

JTG

中华人民共和国行业推荐性标准

JTG/T D60-01—2004

公路桥梁抗风设计规范

Wind-resistant Design Specifications for Highway Bridge

2004-12-08 发布

2004-12-31 实施

中华人民共和国交通部发布

中华人民共和国行业推荐性标准

公路桥梁抗风设计规范

Wind-resistant Design Specifications for Highway Bridge

JTG/T D60-01—2004

主编单位：中交公路规划设计院

批准部门：中华人民共和国交通部

实施日期：2004年12月31日

人民交通出版社股份有限公司

图书在版编目 (CIP) 数据

公路桥梁抗风设计规范 : JTG/T D60-01—2004 / 中
交公路规划设计院主编. —北京 : 人民交通出版社股份
有限公司, 2017. 5

ISBN 978-7-114-13804-1

I. ①公… II. ①中… III. ①公路桥—桥梁工程—抗
风结构—结构设计—设计规范 IV. ①U448.142.5-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 094691 号

标准类型: 中华人民共和国行业推荐性标准

标准名称: 公路桥梁抗风设计规范

标准编号: JTG/T D60-01—2004

主编单位: 中交公路规划设计院

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 880×1230 1/16

印 张: 7

字 数: 149 千

版 次: 2017 年 5 月 第 1 版

印 次: 2017 年 5 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13804-1

定 价: 40.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书, 由本公司负责调换)

中华人民共和国交通部

公 告

第 31 号

关于发布《公路桥梁抗风设计规范》 (JTG/T D60-01—2004) 的公告

现发布公路工程行业推荐性标准《公路桥梁抗风设计规范》(JTG/T D60-01—2004), 自 2004 年 12 月 31 日起施行。

《公路桥梁抗风设计规范》(JTG/T D60-01—2004) 由中交公路规划设计院负责编制, 交通部授权中国工程建设标准化协会公路工程委员会负责规范的管理, 日常解释和管理工作中交公路规划设计院负责。

请各有关单位在实践中注意积累资料, 总结经验, 及时将发现的问题和修改意见函告中交公路规划设计院(地址: 北京市东四前炒面胡同 33 号, 邮政编码: 100010, 联系电话: 010—65237331), 以便修订时参考。

特此公告。

中华人民共和国交通部
二〇〇四年十二月八日

编制说明

本规范系根据中华人民共和国交通部《关于下达 1996 年度公路工程建设标准、规范、定额等编制、修订工作计划的通知》(交公路发[1996]1085 号文,项目编号:199606)的要求编制而成。

为编制本规范,1995 年中交公路规划设计院与同济大学联合编制并出版了《公路桥梁抗风设计指南》,开展了“全国公路桥涵设计风速图研究”、“斜拉桥扭转和竖向弯曲基频近似计算公式研究”、“缆索承重桥梁阻尼特性研究”、“典型桥梁断面气动特性参数风洞试验研究”、“桥梁颤振检验风速修正系数研究”和“桥梁抖振反应谱及等效风荷载研究”,系统总结了近 20 年来我国桥梁抗风研究和抗风设计的成果,学习和借鉴了欧洲规范、英国 BS5400 规范、美国公路桥梁设计规范、日本和丹麦的规范及其相关研究成果和工程实践经验,经过多次反复征求意见和修改,由交通部主管部门会同有关部门审查定稿,并由中国工程建设标准化协会公路工程委员会组织进行了总审校。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

主编单位:中交公路规划设计院

参编单位:同济大学

长安大学

主要起草人:项海帆(顾问)

鲍卫刚、陈艾荣、林志兴、刘健新

目次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	风速计算	6
3.1	基本风速	6
3.2	设计基准风速	6
3.3	施工阶段的设计风速	9
4	风荷载	10
4.1	一般规定	10
4.2	静阵风风速	10
4.3	主梁上的静阵风荷载	11
4.4	墩、塔、吊杆、斜拉索和主缆上的风荷载	12
4.5	施工阶段的风荷载	14
5	桥梁的动力特性	15
5.1	一般规定	15
5.2	斜拉桥的基频估算	15
5.3	悬索桥的基频估算	16
5.4	桥梁结构的阻尼比	17
6	抗风稳定性验算	18
6.1	静力稳定性验算	18
6.2	驰振稳定性验算	19
6.3	颤振稳定性验算	20
6.4	施工阶段的抗风稳定性检验	22
7	风致限幅振动	23
7.1	抖振	23
7.2	涡激共振	23
7.3	拉索振动	25
8	风致振动控制	26
8.1	一般规定	26

8.2	主梁	26
8.3	桥塔和高墩	26
8.4	拉索和吊杆	27
9	风洞试验	28
附录 A	全国基本风速值和基本风速分布图	29
附录 B	风洞试验要求	46
B.1	一般规定	46
B.2	静力三分力试验	48
B.3	节段模型试验	48
B.4	桥塔模型试验	49
B.5	全桥气动弹性模型试验	50
	本规范用词用语说明	51
附件	公路桥梁抗风设计规范(JTG/T D60-01—2004)条文说明	53

1 总 则

1.0.1 为使桥梁特别是大跨、轻柔桥梁结构的抗风设计做到安全可靠、技术先进、经济合理,特编制本规范。

1.0.2 本规范适用于主跨跨径 800m 以下的斜拉桥和主跨跨径 1500m 以下的悬索桥,其他桥型结构的抗风设计可参照执行。

1.0.3 抗风设计应遵守如下原则:

1 在桥梁设计的使用年限内,在桥位所在区域可能出现的最大风速下,结构不应发生破坏性的自激发散振动。

2 在设计风荷载并与其他作用的组合下,结构应具有规定的强度和刚度,并不应发生静力失稳。

3 结构非破坏性风致振动的振幅应满足行车安全、结构疲劳和行车舒适度的要求。

4 结构的抗风能力可通过气动措施、结构措施和机械措施予以提高。

1.0.4 风洞试验是进行桥梁结构抗风设计的重要手段。

1.0.5 公路桥梁的抗风设计除应符合本规范的要求外,尚应符合国家有关强制性标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 基本风速 basic wind speed

开阔平坦地貌条件下,地面以上 10m 高度处,100 年重现期的 10min 平均年最大风速。

2.1.2 设计基准风速 design standard wind speed

在基本风速基础上,考虑局部地表粗糙度影响,桥梁结构或结构构件基准高度处 100 年重现期的 10min 平均年最大风速。

2.1.3 风攻角(迎角) wind attack angle

风的主流方向与水平面产生的夹角。

2.1.4 阵风系数 gust factor

反映时距为 1~3 s 的瞬时风速与 10min 平均风速的关系系数。

2.1.5 静阵风系数 static gust factor

考虑地表粗糙度、风荷载加载长度和结构构件离地面高度等因素的阵风系数。

2.1.6 阵风荷载 gust load

基于阵风风速的风荷载。

2.1.7 地表粗糙度 terrain roughness

反映大气边界层中地表起伏或地物高矮稀密的程度。

2.1.8 空气静力系数 aerostatic factor

表征在风的静气动力作用下,结构断面受力大小的无量纲系数。

2.1.9 静力扭转发散 aerostatic torsional divergence

在风的静力扭转力矩作用下,当风速达到临界值时,桥梁主梁扭转变形的附加攻角所产生的空气力矩增量超过了结构抵抗力矩的增量,而出现扭转角不断增大的失稳现象。

2.1.10 静力横向屈曲 aerostatic lateral buckling

横向静风荷载值超过桥梁主梁横向屈曲临界荷载值时出现的失稳现象。

2.1.11 颤振 flutter

振动的桥梁通过气流的反馈作用不断吸取能量,振幅逐步增大直至使结构破坏的分散性自激振动。

2.1.12 驰振 galloping

振动的桥梁从气流中不断吸取能量,使非扁平截面的细长钝体结构的振幅逐步增大的发散性弯曲自激振动。

2.1.13 涡激共振 vortex resonance

气流绕经钝体结构时产生旋涡脱落,当旋涡脱落频率与结构的自振频率接近或相等时,由涡激力所激发出的结构共振现象。

2.1.14 抖振 buffeting

风的紊流成分所激发的结构随机振动,也称为紊流风响应。

2.1.15 颤振检验风速 flutter checking wind speed

检验桥梁避免发生颤振的风速。

2.1.16 驰振检验风速 galloping checking wind speed

检验桥梁避免发生驰振的风速。

2.1.17 静力三分力 aerostatic force

气流绕过桥梁结构所产生的静力作用力的三个分量,即阻力、升力和扭转力矩。

2.1.18 节段模型试验 sectional model testing

将桥梁结构构件的代表性节段做成刚性模型,在风洞中测定其静力三分力或非定常气动力作用的试验。

2.1.19 全桥气动弹性模型试验 full aeroelastic model testing

将桥梁结构按一定几何缩尺并满足各种必要的空气动力学相似条件制成的弹性三维空间模型,在风洞中观测其在均匀流及紊流风场中各种风致效应的试验。

2.1.20 风振控制 wind-induced vibration control

为避免出现发散性风致振动或过大的限幅振动所采取的气动措施、结构措施或机械措施。

2.1.21 调质阻尼器 tuned mass damper

由质量块、弹簧和阻尼元件组成的动力减振装置。

2.2 符号

B ——主梁全宽；

H ——主梁高度；

f ——频率；

F_p ——单位长度上的风荷载；

F_g ——单位长度上的阵风荷载；

F_H ——横方向单位长度上的风荷载；

F_V ——竖方向单位长度上的风荷载；

G_V ——静阵风系数；

I_f ——颤振稳定性指数；

I_x 、 I_y ——截面的主形心轴惯性矩；

I_d ——截面的自由扭转惯性矩；

I_w ——截面约束扭转的主扇性惯性矩；

K ——弹簧常数（刚度系数）；

K_1 ——由基本风速推算设计基准风速的无量纲修正系数；

M ——空气静力扭转力矩；结构总质量；

m ——结构单位长度质量；

n ——风的频率；

q ——风动压；

r ——截面惯性半径；

T ——振动周期；

V_{10} ——基本风速；

V_{s10} ——设计风速；

V_d ——设计基准风速；

V_g ——阵风风速；

V_Z ——距地面（或水面）高度 Z 处的风速；

V_{cr} ——颤振临界风速；

V_{cg} ——驰振临界风速；

V_{cv} ——涡激共振发生风速；

V_{co} ——平板的颤振临界风速；

α ——地表粗糙度系数；风的攻角；

δ ——对数衰减率；

ζ_s ——结构的阻尼比；

η_s ——非平板主梁截面的颤振临界风速形状无量纲修正系数；

η_α ——非 0° 攻角下相对 0° 攻角的颤振临界风速的无量纲修正系数；

μ ——结构物与空气的密度比；

μ_f ——考虑风速的脉动影响及水平相关特性的修正系数；

ρ ——空气密度；

z_0 ——地表粗糙高度。

3 风速计算

3.1 基本风速

3.1.1 当桥梁所在地区的气象台站具有足够的连续风速观测数据时,可采用当地气象台站年最大风速的概率分布类型,由 10min 平均年最大风速推算 100 年重现期的数学期望值作为基本风速。

3.1.2 当桥梁所在地区缺乏风速观测资料时,基本风速可由附录 A 的全国基本风速分布图或附表 A“全国各气象台站的基本风速值”选取。

3.2 设计基准风速

3.2.1 风速沿垂直高度方向的分布可按下述公式计算:

$$V_{Z_2} = \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right)^\alpha \cdot V_{Z_1} \quad (3.2.1)$$

式中 V_{Z_2} ——地面以上高度 Z_2 处的风速(m/s);

V_{Z_1} ——地面以上高度 Z_1 处的风速(m/s);

α ——地表粗糙度系数,可按表 3.2.2 取用。

3.2.2 地表粗糙度系数可按图 3.2.2 和表 3.2.2 的规定取用。

表 3.2.2 地表分类

地表类别	地表状况	地表粗糙度系数 α	粗糙高度 z_0 (m)
A	海面、海岸、开阔水面、沙漠	0.12	0.01
B	田野、乡村、丛林、平坦开阔地及低层建筑物稀少地区	0.16	0.05
C	树木及低层建筑物等密集地区、中高层建筑物稀少地区、平缓的丘陵地	0.22	0.3
D	中高层建筑物密集地区、起伏较大的丘陵地	0.30	1.0

当所考虑范围内存在两种粗糙度相差较大的地表类别时,地表粗糙度系数可取两者

的平均值;当所考虑范围内存在两种相近类别时,可按较小者取用;当桥梁上下游侧地表类别不同时,可按较小一侧取值。

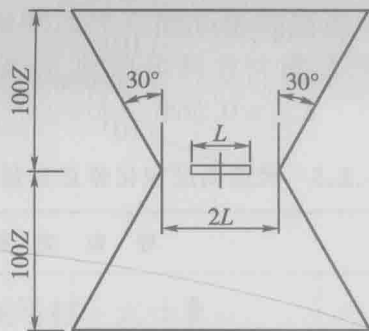


图 3.2.2 确定地表粗糙度系数的影响范围

3.2.3 桥梁各构件基准高度可按表 3.2.3 取用。

表 3.2.3 基准高度

桥型		悬索桥、斜拉桥	其他桥型
基准高度(m)	主梁	主跨桥面距水面或地表面或海面的平均高度(河流以平均水位,即一年中有半年不低于该水位的水面为基准面,海面以平均海面或平均潮位为基准面)	取下列二条中的较大值: ①支点平均高度 + (桥面最大标高 - 支点平均标高) × 0.8; ②桥梁设计高度
	吊杆、索、缆	跨中主梁底面到塔顶的平均高度处	
	桥塔(墩)	水面或地面以上塔(墩)高 65% 高度处	

3.2.4 桥梁构件基准高度处的设计基准风速可按下述公式计算:

$$V_d = K_1 V_{10} \tag{3.2.4-1}$$

或

$$V_d = V_{s10} \left(\frac{Z}{10} \right)^\alpha \tag{3.2.4-2}$$

式中 V_d ——设计基准风速(m/s);

V_{10} ——基本风速(m/s);

V_{s10} ——桥址处的设计风速,即地面或水面以上 10m 高度处,100 年重现期的 10min 平均年最大风速(m/s);

Z ——构件基准高度(m);

K_1 ——风速高度变化修正系数,可按本规范第 3.2.5 条规定取用。

3.2.5 风速高度变化修正系数可按下列公式计算,或按表 3.2.5 规定取用。

$$K_{1A} = 1.174 \left(\frac{Z}{10} \right)^{0.12} \tag{3.2.5-1}$$

$$K_{1B} = 1.0 \left(\frac{Z}{10} \right)^{0.16} \quad (3.2.5-2)$$

$$K_{1C} = 0.785 \left(\frac{Z}{10} \right)^{0.22} \quad (3.2.5-3)$$

$$K_{1D} = 0.564 \left(\frac{Z}{10} \right)^{0.30} \quad (3.2.5-4)$$

表 3.2.5 风速高度变化修正系数 K_1

离地面或水面高度 (m)	地 表 类 别			
	A	B	C	D
5	1.08	1.00	0.86	0.79
10	1.17	1.00	0.86	0.79
15	1.23	1.07	0.86	0.79
20	1.28	1.12	0.92	0.79
30	1.34	1.19	1.00	0.85
40	1.39	1.25	1.06	0.85
50	1.42	1.29	1.12	0.91
60	1.46	1.33	1.16	0.96
70	1.48	1.36	1.20	1.01
80	1.51	1.40	1.24	1.05
90	1.53	1.42	1.27	1.09
100	1.55	1.45	1.30	1.13
150	1.62	1.54	1.42	1.27
200	1.73	1.62	1.52	1.39
250	1.73	1.67	1.59	1.48
300	1.77	1.72	1.66	1.57
350	1.77	1.77	1.71	1.64
400	1.77	1.77	1.77	1.71
≥450	1.77	1.77	1.77	1.77

3.2.6 当桥址处风速观测数据不充分或当桥址所在地区的气象台站与桥址相距较远且与附近气象台站的地形地貌相差较大时,宜设立桥址风速观测站,并可利用桥位处与附近气象台站的风速观测数据的相关性推算桥址处的设计风速 V_{s10} ,再由本规范式(3.2.4-2)计

算设计基准风速 V_d 。

3.2.7 当桥梁跨越较窄的海峡或峡谷等不易确定地表类别的特殊地形时,可通过模拟地形的风洞试验、实地风速观测、数值风洞方法或其他可靠方法确定桥梁设计基准风速。

3.3 施工阶段的设计风速

3.3.1 施工阶段的设计风速可按下式计算:

$$V_{sd} = \eta V_d \quad (3.3.1)$$

式中 V_{sd} ——不同重现期下的设计风速(m/s);

η ——风速重现期系数,可按表 3.3.1 选用。

表 3.3.1 风速重现期系数

重现期(年)	5	10	20	30	50	100
η	0.78	0.84	0.88	0.92	0.95	1

3.3.2 当桥梁地表以上结构的施工期少于 3 年时,可采用不低于 5 年重现期的风速;当施工期多于 3 年或桥梁位于台风多发地区时,可根据实际情况适度提高风速重现期系数值。

4 风荷载

4.1 一般规定

4.1.1 作用于桥梁上的风荷载由平均风作用、脉动风的背景作用及结构惯性动力作用叠加而成。风的静力作用的风荷载可按本章规定的静阵风荷载计算。

4.1.2 风荷载参与永久作用和其他可变作用的作用效应组合应按《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 的规定执行。

4.1.3 当风荷载参与汽车荷载组合时,桥面高度处的风速 V_Z 可取为 25m/s。

4.2 静阵风风速

4.2.1 静阵风风速可按下式计算:

$$V_g = G_v V_Z \quad (4.2.1)$$

式中 V_g ——静阵风风速(m/s);

G_v ——静阵风系数,可按表 4.2.1 取值;

V_Z ——基准高度 Z 处的风速(m/s)。

表 4.2.1 静阵风系数 G_v

地表类别 \ 水平加载长度(m)	水平加载长度(m)											
	< 20	60	100	200	300	400	500	650	800	1000	1200	> 1500
A	1.29	1.28	1.26	1.24	1.23	1.22	1.21	1.20	1.19	1.18	1.17	1.16
B	1.35	1.33	1.31	1.29	1.27	1.26	1.25	1.24	1.23	1.22	1.21	1.20
C	1.49	1.48	1.45	1.41	1.39	1.37	1.36	1.34	1.33	1.31	1.30	1.29
D	1.56	1.54	1.51	1.47	1.44	1.42	1.41	1.39	1.37	1.35	1.34	1.32

注:(1)成桥状态下,水平加载长度为主桥全长。

(2)桥塔自立阶段的静阵风系数按水平加载长度小于 20m 选取。

(3)悬臂施工中的桥梁的静阵风系数按水平加载长度为该施工状态已拼装主梁的长度选取。