

动力特性测试技术在建筑工程检测鉴定中运用分析

文 / 李少鹏 合肥工大工程试验检测有限责任公司

摘要：在建筑工程检测鉴定中，有效运用动力特性测试技术可以提高检测鉴定的参考价值。基于此，本文从动力特性测试概述、动力特性测试技术方法展开论述，提出了强化异常振动检测、做好新型结构性能鉴定、落实保护性监测应用、合理选择和布置传感器、保证动态数据采集系统性能、加强数据预处理这几项动力特性测试技术在建筑工程检测鉴定中的运用策略，希望能够为动力特性测试技术的应用提供参考。

关键词：动力特性；建筑工程；工程检测

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.12.036

引言

在建筑工程领域，动力特性测试技术主要被用于评估结构物在动态载荷作用下性能。在测试过程中，通常需要对结构施加一定的振动借此获取结构的固有频率、阻尼比、振型等模态参数，以评估其健康状态、可靠性和抗震性能，实现对建筑工程的检测鉴定。在此过程中，通过对动力特性测试技术合理、有效运用可以更好地保证测试结果的参考价值，从而为结构设计、施工和维护提供数据支持。

一、动力特性测试概述

针对建筑工程的动力特性测试主要是结构动力特性测试，其主要是通过自振或共振条件下的反应曲线进行测试和分析，来获取建筑结构的自振频率、结构振型、阻尼系数等动力特性参数，而这些参数则为建筑结构的动荷载性能评估提供了可靠的依据。从理论上来看，建筑的动力学特性本身支持按照结构动力学理论进行计算，但事实上，根据结构组成、连接、材料等因素简化计算得出的理论数据通常会与实际数据存在一定的差异，因此，为了得到更为精准的信息就需要进行建筑结构动力特性测试。一般来说，在建筑工程检测鉴定中，动力特性测试通常仅需对建筑结构施加小振幅试验，不需要让建筑经历过大的震动，能够避免建筑结构的损坏，所以在测试中，往往会在现场使用结构实物进行测试。

但就目前来看，建筑结构的动力特性参数逐渐被应用到了进一步的地震研究上，此时，就涉及对建筑结构的风震反应研究，此时就需要在实验室中采用模型试验的方式对建筑的动态特性进行测试。

二、动力特性测试技术方法

(一) 人工激振法

人工激振法是一种早期的结构动力特性测试技术方法，此种方法产出的数据资料较为直观也容易处理。此种技术方法在具体的测量方法上涵盖自由振动法、强迫振动法。其中，自由振动法就是采用初速度或初位移的突

加或突卸荷载的方式，对结构施加冲击荷载使其产生自由振动的测试方法。在此种测试方法，通过使用测量仪器进行检测记录即可获取结构的有阻尼自由振动曲线，然后再量取振动波形的周期，按照公式 $f=1/T$ ，其中， T 为周期、 f 为自振频率，就可以得到结构的有阻尼自振频率。而强迫振动法则需要使用惯性机械离心激振器，如图 1 进行结构荷载的施加，从而使其产生周期性的简谐振动，再对激振器的振动频率进行调整，直至振幅出现一个极大值，此时激振器与结构处于共振的状态，而共振时干扰频率与结构自振频率相等，由此即可知激振器此时的振动频率为建筑结构自振频率。在上述测试中，也可以利用自由振动曲线、共振曲线按照结构动力学理论计算出阻尼。建筑结构的阻尼越大，说明其的抗震性能越好。

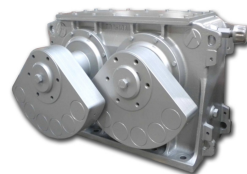


图 1 激振器图

此外，人工激振法中还包含振型测量环节。在此环节通常需要在结构上连续水平、垂直的布置测振传感器，如图 2，然后根据之前得到的振动记录，选取一个固有频率进行结构振动，然后测试该频率时各个测点的位移，再将位移值连线即可得到振型曲线，从而根据该曲线获取函数即为振型。

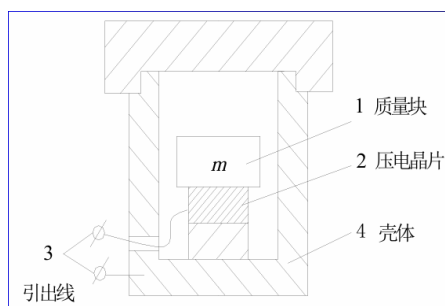


图 2 传感器图

（二）环境随机振动法

环境随机振动法是更为现代化的动力特性测试技术方法，其的形成基于计算机技术的发展，主要使用信息化的数据统计、数据处理方法进行动力特性参数的获取，而且无需采用激振设备，可以直接使用环境脉动的随机激振来完成测试，因此此种测试技术方法在现场测试上应用较为广泛。在动力特性测试中，环境随机振动法所用的设施包括控制器、数据采集系统、功率放大器等，并会通过操作控制器，对机构施加环境随机振动，并使用数据采集系统获取结构的响应数据包括位移、加速度、应变等，从而借助对这些数据的统计分析得到所需的动力特性参数包括自振频率、结构振型、阻尼系数等。

二、动力特性测试技术在建筑工程检测鉴定中运用策略

（一）强化异常振动检测

在建筑工程检测鉴定中，异常振动一般提示了建筑结构存在质量、性能问题，所以，异常振动检测一直以来都是一项重要检测鉴定项目，而动力特性测试技术作为一种针对建筑结构重要参数的有效测试技术方法，将其应用到异常振动检测中有利于更加准确、及时地识别建筑结构中存在的风险因素，从而为建筑结构的维护、整修等工作提供参考。在异常振动检测中，考虑到大部分情况下的异常振动均源于建筑结构内的生产设备振动，所以，通常将这种异常振动分为两种情况。一种是生产设备振动的频率与建筑结构相同形成共振，另一种为建筑结构本身的刚度不足使得其在被迫振动时出现了较大的振幅。对此，在动力特性测试时，需要前往现场进行动力特性测试，所以，可以直接使用对于现场测试较为有利的环境随机振动法，并在生产设备开启、关闭的两种情况下分别对建筑结构进行动力特性测试，再根据结果查看是否存在共振的情况、建筑结构本身的刚度是否符合要求，由此实现对动力特性测试技术的应用。但在此过程中，需要注意，应当先做好现场勘查，并在生产设备开启时进入到建筑结构中，评估各区域的振感水平，锁定震感最为明显的区域作为重点监测区域，以得到更为确切具体的参数信息。但如果生产设备不允许关闭，那么也可以仅在开启时对建筑结构进行动力特性测试，获取相应的参数信息，并从测试结果上初步观察是否存在共振、振幅较大等异常振动情况，再采用有限元分析的方式运用测试得到的数据进行建模分析，以进一步检测建筑工程结构是否存在异常振动，强化异常振动检测效果。

（二）做好新型结构性能鉴定

新型结构性能检测鉴定是动力特性测试技术的重要应用方向，其旨在确定新型结构是否能够满足实际的使用需求，从而保证新型结构应用的安全性和有效性。在动力特性测试技术的应用中，可以使用人工激振法，或环境随机振动法，结合有限元分析法，对新型结构的动力特性进行深入分析和评估，借此明确新型结构的力学性能是否符合使用要求。在此情况下，测试技术的应用主要针对新型结构的阻尼、振型测量。对于新型结构来说，阻尼对其的振动效应所产生的影响力较高，而且由于阻尼本身受结构材料、形式、连接、支座这几个重要因素有关，所以，阻尼这一参数本身可以提示上述各个要素存在的问题。通常来说，新型结构的阻尼越大，说明其的结构弹性越小，能够更好地消耗地震荷载能力，对于结构的稳定性有利。为此，在新型结构性能鉴定上，应当加强测试技术在阻尼测量上的应用，以保证鉴定结果的可靠性。在此过程中，自由振动法可以直接确定阻尼，同时也可以利用强迫共振曲线得出阻尼参数，或者采用动力系数进行阻尼比的求解。而新型结构的振型则包含了结构固有位移振型的全部信息，可以反映出结构的动态质量和动态刚度分析状态，能够用于分析结构振动响应水平，从而为结构的抗震优化提供参考。为此，应当根据实际情况和检测鉴定需求，选择合适的振型测量方法，以确保测量结果的有效可靠，从而保证新型结构性能鉴定工作质量。

（三）落实保护性监测应用

在建筑工程领域，动力特性测试技术也常用在历史性建筑的检测上，旨在监测其结构的性能状态，以便于及时对结构进行保护性的维修和调整，让建筑结构能够得到更好的保留。在此方面，由于阻尼比是判断结构受损的重要依据，而且其无法通过理论计算得出，所以在保护性监测中，通常需要前往现场进行动力特性测试操作，以获取阻尼比作为保护性维护工作的开展方向。在此过程中，一般需要先采用有限元分析的方式，全面收集建筑结构的数据信息对建筑物进行建模分析，即可得出可能存在不稳定因素的结构部分，此时就可以到现场使用动力特性测试技术，对有限元分析定位的结构部分进行测试验证，得出该部分结构的阻尼比，进一步确认其是否存在不稳定因素，以便于及时进行保护性的修缮。但在此过程中，需要注意，如果阻尼比出现了增大，通常提示结构内部可能存在松动，但由于动力特性测试结果无法给出具体的结构松动信息，同时有限元分析也受限于结构的复杂性、网格划分精

度因素，难以给出可靠的信息，所以，最终的修缮方案仍要基于该阻尼比，结合其他的相关调查数据和历史资料予以制定，从而保证动力特性测试技术的有效运用^[1]。

（四）合理选择和布置传感器

在动力特性测试技术的应用中传感器是一个必不可少的工具，其主要负责收集振动状态下的建筑结构反应信息，是各类最终数据结果形成的重要基础，所以，为了保证测试结果的可靠和准确，需合理选择和布置传感器，以减少数据信息收集的误差，提高测试技术的应用效果^[2]。在目前的建筑工程检测鉴定中，传感器的选择通常秉承“技术先进、性能优越、稳定和兼顾性价比最优”选择，且应优先选择稳定性好、精度高、抗干扰能力强、信噪比满足测试需求的传感器，同时也要确保传感器具有自补偿功能，可以满足实际结果环境要求。具体来看，所用传感器的实际量程应当达到其满量程的80%，而且采样频率应当超过检测结构关注频率的10倍以上，同时，如果所采用的动态测试方案对实时监测的要求较高，那么就需要重点考虑传感器的传递函数、频率响应函数，以及动态标定、校准，以确保其收集到的数据能够满足测试要求^[3]。

在布置上，则需要适当增加重点监测区域的布置数量，而且应当尽量将传感器布置在有明显严重病害和损伤，以及结构响应最不利的区域，从而更好地检测到结构的情况，为后续的处理提供参考，同时要将传感器布置在遵循工程经验，或按照有限元分析结果给出的关键控制区域，或极值区域，确保测试结果能够有效地反映出结构中存在的问题^[4]。

（五）保证动态数据采集系统性能

在测试技术的应用中，动态数据采集系统一般包括激振系统、信号放大调理器具、动态信号采集分析仪等。为了保证采集系统的性能，需采用带低通滤波功能的多通道放大器，而且滤波应超过24dB/oct，同时放大器的低频要在0.5Hz以下，高频应超过传感器的上限频率，尽量让频响足够宽，从而更好地控制测试参数，提高测试结果的准确性。在数据采集与记录上，最好使用多通道数据采集和存储系统，并选择16位以上的A/D转换器，优先使用24bit及以上的A/D转换器，同时也要做好其他的调试和配置，确保系统准确度可以达到0.5%以上，同时相位一致性偏差能够低于0.1ms。此外，为了保证测试的连贯性，最好采用电池供电或交流供电的数据采集系统。其中，对于电池供电的采集系统，应确保

其能够连续作业8h以上，同时应变数据采集作业能够持续6h以上。

（六）加强数据预处理

在测试技术的应用中，通常存在多种干扰因素可能会对数据采集结果产生干扰，所以，为了进一步保证测试结果的准确性，还要加强数据的预处理。在数据预处理找哦哦那个，需要将采集到的数据进行标定变化借此将其还原成为具有相应物理单位的数字信号数据。对于振动信号数据，考虑到其可能会受到放大器温度变化，出现零点漂移的情况，同时也受周围环境等因素的干扰，导致其含有一定的趋势项，所以，也要对振动信号数据予以消除趋势项处理。在数据预处理中，还可以采用FFT进行频率分析，对信号加窗函数处理以消除旁瓣干扰，同时对环境激励信号予以全程的频域平均，平均次数32次以上、重叠率超过1/2，由此进一步消除相关的干扰。此外，还可以采用数学运算从所获取到的离散信号中，选择所需的信号，然后使用数字滤波进行信号过滤，减少干扰因素的含量，确保所采集到的数据能够更好地应用到测试中，深入优化建筑工程结构动力特性测试技术的应用效果^[5]。

结语

综上所述，积极推进动力特性测试技术在建筑工程检测鉴定中的有效运用，对于建筑工程结构的维护和优化调整具有重要意义。在测试技术的应用中，应当关注异常振动检测、新型结构检测、保护性监测等方面，而且应当做好相关的技术操作，以确保输出的检测鉴定结果能够满足使用需求，从而支持对建筑工程力学性能的准确评估和鉴定。

参考文献

- [1] 吴昊，贺阳，江洋等. 组合减震技术在加固改造项目中的应用[J]. 建筑结构, 2024, 54(18): 82-86+75.
- [2] 吴体，肖承波，刘汉昆等. 动力特性测试技术在结构加固效果判断中的应用案例分析[J]. 四川建筑科学研究, 2023, 49(06): 68-74.
- [3] 简洪树，金楠，伍永靖邦等. 既有玻璃幕墙检测技术的研究进展[J]. 工业建筑, 2022, 52(10): 9-15.
- [4] 姜建伟. 结构动力特性测试技术在既有大跨度钢结构公共建筑中的应用[J]. 建筑监督检测与造价, 2022, 15(04): 7-11.
- [5] 陈辉，肖承波，吴体. 某木结构历史建筑的鉴定与加固[J]. 四川建筑科学研究, 2021, 47(01): 1-7.