

ICS 27.140
P 59
备案号: J2347—2017

NB

中华人民共和国能源行业标准

P

NB / T 35093 — 2017

水电工程水库回水计算规范

**Code for calculation of reservoir backwater
of hydropower projects**

2017-03-28 发布

2017-08-01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国能源行业标准

水电工程水库回水计算规范

Code for calculation of reservoir backwater
of hydropower projects

NB / T 35093 — 2017

主编部门：水电水利规划设计总院

批准部门：国 家 能 源 局

施行日期：2017 年 8 月 1 日

Y H D / T 35093

2017 北 京

国家能源局

公 告

2017 年 第 6 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法（试行）〉及实施细则的通知》（国能局科技〔2009〕52 号）有关规定，经审查，国家能源局批准《页岩气 储层改造 第 2 部分：工厂化压裂作业技术规范》等 159 项行业标准，其中能源标准（NB）34 项、电力标准（DL）39 项，石油标准（SY）86 项，现予以发布。

附件：行业标准目录

国家能源局

2017 年 3 月 28 日

附件：

行 业 标 准 目 录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
...						
14	NB/T 35093 —2017	水电工程水库回水 计算规范			2017-03-28	2017-08-01
...						

前 言

根据《国家能源局关于下达 2013 年第一批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2013〕235 号）的要求，规范编制组经调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本规范。

本规范主要技术内容是：基本资料、计算边界条件、计算方法与糙率、回水水面线确定、设计成果。

本规范由国家能源局负责管理，由水电水利规划设计总院提出并负责日常管理，由能源行业水电规划水库环保标准化技术委员会负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送水电水利规划设计总院（地址：北京市西城区六铺炕北小街 2 号，邮编：100120）。

本规范主编单位：中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

本规范主要起草人员：曾昭芳 计金华 杨立锋 龚 英
任在民 曹 磊 王 飞 吴世东
芮德繁 陈晓芬 王新进

本规范主要审查人员：彭才德 万文功 杨百银 刘书宝
李晓伟 李蓓蓉 牟兴明 祁 进
王 毅 杨忠敏 任宏斌 谭 建
何贤佩 吕金波 李新根 黄文波
张建华 何成荣 周才全 李仕胜

目 次

1 总则 1

2 术语 2

3 基本资料 3

4 计算边界条件 5

 4.1 计算断面 5

 4.2 计算流量 5

 4.3 起算水位 6

5 计算方法与糙率 7

 5.1 计算方法 7

 5.2 糙率 9

6 回水水面线确定 11

 6.1 计算方案 11

 6.2 回水水面线计算 12

 6.3 成果合理性分析 12

 6.4 外包线 13

7 设计成果 14

附录 A 水库回水计算断面位置示意图 15

附录 B 水库干流回水水面线计算成果表 16

附录 C 水库支流回水水面线计算成果表 18

附录 D 水库干流回水水面线示意图 20

附录 E 水库支流回水水面线示意图 21

本规范用词说明 22

附：条文说明 23

Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms.....	2
3	Basic data	3
4	Boundary conditions for calculation	5
4.1	Gross sections.....	5
4.2	Discharge	5
4.3	Initial water level.....	6
5	Calculation method and roughness.....	7
5.1	Calculation method.....	7
5.2	Roughness	9
6	Determination of backwater curve	11
6.1	Calculation schemes	11
6.2	Calculation of backwater curve.....	12
6.3	Rationality analysis of results	12
6.4	Envelope curve	13
7	Design results	14
Appendix A	The location schematic diagram of cross sections for calculation of reservoir backwater.....	15
Appendix B	The calculation results tables of reservoir backwater curve for trunk river.....	16
Appendix C	The calculation results tables of reservoir backwater curve for tributary	18
Appendix D	The schematic diagram of reservoir backwater curve for trunk river	20

Appendix E The schematic diagram of reservoir backwater curve for tributary	21
Explanation of wording in this code	22
Addition: Explanation of provisions	23

1 总 则

1.0.1 为了统一水电工程水库回水计算的原则、内容、方法和技术要求，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于水电工程及潮汐电站等工程的水库回水及河道水面线计算。

1.0.3 水库回水计算应重视基本资料的调查分析和工程现场的调查研究，合理选用计算参数，加强计算结果合理性分析，满足设计精度要求。

1.0.4 水电工程水库回水计算，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 水库回水 reservoir backwater

水库库区水位壅高的现象。

2.0.2 复式断面 compound cross-section

沿着河道横断面方向存在流态变化较大的两个或多个区域的断面。

2.0.3 分汊河道 braided channel

因江心洲（岛）等导致水流分成若干支的河道。

2.0.4 水库长度 reservoir length

坝址至水库正常蓄水位水平水面线与多年平均流量天然水面线相交处的河道距离，为沿主流线方向的水平距离。

2.0.5 水库回水长度 backwater length of reservoir

某一流量下坝址至水库回水末端断面的河道距离，为沿主流线方向的水平距离。

3 基本资料

3.0.1 水库回水计算应主要收集工程所在流域概况、河道特征、地形、水文、泥沙和工程设计成果等基本资料。基本资料采用时应进行可靠性及合理性分析和评价。

3.0.2 应了解工程所在流域概况资料，主要包括自然地理、水文气象、河流特性、经济社会、生态环境、人类活动。

3.0.3 现场查勘应了解库区河道自然特征，主要包括岸坡植被、床沙组成、床面特性、河槽类型、河势、水流流态。

3.0.4 应调查了解水库库区内人口、土地集中区域的分布情况，收集相关城镇、工矿区、堤防、公路、铁路、桥梁、水电站和文物古迹、宗教场所等重要设施的位置和高程，以及相应的防洪标准和设计洪水等资料。当淹没敏感对象的位置和高程资料欠缺或资料可信度差时，应对其位置、高程进行专门测量。

3.0.5 水库库区地形图比例尺不宜小于 1:10000；对于抽水蓄能电站和潮汐电站，水库库区地形图比例尺不宜小于 1:5000。河道纵断面、横断面应进行实测，比例尺不宜小于 1:2000，若收集的断面资料年代久远，河床变形较大，则应重新布测。

3.0.6 河道纵断面、横断面布设应满足下列要求：

1 横断面间距应根据库区地形特点、淹没敏感对象位置、支流汇入口及计算精度要求等确定。横断面间距不宜超过水面宽度的 4 倍，对库区回水末端、有重要淹没影响对象和建筑物、河道转弯半径小、河道落差集中、断面形态变化大的河段，横断面应适当加密，其间距不宜超过水面宽度的 2 倍。

2 横断面应沿垂直水流主流线方向布设，并兼顾建库前后河势的变化；测量高程应高于水库蓄水后可能达到的洪水位高程，

并应包含水下部分。

3 纵断面应沿河道断面深泓点进行布设，在急流、浅滩、弯道等处应增加测点。

3.0.7 地形图、纵断面、横断面等资料应采用统一的坐标和高程系统，并应查明与上、下游梯级坐标和高程系统的关系。

3.0.8 水文资料应包括以下主要内容：

1 坝址、主要支流、入库站等断面的集水面积、多年平均流量和不同频率的设计洪水成果。

2 坝址及库区重要控制断面的天然水位流量关系曲线。

3 库区河道沿程的同时水面线、洪痕及相应流量。

4 流域内工程附近水文站所在河段糙率、比降等分析资料。

3.0.9 工程设计成果资料应包括以下主要内容：

1 水库正常蓄水位、死水位、汛期运行水位等特征水位。

2 发电、防洪、航运、排沙及其他综合利用运行方式。

3 枢纽布置、泄水建筑物型式及泄流能力。

4 施工期和运行期不同频率洪水的最高洪水位、最大下泄流量及洪水调节过程。

5 不同运行年限的库区泥沙淤积形态。

6 库区、坝址附近河段拟建的渣场、跨河建筑物、堤防、河道整治等资料。

3.0.10 应收集可能受本工程水库回水影响的上游水电水利工程资料，包括其主要建筑物位置及高程、工程特性及参数、水库运行方式、洪水调节成果、工程坝址及电站尾水出口处等重要位置的水位流量关系曲线，对拟建水电水利工程还应收集开发时序等资料。

3.0.11 应收集对本工程水库回水计算有影响的上游水电水利工程资料，包括工程坝址位置、工程特性及参数、水库运行方式、洪水调节成果、最大发电流量等资料。

4 计算边界条件

4.1 计算断面

4.1.1 计算天然水面线时，应采用天然河道纵断面、横断面；计算建库后回水水面线时，应考虑水库壅水和泥沙冲淤对纵断面、横断面的影响。

4.1.2 计算建库后回水水面线时，应分析不同水库运行年限的库区泥沙淤积形态，根据确定的泥沙淤积影响年限，采用对回水影响最不利的淤积床面。

4.1.3 对复式断面应根据地形变化不大和流态相近的原则划分子断面。

4.1.4 水库库区河道有开挖疏浚、岸坡防护、渣场堆渣等改变河道断面形态的情况时，应采用改变后的断面。

4.1.5 水库库区河道内因有深潭或局部侧向扩大而存在死水区域时，应分析有效过水断面，对原断面进行修正。

4.1.6 建库后水流主流线方向与天然河道相比变化较大时，宜分别采用相应的断面和间距。

4.2 计算流量

4.2.1 计算流量应根据不同淹没影响对象的设计洪水标准、综合利用及其他设计需要确定。

4.2.2 计算流量应考虑本水库的调洪影响。

4.2.3 计算流量宜考虑上游梯级水库的调洪影响。

4.2.4 断面计算流量应考虑沿程变化，可按集水面积进行分配。当计算断面间集水面积相差不大时，断面计算流量也可按河道长

度线性分配或按同一计算流量处理。当有引、调水时，应考虑其影响。

4.2.5 推算干流回水水面线时，干流各段来水均按设计标准确定，库区有较大支流汇入时，汇合口以上干支流回水应分别计算。推算支流回水时，应按支流与坝址同频率洪水、干流发生相应洪水和干流与坝址同频率洪水、支流发生相应洪水的组合情况，确定干支流计算流量。

4.2.6 库区有分汊河道时，应根据实测流量资料分析确定分流比及相应流量。缺乏实测流量资料时，宜按各分汊河道上、下游水位差相等的原则，通过试算确定分流比及相应流量。

4.2.7 抽水蓄能电站水库回水计算时，若抽水、发电流量对计算流量有较大影响，应考虑抽水、发电流量与洪水流量的叠加影响。

4.3 起 算 水 位

4.3.1 坝前起算水位应根据水库运行方式及各设计标准洪水的调洪计算成果确定。对有综合利用及其他设计需要的水库，回水计算时应按其具体要求确定坝前起算水位。

4.3.2 计算库区支流回水水面线时，支流起算水位应采用汇合口处相应设计标准的干流回水位。

5 计算方法与糙率

5.1 计算方法

5.1.1 水库回水计算宜采用一维恒定渐变流模型，必要时应根据水库类型、地形特点、资料条件等选择非恒定渐变流模型。

5.1.2 一维恒定渐变流应采用伯努利方程（见图 5.1.2）计算：

$$z_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_f + h_j \quad (5.1.2-1)$$

$$h_f = \bar{J}L \quad (5.1.2-2)$$

$$\bar{J} = \frac{\bar{Q}^2}{K^2} \quad (5.1.2-3)$$

$$K = CA\sqrt{R} \quad (5.1.2-4)$$

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \quad (5.1.2-5)$$

式中： z_1 、 z_2 ——上游断面和下游断面的水面高程或水位 (m)；

$\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}$ 、 $\frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}$ ——上游断面和下游断面的流速水头 (m)；

v_1 、 v_2 ——上游断面和下游断面的平均流速 (m/s)；

α_1 、 α_2 ——上游断面和下游断面的动能修正系数；

g ——重力加速度 (m/s^2)；

h_f ——计算河段水流的沿程水头损失 (m)；

h_j ——计算河段水流的局部水头损失 (m)；

\bar{J} ——计算河段平均水力坡度；

L ——计算河段长度 (m)；

\bar{Q} ——断面平均计算流量 (m^3/s);

\bar{K} ——河段平均流量模数 (m^3/s);

K ——流量模数 (m^3/s);

C ——谢才系数 ($\text{m}^{1/2}/\text{s}$);

A ——过水面积 (m^2);

R ——水力半径 (m);

n ——计算河段糙率。

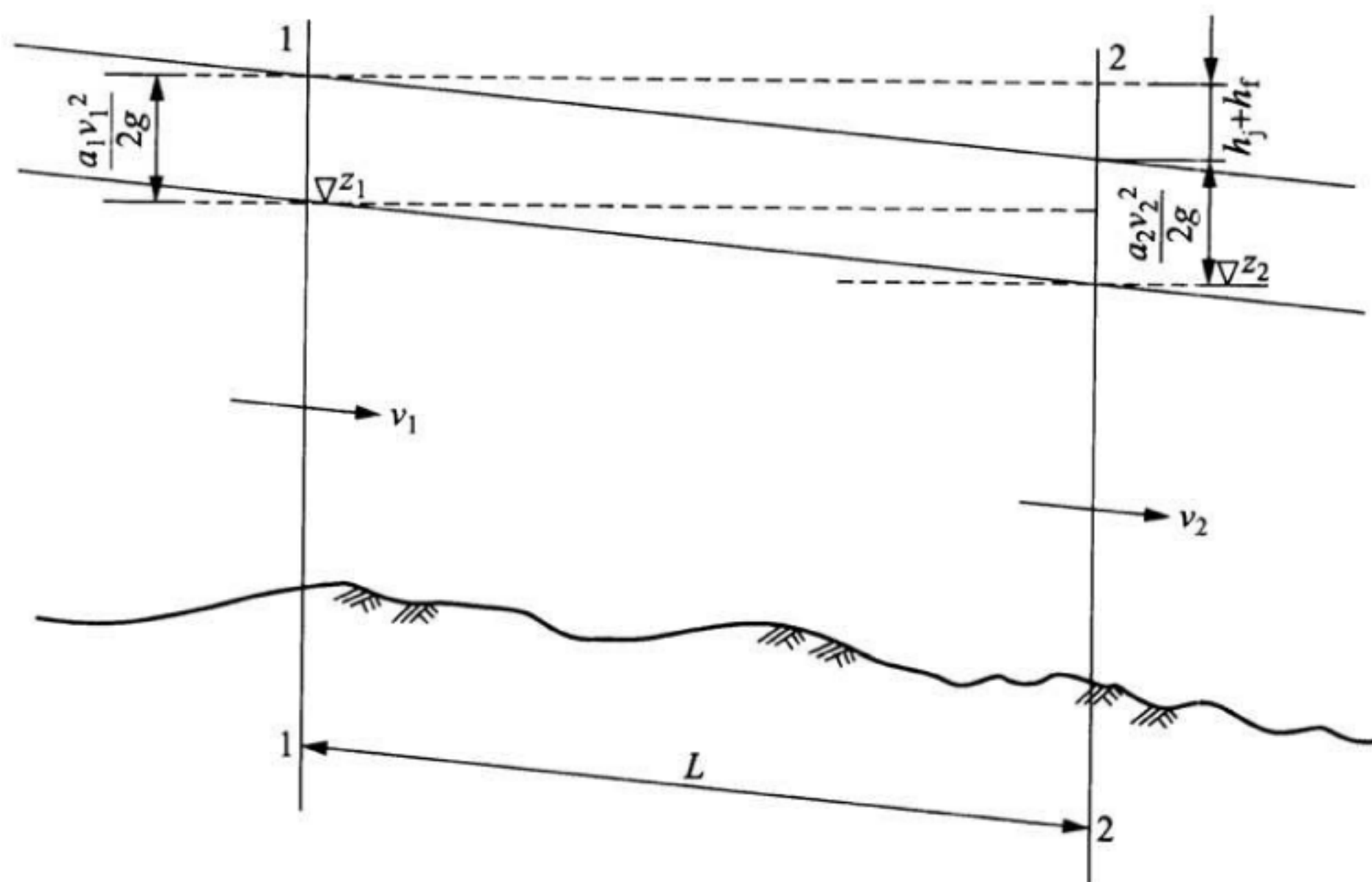


图 5.1.2 伯努利方程示意图

5.1.3 河段平均流量模数 \bar{K} 的计算方法应根据河段特征合理选择。

5.1.4 对复式断面，应分别计算各子断面的流量模数，断面流量模数等于各子断面流量模数之和，按下式计算：

$$K = \sum_{i=1}^N K_i \quad (5.1.4)$$

式中： K_i ——各子断面的流量模数 (m^3/s);

N ——子断面个数。

5.1.5 断面水流流态应用弗劳德数 Fr 判别， $Fr < 1$ 的断面，水流流态为缓流； $Fr > 1$ 的断面，水流流态为急流； $Fr = 1$ 的断面，水

流流态处于急流与缓流的临界状态。 Fr 按下列公式计算:

$$Fr = \frac{\sqrt{\alpha v}}{\sqrt{gh}} \quad (5.1.5-1)$$

$$\bar{h} = \frac{A}{B} \quad (5.1.5-2)$$

式中: \bar{h} ——断面平均水深 (m);

B ——水面宽度 (m)。

5.1.6 当河段流态为急流, 可采用恒定均匀流模型试算推求河段的正常水深, 并据此推算水面线。恒定均匀流应按下列公式计算:

$$Q = KJ^{\frac{1}{2}} \quad (5.1.6-1)$$

$$K = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} \quad (5.1.6-2)$$

$$R = \frac{A}{\chi} \quad (5.1.6-3)$$

式中: Q ——断面计算流量 (m^3/s);

J ——断面附近河段的平均坡降;

χ ——湿周 (m)。

5.2 糙 率

5.2.1 应在考虑河段地形、河道形态、断面特性、床沙组成及岸坡植被等情况的基础上率定糙率。水库泥沙淤积后河道糙率应进行修正。

5.2.2 应根据河段调查洪痕、实测水面线、控制断面水位流量关系曲线等水文资料, 采用水力学方法推求天然河道糙率, 宜分析糙率与水位的变化关系, 河道糙率随水位变化较小时, 可采用单一糙率。糙率率定与回水计算采用的水力学模型应一致。

5.2.3 当资料不足且库区内无重要淹没影响对象时, 可根据河道的床沙组成及床面特性、平面形态及水流流态、岸壁及植被特性

等，结合工程经验综合分析选取糙率。

5.2.4 应在天然河道糙率基础上，考虑泥沙淤积形态、床沙组成等特性，结合类似已建工程经验分析确定水库泥沙淤积后的糙率。

5.2.5 对于复式断面应考虑各子断面糙率的差异。分汊河道的糙率应分别考虑。

5.2.6 对于因开挖疏浚、弃渣、修建堤防等工程措施改变了原有河道形状或断面特性的河段，应对糙率进行修正。

5.2.7 应对糙率成果进行合理性分析，主要包括糙率随水位及沿程变化情况、与类似河道比较情况。

6 回水水面线确定

6.1 计 算 方 案

6.1.1 水库回水计算方案应包括不同洪水标准、计算流量、起算水位、淤积影响年限等组合。

6.1.2 计算洪水标准应采用水库淹没处理对象相应的洪水标准、重要控制目标及本工程其他方面需要的相应洪水标准和上游衔接梯级建筑物的防洪标准。

6.1.3 对某一标准洪水，计算流量与起算水位组合方案应结合水库调节性能、运行方式及调洪计算成果综合确定，并应符合下列要求：

1 可取坝前最高水位与相应入库流量、入库最大流量与相应坝前水位等组合方案；水库调洪能力较小时，也可取入库最大流量和坝前最高水位。

2 对于库区有分级或分期控制水位、流量要求的水库，应根据分级或分期相应的水位及流量确定组合方案。

6.1.4 分析与上游梯级衔接时，应根据上游梯级厂房尾水出口处水位流量关系及发电流量确定计算流量范围。

6.1.5 泥沙淤积影响年限应根据河流泥沙特性及回水影响对象的设计要求确定。

6.1.6 计算方案应考虑上游梯级水库投入时序对泥沙淤积、计算流量、起算水位的影响。

6.1.7 水库有防洪、灌溉、供水、航运、环境等其他需要时，应根据不同部门具体需要确定计算方案。

6.1.8 施工期回水计算方案应根据工程需要确定。

6.2 回水水面线计算

6.2.1 水面线计算时，宜根据下列情况选择不同的处理方法：

1 流态为缓流时，断面水位采用一维恒定渐变流模型计算确定；

2 流态为急流时，断面水位可根据恒定均匀流模型计算的正常水深确定；

3 流态为临界流时，断面水位可根据恒定均匀流模型计算的临界水深确定。

6.2.2 对于分汊河道，应根据分流比及相应流量分别计算分汊河道的水面线。

6.2.3 对于河道坡降大、集水面积小，且无重要淹没影响对象的水库，水库回水位可按起算水位考虑。

6.2.4 河网型河道、感潮河道、潮汐电站库区水面线以及控制断面回水水位过程计算宜采用非恒定流模型。感潮河道、潮汐电站库区水面线计算时应考虑洪水与潮位的不利组合。对于陆地集水面积及相应的入汇洪水均较小的海湾式和滩涂式潮汐电站，天然水位可按潮水位资料分析得到，建库后库区水位可按相应标准的调洪最高水位确定。

6.2.5 对于转弯半径较小、流速较大的河段，凹岸和凸岸的水位差较大时，可按照类似工程的经验公式估算横比降；当资料具备且淹没对象敏感时，宜采用二维水力学模型进行计算。

6.2.6 库区存在因泥沙淤积或地质灾害形成的沙坎、滑坡体等拦河地形或喀斯特地区伏流时，应考虑其对回水水面线的影响。

6.2.7 在严寒地区应考虑库区可能形成冰塞或冰坝引起壅水对回水水面线的影响。

6.3 成果合理性分析

6.3.1 应从水面线与河道地形变化的相应关系、水面线变化态势、

泥沙淤积影响等方面对计算成果进行合理性分析。

6.3.2 应结合河道纵断面、横断面特性等地形变化趋势，对水面线进行合理性分析。

6.3.3 应分析水库回水水面线与天然水面线变化趋势的合理性，以及不同计算流量在同一断面、沿程各断面水位变化规律的合理性。

6.3.4 对淤积后的水库回水水面线，应结合不同水库运行年限的泥沙淤积形态进行合理性分析。

6.4 外 包 线

确定某一洪水频率回水水面线时，应根据该频率洪水的计算流量和相应的起算水位组合方案的回水水面线计算成果，取其外包线作为该洪水频率的设计回水水面线。计算范围应包含回水末端断面。

7 设计成果

7.0.1 设计成果应包括水库长度、水库回水长度、水库回水计算断面位置示意图、水库回水水面线计算成果表、水库回水水面线示意图等。当上游有衔接梯级时，设计成果还应包含考虑水库回水影响后上游梯级水位流量关系曲线。

7.0.2 水库回水计算断面位置示意图应包括干支流河道轮廓线、河流名称、水流方向、主要地名、坝址、断面位置及编号、淹没敏感对象等内容，应标明比例尺、指北针、图例。水库回水计算断面位置示意图宜按本规范附录 A 的形式绘制。

7.0.3 水库回水水面线计算成果表应包括干支流断面序号、编号、地名、间距、累距、深泓点高程、水位等内容，备注栏应标明坝址、干支流汇合口、淹没敏感对象、回水末端断面位置等特征信息。水库干流回水水面线计算成果表宜按本规范附录 B 的形式编制，水库支流回水水面线计算成果表宜按本规范附录 C 的形式编制。

7.0.4 水库回水水面线示意图应包括干支流天然水面线、水库回水水面线、天然深泓线、泥沙淤积后深泓线；图形横向应包括断面编号、里程、主要地名及淹没敏感对象和重要节点等内容；图形纵向应包括高程及水库特征水位等内容。水库干流回水水面线示意图宜按本规范附录 D 的形式绘制，水库支流回水水面线示意图宜按本规范附录 E 的形式绘制。

附录 A 水库回水计算断面位置示意图

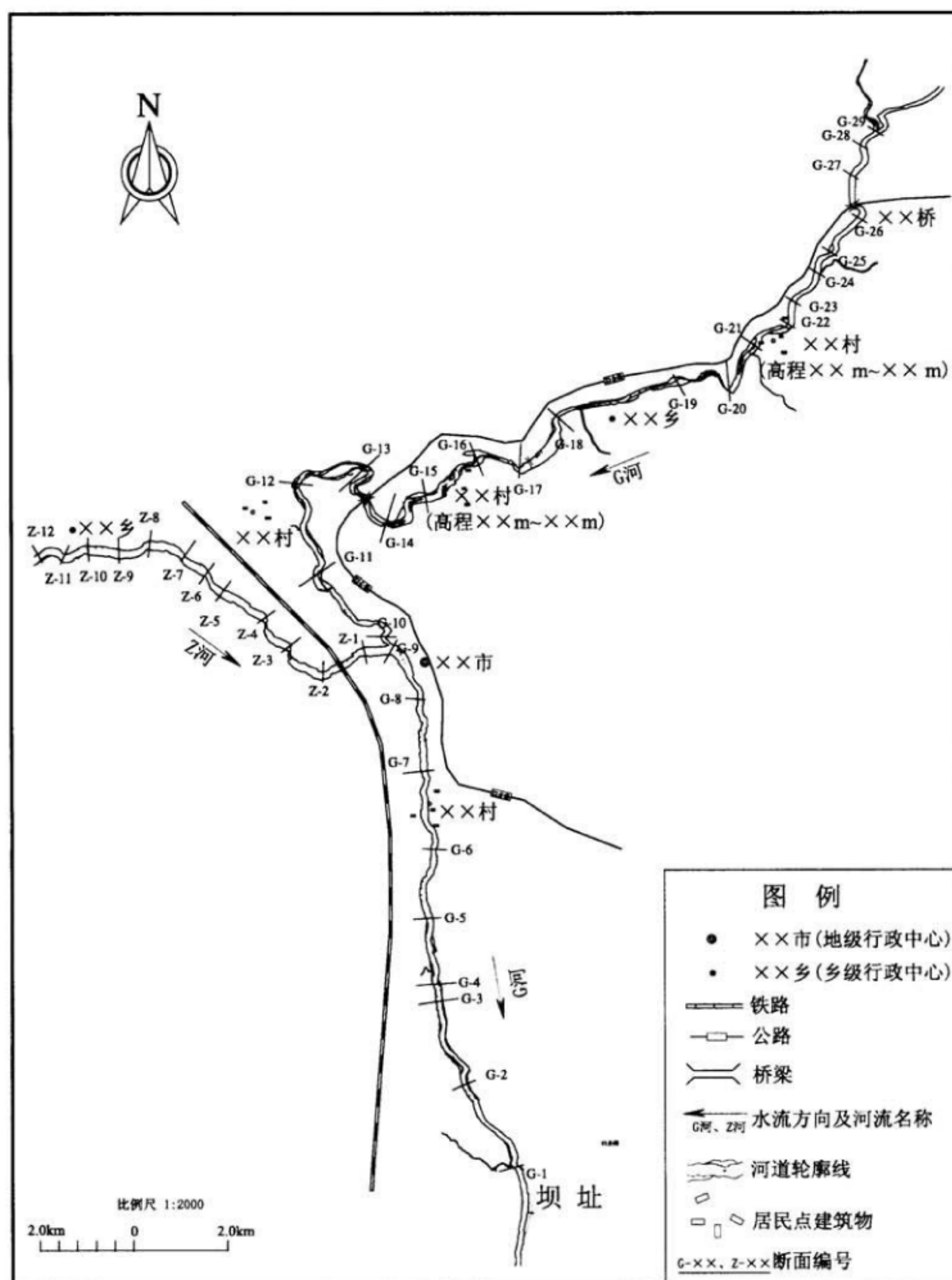


图 A 水库回水计算断面位置示意图

附录 B 水库干流回水水面线计算成果表

表 B 水库干流回水水面线计算成果表

($P = \times \times \%$ 水库运行 $\times \times$ 年)

序号	断面 编号	地名	间距 (m)	累距 (km)	天然深 泓点高程 (m)	多年平均流量 下的天然水位 (m)	分期或分级 1		分期或分级 2、3...		外包线 (m)	备注
							天然水位 (m)	回水水位 (m)	天然水位 (m)	回水水位 (m)		
1	G-1											坝址
2	G-2											
3	G-3											
4	G-4											
5	G-5											
...												

续表 B

序号	断面 编号	地名	间距 (m)	累积 距 (km)	天然深 泓点高程 (m)	多年平均流量 下的天然水位 (m)	分期或分级 1		分期或分级 2、3...		外包线 (m)	备注
							天然水位 (m)	回水水位 (m)	天然水位 (m)	回水水位 (m)		
26	G-26	××桥										
27	G-27											
28	G-28											回水末端断面
29	G-29											

注：1. 需对水位和流量的分期或分级 1、2...进行说明。

2. 断面序号应从下游往上游编排。

附录C 水库支流回水水面线计算成果表

表C 水库支流回水水面线计算成果表

($P = \times \times \%$ 水库运行 $\times \times$ 年)

序号	断面 编号	地名	间距 (m)	累计 (km)	天然深 泓点高程 (m)	多年平均流量 下的天然水位 (m)	分期或分级 1		分期或分级 2、3...		外包线 (m)	备注
							天然水位 (m)	回水水位 (m)	天然水位 (m)	回水水位 (m)		
1	G-9											汇合口
2	Z-1											
3	Z-2											
4	Z-3											
5	Z-4											
...												
11	Z-10	$\times \times$ 乡										

续表 C

序号	断面 编号	地名	间距 (m)	累积 (km)	天然深 泓点高程 (m)	多年平均流量 下的天然水位 (m)	分期或分级 1		分期或分级 2、3...		外包线 (m)	备注
							天然水位 (m)	回水水位 (m)	天然水位 (m)	回水水位 (m)		
12	Z-11											回水末端断面
13	Z-12											

注：1. 需对水位和流量的分期或分级 1、2...进行说明。
2. 断面序号应从下游往上游编排。

附录 D 水库干流回水水面线示意图

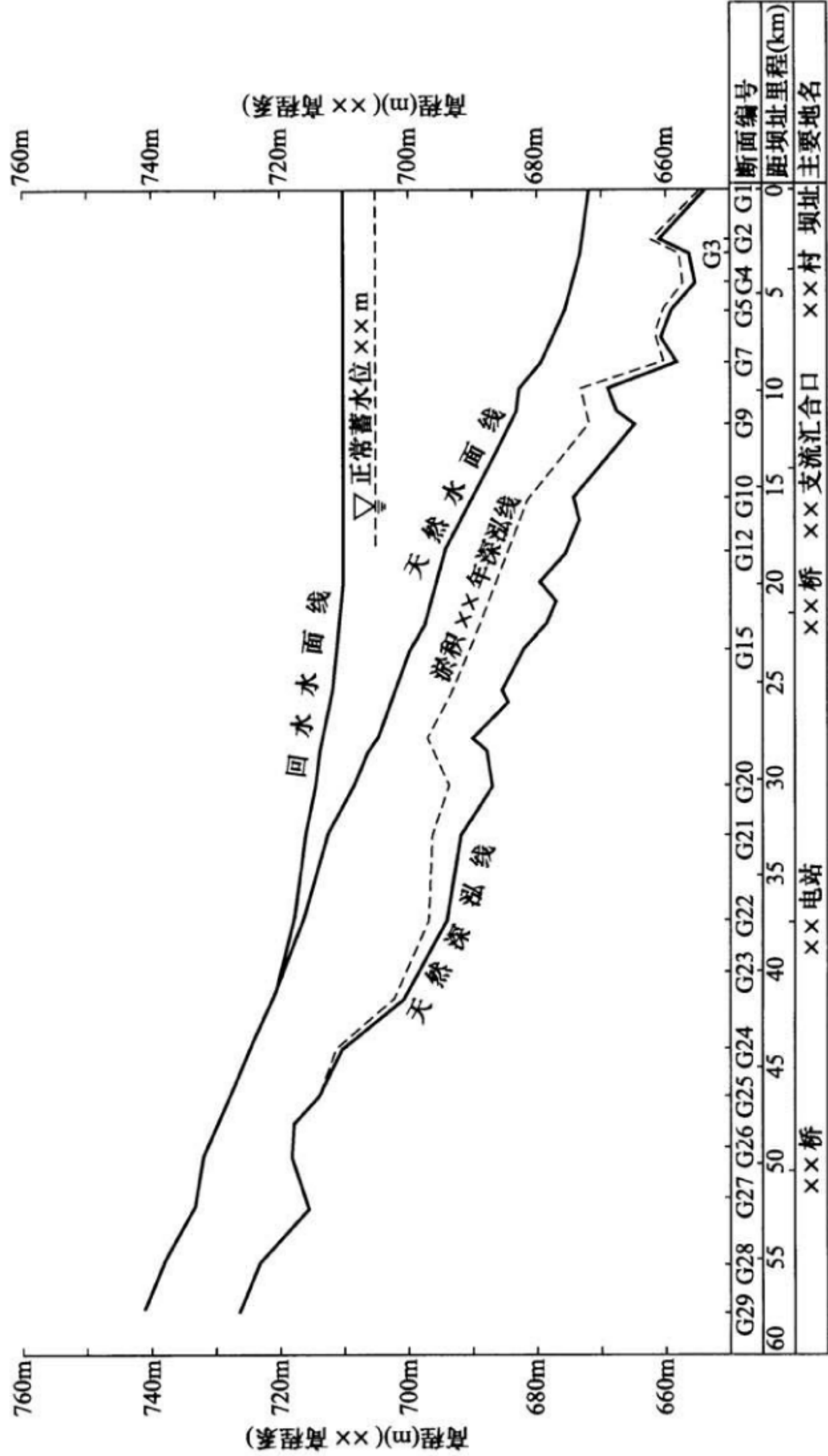


图 D 水库干流回水水面线示意图

附录 E 水库支流回水水面线示意图

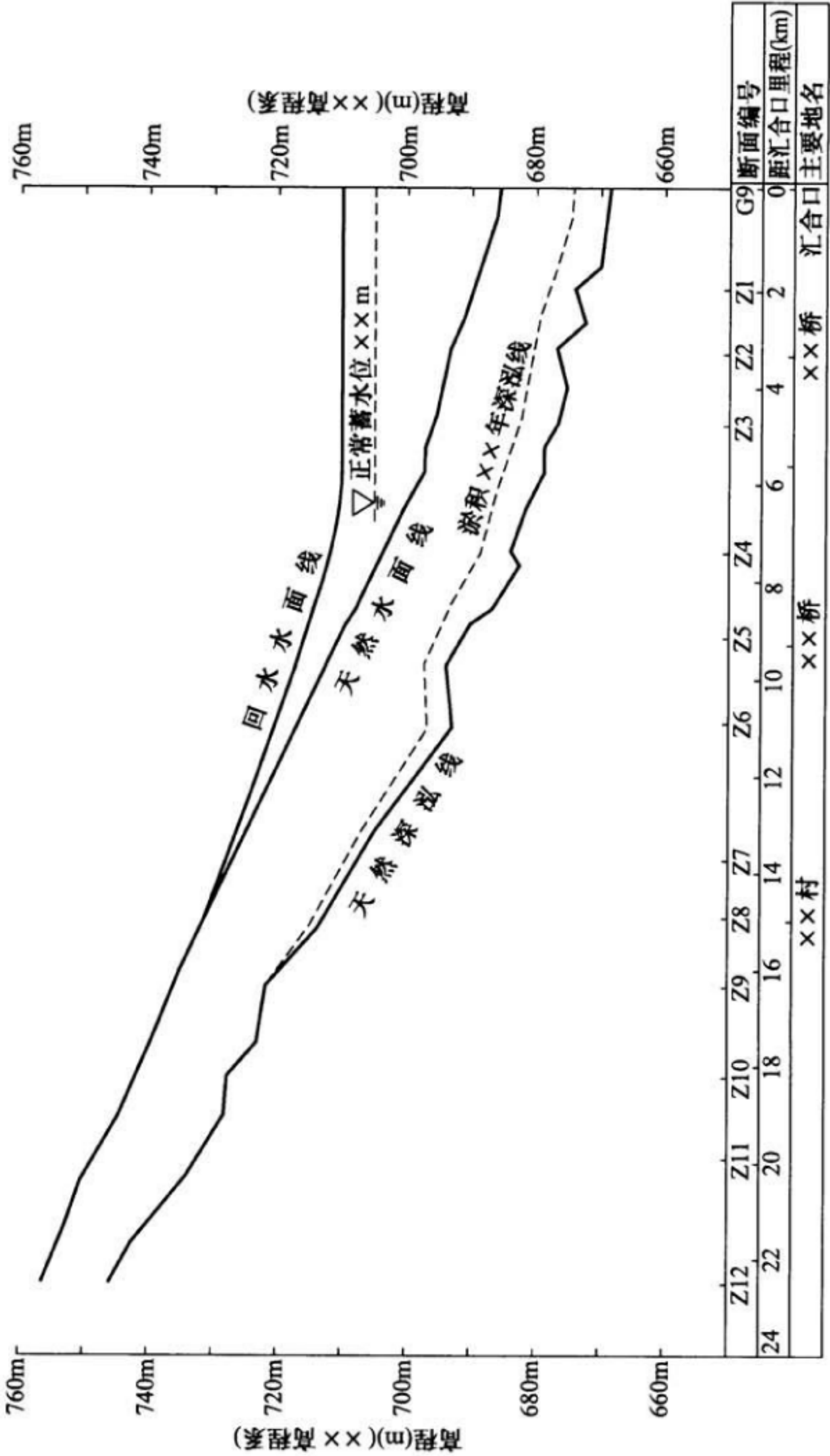


图 E 水库支流回水水面线示意图

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国能源行业标准

水电工程水库回水计算规范

NB / T 35093 — 2017

条 文 说 明

制 定 说 明

《水电工程水库回水计算规范》NB/T 35093—2017，经国家能源局 2017 年 3 月 28 日以第 6 号公告批准发布。

本规范制定过程中，编制组在广泛调查、深入研究的基础上，认真总结水电工程水库回水计算设计的实践经验，并向有关设计和科研单位征求意见。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《水电工程水库回水计算规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总则	26
3	基本资料	27
4	计算边界条件	28
4.1	计算断面	28
4.2	计算流量	28
5	计算方法与糙率	29
5.1	计算方法	29
5.2	糙率	31
6	回水水面线确定	38
6.1	计算方案	38
6.2	回水水面线计算	38
6.3	成果合理性分析	39
6.4	外包线	39

1 总 则

1.0.2 水电工程及潮汐电站等工程主要包括常规水电站、抽水蓄能电站、潮汐电站以及其他相关的工程。

3 基本资料

3.0.1 本条规定了水库回水计算设计所需要的基本资料。对基本资料进行可靠性、合理性检查和评价，如检查地形图、纵断面、横断面高程坐标的一致性，上、下游梯级工程设计洪水成果的协调等。对发现有问题的资料，分析其原因并进行修正，无法修正的可舍弃。

3.0.2 了解工程所在流域概况，有助于水库回水计算的宏观判断。其中经济社会资料包括上、下游有关地区的城镇、人口、土地、矿产资源等分布，以及工农业生产基本情况等；生态环境资料包括自然保护区、风景名胜区等敏感对象的范围及高程分布。

3.0.4 对库区已建、在建和拟建的涉水设施，同一标准下原设计洪水与目前设计洪水成果可能有差异，需重点关注。

3.0.6 对坝前河段、水力坡降小和无淹没敏感对象的河段，横断面布设间距可适当加大。水面宽度为建库前天然河道多年平均流量对应的水面宽。

3.0.8 对水库有防洪、排沙分期控制运行要求，以及施工期需要进行回水计算时，设计洪水成果也包括相应的分期洪水资料；重要控制断面包括淹没敏感对象、上游衔接梯级及水文站等所在断面，可通过设置水尺获得的观测资料推求水位流量关系曲线；同时水面线包括观测时间、水位和相应流量；洪痕资料包括洪水发生的年份、水位和相应流量。

3.0.9 汛期运行水位包括防洪限制水位、库区防洪运行控制水位、排沙运行控制水位及其他目的的运行控制水位等；渣场、跨河建筑物、堤防、河道整治等涉水工程资料包括位置、高程、布置形式、尺寸及防洪标准等资料。

4 计算边界条件

4.1 计算断面

4.1.2 当上游梯级投入或其他原因引起入库泥沙变化时，在确定的泥沙淤积影响年限内，通过分析不同水库运行年限的水库泥沙淤积对回水的影响，选取最不利的水库回水水面线对应的床面。

4.2 计算流量

4.2.1 综合利用及其他设计需要主要包括防洪、灌溉、供水、航运、生态环境、施工期淹没及对上游梯级影响。

4.2.2 计算流量需与坝前起算水位相对应。当采用设计洪峰流量时，坝前起算水位为相应的调洪水位；当采用最高洪水位时，计算流量采用最高洪水位相应的入库流量。当本水库调洪能力较小时，计算流量可采用设计标准的洪峰流量。

4.2.4 库区内水文站、入库站、较大支流汇合口等重要控制断面的计算流量可按照水文分析计算成果确定。

5 计算方法与糙率

5.1 计算方法

5.1.2 动能修正系数 α 的取值与断面流速分布特性有关, 可通过下列经验公式进行估算:

方法一:

$$\alpha = 1 + 0.84 \left(\frac{1}{C'} - 1 \right) \quad (5-1)$$

$$C' = \frac{C}{1.34C + 6} \quad (5-2)$$

式中: C' 、 C ——谢才系数 ($\text{m}^{1/2}/\text{s}$)。

方法二:

$$\alpha = 1 + 3\varepsilon^2 - 2\varepsilon^3 \quad (5-3)$$

$$\alpha = \frac{(1 + \varepsilon)^3}{1 + 3\varepsilon} \quad (5-4)$$

$$\varepsilon = \frac{v_{\max}}{v} - 1 \text{ 或 } \varepsilon = 2.5 - \frac{v_0}{v} \text{ 或 } \varepsilon = \frac{14.2}{C} \quad (5-5)$$

式中: v_{\max} ——断面最大的点流速 (m/s);

v_0 ——摩阻流速 (m/s);

v ——断面平均流速 (m/s)。

方法三:

$$\alpha = \frac{(\sum A_i)^2 \sum \left(\frac{K_i^3}{A_i^2} \right)}{(\sum K_i)^3} \quad (5-6)$$

式中: A_i ——复式断面各子断面面积 (m^2);

K_i ——复式断面各子断面流量模数 (m^3/s)。

动能修正系数也可根据河流类型进行分析确定：对于平原河流可取 1.15~1.50；对于山区河流可取 1.50~2.00；对于断面发生突变，水流近似为堰流的河段可取 2.10 左右。

局部水头损失 h_j 可根据河道及涉水工程的特性进行计算。河槽扩大、桥墩阻力、支流汇入主流以及弯道的局部水头损失计算说明如下：

河槽扩大段局部水头损失，可按下式计算：

$$h_j = \xi \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right) \quad (5-7)$$

式中： h_j ——局部水头损失 (m)；

ξ ——系数，河槽急剧扩大， ξ 取 -0.500~-1.000，河槽逐渐扩大， ξ 取 -0.100~-0.333；

g ——重力加速度 (m/s^2)；

v_1 、 v_2 ——河槽扩大前、后两端断面的平均流速 (m/s)。

桥墩阻力的局部水头损失，可按下式计算：

$$h_j = \xi \frac{v_1^2}{2g} \quad (5-8)$$

式中： ξ ——系数，方头墩为 0.35，圆头墩为 0.18，当长宽比大于 4 时应有所增加；

v_1 ——紧接桥墩处的断面平均流速 (m/s)。

支流汇入主流时，支流断面与交汇后的断面之间发生的局部水头损失，可按下式计算：

$$h_j = 0.1 \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right) \quad (5-9)$$

式中： v_1 、 v_2 ——汇合前支流上、汇合后主流上的断面平均流速 (m/s)。

弯道的局部水头损失，可按下式计算：

$$h_j = 0.05 \left(\frac{v_1^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g} \right) \quad (5-10)$$

式中： v_1 、 v_2 ——急弯段两端断面的平均流速（m/s）。

5.1.3 河段平均流量模数 \bar{K} 的计算方法常见的有算术平均、几何平均、平方平均、倒数平方平均等方法。

算术平均法：

$$\bar{K} = \frac{K_1 + K_2}{2} \quad (5-11)$$

式中： K_1 、 K_2 ——河段两断面的流量模数（m³/s）。

几何平均法：

$$\bar{K} = \sqrt{K_1 K_2} \quad (5-12)$$

平方平均法：

$$\bar{K} = \sqrt{\frac{K_1^2 + K_2^2}{2}} \quad (5-13)$$

倒数平方平均法：

$$\bar{K} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1/K_1^2 + 1/K_2^2}{2}}} \quad (5-14)$$

5.2 糙 率

5.2.2 糙率率定时需注意洪痕资料的调查时间、高程系统等与地形资料的一致性。

5.2.3 根据工程经验综合分析选取糙率时，可参照天然河道糙率表综合分析确定。在基本资料无法满足采用水力学方法率定糙率的要求时，可根据河床组成及床面特性、平面形态及水流流态、岸壁及植被特性综合分析确定，可参考表 5-1～表 5-3。

表 5-1 天然河道糙率表

(1) 水位较高的单式断面或主槽					
类型	河 段 特 征			糙率 n	
	河床组成及床面特性	平面形态及水流流态	岸壁特性		
I	河床为沙质, 床面较平整	河段顺直, 断面规整, 水流通畅	两侧岸壁为土质或土砂质, 形状较整齐	0.020~0.024	
II	河床由岩板、砂砾石或卵石组成, 床面较平整	河段顺直, 断面规整, 水流通畅	两侧岸壁为土砂或石质, 形状较整齐	0.022~0.026	
III	1	河床为沙质, 河底不太平顺	两侧岸壁为黄土, 长有杂草	0.025~0.029	
	2	河床由砂砾或卵石组成, 底坡较均匀, 床面尚平整	两侧岸壁为土砂、岩石, 略有杂草、小树, 形状较整齐	0.025~0.029	
IV	1	细沙, 河底中有稀疏水草或水生植物	土质岸壁, 一岸坍塌严重, 为锯齿状, 长有稀疏杂草及灌木; 一岸坍塌, 长有稠密杂草或芦苇	0.030~0.034	
	2	河床由砾石或卵石组成, 底坡尚均匀, 床面不平整	一侧岸壁为石质、陡坡, 形状尚整齐; 另一侧岸壁为砂土, 略有杂草、小树, 形状较整齐	0.030~0.034	

续表 5-1

类型	河 段 特 征			糙率 n
	河床组成及床面特性	平面形态及水流流态	岸壁特性	
V	河底由卵石、块石组成，间有大漂石，底坡尚均匀，床面不平整	顺直段夹于两弯道之间，距离不远，断面尚规整，水流显出斜流、回流或死水现象	两侧岸壁均为石质、陡坡，长有杂草、树木，形状尚整齐	0.035~0.040
VI	河床由卵石、块石、乱石或大块石、大乱石及大孤石组成，床面不平整，底坡有凹凸状	河段不顺直，上、下游有急弯，或下游有急滩、深坑等；河段处于 S 形顺直段，不整齐，有阻塞或岩溶情况较发育；水流不顺畅，有斜流、回流、漩涡、死水现象。河段上游为弯道或两河汇口，落差大，水流急，河中有严重阻塞，或两侧有深入河中的岩石，伴有深潭或回流等；上游为弯道，河段不顺直，水行于深槽峡谷间，多阻塞，水流湍急，水声较大	两侧岸壁为岩石及砂土，长有杂草、树木、形状尚整齐；两侧岸壁为石质砂夹乱石、风化页岩，崎岖不平整，上面生长杂草、树木	0.040~0.100
(2) 滩地				
类型	滩地特征描述			糙率 n
	平纵横形态	河床质	植被	
I	平面顺直，纵面平顺，横面整齐	土、沙质、淤泥	基本无植物或已收割后的麦地	0.030
II	平面、纵面、横面尚顺直整齐	土、沙质	稀疏杂草、杂树或矮小农作物	0.040

续表 5-1

类型	滩地特征描述			糙率 n	
	平纵横形态	河床质	植被	变化幅度	平均值
III	平面、纵面、横面尚顺直整齐	砂砾、卵石滩， 或为土沙质	稀疏杂草、小杂树或种有高杆 作物	0.040~0.060	0.050
IV	上、下游有缓弯，纵面、横面尚 平坦，但有束水作用，水流不畅通	土沙质	种有农作物，或稀疏树林	0.050~0.070	0.060
V	平面不畅通，纵面、横面起伏不平	土沙质	有杂草、杂树，或为水稻田	0.060~0.090	0.075
VI	平面尚顺直，纵面、横面起伏不 平，有洼地、土埂等	土沙质	长满中密的杂草及农作物	0.080~0.120	0.100
VII	平面不畅通，纵面、横面起伏不 平，有洼地、土埂等	土沙质	3/4 地带长满茂密的杂草、灌木	0.110~0.160	0.130
VIII	平面不畅通，纵面、横面起伏不 平，有洼地、土埂阻塞物	土沙质	全断面有稠密的植被、芦柴或其 他植物	0.160~0.200	0.180
说明：1. 本表由原电力工业部东北勘测设计院于 1977 年编制。 2. 本表只适用于稳定河道。对于含沙量大且冲淤变化较严重的沙质河床，不宜使用。 3. 表中水位较高的单式断面或主槽部分的第 VI 糙率值很大，所列的糙率值已包含了局部损失在内，使用时应予以注意。 4. 影响滩地糙率很主要的因素是植物，植物对水流的影响随水深与植物高度比有着密切的关系，表中没有反映此种关系，在应 用时应注意。					

表 5-2 美国霍尔顿编制的天然河道糙率表

河槽类型及情况	最小值	正常值	最大值
第一类 小河（汛期最大水面宽度 30m）			
1 平原河流			
(1) 清洁，顺直，无沙滩，无潭	0.025	0.030	0.033
(2) 清洁，顺直，无沙滩，无潭，但多石多草	0.030	0.035	0.040
(3) 清洁，弯曲，稍许淤滩和潭坑	0.033	0.040	0.045
(4) 清洁，弯曲，稍许淤滩和潭坑，但有草石	0.035	0.045	0.050
(5) 清洁，弯曲，稍许淤滩和潭坑，有草石，但水深较浅，河底坡度多变，平面上回流区较多	0.040	0.045	0.050
(6) 清洁，弯曲，稍许淤滩和潭坑，但有草石并多石	0.045	0.050	0.060
(7) 多滞流间段，多草，有深潭	0.050	0.070	0.080
(8) 多丛草河段，多深潭，或草木滩地上的过洪	0.075	0.100	0.150
2 山区河流（河槽无草树，河岸较陡，岸坡树丛过洪时淹没）			
(1) 河底：砾石、卵石间有孤石	0.030	0.040	0.050
(2) 河底：卵石和大孤石	0.040	0.050	0.070
第二类 大河（汛期水面宽度大于 30m）相应于上述小河各种情况，由于河岸阻力较小， n 值略小			
1 断面比较规整，无孤石或丛木	0.025		0.060
2 断面不规整，床面粗糙	0.035		0.100
第三类 洪水时期滩地漫流			
1 草地无从木			
(1) 矮草	0.025	0.030	0.035
(2) 长草	0.030	0.035	0.050
2 耕种面积			
(1) 未熟庄稼	0.020	0.030	0.040
(2) 已熟成行庄稼	0.025	0.035	0.045
(3) 已熟密植庄稼	0.030	0.040	0.050

续表 5-2

河槽类型及情况		最小值	正常值	最大值
3 灌木丛				
(1) 杂草丛生, 散布灌木		0.035	0.050	0.070
(2) 稀疏灌木丛和树 (在冬季)		0.035	0.050	0.060
(3) 稀疏灌木丛和树 (在夏季)		0.040	0.060	0.080
(4) 中等密度灌木丛 (在冬季)		0.045	0.070	0.110
(5) 中等密度灌木丛 (在夏季)		0.070	0.100	0.160
4 树木				
(1) 稠密柳树 (在夏季), 不被水流冲刷、弯倒		0.110	0.150	0.200
(2) 仅有树木残株, 未出新枝		0.030	0.040	0.050
(3) 仅有树林残株, 生长很多新枝		0.050	0.060	0.080
(4) 稠密树木, 很少矮树, 有少许生长于大树下的草木	洪水在树枝以下	0.080	0.100	0.120
	洪水到达树枝	0.100	0.120	0.160

表 5-3 苏联玻尔达柯夫编制的天然河道糙率表

类别	河 槽 特 征	平均水深 (m)	糙率 n
1	半山区河流的平整河槽 (砾石、卵石河床)	2	0.024
		4	0.023
		6	0.023
		10	0.023
2	半山区河流中等弯曲的河槽, 平原河流的平整河槽 (土质河床)	2	0.026
		4	0.025
		6	0.025
		10	0.024
3	半山区河流极度弯曲的河槽, 有支流和岔河, 平原河流中等弯曲的河槽	2	0.031
		4	0.029
		6	0.029
		10	0.028
4	平原河流极度弯曲的河槽, 有支流和岔河, 山区河流的河槽 (砾石、大砾石河床)	2	0.035
		4	0.033
		6	0.032
		10	0.030

续表 5-3

类别	河 槽 特 征	平均水深 (m)	糙率 n
5	平原河流极度弯曲的河槽, 河岸有杂草, 山区河流具有大砾石河床的河槽, 浅的荒溪	2	0.045
		4	0.040
		6	0.038
		10	0.036
6	呈均匀流的多石滩河段, 无杂草的河滩	1	0.069
		2	0.058
		4	0.051
		6	0.048
7	中等情况的多石滩河段, 25%蔓生杂草的河滩	1	0.092
		2	0.077
		4	0.065
		6	0.060
8	具有大砾石的石滩段, 个别部分水流方向特别不规则, 50%蔓生杂草的河滩	1	0.115
		2	0.095
		4	0.080
		6	0.073
9	75%蔓生杂草的河滩	1	0.150
		2	0.122
		4	0.101
		6	0.092
10	100%蔓生杂草的河滩	1	0.240
		2	0.195
		4	0.160
		6	0.142

5.2.7 在分析糙率随水位及沿程变化情况时, 主要分析其变化规律是否与河段地形、河道形态、断面特性、床沙组成及岸坡植被等因素的特征变化相符合。

6 回水水面线确定

6.1 计算方案

6.1.5 水库淹没处理对象的回水水面线计算时，泥沙淤积影响年限按照现行行业标准《水电工程建设征地移民安置规划设计规范》DL/T 5064 的有关规定采用 10 年～30 年；对上游梯级衔接电站的发电影响分析，淤积影响年限可采用 10 年；对上游大坝、厂房等永久建筑物的防洪影响分析，淤积影响年限可采用 30 年～50 年，对于河道淤积特性复杂的可做专门研究。

6.1.8 施工期水库回水计算主要包括施工导流期、蓄水期不同控制水位等工程需要的水库回水水面线计算。

6.2 回水水面线计算

6.2.4 对有防洪排涝等要求，且需要了解其控制断面的水位变化过程等，宜采用非恒定流模型计算。海湾式潮汐电站是指利用合适天然海湾的地形条件修建堤坝成库的电站；滩涂式潮汐电站是指利用近海浅滩筑堤成库的电站。常用的一维非恒定流水力学模型为一维圣维南方程组，包括水量平衡方程和运动方程，分别为：

$$\frac{\partial A}{\partial t} + v \frac{\partial A}{\partial x} + A \frac{\partial v}{\partial x} = q \quad (6-1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g \left(i_0 - \frac{v^2}{C^2 R} \right) \quad (6-2)$$

式中：A——过水断面面积（m²）；

v——断面平均流速（m/s）；

q——单位长度上的侧向入流流量[m³/(s·m)]；

x ——沿河长度 (m);
 t ——时间 (s);
 i_0 ——底坡坡降;
 g ——重力加速度 (m/s^2);
 h ——水深 (m);
 R ——水力半径 (m);
 c ——谢才系数 ($\text{m}^{1/2}/\text{s}$)。

6.3 成果合理性分析

6.3.3 水库建库后, 相同计算流量时水库回水水面线应高于天然水面线, 水面线比降相对平缓, 坝前水位较低的水面线应低于坝前水位较高的水面线; 在相同计算流量情况下, 因坝前水位变化, 上游断面的水位差应小于或等于下游断面的水位差; 同一断面位置, 坝前水位越高, 流量变化引起的水位变化越小。

6.4 外包线

根据调洪计算成果, 当按坝前最高水位与相应入库流量、入库最大流量与相应坝前水位推求回水水面线时, 取其外包线作为该标准洪水的回水水面线。对于库区有分级或分期控制水位、流量要求的水库, 还需取其水位及流量组合方案的回水水面线的外包线。
