或事故率 Q_a (%)	4.25	*	1.63	5.61	1.51	4.11
发生垮坝或事故的水库平均工作年限(年)	(25)	*	17.16	16.72	13.92	13.10
垮坝概率 P_f 或事故概率 P_a (%)	(1.77)	*	0.952	3.36	1.09	3.14

注: * 为无资料未作统计

表4 不同类型原因造成安全事故或垮坝统计表

	垮坝事件 概率 P_f (%)	不同原因 相对比例 (%)	安全事故 概率 P_f (%)	不同原因 相对比例 (%)
漫顶	1.40	11.7	1.60	4.3
溢洪道 损毁	2.20	18.3	10.0	27.0
管涌和 渗透	6.30	52.5	18.0	48.8
滑坡和 塌方	1.70	14.2	4.70	12.7
其它	0.40	3.3	2.60	7.2
合计	12.0	100.0	36.9	100.0

粗略相当于国内的大中型水库,我国大中型水库共有2 891座,垮坝为123座(垮坝率 $Q_f = 4.25\%$),垮坝率为国外的2.6~2.8倍,差别相当明显。虽然可能是由于国内外统计的标准和方法不完全一致造成的,数值不见得能直接对比,但是相差如此之大,是否应引起注意,并对它作进一步的分析呢?从洪水变化特性、水库安全设计标准、工程质量、维护管理等有关安全方面,作出合理的解释,又如将国外垮坝资料分成发展中国家和发达国家统计,再与国内资料对比,至少得给出一个说法。

我国垮掉的3 241座水库中,垮坝原因是多方面的,包括:①超标准洪水和工程泄洪能力不足而造成垮坝的1 633座,占50.4%;②工程质量问题引起的垮坝1 241座,占38.3%;③管理不当的为165座,占5.3%;④其它原因202座,占6.2%^[3]。其中,由于洪水超标准和工程泄洪能力不足原因的最

多。

国外垮坝原因统计资料见表4。其中因大坝漫溢造成垮坝的水库数目最小,仅占垮坝总数的11.7%,而由于管涌和渗流造成安全事故或垮坝的最多,占垮坝总数的52.5%。考虑到国外统计资料中,由于溢洪道损毁而垮坝的水库,可能有部分是属于洪水超标准,工程泄洪能力不足而造成的,即使把大坝漫溢或溢洪道损毁两种原因合计,也只不过占垮坝总数的30.5%,显著低于国内的50.4%。

造成国内外水库垮坝原因相对的比例差别甚大的因素可能有多种,资料的质量和原因分类的标准都可能有问题,如何对比有待专家作进一步研究。不过,国内外采用的水库防洪安全洪水设计标准不同,很可能是洪水超标准,工程泄洪能力不足而造成垮坝数量差别大的原因之一。

国内采用千年到万年重现期洪水作为设计标准,国外多数采用可能最大洪水作为设计标准,国内标准相对要低一些,出现事故甚至垮坝的可能性也就大一些。显然,标准的相对高低并不能说明谁是谁非,或者评定谁优谁劣。这是由于国内外条件不同,把握安全适度的“度”就应该有差异。想要作出评价就必须先得找到一个人们认同的、适度的安全设计标准。黄委王国安总工程师收集了大量资料,试图论证我国水库防洪安全洪水设计标准偏高,他提出应适当降低的主张也是言之

成理的,不过并非无懈可击,他未能圆满解决如何给出一个人们认同的,安全适度的“度”问题。

由于水库运作一年,就相当作一次实验,年终结果是可能出现事故甚至垮坝,也可能安然度过未出现事故。显然工作愈长出现事故的可能性就愈大,单纯统计出现危及坝体安全事故或垮坝的水库座数,只计算它与总座数的百分比,作为事故率 Q 或垮坝率 Q_f ,存在一定的局限性。学者 Shui-Tuang Cheng 建议采用下列公式^[7],计算危及坝体安全事故中垮坝的概率。

$$P_f = \frac{N_f}{TM}$$

$$P_a = \frac{N_a}{TM}$$

式中 T 为统计时全部水库平均的工作年限 (Shui-Tuang Cheng 文中注明只统计垮坝水库平均工作年限,似不妥,我们作了修正。); N_f, N_a 为出现垮坝或危及坝体安全事故的水库座数; M 为统计时水库的总座数。

Shui-Tuang Cheng 根据 ICOLD 和 USCOLD 的资料计算危及坝体安全事故或垮坝的概率 P_f , 成果见表 3。在全世界的 8 925 座水库中, 每年平均有 1.09‰ 要垮坝, 即每年平均有 10 座水库垮坝; 全美国 5 450 座水库中, 每年垮坝数平均占 0.952‰, 即每年平均有 5 座水库垮坝。根据我国大中型水库垮坝资料, 如果以 $T=25$ 年计算, 垮坝概率 P_f 为 1.77‰, 也明显高于国外。

根据 ICOLD 和 USCOLD 的垮坝资料, 还可获得一些重要信息, 如按不同坝高及坝型统计, 计算危及坝体安全事故或垮坝的概率 P_f , 成果见表 5 和表 6。

值得注意的是表 5 列出了 P_f 的数值变化趋势, 坝高(或库容)数量愈大的水库, 其设计及运行会更加保守和慎重些, 因此安全事故概率和垮坝概率都应低些, 而实际资料表

表 5 不同尺度坝的事故概率统计表(世界)

坝 高(m)	每坝每年概率(10^{-3})	
	垮坝 P_f	垮坝和事故 P_a
<5	2.3	3.7
15~29	1.2	2.5
30~49	1.1	4.7
>50	0.4	4.6

表 6 不同坝型事故概率统计表

坝 型	每坝每年概率(10^{-3})			
	美 国		世 界	
	垮坝 P_f	垮坝或事故 P_a	垮坝 P_f	垮坝或事故 P_a
土 坝	0.9	3.5	1.2	3.9
堆石坝	1.8	4.8	2.5	7.0
重力坝	1.1	3.0	0.7	1.4
拱 坝	0.5	2.5	1.0	3.7
支墩坝	*	*	9.7	5.7
其它*	4.4	3.4	1.4	2.3
土石坝	1.0	3.6	1.3	4.0
混凝土坝	1.2	2.8	1.0	2.1

注: * 包括没有分坝型

** 资料不足无法计算概率值

明降幅却不明显, 原因可能是坝高高了, 工程技术相对就更复杂了, 出现事故的可能性将加大, 两者相抵其安全事故概率和垮坝概率并没有降低, 甚至反而有所提高。

通过对不同坝型的事故概率或垮坝概率 P_f 比较(表 6), 重力坝的事故或垮坝概率最低, 不过土坝和拱坝也很安全, 它们的概率与重力坝相差无几, 支墩坝最危险, 其概率要明显高于其它坝型。实际统计得出的事故概率和垮坝概率, 是反映工程设计、施工、维护、管理等环节中, 众多风险因素综合作用的结果。其实, 习惯认为混凝土比当地材料坝更安全的概念是缺乏根据的, 至少是与 ICOLD 和 USCOLD 的统计资料不符, 除非不考虑最危险的支墩坝坝型。

Shui-Tuang Cheng 还根据 ICOLD 和 USCOLD 的资料, 绘制了不同坝型在不同工作年限条件下, 水库出现事故或垮坝的概率

曲线及柱状图。见图 1~3。

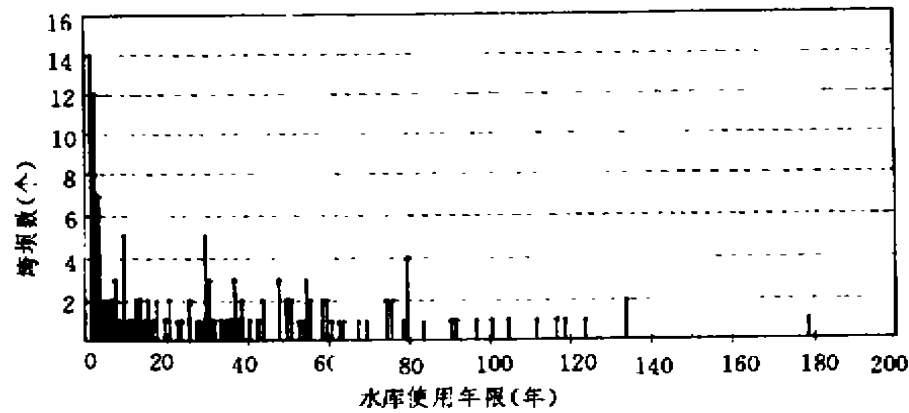


图 1 垮坝概率(USCOLD)图

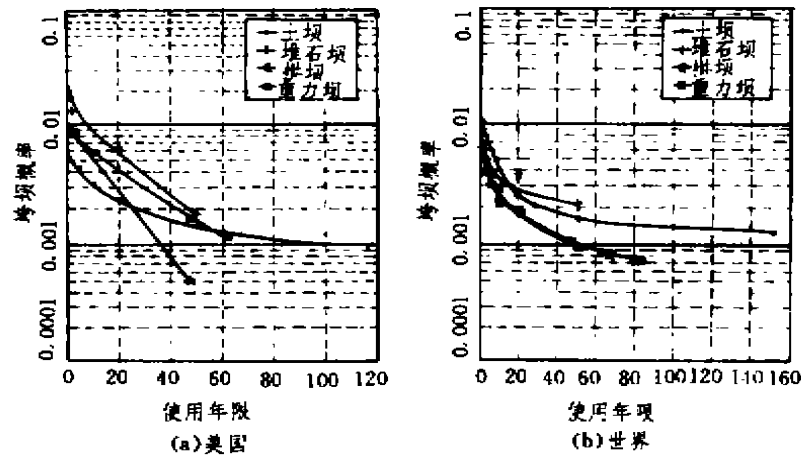


图 2 不同使用年限、不同坝型的垮坝概率图

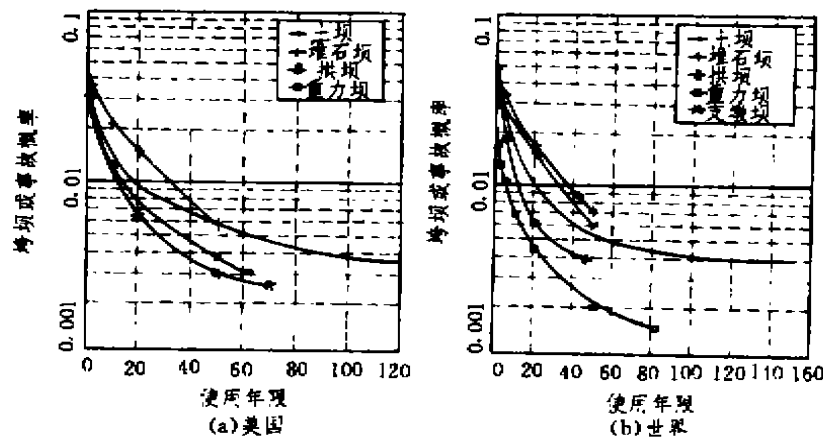


图 3 不同使用年限、不同坝型的垮坝或事故概率图

在 Shui-Tuang Cheng 的论文提供的资料中,还可揭示出两件重要的事实,其一是许多安全事故或垮坝事件都是发生在水库建成的初期。如表 4 所列,大约有 50%左右的故事是发生在最初的 5 年期间。他还按照不同时期建成的水库,分别统计初期 5 年和 5 年以后的危及坝体安全事故或垮坝的概率,见表 7,初 5 年的概率比后期要相差一个量级。

表 7 不同使用年限事故概率统计表

建成时间	每坝每年概率(10^{-3})			
	5 年内		5 年后	
	垮坝 P^*_{f1}	垮坝或 事故 P^*_{fa}	垮坝 P^*_{f2}	垮坝或 事故 P^*_{fa}
A. 美国				
≤1900	38	45	7.21	6.3
1901~1910	16	21	1.44	2.5
1911~1920	12	26	0.59	2.3
1921~1930	11	26	0.21	0.64
1931~1940	9	13	*	0.4
1941~1950	4	28	0.61	0.8
1951~1960	*	7.3	0.24	0.89
1961~1970	0.9	13	0.09	0.93
1971~1980	6.5	43	0.16	0.91
B. 世界				
≤1900	9.17	16.6	0.92	1.53
1901~1910	8.25	12.9	0.71	1.09
1911~1920	13.2	27.5	0.59	1.83
1921~1930	8.36	25.9	0.39	0.51
1931~1940	17.2	24.4	*	0.18
1941~1950	4.65	15.9	0.06	0.58
1951~1960	0.54	5.2	0.28	0.85

注: * 者为资料不足无法计算其概率。

由此可以说明,加强水库早期的维护和监测工作,对于降低事故风险具有明显的作用。从另一个角度还可以说明,国外水库垮坝主要是由于管涌和渗流造的,而不是洪水超标准或工程泄洪能力不足造成的,因为渗流造成安全事故的风险,在水库建成初期蓄水的 5 年期间里,明显要比 5 年过后大得多;而水文风险是不应有多少差别的。可惜我们未能收集到国内有关垮坝时间的资料、无法作对比和分析。

另一事实是在长达一个世纪的时段内,虽然由于天气气候、地震活动、建坝科技、社会经济等因素的影响,不同时期建成的水库的安全事故或垮坝概率有所波动,但是,垮坝概率变化过程基本持平,并没有如多数人的期望,随百年来科技的进步和经济的发展,水库安全事故或垮坝风险显现出大幅度降低。

实践是检验真理的唯一标准。我们认为,对国内外水库安全事故或垮坝资料的分析研究,对于评价我国的水库防洪安全设计程序和防洪安全的洪水规范是大有帮助的,应当引起有关主管部门的充分重视。譬如,我国的水库安全设计程序并没有要求对总风险作出评估,由于洪水设计规划是以千年或万年的设计洪水重现期定量表述设计标准的,容易使人们误认为它就是水库出现安全事故与垮坝的风险。为了保证水库安全,不适当地要求提高洪水设计标准,忽略了一些重要的风险因素,如地震风浪、结构设计、水流水力、建筑材料、施工技术、维护管理等方面的不确定性。又如,对于我国的水库防洪安全的洪水设计规范,所制定的标准孰高孰低,是否合乎我国国情?选定建筑物等级和设计标准的条件,有无可改进的地方?

为研究水库防洪安全设计,美国土木工程学会(ASCE)下属的地表水水文委员会于 1984 年成立了专题委员会,该委员会由田纳西流域管理局(TVA)的资深工程师 Newton 为首的 13 位教授和工程师组成。其目的是研建能够在全美国范围实用的、统一的水库安全水文程序。经过三年的努力、反复修改六次,完成了一份总结报告^[1]。

专题委员会分析研究了水库防洪安全设计的各种程序后,指出:“如何把握安全适度的‘度’?这个问题的答案,只能针对设计水库具体分析其垮坝的可能性及其后果,并估算出防御失事所需耗用的资源,再通过权衡得失方式,确定适度的防洪安全标准,即安全适

度的“度”。总结报告对于采用定量风险评估途径的必要性和可能性作了分析,肯定了这一方向。专题委员会深入地分析研究了引用风险分析概念进行水库防洪安全设计存在的问题,并在报告里给出了建议。

在分析水库安全事故或垮坝的后果时,不仅要考虑可用货币度量的经济损失,还应同时考虑不能用货币度量的后果,如对社会、环境和政策方面的影响。程序要求对前者通过货币金额作定量分析,对后者则是按严重程度作定性分级。最后再通过敏感性分析途径把两者综合在一起。

在分析水库安全事故或垮坝的风险时,不仅要考虑暴雨洪水等水文风险因素的随机性,还应同时考虑地震、风浪等随机性,考虑原始资料、地质条件、建筑材料、设计方法、施工质量、维修监测和管理水平等方面的不确定性。然后综合众多风险因素作用得出水库安全事故或垮坝的总风险。

适度的防洪安全标准,即安全适度的“度”,是通过权衡得失方式确定的,其结果是与设计水库的经济、社会、环境和政治价值有关,也和影响设计水库安全的众多风险因素的作用有关。如果认同这种观点,一方面得出的标准应该是因地制宜的,美国垦务局(USBR)曾结合典型实例,对水文风险作过研究^[2],成果说明,当垮坝损失(包括坝下游洪

泛区损失)严重时,标准相对要高些,反之亦然;洪水频率曲线特别是其上端的特性,对最终选定的安全标准比较敏感。另一方面得出的设计标准也应该是因时而异的,但未必存在逐年提高的趋势,人们消灭垮坝风险的愿望是可以理解的,但实际却未必是可行的。

参考文献

- 1 The task committee on spillwa design flood selection, ASCE. Evaluation procedures for hydrologic safety. New York, 1988
- 2 Committee on the Safety of Existing Dams, National Research Council. Safety of exiting dams-evaluation and improvement. New York, 1983
- 3 International Commission on Large Dams (ICOLD). Lessons from dam incidents. Reduced Edition. Paris, 1973
- 4 U. S. Commission on Large Dam (USCOLD), Comittee on Failures and Accidents to Large Dams. Lessons from dam incidents, USA. ASCE, New York, 1975
- 5 U. S. Commission on Large Dam (USCOLD), Committee on Failures and accidents to large Dams. Lessons from dam incidents, USA. ASCE, New York, 1988
- 6 Shiu-Tuang CHENG. Statistics on dam failures. In: Reliability and uncertaint analises in hdraulic design, B. C. Yen & Y. K. Tung eds. New York, 1993

(收稿日期:1995-01-16)

· 新书介绍 ·

《水资源综合规划》——水资源综合规划/唐德善、王锋、苏万益编著,——南昌,江西高校出版社,1995.1

本书阐述了如何根据国民经济发展的实际需要及水资源客观情况,经济合理地多目标治理河流、多目标开发利用水资源,确定水利工程的开发方式、开发规模和可以获得的综合效益,以及拟定水利工程的经济运行方式。全书共分3篇12章,8个附录。第一篇为水资源规划基础,重点讲述水资源技术及综合开发利用,水资源规划的资料和报告的编写,径流调节原理及算法。第二篇为水资源规划的组成,分章讲述防洪、灌溉、水能及综合利用规划,地下水资源规划及流域水资源系统规划。第三篇论述水资源规划的经济分析及协调,讲述经济分析所需资料,水利工程费用、效益计算,各综合利用部门之间矛盾的协调措施和方法,流域水资源系统最佳规划方案选择。本书具有先进性和实用性、基础性和技能性、系统性和全面性相结合的特点,由河海大学周之豪教授主审,可作为水利类院校的教材,亦可作为研究生、工程技术人员及有关人员的参考书。

(唐德善 供稿)