



T/CECS G XXXX: 2022

中国工程建设协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路桥梁抗洪能力检测评定标准

(征求意见稿)

Specification for Inspection and Evaluation of Flood
Resistance of Highway Bridge

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction
Standardization

(空白)

征求意见稿

中国工程建设协会标准

公路桥梁抗洪能力检测评定标准

Specification for Inspection and Evaluation of Flood
Resistance of Highway Bridge

T/CECS G: xx-xx-xxxx

主编单位：交通运输部公路科学研究院

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：2022年XX月XX日

人民交通出版社股份有限公司

前 言

根据中国工程建设标准化协会建标协字〔2019〕22号《关于印发〈2019年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》要求，由交通运输部公路科学研究院承担《公路桥梁抗洪能力检测评定标准》（以下简称“本标准”）的制定和主编工作。

编写组在总结国内外桥梁抗洪多年来的工程经验和相关科研成果的基础上，以提升和完善公路桥梁抗洪能力评定技术为核心，完成本标准的编写工作。

本标准分为6章，主要内容包括总则、术语与符号、一般规定、桥梁资料调查、桥梁抗洪状况检查与抗洪状况等级评定、桥梁抗洪能力验算。

本标准基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本标准提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本标准相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本标准由中国工程建设标准化协会提出，由中国工程建设标准化协会公路分会归口管理。本标准由交通运输部公路科学研究院负责解释。在执行过程中如有意见或建议，请函告本标准日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路8号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：），或XX（地址：北京市海淀区西土城路8号；邮编：100088；传真：XXXXXXX；电子邮箱：XXXmailto:pf.li@rioh.cn），以便修订时研用。

主编单位：交通运输部公路科学研究院

参编单位：中路高科交通检测验证认证有限公司
北京交通大学

主 编：李鹏飞

主要参编人员：

主 审：

目次

1	总 则	1
2	术语与符号	2
2.1	术语.....	2
2.2	符号.....	4
3	一 般 规 定	7
3.1	一 般 规 定.....	7
3.2	抗洪能力评定程序.....	10
4	桥梁资料调查	11
4.1	一 般 规 定.....	11
4.2	桥梁设计资料调查.....	12
4.3	抗洪维修加固改造资料.....	13
4.4	桥梁结构检查检测数据资料.....	13
4.5	桥址及周边气象、水文、地质资料.....	15
5	桥梁抗洪状况检查与抗洪状况等级评价	17
5.1	一 般 规 定.....	17
5.2	过水断面检测评定.....	17
5.3	桥梁净空高度检测评定.....	19
5.4	桥址河道宽度检测评定.....	21
5.5	桥孔位置检测评定.....	22
5.6	河床冲淤（演变）评定.....	22
5.7	基础埋深评定.....	23
5.8	墩台冲蚀评定.....	25
5.9	调治构造物评定.....	26
5.10	桥梁抗洪状况评定.....	27
6	桥梁抗洪能力验算	30
6.1	一 般 规 定.....	30
6.2	抗洪能力参数检测.....	32
6.3	桥下水位检算.....	34
6.4	基础埋置深度检算.....	38
6.5	洪水作用力检算.....	45

6.6	桥梁墩台及基础抗洪能力验算.....	48
6.7	桥梁上部结构抗洪能力验算.....	49

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为规范公路桥梁抗洪能力检测评定工作，提供桥梁养护决策支持，降低桥梁水毁事故，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于各等级公路桥梁抗洪能力检测评定，其他桥梁可参照使用。

1.0.3 公路桥梁抗洪能力检测评定采用资料调查、现场检测与分析验算相结合的方法。

1.0.4 公路桥梁抗洪能力评定工作，宜委托具有相应资质的专业机构承担。

1.0.5 公路桥梁抗洪能力检测评定的技术资料，应归入桥梁养护技术文档和公路桥梁管理系统。

1.0.6 公路桥梁抗洪能力检测评定，除执行本规范的规定外，还应符合国家及行业颁发的有关标准、规范的规定。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 山洪 mountain torrents

山区溪沟中发生的暴涨洪水。山洪具有突发性，水量集中流速大、冲刷破坏力强，水流中挟带泥沙甚至石块等，常造成局部性洪灾，一般分为暴雨山洪、融雪山洪、冰川山洪等。

2.1.2 洪水频率 flood frequency

按照有关技术标准规定的洪水统计意义上出现的频率。

2.1.3 典型洪水 typical flood

本标准建议作为水毁风险排查依据的洪水。

2.1.4 验算洪水频率 mountain torrents

本标准建议作为水毁风险排查依据的洪水发生频率。

2.1.5 典型频率洪水 typical flood frequency

桥梁运营期可能遭遇的频率等于典型洪水频率的洪水。

2.1.6 设计洪水 design flood

在正常使用条件下，原桥梁结构设计采用的符合指定抗洪标准的洪水。

2.1.7 壅水 back-water

水流断面受到压缩或潮水、干流水位顶托而导致的上游水位抬高现象。

2.1.8 水文断面 hydrologic sectional drawing

为进行水文观测和水文分析计算而选定的河流横断面。

2.1.9 糙率系数 roughness coefficient

反映河床对水流阻力作用大小的系数。

2.1.10 河床比降 longitudinal river slope of river

任意河段上，河床落差与其长度之比。

2.1.11 自然冲刷 normal erosion

河流在天然来水条件下，自然演变或人为诱发产生的与建桥无关的冲刷。

2.1.12 一般冲刷 general scour

因桥墩、台压缩水流，导致桥下流速增大而引起的桥下河床冲刷。

2.1.13 局部冲刷 local scour

桥墩或桥台阻碍水流导致其周围河床的冲刷。

2.1.14 最低冲刷线 lowest erosion line

在设计条件下，桥下冲刷达到平衡时局部冲刷坑最低点对应的河床面。

2.1.15 洪痕 mountain torrents

遗留在沿河建筑物或河床两岸上标志着洪水最高水位的天然痕迹或人工题刻。

2.1.16 深泓线 thalweg

河流各横断面（过水断面）最大水深点。

2.1.17 河槽 riverbed

河谷中常水位水流所占据的谷底部分。

条文说明

本章仅将本标准出现的、需要明确定义的术语列出，大家都比较熟悉的通用术语没有编入。

术语的解释，其中有部分是国际公认的；但大部分则是概括性的含义，并非国际或国家公认的。术语的英文名称不是标准化名称，仅供引用时参考。

2.2 符号

2.2.1 桥梁抗洪状况等级评定有关符号

$S_{ct,d}$ ——设计净过水断面面积；

$S_{ct,m}$ ——实测净过水断面面积；

SL_d ——桥梁设计最高水位；

SL_m ——桥梁建成后历经最高水位。

H_l ——实测梁底高程；

h_d ——桥下净空高度要求；

H_j ——桥下核定水位；

h_j ——响应检定频率留下的桥下水位（不包括壅水）；

Δh ——桥下水位增高值；

K_{da} ——过水面积评定系数；

K_{br} ——桥梁净空高度评定系数；

K_{cw} ——桥位河道宽度评定系数；

K_{br} ——桥孔位置评定系数；

K_{bd} ——基础埋深评定系数；

K_{ew} ——墩台冲蚀评定系数；

K_{rw} ——调治构造物评定系数。

FRPS——桥梁抗洪性能评分。

2.2.2 桥梁抗洪能力验算有关符号

Q_j ——检算洪水流量；

J ——河床纵比降或水面比降；

H_q ——桥下断面检算洪水位；

H_s ——水文断面检算洪水位；

J_s ——水面比降，当桥位断面位于水文断面下游时取负值；

L ——桥位断面与水文断面之间的河长。

Q_2 ——桥下河床部分通过的检算流量；

Q_c ——天然状态下河槽部分通过的检算流量；

B_c ——天然状态下河槽宽度；
 C_c ——天然状态下河槽谢奇系数；
 C_t ——天然状态下河滩谢奇系数；
 B_{cg} ——桥长范围内的河槽宽度；
 B_z ——造床流量条件下的河槽宽度；
 h_{cm} ——河槽最大水深；
 A_d ——单宽流量集中系数；
 h_z ——造床流量条件下的平均水深；
 ρ_m ——洪水密度；
 ρ ——水密度；
 ρ_s ——泥沙密度；
 S_m ——汛期含沙量；
 V_s ——洪水表面流速；
 V ——行近来流断面平均流速；
 h ——行近来流平均水深；
 A_s ——垂直于洪水主流方向的梁体挡水面积；
 C_L ——升力系数；
 C_D ——结构绕流阻力系数；
 W ——漂浮物重力；
 T ——撞击时间；
 F_V ——作用于支座上由上部结构产生的总竖向力；
 F_H ——洪水作用于上部结构的横向水平力；
 M_W ——结构稳定力矩；
 M_Q ——结构倾覆力矩；
 S_d ——桥跨结构在考虑漂浮物撞击作用的偶然组合下作用效应函数；
 G ——桥跨结构永久作用标准值；
 F_I ——漂浮物撞击力；
 F_W ——洪水作用力；
 R_d ——构件的抗撞性能函数；
 S_d ——构件在考虑漂浮物撞击作用的偶然组合下作用效应函数；

G ——桥跨结构永久作用标准值；

F_I ——漂浮物撞击力；

F_W ——洪水作用力。

征求意见稿

3 一般规定

3.1 一般规定

3.2.1 在役桥梁有下列情况之一时，应进行抗洪能力评定：

- 1 桥位所在地区气候频繁出现反常现象，超常规、超洪水设计频率的降雨频繁出现。
- 2 自然或人为因素，桥位所在河段水位状况发生较大变化。
- 3 位于河汊、古河口、急弯、汇合口等易发生深浅变迁河段的桥梁。
- 4 桥墩阻水比大于 5%，或改扩建桥梁的桥墩阻水比大于原桥墩阻水比。
- 5 跨越山岭沟壑等易发生山洪汇集区域的桥梁。
- 6 桥址附近调治构筑物应设置而未设或设置不合理。
- 7 采用刚性基础的上承式拱桥、浅基础的梁式桥梁。
- 8 需要进行抗洪设计而未进行抗洪设计或采用不完整水文资料完成抗洪设计的桥梁。
- 9 因河道治理等因素，导致桥梁泄洪适应性不能满足河道宽度要求的桥梁。
- 10 其他具有特别重要价值的桥梁或该桥需要进行抗洪能力检测评定的情形。

条文说明

《海委审批权限范围内涉河建设项目技术审查规定（试行）》和《北京市属河道管理和保护范围内建设项目的管理规定》要求新建、改建、扩建桥梁时桥梁阻水比不应大于 5%。桥墩有限阻水比 $R_{\text{有效}}$ 采用下式计算：

$$R_{\text{有效}} = \frac{S_{\text{阻}}}{S_{\text{总}}} \times 100\% \quad (3.1.1-1)$$

式中： $S_{\text{总}}$ ——分析水位为 Z 时，计算得到的过水断面总面积；

$S_{\text{阻}}$ ——桥墩在过水断面的投影面积。

梁式桥是公路桥梁中最常用的一种桥型，同时也是受洪水冲毁最严重的桥型。这是因为发生洪灾时，梁式桥由于桥台及桥墩对河床断面的压缩使得桥下过水断面不能满足泄洪要求，造成桥前大量壅水，上部结构部分或全部被淹没，

从而增大了山洪在桥梁迎水面上产生的水平破坏力。此外，洪水在桥梁竖向上产生的浮力减小了桥梁结构自身的有效重量。

山区公路早期修建的一些桥梁由于受当时经济条件和设计、施工技术的限制，多采用明挖浅基础形式，在受河水冲刷特别是上下游挖沙采石的影响，河床标高大幅度下降，致使一些墩台基础被冲刷悬高，严重影响结构安全。

3.2.2 在役桥梁抗洪能力评定应包含下列工作：

- 1 桥梁设计、维修加固、检测检验、水位、地质、气象等检算资料收集。
- 2 洪水调查，即实地探访洪水频率、发生时间、来源、涨落过程、洪水位、流速及造成的危害等。
- 3 桥梁抗洪状况现场检查，包括：最高水位线或洪痕点调查；现状过水断面绘制；桥下净空、桥孔布置、河道宽度、冲刷深度等测量；墩台、基础、倒流构造物技术状况检查；支座、横向连接等上部重要构件技术状况检查等。
- 4 桥梁抗洪状况等级评价。
- 5 桥梁抗洪能力验算，包括：桥下水位检算、基础埋置深度检算、洪水作用力检算、上部结构抗洪能力评定、墩台及基础抗洪能力评定。
- 6 对重要桥梁应进行抗洪能力模型试验。

条文说明

桥梁抗洪能力评定主要是通过收集桥梁结构、水文、地质、人类活动以及上下游相关工程等相关资料，采用水文检算和分析评估手段，确定桥梁是否能够安全通过相应频率的洪水。

目前，国内外桥梁适应性评定，主要采用层次分析法进行，桥梁抗洪能力等级评定也依靠层次分析法进行。而桥梁抗洪能力验算，主要检算抗洪能力是否大于抗洪需求，考虑水文、结构强度等因素的变异性，基于可靠度理论评定桥梁抗洪能力。

3.2.3 桥梁抗洪能力评定应根据桥梁实际状况按需进行。如遇设计洪水或超过设计标准的更大洪水，宜结合水毁调查，于当年进行一次抗洪能力评定。经常受洪水威胁的公路桥梁宜每年进行一次抗洪能力评定。

条文说明

参考了《公路桥涵养护技术规范》(JTG/T 5210)中关于水毁防治和洪水期抢修规定。

3.2.4 既有公路桥梁验算洪水频率应符合下列规定:

- 1 经观察或调查到的洪水频率小于原设计所列标准时,应按原设计洪水频率检算。
- 2 经观察或调查到的洪水频率大于等于原设计所列标准时,应按观察或调查到的洪水频率检算。

条文说明

调查到的洪水,应是洪水特性未改变、有重现可能的历史洪水。

桥梁抗洪能力是针对一定频率的洪水流量而言,即通过水文检算,确定桥梁是否能够安全通过一定频率下的检定流量。

3.2.5 桥梁抗洪能力评定所需技术参数选取应遵循以下原则:

- 1 桥梁主体结构等构筑物技术参数,宜依据竣工资料或设计文件按相关标准规范取用。对缺失技术资料的,可根据检测资料,结合参考同年代类似构筑物设计文件或标准定型图取用。
- 2 河床土壤平均粒径可根据设计资料中包含的钻探资料确定,无地质资料时,应通过桥址处的河床取样进行筛分确定。
- 3 成桥时缺失桥址河床横断面资料,可根据历年水文监测资料反演。
- 4 已掌握桥梁基础实际埋置深度或结构缺损状况,应采用现状结构并基于现状缺损进行检算评定。

3.2.6 按本标准进行抗洪能力检算时,有关作用及其组合在无特殊要求时宜采用设计荷载标准。

条文说明

经过加固的桥梁,在抗洪能力检算评定时,有关作用(或荷载)及其组合

宜选用加固时所采用的标准。经改、扩建手段提高抗洪能力的桥梁，抗洪能力检算评定时，有关作用（或荷载）及其组合宜选用提升后的标准。

3.2 抗洪能力评定程序

3.2.1 抗洪能力检测评定前，应通过实地调查和检查，获得河床断面、桥梁净空、河道压缩、桥孔位置、基础埋深、墩台冲刷及调治构造物现状等情况，搜集相关技术资料，确定检算技术参数。

条文说明

桥梁资料的收集和调查工作，其目的是对所检算的桥梁进行详细的了解，获得检算所需的基本参数，比如桥梁及墩台的尺寸，梁底、墩台顶、基底的高程，河流流量和水位，河床地质和植被情况，河床横断面和纵断面等，进而依据对资料的分析 and 计算结果，检算桥梁的抗洪能力。

调查桥梁建造年代，水害资料、病害资料、改建和大修情况及桥梁的历史变迁等，尤其历次水害冲毁桥梁的情况，桥址河道上下游有无堵塞、冲刷、淤积等现象，并判断其发生的原因

现场详细调查桥址处的地质资料、土质类别、粒径级配，确定河床土壤的平均粒径。

3.2.2 根据检算技术参数，按本标准的有关规定，计算重要抗洪评定指标和普通抗洪评定指标标度。

3.2.3 按照相关标准和本标准的有关规定，根据抗洪评定指标，计算扣分值，得到桥梁抗洪状况评分，确定桥梁抗洪状况等级。

3.2.4 桥梁技术状况为 4、5 类的桥梁，宜加固改造或拆除重建完成后进行抗洪能力评定。

4 桥梁资料调查

4.1 一般规定

4.1.1 对需要抗洪评定的桥梁应进行实地考察，了解桥梁的基本技术状况，并宜对技术资料中关键参数进行复核。

条文说明

桥梁资料的收集和调查工作，其目的是对所验算的桥梁进行详细的了解，获得验算所需的基本参数。对于由某些原因造成技术资料失散而无法收集时，应深入调查研究，走访有关单位或当事人，详尽收集有关桥梁技术情况。

4.1.2 实施桥梁抗洪能力检测评定前，应充分收集桥梁以下资料：

- 1 勘察设计资料，主要包括：桥位地质钻探资料及水文勘测资料、设计计算书及有关图纸、变更设计计算书及有关图纸等。
- 2 竣工图纸及其说明。
- 3 养护、试验检测及维修与加固资料，主要包括：桥梁检查与检测、荷载试验资料、历次桥梁维修、加固资料、历次特别事件记载资料等。
- 4 运营期桥梁所在流域和河道的水文、气候、环境等资料。
- 5 桥梁上下游主要涉河工程资料。

条文说明

桥位河段主要涉河工程包括既有桥梁、堤防、水库及河道调治工程，应考虑对象及其资料具体为：

(1) 桥轴线上游 1 倍桥长范围内既有桥梁与评定桥梁之间的距离及桥梁孔跨布置参数。

(2) 桥轴线上游及下游 1 倍桥长范围内抗洪堤的设计标高、设防标准及水流方向与桥轴线之间的夹角。

(3) 位于桥轴线上游 10 倍桥长范围内的水库的设计抗洪标准和与典型洪

水频率相同的下泄流量，当桥梁位于水库蓄水影响区时，应收集水库各种特征水位、回水曲线、水库设计淤积年限和淤积计算资料。

(4) 位于桥轴线上游 2 倍桥长范围内丁坝的位置、坝长、标高、挑角，导流堤的平面线形及堤高。

河床土壤平均粒径的确定方法主要有以下两种：

(1) 对于一些设计资料中包含钻探资料的桥梁，其平均粒径可由资料确定。

(2) 对于无地质资料的桥梁，在桥址处的河床取样进行筛分确定，平均粒径采用下列公式进行计算：

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta P_i d_i}{\sum_{i=1}^n \Delta P_i} \quad (4.1.2-1)$$

式中： d_i ——第 i 组泥沙的代表粒径，将沙样分为若干组，取每组沙样上下界限粒径的平均值；

ΔP_i ——粒径为 d_i 组泥沙在整个沙样中的重量百分比。

4.1.3 应调查了解桥梁主要承重构件和防排水系统病害史、使用过程中的特别事件。

条文说明

锥坡作为桥梁防排水系统中重要构件，由于经常遭遇不利水流条件的冲击，会常常发生水毁，锥坡一旦遭受水毁，桥头引道与桥台的安全便会受到严重威胁。

4.2 桥梁设计资料调查

4.2.1 通过收集桥梁基础资料，获得桥梁主体结构的主要设计参数，应包括以下内容：

1 桥梁技术指标，含桥梁全长、桥面标准净空、桥面实际净空、桥下通航等级及标准净空、桥下实际净空、设计洪水频率及水位、桥面高程等。

2 桥梁结构信息，含桥梁分孔、结构体系、上部结构形式、桥面系形式及材料、基础形式与材料、下部结构形式与材料、支座形式与材料、附属设施等。

条文说明

桥梁基础资料包括：设计图、竣工图。

4.2.2 调查桥梁基础工程设计资料时，应详细了解桥梁涉水基础的类型、埋深、设计最低冲刷线以及地质资料等。

4.2.3 调查附属设施设计资料时，应包括桥梁锥坡、翼墙设计参数，墙后或坡后土体性质等。

4.2.4 调查桥梁抗洪调治措施设计资料时，应包括构造物平面线形、横断面、坝顶高程、基础埋深、设计最低冲刷线等。

4.3 抗洪维修加固改造资料

4.3.1 桥梁维修加固资料包括：水害资料、病害资料、改建和大修情况及桥梁的历史变迁等，尤其历次水害冲毁桥梁的情况，桥址河道上下游有无堵塞、冲刷、淤积等现象，并应判断其发生的原因。

4.3.2 调查桥梁改建和大修资料时，应包含加固改造设计、竣工图纸和计算书，并详细了解抗洪维修加固改造现状。

4.4 桥梁结构检查检测数据资料

4.4.1 桥梁抗洪能力检测评定时对桥梁结构检查评定资料包括：初始检查、定期检查、特殊检查、结构监测和评定资料。

条文说明

《公路桥涵养护规范》(JTG 5120)将水中墩身、基础的缺损情况的检测评定纳入特殊检查。

4.4.2 调查桥梁上部结构检查检测资料时应重点调查和收集以下内容：

- 1 主要承重构件病害和缺陷情况。

-
- 2 纵向联结系、横向联结系病害和缺陷状况。
 - 3 支座的病害和缺陷情况。
 - 4 纵横向限位装置布置、型式及其病害情况。
 - 5 上部结构是否存在异常倾斜、位移等病害。

条文说明

简支梁桥和连续梁桥在洪水淹没时，因上部结构横向尺寸大，变形很小，一般都只可能出现刚体失衡破坏，即被翻动、推移，产生梁体错位甚至被漂走。洪水期间，拱桥上部结构中主拱圈是承力构件，也是最易出现破坏的构件，特别是石砌拱桥，主拱圈拱顶部位砌缝受拉极易开裂；砌缝开裂后由于洪水对裂口砂浆的冲掏，很可能造成拱顶石料脱落，整座桥梁彻底破坏。对于圯工桥，重点收集砌缝技术状况。

对于板式橡胶支座重点关注支座抗剪、抗滑和背水面支座的抗压等性能衰退情况；对于弧形钢板支座，重点关注剪力齿板病害情况和固定支座螺钉锚固情况；其他支座参照各自特点，重点关注横向构造和性能。

部分 T 型梁桥，采用空腹式横隔板，鸟类易在此筑巢施工不当，易造成堵塞，应检查和收集其数量和程度。

4.4.3 调查下部结构检查资料时，应重点掌握下列内容：

- 1 墩身、台身及基础历年变位情况及规律。
- 2 墩台的病害和缺陷情况，对于圯工砌体墩身、台身，尤其关注砌块破损、剥落等程度和发展。
- 3 基础历年冲刷和掏空情况。水位涨落、干湿交替变化处基础冲刷磨蚀、颈缩等病害情况和发展趋势。
- 4 桥台翼墙、侧墙、耳墙破损、位移等病害情况和发展趋势。
- 5 锥坡、护坡的缺损和冲刷情况及发展趋势。

条文说明

大量桥梁水毁实例的调查资料显示，桥梁在洪水作用下时下部结构破坏方式主要有墩身开裂、墩台滑移、偏斜倾覆及材料变异。

4.4.4 调查桥面系检查资料时，应详细了解护栏结构形式和病害发展情况。

条文说明

根据重庆交通大学关于山洪对桥梁水平作用力试验公式的研究，当水位刚好淹过桥面（栏杆顶面）时，桥梁阻水面积、桥前流速均达到最大，桥梁处于最不利受力状态。部分公路桥梁建设年代久远，加之近年来交通运输实施的“提升公路桥梁安全防护能力专项行动”、“安全设施精细化提升工程”等工程推动，部分桥梁护栏改造较大，为准确掌握洪水对桥梁的水平作用，应详细了解护栏结构形式，并掌握其技术状况。

4.5 桥址及周边气象、水文、地质资料

4.5.1 气候因素、地形及地貌、地面粗糙度、工程地质等因素是影响洪水形成的主要因素。应查阅桥梁所在地区的气象资料，掌握桥址上游流域降雨量和流域内蒸发量及其发展规律。下垫面因素具有一定的地域特性，应调查掌握。

条文说明

降雨量和蒸发量在地图上的分布呈现一定的地区规律性，影响到山洪的形成、变化亦具有一定的规律性。

桥址域内地形、地质、土壤、植被下垫面因素对山洪流量、流速的形成及持续时间起重要的调节作用；同时下垫面因素直接影响到洪水的泥沙含量和挟带能力。

4.5.2 桥址水文调查宜分为长期水文、汛期水文和极端水文。

4.5.3 调查长期水文和地质监测资料时，应包括径流年平均流量、流速，桥址及周边水位，水体含沙、泥量，河道、河床长期变化情况，河道淤积和冲刷情况，桥址及周边土体含水量，历史地质灾害记录等。

4.5.4 调查汛期水文和地质监测资料时，应包括历史最大洪峰和历年平均洪峰资料，汛期桥址及周边水流性状（漩涡、壅水、涌浪、水跃等），汛期河道冲刷情况，汛期土体含水量及位移等。

4.5.5 调查极端水文和地质监测资料时，应包括凌汛，上游水库开闸泄洪，山洪及泥石流等极端事件发生时，桥址及周边的水文和地质监测资料。

征求意见稿

5 桥梁抗洪状况检查与抗洪状况等级评价

5.1 一般规定

5.1.1 应根据桥梁所处水文环境现状，对桥梁进行抗洪状况等级评定。

5.1.2 抗洪状况检查与抗洪状况等级评定宜为每 3-6 年进行一次。如遇设计洪水及超设计洪水年，宜结合水毁调查，于当年进行一次抗洪状况等级评定。对经常受洪水威胁的山区公路桥梁宜每年进行一次抗洪状况等级评定。

5.1.3 桥梁抗洪状况检查内容包括：桥孔位置、过水断面、桥下净空、桥位河道宽度、河床状况、基础埋深、墩台与基础冲蚀情况、调治构造物状况、墩台基础病害或缺陷、墩台稳定性、水面漂浮物情况等。

条文说明

以上参考了《公路桥涵养护规范》(JTG/T 5210)中的相关内容。

5.2 过水断面检测评定

5.2.1 位于一、二、三级河道的桥梁，应通过实测河床断面获得桥下实际过水面积，并符合下列规定：

1 桥址河床断面，可按桥梁路线中心所在断面及距桥梁上下游各 25m 的三个断面进行测量，每次测量断面宜固定。

2 断面测点位置应能明确反映出河床断面，间隔不宜大于桥梁全长的 1/10，必要时应增加侧点，每次测量应在固定测点上进行。

3 为了解桥梁墩台、基础、翼墙、护坡、锥坡的冲刷情况，应在其周围另加测点，必要时潜水摸测。

4 宜选择不少于 8 组水位和过水断面面积数据绘制水位-面积关系曲线图，根据检算水位值计算实际净过水面积。

条文说明

河道划分品级依据《中华人民共和国河道管理条例》等相关条例和规定。

河床断面，是水文检算最基本的资料。桥下河道横断面进行测量绘制推荐采用专用测量仪进行测量，如水下用探深仪和智能定位仪联测等。

过水断面图纵向、横向比例尺相同时，可用求积仪或方格法直接量算；纵横比例不同，可把图划为若干梯形或三角形，分别用梯形、三角形面积公式计算。

5.2.2 位于四、五级河道或山区溪沟的桥梁，可通过现场检查最高水位线，并结合测绳吊铅锤或测深仪测量水深等简易方法粗略推算河床现状断面和实际过水断面面积。

条文说明

对于大多数桥梁而言，桥下过水宽度一般不易发生较大变化，桥下河床冲淤是引起过水面积变化的主要原因。

5.2.3 现场检查最高水位线时，可靠洪痕点不宜少于 3 个，取最大值作为实测最高水位线，并应实地探访洪水发生时间、来源和涨落过程。

条文说明

在江河、湖泊的某一地点，经过长时期对水位的观测后，得出的最高水位值，称之为最高水位。最高水位在桥梁工程中与抗洪工程设计上具有重要意义。

5.2.4 无法确定河底状况的桥梁，应根据实测最高水位线与设计水位线的位置关系，判断实际过水面积是否满足设计要求。

条文说明

考虑部分跨越峡谷桥梁，较难获得河底状况。另外，跨越峡谷桥梁一般过水断面较大，。

5.2.5 应按 5.2.4-1 式计算过水面积评定系数 K_{da} ，按表 5.2.4-1 的规定确定最高水位评定标度 H_{da} 。

1) 过水面积评定系数 K_{da}

$$K_{da} = \frac{S_{ct,d}}{S_{ct,m}} \quad (5.2.4-1)$$

式中： $S_{ct,d}$ ——设计净过水断面面积；

$S_{ct,m}$ ——实测净过水断面面积；

2) 桥址最高水位评定系数 K_{wl}

$$K_{wl} = \frac{SL_d}{SL_m} \quad (5.2.4-2)$$

式中： SL_d ——桥梁设计最高水位；

SL_m ——桥梁建成后历经最高水位。

表 5.2-1 过水面积指标及分级评定标准

K_{wl}	K_{da}	状况	评定标度 H_{da}
≥ 1.00	≥ 1.00	无影响	1
(1.00,0.95]	(1.00,0.95]	影响轻微	2
(0.95,0.80]	(0.95,0.80]	影响较小	3
< 0.80	< 0.80	影响较大	4

条文说明

一般认为过水面积评定系数和最高水位评定系数成线性关系，对于考虑部分跨越峡谷桥梁以及位于四、五级河道或山区溪沟的桥梁，可仅采用最高水位评定系数获得过水面积评定标度。桥梁建成后历经最高水位，主要通过洪痕和实际调查获得。

5.3 桥梁净空高度检测评定

5.3.1 宜直接测量获得桥梁梁底高程，测量不便时，可利用桥面高程换算获得。对于单跨跨径超过 60m 的桥梁，每孔跨中、L/4、支点等不少于五个位置，双向横坡桥梁可仅测量上游侧，单向横坡桥梁可仅测量超高内测。

5.3.2 应按 5.3.2-1 式计算桥梁净空高度评定系数 K_{hr} ，按表 5.3.2-1 的规定确定

桥梁净空高度评定标度 H_{hr} 。

桥梁净空高度评定系数 K_{hr}

$$K_{hr} = \frac{H_l}{H_j + h_d} \quad (5.3.2-1)$$

式中： H_l ——实测梁底高程；

h_d ——桥下净空高度要求，按照表 5.3.2-2 的规定；

H_j ——桥下检定水位；

$$H_j = h_j + \Delta h \quad (5.3.1-2)$$

h_j ——相应检定频率的桥下水深（不包括壅水）；

Δh ——桥下水位增高值，需结合河流具体情况，考虑桥下壅水、浪高、局部股流涌高、河床淤积等影响；

表 5.3.2-1 桥梁净空高度指标及分级评定标准

K_{hr}	状况	评定标度 H_{hr}
≥ 1.05	无影响	1
(1.05,1.00]	影响轻微	2
(1.00,0.95]	影响较小	3
< 0.95	影响较大	4

表 5.3.2-2 桥下净空高度要求

序号	梁的部位	$h_d(m)$	
		钢梁	钢筋混凝土/圬工
1	梁底	0.25	0.25
2	梁底（洪水期有大漂流物）	1.5	1.25
3	梁底（有泥石流时）	1.0	1.0
4	支承垫石顶	0	-
5	拱肋和拱桥的拱脚	0	0

备注：洪水期无大漂流物通过的河流，实体无铰拱桥（拱圈或拱肋）的拱脚允许被“检定水位加 Δh ”后的水位淹没，但此淹没高不应大于矢高的 3/4，且距拱顶的净高不应小于 0.75m。

条文说明

桥梁净空高度要求参考了《铁路桥梁检定规范》(铁运函〔2004〕120号)中的要求。

既有桥梁的孔径必须确保推算出的检定流量洪水可以安全通过。即洪水通过时桥下净空高度应保留一定的安全值；在有流冰、流木、泥石流等其他漂浮物的河流，还要考虑漂浮物通过时的影响；洪水水位不超过桥头路堤容许标高；在有航运的河流上还要满足通航要求。

5.4 桥址河道宽度检测评定

5.4.1 河道断面宽度测量应符合下列规定：

1 单跨跨径超过150m或总跨径超过1000m的桥梁，应测量河道上游200m、下游1000m范围内断面宽度；其他跨度桥梁测试河道上、下游200m范围内河道断面宽度。

2 桥梁位于一、二、三级河道时，测量断面沿水流方向不得少于3点，并应选择典型断面。

3 位于四、五级河道或山区溪沟的桥梁，可仅测桥位处河道或溪沟宽度。

条文说明

以上参考《交通运输部关于进一步加强公路桥梁养护管理的若干意见》(交公路发[2013]321号)中安全保护区距离要求。

5.4.2 应按5.4.2-1式计算各断面河道宽度评定系数 K_{cw} ，按表5.3.2-1的规定确定址河道宽度评定标度 H_{cw} 。

桥位河道宽度评定系数 K_{cw} ：

$$K_{cw} = \min \left\{ \frac{HK_{m,i}}{HK_{d,i}} \right\} \quad (5.4.2-1)$$

式中： $HK_{d,i}$ ——对应第*i*个断面原设计河道宽度；

$HK_{m,i}$ ——实测桥址第*i*个断面河道宽度；

表 5.2-1 桥址河道宽度指标及分级评定标准

K_{cw}	状况	评定标度 H_{cw}
≥ 1.00	无影响	1

(1.00,0.95]	影响轻微	2
(0.95,0.90]	影响较小	3
<0.90	影响较大	4

5.5 桥孔位置检测评定

5.5.1 对桥梁孔位偏置的测量应符合下列规定：

- 1 测试桥梁现状孔位时，纵、横向均不低于 2 测点。
- 2 所有可能涉水孔均需测量。
- 3 对设有永久性观测点的桥梁基础，可通过测量永久性观测点平面坐标，推定桥跨结构几何形态参数的变化；对无永久性观测点的桥梁基础，可采用几何测量、GNSS 测量、摄影测量、光学测距等间接测量的方法。

5.5.2 应根据表 5.5.2-1 评定桥梁孔位偏置影响抗洪性能可接受度。并应按照测区所有测量孔偏位绝对最大值 L_{bt} 或偏位绝对值平均值 L_{bm} ，确定桥孔偏位评定标度 H_{bt} 。

表 5.5.2-1 桥梁孔位偏置指标及分级评定标准

L_{bt} (单位: mm)	L_{bm} (单位: mm)	状况	评定标度 H_{bt}
<10	<5	无影响	1
[10,50)	[5,25)	影响轻微	2
[50,100)	[25,50)	影响较小	3
>100	>50	影响较大	4

条文说明

以上参考《公路工程质量检测评定标准》(JTG F80) 的相关规定。

5.6 河床冲淤(演变)评定

5.6.1 评定位于一、二、三级河道的桥梁河床冲淤(演变)时，应覆盖桥位上、下游 25m 范围内河床地形地貌，宜采用多波束测试系统或其他可靠方式对河床冲淤(演变)情况进行检测。

条文说明

多波束测试系统利用三维图形图像声呐技术，对河床地形地貌实施全方位扫测，可直观掌握桥墩基础周围地形地貌及冲刷、淤积状况。

5.6.2 评定位于四、五级河道的桥梁河床冲淤（演变）时，可采用测深仪等仪器间接获得河床冲淤（演变）情况。

5.6.3 应按表 5.6.3-1 的规定确定河床冲淤（演变）评定标度 H_{sc} 。

表 5.6.3-1 河床冲淤（演变）评定标准

状况	定量描述	评定标度 H_{sc}
无影响	河床稳定，无冲刷现象	1
影响轻微	局部轻微冲刷、淤积或局部有漂流物，河道堵塞	2
影响较小	冲刷较重或淤积严重；河床扩宽有变迁趋势；墩台底有掏空现象，防护体损坏严重	3
影响较大	河道完全堵塞或河床压缩，出现严重冲刷掏空，危及桥梁安全；河床出现变迁、扩宽并有发展趋势	4

条文说明

以上参考《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21）和《公路桥涵养护技术规范》（JTG/T 5210）。

5.7 基础埋深评定

5.7.1 对桥梁基础埋深评定时应区分浅基础、深基础。

5.7.2 对大、中桥深基础埋深抗洪检测评定，应依据实测总冲刷深度与原设计理论冲刷值，按 5.7.2-1 式计算单个深基础埋深评定系数 H_{bd} ，并按表 5.7.2-1 的规定确定单个深基础埋深评定标度 $H_{bd,i}$ 。

单个深基础埋深评定系数 $K_{bd,i}$

$$K_{bd,i} = \frac{DH_m}{DH_d} \quad (5.7.2-1)$$

式中： DH_d ——原设计基础埋深深度，单位：m；

DH_m ——实测基础埋置宽度，单位：m。

表 5.7.2-1 深基础埋深指标及分级评定标准

$K_{bd,i}$	状况	评定标度 $H_{bd,i}$
≥ 1.10	无影响	1
(1.10,1.00]	影响轻微	2
(1.0,0.90]	影响较小	3
< 0.90	影响较大	4

5.7.3 对浅基础埋深抗洪检测评定，主要检查其防护铺砌技术状况及能否被冲毁，应按表 5.7.3-1 的规定确定单个浅基础埋深评定标度 $H_{bd,i}$ 。

表 5.7.3-1 单个浅基础埋深检测分级评定标准

状况	定量描述	评定标度 $H_{bd,i}$
无影响	已做防护，防护周边的冲刷深度小于设计冲刷深度，实测水流速度小于表 5.7.3-2 规定	1
影响轻微	实测水流速度大于表 5.7.3-2 规定，但防护基本完好，未见掏空	2
影响较小	防护损坏明显，但被冲空面积小于 10%	3
影响较大	无防护或防护被冲空面积超过 10%	4

表 5.7.3-2 浅基常用防护类型及容许最大流速

序号	防护类型	容许最大流速(m/s)
1	混凝土护底	7
2	浆砌片石护底	4.0 (厚 0.3m)、7.0 (厚 0.5m)
3	钢筋混凝土块排护基	7
4	料石护基	3.5~4.5
5	铅丝石笼护底护基	2.5~3.5
6	干砌片石	2.0~3.0

条文说明

以上参考《铁路桥梁检定规范》(铁运函〔2004〕120号)。

5.7.4 应按表 5.7.4-1 的规定确定桥梁整体基础埋深评定标度 H_{bd} 。

表 5.7.4-1 桥梁整体基础埋深检测分级评定标准

状况	定量描述	评定标度 H_{bd}
无影响	单个基础埋深检测评定 $H_{bd,i}$ 均为 1	1
影响轻微	单个基础埋深检测评定 $H_{bd,i}$ 均为 1 或 2	2
影响较小	单个基础埋深检测评定 $H_{bd,i}$ 出现 3	3
影响较大	单个基础埋深检测评定 $H_{bd,i}$ 出现 4	4

5.8 墩台冲蚀评定

5.8.1 涉水墩台的冲蚀情况检测应结合定期检查进行，当定期检查后桥梁经历过多次较大洪水作用，宜对墩台进行复查，符合下列规定：

- 1 当桥梁涉水跨 < 10 孔，应逐个检测涉水墩台的冲蚀情况。
- 2 当桥梁涉水跨 ≥ 10 孔时，抽检典型墩台数量不宜少于涉水跨孔的 30% 且不少于 10 孔。当桥梁位于滩槽分界的复式河槽时，应覆盖主河槽和河滩墩台。

条文说明

以上参考了《桥梁混凝土结构无损检测技术规程》(T/CECS G:J50-01-2019) 中的相关内容。

5.8.2 应按表 5.8.2-1 的规定确定单个墩、台冲蚀技术评定标度 $H_{ew,i}$ ，并依据表 5.8.2-2 确定全桥墩台冲蚀评定标度 H_{ew} 。

5.8.1-1 单个墩、台冲蚀检测分级评定标准

状况	定量描述	评定标度 $H_{ew,i}$
无影响	无明显冲蚀剥落	1
影响轻微	出现冲蚀、剥落，面积小于 10%，深度小于 20mm	2
影响较小	出现冲蚀、剥落、露筋，面积大于 10%，钢筋锈蚀	3
影响较大	出现严重冲蚀、剥落，桩顶外露或有缩颈、露筋及钢筋锈蚀严重；砌体松动、脱落或变形	4

表 5.8.2-2 全桥墩台冲蚀检测分级评定标准

状况	定量描述	评定标度 H_{ew}
无影响	单个基础埋深检测评定 $H_{bd,i}$ 均为 1	1
影响轻微	单个基础埋深检测评定 $H_{bd,i}$ 均为 1 或 2	2
影响较小	单个基础埋深检测评定 $H_{bd,i}$ 最大值出现 3	3
影响较大	单个基础埋深检测评定 $H_{bd,i}$ 最大值出现 4	4

条文说明

以上参考《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21)和《公路桥涵养护技术规范》(JTG 5210)。

5.9 调治构造物评定

5.9.1 应按表 5.9.1-1 的规定确定单个调治构造物评定标度 $H_{rs,i}$ ，按表 5.9.1-2 的规定确定调治构造物最终评定标度 H_{rs} 。

表 5.9.1-1 单个调治构造物检测分级评定标准

状况	定量描述	评定标度 $H_{rs,i}$
无影响	完好	1
影响轻微	构造物局部断裂、砌体松动、鼓肚、凹陷或灰浆脱落；边坡大面积下滑、构造物出现下沉、倾斜，局部坍塌	2
影响较小	表面出现大面积损坏或坡脚局部破坏；边坡大面积下滑，出现整体下沉、倾斜、局部坍塌	3
影响较大	需要设置但没有设置调治构造物，或构造物出现下沉、倾斜、坍塌、基础冲蚀严重	4

表 5.9.1-2 调治构造物整体检测分级评定标准

状况	定量描述	评定标度 H_{rs}
无影响	单个基础埋深检测评定 $H_{bd,i}$ 均为 1	1
影响轻微	单个基础埋深检测评定 $H_{bd,i}$ 均为 1 或 2	2
影响较小	单个基础埋深检测评定 $H_{bd,i}$ 出现 3	3

状况	定量描述	评定标度 H_{rs}
影响较大	单个基础埋深检测评定 $H_{bd,i}$ 出现 4	4

5.10 桥梁抗洪状况评定

5.10.1 按表 5.10.1-1 的规定，桥梁抗洪评定指标应分为重要抗洪评定指标和普通抗洪评定指标。

表 5.10.1-1 抗洪评定指标划分表

指标名称	抗洪评定指标类型
*过水断面评定指标 H_{da}	重要
*桥梁净空高度评定指标 H_{nr}	重要
桥址河道宽度评定指标 H_{cw}	普通
桥孔位置评定指标 H_{bl}	普通
河床评定指标 H_{sc}	普通
*基础埋深评定指标 H_{bd}	重要
墩台冲蚀评定指标 H_{ew}	普通
调治构造物评定指标 H_{rs}	普通

条文说明

桥梁抗洪能力等级评定考虑了各抗洪指标的重要程度。经研究比较，当水位刚好淹过桥面时，桥梁阻水面积、桥前流速均达到最大，桥梁处于最不利受力状态，桥梁易发生失稳破坏，故将过水断面指标和桥梁净空高度列为重要抗洪评定指标。跨河桥在桥下水位低于设计水位时，其上部结构不受流水级相关因素的影响，桥梁在流水作用下的安全程度取决于下部结构受流水影响的程度，而基础埋深直接决定了桥梁抵抗洪水破坏的能力，列为重要抗洪评定指标。桥址河道宽度、桥孔位置、河床、墩台冲蚀及调治构造物技术状况这些因素对桥梁抗洪影响较为间接，且耦合交错，列为普通抗洪评定指标。

5.10.2 桥梁抗洪状况评分，按式（5.10.2-1）计算。

$$FRPS=100-U_{max}-\bar{V} \quad (5.10.1-1)$$

式中： U_{max} ——重要抗洪评定指标扣分最大值；

\bar{V} ——普通抗洪评定指标扣分平均值。

表 5.10.2-1 各抗洪评定指标扣分值

桥梁上部或下部技术状况	指标类型	指标标度			
		1	2	3	4
1类、2类	重要指标	0	10	25	60
	一般指标	0	5	15	40
3类	重要指标	5	15	30	60
	一般指标	5	15	25	40

条文说明

桥梁上、下部结构技术状况评分，可直接从桥梁检测最近一次检测报告获得，并按《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/G H21)推荐的桥梁技术状况分类界限规定执行。

桥梁抗洪能力取决于洪水破坏力特性和桥梁抵抗机制两方面。桥梁在正常使用下形成的损伤，会降低桥梁的抗洪能力，同时损伤在洪水作用下会进一步加剧。

5.10.3 桥梁抗洪状况等级分类宜按表 5.10.3-1 规定执行。

表 5.10.3-1 桥梁抗洪状况等级评定

抗洪状况评分	桥梁抗洪状况等级 D_j			
	强	可	弱	差
FRPS	(90,100]	(70,90]	(40,70]	[0,40]

条文说明

桥梁抗洪状况等级分 4 级，主要参考《公路桥涵养护技术规范》(JTG 5210) 中的规定，并根据 30 余座桥梁试算结果调整。

5.10.4 抗洪状况评定中，有下列情况之一时，桥梁抗洪状况应评为“差”：

1 下部结构中桥台、桥墩、墩台基础、锥坡、护坡以及上部结构中的支座等部件技术状况被评定为 4 类或 5 类。

2 桥梁泄洪能力不满足河道过水需要。

-
- 3 桥梁整体横向稳定性不满足现行规范。
 - 4 桥梁墩台基础出现严重掏空、不均匀沉降，基础底面剪切力不足，地基发生塑性变形。

征求意见稿

6 桥梁抗洪能力验算

6.1 一般规定

6.1.1 公路桥梁有下列情况之一时，应进行抗洪能力验算：

- 1 桥梁抗洪状况等级评定为弱、差时；
- 2 桥梁可能遭遇超设计标准洪水时；
- 3 桥位河段的河势发生显著变化时；
- 4 拟通过改、扩建手段提高抗洪能力的桥梁。
- 5 已发生的洪水对桥梁结构造成影响时。

条文说明

根据《公路桥涵养护规范》，当桥梁抗洪能力被评定为弱或差时，桥孔净空高度已不满足行洪要求，桥梁上部结构有淹没风险；水利部门预测桥梁所在河流可能发生超设计标准洪水；桥梁上下游新建水库、堤坝、导流工程时，桥位河段河势可能发生显著变化，应对桥梁抗洪能力进行评估；墩、台基础埋深安全值较小，基础有整体失稳风险，当桥梁遭受超设计标准洪水后，表明原设计抗洪能力已不足。上述情况应进行桥梁抗洪能力验算。

6.1.2 桥梁抗洪能力验算应包括以下内容：

- 1 桥梁抗洪能力参数检测；
- 2 桥下水位检算；
- 3 基础埋置深度检算；
- 4 桥梁墩台及基础抗洪能力验算；
- 5 桥梁上部结构抗洪能力验算。

条文说明

洪水对桥梁的直接作用包括淹没时影响上部结构稳定性，冲刷过度时影响基础整体稳定性，携带漂浮物撞击结构物；在进行桥梁抗洪能力验算时，上述

作用的确定需要依据桥下净空和基础埋深检算结果；而桥下水位及冲刷深度检算需要基于现状桥梁抗洪能力参数检测结果展开。

6.1.3 桥梁抗洪能力验算可分别按设计洪水和现状洪水进行。

6.1.4 按本标准进行抗洪能力验算时，桥梁抗洪标准、有关作用及其组合在无特殊要求时宜采用设计标准值。

条文说明

当桥梁可能或已经遭受超设计标准洪水，检算洪水应取为实际发生的最大洪水。

6.1.5 桥梁抗洪能力验算所需的结构几何形态参数、桥孔布置参数、河床地质参数，宜依据竣工资料或设计文件取用。对缺失技术资料的桥梁，可根据现场检测资料取用。

条文说明

结构几何形态参数、河床地质资料一般不会发生明显变化，且现场准确检测难度较大，故按工资料或设计文件选取。

6.1.6 对于多跨或多孔桥梁，应根据桥梁抗洪状况检查评定情况，选择最不利的桥跨和桥墩进行抗洪能力验算。

条文说明

对于多跨或多孔桥梁，在选择抗洪能力验算对象时，在洪水淹没高度、冲击力、冲刷深度及基础埋深上应体现最不利原则。

6.2 抗洪能力参数检测

6.2.1 进行公路桥梁抗洪能力验算需要的主要参数包括桥梁检算洪水流量、河道形态参数、桥孔布置参数。

6.2.2 桥梁抗洪能力检算洪水的频率宜取为设计洪水频率，相应于验算洪水频率的洪水流量按以下方法取用：

1 按设计洪水检算时，应取为设计流量。

2 桥梁竣工不足 10 年、竣工以来未发生过超设计标准洪水且上游未新建控制性水库的，可取设计洪水流量。

3 距上一次推求洪水流量的时间不足 10 年、迄今未发生过超检算洪水流量的洪水且上游未新建控制性水库的，可取前次推算的洪水流量。

4 自上一次推算洪水流量以来桥梁上游新建控制性水库的，应取该水库相应于桥梁验算洪水频率的泄洪流量加坝桥之间的汇水流量作为桥梁检算流量。

5 不符合上述规定的桥梁，应在核定原采用资料的基础上，加入最新的水文、气象资料，并考虑河流特性的变化及人类活动的影响，重新推算相应于验算洪水频率的洪水流量。

6.2.3 桥梁检算洪水流量的推算方法可参考现行《公路工程水文勘测设计规范》（JTG C30）有关规定执行。

6.2.4 按现状洪水进行抗洪能力验算时，重新推算的检算流量小于原设计流量时，应取原设计流量进行验算。

6.2.5 桥梁抗洪能力验算应现场检测的河道形态参数包括桥位河段典型横断面、河床纵比降、水面坡度及河床糙率系数。

6.2.6 桥位河段应现场实测的典型横断面包括桥址断面及水文断面，实测方法和要求应符合下列规定：

1 桥址断面宜沿桥梁中线施测，当测量不便时，可分别沿桥梁上游边线和下游边线测量，当桥下河床形态变化不显著时，可只沿桥梁上游边线测量。

2 对于斜交桥，尚应测量桥址正交断面，正交断面可选在桥梁上游或下游与桥址断面形态相近的位置。

3 水文断面宜选在洪痕分布较多、河岸稳定、冲淤不大、泛滥宽度较小、无死水和回流、断面比较规则的顺直河段上，应与主河槽和河滩流向垂直。

4 水文断面应在桥位上、下游不受既有桥梁影响的河段上各测一个；对于河面不宽的中小桥，可只测一个。

5 当桥址附近有水文站时，可利用水文站测流断面作为水文断面。

6 河流横断面测量范围应测至河流两岸历史最高洪水位或检算水位以外，并适当增加一定的富余量。

7 断面测点布置应能准确反映河道地形变化及滩槽分界线，最大测点间距不宜超过桥梁单跨孔径的一半。

6.2.7 河床比降及水面比降的施测方法和要求应符合下列规定：

1 河床比降通过河流纵剖面进行取值计算；水面比降通过测时水面线及历史洪痕进行取值计算。

2 河流纵剖面和水面线测量范围应覆盖水文断面，断面上游不小于 2 倍河宽，下游不小于 1 倍河宽。

3 河床纵剖面应沿河道深泓线测量，水面线及洪痕可沿河流一岸施测，测点间距可取为水文断面河宽的一半，施测困难时可只在河段上游、下游及桥位处各测一个点。

4 纵比降施测困难时，可用水面比降代替河床纵比降。

6.2.8 河床糙率系数的施测方法和要求应符合下列规定：

1 对于滩槽分界的复式河槽，应分别确定主河槽和河滩的糙率系数。

2 河床糙率应根据桥址河段的河床形态、泥沙组成、岸壁及植被情况，参照附表 A1 确定。

3 对于有实际洪水观测资料的桥梁，尚应根据洪水观测资料检验糙率系数取值的合理性。

条文说明

糙率系数的取值带有一定的主观性，为了提高糙率系数取值的准确性，应利用实测洪水期水位、流速资料，利用谢奇公式验证取值的合理性，并依据验算结果修正取值。

6.2.9 位于河湾处的桥梁，应测定河湾曲率半径。

条文说明

用于确定凹岸水位的增高值和凸岸水位的降低值，可通过桥位河段地形图、航拍及卫星照片等资料量取。

6.2.10 桥孔布置参数应测定桥梁各墩、台在现状桥址断面上的位置。

6.3 桥下水位检算

6.3.1 检算洪水条件下的桥下水位等于桥下检算洪水位加上壅水、浪高、河湾超高、局部股流壅高等增高值的总和。

6.3.2 当桥下实测水位资料较多，可运用频率计算方法推算检算水位，此时得到的检算水位中已包含桥下水位增高值。

6.3.3 当桥下无实测水位资料时，可采用如下方法推算桥下检算洪水位：

1 当水文断面有可靠的实测水位流量关系曲线时，可利用已知的检算流量反推该断面检算水位；

2 当水文断面实测水位资料较多，可运用频率计算方法推算检算水位；

3 当水文断面无实测水位资料时，宜按水力学公式计算水文断面的检算洪水位：

$$Q = A_c V_c + A_t V_t \quad (6.3.2-1)$$

$$V_c = \frac{1}{n_c} R_c^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}} \quad (6.3.2-2)$$

$$V_t = \frac{1}{n_t} R_t^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}} \quad (6.3.2-3)$$

式中： Q ——检算洪水流量（ m^3/s ）；

A_c 、 A_t ——河槽、河滩过水面积（ m^2 ）；

V_c 、 V_t ——河槽、河滩平均流速 (m/s);

n_c 、 n_t ——河槽、河滩的河床糙率系数;

R_c 、 R_t ——河槽、河滩水力半径 (m), 当断面宽深比大于 10 时, 可用平均水深代替;

J ——河床纵比降或水面比降。

4 当桥位断面与水文断面间的河段顺直、断面规整、河底纵坡均一时, 利用以下公式推算桥位断面的检算洪水位:

$$H_q = H_s + J_s L \quad (6.3.2-4)$$

式中: H_q 为桥下断面检算洪水位 (m);

H_s 为水文断面检算洪水位 (m);

J_s 为水面比降, 当桥位断面位于水文断面下游时取负值;

L 为桥位断面与水文断面之间的河长 (m)。

5 当桥位断面和水文断面上、下游有卡口、人工建筑物或断面形状和面积相差较大, 河底纵坡有明显曲折时, 宜按以下公式采用试算法求算检算流量条件下的水面线, 推求桥下检算水位。

$$H_1 = H_2 + \frac{Q^2}{2} \left[\left(\frac{1}{K_1^2} + \frac{1}{K_2^2} \right) L - \frac{1-\xi}{g} \left(\frac{1}{A_1^2} - \frac{1}{A_2^2} \right) \right] \quad (6.3.2-5)$$

$$K_1 = \frac{1}{n_{c1}} A_{c1} R_{c1}^{\frac{2}{3}} + \frac{1}{n_{t1}} A_{t1} R_{t1}^{\frac{2}{3}} \quad (6.3.2-6)$$

$$K_2 = \frac{1}{n_{c2}} A_{c2} R_{c2}^{\frac{2}{3}} + \frac{1}{n_{t2}} A_{t2} R_{t2}^{\frac{2}{3}} \quad (6.3.2-7)$$

$$A_1 = A_{c1} + A_{t1} \quad (6.3.2-8)$$

$$A_2 = A_{c2} + A_{t2} \quad (6.3.2-9)$$

式中, H_1 、 H_2 ——上、下游断面水位 (m);

K_1 、 K_2 ——上、下游断面输水系数 (m³/s);

A_1 、 A_2 ——上、下游断面面积 (m²);

A_{c1} 、 A_{t1} ——上游断面河槽、河滩过水面积 (m²);

A_{c2} 、 A_{t2} ——下游断面河槽、河滩过水面积 (m²);

n_{c1} 、 n_{t1} ——上游断面河槽、河滩糙率系数;

n_{c2} 、 n_{t2} ——下游断面河槽、河滩糙率系数；

R_{c1} 、 R_{t1} ——上游断面河槽、河滩水力半径 (m)；

R_{c2} 、 R_{t2} ——下游断面河槽、河滩水力半径 (m)；

L ——上、下游两断面间河长；

g ——重力加速度，取 9.80m/s^2 ；

ξ ——局部水头损失系数。向下游收缩时，取 $-0.1\sim 0$ ；向下游逐渐扩散时，取 $0.3\sim 0.5$ ；向下游突然扩散时，取 $0.5\sim 1.0$ 。

6 桥下水位应以正交断面计算，斜交时应分别求出桥两端的设计水位。

条文说明

根据水力学公式推算检算洪水流量对应的检算洪水位时，通常使用试算法或绘制水位-流量关系曲线的方法。特殊地区的检算洪水位推算方法可参考现行《公路工程水文勘测设计规范》

6.3.4 桥前最大壅水高度可按下式计算：

$$\Delta h = (1 + \eta) \left(\frac{V_M^2}{2g} - \frac{V^2}{2g} \right) \quad (6.3.4-10)$$

$$V_M = \frac{V_{M0}}{1 + 0.5d_{50}^{-0.25} \left(\frac{V_{M0}}{V_c} - 1 \right)} \quad (6.3.4-11)$$

式中， Δh ——桥前最大壅水高度 (m)；

V ——桥前天然断面平均流速 (m/s)；

V_M ——桥下断面平均流速 (m/s)；

V_{M0} ——冲刷前桥下断面平均流速 (m/s)；

V_c ——天然河槽平均流速 (m/s)；

d_{50} ——床沙中值粒径 (mm)，无资料时可近似取为平均粒径；

η ——桥墩形状有关的系数，矩形桥墩取 0.35 ，圆形桥墩取 0.18 ，其它墩形可根据阻水情况取 $0.18\sim 0.35$ 。

条文说明

主要参考了桥涵设计手册。

6.3.5 桥下壅水高度可采用桥前最大壅水高度的一半。对于山区和山前区河流，洪水涨落急骤，历时短促，且河床质坚实不易冲刷时，桥下壅水高度可采用桥前最大壅水值。

6.3.6 水库、湖泊或设计洪水持续时间很长的河流上应考虑波浪高度。波浪高度可根据调查取得，如调查有困难，也可采用下式计算，并取计算值的 2/3。

1 浅水情况，即 $H_b \geq 0.1h_D$ 时：

$$H_{b1\%} = 2.3H_b \quad (6.3.6-1)$$

2 深水情况，即 $H_b < 0.1h_D$ 时：

$$H_{b1\%} = 2.42H_b \quad (6.3.6-2)$$

3 波浪平均高度为：

$$H_b = \frac{0.13 \tanh \left[0.7 \left(\frac{gh_D}{V_w^2} \right)^{0.7} \right]}{\frac{g}{V_w^2}} \tanh \left\{ \frac{0.0018 \left(\frac{gh_D}{V_w^2} \right)^{0.45}}{0.13 \left[0.7 \left(\frac{gh_D}{V_w^2} \right)^{0.7} \right]} \right\} \quad (6.3.6-3)$$

式中， D ——浪程 (m)；

$H_{b1\%}$ ——波列累积频率为 1% 的波浪高度 (m)；

h_D ——沿浪程的平均水深 (m)；

V_w ——计算点检算水位以上 10m 高度处，在洪水期间多年测得的自记 2min 年平均最大风速的平均值 (m/s)；

\tanh ——双曲正切函数。

6.3.7 桥址位于河湾处应分别计算桥两端的检算水位，河湾处水流受离心力作用形成凹岸水位的增高值和凸岸水位的降低值可按下式计算：

$$\Delta h_w = \frac{BV^2}{2gR} \quad (6.3.7)$$

式中， Δh_w ——河湾凹岸水位增高值或凸岸水位降低值 (m)；

V ——断面平均流速；

B ——设计洪水位时的有效过水面宽 (m)；

R ——河湾的平均曲率半径 (m)。

6.3.8 山前区河流的洪水主流有成股奔放现象，产生的局部股流壅高值应根据调查确定。

6.4 基础埋置深度验算

6.4.1 桥梁墩台冲刷的验算应包括河床自然冲刷、一般冲刷和局部冲刷三部分，总冲刷深度等于各部分冲刷深度之和。

条文说明

我国桥梁墩台冲刷计算通常假定三种冲刷按时间先后顺序依次发生，计算一般冲刷时应以自然演变冲刷结束后的水流、河床条件为依据，计算局部冲刷时应以一般冲刷结束后的水流、河床条件为依据。

6.4.2 河床自然演变冲刷深度可采用以下方法确定：

1 根据建桥以来实测的各年桥位河床断面图，结合桥位河段河道地形、洪水、泥沙等资料，分析河床逐年自然下切程度，估算河床最大自然下切深度。

2 至前一次检算以来，新建涉河工程引起的河床变形，可通过已有分析资料、动床模型实验及数学模型等手段进行预测，或采用相应公式计算确定。

3 对于河槽横向摆动不显著的河段，自然演变冲刷完成后的河床断面可在现状桥位断面的基础上，假定冲刷深度与水深成正比得到。

4 对于河槽横向摆动较显著的河段，宜在桥位河段内选择对计算冲刷不利的现状河床断面，假定冲刷深度与水深成正比得到。

条文说明

对于河道采砂、水库下游清水冲刷等常见自然演变冲刷，目前尚无可靠的经验公式进行计算。

6.4.3 非粘性土河床的一般冲刷，应分河槽和河滩按下列公式计算：

1 河槽部分

(1) 64-2 简化式

$$h_p = 1.04 \left(A_d \frac{Q_2}{Q_c} \right)^{0.90} \left[\frac{B_c}{(1-\lambda) \mu B_{cg}} \right]^{0.66} h_{cm} \quad (6.4.3-1)$$

$$Q_2 = \frac{A_c C_c \sqrt{h_c}}{A_c C_c \sqrt{h_c} + A_t C_t \sqrt{h_t}} Q_p \quad (6.4.3-2)$$

$$A_d = \left(\frac{\sqrt{B_z}}{h_z} \right)^{0.15} \quad (6.4.3-3)$$

式中： h_p ——桥下一般冲刷后的最大水深（m）；

Q_f ——检算洪水流量（ m^3/s ）；

Q_2 ——桥下河床部分通过的检算流量（ m^3/s ），当河槽能扩宽至全桥时取用 Q_p ；

Q_c ——天然状态下河槽部分通过的检算流量（ m^3/s ）；

B_c ——天然状态下河槽宽度（m）；

C_c ——天然状态下河槽谢奇系数；

C_t ——天然状态下河滩谢奇系数；

B_{cg} ——桥长范围内的河槽宽度（m），当河槽能扩宽至全桥时取用桥孔总长度；

B_z ——造床流量条件下的河槽宽度（m），对复式河床可取平滩水位时的河槽宽度，对单式河床可取重现期为 1.5~2 年的流量为造床流量；

λ ——设计水位下，在 B_{cg} 宽度范围内，桥墩阻水总面积与过水面积的比值；

μ ——桥墩水流侧向收缩系数，按表 6.4.3-1 取用；

h_{cm} ——河槽最大水深（m）；

A_d ——单宽流量集中系数，山前变迁、游荡、宽滩河段当 $A_d > 1.8$ 时， A_d 值可采用 1.8；

h_z ——造床流量条件下的平均水深（m）；

表 6.4.3-1 桥墩水流侧向压缩系数取值

设计流速 (m/s)	单孔净跨径 (m)								
	≤10	13	16	20	25	30	35	40	45
<1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99
2.0	0.93	0.94	0.95	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98

2.5	0.90	0.93	0.94	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98
3.0	0.89	0.91	0.93	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98
3.5	0.87	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97
≥4.0	0.85	0.88	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97

注：1. 系数 μ 是指墩台侧面因旋涡形成滞留区而减少过水面积的折减系数。

2. 当单孔净跨径 $L_0 > 45\text{m}$ 时，可按 $\mu = 1 - 0.375 \frac{V}{L_0}$ 计算。对不等跨的桥孔，可采用各孔 μ 值的平均值。单孔净跨 $L_0 > 200\text{m}$ 时，取 $\mu \approx 1.0$ 。

(2) 64-1 修正式

$$h_p = \left[\frac{A_d \frac{Q_2}{\mu B_{cj}} \left(\frac{h_{cm}}{h_{cq}} \right)^{\frac{5}{3}}}{Ed^{\frac{1}{6}}} \right]^{\frac{3}{5}} \quad (6.4.3-4)$$

式中： B_{cj} ——河槽部分桥孔过水净宽（m），当河槽能扩宽至全桥时取用全桥孔过水净宽；

h_{cq} ——桥下河槽平均水深（m）；

d ——河槽泥沙平均粒径（mm）；

E ——与汛期含沙量有关的系数，可按表 6.4.3-2 选用。

表 6.4.3-2 与汛期含沙量有关的系数 E 值

含沙量 (kg/m^3)	<1.0	1~10	>10
E	0.46	0.66	0.86

注：含沙量采用历年汛期月最大含沙量平均值。

2 河滩部分

$$h_p = \left[\frac{\frac{Q_1}{\mu B_{tj}} \left(\frac{h_m}{h_{tq}} \right)^{\frac{5}{3}}}{V_{H1}} \right]^{\frac{5}{6}} \quad (6.4.3-5)$$

$$Q_1 = \frac{A_t C_t \sqrt{h_t}}{A_c C_c \sqrt{h_c} + A_t C_t \sqrt{h_t}} Q_p \quad (6.4.3-6)$$

式中： Q_1 ——桥下河滩部分通过的检算流量（ m^3/s ）；

h_{tm} ——桥下河滩最大水深（ m ）；

h_{tq} ——桥下河滩平均水深（ m ）；

B_{tj} ——河滩部分桥孔净长（ m ）；

V_{H1} ——河滩水深 1m 时非粘性土不冲刷流速（ m/s ），可按表 6.4.3-1 选用。

表 8.3.1-3 水深 1m 时非粘性土不冲刷流速

河床泥沙		$d(mm)$	$V_{H1}(m/s)$	河床泥沙		$d(mm)$	$V_{H1}(m/s)$
沙	细	0.05-0.25	0.35-0.32	卵石	小	20-40	1.50-2.00
	中	0.25-0.50	0.32-0.40		中	40-60	2.00-2.30
	粗	0.50-2.00	0.40-0.60		大	60-200	2.30-3.60
圆砾	小	2.00-5.00	0.90-1.20	漂石	小	200-400	3.60-4.70
	中	5.00-10.00	0.90-1.20		中	400-800	4.70-6.00
	大	10-20	1.20-1.50		大	>800	>6.00

6.4.4 粘性土河床的一般冲刷，应分河槽、河滩按下列公式计算：

1 河槽部分

$$h_p = \left[\frac{A_d \frac{Q_2}{\mu B_{cj}} \left(\frac{h_{cm}}{h_{cq}} \right)^{\frac{5}{3}}}{0.33 \left(\frac{1}{I_L} \right)} \right]^{\frac{5}{8}} \quad (6.4.4-1)$$

式中： A_d ——单宽流量集中系数，取 1.0-1.2；

I_L ——冲刷坑范围内粘性土液性指数，适用范围为 0.16-1.19。

2 河滩部分

$$h_p = \left[\frac{A_d \frac{Q_1}{\mu B_{tj}} \left(\frac{h_{tm}}{h_{tq}} \right)^{\frac{5}{3}}}{0.33 \left(\frac{1}{I_L} \right)} \right]^{\frac{6}{7}} \quad (6.4.4-2)$$

6.4.5 一般冲刷后墩前行近流速宜按下列公式计算：

1 当采用本规范式（6.4.3-1）计算一般冲刷时：

$$V = \frac{A_d^{0.1} \left(\frac{Q_2}{Q_c} \right)^{0.1} \left[\frac{B_c}{\mu(1-\lambda)B_{cg}} \right]^{0.34} \left(\frac{h_{cm}}{h_c} \right)^{\frac{2}{3}} V_c \quad (6.4.5-1)$$

式中： V ——一般冲刷后墩前行近流速（m/s）；

V_c ——天然状态下河槽平均流速（m/s）；

h_c ——天然河槽平均水深。

2 当采用本规范式（6.4.3-4）计算一般冲刷时：

$$V = Ed^{\frac{1}{6}} h_p^{\frac{2}{3}} \quad (6.4.5-2)$$

3 当采用本规范式（6.4.3-5）计算一般冲刷时：

$$V = V_{H1} h_p^{\frac{1}{5}} \quad (6.4.5-3)$$

4 当采用本规范式（6.4.4-1）计算一般冲刷时：

$$V = \frac{0.33}{I_L} h_p^{\frac{3}{5}} \quad (6.4.5-4)$$

5 当采用本规范式（6.4.4-2）计算一般冲刷时：

$$V = \frac{0.33}{I_L} h_p^{\frac{1}{6}} \quad (6.4.5-5)$$

6.4.6 非粘性土河床桥墩局部冲刷，可按下列公式计算：

1 65-2 式

当 $V \leq V_0$ ，即清水冲刷时

$$h_b = K_{\xi} K_{\eta 2} B_1^{0.6} h_p^{0.15} \left(\frac{V - V'_0}{V_0} \right) \quad (6.4.6-1)$$

当 $V > V_0$ ，即动床冲刷时

$$h_b = K_{\xi} K_{\eta 2} B_1^{0.6} h_p^{0.15} \left(\frac{V - V'_0}{V_0} \right)^{n_2} \quad (6.4.6-2)$$

$$K_{\eta 2} = \frac{0.0023}{d^{2.2}} + 0.375d^{0.24} \quad (6.4.6-3)$$

$$V_0 = 0.28(d + 0.7)^{0.5} \quad (6.4.6-4)$$

$$V'_0 = 0.12(d + 0.5)^{0.55} \quad (6.4.6-5)$$

$$n_2 = \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0.23+0.19 \lg d} \quad (6.4.6-6)$$

式中： h_b ——桥墩局部冲刷深度（m）；

K_ξ ——墩形系数，可按现行《公路工程水文勘测设计规范》选用；

B_1 ——桥墩计算宽度（m）；

d ——河床泥沙平均粒径，mm；

$K_{\eta 2}$ ——河床颗粒影响系数；

V ——一般冲刷后墩前行近流速（m/s），可按本规范地 6.4.5 条规定计算；

V_0 ——河床泥沙起动流速（m/s）；

V'_0 ——墩前泥沙始冲流速（m/s）；

n_2 ——指数。

2 65-1 修正式

当 $V \leq V_0$ ，即清水冲刷时

$$h_b = K_\xi K_{\eta 2} B_1^{0.6} (V - V'_0) \quad (6.4.6-7)$$

当 $V > V_0$ ，即动床冲刷时

$$h_b = K_\xi K_{\eta 1} B_1^{0.6} (V_0 - V'_0) \left(\frac{V - V'_0}{V_0 - V'_0} \right)^{n_1} \quad (6.4.6-8)$$

$$V_0 = 0.0246 \left(\frac{h_p}{d} \right)^{0.14} \sqrt{332d + \frac{10 + h_p}{d^{0.72}}} \quad (6.4.6-9)$$

$$K_{\eta 1} = 0.8 \left(\frac{1}{d^{0.45}} + \frac{1}{d^{0.15}} \right) \quad (6.4.6-10)$$

$$V'_0 = 0.462 \left(\frac{d}{B_1} \right)^{0.06} V_0 \quad (6.4.6-11)$$

$$n_1 = \left(\frac{V_0}{v} \right)^{0.25d^{0.19}} \quad (6.4.6-12)$$

式中： $K_{\eta 1}$ ——河床颗粒影响系数；

n_1 ——指数；

d ——河床泥沙平均粒径（mm），适用范围为 0.1~500mm；

h_p ——桥下一般冲刷后的最大水深（m），适用范围为 0.2~30m；

V ——一般冲刷后墩前行近流速（m/s），适用范围为 0.1~6m/s；

B_1 ——桥墩计算宽度 (m), 适用范围为 0~11m。

6.4.7 黏性土河床桥墩局部冲刷, 可按下列公式计算:

当 $\frac{h_p}{B_1} \geq 2.5$ 时,

$$h_b = 0.83K_\xi B_1^{0.6} I_L^{1.25} V \quad (6.4.7-1)$$

当 $\frac{h_p}{B_1} < 2.5$ 时,

$$h_b = 0.55K_\xi B_1^{0.6} n_p^{0.1} I_L^{1.0} V \quad (6.4.7-2)$$

式中: I_L ——冲刷坑范围内黏性土液性指数, 适用范围为 0.16~1.48。

6.4.8 桥台最大冲刷深度, 应结合桥位河床特征、压缩程度等情况, 分析、计算比较后确定。对于非黏性土河床桥台局部冲刷深度, 可分河槽、河滩, 按下列公式分析计算:

1 桥台位于河槽时

当 $\frac{h_p}{d} \leq 500$ 时,

$$h_b = 1.17K_\varepsilon K_\alpha h_p \left(\frac{l}{h_p}\right)^{0.6} \left(\frac{d}{h_p}\right)^{-0.15} \left[\frac{(V-V'_0)^2}{gh_p}\right]^{0.15} \quad (6.4.8-1)$$

当 $\frac{h_p}{d} > 500$ 时,

$$h_b = 1.17K_\varepsilon K_\alpha h_p \left(\frac{l}{h_p}\right)^{0.6} \left(\frac{d}{h_p}\right)^{-0.10} \left[\frac{(V-V'_0)^2}{gh_p}\right]^{0.15} \quad (6.4.8-2)$$

$$K_\alpha = \left(\frac{\alpha}{90}\right)^{0.2}, \quad \alpha \leq 90^\circ \quad (6.4.8-3)$$

式中: h_b ——桥台局部冲刷深度 (m);

K_ε ——台形系数, 可按表 6.4.8-1 选用;

α ——桥(台)轴线与水流夹角 ($^\circ$), 桥轴线与水流垂直时, $\alpha=90^\circ$;

K_α ——桥台与水流交角系数, α 适用范围为 $0^\circ \sim 90^\circ$;

l ——垂直于水流流向的桥台和路堤长度 (m), 适用范围为 $l/h_p=0.16$ 。

表 6.4.8-1 台形系数

桥台形式	K_c	桥台形式	K_c
埋置式直立桥台	0.39~0.42	埋置式肋板桥台	0.43~0.47
重力式 U 形桥台	0.92		

2 桥台位于河滩时

局部冲刷深度可按式 (6.4.8-1) ~式 (6.4.8-3) 计算, 但其中水、沙变量均取河滩上的相应值。

6.4.9 对于桥下由多层成分不同的土质组成的分层土河床, 冲刷计算时刻采用逐渐近法进行。

6.4.10 当非岩石河床墩台基底埋深不满足下列规定时属于浅基桥, 应及时进行防护:

- 1 对于大桥、中桥和不铺砌的小桥, 基底埋深最小值为 1.5m 加总冲刷深度的 10%;
- 2 对于特大桥, 基底埋深最小值为 2.0m 加总冲刷深度的 10%。

6.4.11 对于河床有铺砌的小桥, 检定流量条件下的桥下流速应小于表 6.4.11-1 所列的容许最大流速, 否则应验算桥下墩台总冲刷深度。

表 6.4.11-1 基础防护容许最大流速表

顺号	防护类型	容许最大流速 (m^3/s)
1	混凝土护底 (厚 0.3~0.4m)	7.0
2	浆砌片石 (厚 0.3m)	4.0
	浆砌片石 (厚 0.5m)	7.0
3	混凝土块排	4.5~4.5
4	料石护底	2.5~3.5
5	铅丝石笼	2.5~3.5
6	干砌片石	2.0~3.0

6.5 洪水作用力验算

6.5.1 开展公路桥梁抗洪能力验算时应按下列要求考虑洪水对结构物的作用力:

- 1 当桥下洪水水位高于上部结构梁底最低点高程时, 应考虑竖向上举力、流

水压力、漂浮物撞击力，并计及浮力引起的梁体自重减轻。

- 2 洪水对下部结构的作用力主要包括流水压力和漂浮物撞击力。
- 3 当桥下水位低于承台底部高程时，尚应考虑漂浮物对桩的撞击力。

6.5.2 作用在梁上的流水压力可按以下公式计算：

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho_m V_s^2 A_s \quad (6.5.2-1)$$

$$\rho_m = \rho + \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right) S_m \quad (6.5.2-2)$$

$$V_s = V + 1.39 \sqrt{ghJ} \quad (6.5.2-3)$$

式中： C_D ——绕流阻力系数，对于扁平流线型断面梁可取 1.10，其它梁可取 2.15；

ρ_m ——洪水密度 (kg/m^3)；

ρ ——水密度 (kg/m^3)，可取 1000kg/m^3 ；

ρ_s ——泥沙密度 (kg/m^3)，可取 2650kg/m^3 ；

S_m ——汛期含沙量 (kg/m^3)；

V_s ——洪水表面流速 (m/s)；

V ——行近来流断面平均流速 (m/s)；

h ——行近来流平均水深 (m)；

A_s ——垂直于洪水主流方向的梁体挡水面积 (m^2)。

流水压力的合力作用点位置可根据实际情况，按最不利工况考虑。

条文说明

流水压力计算方法及系数取值主要参考美国 FHWA 研究报告确定。

6.5.3 作用在梁上的竖向上举力大小可按以下公式计算，其作用点位置可根据实际情况，按最不利工况考虑。

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho_m V_s^2 WL \quad (6.5.3-1)$$

式中： C_L ——升力系数，对于扁平流线型断面梁可取 1.22，其它梁可取 1.82；

L ——梁的长度 (m)；

W ——梁的宽度 (m)。

条文说明

上举力计算方法及系数取值主要参考美国 FHWA 研究报告确定。

6.5.4 作用在下部结构的流水压力可按以下公式计算：

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho V^2 A_s \quad (6.5.4-1)$$

式中： C_D ——结构绕流阻力系数，可按表 6.5.4-1 取值；

V ——行近来流的断面平均流速 (m/s)；

A ——桥墩阻水面积 (m²)，计算至一般冲刷线处。

流水压力的合力作用点位置假定在桥下水面线以下 0.3 倍水深处。

表 6.5.4-1 下部结构绕流阻力系数

结构形状	C_D	结构形状	C_D
方形桥墩	1.5	尖端形桥墩	0.7
矩形桥墩 (长边与水流平行)	1.3	圆端形桥墩	0.6
圆形桥墩	0.8	基础暴露的桥墩	需专题研究

条文说明

流水压力计算方法及系数取值主要参考《公路桥涵通用设计规范》确定。

6.5.5 有漂流物的水域中的桥梁墩台，其横桥向撞击力设计值可按式计算，漂流物的撞击作用点假定在桥下水面线上结构物的中心：

$$F_I = \frac{WV_s}{gT} \quad (6.5-5)$$

式中： W ——漂浮物重力 (kN)，应根据河流中漂浮物情况按实际调查确定；

T ——撞击时间 (s)，应根据实际资料估计，在无实际资料时可取 1s。

条文说明

漂浮物撞击力计算方法参考《公路桥涵通用设计规范》确定。

6.6 桥梁墩台及基础抗洪能力验算

6.6.1 桥梁墩台及基础抗洪能力验算内容包括整体稳定性验算和主要构件抗撞击强度验算。

条文说明

洪水作用力及漂浮物撞击力是导致桥梁墩台及基础整体失稳的主要作用之一；漂浮物撞击力作用时间段、作用面积小，容易造成构建局部发生强度破坏。

6.6.2 按设计洪水进行桥梁墩台及基础抗洪能力验算时，若计算或实测的桥梁墩台最低冲刷线高程低于设计冲刷线高程，表明桥梁墩台及基础的整体稳定性不足。

条文说明

桥梁墩台的设计冲刷线高程表征了结构具有的满足稳定性要求的抗力，按设计洪水进行抗洪能力验算时，洪水作用力及漂浮物撞击力是导致结构整体失稳的作用，这些作用可认为与设计阶段一致，当桥梁在最低冲刷线高程已低于设计冲刷高程时，表明桥梁墩台及基础整体稳定性的作用不变而抗力不足，结构有失稳风险。

6.6.3 按实际洪水进行桥梁墩台及基础抗洪能力验算时，可仅考虑洪水作用力、漂浮物撞击力及结构永久作用的组合。

条文说明

当桥梁遭遇检算洪水时，桥梁正常交通通行一般应终止，故不考虑车辆及人群等可变荷载。

6.6.4 洪水作用下的桥梁下部结构整体抗倾覆能力应按下列公式进行验算：

$$M_w(h_s; G) > M_Q(F_D; F_I) \quad (6.7.3)$$

式中： M_w ——结构稳定力矩；

M_Q ——结构倾覆力矩；

G ——桥跨结构永久作用标准值；

h_s ——桥梁墩台最小基础埋深，等于现状基础埋深减去按本规范第 5.4 节检算的总冲刷深度；

F_D ——洪水对下部结构的流水压力，可按式（6.5.4）计算；

F_I ——漂浮物撞击力，可按式（6.5.5）计算。

6.6.5 桥梁墩台及基础构件在洪水作用力及漂浮物撞击力作用下的强度应符合下式验算规定：

$$S_{ad} \leq R_d \quad (6.7.4-1)$$

$$S_{ad} = S(G; F_I; F_D) \quad (6.7.4-2)$$

式中： R_d ——构件的抗撞性能函数，可按现行《公路桥梁抗撞设计规范》的规定计算；

S_{ad} ——构件在考虑漂浮物撞击作用的偶然组合下作用效应函数；

G ——永久作用标准值；

F_D ——洪水对下部结构的流水压力，可按式（6.5.4）计算；

F_I ——漂浮物撞击力，可按式（6.5.5）计算。

条文说明

验算方法主要参考《公路桥梁抗撞击设计规范》制定。

6.6.6 当墩台及基础的整体稳定性或主要构件强度不满足要求时，表明桥梁下部结构的抗洪能力不足，必须采取提升抗洪能力的技术措施。

条文说明

当墩台稳定性或构件强度抗洪能力不足时，表明一旦遭遇检算标准洪水，桥梁下部结构将失稳或破坏。

6.7 桥梁上部结构抗洪能力验算

6.7.1 当桥下水位达到或超过桥梁上部结构的梁底高程，或水面漂浮物可能撞击桥梁上部结构时，应验算桥梁上部结构的抗洪能力。

6.7.2 桥梁上部结构抗洪能力验算的内容包括桥跨结构抵御洪水作用引起的偏位或倾覆破坏的能力，以及结构表面抵抗漂浮物撞击破坏的能力。

条文说明

已有研究表明，洪水作用引起上部结构的主要破坏形式包括支座脱空、偏位和倾覆。

6.7.3 进行桥梁上部结构抗洪能力验算时，可仅考虑洪水作用力、漂浮物撞击力与结构永久作用的组合。

条文说明

淹没状态下，桥梁正常交通通行已终止，故不考虑车辆及人群等可变荷载。

6.7.4 洪水作用下的梁体抗偏位能力应按下列公式进行验算：

$$\mu F_V(G'; F_L) > F_H(F_D; F_I) \quad (6.6.3)$$

式中： μ ——支座的摩擦系数；

F_V ——作用于支座上由上部结构产生的总竖向力；

F_H ——洪水作用于上部结构的横向水平力；

F_L ——洪水对梁体的竖向上举力，可按式（6.5.3）计算；

F_D ——洪水对梁体的流水压力，可按式（6.5.2）计算；

F_I ——漂浮物撞击力，可按式（6.5.5）计算。

G' ——计及浮力引起的梁体自重减轻的桥跨结构永久作用标准值。

6.7.5 洪水作用下的梁体抗倾覆能力应按下列公式进行验算：

$$M_w(G'; F_L) > M_Q(F_D; F_L) \quad (6.6.4)$$

式中： M_w ——结构稳定力矩；

M_Q ——结构倾覆力矩；

F_L ——洪水对梁体的竖向上举力，可按式（6.5.3）计算；

F_D ——洪水对梁体的流水压力，可按式（6.5.2）计算；

F_I ——漂浮物撞击力，可按式（6.5.5）计算。

G' ——计及浮力引起的梁体自重减轻的桥跨结构永久作用标准值。

6.7.6 桥跨结构的抗漂浮物撞击能力验算应进行强度验算，验算应符合下式规定：

$$S_{ad} \leq R_d \quad (6.6.5-1)$$

$$S_{ad} = S(G; F_I; F_D; F_L) \quad (6.6.5-2)$$

式中： R_d ——桥跨结构的抗撞性能函数，可按现行《公路桥梁抗撞设计规范》的规定计算；

S_{ad} ——桥跨结构在考虑漂浮物撞击作用的偶然组合下作用效应函数；

G ——桥跨结构永久作用标准值；

F_L ——洪水对梁体的竖向上举力，可按式（6.5.3）计算；

F_D ——洪水对梁体的流水压力，可按式（6.5.2）计算；

F_I ——漂浮物撞击力，可按式（6.5.5）计算。

6.7.7 当桥跨结构的抗偏位能力、抗倾覆能力或抗漂浮物撞击能力中的任一项不满足要求时，表明桥梁上部结构的抗洪能力不足，必须采取提升抗洪能力的技术措施。

条文说明

当桥梁抗偏位、倾覆及漂浮物撞击能力不足时，表明一旦遭遇验算标准洪水，桥梁上部结构将失稳甚至破坏。

征求意见稿