

重庆市工程建设标准

重庆市三峡库区跨江桥梁船撞设计指南

Guide specification for vessel collision design of river-crossing

bridges in three gorges reservoir of Chongqing city

DBJ/T50-106-2010

主编单位：招商局重庆交通科研设计院有限公司

同 济 大 学

批准部门：重庆市城乡建设委员会

施行日期：2010 年 10 月 1 日

2010 重 庆

——重庆市城乡建设委员会文件——

渝建发[2010]120号

重庆市城乡建设委员会
关于发布《三峡库区跨江桥梁船撞设计指南》的通知

各区县(自治县)城乡建委，有关单位：

现批准《重庆市三峡库区跨江桥梁船撞设计指南》为我市推荐性工程建设标准，编号为：DBJ/T50-106-2010,自2010年10月1日起实施。

本指南由重庆市城乡建设委员会负责管理，招商局重庆交通科研设计院有限公司负责解释。

重庆市城乡建设委员会

二〇一〇年八月十一日

关于同意重庆市《重庆市三峡库区跨江桥梁船撞
设计指南》地方标准备案的函

建标标备[2010]128号

重庆市城乡建设委员会：

你委《关于工程建设地方标准〈重庆市三峡库区跨江桥梁船撞设计指南〉备案的申请》收悉。经研究，同意该标准作为“中华人民共和国工程建设地方标准”备案，其备案号为：J11678-2010。

该项标准的备案公告，将刊登在近期出版的《工程建设标准化》刊物上。

住房和城乡建设部标准定额司

二〇一〇年八月三十日

商局重庆交通科研设计院有限公司(重庆南岸学府大道33号, 邮

编400067), 以便今后修订时参考。

前 言

当前, 由于跨江河桥梁的大量修建, 通航船舶的规模化, 加上桥区环境的改变, 导致船桥碰撞事故时有发生。船撞桥事故不但威胁船舶的通行安全, 还严重影响桥梁的运营安全, 往往带来巨大的生命和财产损失。重庆作为我国西南的中心城市, 其桥梁数量众多, 桥型多样, 堪称我国的“桥都”。近年来, 随着三峡水库的建成, 重庆市境内的河流兼具库区及山区河流的双重特征, 水位落差大, 流速急, 桥梁的船撞问题尤为突出。而当前我国在桥梁的船撞设计方面, 往往借用国外的标准、规范或指南, 但国外规范毕竟有许多不符合我国实际情况的因素, 这在很大程度上制约了我国的桥梁船撞设计。为此, 结合目前国际上通用的风险设计思想, 并基于性能的设计理念, 开展桥梁船撞研究, 并形成规范性文件, 以指导重庆市桥梁的船撞设计, 具有重大的现实意义, 同时对其他流域跨江河桥梁的船撞设计也具有参考意义。

经重庆市城乡建设委员会2008年立项, 招商局重庆交通科研设计院有限公司、同济大学等单位编制完成了《重庆市三峡库区跨江桥梁船撞设计指南》。本指南明确了三峡库区桥梁船撞设计的设防水准及性能要求, 提出了桥梁船撞风险评估方法及船撞力估算方法, 并对结构的主动抗撞设计与被动防撞设计做了规定。

各有关单位在使用本指南过程中如有疑问或建议, 请函告招

本规范主编单位、参编单位、主要起草人及审查专家：

主 编 单 位：招商局重庆交通科研设计院有限公司

同济大学

参 编 单 位：重庆交通建设(集团)有限责任公司 成都臣基科技有限公司

主要起草人：王福敏王君杰 汪 宏 耿 波 李 军

石 飞 尚军年 张 茜 赵 志 刚 安永日

杜细春 吴宏宇 汤海军危接来

审 查 专 家：文传平龙怀能 张佐安 张建华 杨 忠

(按姓氏笔画排序)杨渡军 陈德玖 钟明全 顾安邦 蒋中贵

蒋劲松 蒋明贵 詹建辉

目 次

1	总 则	1
2	术 语	2
3	准则与方法	4
3.1	设防水准及性能要求	4
3.2	设计船撞力与设计代表船舶	5
3.3	船舶撞击荷载组合	8
4	一般规定	9
4.1	基础资料收集	9
4.2	通航条件	9
4.3	桥位与桥跨	9
4.4	通航孔与非通航孔	10
4.5	船舶	11
4.6	防撞设施	11
4.7	航行监测与预警	12
5	船舶撞击力估算方法	13
5.1	一般规定	13
5.2	船舶撞击的范围	13
5.3	最小撞击力要求	13
5.4	船舶撞击速度	14
5.5	船舶撞击能量	14
5.6	轮船对桥墩的撞击力	15

5.7	轮船对桥梁上部结构的撞击力	16
5.8	驳船对桥梁下部结构的撞击力	16
6	桥梁结构主动抗撞设计	18
6.1	一般规定	18

6.2 撞击荷载位置与方式 18

6.3 结构抗力计算要求 20

6.4 船舶撞击荷载组合 20

6.5 下部构造要求 20

7 桥梁被动防撞设施设计 22

7.1 一般规定 22

7.2 常用被动防撞设施原理与构成 22

7.3 三峡库区跨江桥梁被动防撞设施 24

7.4 被动防撞设施的设计要求 24

附录A 方法Ⅱ年碰撞频率计算方法 25

本指南用词说明..... 28

条文说明 29

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Criterion and method	4
3.1	Fortification level and performance requirements	4
3.2	Design vessel-collision force and design typical vessel	5
3.3	Load combination of vessel Impact	8
4	General requirement	9
4.1	Data collection	9
4.2	Navigation condition	9
4.3	Site and span of bridge	9
4.4	Navigable and non-navigable spans	10
4.5	Vessel	11
4.6	Fender systems	11
4.7	Navigation monitoring and prewarning	12
5	Estimation method of vessel collision force	13
5.1	General requirement	13
5.2	Range of vessel impact	13
5.3	Minimum Impact load	13
5.4	Vessel Impact speed	14
5.5	Vessel collision energy	14
5.6	Ship collision force on pier	15
5.7	Ship collision force on superstructure	16
5.8	Barge collision force on pier	16
6	Active resist -collision design	18
6.1	General erquirement	18
6.2	Location and mode of Impact load	18
6.3	Structure resistance calculation requirements	20
6.4	Load combination of vessel Impact	20
6.5	Infrastructure requirements	20
7	Passive fender systems design	22
7.1	General erquirement	22
7.2	Principle and composition of common fender systems	22
7.3	Fender systems in three gorges reservoir	24
7.4	Design requirements for fender sysetems	24
	Appendix A method II collison probability calculation method	25
	This guide words instructions	28
	Provision that	29

1 总 则

1.0.1 为规范桥梁防船撞设计，减轻船舶撞击对三峡库区跨江桥梁造成的破坏，避免或减少人员伤亡和经济损失，特制定本指南。

1.0.2 本指南适用于三峡库区跨江桥梁的船撞设计、增设防撞设施和桥梁加固设计，其它区域跨越航道桥梁船撞设计可参考使用。

1.0.3 桥梁船撞设计与加固使用的船舶类型应符合交通部《长江及三峡库区运输船舶标准船型主尺度系列》中关于船舶类型的规定。

1.0.4 三峡库区跨江桥梁在工程可行性研究或初步设计阶段，应进行桥梁的船舶撞击风险评估。

1.0.5 三峡库区跨江桥梁宜采用主动抗撞与被动防撞相结合的综合防撞措施。

1.0.6 三峡库区桥梁的防撞设计除应符合本指南外，尚应符合国家及重庆市现行有关标准和其它相关设计标准的规定。

2 术 语

2.0.1 桥梁船撞设计 bridge design against vessel-collision

桥梁船撞设计，包括抗船撞结构设计、防撞构造和助航措施设计。

2.0.2 设计船撞力 design vessel-collision force

用于桥梁基础、桥墩、上部结构设计的船舶撞击荷载。

2.0.3 设计代表船舶 design typical vessel

通过风险分析确定的，用于桥梁船撞设计的控制性船舶。

2.0.4 L1船撞作用 vessel-collision action L₁

重现期为300年的船撞荷载，对应于L1设防水准。

2.0.5 L2船撞作用 vessel-collision action L₂

重现期为1500年的船撞荷载，对应于L2设防水准。

2.0.6 主动抗撞设计 active resist-collision design

依靠桥梁结构自身的抗船舶撞击能力进行的抗撞设计。

2.0.7 被动防撞设计 passive anticollision design

在桥梁结构自身抗力之外，采取额外的防撞措施而进行的防撞设计。

2.0.8 倒塌概率 failure probability

桥梁遭受船舶撞击后，主体结构发生整体垮塌或失去使用功

能的概率。

2.0.9 防撞设施 anticollision facility

专门用来防止、减小船舶撞击作用的工程结构。 **2.0.10** 助航系统 navigation-aid system

设置在桥梁上、航道中用于帮助过桥船舶顺利通过桥区的标

识或装置。

2.0.11 重要桥梁 significant bridge

跨越 IV 级航道的大桥和跨越IV 级以上航道的各类桥梁，以及对救灾、经济、国防上具有重要意义的桥梁或破坏后修复(抢修)困难的桥梁。

2.0.12 通航孔和非通航孔 navigable and non-navigable spans

通过通航净空技术论证优先选定的桥梁的通航跨和非通航跨。

3 准则与方法

3.1 设防水准及性能要求

3.1.1 桥梁应按本节要求确定船撞设防重要性类别，以明确其船撞设防的水准。

3.1.2 桥梁应根据其使用功能的重要性分为三个船撞设防类别：
A类：跨越长江干线、嘉陵江和乌江 II 级航道及以上的特大桥和重要桥梁；

B类：IV 级航道上的大桥及II 级航道上的其他桥梁；
C类：IV 级及以下航道上的其他桥梁。

对救灾以及在经济、国防上具有重要意义的桥梁或破坏后修复(抢修)困难的桥梁，可提高设防类别。

3.1.3 船撞设防性能目标及设防水准由设计部门提出，并经桥梁业主及有关政府部门批准。

3.1.4 桥梁船撞设防性能目标可按表3.1.4-1的规定确定。

表3.1.4-1 桥梁船撞设防性能目标

设防类别	设防水准	性能目标	桥梁状态描述	失效后果
A类	L1	I	桥梁可产生不影响结构整体受力性能的局部损伤，正常交通不受影响，结构整体处于弹性状态	一般

	L2	II	可发生易于修复的损伤	严重
B类	L1	I	桥梁可产生不影响结构整体受力性能的局部损伤，正常交通不受影响，结构整体处于弹性状态	一般
	L2	II	可发生较严重的损伤，但不发生整体倒塌	极其严重
C类	L1	I	可发生易于修复的损伤	一般
	L2	II	可发生较严重的损伤，但不发生整体倒塌	极其严重

3.1.5 桥梁船撞设防水准可根据船撞发生的重现期分L1 船撞

作用和L2 船撞作用两级设定，见表3. 1. 5-1和3. 1. 5-2。

表3. 1. 5-1 根据船撞重现期分级设定的桥梁船撞设防水准

船撞设防水准	重现期(年)
L1	300
L2	1500

桥梁船撞设计可按表3. 1. 5-2规定的目标失效概率进行。

表3. 1. 5-2 安全极限状态年目标失效概率

结构安全措施 的相对费用	失效后果轻微 ($r < 2.0$)	失效后果中度 ($2.0 < r < 5.0$)	失效后果严重 ($5.0 < r < 10.0$)
大	10^{-3}	5×10^{-4}	10^{-4}
正常	10^{-4}	10^{-5}	5×10^{-5}
小	10^{-5}	5×10^{-5}	5×10^{-7}

注：表3. 1. 5-2比值 r 失效后果的严重程度可按式计算：

$$r = \frac{C_{rc}}{C_{cc}}$$

式中： C_{cc} ——建造成本；

C_{rc} ——建造成本与其失效直接损失之和；

如果 $r > 10.0$ ，并且损失数额大，则后果必须作为极端事件处理，建议采用费用—效益分析的方法。

3. 1. 6 桥梁船撞设防水准可按本规程3. 1. 5之规定确定。

3. 2 设计船撞力与设计代表船舶

3. 2. 1 确定桥梁船撞效应分析中设计代表船舶的方法分为四种，即半确定性方法(方法I)、重现期方法(方法II)、目标极限状态概率法(方法III) 和费用—效益分析方法(方法IV)。

3.2.2 确定设计代表船舶的方法符合下列规定：

1 方法I 宜应用于以下情况的桥梁：

- 1)水深较浅的航道，且在这些航道上的船舶吨位不大；
- 2)航道中的船舶差别较小(即，航道中的船舶大小基本相

同)；

3) 基础资料较为缺乏。

2 方法 II 是一种基于桥梁船撞概率来选择设计代表船舶的方法。可用于各种情况下的桥梁。

3 方法 II 直接以桥梁在船舶撞击下，以某种设计极限状态对应的损伤概率来确定设计代表船舶。可用于各种情况下的桥梁。

4 方法 IV 是在以下条件下可采用的方法：

1) 对既有桥梁进行船撞加固；

2) 宽阔水域中很多桥梁构件存在被船舶撞击的风险。

3.2.3 设计代表船舶和设计船撞力的确定应符合下列规定

1 采用方法 I 确定设计代表船舶，并按 5.6～5.8 条款计算设计船撞力。

设计代表船舶的确定应区分 A、B 类桥梁和 C 类桥梁。

A、B 类桥梁：大于等于设计代表船舶的年通航量累计达 50 艘次或年通航量的 5% (两者取较小值)。

C 类桥梁：大于等于设计代表船舶的年通航量累计达 200 艘次或年通航量的 10% (两者取较小值)。

2 按方法 II 确定设计代表船舶与设计船撞力。

1) 按附录 A 中式 (A-1) 和式 (A-2) 计算桥梁遭受船舶撞击的年频率，计算图示见图 A-1；

2) 根据表 3.1.4-2 重现期的规定确定设计代表船舶。3 按方法 II 确定设计代表船舶与设计船撞力。

1) 按表 3.1.4-3 确定桥梁目标倒塌概率；

2) 按 3.2.3 中 2 规定的方法计算各种类型船舶的年碰撞频率。

3) 可采用下述方法的一种计算桥梁的船撞倒塌概率：

(1) 一般的可靠度计算方法。采用该方法必须对所建立的可靠度计算模型进行详细的说明。

(2)倒塌概率曲线法。图3.2.3-1为 AASHTO 规范中的倒塌概率曲线。

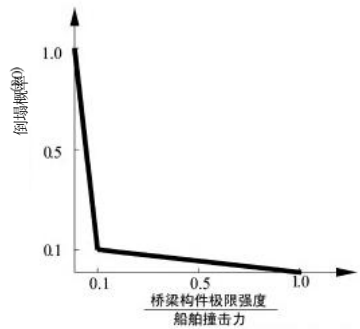
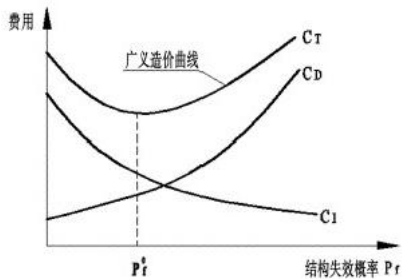


图3.2.3-1 AASHTO规范中的倒塌概率曲线图

- 4)采用试算法调整桥梁结构抗船舶撞击的能力，达到目标倒塌概率的要求，进而确定出设计船撞力；
- 5)根据确定的设计船撞力，按第5章中的方法反推设计代表船舶。

4 当采用方法I、方法 I II 和方法II 在经济上或技术上明显不合理时，应进行专题研究。方法IV 的基本思想与原则是考虑期望风险损失后的广义造价最小，解释见图3.2.3-2。



C₁—— 为期望总经济损失。

3.3 船舶撞击荷载组合

3.3.1 船舶撞击荷载组合按式(3.3.1)计算。

$$Y_{oc}+Y_{zv}LV+Y_{mp}IMP \tag{3.3.1}$$

式中： DC—— 为永久荷载效应；

LV——为代表性活荷载效应；

IMP——为船舶撞击效应；

Y_{oc}、Y_{zv}、Y_{mp}—— 为相应的组合系数。

3.3.2 荷载组合系数的取值按表3.3.2。

表3.3.2 荷载组合系数取值

荷载效应	组合系数
永久荷载效应DC	Y _{Dc} =1.0
代表性活荷载效应LV	Y _{Ly} =0.0~1.0
船舶撞击效应IMP	Y _m =1.0

3.3.3 流水压力的计算考虑一般洪水的作用。

图3.2.3-2 方法IV 的概念解释图

图3.2.3-2中:

C_r ——为桥梁广义总造价;

C_p —— 为桥梁初始造价;

4 一般规定

4.1 基础资料收集

4.1.1 用于确定桥梁船撞设防水准的各类资料应包括(但不限于):

- 1 桥梁上、下部结构尺寸及材料信息。
- 2 桥区通航船舶的吨位分类信息。
- 3 不同吨位船舶的通航量数据。
- 4 不同吨位船舶的航速。
- 5 桥区通航船舶的习惯航迹。
- 6 桥区的航道资料。
- 7 桥区的气象及水文等。
- 8 通航及行洪论证有关资料。

4.2 通航条件

4.2.1 应明确单向、双向通航或其它通航情况的航道中心线和航道边界。

4.2.2 防撞设计水位应考虑航道水深的周期性变化。作为最低要求,防撞设计水位应不低于最低通航水位。

4.2.3 桥位处的水流应按与船舶航行方向一致的水流和与船舶航行方向垂直的横向水流进行计算。

4.3 桥位与桥跨

4.3.1 桥梁应尽可能的位于可通航河道的直线区域,远离弯道

部分。

4.3.2 当桥位无法避开弯曲河道时，应加大桥梁跨径。

4.3.3 桥轴线应尽可能与航道中心线垂直。

4.3.4 尽可能将桥墩置于浅水区，以避免大型船舶的撞击和避免船舶直接撞击桩。

4.3.5 桥梁船撞设计应明确桥墩位置与航迹线的相对关系。

4.3.6 结合库区河流特点，根据水平净宽和竖向净高，确定桥梁下部构造与上部结构的几何特征。

4.3.7 桥梁通航孔的设置应考虑航道变迁的影响。

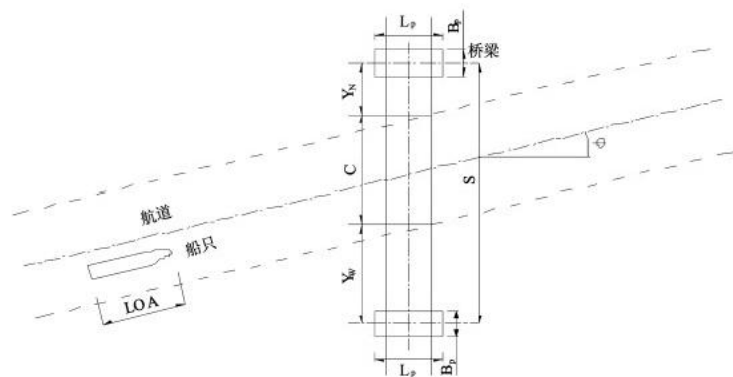
4.3.8 选择桥型时应考虑桥区通航条件和可预见的大水位落差。在选择中承式和上承式拱桥时，应特别注意船舶撞击拱圈的风险。

图4.4.1 船舶与桥梁通航孔关系示意图

通过分析以往的船撞事故资料，在规划一座新桥时，通航水平净空的确定应遵循以下指导方针(与库区特点的结合)：

4.4 通航孔与非通航孔

4.4.1 通过航道的船舶和桥梁的通航孔之间的典型关系。



- 1 通航跨宜大于2~3倍的设计代表船舶长度;
- 2 通航跨宜大于2倍的航道宽度;
- 3 墩中心距航道边缘的距离(和)宜大于2~3倍的桥墩宽度;
- 4 航道中心线宜与通航孔中心线重合,若有困难,则二者之间最大偏移量不应超过主跨的15%。

4.4.2 桥梁竖向净高应满足最高通航水位下该航道上的船舶在空载压舱条件下通行时的最大船高的要求,以避免驾驶舱和桅杆撞击桥梁上部结构。

4.4.3 宜加大非通航孔的跨度以减少非通航孔水中桥墩的数目,非通航孔桥墩的抗撞击能力应根据风险评估结果确定。

4.5 船 舶

4.5.1 确定适合桥梁船撞设计的船舶分类应符合1.0.3条的规定;

4.5.2 船舶分类应考虑船舶吨位(DWT)、负载情况(满载,部分载,压舱)、航速、每种船型的年通航量。

4.5.3 各种类型船舶的年通航量统计应区分上水与下水船舶。

4.5.4 应区分驳船与轮船。

4.5.5 应预测未来5年、10年、20年各类船舶的通航量变化。

4.6 防撞设施

4.6.1 可采用被动防撞设施减小或避免船撞对桥梁的损伤。

4.6.2 被动防撞设施应与桥梁结构主体设计一同考虑。

4.6.3 被动防撞设施应考虑有效性、耐久性、可检修等综合因素。

4.7 航行监测与预警

4.7.1 通航密度大的重要桥梁宜设置桥区船舶航态监控和预警系统。

4.7.2 桥梁应按相关规范要求设置导助航标志。

4.7.3 桥区水域应设置导航和助航系统。

5 船舶撞击力估算方法

5.1 一般规定

5.1.1 桥梁船撞力计算的基本方法可采用等效静力方法。

5.1.2 船撞计算模型与方法的选取应满足桥梁船撞性能目标的验算要求。

5.1.3 船撞效应的计算应选取可准确反映船撞时桥梁结构力学行为特点的计算模型。

5.2 船舶撞击的范围

5.2.1 各种船舶撞击桥梁的范围为航道中心线两侧3倍设计代表船舶长度LOA 范围内的桥梁结构，但应考虑水深的影响。

5.2.2 位于航道中心线两侧3倍LOA 范围外的桥梁结构按本规程第5.3节确定的最小撞击力来设计。

5.3 最小撞击力要求

5.3.1 航道中心线两侧3倍设计代表船舶长度以外水域中的桥梁构件，根据设计代表船舶以年平均水流速度撞击确定其船撞力；由于水深原因，设计代表船舶不能到达时，根据可到达的最大船舶以年平均水流速度撞击确定其船撞力。

5.3.2 航道中心线两侧3倍设计代表船舶长度范围内的桥梁构件的船舶撞击力应不小于设计代表船舶以年平均水流速度撞击产生的撞击力。

撞击速度

5.4 船舶撞击速度

- 5.4.1 船舶撞击速度的最小值应不小于航道所在位置处的年平均水流流速。
- 5.4.2 在季节性洪水较为明显的航道上，确定最小船舶撞击速度时需进行专门的数据资料调查。
- 5.4.3 船舶的撞击速度可按照图5.4.3进行计算。

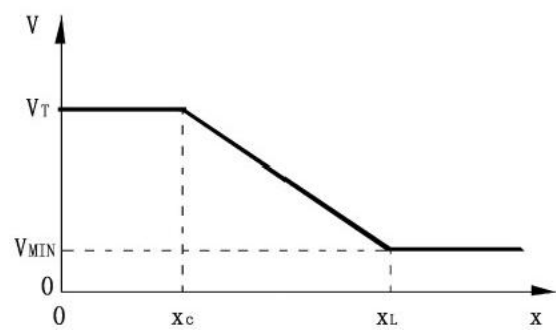


图5.4.3 船舶撞击速度计算图示

- 图中： V—— 船舶撞击速度；
- V_r—— 航道内的船舶典型通航速度；
- V_{MIN}——最小撞击速度 (不小于年平均水流速度) ；
- x —— 船舶距桥墩的距离；
- x —— 船舶距航道边缘的距离；
- x₁—— 离船舶航道中心线3的距离。

5.5 船舶撞击能量

5.5.1 船舶与桥墩正碰时，吸收的能量可按式 (5.5.1) 计算。

$$KE=500CHMV^2 \qquad (5.5.1)$$

式中： KE——为船舶撞击能量(J)；

M——为船舶的质量(t);

V——为船舶的撞击速度(m/s);

CH——为水动力质量系数。

当船舶龙骨以下净空超过吃水深度的1/2时，Cn 取1.05;当船舶龙骨以下净空小于吃水深度的1/10时，CH 取1.25;中间情况可以线性内插。

5.6 轮船对桥墩的撞击力

5.6.1 轮船与桥墩的正撞力可按下式计算。

F=αk·η·ξ·(DWT)·V (5.6.1-1)

在式中k=m、1、g,分别代表最大船撞力、局部平均船撞力和总体平均船撞力的系数。 αk、βk具体取值见表5.6。

表5.6.1 αk、βk 系数和取值

αm	$\eta = \begin{cases} 1 - \exp(-\frac{6H}{H_s}) & H/H_s \leq 1.0 \\ 1.0 & H/H_s > 1.0 \end{cases}$		β_m		βg
	α1	αg	H/Hs ≤ 1.0	H/Hs > 1.0	
0.031	0.030	0.018	0.660	0.064	0.640

其中修正系数 η 和 ξ 可按下列公式计算。

(5.6.1-2)

ξ=0.8R0.068 (5.6.1-3)

式中：η——为承台厚度修正系数；

ξ——为承台圆弧半径修正系数(对于矩形承台可取1.0)；

DWT——为船舶的恒重吨位(t);

V——船舶的撞击速度(m/s);

H——为船头与承台撞击时的叠加厚度(m)；

Hs——为船头高度(m)；

R——为圆形承台半径(m)。

αD,Sup = { 0.2 - 0.1 × DWT / 100,000, DWT ≤ 100,000
0.1, DWT > 100,000

5.7 轮船对桥梁上部结构的撞击力

QMT, Sup——为折减系数，没有专门研究的情况下取0.1。

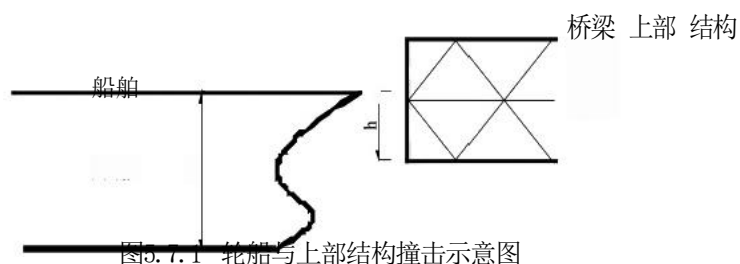
5.7.1 船头对桥梁上部结构的撞击力可按下式计算。

$$FB, sup = \eta \cdot F \quad (5.7.1)$$

式中：FB, sup——为轮船船头对桥梁上部结构的撞击力(MN);

h——为船头与上部结构撞击时的叠加厚度(m);

修正系数计算方法见式5.6.2, 撞击示意图见图5.7.1。



5.7.2 驾驶舱对桥梁上部结构的撞击力可按下式计算。

$$Fp, sup = ap, sup \cdot F \quad (5.7.2-1) \text{ 式中: } Fp, sp \text{——}$$

— 为驾驶舱对桥梁上部结构的撞击力(MN);

DWT—— 为船舶的恒重吨位(t);

ap, So——为折减系数，可按下式计算。

$$(5.7.2-2)$$

5.7.3 桅杆对桥梁上部结构的撞击力可按下式计算。

$$FMT, sup = \alpha MT, Sup \cdot F \quad (5.7.3) \text{ 式中:}$$

FMT, Sup——为桅杆对桥梁上部结构的撞击力(MN);

5.8 驳船对桥梁下部结构的撞击力

5.8.1 一条标准的底卸式驳船船头水平破损长度可按下式计算。

$$LB=3.1\times(\sqrt{1+1.3\times 10^{-7}KE}-1) \quad (5.8.1)$$

式中：LB——为驳船船头的破损长度(m)。

5.8.2 一条标准的底卸式驳船对桥梁下部结构的撞击力可按下列

式计算。

$$FB=\begin{cases} 60-6LB & LB\leq 0.1m \\ 6LB & LB\geq 0.1m \end{cases} \quad (5.8.2)$$

式中：FB——为等效静力驳船撞击力(MN)。

6 桥梁结构主动抗撞设计

6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于桥梁上、下部结构抗船撞能力设计。

6.2 撞击荷载位置与方式

6.2.1 船舶撞击桥梁作用位置应取最高通航水位、最低通航水位和其他不利水位。

6.2.2 桥梁下部结构设计时，设计船撞力应作为等效静荷载作用在下部结构上，其作用方向为横桥向。纵桥向作用荷载取横桥向作用荷载的50%，且二者不能同时作用。力的作用方式应符合下列规定：

1 基础设计以及整体计算时，设计船撞力以集中力作用在下部结构上，计算图示见图6.2.2-1。

2 下部结构复核和局部设计时，设计船撞力应以竖向均布荷载沿船头高度范围作用在桥墩或下部结构上，计算图示见图6.2.2-2。对于驳船撞击，设计船撞力应以竖向均布荷载作用在船头厚度上，计算图示见图6.2.2-3。

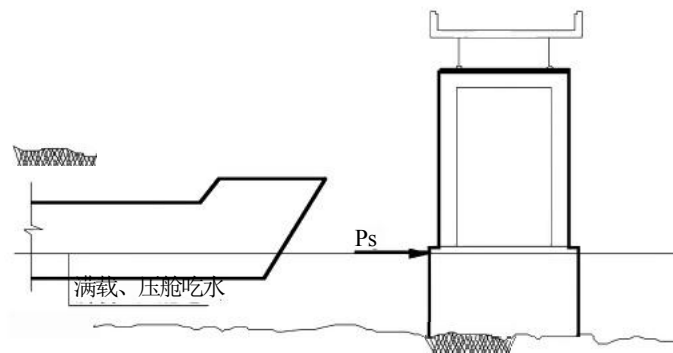


图 6.2.2-1 作用在墩上的轮船集中撞击力

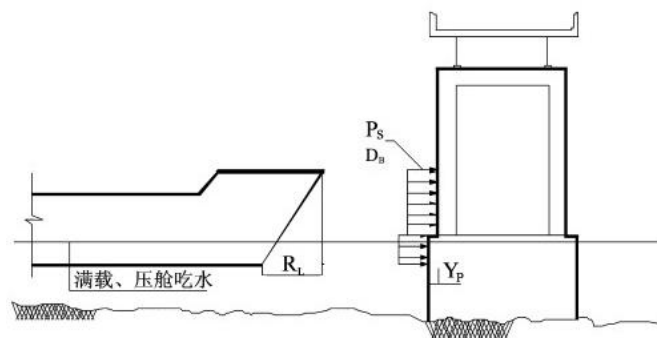
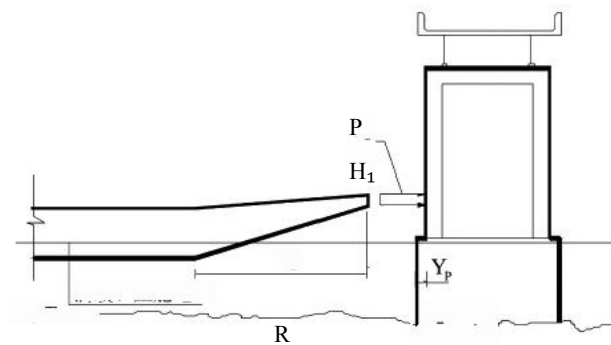


图6.2.2-2 作用在墩上的轮船局部撞击力



满载、压舱吃水

W

图6.2.2-3 作用在墩上的驳船局部撞击力

6.2.3 当桥梁上部结构存在被船舶撞击风险时，船撞力应作为等效静荷载作用，其方向平行于航道中心线。

6.3 结构抗力计算要求

6.3.1 计算建模应考虑上、下部结构的整体关联性。

6.3.2 现场浇筑的钢筋混凝土桩、柱或预制混凝土桩、柱或圬工砌体，墩底、连接构件等的设计均应分别符合现行的有关钢筋混凝土结构和砌体结构的设计规范和本章第6.5节结构设计的相关要求。

6.3.3 钢结构构件和连接件的设计应符合现行的有关设计规范要求。

6.3.4 考虑到船舶撞击的短时性，下部结构抗力可根据实际工程经验适当提高。

6.3.5 当允许混凝土结构中出现塑性铰时，可参照《公路桥梁抗震设计细则》(JTG/T B02-01-2008)的规定进行设计，确保塑性

铰的性能。

6.3.6 库区桥梁的冲刷深度应根据大桥所处的位置，分别按三峡工程常年回水区、三峡工程变动回水区和天然河道进行确定。

6.4 船舶撞击荷载组合

6.4.1 船舶撞击荷载组合可按本规程第3.3节相关要求执行。

6.5 下部构造要求

6.5.1 采用主动抗撞设计的桥墩宜采用实心断面，当选用空心断面时，应按船撞荷载要求对墩壁进行专门设计。

6.5.2 最高通航水位船舶撞击点以下的桥墩应选用实心断面。

- 6.5.3 下部结构采用高桩承台时，应尽量保证高水位时不撞墩，低水位时不撞桩，二者不能同时满足时，必须保证不撞桩。
- 6.5.4 受船舶撞击的桥墩和承台，其迎水侧和背水侧应设置分水尖。
- 6.5.5 桥墩顶部宜设置防落梁装置，防止船撞桥时发生落梁。
- 6.5.6 当桥墩受船舶侧向挤压时，宜加大盖梁宽度。
- 6.5.7 可能遭受船舶撞击的桥梁下部结构在结构构造上应具有一定的防撞赘余度。

7 桥梁被动防撞设施设计

7.1 一般规定

- 7.1.1 防撞设施的设计应达到降低船舶撞击力，部分(或完全)避免桥梁遭受船舶撞击而产生损伤的情形出现。
- 7.1.2 应对增强结构自身抗撞能力和采用附加防撞设施两种方案进行比较。一般情况下应首先采用增强结构自身抗撞能力的方案，若不可行或不合理，再考虑增加防撞设施。
- 7.1.3 附加防撞设施的采用，应使桥梁主体承受的船撞力下降到可以接受的水平。
- 7.1.4 防撞设施的结构构造及几何外形，应有利于改变船舶航向，大幅度消耗船撞动能，在保证桥梁安全的前提下对船舶的撞击损失尽可能小。

7.2 常用被动防撞设施原理与构成

- 7.2.1 桥墩防撞设施主要有一体式防撞设施、附着式防撞设施和独立式防撞设施。
- 7.2.2 一体式防撞设施主要包括：

1 可采用一体式防撞钢套箱，钢套箱和桥梁基础结合在一起，钢套箱不能随水位发生上下位移，主要靠钢材的塑性变形和 破损来吸收撞击能量，减小船舶对桥墩的撞击力。

2 可采用人工岛，在桥墩的周围构筑一个小岛以防止船舶 撞击到桥墩。

7.2.3 附着式防撞设施主要包括：

1 可采用附着式防撞护舷，护舷安装在承台或墩身侧面，主

要起缓冲和均匀分布船撞力的作用。

2 可采用附着式防撞绳索，将钢丝绳通过支撑固定在桥墩上，并在桥墩附近水面水平地展铺，当船舶冲撞时，由钢丝绳的弹性变形吸收冲撞能量。

3 可采用附着式防撞木结构，靠木材的压溃来吸收撞击能量，可以安装在承台上直接抵御船舶的撞击，也可以设置在其他防撞设施(如围堰、混凝土箱、防护板防护系统)上，既能防止船体与防撞设施摩擦产生火花，也可以减小船体损伤。

4 可采用附着式防撞重力摆，利用摩擦阻力或重力产生复原力的方式来吸收撞击能量，同时也可借助流体效应，靠防撞装置周围水的运动来吸收撞击能量。

5 可采用附着式防撞混凝土套箱，套箱一般安装在承台周围，主要靠混凝土套箱的压溃变形来吸收能量，减小船舶对桥墩的撞击力。

6 可采用附着式防撞钢套箱，钢套箱一般安装在承台或桥墩周围，并能随水位发生上下浮动，主要靠钢材的塑性变形和破坏来吸收撞击能量，减小船舶对桥墩的撞击力。

7.2.4 独立式防撞设施主要包括：

1 可采用集群式护墩桩，可独立于桥墩进行设置，由于船撞产生很大的冲击荷载，导致桩结构塑性变形和压碎，使船在不撞到桥墩之前就被止住。

2 可采用独立式防撞墩，一般设置在桥墩的上游和下游，防撞墩可以分为柔性和刚性两种。柔性防撞墩一般采用钢管桩或钢管混凝土桩，这种防撞设施会发生较大的变形，对船舶的破坏较小。刚性防撞墩一般采用预应力混凝土桩或钻孔灌注桩，主要靠船艏变形来吸收撞击能量。

3 可采用薄壳筑砂围堰防撞设施，一般采用圆柱形结构，内部用混凝土或松散的材料填充，起到抵御或缓冲船撞力的作用。

7.3 三峡库区跨江桥梁被动防撞设施

7.3.1 可采用附着式浮式防撞钢套箱，分滑动摩擦式防撞钢套箱和滚动摩擦式防撞钢套箱两种。滑动摩擦式防撞钢套箱因其内部与桥墩外表面接触处安装有多块减磨、耐磨元件，在水位变化的情况下，可沿桥墩外表面滑动升降。滚动摩擦式防撞钢套箱与桥墩外表面接触处安装有滚轮装置，在水位变化的情况下，可沿桥墩外表面滚动升降，以滚动摩擦代替滑动摩擦。

7.3.2 可采用分离式系泊索，将钢丝绳通过锚碇系统锚固于江底，然后在钢丝绳上连接多个防撞消能组件，如橡胶浮筒、复合材料浮筒等，当船舶冲撞时，通过钢丝绳和浮筒的弹性变形来缓冲船撞力。

7.3.3 也少采用其他类型防撞设施，可根据本规程第7.2节的防撞设施，可通过进一步组合或改进，以满足三峡库区水文特征的防撞需求。

7.4 被动防撞设施的设计要求

7.4.1 选择被动防撞设施时应将结构所受船撞力降低到设防标准以下。

7.4.2 被动防撞设施的形状及船撞力确定应采用设计代表船舶进行控制。

7.4.3 被动防撞设施的计算应采用动力数值模拟方法。

7.4.4 船舶撞击荷载组合可按3.3节相关要求执行。

7.4.5 采用具有消能作用的防撞装置时，应进行材料或消能构件的性能试验。

附录A 方法II 年碰撞频率计算方法

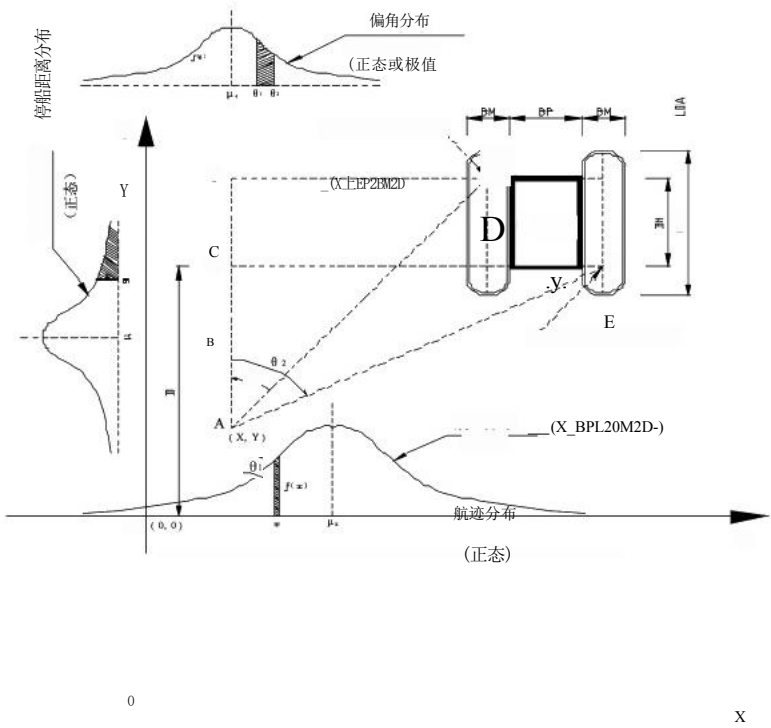


图 A.0.1 方法II 中年碰撞频率的计算图示

$$P_c = \sum_{i=1}^n \alpha_i P_{ui} \tag{A-1}$$

$$P_{ui} = \sum_{j=1}^m N_j \int_{\mu_x - 3\sigma_x}^{\mu_x + 3\sigma_x} f(x) \int_0^D \lambda(s) [1 - F(s)] \int_{\theta_1}^{\theta_2} f(\theta) d\theta d_s d_x \tag{A-2}$$

式中：P——桥梁的年碰撞频率；
 α_i ——第 i 种水位出现的频率；
n ——水位个数；
m ——船舶分类组数；
 P_{ui} ——第 i 种水位下的年碰撞频率；
 N_j ——按船舶分类方法第 j 种船舶的年通航量，艘次；
 $f(x)$ ——航迹横向分布(几何分布)密度函数；

$$tg\theta_2 = \frac{X_0 + \frac{BP}{2} + \frac{BM}{2} - X}{D - Y}$$

$$X_0 - \frac{BP}{2} - \frac{BM}{2} < X < X_0 +$$

D ——积分路径长度；

$\lambda(s)$ —— 船舶单位航行距离的失误概率；

$F(s)$ —— 停住船的概率；

$f(\theta)$ —— 船舶偏航角分布密度函数。

H_x —— 船舶的航迹横向分布(几何分布)均值；

σ_x —— 船舶的航迹横向分布(几何分布)标准差。 $f(x)$ 、 $f(\theta)$ 、 $F(s)$ 分别如下：

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} e^{-\frac{(x-\mu_x)^2}{2\sigma_x^2}}$$

$$f(\theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\theta} e^{-\frac{(\theta-\mu_\theta)^2}{2\sigma_\theta^2}}$$

$$F(s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_s} e^{-\frac{(s-\mu_s)^2}{2\sigma_s^2}}$$

$$F(s) = \int_{-\infty}^s f(s) ds$$

模型中的积分上下限 θ_1 、 θ_2 ，可按以下情况计算：

(1) 当船舶位于图中A 区时，即当 $X < X_0 - \frac{BP}{2} - \frac{BM}{2}$ 时：

$$\theta_1 = \frac{X_0 - \frac{BP}{2} - \frac{BM}{2} - X}{D - Y + BH}$$

(A-3)

(2) 当船舶位于图中B 区时，即当

$\frac{BP}{2} + \frac{BM}{2}$ 时：

$$\theta_1 = \frac{X_0 - \frac{BP}{2} - \frac{BM}{2} - X}{D - Y}$$

$$\operatorname{tg}\theta_2 = \frac{X_0 + \frac{BP}{2} + \frac{BM}{2} - X}{D - Y} \quad (\text{A-4})$$

$$X > X_0 + \frac{BP}{2} + \frac{BM}{2} \text{ 时} \ddagger$$

(3) 当船舶位于图中C 区时，即当

$$\operatorname{tg}\theta_1 = \frac{X - X_0 - \frac{BP}{2} - \frac{BM}{2}}{D - Y + \frac{BP}{2} + \frac{BM}{2}}$$

$$\operatorname{tg}\theta_2 = \frac{X - X_0 + \frac{BP}{2} + \frac{BM}{2} - X}{D - Y} \quad (\text{A-5})$$

式中：X——航迹的横向分布坐标；

X_0 —— 桥墩的X 轴坐标；

BP—— 桥墩宽度；

BM——船舶宽度。

本指南用词说明

1.0.1 为便于执行本指南条文时区别对待，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：

正面词采用“可”；反面词采用“不可”。

1.0.2 条文中指明应按其他有关标准执行时写法为：“应按 …… 执行”或“应符合……的要求”。非必须按所制定的标准执行时，写法为“可参照……执行”。

重庆市工程建设标准

重庆市三峡库区跨江桥梁船撞设计指南

DBJ/T50-106-2010

条文说明

2010 重 庆

目 次

1 总 则	33
3 准则与方法	36
3.1 设防水准及性能要求	36
3.2 设计船撞力与设计代表船舶	37
3.3 船舶撞击荷载组合	48
4 一般规定	49
4.1 基础资料收集	49
4.2 通航条件	49
4.3 桥位与桥跨	50
4.4 通航孔与非通航孔	52
4.5 船舶	53
4.6 防撞设施	55
4.7 航行监测与预警	56
5 船舶撞击力估算方法	57
5.1 一般规定	57
5.2 船舶撞击的范围	58
5.3 最小撞击力要求	58
5.4 船舶撞击速度	59
5.5 船舶撞击能量	60
5.6 轮船对桥墩的撞击力	62

5.7 轮船对桥梁上部结构的撞击力	65
5.8 驳船对桥梁下部结构的撞击力	67
6 桥梁结构主动抗撞设计	69
6.1 一般规定	69
6.2 撞击荷载位置与方式	69

6.3	结构抗力计算要求	71
6.5	下部构造要求	73
7	桥梁被动防撞设施设计	74
7.1	一般规定	74
7.2	常用被动防撞设施原理与构成	74
7.3	三峡库区跨江桥梁被动防撞设施	77
7.4	被动防撞设施的设计要求	78

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/098043024006006106>