

被动减震结构 设计·施工手册

(原著第2版)

[日] 社团法人 日本隔震结构协会 编

蒋 通 译

冯德民 校

中国建筑工业出版社

TU352.104/31

2008

被动减震结构设计·施工手册

(原著第2版)

[日] 社团法人 日本隔震结构协会 编

蒋 通 译

冯德民 校

北方工业大学图书馆



C00157662

中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01-2006-5272号

图书在版编目 (CIP) 数据

被动减震结构设计·施工手册 (原著第2版)/[日] 社团法人 日本隔震结构协会编; 蒋通译, 冯德民校. —北京: 中国建筑工业出版社, 2008
ISBN 978-7-112-10194-8

I. 被… II. ①日…②蒋…③冯… III. 建筑结构—抗震设计—工程施工—手册 IV. TU352.104-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 095310 号

Japanese title: Passhibu seishin kouzou sekkei · sekou manyuaru sono2

Copyright © The Japan Society of Seismic Isolation

Original Japanese edition

Published by The Japan Society of Seismic Isolation

本书由日本社团法人日本隔震结构协会授权翻译出版

责任编辑: 武晓涛 刘文昕

责任设计: 郑秋菊

责任校对: 兰曼利 王金珠

本书附配套素材, 下载地址如下: www.cabp.com.cn/td/cabp16997.rar

被动减震结构设计·施工手册

(原著第2版)

[日] 社团法人 日本隔震结构协会 编

蒋通译

冯德民校

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京嘉泰利德公司制版

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 35% 字数: 892 千字

2008 年 10 月第一版 2008 年 10 月第一次印刷

定价: 88.00 元 (附网络增值服务)

ISBN 978-7-112-10194-8

(16997)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

中文版附录二

手册工程制单位与国际单位制 (SI) 的换算关系

本手册中部分内容沿用工程制单位或采用不规范的单位标记。现将手册中出现的工程制单位或不规范的单位列出, 并给出其与国际单位制 (SI) 的换算关系。

质量

$$1 \text{ t} \cdot \text{s}^2/\text{m} = 9.8 \text{ t}$$

$$1 \text{ kN} \cdot \text{s}^2/\text{cm} = 100 \text{ t}$$

转动惯量

$$1 \text{ t} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m} = 9.8 \text{ tm}^2$$

力

$$1 \text{ kgf}(\text{kg}) = 9.8 \text{ N}$$

$$1 \text{ tf}(\text{t}, \text{tonf}) = 9.8 \text{ kN}$$

$$\text{MN} = 10^6 \text{ N}$$

刚度

$$1 \text{ tf/cm} = 9.8 \text{ kN/cm}$$

应力

$$1 \text{ kgf/mm}^2 = 9.8 \text{ MPa} = 9.8 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 9.8 \times 10^{-2} \text{ MPa}$$

$$1 \text{ tf/m}^2 = 9.8 \times 10^{-3} \text{ MPa}$$

速度

$$1 \text{ kine} = 1 \text{ cm/s}$$

加速度

$$1 \text{ gal} = 1 \text{ cm/s}^2$$

黏度

$$1 \text{ p}(\text{泊}, \text{poise}) = 0.1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$1 \text{ St}(\text{斯}, \text{stoke}) = 1 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$1 \text{ cSt}(\text{cS})(\text{厘斯}) = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$$

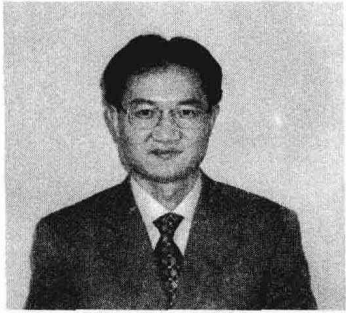
层间位移角

手册有时给出 rad 的单位, 有时无单位。两种情况意义相同。我国惯用无单位表示。

译校者简介



蒋邇 男，1943年2月出生，教授，工学博士
曾先后在西安建筑科技大学、同济大学、日本大学就读。先后任同济大学结构理论研究所副教授、日本国立丰桥技术科学大学副教授、田治见工程咨询公司研究员。现任同济大学土木工程学院结构工程与防灾研究所教授，博士生导师，国家一级注册结构工程师。主要从事地震动、结构抗震、工程减振等方面的研究工作。



冯德民 男，1964年2月出生，研究员，工学博士
曾先后在同济大学、东京都立大学就读。株式会社藤田技术研究中心首席研究员，同济大学兼职教授，广州大学客座教授，CIB/W114委员，日本免震构造协会国际委员会委员。主要从事消能减震、地震动方面的研究工作。

前 言

由于日本与美国在最近的大地震中蒙受巨大的灾害，因此两国对可有效控制建筑物及其内部设施损伤程度的被动减震结构的期待日益增大，减震结构的应用实例急速增加。

在日本，被动减震装置得到广泛应用，不仅在高层建筑、最近还扩展到包括住宅在内的中低层建筑及大跨度建筑，其建造业绩已大大超过美国达到了世界第一的规模。目前减震构件及结构类型的组合已有诸多形式，今后随着其性能、经济及设计创意等方面的改进，可以想象会进一步创造出更加丰富多彩的减震结构。

另一方面，在建筑物的主体结构中设置减震装置的历史尚浅，目前对其技术性能也不完全了解。为了促进技术人员对日新月异的减震技术的了解，在现阶段使他们明确地理解以下问题，对今后减震技术的发展与普及有着重要的意义，这些问题包括：如何根据性能需求目标对减震构件和主体结构进行设计、评价及施工；减震构件如何能够切实发挥其规定的性能并保持到将来；设置了减震装置的建筑物具有怎样的减震性能；等等。

本手册归纳总结了减震构件与结构的适用范围，在设计及施工各阶段的注意事项，以及为保证减震性能所必需的标准管理项目及方法等诸多方面。本手册编写的特点是，除建筑结构领域外，还邀请了机械和化学领域的诸多减震专家参加编制，因此手册中包含了有关构件性能与质量管理方面的详尽内容。由此可促进各专业领域之间的相互理解与沟通，从而可构筑起有关减震构件和减震结构在性能与质量方面的、跨越专业领域差异的通用尺度。

为研究包括隔震在内的更广泛范围意义下的地震反应控制技术，日本隔震结构协会于2000年2月设置了地震反应控制委员会。根据日本与美国将基于性能的设计导入建筑物设计的新动向，考虑到现有结构的减震技术体系尚不完备的实际情况，地震反应控制委员会于2001年4月开始着手编写《被动减震结构设计·施工手册》。编制本手册的目的并非要束缚减震技术的创新，相反地恰恰是为促进技术的创新与发展提供各种必要的基础资料。

手册第1版于2003年10月发行后，为使手册内容更加明确和充实，在编写人员的不断努力下完成了手册的第2版。在第2版中，除了将第1版中的设计方法和实例表述得更为通俗易懂外，还增加了基于Excel表计算的精细方法和便于手算的简易方法。同时，对第1版中介绍4种阻尼器详细情况的各章内容进行了大幅度的改进，并增加了摩擦阻尼器的相关章节。在手册中还包含了最新的技术信息，并对词汇的定义及用法作了进一步的规范。

手册的第1版、第2版均是由地震反应控制委员会下属的减震构件质量标准小委员会和减震评价小委员会两个小委员会共计50余名委员编写而成的。减震构件质量标准小委员会中，针对实际应用的油阻尼器、黏滞阻尼器、黏弹性阻尼器、软钢阻尼器和摩擦阻尼器等5种阻尼器的构造、性能、试验方法和管理建立了相应的工作

小组，并针对不同减震构件的通用评价标准建立了设计工作小组，由上述六个工作小组负责有关减震构件质量部分的编写。被动减震评价小委员会中，分成减震构件分析、减震结构分析与设计、基本设计理论与实用方法的三个工作小组，负责有关减震构件与减震结构的分析模型及减震结构的设计和性能评价部分的编写。

尽管有关被动减震技术的信息在不断积累，但为编写包括各种阻尼器从理论到实践所有方面的手册，现有的资料仍显得十分不足。因此，编写组没有采取仅限于收集已有资料的编写方法，而是采取建立独立自主研究体系的方法成功地完成了手册第1版、第2版的出版发行。在此谨向各位委员表示深切的感谢。同时在编写过程中也充分认识到尚有大量未解决而需进一步研究的课题，在本版发行之际想广泛地听取广大读者的意见，为今后的修订继续努力。

《被动减震结构设计·施工手册》编辑委员会

委员长 笠井和彦

干事 木林长仁

2005年9月

《被动减震结构设计·施工手册》中文版出版寄语

衷心祝贺日本隔震结构协会编写的《被动减震结构设计·施工手册》中文版即将付印出版。

《被动减震结构设计·施工手册》中文版出版的缘起可追溯到东京工业大学每年主持召开“被动减震结构研讨会”，2002年12月我与和田章教授邀请同济大学的吕西林教授和中国建筑科学院抗震研究所的王亚勇教授参加“被动减震结构研讨会”第3次会议，并作基调演讲。会议期间，两位先生强烈地希望我们能将结构被动减震的研究成果归纳成设计手册，以利于被动减震结构的推广应用。此后，《被动减震结构设计·施工手册》的第1版、第2版分别于2003年、2005年在日本出版发行，两版手册出版后即告售罄，故于2006年又2次印刷发行了修订后的第2版。这次出版的《被动减震结构设计·施工手册》中文版即是根据修订后的第2版翻译的。

2003年11月，我作为特聘教授访问了同济大学，并就被动减震结构专题对该校的研究生进行了集中讲学。同济大学的翁大根教授认真聆听了所有的讲授，并对我的讲演提出了宝贵的意见，他还建议将《被动减震结构设计·施工手册》翻成中文出版，他的建议得到吕西林教授的鼎力支持，并积极推荐同济大学的蒋通教授担任本手册的翻译。其后，通过与蒋先生在日本的详细晤谈和双方的密切配合，在蒋先生的努力下终于完成了本手册的全部翻译工作。翻译过程历时约1年，在与蒋先生的切磋和交流中，我十分钦佩蒋先生极其认真细致的工作作风以及对问题敏锐的洞察力和理解力，在翻译的过程中我们建立起了良好的相互信赖合作关系。

由于日本的人口、产业、信息高度集中在大都市，导致了城市功能的复杂化和脆弱化，因此当遭遇大地震、特别是直下型地震时存在着发生严重地震灾害的风险。为减轻地震灾害，在日本积极推广使用高效的被动减震结构。本手册在对结构被动减震技术进行系统总结的基础上，提出了基于性能的被动减震结构设计方法，手册的内容详尽、技术水准高，目前在世界上尚无前例。今后随着被动减震结构技术的发展，我们将继续对手册内容进行补充，最近在日本还发行了手册的简约版，适用于以设计计算为主要培训内容的少人数讲习班。今后，我们愿与中国的同行们共同努力，使结构被动减震技术日臻完善。

社团法人日本隔震结构协会·反应控制委员会委员长
东京工业大学·建筑物理研究中心教授
笠井和彦
2008年3月

《被动减震结构设计·施工手册》(第2版)编辑委员会

委员长 笠井 和彦 [东京工业大学 建筑物理研究中心]

干事 木林 长仁 [(株)竹中工务店 设计本部]

减震构件质量标准小委员会

木林 长仁 [见前]

辻 泰一 [鹿岛建设(株) 建筑设计工程本部]

龟井 利明 [Kayaba System Machinery(株) 结构分析主管]

菊池 正彦 [(株)大林组 设计本部]

北嶋 圭二 [青木 Asunaro 建设(株)]

木村 雄一 [大成建设(株) 设计本部]

小林 利和 [(株)日本设计 结构设计群体]

小林 公树 [昭和电线设备技术(株) 技术开发中心]

田中 久也 [(株)隔震减振设备]

露木 保男 [Kayaba System Machinery(株) 隔震减振营业部]

中田 安洋 [新日铁工程公司(株) 建筑钢结构部]

松叶 裕 [前田建设工业(株) 建筑本部]

和歌 康宽 [住友3M(株) 制图·建筑技术服务部]

·设计工作小组

辻 泰一 [见前]

菊池 正彦 [见前]

木林 长仁 [见前]

木村 雄一 [见前]

小林 利和 [见前]

松叶 裕 [见前]

·油阻尼器工作小组

龟井 俊明 [见前]

五十幡 直文 [Sanwa Tekki(株) 技术本部试验研究部]

讚井 洋一 [(株)日立制作所]

露木 保男 [见前]

小竹 祐治 [日立机材(株) 技术中心]

·黏滞阻尼器工作小组

田中 久也 [见前]

石桥 惠 [OILES 工业(株) 隔震减振公司]
笠原 康宏 [(株)BRIDGESTONE 隔震开发部]
须贺川 胜 [(株)隔震工程公司]
光阪 勇治 [三井住友建设(株) 隔震减振事业部]
鹫山 友二 [MEIYU AIRMATIC(株) 营业技术部隔震减振设备科]

・黏弹性阻尼器工作小组

小林 公树 [见前]
大熊 洁 [住友3M(株) 建筑市场事业部]
笠原 康宏 [见前]
中村 博志 [新日本制铁(株) 建筑事业部]
和歌 康宽 [见前]

・软钢阻尼器工作小组

中田 安洋 [见前]
饭田 仲男 [住友金属工业(株) 建筑钢结构部]
清水 孝宪 [川铁桥梁铁构(株) 钢结构事业本部东部钢结构部]
广田 实 [JFE Steel(株) 建材中心建材技术部]

・摩擦阻尼器工作小组

北嶋 圭二 [见前]
石桥 惠 [见前]
伊谷 孝夫 [三菱重工业(株) 铁钢建设事业本部]
佐野 刚志 [(株)大林组 技术研究所]
长濑 忠广 [大同精密工业(株)]
中村 健 [(株)日立制作所]
滨田 由纪 [川口金属工业(株) 技术本部]
平井 润 [三菱重工业(株) 技术本部]
山下 哲郎 [(株)巴股份公司 技术开发部]

被动减震评价小委员会

笠井 和彦 [见前]
龙神 弘明 [前田建设工业(株) 技术本部技术研究所]
石井 正人 [(株)日建设计 结构设计室]
大木 洋司 [东京工业大学 建筑物物理研究中心]
大原 和之 [Arup Japan]
佐藤 笃司 [名古屋工业大学 建筑·设计工学科]
关谷 英一 [(株)鸿池组 东京本店建筑设计部]
高桥 治 [(株)结构规划研究所 结构设计1部]
竹内 彻 [东京工业大学 工学部 建筑学科]

田中 智 [(株)安井建筑设计事务所 东京事务所结构部]
中岛 秀雄 [清水建设(株) 设计本部]
原 博 [东亚建设工业(株) 建筑本部]
细川 慎也 [(株)久米设计 结构设计部]
吉江 庆祐 [(株)日建设计 结构设计室]

· 减震构件分析工作小组

大木 洋司 [见前]
笠井 和彦 [见前]
小野 喜信 [(株)竹中工务店 东京本店设计部]
金子 洋文 [(株)竹中工务店 技术研究所]
关口 洋平 [(株)结构规划研究所 抗震技术部]
高桥 治 [见前]
山崎 久雄 [UNION SYSTEM(株) 振动分析综合推进室]

· 减震结构分析工作小组

笠井 和彦 [见前]
关谷 英一 [见前]
石井 正人 [见前]
奥平 纪章 [东亚建设工业(株) 设计部]
佐藤 笃司 [见前]
竹内 百合 [(株)结构规划研究所 抗震技术部]
田中 智 [见前]
原 博 [见前]
吉江 庆祐 [见前]
龙神 弘明 [见前]

· 基本设计工作小组

竹内 彻 [见前]
大原 和之 [见前]
笠井 和彦 [见前]
龟井 俊明 [见前]
木村 雄一 [见前]
中岛 秀雄 [见前]

辅助委员

小椋 崇之 [东京工业大学 人类环境系统专业]
清川 贵世 [东京工业大学 人类环境系统专业]

《被动减震结构设计·施工手册》(第1版)编辑委员会

干事长 笠井 和彦 [东京工业大学 建筑物理研究中心]
干事 木林 长仁 [(株)竹中工务店 设计本部]

减震构件质量标准小委员会

木林 长仁 [见前]
笠井 和彦 [见前]
辻 泰一 [鹿岛建设(株) 建筑设计工程本部]
石川 和久 [昭和电线设备技术(株) 基础技术中心]
龟井 俊明 [Kayaba System Machinery(株) 结构分析]
川口 澄夫 [OILES工业(株) 隔震减振公司隔震技术部]
菊池 正彦 [(株)大林组 设计本部]
木村 雄一 [大成建设(株) 设计本部]
小林 利和 [(株)日本设计 结构设计群体]
田中 美子 [OILES工业(株) 隔震减振公司隔震技术部]
露木 保男 [Kayaba System Machinery(株) 隔震减振营业部]
中田 安洋 [新日铁工程公司(株) 建筑钢结构部]
中村 仁 [(株)结构规划研究所 结构设计1部]
松叶 裕 [前田建设工业(株) 建筑本部]

·设计工作小组

辻 泰一 [见前]
菊池 正彦 [见前]
木林 长仁 [见前]
木村 雄一 [见前]
小林 利和 [见前]
中村 仁 [见前]
松叶 裕 [见前]

·油阻尼器工作小组

露木 保男 [见前]
五十幡直文 [Sanwa Tekki(株) 技术本部试验研究部]
龟井 俊明 [见前]
小竹 祐治 [日立机材(株) 技术中心]
吴服 义博 [TOKI CO 第二设计部隔震减振小组]

・黏滞阻尼器工作小组

川口 澄夫 [见前]
须贺川 胜 [(株)隔震工程公司]
世良 信次 [(株)隔震减振设备 开发设计室]
田中 美子 [见前]
正木 信男 [(株)BRIDGESTONE 隔震・建材开发部]
光阪 勇治 [三井住友建设(株) 隔震减振事业部]
鹭山 友二 [MEYU AIRMATIVC(株) 隔震减振事业部]

・黏弹性阻尼器工作小组

石川 和久 [见前]
大熊 洁 [住友3M(株) 建筑市场事业部]
曾根 幸雄 [横滨橡胶(株) 工业资材事业部]
中村 博志 [新日铁工程公司(株) 建筑事业部]
正木 信男 [(株)BRIDGESTONE 隔震・建材开发部]

・软钢阻尼器工作小组

中田 安洋 [见前]
饭田 仲男 [住友金属工业(株) 建筑钢结构部]
清水 孝宪 [川铁桥梁铁构(株) 钢结构事业本部东部钢结构部]
广田 实 [JFE Steel(株) 建材中心建材技术部]

被动减震评价小委员会

笠井 和彦 [见前]
打越 瑞昌 [(株)久米设计 结构设计部]
大原 和之 [Ideal Brain(株)]
可儿 长英 [社团法人日本隔震结构协会]
齐藤 芳人 [前田建设工业(株) 技术本部技术研究所]
高桥 治 [(株)结构规划研究所 结构设计1部]
竹内 彻 [东京工业大学 工学部 建筑学科]
中岛 秀雄 [清水建设(株) 设计本部]
原 博 [东亚建设工业(株) 建筑本部]
森 裕重 [(株)鸿池组 东京本店建筑设计部]
吉江 庆祐 [(株)日建设计 东京分部结构设计室]

・减震构件分析工作小组

笠井 和彦 [见前]
大木 洋司 [东京工业大学 建筑物理研究中心]
小野 喜信 [(株)竹中工务店 东京本店设计部]

金子 洋文 [(株)竹中工务店 技术研究所]
关口 洋平 [(株)结构规划研究所 抗震技术部]
高桥 治 [见前]
山崎 久雄 [UNION SYSTEM(株) 振动分析综合推进室]

・减震结构分析工作小组

笠井 和彦 [见前]
有马 史子 [东亚建设工业(株) 建筑本部]
石井 正人 [(株)日建设计 东京分部结构设计室]
植畑 宽志 [(株)结构规划研究所 结构设计1部]
大渊 敏行 [(株)安井建筑设计事务所 东京事务所结构部]
齐藤 芳人 [见前]
关谷 英一 [(株)鸿池组 东京本店建筑设计部]
竹内 百合 [(株)结构规划研究所 抗震技术部]
原 博 [见前]
森 裕重 [见前]
吉江 庆祐 [见前]

・基本设计工作小组

竹内 彻 [见前]
市川 康 [新日铁工程公司(株) 综合建筑部]
大原 和之 [见前]
笠井 和彦 [见前]
龟井 俊明 [见前]
木村 雄一 [见前]
中岛 秀雄 [见前]

辅助委员

阿波野昌幸 [(株)日建设计 大阪分部结构设计室]
小堀 彻 [(株)日建设计 东京分部结构设计室]
所 健 [住友3M(株) 图像·建筑技术服务部]
伊藤 浩资 [东京工业大学 人类环境系统专业]
铃木 阳 [东京工业大学 人类环境系统专业]
西村 忠宗 [东京工业大学 人类环境系统专业]

《被动减震结构设计·施工手册》

中文版翻译指导委员会名单

顾问：周福霖 欧进萍 曾少华

主任委员：王亚勇 吕西林

委员：（以姓氏笔画为序）

王自法 刘文光 刘伟庆

吴波 李惠 李黎

杜永峰 李宏男 李忠献

李爱群 周云 施卫星

贾抒 翁大根 聂建国

目 录

第 1 章 基本事项	1
1.1 用词说明	1
1.2 被动减震结构的分类	2
1.3 被动减震结构的基本性能	5
1.4 适用范围	5
第 2 章 被动减震结构的目标性能	7
2.1 地震震害与减震设计的注意事项	7
2.2 需求性能与极限状态	9
2.3 减震构件的设计条件与基准	11
2.4 目标性能的确定	12
2.5 减震结构的规划与设计方法	13
第 3 章 单质点体系减震结构的力学原理和性能曲线	15
3.1 减震结构控制地震反应的原理	15
3.2 减震结构的滞回特性及其效应	19
3.3 软钢·摩擦阻尼器减震结构的力学原理及性能曲线	23
3.4 油阻尼器减震结构的力学原理及性能曲线	28
3.5 黏弹性阻尼器减震结构的力学原理及性能曲线	35
3.6 黏滞阻尼器减震结构的力学原理及性能曲线	39
第 4 章 多质点体系减震结构的设计与评估方法	49
4.1 单质点体系与多质点体系的等效性	49
4.2 非减震结构的层刚度及层间位移角的评估	51
4.3 软钢·摩擦阻尼器多质点减震结构的设计方法	53
4.4 油阻尼器多质点减震结构的设计方法	57
4.5 黏弹性阻尼器多质点减震结构的设计方法	60
4.6 黏滞阻尼器多质点减震结构的设计方法	63
4.7 中间柱型软钢·摩擦阻尼器多质点减震结构的设计方法	66
4.8 简易反应预测方法的建议	69

第5章 减震构件的时程分析模型	89
5.1 软钢·摩擦阻尼器的时程分析模型	89
5.2 油阻尼器的时程分析模型	97
5.3 黏弹性阻尼器的时程分析模型	102
5.4 黏滞阻尼器的时程分析模型	115
5.5 黏滞阻尼墙的时程分析模型	120
5.6 速度相关型减震构件试验方法的注意事项	125
第6章 减震结构的振动分析模型	131
6.1 建立振动分析模型的要点	131
6.2 示范结构的振动分析研究实例	134
6.3 不同阻尼类型下地震反应分析结果的比较	153
第7章 油阻尼器的设计	156
7.1 油阻尼器的概要	156
7.2 油阻尼器的动力特性和适用范围	160
7.3 油阻尼器的性能试验及评估方法	166
7.4 油阻尼器的极限状态	172
7.5 油阻尼器性能评估时的注意事项	172
7.6 油阻尼器周围结构的设计	174
第8章 黏滞阻尼器的设计	175
8.1 黏滞阻尼器的概要	175
8.2 黏滞阻尼器的动力特性及适用范围	179
8.3 黏滞阻尼器的性能试验及评估方法	185
8.4 黏滞阻尼器的极限状态	188
8.5 黏滞阻尼器性能评估时的注意事项	189
8.6 黏滞阻尼器周围结构的设计	191
第9章 黏弹性阻尼器的设计	194
9.1 黏弹性阻尼器的概要	194
9.2 黏弹性阻尼器的动力特性及适用范围	197
9.3 黏弹性阻尼器的性能试验及评估方法	204
9.4 黏弹性阻尼器的极限状态	208