

*Hand book for Civil Engineers in China*

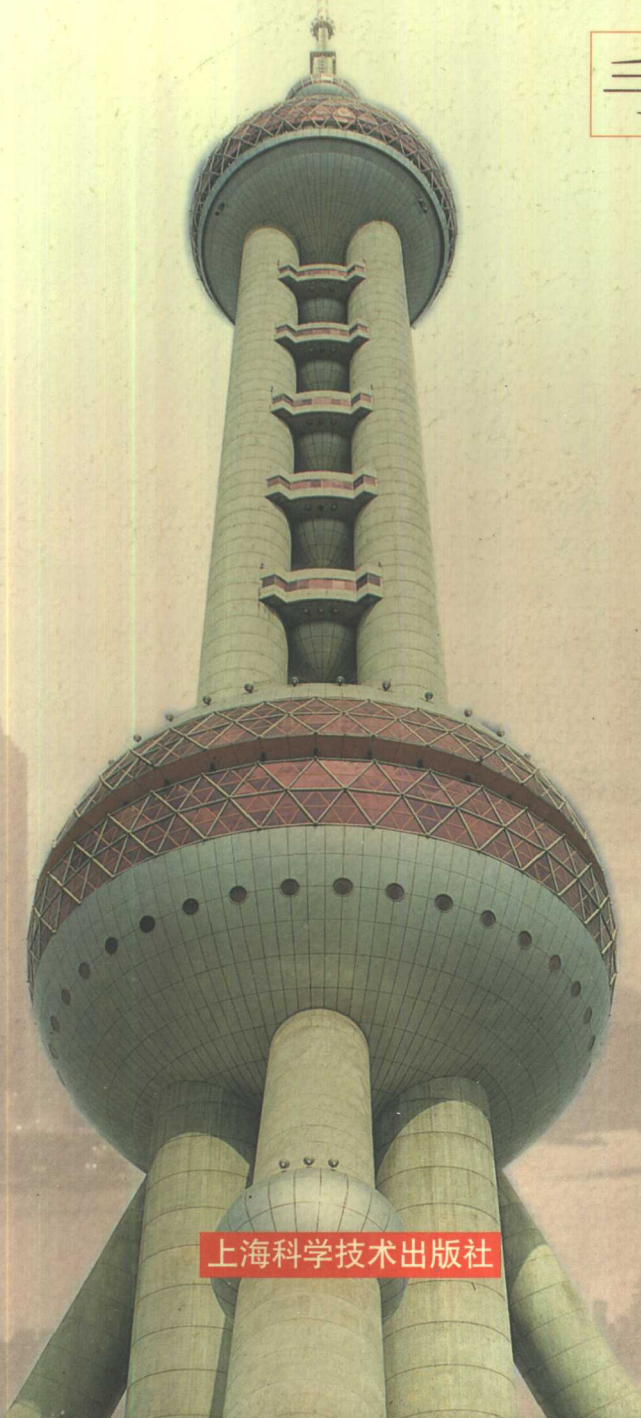
中国

孙更生 朱照宏 孙 钧  
杨祖东 江欢成 杨文渊 等编著



# 土木工程师

手册 下册



上海科学技术出版社

# 中国土木工程师手册

(下 册)

Handbook for Civil Engineers in China

(Volume Three)

孙更生 朱照宏 孙 钧 等编著  
杨祖东 江欢成 杨文渊

上海科学技术出版社

### 图书在版编目(CIP)数据

中国土木工程师手册.下册/孙更生等编著. —上海:  
上海科学技术出版社,2001.12  
ISBN 7-5323-5846-1

I.中... II.孙... III.土木工程-技术手册  
IV.TU-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 083651 号

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路450号 邮政编码200020)

上海新华印刷厂印刷 新华书店上海发行所经销

2001年12月第1版 2001年12月第1次印刷

开本787×1092 1/16 印张102 插页4 字数2469千

印数1—3 000 定价:180.00元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,  
请向本社出版科联系调换

# 目 录

## (下 册)

第 十七 篇	桥梁工程 .....	17.1 ~ 17.193
第 十八 篇	城市给水 .....	18.1 ~ 18.167
第 十九 篇	环境工程 .....	19.1 ~ 19.272
第 二十 篇	土方与爆破工程 .....	20.1 ~ 20.82
第二十一篇	水工建筑物 .....	21.1 ~ 21.237
第二十二篇	港口与航道工程 .....	22.1 ~ 22.232
第二十三篇	城市集中供热及供燃气工程 .....	23.1 ~ 23.76
第二十四篇	工程机械 .....	24.1 ~ 24.256
第二十五篇	城市防灾 .....	25.1 ~ 25.108

# Contents

## (Volume Three)

<b>Section 17</b>	Bridge Engineering .....	17.1 ~ 17.193
<b>Section 18</b>	Water Supply .....	18.1 ~ 18.167
<b>Section 19</b>	Environmental Engineering .....	19.1 ~ 19.272
<b>Section 20</b>	Earthwork .....	20.1 ~ 20.82
<b>Section 21</b>	Hydraulic Structure .....	21.1 ~ 21.237
<b>Section 22</b>	Harbor and Navigation Engineering .....	22.1 ~ 22.232
<b>Section 23</b>	Heat and Gas Supply Engineering .....	23.1 ~ 23.76
<b>Section 24</b>	Construction Machinery .....	24.1 ~ 24.256
<b>Section 25</b>	Calamity Control .....	25.1 ~ 25.108

## 第十七篇 桥梁工程

- 赵立成** 高级工程师、前上海城市建设学院（现同济大学）建筑设计研究院原总工程师
- 金成棣** 教授、前上海城市建设学院（现同济大学）院长、上海市建设管理委员会名誉技术顾问
- 易经武** 教授、前上海城市建设学院副院长、同济大学原副校长  
教授级高级工程师
- 杨文渊** 上海市公路管理处原副总工程师  
中国公路学会中国交通工程学会常务理事、荣誉理事  
上海市土木工程学会荣誉会员



# 目 录

<b>第一章 总论</b> .....	17.5
第一节 桥位设计 .....	17.5
第二节 桥梁设计 .....	17.12
第三节 设计荷载 .....	17.18
第四节 桥梁分类 .....	17.26
<b>第二章 梁桥</b> .....	17.28
第一节 板桥 .....	17.28
第二节 简支梁 .....	17.36
第三节 悬臂梁 .....	17.40
第四节 连续梁 .....	17.54
<b>第三章 拱桥</b> .....	17.73
第一节 圉工拱桥 .....	17.73
第二节 双曲拱桥 .....	17.78
第三节 箱形拱 .....	17.80
第四节 其他形式钢筋混凝土拱桥 .....	17.84
<b>第四章 斜拉桥及悬索桥</b> .....	17.89
第一节 斜拉桥 .....	17.89
第二节 悬索桥 .....	17.97
<b>第五章 墩台</b> .....	17.113
第一节 梁桥墩台 .....	17.113
第二节 拱桥墩台 .....	17.133
<b>第六章 桥梁养护、维修与加固</b> .....	17.144
第一节 一般规定 .....	17.144
第二节 桥梁检查与检验 .....	17.144
第三节 桥梁上部结构的养护、维修 .....	17.151
第四节 桥梁下部结构的养护、维修 .....	17.163
第五节 桥梁墩台基础的防护与加固 .....	17.166
第六节 桥梁上部结构的加固 .....	17.171
第七节 桥梁抗震加固措施 .....	17.178
<b>参考文献</b> .....	17.193





# 第一章 总论

## 第一节 桥位设计

### 一、桥位选择

在各类河段上,如峡谷性河段、变迁性河段、游荡性河段、沙滩性河段、冲积漫流性河段、水库地区、航运繁忙地区、城镇附近、泥石流地区、河网化地区、黄土高原地区、已有桥梁附近及各种管线桥附近等,对这些地区的桥位选择,应详细考虑其特殊性,除参照《公路桥位勘测设计规程》、《公路工程抗震设计规范》、《城市桥梁设计规范》有关规定外,一般要求如下:

① 桥位应尽量选在河床稳定、河道顺直、航道水深充足、流向稳定、水流条件良好的平顺河段。

② 桥位应远离险滩、弯道、汇流口或港口作业区及锚地的顺直河段上,其顺直长度在桥位上游,不宜小于顶推船队长度的4倍、拖带船队或拖排船队长度的3倍;在桥位下游不宜小于顶推船队长度的2倍、拖带船队或拖排船队长度的1.5倍。

③ 在通航河流,两桥轴线的间距,对I至V级航道不得小于船队长度加船队下水5min航程之和,对VI、VII级航道为3min,若不能保证,必须采取航行安全措施。

④ 桥位应尽可能选在覆盖层较薄、岩层面接近河床面或土质均匀坚实的地质良好地段。尽量避免在岩溶、滑坡、泥沼、盐渍土以及其他地质不良地段通过。

### 二、桥孔设计

#### (一) 桥孔长度

桥梁轴线与河流正交时,桥孔净长计算见表17-1-1。

表17-1-1 各类河段桥孔净长计算

峡谷性河段	稳定和次稳定河段	宽滩性河段	变迁性、游荡性河段		冲积、漫流河段
			能划分滩槽河段	不易划分滩槽河段	
一般按地形布孔,不作桥孔计算	$L_j = \frac{Q_p}{\beta q_c}$	$L_j = \frac{Q_p}{q_c} \times \frac{1}{1.19 \left( \frac{Q_c}{Q_t} \right)^{0.10}}$	$L_j = K_2 \left( \frac{Q_p}{Q_c} \right)^{1.3} \times h_c^{0.2} \bar{h}_c^{0.8}$	$L_j = \frac{B_0}{K_3^{1.37}}$	$L_j = \frac{B_0}{K_3^{1.37}}$

注:  $L_j$ ——桥孔净长(m);

$\bar{q}_c$ ——河槽平均单宽流量 [ $m^3/(s \cdot m)$ ];

$\bar{h}_c$ ——河槽平均水深(m);

$B_c$ ——河槽宽度(m);

$Q_t$ ——河滩流量( $m^3/s$ );

$K_3$ ——系数,压缩系数,为1.0~1.2;

$l$ ——河床坡度,以小数计;

$Q_p$ ——设计流量( $m^3/s$ );

$\beta$ ——水流压缩系数,  $\beta = K_1 (B_c / \bar{h}_c)^{0.06}$ ;

$K_1$ ——系数,稳定河段为1.0,次稳定河段为0.92;

$Q_c$ ——河槽流量( $m^3/s$ );

$K_2$ ——系数,游荡性河段为2.1~2.3,变迁性河段为1.7~2.0;

$B_0$ ——基本河槽宽度(m),  $B_0 = A \frac{Q_p^{0.5}}{\rho^{0.25}}$ ;

$A$ ——河段特性系数,一般为1.0~1.5,无滩宽浅河床1.5~3.0。

桥梁轴线与河流斜交时,桥孔净长计算见表 17-1-2。

表 17-1-2 桥梁与河流斜交时桥孔净长

类型	平面示意图	计算式
桥墩与水流平行		$L_j = L_1 \cdot \cos\alpha$
桥墩与水流斜交		$L_j = L_1 \cdot \cos\alpha - b_1 \cdot \sin\alpha$

注:  $L_1$ —有效跨径(m);  $L_j$ —桥孔净长(m);  $b_1$ —桥墩长度(m);  $\alpha$ —桥轴的垂线与水流方向的夹角。

(二) 桥面中心标高确定

1. 水位

设计水位  $H_p$ : 在设计断面(即桥位)上, 相应于设计流量的水位。

计算水位  $H_j$ : 
$$H_j = H_p + \Delta Z + h_b + \Delta h + h_i \quad (17-1-1)$$

式中  $\Delta Z = \eta(\bar{v}_q^2 - \bar{v}_{ch}^2)$  桥前壅水高度, 而桥下壅水高度  $= \frac{1}{2} \Delta Z$ ;

$\eta$ ——系数, 见表 17-1-3;

$\bar{v}_q$ ——通过设计流量时桥下平均流速(m/s)按表 17-1-4 采用;

表 17-1-3  $\eta$  值

序号	河滩路堤阻断流量 $Q_m$ 和设计流量 $Q_p$ 的比值(%)	$\eta$
1	< 10	0.05
2	11 ~ 30	0.07
3	31 ~ 50	0.10
4	> 50	0.15

表 17-1-4 桥下平均流速  $\bar{v}_q$

土壤种类	桥下平均流速 $\bar{v}_q$
松软土壤: 淤泥、细砂、中砂、松软的淤泥质砂粘土	$\bar{v}_q \approx \bar{v}_c$
中等密实土壤: 粗砂、砾石、小卵石、中等密实的砂粘土和粘土	$\bar{v}_q = \frac{1}{2} \left( \frac{Q_p}{W_q} + \bar{v}_c \right)$
密实土壤: 大卵石、大漂石、密实的粘土	$\bar{v}_q = \frac{Q_p}{W_q}$

注:  $\bar{v}_c$  为河槽平均流速(m/s);  $W_q$  为桥下的净过水面积(m<sup>2</sup>)。

$\bar{v}_{ch}$ ——未压缩水流的全断面平均流速(m/s),  $\bar{v}_{ch} = \frac{Q_{全部}}{W_{全部}}$ ;

$h_b$ ——波浪高度以调查的数据为主, 只计波浪全高的 2/3;

$\Delta h$ ——河湾水位超高  $\Delta h = \frac{\bar{v}_c^2 B}{2gR}$ ;

$\bar{v}_c$ ——河槽平均流速(m/s);

$B$ ——水面宽度(m);

$g$ ——重力加速度,  $g = 9.81(\text{m/s}^2)$ ;

$\bar{R}$ ——河湾两岸曲率的平均值;

$h_i$ ——流冰、流木、水拱、局部股流壅高(水拱与局部股流壅高不同时,取其大值)和河床淤积高等,只依靠调查和实测确定。

设计最高通航水位  $DHNWL$ : I 至 IV 级航道采用 5% 频率的洪水位; V 至 VI 级航道采用 10% 频率的洪水位。

设计最低通航水位  $DLNWL$ : 要具有一定的通航保证率(即以多年水位保证率曲线中高于设计最低通航水位的天数百分率来表示)。其通航保证率规定为: I 至 II 级航道为 97% ~ 99%、III 至 IV 级航道为 95% ~ 98%、V 至 VI 级航道为 90% ~ 95%。

## 2. 桥下净空

① 通航河流桥下净空(水上过河建筑物通航净空尺度)的规定见表 17-1-5 及图 17-1-1。

表 17-1-5 水上过河建筑物通航净空尺度

航道等级	天然及渠化河流(m)				限制性航道(m)			
	净高 $HM$	净宽 $BM$	上底宽 $b$	侧高 $h$	净高 $HM$	净宽 $BM$	上底宽 $b$	侧高 $h$
I - (1)	24	160	120	7.0				
I - (2)	18	125	95	7.0				
I - (3)		95	70	7.0				
I - (4)		85	65	8.0	18	130	100	7.0
II - (1)	18	105	80	6.0				
II - (2)		90	70	8.0				
II - (3)	10	50	40	6.0	10	65	50	6.0
III - (1)								
III - (2)	10	70	55	6.0				
III - (3)		60	45	6.0	10	85	65	6.0
III - (4)		40	30	6.0		50	40	6.0
IV - (1)	8	60	50	4.0				
IV - (2)	8	50	41	4.0	8	80	66	3.5
IV - (3)		35	29	5.0		45	37	4.0
V - (1)	8	46	38	4.0				
V - (2)		38	31	4.5	8	75 ~ 77	62	3.5
V - (3)	8.5	28 ~ 30	25	5.5 3.5	8.5	38	32	5.0, 3.5
VI - (1)					4.5	18 ~ 22	14 ~ 17	3.4

(续表)

航道等级	天然及渠化河流(m)				限制性航道(m)			
	净高 $HM$	净宽 $BM$	上底宽 $b$	侧高 $h$	净高 $HM$	净宽 $BM$	上底宽 $b$	侧高 $h$
VI-(2)	4.5	22	17	3.4				
VI-(3)	6	18	14	4.0	6	25~30	19	3.6
VI-(4)						28~30	21	3.4
VII-(1)	3.5	14	11	2.8	3.5	18	14	2.8
VII-(2)								
VII-(3)	4.5	18	14	2.8	4.5	25~30	19	2.8

注: 1. 在平原河网地区建桥遇特殊困难时,可按具体条件研究确定。

2. 桥墩(或墩柱)侧如有显著的紊流,则通航孔桥墩(或墩柱)间的净宽值应为本表的通航净宽加两侧紊流区的宽度。

3. 如不得已,水上建筑物建在航行条件较差或弯曲的河段上,其净宽应在表列数值基础上,根据船舶航行安全的需要,适当放宽。

表 17-1-6 非通航河流桥下净空规定

桥梁部位	高出计算水位以上(m)	高出流冰面以上(m)
梁底	0.50	0.75
支承垫石顶面	0.25	0.50
拱脚	0.25	0.25
木桥梁底	0.25	0.50

注: 1. 无铰拱的拱脚,允许被设计洪水淹没。淹没高度一般不超过拱圈矢高的三分之二,拱顶至计算水位的净高不小于 1m。

2. 表列最小净高与注 1 的净高,应同时根据河流的具体情况,分别考虑漂浮物和流冰阻塞的影响适当加高。

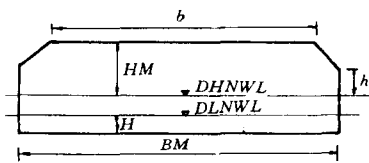


图 17-1-1 通航河流桥下净空

② 非通航河流桥下净空的规定见表 17-1-6。净跨跨径的大小,应根据水流平面形态特征、河床演变趋势、河段地形地质条件进行技术经济比较,予以确定。

在有流冰、流木的河段,应考虑流冰、流木主要从河槽桥孔通过。因此,河槽内桥孔净跨径不宜小于表 17-1-7 的规定。

### 3. 桥面中心标高

#### ① 不通航河段:

$$H_{qm} = H_j + \Delta h_j + \Delta h_D \quad (17-1-2)$$

式中  $H_{qm}$ ——桥面中心标高(m);

$H_j$ ——计算水位(m);

$\Delta h_j$ ——桥下净空高度(m)(见表 17-1-6);

$\Delta h_D$ ——桥梁上部构造建筑高度,包括桥面铺装高度(m)。

② 通航河段: 
$$H_{qm} = H_{DH} + HM + \Delta h_D \quad (17-1-3)$$

式中  $H_{DH}$ ——设计最高通航水位(m);

$HM$ ——通航净高(m),详见表 17-1-5。

表 17-1-7 流冰、流木河流上桥梁最小净跨

类 型		净 跨(m)		备 注
		主槽桥孔	边滩桥孔	
流 冰	微 弱	16	10	冰块小于 0.7m 厚 × 50m <sup>2</sup>
	中 等	20	13	冰块大于 0.7m 厚 × 50m <sup>2</sup>
	强 烈	40	30	冰块大于 1.0m 厚 × 110m <sup>2</sup>
流 木	中 等	流木长度加 1m		
	强 烈	流木长度加 2m		

注: 1. 本表应根据桥址附近调查资料校正。

2. 有冰塞或流木堵塞堆积的河流,桥跨要根据需要加大。

### 三、桥梁墩台冲刷

桥梁墩台的冲刷,包括自然演变冲刷、一般冲刷和局部冲刷三部分。在确定基础埋置深度时,对于这三部分冲刷深度,须根据桥位河段的具体情况,取其不利组合作为确定墩台基础埋置深度的依据。

冲刷的具体计算详见《公路桥位勘测设计规程》。

墩台基础标高的确定:总冲刷深度

$$h_s = h_p + h_b + \Delta h \quad (17-1-4)$$

式中  $h_s$ ——总冲刷深度(m);

$h_p$ ——桥下河槽一般冲刷深度(m);

$h_b$ ——桥墩局部冲刷深度(m);

$\Delta h$ ——自然冲刷深度(m)。

基础底面埋置深度应在最大冲刷以下不小于表 17-1-8 的规定。

表 17-1-8 基础底面最小埋置深度

净冲刷深度(m)		0	<3	-	≥8	≥15	≥20
		基础底面最小埋置深度(m)	一般桥梁	1.0	1.5	2.0	2.5
技术复杂、修复困难的特大桥	1.5		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0

注: 1. 净冲刷深度是自计算冲刷的河床面算起的冲刷总深度,即一般冲刷(减去水深)加局部冲刷深度。

2. 表列数字为墩台基底埋入净冲刷深度以下的最小限值,若计算流量、水位和原始断面资料无十分把握或河床变迁尚难获得准确资料时,安全值可适当加大。

3. 若桥址附近已有其他桥梁建筑物或是旧桥改建,应调查旧桥的历史冲刷资料,新桥墩台基础埋置深度,不应小于实测或调查的历史最大冲刷深度再加必要的安全值。

四、调治构造物

调治构造物分类和布设见表 17-1-9。

表 17-1-9 调治构造物的布设

类型	简图	说明
非封闭式导流堤		<p>非封闭式导流堤的平面形状一般为曲线形,当需要挑导水流时可采用直线形,但两端要带曲线</p> <p>1—泛滥线; 2—导流堤</p>
封闭式导流堤		<p>封闭式导流堤一般用于变迁性和冲积漫流性河段上;</p> <p>导流堤的上游为椭圆形,椭圆形的半长轴 <math>a</math> 与半短轴 <math>b</math> 之比 <math>K = a/b = 1.5 \sim 2.25</math>。</p> <p>1—泛滥线; 2—椭圆曲线; 3—丁坝; <math>L</math>—桥孔总长</p>
封闭式导流堤		<p>布置圆弧形曲线长堤时,应尽量减小堤身与集中股流交角,一般应小于 <math>20^\circ \sim 30^\circ</math>,使堤身曲线平顺,水流逐渐转向,流入桥孔。</p> <p>1—泛滥线; 2—直线(切于圆弧曲线); 3—圆弧曲线; <math>L</math>—桥孔总长</p>

(续表)

类 型	简 图	说 明
梨形堤		<p>当河滩引道阻断流量较小,流速不太大时,只在一岸布置梨形堤。</p> <p>1—河岸; 2—梨形堤</p>
		<p>在变迁性河段上,当岸坝不漫溢设计洪水和具有合适地形等条件时,亦可布置梨形堤。</p> <p>1—泛滥线; 2—封闭式堤; 3—梨形堤</p>
分水堤		<p>分水堤设在一河多桥的河段上。为避免水流直冲两桥间的路基,可结合水流,地形条件在各桥之间设置分水堤。</p> <p>1—分水堤; 2—封闭式堤; 3—梨形堤</p>
丁		<p>当引道路堤伸入河滩较多,为防止滩流对路堤的冲刷,在引道设置的丁坝端部应大致在上游导流堤端部与路堤和泛滥线交点相连接的一条直线上</p>
坝		<p>淹没式丁坝,常用于中水调治,对常年流水的河槽能起整治和稳定河岸的作用,一般布置为上挑式,其 <math>\alpha = 95^\circ \sim 105^\circ</math>;</p> <p>非淹没式丁坝,其顶高程略低于堤岸顶高程,一般布置为下挑式, <math>\alpha = 60^\circ \sim 75^\circ</math>,而正交丁坝 <math>\alpha = 90^\circ</math></p>



(续表)

类型	简图	说明
丁坝		<p>勾头丁坝是为了减少丁坝坝头冲刷,改善水流,起导流作用</p>
顺坝、格坝和锁坝		<p>顺坝用来束狭河床及引导水流向着指定的方向流动; 格坝与河岸垂直,当坝很长或河岸不平时,须修建几个格坝; 锁坝用来堵塞串沟或汉道以促进串沟或汉道的衰亡而加强主流</p>
		<p>某桥调治构造物平面图。 1—格坝; 2—顺坝; 3—锁坝; 4—丁坝; 5—非封闭式导流堤; 6—封闭式导流堤</p>

## 第二节 桥梁设计

### 一、净空与建筑限界

#### (一) 桥涵跨径

特大、大、中、小桥及涵洞按单孔跨径或多孔跨径总长划分,见表 17-1-10 所列。

表 17-1-10 桥梁涵洞按跨径分类

桥涵分类	多孔跨径总长 $L(m)$	单孔跨径 $L_0(m)$
特大桥	$L \geq 500$	$L_0 \geq 100$
大桥	$L \geq 100$	$L_0 \geq 40$
中桥	$30 < L < 100$	$20 \leq L_0 < 40$