

ICS 23.080

CCS P 59

# 团体标准

T/CHES XXX—202X

## 水库旱警水位计算方法

Calculation method of drought warning water level in reservoir

(报批稿)

请将你们发现的有关专利的内容和支持性文件随意见一并返回

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国水利学会 发布

# 目 次

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 总体要求 .....	1
5 来水需水计算 .....	2
5.1 来水计算 .....	2
5.2 需水计算 .....	2
6 逆序递推法 .....	2
6.1 分期划分 .....	2
6.2 逆序递推法计算 .....	2
7 最大应供水量法 .....	3
8 典型年法 .....	4
9 结果校验 .....	4
9.1 基本要求 .....	4
9.2 分析方法 .....	4
附录 A （资料性）水库旱警调度期分期划分示意图 .....	5
附录 B （资料性）逆序递推法水库旱警水位（水量）计算示意图 .....	6
附录 C （资料性）水库旱警水位计算方法案例 .....	7

## 前 言

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。

本文件共分为9章和3个附录，主要技术内容包括来水需水计算、逆序递推法、最大应供水量法、典型年法、结果校验等。

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、浙江省水利河口研究院、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、张弛、严子奇、周祖昊、丁伟、汝楠、周惠成、郭爱军、畅建霞、许继军、王坤、刘章君、王贺龙、霍军军、刘佳嘉、徐博、王学斌、于冰、王义民、程雅平、李其峰、温天福、王冬、赵晖、许立祥、李佳、汪靖等。



# 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。  
本文件适用于水库旱警水位确定工作。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新文件（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 32135 区域旱情等级

GB 50139 内河通航标准

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 of reservoir

因旱情发展，水库来水量减少，水库水位持续下降，可能影响用水安全的水库警示水位。

### 3.2

**旱警调度期** Drought alarm dispatch period

需要设定旱警水位，有抗旱调度需求的时段，包括非汛期和汛期。

## 4 总体要求

4.1 应遵循科学合理、方法简便、符合实际的原则，选择合适的方法进行计算。

4.2 资料齐全、调度要求精细的水库旱警水位计算方法应采用逆序递推法。

4.3 自身调节能力较弱的水库旱警水位应采用最大应供水量法。

4.4 缺少数据资料的水库旱警水位应采用典型年法。

4.5 水库旱警水位应分为两级，分别应对轻度干旱和严重干旱。

4.6 水库旱警水位计算应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。

4.7 水库旱警水位计算应逐月计算。

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

## 5 来水需水计算

### 5.1 来水计算

5.1.1 按照 SL/T 278 的要求，选取长系列水文资料，并分析水文资料的可靠性、一致性和代表性。

5.1.2 按照 SL/T 278 的要求计算设计来水过程，可分别取一般枯水年（75%频率）和特枯水年（95%频率）的水文系列。

5.1.3 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。

### 5.2 需水计算

5.2.1 按照 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，经济社会用水对象的逐月需水量，计算中应考虑水库下游生活、生产取水工程最低取水水位。

5.2.2 应按照 SL/T 712，合理确定水库下游河道在干旱条件下的生态环境需水量。

5.2.3 对于国家和地方已经颁布生态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。

5.2.4 根据 GB 50139，合理确定水库下游河道在干旱条件下的通航水位。

5.2.5 对于国家和地方已经颁布通航水位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。

## 6 逆序递推法

### 6.1 分期划分

6.1.1 结合旱警调度期水库水文特征，旱警调度期可分为非汛期和汛期。

6.1.2 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。

6.1.3 分期划分可根据当地生活、生产需水实际情况进行调整。

6.1.4 旱警水位调度期分期划分参见附录 A。

### 6.2 逆序递推法计算

6.2.1 逆序递推法适用于资料条件较好且调度管理较为精细的水库。

6.2.2 采用 5.1、5.2 得到的轻度干旱和严重干旱条件下的来水和需水量，计算应对不同程度干旱的旱警水位。

6.2.3 旱警调度期末水位（水量）达到水库死水位（死库容）时，依据水库兴利调节原理，从调度期末月，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。

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

$$W_{hj,T+1} = 0 \quad (2)$$

$$Z_{hj,i} = f(W_{hj,i}) \quad (3)$$

$$Z_{T+1} = Z_{dead} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \text{汛期: } Z_{\text{dead}} \leq Z_{\text{hj},i} \leq Z_{\text{limit}} \\ \text{非汛期: } Z_{\text{dead}} \leq Z_{\text{hj},i} \leq Z_{\text{nomal}} \end{cases} \quad (5)$$

式中:

$W_{\text{hj},i}$ ——第*i*月水库早警水量, 即早警水位对应的库容 (万  $\text{m}^3$ );

$W_{\text{s},i}$ ——*i*月社会经济需水量 (万  $\text{m}^3$ );

$W_{\text{e},i}$ ——*i*月水库下游河道生态需水量 (万  $\text{m}^3$ );

$W_{\text{h},i}$ ——*i*月水库下游河道航运需水量 (万  $\text{m}^3$ );

$W_{\text{p},i}$ ——*i*月的水库来水量 (万  $\text{m}^3$ );

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

$Z_{\text{hj},i}$ ——第 *i* 月水库早警水位 (m);

$f(W_{\text{hj},i})$ ——水库库容-水位曲线;

$T$ ——水库早警调度期内总月数;

$Z_{T+1}$ ——早警调度期末水位 (m);

$Z_{\text{dead}}$ ——水库死水位, 或考虑水库坝上取水工程、通航及最小生态需求的最低水位 (m);

$Z_{\text{limit}}$ ——水库汛限水位 (m);

$Z_{\text{normal}}$ ——水库正常蓄水位 (m)。

6.2.4 对于季调节水库, 可在早警调度期内进行 3 个月逆序滑动计算。

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

6.2.6 可将早警调度期内不同分期逐月水库早警水位的最大值作为该分期的早警水位。

6.2.7 逆序递推法计算案例见附录 C.1。

## 7 最大应供水量法

7.1 采用 5.1、5.2 方法分别确定轻度干旱和严重干旱下水库来水和需水。

7.2 滑动计算水库各月应供水量并选取最大值, 叠加死库容后, 得到不同级别的水库早警水位。具体公式如下:

$$W_{\text{hj},i} = \max((W_{\text{s},i} + W_{\text{loss},i} + \max(W_{\text{e},i}, W_{\text{h},i}) - W_{\text{p},i}), 0) \quad (1 \leq i \leq T) \quad (6)$$

$$W_{\text{hj}} = \max(W_{\text{hj},1}, W_{\text{hj},2}, W_{\text{hj},3} \dots W_{\text{hj},T}) + \text{死库容} \quad (7)$$

$$Z_{\text{hj}} = f(W_{\text{hj}}) \quad (8)$$

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

式中:

$W_{\text{hj}}$ ——水库早警水量, 即早警水位对应的库容 (万  $\text{m}^3$ );

$Z_{hj}$ ——水库旱警水位（m）。

7.3 滑动计算宜为逐月滑动，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。

7.4 最大应供水量法计算案例见附录 C.2。

## 8 典型年法

8.1 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 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， $N$  宜大于等于 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。

$$Z_{hj} = \frac{\sum_{n=1}^N Z'_n}{N} \quad (1 \leq i \leq T) \quad (10)$$

$$\begin{cases} \text{汛期: } Z_{dead} \leq Z_{hj,i} \leq Z_{limit} \\ \text{非汛期: } Z_{dead} \leq Z_{hj,i} \leq Z_{nomal} \end{cases} \quad (11)$$

8.2 典型年法计算案例见附录 C.3。

## 9 结果校验

### 9.1 基本原则

9.1.1 验证干旱预警的效果，分析旱警水位计算结果的合理性作为旱警水位修正的依据。

9.1.2 多种方法都适用时，优先选用逆序递推法的结果。

9.1.3 旱警水位结果计算不合理时，补充资料，反馈调整，重新计算。

### 9.2 分析方法

9.2.1 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。

9.2.2 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。

9.2.3 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  
(资料性)

水库旱警调度期分期划分示意图

水库旱警调度期分期划分见图 A。水库具体分期划分及水位变化以实际情况为准。

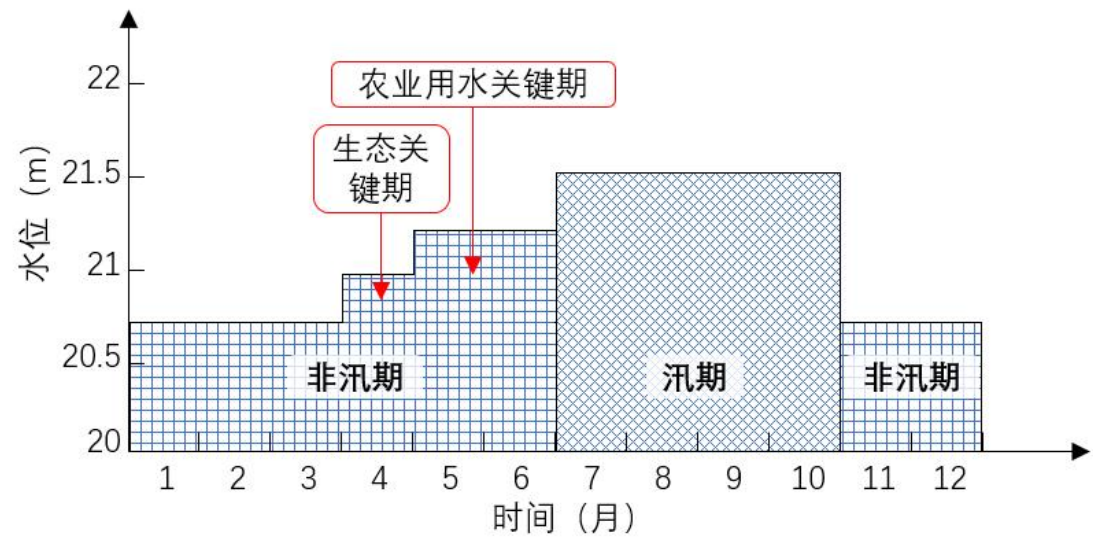


图 A 水库旱警调度期分期划分示意图

附录 B  
(资料性)

逆序递推法水库旱警水位（水量）计算示意图

逆序递推法水库旱警水位（水量）计算见图 B。

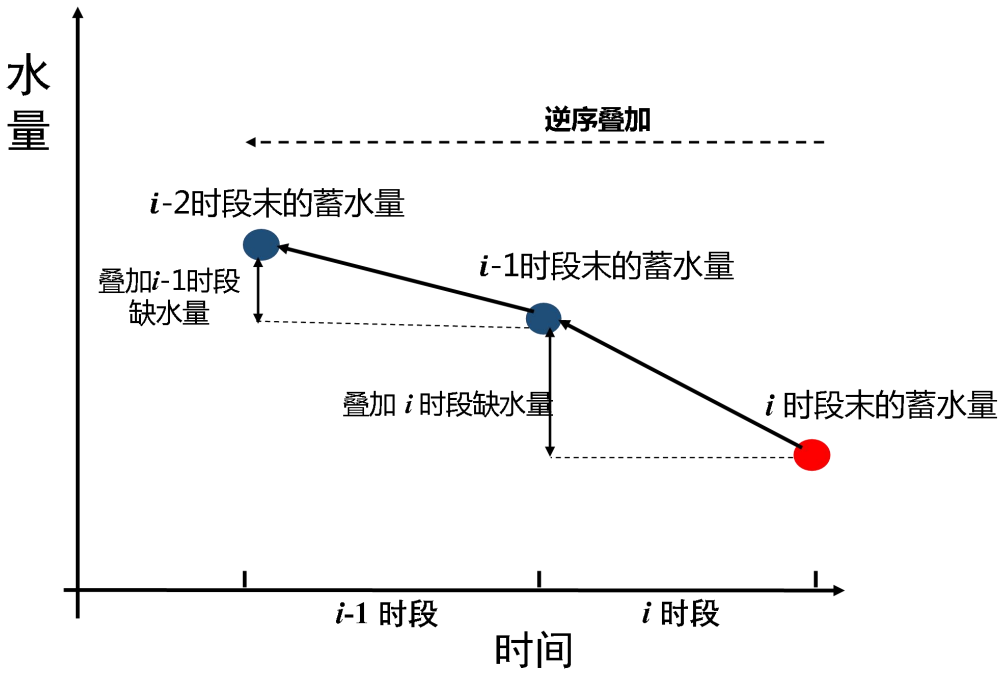


图 B 逆序递推法水库旱警水位（水量）计算示意图

附录 C  
(资料性)  
水库旱警水位计算方法案例

C.1 逆序递推法

本案例适用于资料条件较好且调度管理较为精细的年调节水库，且抗旱重点关注 10 月至次年 5 月。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<sup>3</sup>。

(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

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各行业各月抗旱需水量（该需水量可看作对正常需水量进行了折减），见表 C.1。

(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，即每个月的⑥=②+③+④+⑤，次年 5 月的旱警水量⑦为当月⑥-①的差与“0”取最大值。次年 4 月的旱警水量⑦为当月⑥-①的差与“0”取最大值，再加上 5 月旱警水量。次年 3 月至 10 月旱警水量以此类推。

之后，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。如⑦中 10 月至次年 2 月最大旱警水量为 60.63 百万 m<sup>3</sup>，即为⑧中该分期的旱警水量。根据水位库容关系，10 月至次年 2 月应对一般干旱的为旱警水位 734m，3 月至 5 月应对一般干旱的旱警水位 731m。

(6) 结果校验

采用 9.2 中保证率法进行结果校验，采用典型年或长系列资料进行供需平衡调算。设置旱警水位后，当水库水位低于旱警水位，按（4）中需水量进行供水，调算后干旱年份缺水率由 40%降低至 20%，最大破坏深度由 100%降低至 40%。各行业严重缺水情况较设置前有明显改善，表明旱警水位计算结果合理。

表 C.1 A 水库旱警水位计算过程表

单位：百万 m<sup>3</sup>

月份	入库 水量 75%	一般干旱下的用水需求					逐月 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 月	6.48	7.58	2.68	0.92	0.00	11.18	60.63	60.63	734
11 月	12.92	7.58	2.59	0.92	0.00	11.09	55.93	60.63	
12 月	8.91	7.58	2.68	0.92	0.00	11.18	55.93	60.63	
次年 1 月	11.44	7.58	2.68	0.92	0.00	11.18	53.66	60.63	
次年 2 月	8.3	7.58	2.42	0.92	0.00	10.92	53.66	60.63	

次年 3 月	8.88	7.58	2.68	0.92	6.23	17.41	51.04	51.04	731
次年 4 月	5.42	7.58	2.59	0.92	13.68	24.77	42.51	51.04	
次年 5 月	5.39	7.58	2.68	0.92	9.37	20.55	23.16	51.04	

C.2 最大应供水量法

本案例适用于调节能力较低的水库。以应对轻度干旱的旱警水位为例。

B 水库 3—6 月容易发生干旱，需计算 3—6 月的旱警水位。

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 C.2。

由表可知，B 水库 5 月需水量和来水量之差最大，为 11.78 亿 m<sup>3</sup>，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 月应对轻度干旱的旱警水位。

采用 9.2 中重现期法进行结果校验，统计水库历史水位低于旱警水位的重现期。设置旱警水位后，旱警水位的重现期为 2-3 年，表明旱警水位计算结果合理。

表 C.2 B 水库 3—6 月来水量与需求分析

单位：亿 m<sup>3</sup>

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

C.3 典型年法

本案例适用于缺乏长系列监测数据的水库。

以应对轻度干旱的旱警水位为例。

C 水库供水范围内枯水期（10—5 月）易发生干旱，需计算 10—5 月的旱警水位，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 C.3 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旱警水位。

采用 9.2 中一致性法进行结果校验。设置旱警水位后，水库水位低于旱警水位的年份与实际干旱年份一致，并包括 2000、2007 和 2012 年，表明旱警水位计算结果合理。

表 C.3 C 水库 10—5 月旱警水位

单位：m

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