

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学 号: 25320121151701

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

复杂高层建筑的风荷载特性及风振控制与优化

The Wind Characteristics & Wind-induced Vibration Control
and Optimal Design for Complicated Tall Buildings

庄惠敏

指导教师姓名: 张建国 副教授

专业名称: 土木工程

论文提交日期: 2015 年 05 月

论文答辩时间: 2015 年 05 月

学位授予日期: 2015 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2015 年 05 月

复杂高层建筑的风荷载特性及风振控制与优化

庄惠敏

指导教师: 张建国 副教授

厦门大学

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

在我国数千年土木工程的历史沉淀下，当代建筑在体型及高度上已发生了巨大的变化，同时由于新型材料的推广使用，使得建筑物的刚度下降，柔度上升。在我国，尤其是沿海城市，风荷载对结构的影响显著。如何在建筑物高度更高、体型更复杂、柔度更大的同时，仍然能够保证建筑物的安全性以及舒适性，是目前研究的一大课题。

本文针对的研究对象是目前国内外学者较少研究的具有一定代表性的平面不规则高层建筑，包括弧形、平行四边形和等边 L 形建筑。本文通过风洞试验，得到研究所需基本数据，对风荷载特性及基底弯（扭）矩特性进行了深入研究，为文章后续考虑结构水平与扭转方向的耦合效应提供了基础。考虑到由于抗震等原因，实际的高层、大跨建筑物往往会设置缝隙，本文对比了设缝与未设缝的建筑物在相同风荷载作用下结构的响应。响应的计算均考虑了三维空间效应，得出设缝建筑不利于结构抗风的结论。为了保证未设缝的平面不规则高层建筑在实际投入使用时，能够满足使用者对建筑物舒适度的需求，本文在建筑物的顶层设置了比单个 TMD 减振效果更为卓越的 MTMD 系统。MTMD 对于以上三种结构的加速度响应均能够实现有效控制，对位移响应则影响不大。基于以上事实，利用减振前后扭转加速度及合加速度的比值来评价 MTMD 减振效果。为了能够使 MTMD 在最经济有效的情况下降低结构风致振动，本文利用 BP 神经网络对 MTMD 的减振效果进行优化，并分别为弧形、平行四边形及等边 L 形建筑提出了优化后的 MTMD 参数组合方案。

关键词：风荷载特性；响应计算；优化。

Abstract

During thousands of years' development of civil engineering, China has witnessed significant changes of buildings in both the shape and the height. After the promotion of new materials, the stiffness of buildings decreases while the flexibility increases. In China, especially in the coastal cities, wind has an appreciable impact on structures. It has been a question for discussion that how to ensure the security and comfort of buildings which are higher, more complicated and more flexible.

The research object for the thesis is the irregular tall buildings, including arc, parallelogram and equilateral L-shape buildings. With the basic data obtained through wind tunnel experiment, the wind load characteristics as well as the base moment (torque) are deeply studied. This lays the foundation for the following research of coupling effect between horizontal and torsional forces on structures. In consideration of seismic resistance, seismic joint will be set in the real tall buildings and the long-span structures, and thus in the thesis, the responses of buildings with and without joints are compared. Taking the three dimensional space effect into account, the responses are calculated, leading to the conclusion that the joints are against the wind resistance. In order to ensure the comfort for the users, MTMD system, which shows a better wind-resistant performance than TMD system, is installed on the top of the building. MTMD greatly reduces the acceleration responses but does not much change the displacement responses, so the ratio of acceleration before installation to after installation is used as the criteria to evaluate the vibration damping performance of MTMD system. As to economically and effectively control the wind-induced vibration, BP neural network is used to optimize the MTMD system. The best parameter combinations are proposed for the arc, parallelogram and equilateral L-shaped buildings.

Keywords: wind load characteristics; response calculation; optimize.

目录

第一章 绪论	1
1.1 风灾害.....	1
1.2 三维风荷载及风致响应的研究.....	5
1.2.1 风荷载研究主要方法.....	5
1.2.2 高层建筑风荷载研究现状.....	6
1.2.3 风致响应研究.....	8
1.3 复杂高层建筑的弯扭耦合及风致响应.....	9
1.4 结构风振控制.....	10
1.4.1 风振控制概述.....	10
1.4.2 被动控制装置介绍.....	10
1.4.3 TMD 及 MTMD 应用实例简介.....	13
1.5 研究目标、论文构局及创新点.....	14
1.5.1 研究目标与内容.....	14
1.5.2 论文构局.....	15
1.5.3 本文创新点.....	16
第二章 复杂高层建筑风荷载特性	17
2.1 引言.....	17
2.2 风洞试验介绍.....	17
2.3 层三分力风荷载幅值特性及频域特性.....	20
2.3.1 基本说明.....	20
2.3.2 弧形建筑 X,Y 及扭转方向风荷载特性.....	23
2.3.3 平行四边形建筑 X,Y 及扭转方向风荷载特性.....	30
2.3.4 等边 L 形建筑 X,Y 及扭转方向风荷载特性.....	37
2.4 基底弯（扭）矩特性.....	44
2.4.1 基本说明.....	44
2.4.2 弧形建筑基底弯（扭）矩相干性.....	45
2.4.3 平行四边形建筑基底弯（扭）矩相干性.....	46

2.4.4 等边 L 形建筑基底弯（扭）矩相干性.....	47
2.5 本章小结.....	49
第三章 复杂高层建筑风致响应分析.....	51
3.1 引言.....	51
3.2 计算模型及相关理论.....	52
3.2.1 计算模型说明.....	52
3.2.2 响应计算原理.....	55
3.3 弧形建筑（含设缝）响应计算.....	58
3.3.1 不设缝弧形建筑响应.....	58
3.3.2 设缝弧形建筑响应.....	60
3.4 平行四边形建筑响应计算.....	61
3.4.1 不设缝平行四边形建筑响应.....	61
3.4.2 设缝平行四边形建筑响应.....	62
3.5 等边 L 形建筑（含设缝）响应计算.....	64
3.5.1 不设缝等边 L 形建筑响应.....	64
3.5.2 设缝等边 L 形建筑响应.....	65
3.6 本章小结.....	67
第四章 复杂高层建筑 MTMD 的风振控制.....	70
4.1 引言.....	70
4.2 计算模型及相关理论.....	70
4.2.1 计算模型说明.....	70
4.2.2 设置 MTMD 后响应计算原理.....	72
4.3 设置 MTMD 结构的响应.....	74
4.3.1 MTMD 控制下弧形建筑的响应.....	74
4.3.2 MTMD 控制下平行四边形建筑的响应.....	79
4.3.3 MTMD 控制下等边 L 形建筑的响应.....	84
4.4 本章小结.....	88
第五章 MTMD 的优化设计.....	90

5.1 引言	90
5.2 BP 神经网络与 MTMD 优化说明	91
5.2.1 BP 神经网络概念.....	91
5.2.2 MTMD 优化说明.....	92
5.3 MTMD 具体优化方案	95
5.3.1 弧形建筑 MTMD 优化.....	95
5.3.2 平行四边形建筑 MTMD 优化.....	99
5.3.3 等边 L 形建筑 MTMD 优化.....	102
5.4 本章小结	105
第六章 结论与展望	106
6.1 论文结论.....	106
6.2 展望.....	106
参考文献	108
致谢	112
附录 攻读硕士学位期间的发表论文	113

Content

Chapter 1 Preface	1
1.1 Wind disaster	1
1.2 Research of 3D wind load and wind-induced response	5
1.2.1 Main research methods.....	5
1.2.2 Research status of 3D wind load.....	6
1.2.3 Research of wind-induced response.....	8
1.3 Bending-Torsional Coupling	9
1.4 Wind vibration control	10
1.4.1 Summary of wind-induced vibration control.....	10
1.4.2 Introduction to passive control device.....	10
1.4.3 Practical application of TMD and MTMD.....	13
1.5 Research purpose, layout and innovation	14
1.5.1 Research purpose and content.....	14
1.5.2 Layout.....	15
1.5.3 Innovation.....	16
Chapter 2 Characteristics of wind load	17
2.1 Introduction	17
2.2 Introduction to wind tunnel test	17
2.3 Amplitude and frequency domain characteristics	20
2.3.1 Basic introduction.....	20
2.3.2 Characteristics of 3D wind load for the arc.....	23
2.3.3 Characteristics of 3D wind load for the parallelogram.....	30
2.3.4 Characteristics of 3D wind load for the equilateral L-shape.....	37
2.4 Characteristics of base moment (torque)	44
2.4.1 Basic introduction.....	44
2.4.2 Base bending moment coherence for the arc.....	45
2.4.3 Base bending moment coherence for the parallelogram.....	46
2.4.4 Base bending moment coherence for the equilateral L-shape.....	47

2.5 Summary	49
Chapter 3 Analysis for the structures with joints	51
3.1 Introduction	51
3.2 Calculation model and relevant theory	52
3.2.1 Calculation model.....	52
3.2.2 Theory of the calculation for wind-induced response.....	55
3.3 Response of the arc building (with/out joints)	58
3.3.1 Response of the arc building without joints.....	58
3.3.2 Response of the arc building with joints.....	60
3.4 Response of the parallelogram building (with/out joints)	61
3.4.1 Response of the parallelogram building without joints.....	61
3.4.2 Response of the parallelogram building with joints.....	62
3.5 Response of equilateral L-shape building (with/out joints)	64
3.5.1 Response of theequilateral L-shape building without joints.....	64
3.5.2 Response of theequilateral L-shape building with joints.....	65
3.6 Summary	67
Chapter 4 Wind vibration control with MTMD	70
4.1 Introduction	70
4.2 Calculation model and relevant theory	70
4.2.1 Calculation model.....	70
4.2.2 Theory of the calculation for the response with MTMD.....	72
4.3 Response of structures with MTMD	74
4.3.1 Response of the arc building with MTMD.....	74
4.3.2 Response of the parallelogram building with MTMD.....	79
4.3.3 Response of the equilateral L-shape building with MTMD.....	84
4.4 Summary	88
Chapter 5 Optimal design of MTMD	90
5.1 Introduction	90

5.2 Introduction to BPNN and optimal design of MTMD.....	91
5.2.1 Introduction of BPNN.....	91
5.2.2 Introduction to optimal design of MTMD.....	92
5.3 MTMD optimization.....	95
5.3.1 MTMD optimization for the arc.....	95
5.3.2 MTMD optimization for the parallelogram.....	99
5.3.3 MTMD optimization for the equilateral L-shape.....	102
5.4 Summary.....	105
Chapter6 Conclusion and future direction.....	106
6.1 Conclusion.....	106
6.2 Future direction.....	106
Reference.....	108
Acknowledge.....	112
Appendix.....	113

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

廈門大學博碩士論文摘要庫