

ICS 编号
CCS 编号

团 体 标 准

T/CHES XX—202X

水库旱警水位计算方法导则

Guide to calculation method of water level for drought warning
in reservoirs
(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国水利学会 发 布

目 次

前言 III

1 范围 4

2 规范性引用文件 4

3 术语和定义 4

4 来水、需水计算 4

 4.1 一般规定 4

 4.2 来水计算 5

 4.3 需水计算 5

5 逆序递推法 5

 5.1 分期划分 5

 5.2 逆序递推法计算 5

6 最大应供水量法 6

7 典型年法 7

8 结果校验 7

 8.1 基本要求 7

 8.2 分析方法 7

附录 A 水库旱警调度期分期划分示意图 8

附录 B 逆序递推法水库旱警水位（水量）计算示意图 9

附录 C 水库旱警水位计算方法案例 10

前 言

根据中国水利学会团体标准管理要求，本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件为 X 章和 X 个附录，主要内容包括范围、规范性引用文件、术语和定义、计算方法、合理性分析、附录 A 水库旱警水位（水量）预警分期划分、附录 B 逆序递推法水库旱警水位计算示意图、附录 C 水库旱警水位计算方法案例。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国水利学会归口。执行过程中如有意见或建议，请寄送至中国水利学会（地址：北京市西城区白广路二条 16 号，邮编 100053），以便今后修订时参考。

本文件主编单位：中国水利水电科学研究院、大连理工大学

本文件参编单位：西安理工大学、长江水利委员会长江科学院、江西省水利科学院、水利部产品质量标准研究所。

本文件主要起草人：严登华、严子奇、周祖昊、张弛、丁伟、郭爱军、许继军、王士武、郑勇、霍军军、许立祥、王冬、李昱、徐博、张冰瑶、李佳。

水库旱警水位计算方法

1 范围

本文件规定了水库旱警水位的术语定义、计算方法、结果校验等内容。
本文件适用于具有供水任务的水库旱警水位确定工作。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 32135	区域旱情等级
GB/T 50138	水位观测标准
GB 50139	内河通航标准
GB/T 51051	水资源规划规范
SL 384	水位观测平台技术标准
SL/T 278	水利水电工程水文计算规范
SL/T 712	河湖生态环境需水计算规范
T/CHES 69	抗旱需水分析技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水库旱警水位 Drought warning water level

水库因来水偏少，水位持续偏低，可能影响水库供水区域生活、生产、生态用水安全，应予以关注的水位。

3.2

旱警调度期 Drought alarm dispatch period

指需要设定旱警水位，有抗旱调度需求的时段。一般地区，可从汛后第一个月至第二年汛前最后一个月作为旱警调度期；汛期有抗旱需求的地区，也可将汛期纳入旱警调度期，则旱警调度期为汛期第一个月至第二年汛前最后一个月。

4 来水、需水计算

4.1 一般规定

4.1.1 水库旱警水位一般建议分为两级，分别应对轻度干旱和严重干旱。

4.1.2 应遵循科学合理、易于操作、符合实际的原则，选择合适的方法进行计算。

4.1.3 水库旱警水位计算方法主要包括逆序递推法、最大值法、典型年法。

4.1.4 水库旱警水位计算方法需要收集当地水资源条件、水文资料、工程状况、取用水情况、历史干旱事件等资料。

4.1.5 水库旱警水位计算步骤包括：资料收集、方法选择、水位推算、结果校验。

4.2 来水计算

4.2.1 按照《水利水电工程水文计算规范》(SL/T 278—2020)要求，水文资料系列应尽量大于 30 年，并审查水文资料的可靠性、一致性和代表性。

4.2.2 依据《水利水电工程水文计算规范》(SL/T 278—2020)计算设计来水过程，建议分别取一般枯水年(75%频率)和特枯水年(95%频率)的来水过程作为两级旱警水位对应的设计来水过程 W_{p1} 和 W_{p2} 。

4.3 需水计算

4.3.1 按照《抗旱需水分析技术导则》(T/CHES 69)计算旱警调度期内持续轻度干旱或严重干旱情况下，社会经济用水对象的逐月需水量 W_{s1} 、 W_{s2} 。

4.3.2 根据《河湖生态环境需水计算规范》(SL/Z712-2014)，合理确定水库下游河道在干旱条件下的生态环境需水量 W_e 。

4.3.3 对于国家和地方已经颁布生态环境流量指标或已制定水量调度规则的地区，采用已有指标或调度规则。

4.3.4 根据《内河通航标准》(GB 50139-2014)，合理确定水库下游河道在干旱条件下的通航水位 W_h 。

4.3.5 对于国家和地方已经颁布通航水位(流量)指标或已制定水量调度规则的地区，采用已有指标或调度规则。

5 逆序递推法

5.1 分期划分

5.1.1 结合旱警调度期水库水文特征，旱警调度期可区分非汛期和汛期。根据生产、生活、生态需水特点和重要程度，非汛期可划分出农业用水关键期、生态关键期等。分期划分可根据当地生活、生产需水实际情况进行调整。

5.1.2 旱警水位调度期分期划分参见附录 A。

5.2 逆序递推法计算

5.2.1 本方法具有普遍适用性，适用于资料条件较好且调度管理较为精细的水库。

5.2.2 本方法采用 4.2 节、4.3 节得到的轻度干旱和严重干旱条件下的来水和需水数据，计算应对不同程度干旱的旱警水位。假定旱警调度期末水位(水量)达到水库死水位(死库容)，依据水库兴利调节原理，逆序递推得到各月初水位，作为各月旱警水位，原理示意图参见附录 B，计算过程如下式所示。

$$W_{hj,i} = \max(W_{s,i} + \max(W_{e,i}, W_{h,i}) + W_{loss,i} - W_{p,i}, 0) + W_{hj,i+1} \quad (1 \leq i \leq T) \quad (1)$$

$$Z_{hx,i} = f(W_{hj,i} + f^{-1}(Z_{dead})) \quad (2)$$

$$Z_{T+1} = Z_{dead} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \text{汛期: } Z_{dead} \leq Z_{hj,i} \leq Z_{limit} \\ \text{非汛期: } Z_{dead} \leq Z_{hj,i} \leq Z_{nomal} \end{cases} \quad (4)$$

式中：

T ——水库旱警调度期内总月数；

$W_{hj,i}$ ——第 i 月水库旱警水量（万 m^3 ）；

$Z_{hj,i}$ ——第 i 月水库旱警水位（m）；

$f()$ ——水库水位-库容曲线；

$W_{s,i}$ —— i 月社会经济需水量（万 m^3 ）；

$W_{e,i}$ —— i 月水库下游河道生态需水量（万 m^3 ）；

$W_{h,i}$ —— i 月水库下游河道航运需水量（万 m^3 ）；

$W_{p,i}$ —— i 月的水库来水量（万 m^3 ）；

$W_{loss,i}$ —— i 月水库蒸发、渗漏损失水量（万 m^3 ）；

Z_{T+1} ——旱警调度期末水位（m）；

Z_{dead} ——水库死水位（m）；

Z_{limit} ——水库汛限水位（m）；

Z_{normal} ——水库正常蓄水位（m）。

5.2.3 对于季调节水库，可在旱警调度期内进行3个月逆序滑动计算。

5.2.4 对于多年调节水库的，可结合水库调度周期设定多年旱警调度期，进行多年逆序计算。

5.2.5 为了方便管理，可将旱警调度期内逐月水库旱警水位的最大值作为该分期的旱警水位。

6 最大应供水量法

6.1.1 适用于来水量较大、需水量较小的水库，或自身调节能力较弱的水库。

6.1.2 采用4.2节、4.3节方法分别确定轻度干旱和严重干旱下水库来水和需水。

6.1.3 滑动计算水库各月应供水量并选取最大值，叠加死库容后，得到不用级别的水库旱警水位。具体公式如下：

$$W_{hj} = f^{-1}(Z_{dead}) + \max(W_{s,i} + W_{loss,i} + \max(W_{e,i}, W_{h,i}) - W_{p,i}, 0) \quad (i=1, \dots, T) \quad (5)$$

$$Z_{hj} = f(W_{hj} + f^{-1}(Z_{dead})) \quad (6)$$

$$\begin{cases} \text{汛期: } Z_{dead} \leq Z_{hj,i} \leq Z_{limit} \\ \text{非汛期: } Z_{dead} \leq Z_{hj,i} \leq Z_{normal} \end{cases} \quad (7)$$

式中： W_{hj} ——水库旱警水位对应的蓄水量（万 m^3 ）； Z_{hj} ——水库旱警水位（m）。

6.1.4 滑动计算一般为逐月滑动，根据水库抗旱调度需求可进行调整，如两个月滑动计算或三个月滑动计算。

7 典型年法

7.1.1 适用于缺少数据资料的水库，或水库蓄水偏少幅度与供水区受旱程度相关性较高的水库。

7.1.2 本方法通过对历史干旱年的水库水位进行统计分析，以典型干旱年发生干旱期间水库最高水位作为水库旱警水位。步骤如下：

a) 收集历史旱情统计资料，按照《区域旱情等级》(GB/T 32135)，选定轻度干旱和严重干旱分别对应的 N 个年份，作为计算不同等级旱警水位的典型干旱年组，一般建议 $N \geq 3$ ；

b) 收集水库典型干旱年组水库逐月水位资料，确定典型干旱年组内各个年份下旱警调度期内的最高水位 Z'_n 。

c) 采用公式 (8) 计算水库对应干旱等级的旱警水位。

$$Z_{hj} = \frac{\sum_{n=1}^N Z'_n}{N} \quad (1 \leq i \leq T) \quad (8)$$

$$\begin{cases} \text{汛期: } Z_{dead} \leq Z_{hj,i} \leq Z_{limit} \\ \text{非汛期: } Z_{dead} \leq Z_{hj,i} \leq Z_{nomal} \end{cases} \quad (9)$$

8 结果校验

8.1 基本要求

8.1.1 应对旱警水位的计算结果进行合理性分析，验证其干旱预警的效果，作为旱警水位修正的依据。

8.1.2 根据实际情况采用一种或多种方法进行旱警水位（流量）结果合理性分析。

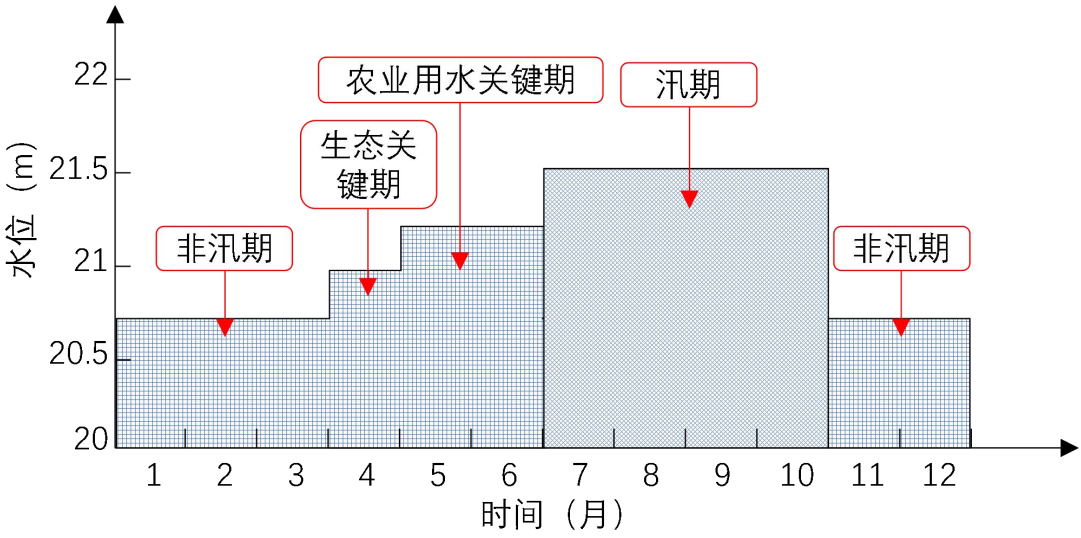
8.2 分析方法

8.2.1 重现期法。统计水库历史水位低于旱警水位的重现期，从而判断旱警水位计算结果的合理性。

8.2.2 一致性法。分析水库水位低于旱警水位的年份与实际干旱年份的一致性，从而判断旱警水位计算结果的合理性。

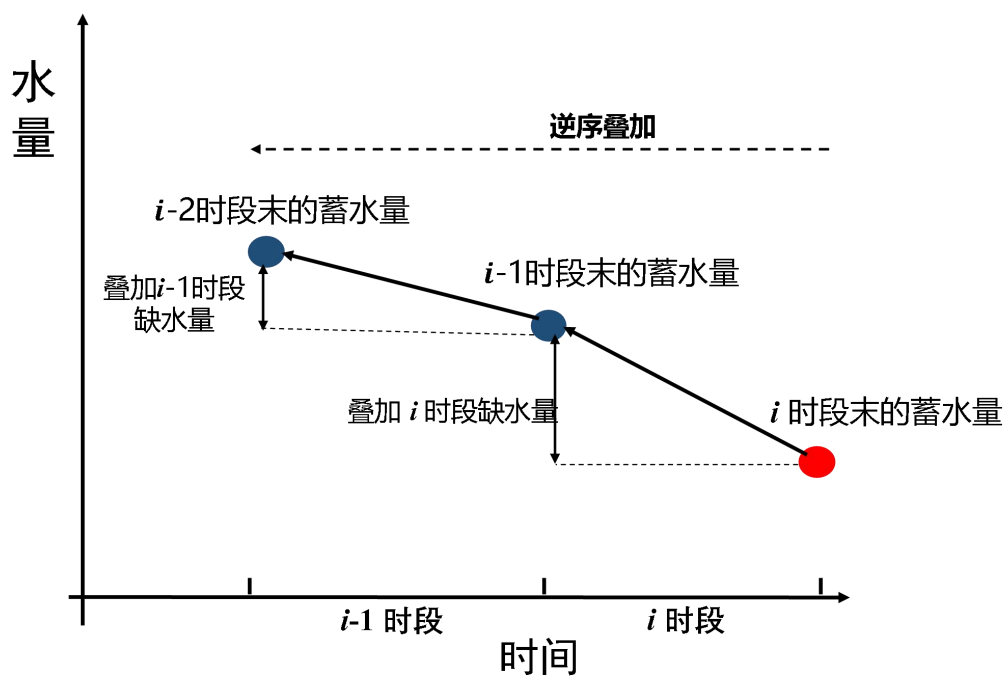
8.2.3 保证率法。采用典型年或长系列资料进行供需平衡调算，对比旱警水位设置后各行业严重缺水情况是否较设置前有明显改善，从而判断旱警水位计算结果的合理性。

附录 A 水库旱警调度期分期划分示意图



本图为分期划分示意图，水库具体分期划分及水位变化以实际情况为准。

附录 B 逆序递推法水库旱警水位（水量）计算示意图



附录 C 水库旱警水位计算方法案例

1、逆序递推法

以应对轻度干旱的旱警水位为例。

(1) 基本情况

A 水库为年调节水库，供水任务包括城市生活用水、工业用水和灌溉用水。水库正常蓄水位 759m，汛限水位 756.5m，死库容为 800 万 m^3 。

(2) 资料收集

收集 C 水库的水位库容曲线、水库调度规程、近 30 年逐月入库水量资料、所在地区防汛抗旱预案。

(3) 时段划分

需计算旱警水位（流量）的时间段为 10 月至次年 5 月，其中，10 月至次年 2 月是一般时段，次年 3 月至 5 月为农业用水关键时段。

(4) 来水和需水分析

来水频率为 75%典型年的各月来水量和水库各月需水量，见表 C1。

(5) 旱警水位计算

本次计算的起调水量为死库容，从次年 5 月底开始计算，逆序递推叠加各月缺水量，即为各月旱警水量。取各时段内各月旱警水量的最大值，作为该时段旱警水量，其对应水位为该时段旱警水位。因此，10 月至次年 2 月应对轻度干旱的为旱警水位 734m，3 月至 5 月应对轻度干旱的旱警水位 731m。

表 C1 A 水库旱警水位计算过程表（单位：百万 m³）

月份	入库 水量 75%	用水需求					缺水量	旱警 水量	分期旱警 水量	分时段旱警水 位（m）
		城市 用水	生态 用水	农村 生活	农业 灌溉	总量				
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
10 月	6.48	7.58	2.68	0.92	0.00	11.18	4.7	60.63	60.63	734
11 月	12.92	7.58	2.59	0.92	0.00	11.09	0	55.93	60.63	
12 月	8.91	7.58	2.68	0.92	0.00	11.18	2.27	55.93	60.63	
次年 1 月	11.44	7.58	2.68	0.92	0.00	11.18	0	53.66	60.63	
次年 2 月	8.3	7.58	2.42	0.92	0.00	10.92	2.62	53.66	60.63	
次年 3 月	8.88	7.58	2.68	0.92	6.23	17.41	8.53	51.04	51.04	731
次年 4 月	5.42	7.58	2.59	0.92	13.68	24.77	19.35	42.51	51.04	
次年 5 月	5.39	7.58	2.68	0.92	9.37	20.55	15.16	23.16	51.04	

2、最大应供水量法

以应对轻度干旱的早警水位为例。

B 水库 3—6 月容易发生干旱，需计算 3—6 月的早警水位。

来水量及用水量计算：按 75%来水频率，确定各月来水量。根据水库供水任务，确定各月需水量。水库 3—6 月的来水量及用水量见表 C2。

由表可知，B 水库 5 月需水量和来水量之差最大，为 11.78 亿 m³，加上死库容后，对应水位为 240.90 米，以此水位作为 B 水库 3—6 月应对轻度干旱的早警水位。

表 C2 B 水库 3—6 月来水量与需求分析 单位：亿 m³

月 份	3 月	4 月	5 月	6 月
水库来水量	21.05	14.46	7.37	9.15
需水量	21.82	22	19.15	18.17
需水量与来水量之差	0.77	7.54	11.78	9.02

3、典型年法

以应对轻度干旱的早警水位为例。

C 水库供水范围内枯水期（10—5 月）易发生干旱，需计算 10—5 月的早警水位，且 C 水库缺乏长系列入库水量监测数据。

结合当地气象部门降水数据和当地旱情损失统计资料分析，确定历史上发生轻度干旱的典型水文年为 2000 年、2007 年和 2012 年，收集 C 水库上述三个水文年内 10 月—5 月的逐月水位或蓄水量，并分别取最大值，如表 C3 所示。

进一步对三个典型年下 10 月—5 月水位最高值取平均值，作为 C 水库 10—5 月的应对轻度干旱的早警水位。

表 C3 C 水库 10—5 月早警水位 单位：m

典型年	2000 年	2007 年	2012 年
10—5 月最高水位	201	202	203
早警水位	202		