

# 团 体 标 准

---

## 悬挂式单轨系统 工程设计要求

(征求意见稿)

### 编制说明

2025-06-16

# 《悬挂式单轨系统 工程设计要求》

## （征求意见稿）编制说明

### 1 任务来源、协作单位

#### 1.1 任务来源

根据2024年11月5日中国城市轨道交通协会发布的《关于下达中国城市轨道交通协会2024年第二批团体标准制修订计划项目的通知》（中城轨〔2024〕64号），由中国城市轨道交通协会低运能系统分会提出，由中铁第四勘察设计院集团有限公司牵头组织有关单位编写《悬挂式单轨系统 工程设计要求》，由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会归口。项目编号：2024057-T-07，计划完成时间一年，计划于2025年11月完成。

#### 1.2 协作单位

本标准由中铁第四勘察设计院集团有限公司牵头编制，由武汉光谷交通投资集团有限公司、中国铁路设计集团有限公司、北京城建设计发展集团股份有限公司、中铁二院工程集团有限责任公司、北京交通大学、中铁十一局集团有限公司、中铁宝桥集团有限公司、中铁电气化局集团有限公司、上海富欣智能交通控制有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司、上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司参与编制。

### 2 编制工作组简况

#### 2.1 编制工作组及其成员情况

编制组由设计单位、建设单位、科研高校、施工单位、设备系统单位、车辆制造单位组成，其中，中铁第四勘察设计院集团有限公司、中国铁路设计集团有限公司、北京城建设计发展集团股份有限公司、中铁二院工程集团有限责任公司、深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司、上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司为设计单位，武汉光谷交通投资集团有限公司为建设单位，北京交通大学为科研高校，中铁十一局集团有限公司、中铁宝桥集团有限公司、中铁电气化局集团有限公司为施工单位，上海富欣智能交通控制有限公司为设备系统单位，中车青岛四方机车车辆股份有限公司为车辆制造单位。

#### 2.2 标准主要起草人及其所做的工作

本标准各参编单位的主要起草人及分工见表1。

表1 主要起草人、分工

序号	姓名	单位	工作任务分工
1	赵强	中铁第四勘察设计院集团有限公司	全文起草与统筹
2	曾敏	中铁第四勘察设计院集团有限公司	起草第9章

3	王洪刚	中铁第四勘察设计院集团有限公司	起草 1、2、3、4 章，全文标准化
4	姚应峰	中铁第四勘察设计院集团有限公司	起草第 6、7、11 章
5	董俊	中铁第四勘察设计院集团有限公司	全文起草
6	周小华	武汉光谷交通投资集团有限公司	起草第 9 章
7	陈玉江	武汉光谷交通投资集团有限公司	起草第 9 章
8	杨清梅	武汉光谷交通投资集团有限公司	起草第 9 章
9	那艳玲	中国铁路设计集团有限公司	起草第 10 章
10	石波	中国铁路设计集团有限公司	起草第 9 章
11	梁立刚	北京城建设计发展集团股份有限公司	起草第 9 章
12	陈园园	北京城建设计发展集团股份有限公司	起草第 8 章
13	单瑛	中铁二院工程集团有限责任公司	起草第 10 章
14	青岚昊	中铁二院工程集团有限责任公司	起草第 10 章
15	朱尔玉	北京交通大学	起草第 9 章
16	钱康	中铁十一局集团有限公司	起草第 9 章
17	陈伟伟	中铁十一局集团有限公司	起草第 9 章
18	吉敏廷	中铁宝桥集团有限公司	起草第 9 章
19	余锋	中铁宝桥集团有限公司	起草第 8 章
20	黎勇	中铁电气化局集团有限公司	起草第 10 章
21	吕斌	中铁电气化局集团有限公司	起草第 10 章
22	李国龙	上海富欣智能交通控制有限公司	起草第 10 章
23	季佳颖	上海富欣智能交通控制有限公司	起草第 10 章
24	李克雷	中车青岛四方机车车辆股份有限公司	起草第 6 章
25	汪科成	中车青岛四方机车车辆股份有限公司	起草第 6、12 章
26	黎冬平	深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司	起草第 5 章
27	姜钧文	深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司	起草第 5 章
28	程樱	上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司	起草第 8 章
29	刘静之	上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司	起草第 8 章

### 3 起草阶段的主要工作内容

#### 3.1 起草阶段（2024年11月—2025年6月）

2024年12月—2025年1月，召开标准编制启动会及标准工作大纲讨论会等多次会议。对标准的任务背景、工作大纲、编制计划及分工进行了讨论，确定了本标准的工作大纲及编制计划。

2025年2月—2025年3月，按照前一阶段确定的工作大纲及任务分工开展本标准的起草工作，完成标准的初稿。

2025年4月—2025年6月，将标准初稿向各参编单位征求意见，并召开会议对标准进行内部审查与研讨，经内部审定后形成标准征求意见稿，并根据低运能系统分会标准化秘书处形式审查意见修改完善，形成征求意见稿。

### 4 标准编制原则及与国家法律法规和强制性标准及有关标准的关系

GB/T 44413-2024《城市轨道交通分类》对城市轨道交通的分类和主要技术特征进行了规定，将悬挂式单轨划定为低运能系统。

CJJ/T 320《悬挂式单轨交通技术规范》对悬挂式单轨的设计、施工、验收及试运行进行了规定。

本标准在其基础上结合光谷空轨实际工程经验开展深化与细化研究，最终形成具有本标准特色的悬挂式单轨系统工程设计要求。

### 5 标准主要技术内容的论据或依据

#### 1) 运营组织相关指标的确定

悬挂式单轨属于低运能轨道交通，结合悬挂式单轨系统特征及光谷空轨实际工程经验对相关内容进行了规定。其中，悬挂式单轨运输能力参照了GB/T 44413-2024，运营定员指标参照了CJJ/T 320。

#### 2) 车辆限界参数的确定

通过调研国内悬挂式单轨车辆厂家的情况，并进行技术总结，确定本规范的车辆限界等参数。

#### 3) 线路平纵断面等相关要求的确定

结合悬挂式单轨转弯半径小、爬坡能力大等特点，结合光谷空轨实际工程项目对线路开展了相关技术研究，确定平面、纵断面、配线设置相关要求。其中，线路平面曲线、纵断面坡度、配线设置部分条文参照了CJJ/T 320。

#### 4) 轨道梁桥及道岔重要技术标准的确定

悬挂式单轨轨道梁为梁轨合一体系，形成轨道梁在上，车体在下的位置关系，其道岔与常规轨道交道岔也存在较大区别，针对轨道梁及道岔特征开展多项桥科研工作及车桥耦合、风洞等多项试验，并结合光谷空轨实际工程项目最终确定相关技术参数。

#### 5) 其余土建工程技术标准的确定

在常规轨道交通土建设计标准的基础上，结合悬挂式单轨特征对车站建筑、车站结构、地下区间结构、边坡等技术标准做出相关规定。

#### 6) 机电系统技术标准的确定

结合悬挂式单轨系统适应性，对通风、空调与供暖、给水与排水、供电、通信、信号、火灾自动报警系统、自动扶梯与电梯、站台门、自动售检票系统、综合调度指挥系统、运营控制中心等均提出适用于悬挂式单轨制式的相关技术标准。

#### 7) 其余技术标准的确定

基于悬挂式单轨特殊的梁轨位置关系，从车辆运用检修及防灾救援等方面开展大量研究，制定了车辆基地、防灾与救援等相关技术标准。

### 6 主要试验（验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

#### 6.1 主要试验（验证）的分析

本标准结合光谷空轨项目开展抗风性能试验、车桥耦合动力学仿真分析等多项工作，并根据其成果对标准的参数进行优化。

**光谷生态大走廊旅游配套设施——旅游专线一期工程**

**四设桥（2022）指令性委外 55 号**

**（YMLW22167CGWUH641Z）**

### **典型大跨桥梁抗风性能试验研究**

**（结题报告）**

中铁第四勘察设计院集团有限公司

中南大学

二〇二三年五月

## 6.2 涡振试验结果

### 6.2.1 100m 斜拉桥主梁涡振测试结果

在风洞试验前，为保证模型系统动力特性模拟的准确性，需要对节段模型进行动力特性测量和调试。动力特性测试采用自由振动法，风速为零，要求节段模型的第一阶竖弯频率和第一阶扭转频率与模型设计需要的目标频率相差在容许误差范围内，如果不符则需对系统进行调节。由于模型制作时要求其质量尽可能轻，一般来说模型竖弯质量会小于设计所需的等效竖弯质量，此时可通过添加配重来达到竖弯等效质量的要求，从而实现第一阶竖弯频率的模拟，调节配重与模型中性轴距离则可以调节扭转频率。图 6-1 为节段模型试验前的动力特性测量和调试结果，零风速下节段模型系统的阻尼，采用自由振动法并借助特征系统实现算法(ERA)识别得到。模型系统竖弯频率和扭转频率识别结果分别为 3.91Hz 和 5.80Hz，与模型系统频率设计值（竖弯为 3.994Hz、扭转为 5.904Hz）偏差在 5% 以内，阻尼比为 0.3%，满足试验要求。

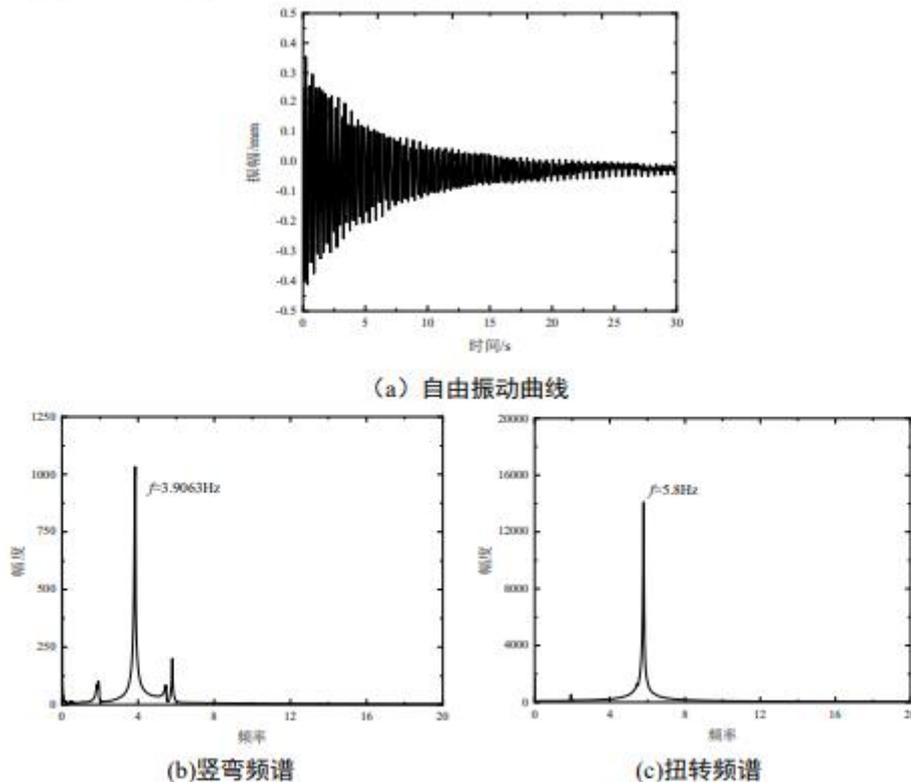
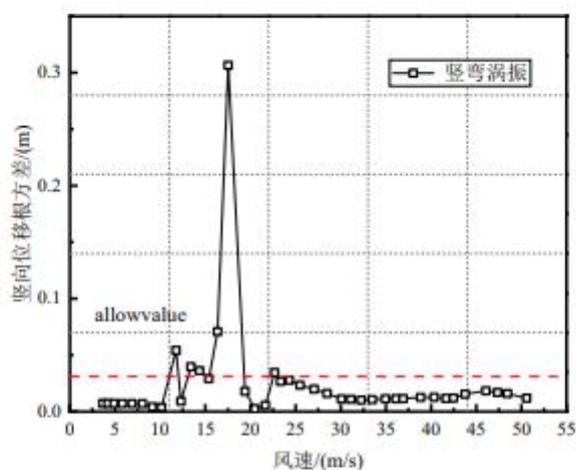
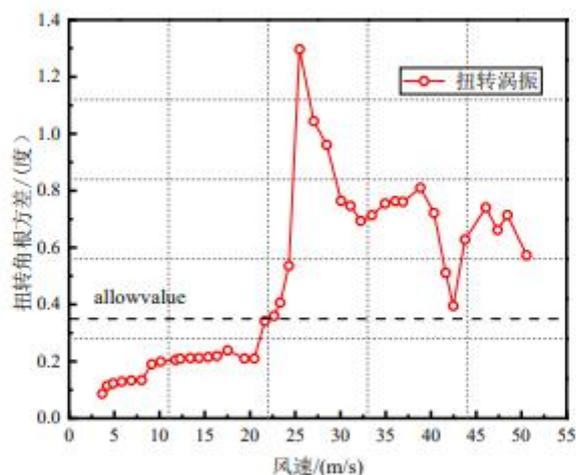


图 6-1 模型系统动力特性校核

图 6-2 为 100m 斜拉桥原主梁断面涡振测试结果。原断面在风速为 15m/s ~ 18m/s 范围内时，主梁结构发生了大幅涡激共振，振动幅值远高于公路桥梁抗风设计规范的限值。当风速大于 20m/s 时，主梁结构发生大幅扭转风致振动，当风速高于 25m/s 时，振动的振幅随风速的增大而减小。扭转振动的最大振幅也远高于公路桥梁抗风设计的要求。因此，原断面无法满足桥梁抗风设计的要求，需要探索有效控制措施。



(a) 竖向振动



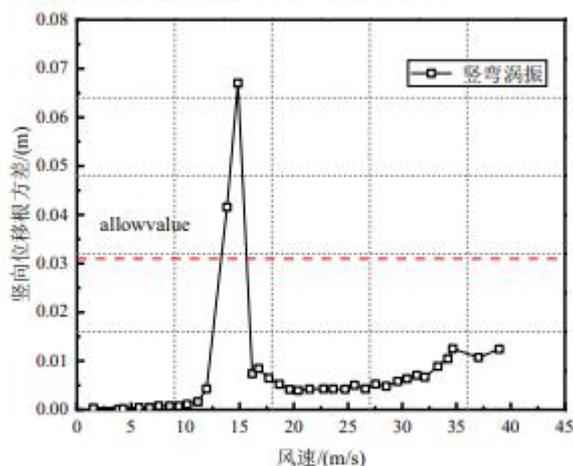
(b) 扭转振动

图 6-2 100m 斜拉桥原主梁涡振测试结果

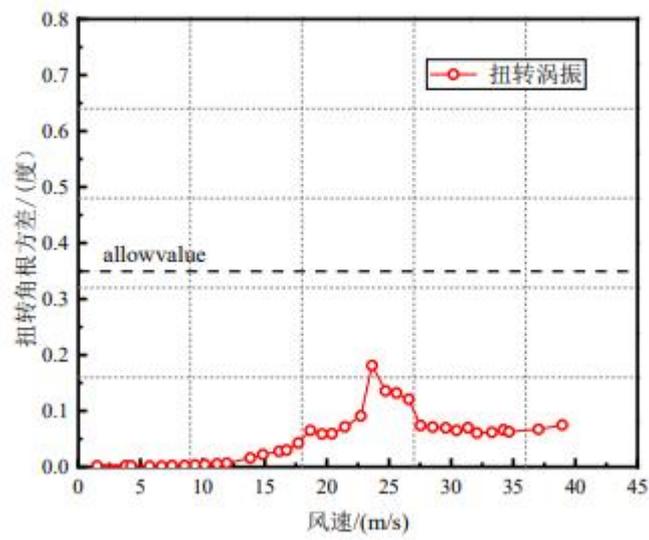
根据既有研究经验，选择了气动控制措施和阻尼控制措施对桥梁涡振进行控制，并通过风洞试验进行检验。气动控制措施包括增加封嘴和椭圆形封板、阻尼控制措施选择了 1.4%、2%和过阻尼三种工况。分别开展了风洞试验。结果显示，仅增设一项气动控制措施或者阻尼措施均无法完全抑制主梁涡激振动。因此，将气动控制措施与阻尼控制措施相结合，并通过风洞试验进行验证。部分结果如图 6-3~6-5 所示。图 6-3 为 1.2m 风嘴+过阻尼主梁涡振测试结果，与无控制措施相比，显著降低了竖向和扭转涡振，扭转涡振的振幅已低于公路桥梁抗风设计规范的要求，竖向涡振的风速范围降低到 12m/s~16m/s，振幅依然高于公路桥梁抗风设计规范的要求。图 6-4 为 1.2m 风嘴+椭圆封板+1.4%阻尼主梁涡振测试结果。增加风嘴、椭圆形封板以及 1.4%阻尼以后，主梁涡振得到了较好控制，竖向和扭转涡振的振幅均小于公路桥梁抗风设计规范的限值要求。

图 6-5 为椭圆封板+2%阻尼主梁涡振测试结果。增加椭圆形封板以及 2%阻尼以后，主梁涡振得到了较好控制，在各攻角下主梁均出现了竖弯涡激共振，但竖向和扭转涡振的振幅均小于公路桥梁抗风设计规范的限值要求。

因此，综合考虑控制效果和建设成本，建议 100m 斜拉桥采用椭圆封板+2%阻尼的涡振控制措施。而且，进一步开展主梁颤振风洞试验，检验了椭圆封板+2%阻尼的新主梁断面结构形式满足颤振稳定性的要求。

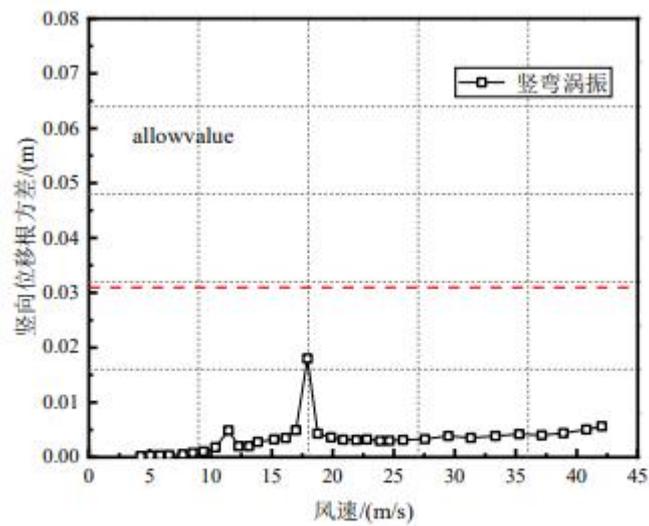


(a) 竖向振动

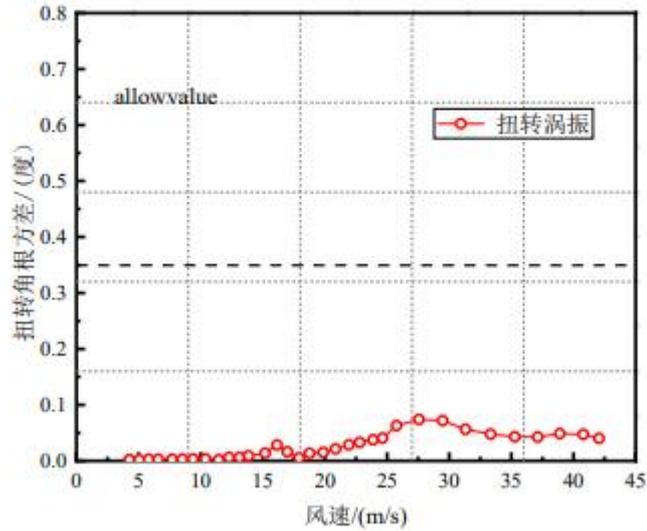


(b) 扭转振动

图 6-3 1.2m 风嘴+过阻尼主梁涡振测试结果

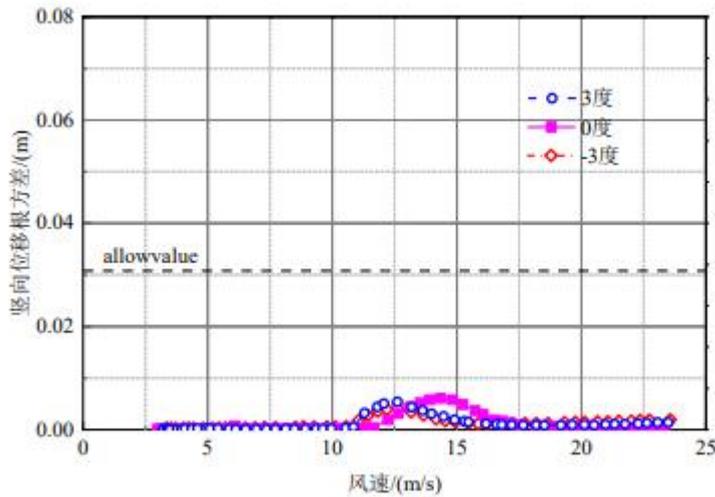


(a) 竖向振动



(b) 扭转振动

图 6-4 1.2m 风嘴+椭圆封板+1.4%阻尼主梁涡振测试结果



(a) 竖弯涡振

风洞实验结果表明,主跨 100m 斜拉桥采用气动措施后,可有效抑制主梁涡激共振。大跨度悬挂式单轨桥梁设计阶段应开展抗风性能试验,以满足技术要求,降低运营维护与整治的经济成本。

## 6.2 综述报告

本标准包括范围、规范性引用文件、术语和定义、总体要求、运营组织、车辆、限界、线路与道岔、土建工程、机电工程、车辆基地、防灾与救援、环境保护内容。

本标准适用于最高运行速度不超过 80km/h 的悬挂式单轨新建工程的设计。

本标准在编制过程中，充分调研了国内悬挂式单轨车辆厂家，认真总结了光谷空轨的实际工程经验，并对城市轨道交通相关标准规范进行充分研究，重点与行业标准进行了对比分析，并开展多次会议讨论研究，最终形成本标准征求意见稿。

本标准重点突出在行业标准基础上优化改进的地方，尤其是轨道梁桥章节提出了更具实践意义的条文参数，同时在运营组织、车辆、线路与道岔、机电系统、车辆基地、防灾与救援章节提出了更适用于该制式特点的技术要求，并考虑可能存在地下区间的情况，增加了地下区间结构及边坡等章节内容。针对与常规轨道交通及行业标准相同或相似的内容本标准进行大幅简化，直接写明引用相关标准。

### 6.3 技术经济论证

本标准在编制过程中重点考虑悬挂式单轨制式的安全性、平稳性、舒适性，确保该制式能有更好的乘客体验感。同时充分考虑制式的经济性，对土建及机电系统章节相关技术要求进行优化，确保降低项目投资，提升该制式的经济性。

其中，标准跨度轨道梁桥可采用销轴和支座连接，大跨轨道梁桥宜采用支座连接。由于采用支座链接，墩梁连接可应用 T 墩+双悬挑式支座支承体系，由于采用了混凝土桥墩形式，节省了桥墩用钢量，综合造价节省约 10%。

### 6.4 预期的经济效果

预期该标准实施后，可优化悬挂式单轨制式的项目投资，提升该制式的生命力，有利于推广该制式的应用。

### 7 采用国际标准的程度及水平的简要说明

无。

### 8 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

### 9 贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容）

待本标准发布后，成立标准宣贯工作小组，组织标准宣贯培训班，向国内相关行业的建设单位、设计单位宣贯本标准，由标准制定人员主讲。同时建议将本标准在国内后续悬挂式单轨项目进行应用实践，并不断优化相关设计参数，及时更新设计条文，持续改进。

### 10 其他应予说明的事项，如涉及专利的处理等

无。