

# 风雨共同作用下斜拉桥纵桥向反应特性研究

李宏男<sup>1,2</sup>,徐良<sup>1</sup>

(1. 沈阳建筑大学土木工程学院, 辽宁 沈阳 110168; 2. 大连理工大学土木工程学院, 辽宁 大连 116024)

**摘要** 目的 研究强/台风雨对斜拉桥结构纵桥向反应特性的影响. 方法 应用谐波叠加法模拟风荷载时程曲线, 以此为基础, 提出斜拉桥雨荷载计算方法. 利用 Midas Civil 建立斜拉桥空间有限元模型, 对其自振特性进行分析, 采用单独风荷载作用及风雨共同作用对全桥纵桥向进行动力响应分析. 结果 主梁沿顺风向发生“漂浮”; 考虑雨荷载影响后, 主梁竖向位移、竖向加速度、索塔塔顶加速度和梁端加速度的最大增量分别约为 11%、10%、10% 和 13%. 并且随着风级的增加, 雨荷载的影响程度呈减小的趋势. 结论 考虑雨荷载影响后, 主梁竖向位移和加速度、主梁梁端水平加速度和索塔塔顶加速度均有不同程度的增加. 在桥梁设计时, 应该考虑雨荷载对桥梁结构的不利影响.

**关键词** 斜拉桥; 风荷载; 雨荷载; 纵桥向; 时程分析

中图分类号 TU31; U448.27

文献标志码 A

## Study on the Reaction Characteristics of Longitudinal Cable-stayed Bridge under the Combined Loads of Wind and Rain

LI Hongnan<sup>1,2</sup>, XU Liang<sup>1</sup>

(1. School of Civil Engineering, Shenyang Jianzhu University, Shenyang, China, 110168; 2. School of Civil Engineering, Dalian University of Technology, Dalian, China, 116024)

**Abstract:** The purpose of this paper is to study the effect of strong wind / typhoon and rain on the longitudinal bridge response characteristics of a cable-stayed bridge. In this paper, the wind load time-history curve is simulated by the harmonic superposition method. Based on this, the rain load calculation method is proposed. A three-dimensional model of cable-stayed bridge was established by using finite element software Midas Civil. Analyzing the self-vibration characteristics and applying the longitudinal bridge single wind load and the combination of wind load and rain load on the full bridge. The results show that the main girders are “floating” along the wind direction; Considering the influence of rain load, the maximum increase of vertical displacement of main girder, vertical acceleration of main girder, acceleration of main girder and top acceleration of tower top is about 11%, 10%, 10% and 13% respectively. And as the scale increases, the influence of rain load

收稿日期: 2017-10-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(51421064)

作者简介: 李宏男(1957—), 男, 教授, 博士, 主要从事工程结构抗震、抗风、健康监测与诊断方面研究.

decreased. After considering the effects of rain load, the vertical displacement and vertical acceleration of main girder, the longitudinal bridge acceleration at the end of girder; the longitudinal bridge acceleration at the top of the tower are improved. In the design of the bridge, the adverse effects of the rain load on the bridge structure should be considered.

**Key words:** cable-stayed bridge; wind load; rain load; longitudinal bridge; time domain analysis

随着我国城市发展和现代化进程的推进,桥梁的建设逐渐由内陆地区转向东南沿海地区,出现了许多跨海连岛工程.受当地海洋性气候影响,桥梁结构时常遭受台风和暴雨的侵袭,而目前针对大跨度桥梁在抗风方面的研究还仅仅局限于来流风场或紊流风场<sup>[1]</sup>,而极少考虑雨荷载的影响.因此,在研究大跨度桥梁的风致作用特性时,不仅要建立风荷载的相关理论研究和结构计算,还要考虑雨荷载的作用.

目前对于斜拉桥体系的抗风雨研究还处于初期发展阶段,李宏男等<sup>[2]</sup>对大跨度斜拉桥横桥向进行风雨共同作用下反应特性研究,发现考虑雨荷载的影响后,主梁和索塔加速度值、位移值和剪力值均有不同程度的提高.同济大学赵林等<sup>[3]</sup>通过在风雨耦合环境下对结构体系进行分析和试验研究,发现降雨会影响模型的定常气动力,但并未得到降雨对主梁风致作用的影响.顾明等<sup>[4]</sup>通过试验研究了风雨共同作用下平板模型的气动导数,研究表明,桥梁结构在风雨共同作用下和风单独作用下的气动导数有一定差异,对桥梁的风致作用影响较大.欧进萍等<sup>[5]</sup>通过对某大跨度悬索桥进行风雨共同作用下加劲梁的抖振作用分析,得出了强风雨作用下雨滴的冲击力对加劲梁起到了较显著的影响.李永乐等<sup>[6]</sup>认为在“毛毛雨”作用下拉索易发生风雨振,而过大雨量则会抑制其效应.Blocken等<sup>[7]</sup>通过对垂直向雨强、水平向雨强、风速、风向等参数进行观测,并对其相互关系进行了研究.

目前针对雨荷载对桥梁作用的研究较少,基于此,笔者利用文献<sup>[8]</sup>提出的雨荷载计算方法,通过风单独作用及风雨共同作用

来说明风雨荷载对大跨度斜拉桥纵桥向的影响.结果表明,考虑雨荷载影响后,斜拉桥主梁竖桥向加速度、位移,梁端纵桥向加速度和索塔塔顶加速度均有不同程度的增加,结果可供研究及工程应用参考.

## 1 斜拉桥模型及自振特性分析

### 1.1 斜拉桥工程概况及模型建立

港珠澳大桥中斜拉桥主跨 458 m,是双塔斜拉桥.主梁采用钢箱梁,梁高 4.5 m,全宽 41.8 m.索塔采用门型框架塔,总高 163 m,塔柱为钢筋混凝土构件,索塔上连接系采用中国结造型剪刀撑.全桥共 56 对斜拉索,呈扇形分布,采用空间双索面,最长的约为 249 m,顺桥向间距 15 m<sup>[9]</sup>.笔者利用有限元软件 Midas 建立斜拉桥的三维有限元模型,全桥共 2 635 个节点,主梁、索塔、过渡墩、辅助墩、承台、基础采用梁单元,斜拉索采用桁架单元.取顺桥向为  $X$  方向,横桥向为  $Y$  方向,竖桥向为  $Z$  方向.计算模型如图 1 所示.

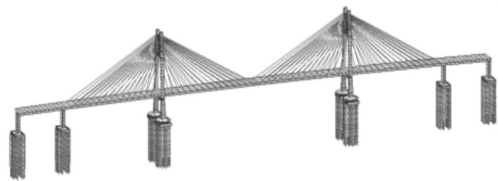


图1 斜拉桥空间有限元模型

**Fig. 1** The three dimensional finite element model of cable-stayed bridge

### 1.2 自振特性分析

笔者应用 Ritz 向量迭代法对斜拉桥结构进行模态分析,得到结构的各阶自振频率和阵型图.表 1 给出了前 5 阶模态的周期、频率和振型特征.

表1 斜拉桥自振频率和阵型特征  
Table 1 The natural frequency and formation characteristics of the cable-stayed bridge

阶次	周期/s	主要振型特征
1	11.56	主梁纵漂+索塔反对称纵弯
2	4.12	主梁一阶对称竖弯+索塔对称纵弯
3	2.85	主梁一阶反对称竖弯+索塔反对称纵弯
4	2.13	主梁一阶对称横弯
5	2.00	索塔一阶反对称侧弯

通过表1可知,该斜拉桥基本周期为

11.56 s,主要振型特征为主梁的纵向漂浮和索塔反对称纵弯,主梁的“漂浮”振动特性使得该斜拉桥结构自振周期长、抗风性能好,在纵向风荷载的作用下,具有较大优势.第二阶振型特征和第三阶振型特征主要为主梁的竖弯和索塔的纵弯.第四阶和第五阶振型分别为主梁的一阶对称横弯和索塔的侧弯振型,说明主梁的横向刚度和索塔的侧向刚度较小,在设计中应予以重视.前5阶自振振型如图2所示.

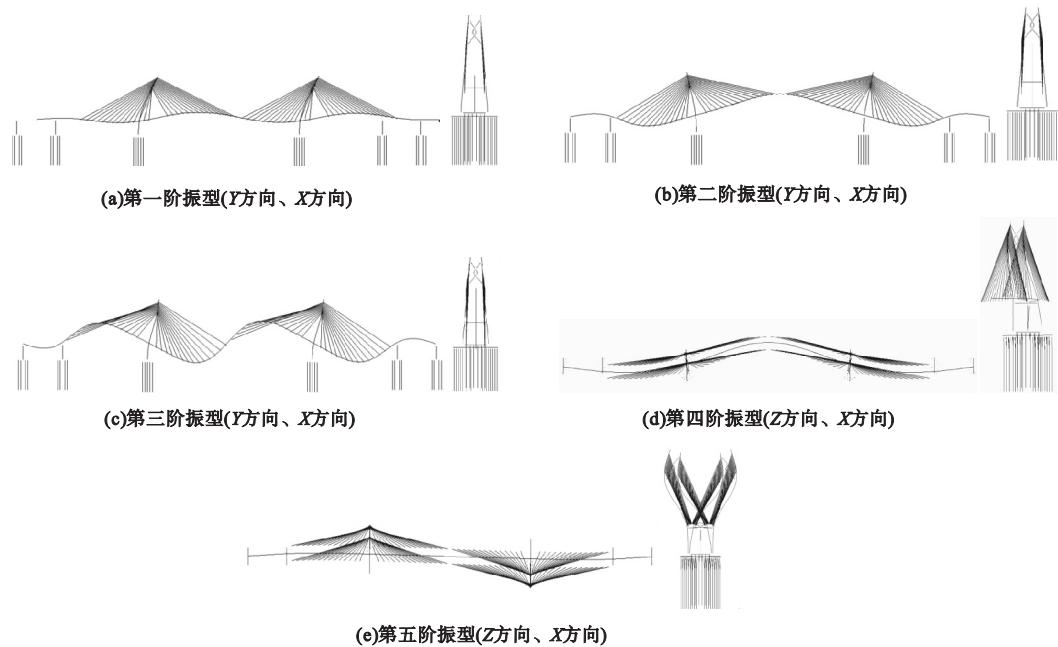


图2 斜拉桥前五阶振型  
Fig. 2 The first five mode shape of the cable-stayed bridge

2 风雨荷载时程模拟

2.1 风荷载

已有研究表明,顺风向时程曲线中风速分为两类<sup>[10]</sup>:一类是长周期部分,数值一般在10 min 以上,远远大于结构的自振周期,其作用效果近似为静力性质,称为平均风;另一部分是短周期部分,其值一般只有几秒或十几秒,与结构的自振周期较接近,作用效果近似为动力性质,称为脉动风.文中脉动风速谱采用 Davenport 谱<sup>[11-12]</sup>,谱密度按式(1)计算:

$$S_v(f) = 4KV_{10} \frac{X^2}{f(1 + X^2)^{4/3}} \tag{1}$$

式中: $X = \frac{1}{V_{10}} \frac{200f}{V_{10}}$ ,其中  $f$  为频率,Hz; $K$  为表面阻力系数; $V_{10}$  为标准高度为 10 m 处的平均风速.

通过谐波叠加法得到脉动风速时程曲线,并生成风荷载时程曲线<sup>[13]</sup>.表面阻力系数  $K=0.001\ 29$ ,地面粗糙度系数  $\varphi=0.12$ ,时程总长  $t=300\text{ s}$ ,时间步长  $\Delta t=0.1\text{ s}$ ,截止频率  $\omega=5\text{ Hz}$ ,频率范围等分数  $N=1\ 024$ ,10 m 高度处平均风速  $V_{10}$  选取 3 个等级,分别为 20.7 m/s (8 级风)、28.4 m/s (10 级风)、36.9 m/s (12 级风).通过数值模拟得到主跨跨中和索塔塔顶的脉动风速时程曲线 ( $V_{10}=36.9\text{ m/s}$ ) 如图 3 所示.

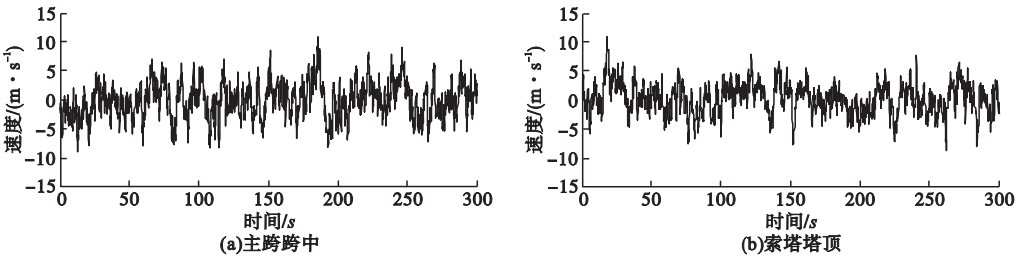


图3 主跨跨中和索塔塔顶脉动风速时程曲线

Fig. 3 Pulsating wind speed time-history curves of the mid-span and the tower-top

图4给出了主跨跨中和索塔塔顶模拟功率谱与目标功率谱的比较,从图中可以发现,模拟功率谱的谱线走向、总体趋势皆与目标谱曲线是一致的,表明了该数值模拟方法的合理性.

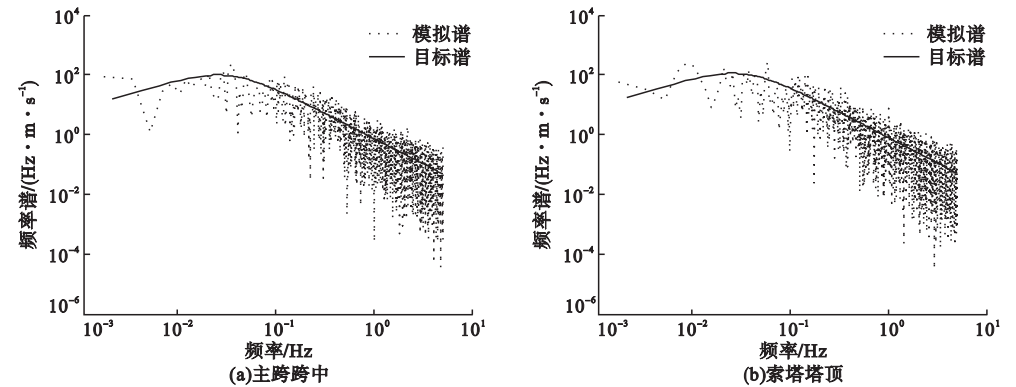


图4 脉动风模拟风谱与目标谱比较

Fig. 4 Comparison of pulsating wind spectrum and target wind spectrum

主梁顺桥向风荷载宜按照风和主梁表面之间产生的摩擦力进行计算,具体按式(2)进行计算<sup>[14]</sup>:

$$F = \frac{C_f V_i^2 S L}{1.6}.$$

(2)

式中: $F$ 为风与主梁表面之间的摩擦力; $C_f$ 为摩擦系数,取0.01; $S$ 为主梁周长, $L$ 为顺桥向长度.

在纵桥向风作用下斜拉索上的风荷载按式(3)计算<sup>[14]</sup>:

$$F_t = \frac{C_H D V_t^2 \sin^2 \beta}{1.6}.$$

(3)

式中: $F_t$ 为斜拉索纵桥向的风荷载; $C_H$ 为阻力系数,根据文献[14]进行取值; $D$ 为斜拉索直径; $\beta$ 为斜拉索的倾角.

2.2 雨荷载

根据文献[2]提出的以每小时降雨量 $I$ 作

为划分标准,将降雨等级划分如表2所示.考虑到小雨到大雨等级降雨所产生的荷载对斜拉桥作用较小,故仅考虑暴雨等级以上分类结果.

表2 降雨等级分类

Table 2 Grade of rain intensity mm/h			
暴雨降雨量	大暴雨降雨量		
	弱	中	强
32	64	100	200

雨滴在重力场作用下,下落速度不断增加,当重力与空气阻力达到平衡时,雨滴开始匀速下降,此时的速度即水滴的末速度 $V_m$ .文献[15-16]通过大量的数值模拟计算及实地观测,得出末速度 $V_m$ 计算公式如下:

$$V_m = 10^6 \left( \frac{0.787}{D^2} + \frac{503}{\sqrt{D}} \right)^{-1},$$

$$D < 1.0 \text{ mm.}$$

(4)

$$V_m = (17.2 - 0.844D) \sqrt{0.1D},$$
$$1.0\text{ mm} < D < 3.0\text{ mm}.$$
(5)

$$V_m = \frac{D}{0.113 + 0.0845D},$$
$$3.0\text{ mm} < D < 6.0\text{ mm}.$$
(6)

式中: $D$  为雨滴直径.

由于降雨地区、降雨季节等差异,单位体积内不同直径的雨滴数量存在差异,即雨滴谱不同.而雨滴谱一般服从负指数分布,工程中使用广泛的是马歇尔-帕尔默指数分布<sup>[17]</sup>,即:

$$n(D) = n_0 \exp(-\Lambda D).$$
(7)

式中: $n_0 = 8 \times 10^3 \text{ 个} \cdot \text{mm}^{-3} \cdot \text{mm}^{-1}$ ;  $\Lambda$  为斜率因子,取  $\Lambda = 4.1I^{-0.21}$ .

根据雨滴谱分布可求得雨滴直径在 $[d_1, d_2]$ 取值时,单位体积内雨滴的个数:

$$N = \int_{d_1}^{d_2} n(r) dr.$$
(8)

根据文献[8],假设雨滴在与斜拉桥碰撞后,在极短时间内速度变为0,这是一个动量变化过程,根据动量定理可得:

$$\int_0^\tau f(t) dt + \int_{V_s}^0 m dv = 0.$$
(9)

式中: $f(t)$  为单个雨滴撞击力矢量; $v$  为雨滴速度矢量.

雨滴在时间 $\tau$  内对结构的撞击力 $F(\tau)$  为

$$F(\tau) = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau f(t) dt = \frac{mV_s}{\tau}.$$
(10)

假设雨滴下落时为一球体,即  $m = \frac{1}{6} \rho \pi D^3$ ,那么

$$F(\tau) = \frac{mV_s}{\tau} = \frac{1}{6\tau} \rho \pi D^3 V_s.$$
(11)

式(11)给出了单个雨滴的冲击力.要将其作用在斜拉桥模型上,需要先转化为面荷载:

$$F_d = \frac{\alpha F(\tau)}{A}.$$
(12)

式中: $F(\tau)$  为单个雨滴冲击力; $A$  为单个雨滴作用面积,即  $A = \frac{1}{4} \pi D^2$ ;  $\tau$  为作用时间,取

$$\tau = \frac{D}{2V_s}; \alpha \text{ 为降雨在空气中的占有率,则 } \alpha = \frac{1}{6} \pi D^3 N.$$

笔者只研究斜拉桥纵桥向风雨荷载作用, $V_s$  取纵桥向风速.受自重和风速的影响,雨滴下落过程中存在一定的角度,故计算桥面上雨荷载时,应取其竖直向近似等效面积<sup>[2]</sup>.

通过分析,得到不同风速、不同雨强下各模拟点处的雨荷载.图5给出了  $V_{10} = 36.9 \text{ m/s}$ ,  $I = 200 \text{ mm/h}$  时主跨跨中和索塔塔顶降雨压强时程曲线.

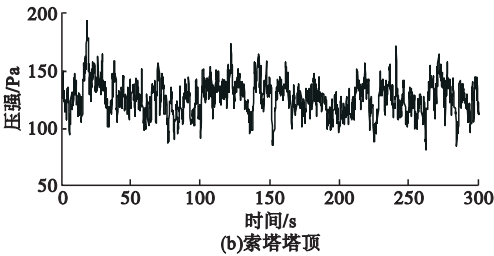
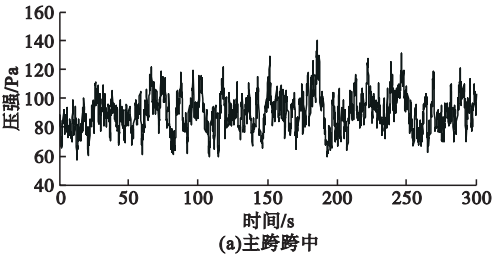


图5 主跨跨中和索塔塔顶雨压强时程曲线

Fig. 5 Rain pressure time-history curves of the mid-span and the tower-top

3 模拟结果及分析

根据以上风雨荷载的计算方法,笔者对斜拉桥纵桥向进行了风单独作用和风雨共同作用下的动力响应分析.选取主梁竖向位移

极大值、主梁竖向加速度值、索塔塔顶加速度值和主梁端加速度值作为研究变量.结果见表3、表4、表5和表6,相应节点时程曲线如图6、图7、图8和图9所示.

表 3 主梁竖向位移极大值

Table 3 The maximum vertical displacement of main beam

风级	位移极大值/m					增大量/%				
	风	风 + 雨 (暴雨)	风 + 雨(大暴雨)			风 (暴雨)	风 + 雨(大暴雨)			
			弱	中	强		弱	中	强	
8 级	0.015 10	0.015 57	0.015 81	0.016 12	0.016 75	—	3.11	4.70	6.75	10.93
10 级	0.028 13	0.028 90	0.029 28	0.029 76	0.030 75	—	2.74	4.09	5.79	9.31
12 级	0.046 68	0.047 80	0.048 34	0.049 04	0.050 21	—	2.40	3.56	5.06	7.56

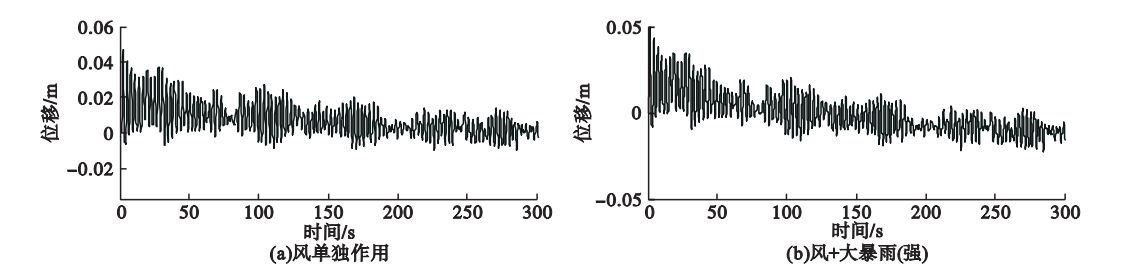


图 6 主梁竖向位移时程曲线

Fig. 6 The vertical displacement time-history curves of the main beam

表 4 主梁竖向加速度均方根

Table 4 The root mean square of vertical acceleration of main beam

风级	加速度均方根/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ )					增大量/%				
	风	风 + 雨 (暴雨)	风 + 雨(大暴雨)			风 (暴雨)	风 + 雨(大暴雨)			
			弱	中	强		弱	中	强	
8 级	0.013 33	0.013 70	0.013 88	0.014 13	0.014 62	—	2.78	4.13	6.00	9.68
10 级	0.025 89	0.026 33	0.026 68	0.026 97	0.027 39	—	1.70	3.05	4.17	5.79
12 级	0.041 75	0.042 11	0.042 25	0.042 42	0.042 70	—	0.86	1.20	1.60	2.28

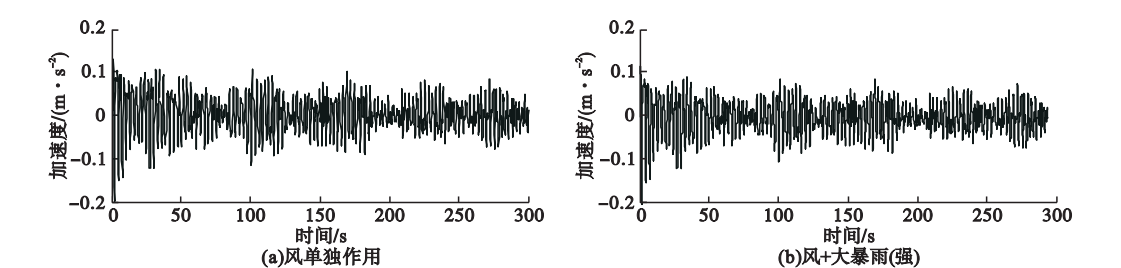


图 7 主梁竖向加速度时程曲线

Fig. 7 The vertical acceleration time-history curves of the main beam

表 5 索塔塔顶加速度均方根

Table 5 The root mean square of acceleration of tower-top

风级	加速度均方根/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ )					增大量/%				
	风	风 + 雨 (暴雨)	风 + 雨(大暴雨)			风 (暴雨)	风 + 雨(大暴雨)			
			弱	中	强		弱	中	强	
8 级	0.010 47	0.010 87	0.010 90	0.011 08	0.011 47	—	3.82	4.11	5.83	9.55
10 级	0.020 76	0.021 06	0.021 44	0.021 71	0.022 24	—	1.45	3.28	4.58	7.13
12 级	0.034 88	0.035 36	0.035 57	0.035 85	0.035 93	—	1.38	1.98	2.78	3.01



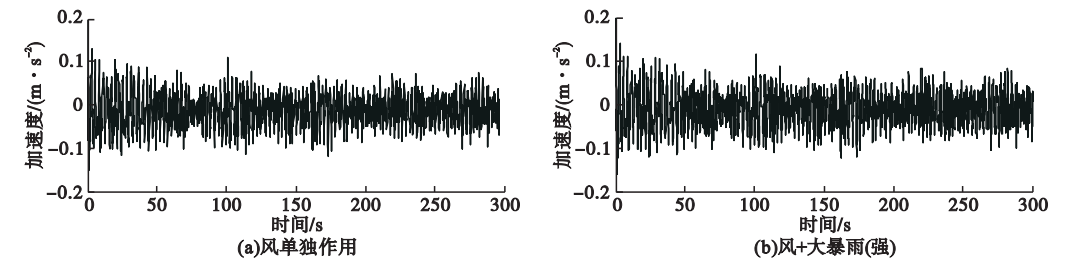


图8 索塔塔顶加速度时程曲线

Fig. 8 The acceleration time-history curves of tower-top

表6 主梁端加速度均方根

Table 6 The root mean square of acceleration of beam-end

风级	加速度均方根/(m·s <sup>-2</sup> )					增大量/%				
	风	风+雨 (暴雨)	风+雨(大暴雨)			风	风+雨(大暴雨)			
			弱	中	强		(暴雨)	弱	中	强
8级	0.003 76	0.003 91	0.003 96	0.004 06	0.004 24	—	3.99	5.32	7.98	12.77
10级	0.007 13	0.007 30	0.007 40	0.007 51	0.007 72	—	2.38	3.69	5.38	8.27
12级	0.011 38	0.011 55	0.011 63	0.011 74	0.011 87	—	1.49	2.20	3.16	4.31

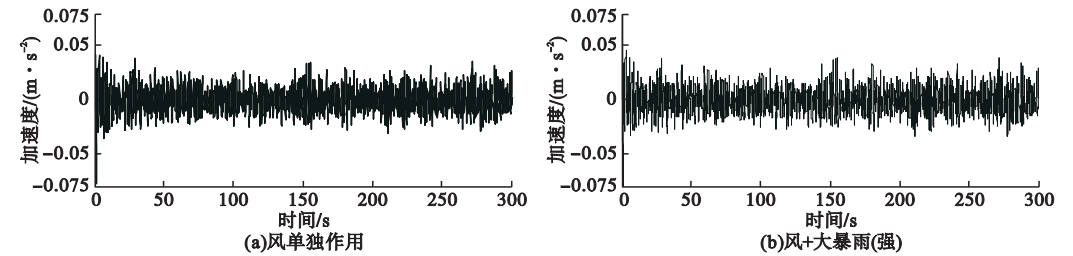


图9 梁端加速度时程曲线

Fig. 9 The acceleration time-history curves of beam-end

通过分析可知,在考虑雨荷载影响后,主梁竖向位移、竖向加速度、索塔塔顶加速度和梁端加速度均有不同程度的增加,最大增大量分别约为11%、10%、10%和13%。并且随着风级的增加,雨荷载的影响程度呈减小的趋势。

4 结 论

(1)在纵桥向风雨时程荷载作用下,主梁沿顺风向“漂浮”,且梁跨内出现较显著的竖向位移。

(2)考虑雨荷载影响后,当风速相同时,主梁竖向位移增大百分比最大约为11%;主梁竖向加速度增大百分比最大约为10%;索塔塔顶加速度增大百分比最大约为10%;主

梁梁端加速度增大百分比最大约为13%。

(3)考虑降雨强度的影响后,主梁竖向位移、竖向加速度、梁端加速度和索塔塔顶加速度均有不同程度的增加。在桥梁设计时,应该考虑雨荷载对桥梁结构的不利影响,否则可能会得出不安全的结果。

(4)通过数据可以发现,当雨强相同时,随着风级的增加,雨荷载的影响程度呈减小的趋势,这反映出风荷载是桥梁设计的主要荷载。

参考文献

[1] 陈政清. 桥梁风工程[M]. 北京:人民交通出版社,2005.  
(CHEN Zhengqing. Bridge wind engineering [M]. Beijing: China Communications Press, 2005.)

- [2] 李宏男,徐良. 风雨共同作用下斜拉桥横桥向反应特性研究[J]. 自然灾害学报,2017,26(5):1-9.  
(LI Hongnan, XU Liang. Study on the reaction characteristics of cable-stayed bridge under the combined loads of wind and rain[J]. Journal of natural disasters, 2017, 26(5):1-9.)
- [3] 赵林,葛耀君,武占科,等. 风雨耦合环境结构荷载与响应的分析及试验研究[J]. 振动工程学报,2014,27(4):507-517.  
(ZHAO Lin, GE Yaojun, WU Zhanke, et al. Analysis and experimental study on load and response of wind-rain coupled environmental structures[J]. Journal of vibration engineering, 2014, 27(4):507-517.)
- [4] GU M, XU S Z. Effect of rain on flutter derivatives of bridge decks[J]. Wind & structures, 2008, 11(3):209-220.
- [5] 胡俊,欧进萍. 风雨共同作用下大跨悬索桥加劲梁抖振响应分析[J]. 中国铁道科学,2013,34(6):30-35.  
(HU Jun, OU Jinping. Large span suspension bridge girder buffeting response analysis under the wind and rain[J]. China railway science, 2013, 34(6):30-35.)
- [6] 李永乐,卢伟,陶齐宇,等. 斜拉桥拉索风-雨致振动特性风洞试验研究[J]. 实验流体力学,2007,21(4):36-40.  
(LI Yongle, LU Wei, TAO Qiyu, et al. Wind tunnel test study on wind rain induced vibration of cable-stayed cable[J]. Journal of experiments in fluid mechanics, 2007, 21(4):36-40.)
- [7] BLOCKEN B, CARMELIET J. High-resolution wind-driven rain measurements on a low-rise building-experimental data for model development and model validation[J]. Journal of wind engineering & industrial aerodynamics, 2005, 93(12):905-928.
- [8] 李宏男,任月明,白海峰. 输电塔体系风雨激励的动力分析模型[J]. 中国电机工程学报,2007,27(30):43-48.  
(LI Hongnan, REN Yueming, BAI Haifeng, et al. Dynamic analysis model of wind and rain excitation in transmission tower system[J]. Journal of China electromechanical engineering, 2007, 27(30):43-48.)
- [9] 刘明虎,孟凡超,李国亮,等. 港珠澳大桥青州航道桥设计[J]. 公路,2014(1):44-51.  
(LIU Minghu, MENG Chaofan, LI Guoliang, et al. Design of Qingzhou waterway bridge in Hong Kong-Zhuhai-Macao bridge[J]. Highway, 2014(1):44-51.)
- [10] 黄本才,汪丛军. 结构抗风分析原理及应用[M]. 上海:同济大学出版社,2008.  
(HUANG Bencai, WANG Congjun. Principle and application of structural wind resistance analysis[M]. Shanghai: Tongji University Press, 2008.)
- [11] 王修琼,崔剑峰. Davenport 谱中系数  $K$  的计算公式及其工程应用[J]. 同济大学学报(自然科学版),2002,30(7):849-852.  
(WANG Xiuqiong, CUI Jianfeng. The calculation formula of the coefficient  $K$  in Davenport spectrum and its engineering application[J]. Journal of tongji university, 2002, 30(7):849-852.)
- [12] DAVENPORT A G. The spectrum of horizontal gustiness near the ground in high winds[J]. Quarterly journal of the royal meteorological society, 1962, 88(372):194-211.
- [13] 唐顺勇. 高压输电塔风雨振响应分析及风洞试验研究[D]. 大连:大连理工大学,2010.  
(TANG Shun Yong. Wind-induced vibration response analysis and wind tunnel test of high-voltage transmission tower[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2010.)
- [14] 中交公路规划设计院. 公路桥梁抗风设计规范[M]. 北京:人民交通出版社,2005.  
(China Railway Planning and Design Institute. Code for wind-resistant design of highway bridge[M]. Beijing: China Communications Press, 2005.)
- [15] 任月明. 风雨激励下输电塔线体系的动力响应分析[D]. 大连:大连理工大学,2007.  
(REN Yueming. Dynamic response analysis of transmission line system under wind and rain[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2007.)
- [16] 贡力. 黄土高原降雨雨滴动能的侵蚀计算[J]. 兰州交通大学学报(自然科学版),2005,24(4):43-45.  
(GONG Li. Erosion calculation of raindrop kinetic energy in the loess plateau[J]. Journal of Lanzhou jiaotong university(natural science), 2005, 24(4):43-45.)
- [17] 盛裴轩,毛节泰,李建国,等. 大气物理学[M]. 北京:北京大学出版社,2003.  
(SHENG Peixuan, MAO Jietai, LI Jianguo. Atmospheric physics[M]. Beijing: Peking University Press, 2003.)