

题目：虎门大桥主梁涡激振动的三维 CFD 数值模拟

一、问题提出

2020年5月，广东虎门大桥(图1所示)发生显著振动引发社会广泛关注。多位风工程专家连夜会诊后判定，此次振动为涡激共振现象，原因是桥梁维护时在护栏处设置水马改变了钢箱梁气动外形，导致其在特定风速下发生了涡振。然而即便在撤去水马后，该桥仍发生了长达数天的涡激振动，后经过调整主梁下方检修车轨道，实现了对该桥涡激振动的彻底控制。涡激振动是流固耦合作用的一种典型表现，当流体绕过结构物时，会在其后部产生交替脱落的漩涡，如果漩涡脱落频率与结构固有频率接近，就会引发共振现象。大跨径悬索桥由于质量轻、柔度大，对风的作用十分敏感。此次事件揭示了桥梁风工程领域的一个重要问题：临时设施及检修车轨道对桥梁气动特性的影响很重要，且往往易被忽视。通过CFD方法研究这一问题，不仅有助于理解涡激振动的产生机制，更能为桥梁维护和安全提供科学依据。



图1 虎门大桥

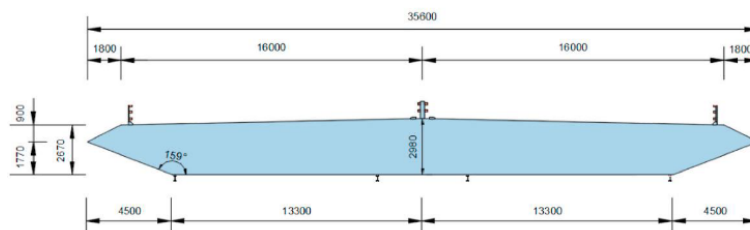


图2 虎门大桥主梁

二、研究目标

以虎门大桥主梁(图2所示)为研究对象，利用CFD数值模拟平台(Fluent、OpenFOAM等均可)，建立三维主梁数值模型，通过自定义UDF，模拟主梁涡激振动响应，并与事件当天的涡激振动情况进行定性比较，验证所建立模型的正确

性；其次，基于流场及气动力的分析，探讨水马导致桥梁涡激振动发生的流场机理；再次，开展检修车轨道影响该桥涡激振动的参数化分析，提出抑制该桥涡激振动的最佳配置方案。

三、计算要求

1. **三维CFD数值模型**：根据设计图纸，建立该桥三维CFD数值模拟，提供网格域划分的最优策略并阐明依据；验证网格合理性；
2. **涡激振动模拟**：选择合适湍流模型及相关算法(阐述选择依据，并验证算法的正确性)；自定义UDF，开展有水马情形下，涡激振动的数值模拟，并与实际观测结果开展定性对比；从涡激力特性、流线图、涡量图、压力分布等方面，阐述其涡激振动发生的机理；
3. **涡振气动措施开发**：探讨检修车轨道位置对涡激振动的影响，并提出最佳的涡振抑振配置方案；同样从涡激力特性、流线图、涡量图、压力分布等方面，探讨检修车轨道抑制涡振的机理

四、评价标准：

1. 有限元模型准确性、网格域划分的合理性
2. 涡振响应模拟的精度、流场分析的合理性
3. 涡振气动措施及其流场的合理性
4. 报告的逻辑性、数据的清晰呈现及结论的有效性

五、提示：

- 1.风速范围：4-13m/s （对应4-6级风，事件发生风速约9m/s）。
2. 空气参数、桥梁参数、主梁、水马、检修车轨道等参数等见附件，必要时请上网查找
- 3.如设计资料中缺少其他必要参数，参赛者可在合理范围内自行定义。

参考文献及设计资料：

Ge Y, Zhao L, Cao J. Case study of vortex-induced vibration and mitigation mechanism for a long-span suspension bridge[J]. Journal of Wind Engineering and Industrial

Aerodynamics, 2022, 220: 104866.

桥梁设计资料下载链接: 通过网盘分享的文件: CAE大赛资料

链接: https://pan.baidu.com/s/1GZvgVsrTxOqP2zFX_5kRGA?pwd=humv 提取码:
humv

(注: 上述信息仅供参考, 更多信息和资料请自行查找)