

风力发电机塔架抗震性能研究方法

王亮, 崔欢

(沈阳工业大学 建筑与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110000)

摘要: 当今社会, 我国的风力发电行业发展迅猛, 而风力机是将自然界中源源不断的风资源转化为人类直接需要的电能的一种重要设备。近年来, 风机事故频发, 损失严重。风电塔架是风电机组唯一的支撑结构, 其安全稳定必然关系到风场的正常运行。本文着眼于风力发电机塔架结构, 首先介绍了风电行业的发展背景, 进而对风电塔架抗震研究方法进行了总结。

关键词: 风电塔架; 抗震

[DOI] 10.12231/j.issn.1000-8772.2020.35.218

1 引言

多年来, 我国燃烧碳基能源给环境带来了巨大的负担, 经济发展的同时也付出了不小的代价, 随着国家和社会的大力宣传, 环境保护意识逐渐深入人心, 发展清洁可再生的能源是当前我国发展道路上的重中之重。风力发电技术是目前较为成熟的新能源技术之一。在 2010 年, 我国风电累积装机容量首次居于全球首位, 并保持至今。我国大约有 200000km² 的土地可供风能开发。近年来, 我国逐渐加大了对可再生能源的投入, 风电行业发展也在不断地加快, 风力发电技术对风能的转化率较高, 且建设时间较短、储量丰富, 是风能最主要的利用形式, 前景广阔。而不可再生能源市场面临重重困境, 发展受阻。与此同时, 世界各国正加快研究和开发风能, 风力机新增装机容量不断刷新记录。在 2020-2024 年间, 预计全球新增装机容量超过 348GW, 到 2014 年末, 全球风电装机容量可能达到 1000GW。

2 风力发电机抗震研究现状

我国暂时缺乏专门针对风电塔架抗震设计的相关规范文件。丹麦系统的研究了风电塔架设计^[1], 并取得了很多开创性的成果, 但是北欧不属于地震多发区域, 所以风电研究领域对抗震的研究较少。同时, 有资料显示, 地震作用下风电塔架结构的动力响应远远小于风载作用下风电塔架的动力响应。但是考虑到几何构造方面的原因, 塔架顶部的机舱和风轮质量很大, 在强震作用下可能会产生破坏。为了提高风电机组的发电效率, 风力机绝大多数建在风资源比较丰富的地区, 其中有一部分是地震活跃区域。近期有研究表明, 在高烈度设防地区, 风力机塔架底部弯矩是由地震荷载控制, 地震荷载对风电机组的影响不容小觑, 必须加以考虑以保证风机的安全稳定运行。塔架结构是一种质量较大的高耸结构, 当风电机组受到地震、惯性、气动、自重等多种载荷同时作用时, 塔架结构的力学性能将受到巨大考验。

3 风力发电机抗震性能研究方法

3.1 反应谱法

反应谱是指单质点体系在某特定的地震荷载作用下的最大的加速度、位移、速度随质点自振周期变化的曲线。若单质点体系的质量是 m , 在水平方向地面运动分量的作用下的绝对加速度是 $a(t)$, 则可得到质点所受的水平地震作用是:

$$F(t) = ma(t) \quad (3.1)$$

可以看出, 质点所受的水平地震作用的方向和大小随时间 t 的变化而变化。抗震设计中一般只需考虑地震作用的最大值, 地震作用的最大值可由以下公式求出:

$$F = ma_{mm} = \left(\frac{W}{g}\right) a_{mm} = \alpha W \quad (3.2)$$

其中, $W = mg$ 为质点的重量; g 为重力加速度; $\alpha = a_{mm}/g$ 为水平地震影响系数。

我国的学者对国内外数百条地震记录的地震反应谱进行分析后, 建立了地震响应系数 α 和自振周期 T 的关系曲线 $\alpha(T)$ 。通常我们认为水平地震影响系数 $\alpha_v(T)$ 的曲线形状和竖向地震影响系

数曲线基本一致, 可以直接使用 $\alpha(T)$ 的曲线, 数值上通常取 $\alpha_v = (1/2 \sim 1/3)\alpha$ 。竖向地震作用可以通过下面公式计算得到:

$$F = \alpha_v W \quad (3.3)$$

3.2 时程分析法

随着计算机硬件和软件技术的持续提高, 使得将具体的地震加速度时程数据输入软件直接对模型进行计算成为可能, 设置好相关参数后直接计算得到结构在地震作用的动力响应。可以直接获得每一时刻模型的加速度、速度和位移等, 进而计算每一时刻构件的地震内力, 这种方法就是时程分析法。风电机组结构在地震作用下的运动方程可以表示为

$$[M]\{\ddot{u}_i\} + [C]\{\dot{u}_i\} + [K]\{u_i\} = \{P_i\} \quad (3.4)$$

其中: $[M]$ -结构的质量矩阵; $[C]$ -结构的阻尼矩阵; $[K]$ -结构的刚度矩阵; $\{P_i\}$ -地震荷载向量。

在求解上述动力学方程时, 通常采用数值积分的方法: 将地震的总时间 T 分割成许多小时段 Δt , 依据某个时间段处质点的位移 $\mu(t)$ 、速度 $\dot{\mu}(t)$ 、加速度 $\ddot{\mu}(t)$, 进而求出该时段末质点相应的位移 $\mu(t + \Delta t)$ 、速度 $\dot{\mu}(t + \Delta t)$ 、加速度 $\ddot{\mu}(t + \Delta t)$ 。然后将该值作为下一段的初值, 计算下一个时段末的各个向量。类推下去, 直至地震波结束。

3.3 振动台试验法

振动台试验是显示塔架结构抗震性能的一种重要的方法, 也是验证数值分析结果的可靠手段; 开展风电塔架振动台试验研究, 可验证数值计算结果的可靠性, 也可以从试验角度突出风电塔架低阻尼结构的特点。但是, 与风洞试验相似, 振动台试验存在费用极其高昂等问题, 不适合大规模的开展, 并且综合考虑地震与风耦合作用下的结构动力响应在实验室里很难实现。

4 结束语

在风电塔架的抗震性能研究中, 常用的方法有反应谱法和时程分析法。虽然时程分析法可以给出丰富的结构响应信息, 但是反应谱法具有使用简便等优点, 对初步设计更为方便。然而, 反应谱法中使用的加速度反应谱多是从建筑结构的规范文件中借鉴而来的, 作为一种低阻尼的结构, 需要逐步完善针对风电塔架的低阻尼反应谱来准确的估量风电塔架的地震响应。

参考文献

[1] 沈义幸, 郭玲雨, 曾鸣. 丹麦风电发展经验及对我国的借鉴[J]. 华东电力, 2008, 36(11): 153-157.

作者简介: 王亮(1995-), 男, 安徽省铜陵市人, 单位: 沈阳工业大学建筑与土木工程学院, 研究方向: 结构工程。