

中华人民共和国水利电力部

水工建筑物抗震 设计 规范

SDJ 10-78

(试 行)

水利电力出版社

二〇八五/16

中华人民共和国水利电力部
水工建筑物抗震设计规范
SDJ 10-78
(试 行)

*

水利电力出版社出版
(北京德胜门外六铺炕)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 $1\frac{3}{8}$ 印张 30千字
1979年4月第一版
1983年2月新二版, 1983年2月北京第一次印刷
印数 00001—14050册 定价 0.13元
书号 15143·5083

中华人民共和国水利电力部

关于颁发试行《水工建筑物抗震 设计规范》的通知

(78)水电规字第111号

根据国家基本建设委员会一九七三年的通知，水利水电科学研究院（原部科学研究所）会同有关设计、科研和高等院校等八个单位组成编制组，编制了《水工建筑物抗震设计规范》，经有关部门会审，现批准该《规范》SDJ10-78颁发试行。

各单位在试行过程中，有何意见，请告水利水电科学研究院和规划设计管理局。

一九七八年十二月八日

编 制 说 明

本规范是根据国家基本建设委员会(73)建革设字第 239 号通知和水利电力部下达的任务编制的。

编制工作的指导思想是：在毛主席无产阶级革命路线指引下，贯彻独立自主、自力更生、艰苦奋斗、勤俭建国和地震工作要以预防为主的方针，坚持实践第一，调查研究，走群众路线，开展科学研究，认真总结建国以来多次强烈地震的抗震经验，并吸取国外的有益经验。

本规范根据我国的具体情况，提出了抗震设防要求，在动力理论上采用简化的拟静力法确定地震荷载，并对水工建筑物的场地选择、地基抗震和抗震结构及工程措施等均作了相应的规定。

参加本规范编制组工作的有水利水电科学研究院、水电部第四工程局、第十三工程局、东北勘测设计院和广东省水电局勘测设计院、北京市水利气象局勘测设计处、大连工学院和华北水电学院。此外，北京大学数学系、吉林大学数学系、广东省地震局和中国科学院地质研究所等单位分别承担了部分计算和专题报告的编写工作。云南省电力局设计院也参加了部分工作。

本规范中抗震计算和抗震结构及工程措施适用于下列水工建筑物：

- 一、碾压式土坝和堆石坝。
- 二、混凝土重力坝（包括大头坝）和混凝土拱坝。
- 三、水闸。
- 四、其它建筑物——进水口建筑物、水工隧洞、水电站

压力管道、水电站厂房水下部分。

由于对水工建筑物的抗震还研究得不够，不少问题尚待今后在实践中不断研究总结。在本规范试行过程中，请各单位结合工程实际，加强抗震科研工作，认真总结经验，注意积累资料，以便于今后修订。

中国科学院
水利电力部水利水电科学研究院

一九七八年三月

目 录

第一章 总则	1
第二章 场地和地基	2
第一节 场地	2
第二节 地基	3
第三章 抗震计算	4
第一节 计算原则	4
第二节 地震惯性力	6
第三节 地震动水压力	10
第四节 地震动土压力	12
第四章 抗震结构及工程措施	13
第一节 碾压式土坝和堆石坝	13
第二节 混凝土坝	16
第三节 水闸	18
第四节 其它建筑物	19
附录一 关于地基中可能发生“液化”的土层和软 弱粘性土层的评价方法	21
附录二 确定地震荷载及内力的一般方法	23
附录三 土坝、堆石坝抗震稳定计算和抗剪强度 指标选择	25
附录四 压力管道、进水塔、排架和闸顶机架的 地震加速度分布系数 a_i	27
附录五 混凝土拱坝的地震惯性力系数 F 及分布系数 Δ_i	28
附录六 混凝土拱坝、进水塔的地震动水压力计算	30
附录七 基本符号	33
附录八 本规范用词说明	37

第一章 总 则

第 1 条 水工建筑物抗震设计，必须贯彻鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义总路线，执行以防为主的方针，保障人民生命财产和工农业生产的安全。

建筑物的抗震设计，要求能抗御设计烈度的地震；如有轻微震害，经一般处理仍可正常运用。

第 2 条 水工建筑物抗震设计，一般采用基本烈度作为设计烈度。对于 1 级挡水建筑物，应根据其重要性和遭受震害的危害性，可在基本烈度基础上提高一度。对其它特殊情况需要采用较基本烈度为高的设计烈度时，应经国家基本建设委员会或水利电力部批准。

注：需要考虑施工期和空库情况的地震作用时，可比设计烈度降低一度进行抗震设计。

第 3 条 本规范适用于设计烈度为 7、8、9 度的水工建筑物的抗震设计。抗震设计一般包括抗震计算和采取抗震结构及工程措施。对 4、5 级水工建筑物，可结合本地区的具体条件，着重于采取抗震结构及工程措施。

对 1、2 级水工建筑物，宜根据需要进行动力分析和试验研究加以校核；并提出设置地震加速度仪等进行观测的要求。

对设计烈度高于 9 度的水工建筑物，应进行专门研究。

注：设计烈度为 6 度时，可不进行抗震计算，但对重要建筑物仍须参照本规范采取适当的抗震结构及工程措施。

第 4 条 抗震设计的主要要求是：

一、结合抗震要求选择有利的工程场地和地基。

二、选择安全经济合理的抗震结构方案和工程措施，注意结构的整体性和稳定性，改善结构的抗震薄弱环节，力求建筑物形体简单，避免突变，减少应力集中等。

三、在设计中提出保证施工质量和加强管理运用的要求。

四、要考虑地震后便于对遭受震害的建筑物进行检修。对于重要水库应设置泄水底孔、隧洞等，保证必要时能较快地降低库水位。

第 5 条 按本规范进行水工建筑物抗震设计时，尚应符合现行有关标准、规范的要求。

第二章 场 地 和 地 基

第一节 场 地

第 6 条 水工建筑物的场地选择，应根据区域构造和历史地震资料，通过地震地质调查和工程地质勘察，按构造活动性、场地土和地形地貌条件进行综合评价。应尽量选择对建筑物抗震相对有利地段，避开不利地段，未经充分论证不得在危险地段进行建设。

注：对抗震相对有利地段一般是指：坝（闸）区、库区及其邻近无晚近期活动性断裂，地质构造相对稳定，同时地基为比较完整的岩体和密实土层，岸坡稳定条件较好。

对抗震不利地段一般是指：库区及其邻近地质构造复杂，有晚近期活动性断裂，坝（闸）区有可能发生“液化”的土层或软弱粘性土层分布，岸坡稳定条件较差。

对抗震危险地段一般是指：坝（闸）区地质构造复杂，有晚

近期活动性断裂,有可能伴随强震产生地震断裂,或地震时库区和坝(闸)区的岸坡可能产生大规模塌滑,威胁建筑物安全而又难以处理者。

第 7 条 在兴建高水头大水库时,如库区地质构造复杂并有晚近期活动性断裂分布,应研究产生诱发地震的可能性。对产生诱发地震可能性较大的水库,应尽量在蓄水前由有关部门设地震台进行监视。

第 8 条 在岩体结构复杂、有软弱结构面分布的高山峡谷区兴建水工建筑物时,必须查明在设计烈度下库、坝区可能产生塌滑的岸坡的分布,估计可能的危害程度,提出处理措施。对难以处理者应尽量避免。

第二节 地 基

第 9 条 水工建筑物地基的抗震设计,应联系上部建筑物的型式、荷载、水力和运行条件,以及地基的工程地质和水文地质条件,进行综合研究。对于坝、闸等挡水建筑物的地基和岸坡,应要求在地震作用下不发生滑动破坏和渗透破坏,避免产生影响建筑物使用的有害变形。

第 10 条 对挡水建筑物的地基和岸坡中的断裂、破碎带及层间错动等软弱结构面,特别是缓倾角夹泥层和可能发生“泥化”的岩层,应根据其产状、埋藏深度、边界条件、物理力学性质,以及建筑物的设计烈度,论证其在地震作用下的抗滑稳定性和变形,采取必要的措施,保证工程的安全。

第 11 条 对于土基中可能发生“液化”的土层和软弱粘性土层,可参照附录一进行评价;并查明其分布范围,分析其危害程度。对于土坝和水闸等挡水建筑物的地基,可按第31条和第49条,根据不同情况采取相应的处理措施。

第 12 条 对挡水建筑物地基和岸坡的防渗结构（如灌浆帷幕、防渗墙、截水槽、防渗铺盖等）和它的连接部位，以及排水反滤结构等，应采取措施，防止地震时产生危害性裂缝而引起扬压力增大、浸润线抬高、渗漏量增大，或发生集中渗流、“管涌”、“流土”等险情。

第 13 条 对岩土性质、厚度等在水平方向变化很大的不均匀地基，应采取措施，防止地震时产生较大的不均匀沉降和集中渗漏；并注意提高上部建筑物对地基不均匀沉降的适应性。

第三章 抗 震 计 算

第一节 计 算 原 则

第 14 条 水工建筑物的抗震计算包括抗震稳定计算和抗震强度计算。

对各类挡水建筑物及其地基，均应进行抗震稳定计算。

对各类混凝土结构、钢筋混凝土结构和钢结构等，均应进行抗震强度计算。

第 15 条 水工建筑物抗震计算所考虑的地震荷载一般应包括：建筑物自重及建筑物上荷重产生的地震惯性力，地震引起的动水压力和动土压力。

地震惯性力、动水压力和动土压力等地震荷载的计算，见本章第二、三、四各节，确定地震荷载后，进行抗震计算。地震荷载的动力分析一般方法可参见附录二。

注：（1）对高度超过150米的坝，应进行动力分析。

（2）地震浪压力和地震对扬压力、淤沙压力的影响一

般可以不计。但计算动水压力时，建筑物前水深应包括淤沙深度。淤沙问题特别严重时，应作专门研究。

(3) 土坝、堆石坝的抗震稳定计算中一般不计动水压力。

第 16 条 水工建筑物的地震荷载，一般只考虑水平向地震作用。设计烈度为 8、9 度的 1、2 级挡水建筑物，除单曲拱坝外，应同时计入水平向和竖向地震惯性力。

当同时计入水平向和竖向地震惯性力时，按第 26 条计算竖向地震惯性力并乘以 0.5 的遇合系数。

竖向地震作用下的动水压力一般可以不计。

第 17 条 对土坝、堆石坝、混凝土重力坝，地震惯性力的计算，一般只考虑顺河流方向的地震作用。

对混凝土大头坝可不对垂直河流方向的地震作用进行整体抗震计算，但应采取措施以保证坝体具有足够的侧向刚度。

对拱坝应考虑顺河流方向和垂直河流方向的地震作用，分别进行计算，其地震应力按平方和的开方进行组合。

对闸墩、进水塔、闸顶机架等结构，应沿两个主轴方向分别进行计算。

第 18 条 当进行土坝、堆石坝、混凝土坝、水闸、压力管道和进水塔的抗震计算时，上游水位一般采用正常蓄水位，但对土坝和堆石坝的上游坝坡，应根据运用条件选用对坝坡抗震稳定最不利的水位。坝内流网可按相应水位的稳定渗流考虑。

土坝和堆石坝的上游坝坡如需考虑库水位骤降时的抗震稳定，一般将地震荷载和常遇的水位骤降幅度相组合。

第 19 条 除了窄河谷中横缝经过灌浆的重力坝外，重力坝（包括大头坝）、土坝、堆石坝一般按单位宽度或单个

坝段进行抗震计算。

第 20 条 对 1、2、3 级水工建筑物，土坝和堆石坝的抗震稳定安全系数不应低于表 1 所列数值，考虑库水位骤降条件时，不得低于 1.0；各类混凝土结构应符合各有关规范中特殊荷载组合情况的要求。4、5 级水工建筑物的抗震稳定安全系数不得低于 1.0。

注：计算 4、5 级混凝土重力坝（包括大头坝）的抗震稳定安全系数时，采用不考虑粘着力的公式。

表 1 土坝、堆石坝抗震稳定安全系数

建 筑 物 级 别	安 全 系 数
1	1.10
2、3	1.05

第 21 条 土坝、堆石坝抗震稳定计算和抗剪强度指标选择可参见附录三。

第 22 条 抗震强度计算中的安全系数，应按有关规范中特殊荷载组合情况采用。混凝土的允许应力可比静荷载情况适当提高，但不超过 30%。

重力坝（包括大头坝）在抗震强度计算中允许出现瞬时拉应力，但需核算仅由地震荷载引起的拉应力，混凝土的抗拉安全系数不应小于 2.5。

第二节 地震惯性力

第 23 条 土坝、堆石坝、水闸闸墩、压力管道、进水塔、排架、闸顶机架沿高度作用于质点 i 的水平向地震惯性

力 P_i 按下式计算:

$$P_i = k_H C_z a_i W_i \quad (1)$$

式中 k_H ——水平向地震系数, 为地面水平最大加速度的统计平均值与重力加速度的比值, 按表 2 采用;

C_z ——综合影响系数, 取 $\frac{1}{4}$;

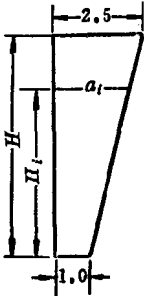
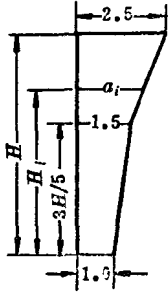
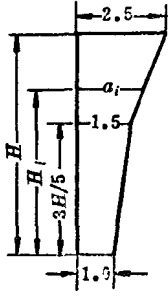
a_i ——地震加速度分布系数, 按表 3 采用;

W_i ——集中在质点 i 的重量。

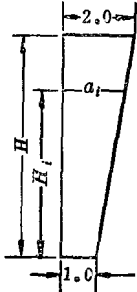
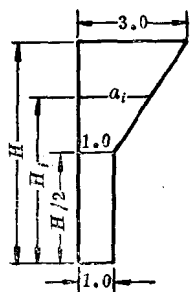
表 2 水平向地震系数 k_H

设 计 烈 度	7	8	9
k_H	0.1	0.2	0.4

表 3 地震加速度分布系数 a_i

碾 压 式 土 坝、 堆 石 坝	竖 向	水 平 向	
	$H \leq 150$ 米	$H \leq 40$ 米	$40 \text{ 米} < H \leq 150$ 米
			

续表

	竖 向	水 平 向	
		顺 河 流 向	垂 直 河 流 向
水 闸 墩			

- 注 (1) 压力管道、进水塔、排架和闸顶机架的地震加速度分布系数可按附录四采用；
 (2) 地基、岸坡和水闸墩底以下部分 a_i 取 1.0；
 (3) 岸边溢洪道的闸墩和垂直河流向地震作用下的坝上闸墩可按水闸闸墩计算；
 (4) H ——建筑物总高度。

第 24 条 混凝土重力坝（包括大头坝）的水平向总地震惯性力 Q_0 按下式计算：

$$Q_0 = k_B C_z F W \quad (2)$$

式中 F ——地震惯性力系数，按表 4 采用；

W ——产生地震惯性力的建筑物总重量。

沿建筑物高度作用于质点 i 的地震惯性力 P_i 为：

$$P_i = \frac{W_i \Delta_i}{\sum_{i=1}^n W_i \Delta_i} Q_0 \quad (3)$$

式中 Δ_i ——地震惯性力分布系数，按表 4 采用；

n ——建筑物计算质点总数。

表 4 地震惯性力系数 F 及地震惯性力分布系数 Δ_i

竖 向	水 平 向		
	$H \leq 30$ 米	$30 \text{ 米} < H \leq 70$ 米	$70 \text{ 米} < H \leq 150$ 米
$F = 1.5$	$F = 1.1$	$F = 1.3$	$F = 1.5$

--	--	--

注 (1) 需要计算地基的地震惯性力时, 按式(2)计算, 此时, Q_0 为地基的水平向总地震惯性力, W 为所考虑的那部分地基总重量, 其 F 值取 1.0;

(2) 计算溢流坝的 Δ_i 时, 坝高 H 应算至闸墩顶。

第 25 条 混凝土拱坝的水平向总地震惯性力及其在坝体的分布按式(2)、(3)计算, 其地震惯性力系数 F 及分布系数 Δ_i 可按附录五采用。

一般不对称河谷的拱坝, 可近似地对左右半拱坝分别按式(2)、(3)进行计算。

作用于左右半拱坝上的垂直河流向地震惯性力互为反向, 按式(2)、(3)对半拱坝进行计算。

对严重不对称、空腹或大孔口拱坝等特殊坝型的地震惯性力和动水压力, 以及设计烈度为 8、9 度的 1、2 级双曲

拱坝的竖向地震惯性力，均宜作专门研究。

第 26 条 土坝、堆石坝、混凝土重力坝(包括大头坝)和水闸闸墩的竖向地震惯性力，应分别按相应的水平向地震惯性力算式(1)和(2)、(3)，以竖向地震系数 k_v 代替 k_H 进行计算。

$$k_v = \frac{2}{3} k_H$$

第三节 地震动水压力

第 27 条 在水平向地震作用下，混凝土重力坝(包括大头坝)直立坝面水深 y 处的地震动水压力 $\bar{p}_y$ 按下式计算：

$$\bar{p}_y = k_H C_z f_y \gamma_0 H_0 \quad (4)$$

式中 f_y ——水深 y 处的地震动水压力分布系数，按表5采用；

γ_0 ——水的容重；

H_0 ——水深。

单位宽度的总地震动水压力 $\bar{P}_0$ 为：

$$\bar{P}_0 = 0.65 k_H C_z \gamma_0 H_0^2 \quad (5)$$

其作用点位置自水面算起为 $0.54 H_0$ 。

水深 y 处以上单位宽度地震动水压力合力 $\bar{P}_y$ 及其作用点位置 h_y 见图1。

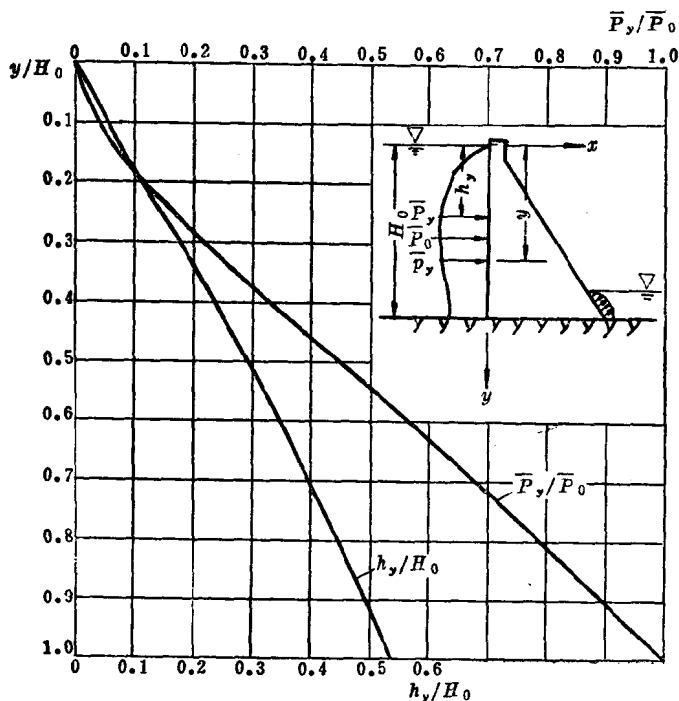
对于倾斜的迎水面，按式(4)计算动水压力时应乘以折减系数 $\psi/90^\circ$ ， ψ 为建筑物迎水面与水平面的夹角。当迎水面有折坡时，若水面以下直立部分的高度等于或大于水深一半，可近似取作直立面，否则可近似取水面点与坡脚点的连线代替坡度。

对于宽高比 B/H_0 小于5的梯形或三角形河谷，按式

表 5

水深 y 处地震动水压力分布系数 f_y

y/H_0	f_y	y/H_0	f_y
0	0	0.6	0.76
0.1	0.43	0.7	0.75
0.2	0.58	0.8	0.71
0.3	0.68	0.9	0.68
0.4	0.74	1.0	0.67
0.5	0.76		

图 1 水深 y 处以上地震动水压力合力及其作用点位置