

高速列车乘客座椅振动实验室测试方法
(征求意见稿)
编制说明

标准起草组

2025年03月

目 录

一、 任务来源，起草单位，协作单位，主要起草人	1
二、 制定标准的必要性和意义	1
三、 主要工作过程	2
四、 制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系	2
五、 主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述	2
六、 重大意见分歧的处理依据和结果	4
七、 采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比情况	4
八、 贯彻标准的措施建议	5
九、 其他应说明的事项	5

一、任务来源，起草单位，协作单位，主要起草人

随着轨道车辆装备技术的发展与高速列车运行速度的不断提高，由轨道不平度、轮轨接触、空气动力等激励产生的振动加剧，经由轮轴、转向架、车体和座椅最终传递给乘客。车辆座椅动态性能的好坏决定乘客振动响应的大小，是乘客体验和乘坐舒适性的关键指标。

为实现轨道车辆乘客座椅振动舒适性的规范化测试及评估，支撑座椅的人因振动舒适性设计，提升乘客的乘坐舒适度，需要制定更能反映实际工况的座椅系统响应的、符合我国车辆与线路特点的本土化测试评估标准，国家高速列车青岛技术创新中心向中国交通运输协会提交了《高速列车乘客座椅振动实验室测试方法》团体标准提案。

根据中国交通运输协会发布的“2022年度第三批团体标准项目立项的公告”（中交协秘字〔2022〕3号）要求，由国家高速列车青岛技术创新中心联合多家单位作为起草单位，负责本标准的编制工作。

牵头单位：国家高速列车青岛技术创新中心。

参编单位：浙江大学、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中车长春轨道客车股份有限公司、中车唐山机车车辆有限公司、山东鑫隆晟轨道交通有限公司。

主要起草人：刘韶庆、黄珊、邱毅、孙林峰、刘迟、尹玮倓、姜良奎、张婵娟、贾旭、董涛涛、赵新利、张文敏、彭垒、李图跃。

二、制定标准的必要性和意义

欧美国家对轨道车辆乘客座椅振动舒适性测试评估方法的研究起步较早。2001年，由德、法、英、美等国家主导，研究和颁布了专门用于控制轨道车辆乘客座椅动态性能的实验室测试与评估的国际标准（ISO 10326-2: 2001 Mechanical vibration - Laboratory method for evaluating vehicle set vibration - Part 2: Application to railway vehicles）。近年来，ISO/TC 108/SC 4分标委又组织了专门的专家工作组，对ISO 10326-2: 2001标准进行了修订，新版已于2022年3月正式发布。

国内对轨道车辆乘客座椅振动舒适性测试评估方法的研究起步较晚，2010年颁布的GB/T 18707.2-2010《机械振动 评价车辆座椅振动的实验室方法 第2部分 应用于机车车辆》完全由ISO 10326-2翻译而成。其主要基于伪随机激励与正弦激励试验得出的数据而研究制定，并且尚未使用复现的真实列车激励信号测量座椅传递率的方法，不能更好地反映实际工况的座椅系统响应。目前，在高速列车、磁悬浮列车及其它轨道车辆领域，作为旅客界面重要组成部分的乘客座椅，其振动舒适性的评估缺乏能反映实际工况的统一的指导规范，进而无法有效支撑座椅的动态性能设计优化。

尽管乘客在铁路车辆上感受到的振幅通常较低，但实际上座椅坐垫和座椅靠背处的振动加速度有可能大于车体与构架的加速度激励。编制高速列车座椅振动实验室测试方法标准，可以构建座椅及其各组件的动态特性理论体系，为选择最佳的座椅组件提供有效指导，进一步提高乘客的舒适度。实验室测试能够输入明确并可重复的激励，是一种与现场调研互为补充的研究方法。

综上，为实现轨道车辆乘客座椅振动舒适性的规范化测试及评估，支撑座椅的人因振动舒适性设计，提升乘客的乘坐舒适度，需要制定更能反映实际工况的座椅系统响应的、符合我国车辆与线路特点的本土化实验室测试评估标准。

三、主要工作过程

本标准通过收集既有工程应用经验，以及相关研究成果、试验测试结果及使用单位反馈信息，确定标准编制方向。经中国交通运输协会立项和大纲审批通过，根据评审会专家意见，形成征求意见稿，报中国交通运输协会评审。再根据评审会专家意见进行补充、修改，经中国交通运输协会同意，挂网征求意见。针对反馈意见，提出处理办法，进行补充、修改，形成送审稿。经中国交通运输协会同意，进行专家审查。根据专家审查会形成的专家意见进行修改，形成报批稿，上报审批。

四、制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

本标准制订的基本原则是以现有研究工作为基础，参照国家规范、标准，依据GB/T 2298-2010《机械振动、冲击与状态监测 词汇》的基本规定要求，针对轨道车辆座椅振动舒适性实验室测试、分析与评估方法进行定义、描述和规范。

本规程编制过程中，查阅了下列规范、标准和技术规程：

- 1 GB/T 2298-2010《机械振动、冲击与状态监测 词汇》
- 2 GB/T 13823《振动与冲击 传感器的校准方法》
- 3 GB/T 14412-2005《机械振动与冲击 加速度计的机械安装》
- 4 GB/T 18707.1-2002《机械振动 评价车辆座椅振动的实验室方法 第1部分：基本要求》
- 6 GB/T 20485《振动与冲击传感器的校准方法》
- 5 GB/T 23716-2009《人体对振动的响应 测仪器》
- 7 ISO 13090-1《机械振动和冲击 真人测试和试验安全指南 第1部分：全身机械振动与反复冲击》

现行国家标准GB/T 18707-2002《机械振动 评价车辆座椅振动的实验室方法》对轨道车辆座椅振动实验室测试与分析做了初步的规定，但其完全等同采用ISO 10326标准内容，未考虑国内座椅振动试验的真实情况，并且主要基于伪随机激励与正弦激励试验得出的数据而研究制定，尚未使用复现的真实列车激励信号测量座椅传递率的方法，不能更好地反映实际工况的座椅系统响应。上述内容是本项目着重解决的问题之一。

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

4 实验目的

说明了座椅实验室测试的测量位置、方向、参数。

说明了振动沿x、y、z方向从座椅底部到人体与座椅交界处的传递特性的表征方法。

5 试验座椅和乘坐者

5.1 实验座椅

规定了试验座椅的基本要求、在试验台上的紧固要求与初始磨合要求。

5.2 乘坐者

规定了乘坐者的测试顺序、乘坐者的坐姿、体重等。

6 测试设备

6.1 一般要求

测量设备应符合 GB/T 23716-2009关于 I 型仪器的规定。

6.2 振动台

实验室测试应使用可在待测座椅安装点处连续施加纵向（x）、横向（y）、垂向（z）方向激励的振动台。

规定了在振动台开展测试的安全防范要求。

主要依据为 ISO10326-1:2016《机械振动 - 用于评估车辆座椅振动的实验室方法 - 第1部分:基本要求》。

6.3 测量器具

规定了测量用的半刚性材料的薄座板或圆形安装盘的形状、尺寸、硬度、安装要求，以及与薄座板相匹配的角度调节装置要求。

7 试验方法和步骤

7.1 坐标系的确定

定义了测试方法所需的坐标系。

主要依据为ISO 2631-1:1997《机械振动与冲击 人体处于全身振动的评价 第1部分:一般要求》。

7.2 测量位置

规定了加速度测量位置。

规定了测试位置布置要求，包括薄座板位置布置和圆形安装盘位置布置。

7.3 振动激励计算和生成方法

规定了振动激励计算与生成的一般要求。

规定了伪随机激励信号的生成方法、功率谱密度的计算方法、均方根加速度的计算方法、振动台上的响应的滤波和均衡要求、容许误差等。

规定了正弦激励的要求与产生流程、复现激励的要求与信号生成方法。

本条内容主要依据为ISO 10326-2:2022《机械振动. 评估车辆座椅振动的实验室方法. 第2部分:铁路车辆的应用》。

7.4 试验步骤

规定了测试的初始程序。

规定了伪随机激励和复现激励试验中激励信号的要求、立即试验流程、应计算的试验结果等。

规定了正弦激励信号的要求、激励试验流程、应计算的试验结果。

8 数据处理

本条内容主要依据为ISO10326-1:2016《机械振动 - 用于评估车辆座椅振动的实验室方法 - 第1部分:基本要求》。

8.1 伪随机激励和复现激励

规定了使用伪随机激励或接近实际振动环境的复现振动激励时,描述测试座椅的振动传递特性的表征方法。

规定了系统振动传递特性表征量的计算方法,包含座椅频响函数、相干函数、振动传递率、计权振动传递率等。

8.2 正弦激励

规定了通过两种幅值的正弦激励下获得的两频响函数幅值之差与其中较高值的比值,判定座椅响应在测试涉及的频率与方向上是否存在非线性行为。

9 试验报告

9.1 座椅

规定了座椅的描述和记录要求。

9.2 乘坐者

规定了应注明每名乘坐者的体重、身高、性别和年龄。

9.3 测量链

规定了测量链应符合GB/T 18707.1中的要求。

9.4 测试结果

规定了测试结果的规范书写。

六、重大意见分歧的处理依据和结果

本标准制订过程中尚未发生过重大意见分歧。

七、采用国际标准和国外先进标准的,说明采标程度,以及与国内外同类标准水平的对比情况

本标准使用重新起草法修改采用GB/T 18707.2-2010《机械振动 评价车辆座椅振动的实验室方法 第2部分 应用于机车车辆》。

本文件与GB/T 18707.2-2010《机械振动 评价车辆座椅振动的实验室方法 第2部分 应用于机车车辆》的技术差异及原因如下:

——提出使用安装在半刚性安装盘内的传感器作为椅面振动加速度测试仪器的备选方案,以在不影响测试准确性的前提下降低设备制备难度(见7);

——将测量座椅传递率使用的伪随机振动信号均方根加速度值要求由 1.6 m/s^2 调整为 0.8 m/s^2 (见9.2.3);

——增加了使用复现的真实列车激励信号测量座椅传递率的方法,以获得更接近

实际工况的座椅系统响应，并更好地反映人体-座椅系统的非线性（见9.4）。

八、贯彻标准的措施建议

（1）精心组织安排，开展宣贯培训。建议由行业主管部门统一安排，召开标准宣贯会，对涉及的座椅制造厂家、座椅装备主机厂、座椅使用铁路局等单位开展标准实施培训和宣贯普及。明确轨道车辆座椅振动舒适性实验室测试方法的适用范围、振动方向、振动特性、激励类型、测量设备、试验程序、试验报告等方面的具体要求，指导轨道车辆座椅振动舒适性实验室测试分析与评估方法的实施，有效推动贯标工作的开展及落实。

（2）组织相关人员到座椅振动舒适性实验室参观学习，直观展示实验室测试、分析与评估方法；

（3）定期组织座椅制造、试验、装备、使用等各环节人员进行技术交流，不断对座椅试验分析与评估方法进行改进，保持技术领先、方法合理。

九、其他应说明的事项

铁路车辆座椅底部的振动是随机的、宽频带类型的。振动谱的复杂形式和非平稳性取决于车辆自身结构、自身荷载、车轮断面条件、轨道几何尺寸及质量状态等因素。因此本文件中规定对一名受试者乘坐的座椅在X、Y和Z坐标轴三个方向上连续施加宽频带伪随机振动的激励。其振动谱相当简单并且具有足够的量值，可以涵盖轨道上可监测到的大多数真实的振动谱，但又有很大的不同之处。

在实验室不同环境条件下的试验结果中，对人体-座椅系统不同响应点所测量的数据可用来与极限值比较。因此，本文件采用这些测试数据来确定人体-座椅系统在座椅座垫和座椅靠背在X、Y和Z轴三个方向上的频率响应函数，通过这些频率响应函数来描述带有受试者座椅的振动特性，从而得出不同激励方向、有利或不利的频率以及相应的影响。这些输入参数与不同座椅结构有关。

通过自动计算的频率响应函数可以用来评价一个与实际车辆上使用的座椅所受激励相似的特定座椅的固有特性，必须通过幅值和相位来表示。座椅垂直、横向、纵向运动之间存在耦合，因此直接比率和交叉比率是相关的，本文件中的试验规程允许这些相互作用。

计算的有效性基于测试的人体-座椅系统是充分线性的假设。如果要在实验室条件下检验这种假设，需要增加一个测试周期。在测试中，使用在伪随机激励下得到的峰值频率作为正弦曲线激励频率和高振幅模式来进行试验。

与铁路条件相关的频率范围在0.5Hz~50Hz之间。铁路座椅传递频率低于0.5Hz的振动无需进行修正。对于频率高于50Hz的振动，由于在实际使用中座椅隔离，通常振动太小而不为乘客觉察。