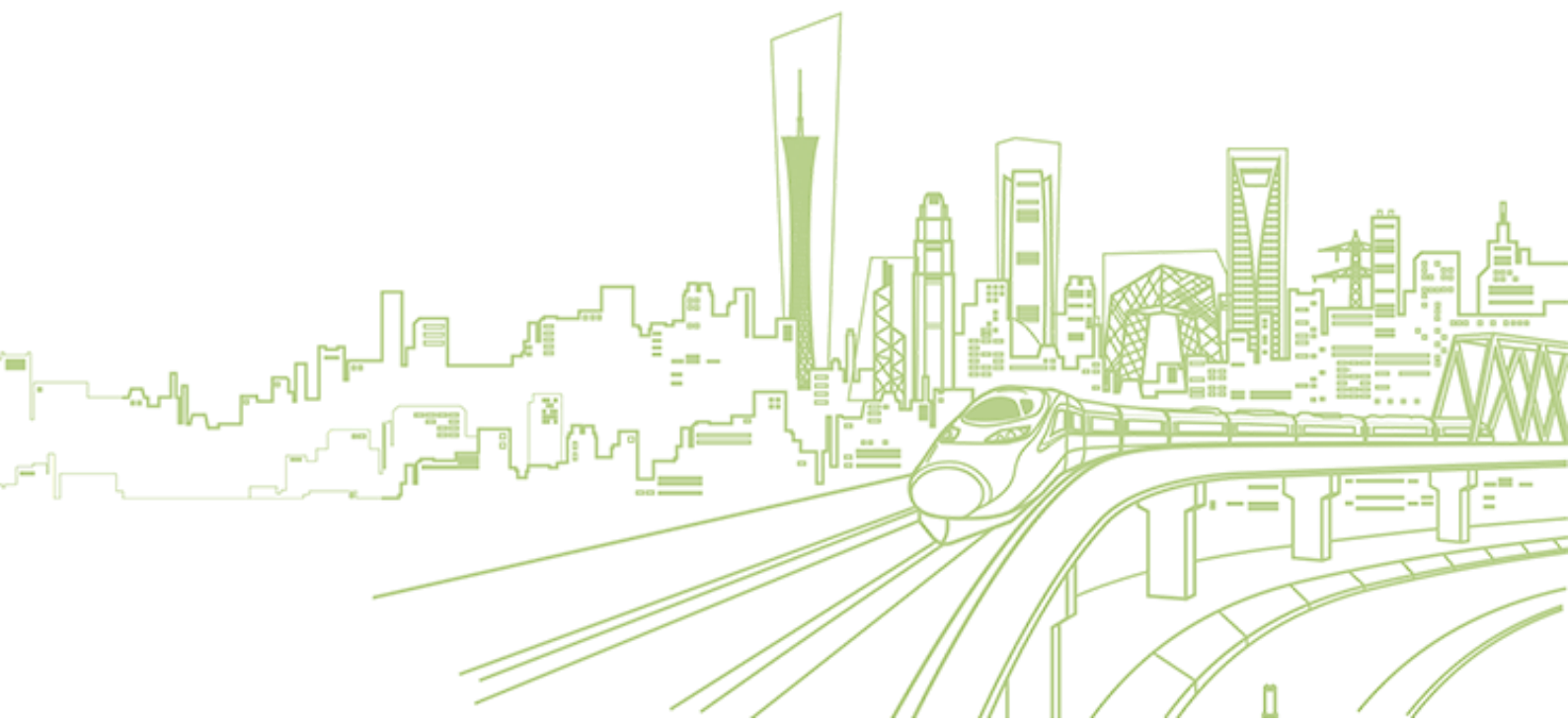


# 2020 年度報告

國家軌道交通電氣化與自動化工程技術  
研究中心香港分中心





# 年报目录

中心主任致辞	1
2020 年铁路工程香港分中心概览	3
• 基本情况	3
• 人才队伍	3
• 财务状况	5
2020 年铁路工程香港分中心研发活动	7
• 科研项目	7
• 研究进展	8
• 科研成果	20
2020 年铁路工程香港分中心合作交流	29
• 合作协议	29
• 会议参加	29
• 技术交流	31
• 中心讲座	33
• 来宾参访	33
附录 1：仪器设备	35





## 中心主任致辞



过去一年，突如其来的疫情在世界范围内爆发，打击各行各业的发展，我们也受到影响，但疫情没有让我们停下脚步。

从《粤港澳大湾区发展规划纲要》中强调加快基础设施互联互通，到 2020 年国家发展改革委印发的《关于粤港澳大湾区城际铁路建设规划的批复》提到打造“轨道上的大湾区”，可见无论是宏观战略还是具体政策，各级政府都对湾区轨道交通的发展给予高度关注和支持。国家轨道交通电气化与自动化工程技术研究中心香港分中心（简称“铁路工程香港分中心”）抓住机遇，积极参与大湾区的发展，助力粤港澳大湾区在轨道上腾飞。在过去一年，铁路工程香港分中心作为副主编单位参与《粤港澳大湾区轨道交通行业发展报告》撰写，联合大湾区各高校、企业积极申请广东省科技计划项目、港粤科技成果来粤转化项目、教育部新工科研究与实践项目、上海市港澳台科技合作项目等科研项目。另外，中心与中国铁路广州局集团有限公司、广州地铁集团有限公司、中铁广州工程局集团有限公司等大湾区机构开展了例如广汕高铁建设、广州地铁噪声振动控制等各类工程项目合作。

在过去的 2020 年，中心成员克服疫情期间的种种困难，开展了一系列富有成效的科研活动。自主研发的车载、轨载监测系统安装于上海临港磁浮试验线路进行了长达 5 月的现场测试工作，研究高架桥梁体刚度、轨道异常、车辆振动和道岔优化设计等问题；在温州市域铁路连续开展 4 次现场测试，研究铁轨噪声、减振降噪措施、钢轨波磨等问题；在深圳地铁开展曲线段钢轨波磨状态测试；在广西南宁地铁开展车辆转向架振动评估等。一系列针对性的现场测试和调研活动，为科学研究提供了丰富的数据资料。

最后，特别感谢国家科技部、香港特区政府创新科技署和香港理工大学对中心工作的大力支持。在新的一年里，再接再厉，争取在新的年度里更进一步。

倪一清 讲座教授，严、麦、郭、钟智能结构教授  
国家轨道交通电气化与自动化工程技术研究中心  
香港分中心 主任



## 2020 铁路工程香港分中心概览

### 基本情况

国家轨道交通电气化与自动化工程技术研究中心香港分中心（简称“铁路工程香港分中心”）于 2015 年 11 月经国家科学技术部正式批准成立，由香港特区政府创新科技署和香港理工大学提供中心日常运作和研究经费支持。中心利用依托单位香港理工大学在先进传感、智能材料制备及数据处理方法等领域的优势，整合全校相关科研资源，建立跨学科联合研发团队。



**使命：**研发融合智能材料与先进大数据分析方法的服务于铁路系统的前沿监测技术

**愿景：**以安全性和可靠性为重点，加速推进智能轨道交通建设，把创新的轨道交通监测技术从香港推广到整个亚洲乃至全世界

在 2020 年里，铁路工程香港分中心在重大科研项目申请、工程项目开展、合作关系加强等方面取得了重大进展。

以下为 2020 年铁路工程香港分中心的工作详述。

### 人才队伍

铁路工程香港分中心包括 13 名核心科研成员。为保障中心各项科研活动顺利进行，分中心广纳理大各系教职员主持或参与中心的科研项目，同时积极招募贤才支援科研活动。

表 1.1 铁路工程香港分中心核心科研人员

序号	成员	学系	备注
1	倪一清 讲座教授	土木及环境工程学系	分中心主任
2	李镜权 教授	电机工程学系	分中心副主任
3	何兆鏐 讲座教授	电机工程学系	项目负责人
4	谭华耀 讲座教授	电机工程学系	项目负责人
5	成利 讲座教授	机械工程学系	项目负责人

6	曹建农 讲座教授	电子计算学系	项目负责人
7	丁晓利 讲座教授	土地测量及地理资讯学系	项目负责人
8	郑家伟 教授	电机工程学系	项目负责人
9	柯少荣 教授	电机工程学系	项目负责人
10	苏众庆 教授	机械工程学系	项目负责人
11	朱松晔 教授	土木及环境工程学系	秘书长
12	王丹 副教授	电子计算学系	项目负责人
13	景兴建 副教授	机械工程学系	项目负责人

表 1.2 主持中心专项的其他理大教职员

序号	成员	学系	备注
1	纪宏霖 研究助理教授	建筑及房地产系	项目负责人
2	杨许生 助理教授	工业及系统工程系	项目负责人
3	黎绍佳 助理教授	土木及环境工程学系	项目负责人

表 1.3 2020 年铁路工程香港分中心招聘人员

序号	姓名	职务	任职期间	
1	Lu Zhou	研究助理教授	2019/4/1	2023/6/30
2	Jin Guo	研究员	2019/1/25	2020/3/24
3	Cui-Dong Xu	研究员	2019/9/16	2020/6/30
4	Xiang-Yang Xu	研究员	2019/10/30	2020/10/29
5	You-Wu Wang	研究员	2019/6/7	2021/1/3
6	Seyed Masoud Sajjadi Alehashem	副研究员、研究员	2019/2/27	2021/9/9
7	Xiao-Zhou Liu	博士后研究员	2018/7/26	2020/1/25
8	Su-Mei Wang	博士后研究员	2019/4/1	2021/9/3
9	Xiang-Yun Deng	博士后研究员	2019/9/25	2022/2/28
10	Chih-Shiuan Lin	博士后研究员	2020/2/29	2022/2/26
12	Cai-Ling Fu	博士后研究员	2019/10/03	2020/10/2
13	Chuan-Rui Guo	博士后研究员	2020/8/28	2021/1/3
14	Xi-Zhen Xu	博士后研究员	2020/10/26	2021/10/15
15	Yan-Peng Wang	博士后研究员	2019/6/11	2020/6/10
16	Chao Zhang	副研究员	2020/2/17	2022/2/16
17	Qiu-Hu Zhang	研究助理、副研究员、 博士后研究员	2019/9/5	2022/10/4
18	Si-Qi Ding	研究助理、副研究员 博士后研究员	2019/9/6	2022/3/5
19	Chi Xu	研究助理、副研究员	2017/1/10	2020/12/25



20	Yee-Yan Chan	副研究员	2019/9/9	2020/9/8
21	Yang Lu	研究助理	2018/10/2	2022/3/31
22	Gao-Qiang Kang	研究助理	2019/7/16	2020/1/15
24	Tai-Tung Wai	研究技术助理	2017/1/23	2024/1/22
25	Wing-Hong Kwan	研究技术助理	2017/10/4	2021/3/31
26	Zi-Xin Su	研究行政助理	2019/8/20	2020/2/19
27	Yuk-Yee Chow	研究行政助理	2020/6/3	2021/6/2
28	Chen-Xing Zhang	研究助理、副研究员	2020/2/14	2022/2/16
29	Xiang-Tao Sun	研究助理	2020/9/25	2021/9/11
30	Gao-Feng Jiang	研究助理	2020/10/22	2021/10/21
31	Yu-Ling Wang	研究助理	2020/10/14	2021/4/13
32	En-Ze Rui	研究助理	2020/10/14	2021/8/31
33	Lei Yuan	研究助理	2020/8/24	2020/12/31
34	Kai-Zhen Liu	研究助理	2019/9/2	2020/2/28
35	Qian-Cheng Wang	研究助理	2019/10/2	2020/1/31
36	Wan-Ting Sun	副研究员	2019/9/2	2020/8/30
37	Lo-Long Yin	研究助理	2019/6/20	2020/6/19
38	Shen-Bo Shan	副研究员	2019/7/8	2020/7/7
39	Yang Liu	研究助理	2019/7/21	2020/7/20
40	Wen-Zheng Xu	研究助理	2019/7/22	2020/3/31
41	Chi-Ho Chan	研究助理	2019/12/2	2020/1/31
42	Wai-Kin Lau	研究助理	2019/12/2	2020/12/1
43	Ru-Qi Sun	研究助理	2020/9/1	2020/11/30

## 财务状况

2020 年度，铁路工程香港分中心的财政状况如下：

### 一. 收入：1500 万港币

- 创新科技署经费 1000 万港币\*
- 香港理工大学经费 500 万港币

\* 从 2019/20 财年 (4/1) 开始，创新科技署的资助从 500 万港元增加到 1000 万港元

### 二. 支出：1500 万港币

- 研究经费 290 万港币
- 人力成本 405 万港币
- 设备购买 760 万港币
- 日常开支 45 万港币

## 2020 铁路工程香港分中心研发活动



### 科研项目



### 申请的科研项目

2020 年度，铁路工程香港分中心牵头/合作申请科研项目 10 项，其中 7 项已成功获批资助，获资助总金额 400 多万，另外 3 项正在评审中。项目来源包括香港政府重点项目、国家教育部项目、各省市国际/港澳台合作项目等，项目详情见表 2.1。

表 2.1 2020 年度申请的科研项目

序号	科研项目	项目来源	金额 (万)	备注
1	列车轴承伤损轨旁声学诊断技术研究	四川省国际科技创新合作/港澳台科技创新合作项目	RMB 50	获批
2	基于惯容器的新型结构减振装置研发及其工程应用	广东省国际科技合作项目	RMB 99	获批
3	粤港澳大湾区新工科交通工程人才培养与实践	国家教育部新工科研究与实践项目	RMB 50	获批
4	基于机器视觉的轨道几何状态监测分析系统	五邑大学港澳联合研发基金	RMB 40	获批
5	多场耦合的超高速磁浮车辆关键气动检测技术研究	五邑大学港澳联合研发基金	RMB 40	获批
6	基于图像处理的高速轨道检测机器人	泉州市科学技术局	RMB 50	获批
7	高频动刚度及阻尼特性对轮轨滚动接触行为及轮轨系统振动影响机理研究	中国铁道科学研究院科研项目	RMB 100	获批
8	城轨钢轨短波不平顺状态智能监测平台研发及应用	广东省科学技术厅	RMB 100	评审中
9	基于机器学习的风力发电机塔筒智能安全评估与预警技术	上海市科技创新行动计划港澳台科技合作项目	RMB 60	评审中
10	INTACT: Intelligent anti-tropical-storm system for coastal cities	香港特区政府研究资助局 2021/22 年度主题研究计划	HKD 4505	评审中



## 设立的科研课题

2020 年铁路工程香港分中心设立研究课题 2 项，项目详情见表 2.2。

表 2.2 2020 年度铁路工程香港分中心设立的科研项目

序号	科研项目	项目负责人	学系	起止时间
1	Development and Design of Energy Harvesting System for Applications in High-speed Railway	郑家伟教授	电机工程学系	2020.12.1 - 2021.9.30
2	Development of a New Energy Harvesting Technique and Its Application in Railway Engineering	黎绍佳助理教授	土木及环境工程学系	2020.12.1 - 2021.10.30



## 研究进展



### 香港研究资助局研究影响基金项目

铁路工程香港分中心正在开展一项题为“保障铁路系统安全性、准时性及舒适度技术与方法研究：从城市地铁系统到全国高铁网络”的香港研究资助局研究影响基金项目（Research Impact Fund, RIF）。该项目为期 48 个月，从 2019 年 6 月 1 日到 2023 年 5 月 31 日。项目总经费为 8,437,600 港币。其中，5,892,320 港币由香港研究资助局资助；1,445,280 港币来自于香港理工大学的配套资金；600,000 港币来自于香港城市大学的配套资金；500,000 港币由合作单位（西南交通大学铁路发展股份有限公司）提供。

该项目旨在利用感应器、大数据和人工智能等新技术提升铁路系统的安全、准时和舒适度。该项目有六大主要任务，分别就轮轨磨损预测、先进列车悬挂系统、智能传感技术、车轮损伤监测、钢轨短波磨检测识别、轨道裂纹远程监测等技术进行研究。并计划将技术应用到各种铁路网络，最终打造一个智慧铁路系统。

在第一年度（2019 年 6 月 1 日到 2020 年 6 月 30 日），项目组在轮轨接触、轨道交通结构健康监测算法、能量收集装置、列车悬挂系统、铁路电力系统新技术和基于光纤布拉格光栅传感器的轨道裂纹监测识别算法等方面做了大量理论和实验研究，并取得丰硕成果。为将研发的新技术与实际工程相结合，项目组已和全国范围内的多家铁路相关

单位和大学建立合作。在第一年度，已完成了多项现场测试，包括上海临港磁浮系统健康监测、株洲电力机车车体振动测试、广州地铁轨道状态检测、温州市域铁路噪声测试和港铁噪声测试（图 2.1）。作为研究成果，项目组在第一年度提交了 23 篇与项目相关的研究论文，其中 15 篇已被接收发表；提交 4 项发明专利申请，其中 2 项已获批。

在 2020 年 6 月 17 日，项目组召开了第一次项目年度会议，来自香港理工大学和香港城市大学的所有项目组成员倪一清教授、朱松晔教授、柯少荣教授、徐国良教授、林向暉博士和黎紹佳博士参加会议并汇报了研究进展（图 2.2），参加会议的还有周陆、邓向允、王素梅、王友武和华颖钰五位博士。随后，项目组于 2020 年 8 月 31 日顺利提交了项目第一年度的进展报告到香港研究资助局。



图 2.1 2020 度 RIF 项目现场测试





图 2.2 第一届 RIF 项目进展讨论会（2020 年 6 月 17 日）

## 磁悬浮系统智能健康监测

上海临港中低速磁浮试验线路系中国第一条磁浮试验线路，为中国磁浮车辆的研发提供了良好的试验平台。自 2020 年 8 月以来，铁路工程香港分中心利用自主研发的车载、轨载监测系统对此线路进行了长达 5 个月的现场测试，开展了以下具体研究：

**梁体刚度限值研究。**梁体的刚度是磁浮线路设计的重要参数，对磁浮车辆的振动有着极高的影响。为研究梁体刚度的限值，针对性的设计了两跨变高度钢梁，通过对梁体高度进行调整，实现多种梁体刚度的工况，在车辆通过时动荷载作用下，对磁浮车辆、F 轨以及梁体的振动进行监测。

**轨道条件异常（几何不平顺、螺栓松动）对磁浮车辆的振动影响。**在试验线路上人为设置若干轨道异常工况，并对磁浮车辆通过异常轨道时的振动情况进行监测，研究轨道异常对车辆的影响。

**道岔区域的优化设计。**此前监测数据表明：磁浮车辆在通过道岔区域时，道岔的一些关键部位存在共振现象。为优化这一问题，中心成员在现场进行道岔的振动监测，将收集到的道岔振动特性与建立的数字化模型进行结合，为道岔的优化设计提供指导。



图 2.3 变高钢箱梁

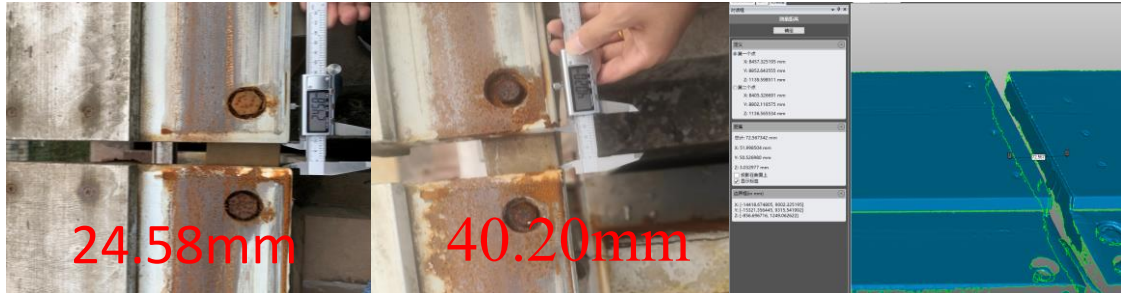


图 2.4 F型钢轨接头



图 2.5 磁浮道岔

### 广西南宁地铁转向架振动研究

2020年9月17日-18日，铁路工程香港分中心成员在广西南宁地铁4号线对地铁车辆转向架振动进行跟车测试。为掌握转向架构架在车辆运行过程中振动幅值随速度变化规律，及其在车辆运行过程中频率特性，本次测试通过安装车载监测系统了解广西南宁地铁列车转向架构架的动力学特性。测试内容包括：在40千米/时至90千米/时不同行驶速度下拖车和动车车厢的转向架构架加速度数据。





图 2.6 广西南宁地铁车辆转向架测试



### 广汕高铁大跨度阶段预制拼装混凝土斜拉桥关键技术及智能化研究

该项目为中国国家铁路有限公司科技研究开发计划重点课题。

广汕高铁（广州至汕尾）新建线路总长 206.2km，全线新设 7 座车站，铁路设计行车速度 350km/h。广汕铁路建成通车后，广州到汕尾的通勤时间将由现在的 2 小时左右压缩到 40 分钟左右，进一步方便人民群众出行，助推粤东地区加快发展。跨增江特大桥是广汕铁路的重要控制性工程，是世界上首座采用节段预制拼装法施工的铁路混凝土梁斜拉桥。

2020 年 7 月，《广汕高铁大跨度阶段预制拼装混凝土斜拉桥关键技术及智能化研究》合同正式签署，铁路工程分中心承担子课题“高速铁路大跨度节段预制拼装混凝土斜拉桥线形控制及智能监测技术研究”。该研究拟主要采用全站激光扫描技术对增江特大桥进行预制混凝土主梁预制拼装块体的特征扫描，在此基础上进行整体拼装过程的主梁和塔体线型监控，并将其与传统全站仪的监控手段进行比较分析，探讨高效率的监控手段。并在以上研究基础上，探索无人机平台全景快速拼装监测技术在测量精度、测量稳定性及无人机续航方法等方面的技术问题。

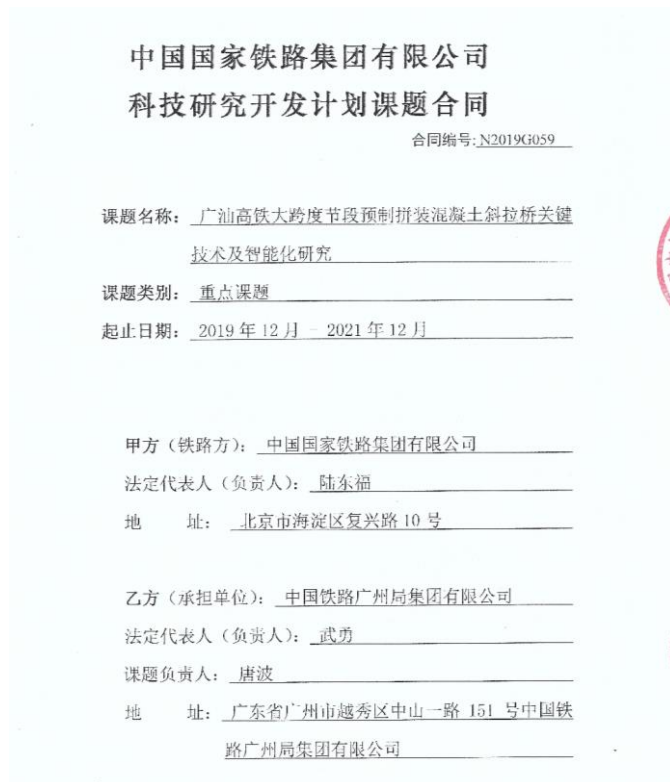


图 2.7 课题合同

2020年8月4日, 铁路工程香港分中心成员王若林博士和郑有梁先生前往中铁广州工程局集团有限公司参加“增江特大桥科研课题工作启动预备会议”, 会上王若林博士向参会人员汇报了铁路工程香港分中心承担子课题监测方案。



图 2.8 2020年8月4日项目启动会





研究拟在温州市域铁路 S1 线高架段设置减振降噪工程试验段，采用现场实测与数值仿真结合的方式探究轨道交通噪声、振动的控制方法，形成包括桥梁、轨道、声屏障、减振扣件、减振垫等多措施下的高架线路综合减振降噪技术方案。该降噪方案具有极高的实时性与实践性，研究成果将直接作为工程实例，在温州 S2 线（在建）、S3 线（筹建）上推广应用。

2020 年度铁路工程香港分中心邓向允博士、罗云柯先生、张超先生与叶昕先生等成员分别于 2020 年 1 月、9 月、10 月和 11 月在温州地铁开展 4 次现场试验。先后通过断面声阵列、钢轨高频加速度传感器以及波束成型声阵列等综合测试系统，对运营线路的噪声的量级与源头、振动的传播规律以及多种减振降噪措施的效率进行识别、评估并开展全面的对比分析。



图 2.11 2020 年 1 月温州市域铁路 S1 线路既有线路噪声评估



图 2.12 2020 年 9 月温州市域铁路 S1 线路桥梁振动、轮轨噪声评估



图 2.13 2020 年 10 月温州市域铁路 S1 线路分源分频分析



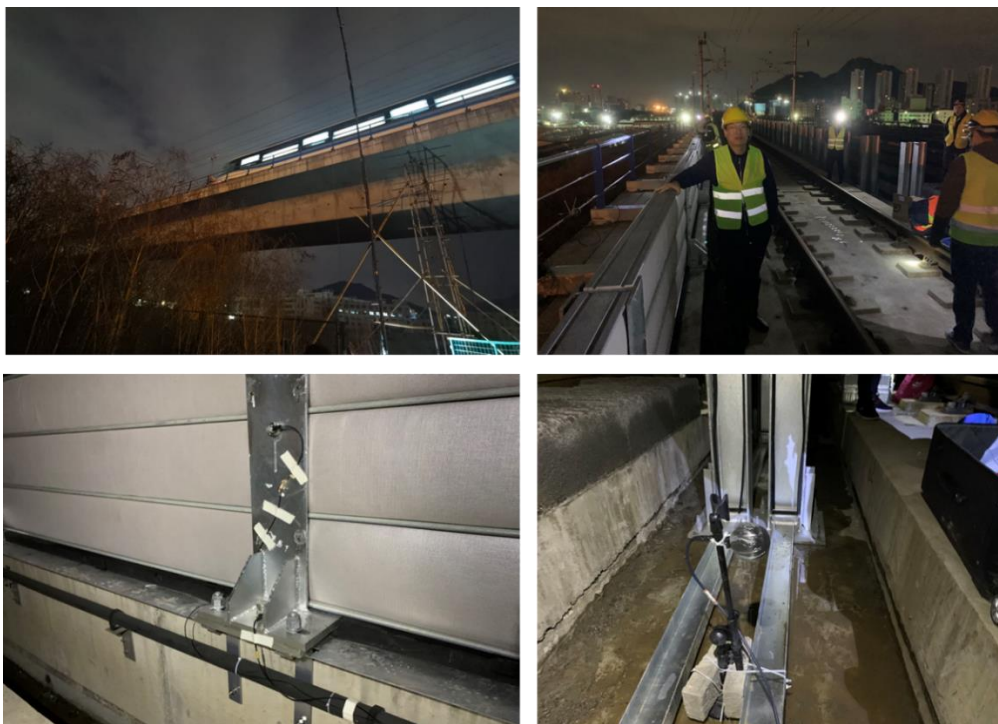


图 2.14 2020 年 11 月温州市域铁路 S1 线路减振降噪措施评估



### 新型轨道颗粒阻尼器研发

由强烈的轮/轨相互作用引起的滚动噪声一直是全球关注的问题，降低运行中铁路系统的噪音和减轻振动对于确保其安全性，可维护性和保护人体健康至关重要。因此，有必要开发一种适用于铁路系统的噪声和振动控制装置。为此，我们设计并开发了一种新型的轨道颗粒阻尼器（Rail-PD），并通过综合实验和数值模拟（图 2.15）对其性能进行评估。颗粒阻尼器是一种辅助质量型减振器，其中各种类型的颗粒（例如球形颗粒、沙粒、粉末、液体等）放置在振动结构的空腔或与振动结构相连的外壳中以抑制结构的响应。当结构振动时，粒子彼此碰撞，并与围墙碰撞，通过非弹性或几乎非弹性的碰撞和粒子之间的摩擦而产生阻尼。本轨道颗粒阻尼器可以有效抑制在各种轨道运行环境中产生的宽带噪声和振动（500-1500 Hz）。

为进一步评估已开发的轨道阻尼器在实际运行条件下的性能，在理工大学深圳研究院设计并搭建了可配置轨道动态测试台（图 2.16）。本测试台作为一个使用动态振动台模拟轮/轨相互作用的平台，使我们能够研究铁路领域的各种现象，以在实验室环境中探索和评估各种现象的原因，并最终找到合适解决问题的方法。该试验台是一条 6 米长

的全尺寸轨道，包括 10 个合成轨枕和 2 条 CHN60 轨道，安装在标准距离（1435 毫米）内，并通过螺栓固定在混凝土地板上。选用了中国铁路常用的三种紧固系统并将铁轨安装在试验台上，可控的动态力将通过两个激振器施加到轨道系统的一端，可以分别模拟横向和垂直方向的作用力。通过使用动态轨道试验台，将来可以启动与不同轨道形式的宽带振动和噪声现象相关的多个研究项目。

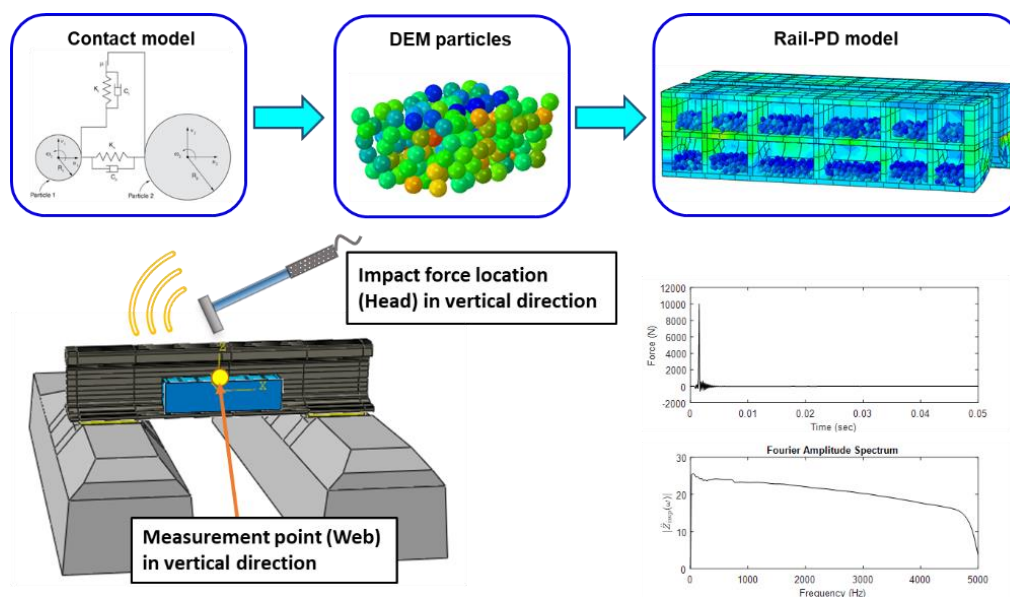


图 2.15 基于离散元方法的轨道颗粒阻尼器模型

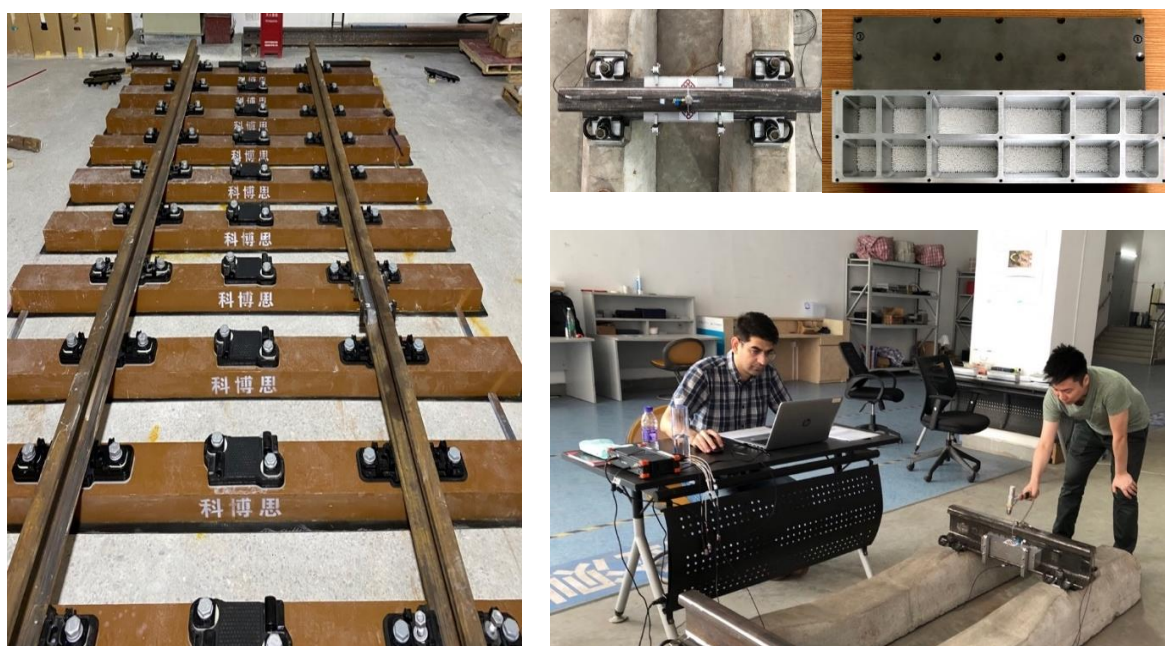


图 2.16 轨道动态测试台





## 温州市域铁路 S1 线波钢轨波磨和车轮测试

为调研并测试市域铁路线路钢轨波磨情况，借助开展温州市域铁路高架线路减振降噪综合技术研究项目的测试条件，2020年9月6日，铁路工程香港分中心成员罗云柯先生、张超先生、郑有梁先生和叶昕先生采用三维激光扫描仪对温州市域铁路 S1 线潘桥到温州南站段线路进行钢轨表面扫描，以采集波磨三维数据。此外，为了监测车轮磨损状态，项目组还到温州轨道交通车辆段对运营车辆车轮踏面进行了三维激光扫描。采集到的数据将用来评价钢轨波磨状态和车轮磨损状态，并研究真实的轮轨接触问题以及波磨演化规律等。

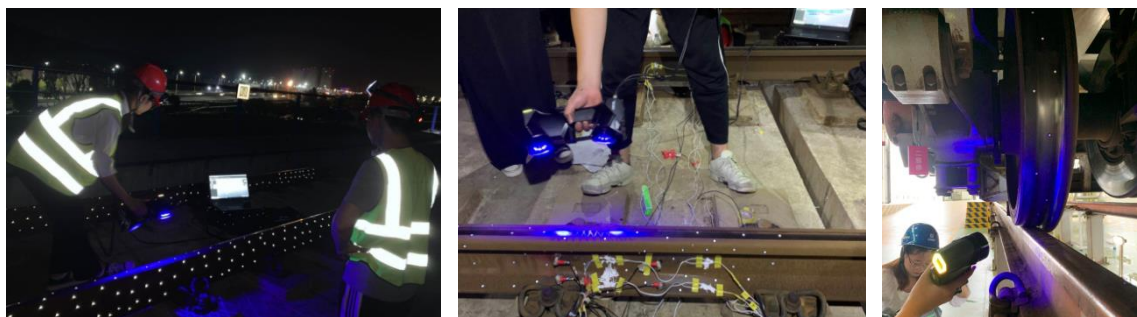


图 2.17 温州市域铁路钢轨波磨和车轮磨损状态第一次测试

为监测温州市域铁路 S1 线潘桥站至温州南段钢轨波磨的变化，2020年11月28日，铁路工程香港分中心成员邓向允博士和罗云柯先生对该线路轨道再次进行了钢轨波磨调研，调研内容包括：采用三维激光扫描仪采集钢轨波磨三维几何特征；拍照记录波磨特征；测量直线段钢轨光带状况。



图 2.18 温州市域铁路钢轨波磨和车轮磨损状态第二次测试

## 深圳地铁钢轨波磨调研及测试

为研究地铁波磨形成原因及演化规律，铁路工程香港分中心与西南交通大学、西南交大铁路发展有限公司合作开展地铁曲线段钢轨波磨研究。该项目针对深圳地铁 1 号线竹子林-侨城东曲线段钢轨波磨，通过定期监测的方式对波磨演化进行观测，项目自 2020 年 12 月开始，为期 9 个月。铁路工程香港分中心成员邓向允博士、张超先生、郑有梁先生及西南交大铁路发展有限公司宋珣先生于 2020 年 12 月 3 日开展了第一次现场监测。监测内容有：采用波磨小车测量曲线段钢轨波磨状态；采用三维激光扫描仪扫描钢轨波磨三维几何数据；采用三维激光扫描仪测量钢轨关键位置的横向廓形；拍照记录钢轨表面状态。

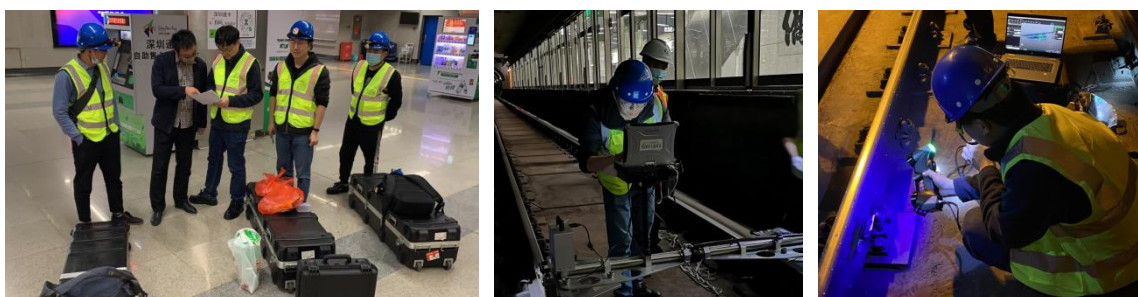


图 2.19 深圳地铁曲线段钢轨波磨第一次测试

## 光纤光栅制备系统实验室

长周期光纤光栅是一种纤芯折射率周期调制的光学元件，其对应阶次的谐振波长与周期，纤芯和包层有效折射率成线性关系。而包层有效折射率由光纤的纤芯，包层，环境折射率共同决定。因此，长周期光纤光栅传感器可应用于结构，化学及生物工程等方向。中心搭建了基于二氧化碳激光的光纤光栅制备系统（图 2.20）。该系统由二氧化碳激光，光学元件，三轴手动台，单轴自动台，控制器，光源，光谱分析仪及计算机组成。激光设计功率为 40 瓦，输出功率调制为 9 瓦，单词脉冲持续时间为 100 毫秒。制备的长周期光纤光栅传感器可用于液位，pH 值及其他化学参数监测。

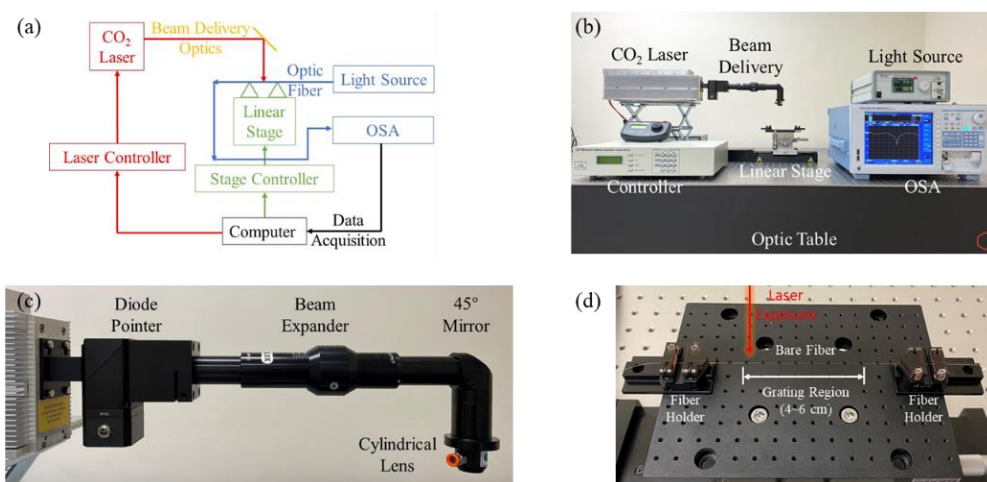


图 2.20 二氧化碳激光光栅制备系统 (a) 示意图, (b) 实验室布置图, (c) 光学元件, (d) 光纤固定平台



## 科研成果

2020 年铁路工程香港分中心参与编写专著 1 本、发表/投稿 SCI 论文 28 篇、国际会议主题报告 6 次、获奖 5 项、授权专利 2 项、申请专利 3 项。



## 专著

2020 年度, 铁路工程香港分中心作为副主编单位参与《粤港澳大湾区轨道交通行业发展报告》撰写。该报告由粤港澳大湾区现代轨道交通协同创新中心牵头编著, 各中心成员单位联合编制, 是一份涵盖湾区轨道交通发展概况、前沿跟踪、发展建议的行业报告, 总共 100 余页, 将于 2021 上半年由铁道出版社正式出版。





图 2.21 粤港澳大湾区轨道交通行业发展报告



## 国际期刊论文

1. Ni, Y.Q., and Xu, C. (2020), "A Bayesian blind source separation method embedding Gaussian process prior and its application to identification of structural excitations", submitted to *Structural Control and Health Monitoring*. (SCI)
2. Wang, S.M., Wang, Y.W., Ni, Y.Q., and Lu, Y. (2020), "Real-time malfunction detection of maglev suspension controllers", submitted to *IEEE Systems Journal*. (SCI)
3. Ruan, Z.G., Ying, Z.G., and Ni, Y.Q. (2020), "Response characteristics of a periodic sandwich plate with controllable visco-elastomer core and periodically supported masses under random excitation", submitted to *Journal of Sandwich Structures and Materials*. (SCI)
4. Ying, Z.G., Wang, Y.W., Ni, Y.Q., and Xu, C. (2020), "Model-free identification of multiple periodic excitations and detection of structural anomaly using noisy response measurements", submitted to *Smart Structures and Systems*. (SCI)
5. Wang, Y.W., Zhang, C., Ni, Y.Q., and Xu, X.Y. (2020), "A Bayesian approach for occupant comfort assessment of high-rise structures based on full-scale measurements", submitted to *Mechanical Systems and Signal Processing*. (SCI)

6. Wang, C., Lai, S.K., Wang, J.M., Feng, J.J., and Ni, Y.Q. (2020), “An ultra-low-frequency, broadband and multi-stable tri-hybrid energy harvester for enabling the next-generation sustainable power”, submitted to *Applied Energy*. (SCI)
7. Zhang, B.Y., and Ni, Y.Q. (2020), “A hybrid sequential sampling strategy for sparse polynomial chaos expansion based on compressive sampling and Bayesian experimental design”, submitted to *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. (SCI)
8. Chen, S.X., Zhou, L., Ni, Y.Q., and Liu, X.Z. (2020), “An acoustic-homologous transfer learning approach for acoustic emission-based rail condition evaluation”, *Structural Health Monitoring*, DOI: 10.1177/1475921720976941. (SCI)
9. Wang, S.M., Liao, C.L., and Ni, Y.Q. (2020), “A machine vision system based on driving recorder for automatic inspection of rail curvature”, *IEEE Sensors Journal*, DOI: 10.1109/JSEN.2020.3020907. (SCI)
10. Ni, Y.Q., and Zhang, Q.H. (2020), “A Bayesian machine learning approach for online wheel fault detection using track-side monitoring”, *Structural Health Monitoring*, DOI: 10.1177/1475921720921772. (SCI)
11. Ni, Y.Q., and Chen, R. (2021), “Strain monitoring based bridge reliability assessment using parametric Bayesian mixture model”, *Engineering Structures*, Vol. 226, Paper No. 111406. (SCI)
12. Wang, S.M., Yau, J.D., Duan, Y.F., Ni, Y.Q., Wan, H.P., and Wu, S.K. (2020), “Prediction of crosswind-induced derailment of train-rail-bridge system by vector mechanics”, *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE, Vol. 146, No. 12, Paper No. 04020132. (SCI)
13. Wang, Y.W., and Ni, Y.Q. (2020), “Bayesian dynamic forecasting of structural strain response using structural health monitoring data”, *Structural Control and Health Monitoring*, Vol. 27, No. 8, Paper No. e2575. (SCI)
14. Ying, Z.G., and Ni, Y.Q. (2020), “A multimode perturbation method for frequency response analysis of nonlinearly vibrational beams with periodic parameters”, *Journal of Vibration and Control*, Vol. 26, No. 13-14, 1260-1272. (SCI)
15. Zhang, Q.H., and Ni, Y.Q. (2020), “Improved most likely heteroscedastic Gaussian process regression via Bayesian residual moment estimator”, *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 68, 3450-3460. (SCI)
16. Ke, Y.T., Cheng, C.C., Lin, Y.C., Ni, Y.Q., Hsu, K.T., and Wai, T.T. (2020), “Preliminary study on assessing delaminated cracks in cement asphalt mortar layer of high-speed rail track using traditional and normalized impact–echo methods”, *Sensors*, Vol. 20, No. 11, Paper No. 3022 (16pp). (SCI)
17. Ding, S.Q., Wang, Y.W., Ni, Y.Q., and Han, B.G. (2020), “Structural modal identification and health monitoring of building structures using self-sensing cementitious composites”, *Smart Materials and Structures*, Vol. 29, No. 5, Paper No. 055013 (18pp). (SCI)

18. Ni, Y.Q., Wang, Y.W., and Zhang, C. (2020), "A Bayesian approach for condition assessment and damage alarm of bridge expansion joints using long-term structural health monitoring data", *Engineering Structures*, Vol. 212, Paper No. 110520. (SCI)
19. Wan, H.P., and Ni, Y.Q. (2020), "A new approach for interval dynamic analysis of train-bridge system based on Bayesian optimization", *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE, Vol. 146, No. 5, Paper No. 04020029. (SCI)
20. Wang, Y.W., Ni, Y.Q., and Wang, X. (2020), "Real-time defect detection of high-speed train wheels by using Bayesian forecasting and dynamic model", *Mechanical Systems and Signal Processing*, Vol. 139, Paper No. 106654. (SCI)
21. Fong, Y.C., Cheng, K.W.E., and Sekhar, R. (2020), "A Current allocation strategy based balancing technique of voltage source string in switch-ladder inverter and its switched-capacitor variety", *IEEE Transactions on Energy Conversion*, doi: 10.1109/TEC.2020.3031224. (SCI)
22. Shao, J.W., Xu, C.D., and Cheng, K. W. (2020), "Core stress analysis of amorphous alloy transformer for rail transit under different working conditions", submitted to *Energies*. (SCI)
23. Shao, J.W., Xu, C.D., and Cheng, K.W. (2020), "A distributed rolled core for energy harvesting circuit", accepted by *PESA 2020*. (SCI)
24. Chi, H.L., Thedja, J., Kim, M.K. and Seo, J. (2020), "Framework for automated formwork quality inspection system using laser scanning and augmented reality", submitted to *Advanced Engineering Informatics*. (SCI)
25. Yang, X., Wang, C., and Lai, S.K. (2020), "A magnetic levitation-based tristable hybrid energy harvester for scavenging energy from low-frequency structural vibration", *Engineering Structures*, 221, 110789. (SCI)
26. Zhang, L.H., Lai, S.K., and Yang, J. (2020), "A DSC regularized Dirac-Delta method for flexural vibration of elastically supported FG beams subjected to a moving load", *International Journal of Structural Stability and Dynamics*, 20(03), 2050039. (SCI)
27. Wen, F., Shan, S., and Cheng, L. (2020), "Third harmonic shear horizontal waves for material degradation monitoring", *Structural Health Monitoring*, 1475921720936983. (SCI)
28. Shan, S., and Cheng, L. (2020), "Mode-mixing-induced second harmonic A0 mode Lamb wave for local incipient damage inspection", *Smart Materials and Structures*, 29(5), 055020. (SCI)



## 国际会议论文

1. Chi, H.L., Thedja, J., and Kim, M.K. (2020), "A vision-based formwork quality inspection enhancement by using laser scanning and augmented reality", *8th International*

*Conference on Construction Engineering and Project Management (ICCEPM 2020), Hong Kong SAR, 7-8 December 2020.*



### 专题演讲

1. Keynote speech “Integration of Artificial Intelligence and Robotics (AIR) into Sensing Technology (ST): ST meets AIR” at the 10th European Workshop on Structural Health Monitoring, 6-9 July 2020, Palermo, Italy;
2. Keynote speech “Online and on-board monitoring of high-speed rail and maglev systems” at the 20th World Conference on Non-Destructive Testing, 8-12 June 2020, Seoul, Korea;
3. Plenary speech “Probabilistic machine learning for interpretation of vibration monitoring data: Applications to railway and maglev systems” at the 11th International Conference on Structural Dynamics, Athens, Greece, 23-26 November 2020;
4. Keynote speech “Online monitoring of high-speed rail, maglev and urban rail transit” at the 1st Forum on Railway Vehicle Operation and Management, Nanchang, China, 13-15 November 2020;
5. Keynote speech “Online monitoring and machine-learning-empowered evaluation of rail transit and maglev systems” at the 2020 International Conference on Sustainable and Innovative Infrastructure, Tainan, Taiwan, 22-24 October 2020;
6. Keynote speech “Detection of incipient structural damage and material degradation using nonlinear ultrasonic guided waves” in ASME 47th QNDE (Annual Review of Progress in NDE), Minneapolis, USA, 25-26 August 2020 (Prof. Cheng, L.).



### 奖项和专利

1. 2020 年中心主任倪一清教授获聘教育部长江学者讲座教授；
2. 2020 年中心主任倪一清教授荣获“严、麦、郭、钟智能结构教授”冠名教授；
3. “桥梁及建筑结构随机振动智能磁流变控制理论与方法”荣获中国振动工程学会科学技术二等奖；(图 2. 22)
4. “本征自感知混凝土在高铁土建基础设施原位监测中的应用展望”荣获中国铁道学会 2019 年度学术活动二等奖；(图 2. 23)
5. 2020 年 8 月，中心主任倪一清教授荣获 2019 年度中国铁道学会先进工作者荣誉称号；(图 2. 24)



6. 中国发明专利“一种光纤布拉格光栅角度传感器”(Y.Q. Ni, C.Y. Wang, H.L. Wang, C. Zhang, M.D. Yuan, No. 2017 1 0120696 5, 30-10-2020); (图 2. 25)
7. 中国发明专利“一种用于轨道交通减振降噪的模块化钢轨颗粒阻尼器(MRPD)及其固定夹具”(S.M. Sajjadi Alehashem, Y.Q. Ni, C.S. Lin, C. Zhang) 申请已提交;
8. 中国发明专利“磁悬浮控制系统及控制方法”(Y.Q. Ni, S.M. Wang, Y. Lu) 申请已提交;
9. 中国发明专利“一种适用于轨道检测的影像分析系统和装置”(S.M. Wang, C.L. Liao, Y.Q. Ni) 申请已提交.



图 2. 22 中国振动工程学会科学技术二等奖



图 2.23 中国铁道学会 2019 年度学术活动二等奖



图 2.24 2019 年度中国铁道学会先进工作者荣誉称号



图 2.25 授权专利：一种光纤布拉格光栅角度传感器



## 学术组织兼职

1. 中心主任倪一清教授担任智能基础设施结构健康监测国际学会副主席; (图 2. 26)
2. 中心主任倪一清教授担任桥梁工程进展杂志编辑; (图 2. 27)
3. Session Chair of the 3rd International Workshop on Seawater Sea-sand Concrete (SSC) Structures Reinforced with FRP Composites, 11-12 January 2020, Shenzhen, China;
4. Guest editor for a special issue on “Structural Health Monitoring (SHM) of High-rise Buildings and Spatial Structures” in *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, 2020;
5. Guest editor for a special issue on “Structural Monitoring Using Advanced NDT Techniques” in the international journal *MDPI Applied Sciences*, 2020;
6. Member of Organizing Committee of the 3rd International Workshop on Seawater Sea-sand Concrete (SSC) Structures Reinforced with FRP Composites, 11-12 January 2020, Shenzhen, China;
7. Member of Experts Committee of the 3rd International Workshop on Structural Health Monitoring for Railway System, 22-23 October 2020, Qingdao, China;
8. Member of Conference Editorial Board of the 5th International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance, 7-10 September 2020, Palma de Mallorca, Spain;
9. Member of Scientific Committee of the 15th International Workshop on Advanced Smart Materials and Smart Structures Technology, 17-20 July 2020, West Lafayette, Indiana, USA;
10. Member of International Scientific Committee of the 10th European Workshop on Structural Health Monitoring, 6-9 July 2020, Palermo, Italy;
11. Member of International Advisory Board of the 2020 International Conferences on Modern Materials and Technologies – Symposium FN: Embodying Intelligence in Structures and Integrated Systems, 20-23 June 2020, Montecatini Terme, Italy;
12. Member of Scientific Committee of the 20th World Conference on Non-Destructive Testing, 8-12 June 2020, Seoul, Korea;
13. Member of Scientific Committee of the 11th International Conference on Structural Dynamics, 23-26 November 2020, Athens, Greece;
14. Co-Chair of the 2020 International Conference on Sustainable and Innovative Infrastructure, 22-24 October 2020, Tainan, Taiwan;
15. Member of Program Committee of the 2020 SPIE Smart Structures/NDE Conference on Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems, 26-30 April 2020, Anaheim, California, USA;



16. Member of Organizing Committee of the 3rd International Workshop on Seawater Sea-sand Concrete (SSC) Structures Reinforced with FRP Composites, 11-12 January 2020, Shenzhen, China;
17. Member of Organizing Committee of the 3rd International Workshop on Seawater Sea-sand Concrete (SSC) Structures Reinforced with FRP Composites, 11-12 January 2020, Hong Kong.

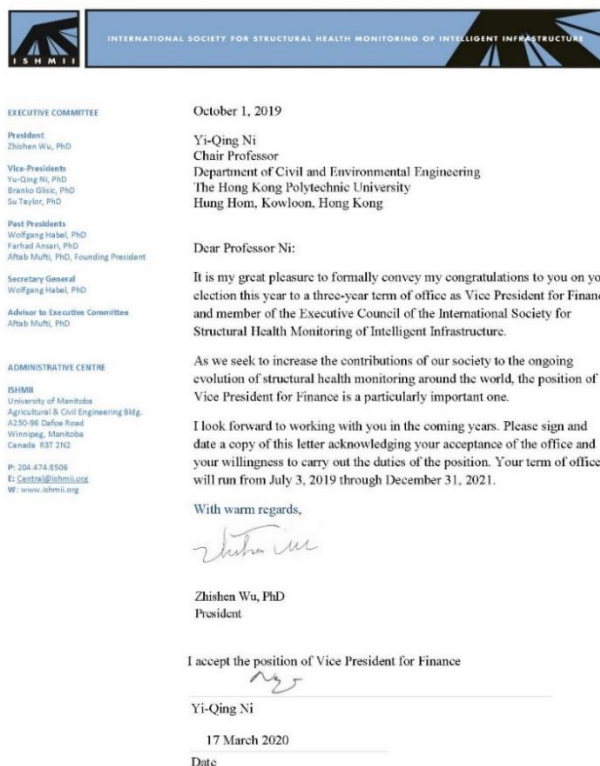


图 2.26 中心主任倪一清教授担任智能基础设施结构健康监测国际学会副主席



图 2.27 中心主任倪一清教授担任桥梁工程进展杂志编辑



## 2020 铁路工程香港分中心合作交流

### 合作协议

#### 与中南大学合作

2020年1月1日，铁路工程香港分中心联合中南大学共同申报的2019度高速铁路基础研究基金项目“高速铁路桥梁智能运维基础理论与关键技术”获国家自然科学基金委资助。资助金额231万，起止期限2020年01月至2023年12月，2020年6月5日双方签订合作协议。

国家自然科学基金科研项目	
合作协议书	
项目名称: <u>高速铁路桥梁智能运维基础理论与关键技术</u>	
项目类别: <u>高铁联合基金</u>	
项目编号: <u>U1934209</u>	
项目依托单位(甲方): <u>中南大学</u>	
项目负责人: <u>何旭辉</u>	
项目合作单位(乙方): <u>香港理工大学深圳研究院</u>	
合作单位负责人: <u>倪一清</u>	
甲方: 中南大学 (单位盖章)	乙方: 香港理工大学深圳研究院 (单位盖章)
项目负责人(签字): <u>何旭辉</u>	项目负责人(签字): <u>倪一清</u>
法定代表人 或委托代理人签字: <u>何周</u>	法定代表人 或委托代理人签字: <u>倪一清</u>
地址: 湖南省长沙市韶山南路22号	地址: 深圳市南山区高新科技园粤兴 一道18号香港理工大学产学研大楼215 室
邮政编码: 410075	邮政编码: 518057
电话: 0731-82654377	电话:
传真: 0731-85571736	传真:
电子邮箱:	电子邮箱:
开户单位: 中南大学	开户单位: 香港理工大学深圳研究院
开户银行: 中国银行长沙铁道学院支行	开户银行: 招商银行深圳高新园支行
帐号: 5872 5736 5093	帐号: 811980486510001

图 3.1 高铁联合基金合作协议

### 会议参加

#### 世界交通运输大会成都论坛及线上活动周

世界交通运输大会(WTC)是由中国科协、交通运输部、中国工程院主办,中国公路学会承办、国内外交通运输科技组织共同支持的国际性交通运输领域学术会议,世界交通运输大会自2017年创办以来,已连续成功举办三届。世界交通运输大会执委会、

中国公路学会联合相关单位于 2020 年 11 月 9 日-10 日在成都召开世界交通运输大会成都论坛，同时举办线上活动周。铁路工程香港分中心成员邓向允博士参加了此次大会线上论坛，并在轨道交通学部论坛之三轨道交通装备系统关键技术前沿论坛作特邀报告。



图 3.2 邓向允博士在世界交通运输大会成都论坛作报告

### 2020 台州国际人才合作洽谈大会

2020 台州国际人才合作洽谈大会由台州市人民政府主办，意在吸引高层次人才携技术、项目来台以开展创业项目落地、创新型项目合作和技术成果转让。2020 年 12 月 11-13 日，铁路工程香港分中心成员 Masoud Sajjadi 博士、邓向允博士、张超先生、罗云柯先生、俞浅怀先生参加大会。会上中心成员张超先生介绍了铁路工程中心的发展概况和研发工作，Masoud 博士作新型铁轨颗粒阻尼器报告。

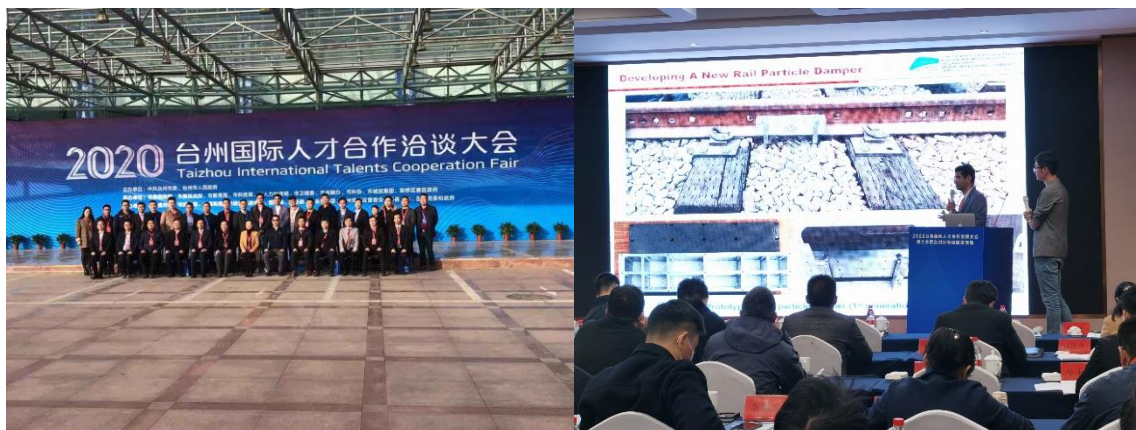


图 3.3 中心成员参加 2020 台州国际人才合作洽谈大会

## 技术交流

### 访问广州地铁集团有限公司

为加强与广州地铁集团有限公司的合作，2020年11月11日，铁路工程香港分中心成员邓向允博士和张超先生前往广州地铁集团，与广州地铁集团国家工程实验室方恩权博士和广州地铁集团车辆段杨毅主任进行技术交流，双方就地铁轨道不平顺检测问题开展了深入探讨，讨论的内容有：地铁轨检车检测内容、轨道不平顺检测技术、钢轨波磨检测技术和波磨的测量技术等。双方还讨论了近期在地铁轨道监测方面可能的合作内容，最后双方达成初步协议，以广州地铁八号线的轨检车动态检测为基础，双方将在轨道不平顺的检测识别上开展先期合作。

### 访问同济大学

2020年11月16-22日，铁路工程香港分中心成员邓向允博士访问上海同济大学，与同济大学交通运输学院城市轨道交通与铁道工程系周宇副教授进行技术交流，双方在轨道损伤和钢轨波磨产生机理进行了讨论，并就多年来的监测数据进行详细讨论。随后，双方到地铁线路开展现场波磨再次调研和测试，邓向允博士将铁路工程香港分中心的三维扫描仪应用于现场测试中，结果显示三维扫描仪能够精确捕捉到钢轨波磨。最后双方达成初步协议共同发展钢轨波磨测量技术，并研究钢轨损伤和钢轨波磨产生机理问题。

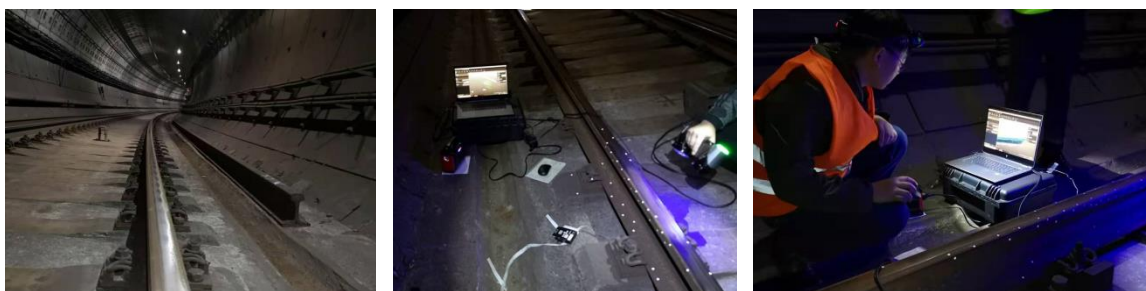


图 3.4 地铁现场测试

### 访问浙江天铁股份有限公司

2020年12月15日，铁路工程香港分中心成员 Masoud Sajjadi 博士、张超先生访问浙江天铁股份有限公司。公司常务副总、总工程师王博先生接待了中心一行人员，双



方就钢轨阻尼器研发、智能扣件等技术问题进行交流，并就开展合作研发和推广产品达成一致。



图 3.5 中心成员访问浙江天铁股份有限公司



### 访问台州轨道集团公司

2020年12月15日, 铁路工程香港分中心成员邓向允博士、Masoud Sajjadi 博士、张超先生访问台州轨道集团有限公司, 公司董事长苏洪波先生接待了中心一行人员。邓向允博士和张超先生分别汇报了中心的研究成果, 双方就未来在台州 S2 线的合作达成共识。



图 3.6 中心成员访问台州轨道集团有限公司

## 中心讲座

### CEE 讲座教授系列讲座

2020年10月29日，铁路工程香港分中心主任倪一清教授在土木与环境工程学系举办的讲座教授系列讲座活动中在线作“Structural Health Monitoring Driven by Big Data and Machine Learning”报告，注册听众达420余人。



图 3.7 中心主任倪一清教授在线讲座

## 来宾参访

### 安保工程控股有限公司执行董事游国辉先生来访

2020年11月12日，安保工程控股有限公司执行董事游国辉先生来访香港理工大学并参观了铁路工程实验室，铁路工程香港分中心主任倪一清教授向来宾介绍了中心最新的研发技术和科研项目。建设及环境学院院长李向东教授、工业中心副总监谭惠民博士陪同。



图 3.8 安保工程控股有限公司执行董事游国辉先生来访

## A.1 购买的仪器设备

序号	设备/传感器	数量
1	600 um Premium Bif. Fiber, VIS/NIR, 2m, BX Jacket P/N : QBIF600-VIS-BX. and Premium 400 um Reflection Probe, VIS/NIR, 2 m, BX Jacket P/N : QR400-7-VIS-BX	1
2	M-466A-154 Clamp Set, M-466A (P007), M-466A-147 Large Fixed Bracket, Slot Length 60mm, M-466A (P007), M-SA2-12X18 ALUMINUM PLATE SA2 SERIES (P004) and HR-13 High Resolution Micrometer, 0.5 um Sensitivity, 13 mm Travel (P007).	1
3	Fiber Bragg Grating Accelerometer P/N : AN-SSA-100.	1
4	Fiber Bragg Grating Accelerometer P/N : AN-SSA-100HF	1
5	Auxiliary Table Kit-Horizontal & Vertical (113), Imperial Threads Item : 0078-1.	1
6	466A-710 Bare Fiber Holder, Dual Arm, 466A Series (P007).	1
7	PLPET0199 PET 1" OD 3/4-32 THRD 2" LG, PLADC0002 ADAPTER CLAMP 1" 3/4-32, MISC 5" CYLINDRICAL LENS 0.75" DIA, PLGJM0105 GAS JET MANIFOLD 2.5 FL 1.25 S and PLCOL0115 3.0X COLLIMATOR 1.25ser 3/4-32.	1
8	Metric optical table (1.2m x 2 m x 210 mm) with active legs (T1220CK), Air filter (PTA013) and Air compressor - 220/ 240 V - 50z, UK power plug (PTA513)	1
9	Item XR25C/M Metric Linear Translation Platform with Metric Mini Lab Jack	1
10	PoE Power injector Power injector for MonoDAQ	1
11	Mono DAQ-E-ACC-4 IEPE & Voltage input	1
12	Battery pack for Q.station with M12 connector	1
13	NETGEAR portable router Support LTE bandwidth	1
14	PEPWAVE industrial 4G router MAX BR1 Slim LTE (Europe/Int'l GSM) - Rugged Mobile Wi-Fi	1
15	MICRON OPTICS os75xx Accessory: Triaxial mounting kit , Beta parts of MICRON OPTICS os7510 and Beta parts of MICRON OPTICS os7520	1
16	HRMS system to adopt the Wifi based RFID reader,	1
17	system hardware to use Wifi network	1
18	Creation of client software for tablet (either Windows, iOS or Android)	1

19	Datalogging server software including various voltage input and temperature	1
20	Server setup for datalogging (MS SQL Server, user accounts, tables and indexes)	1
21	Provision of ELA Innovation active RFID sensors and relevant electronic circuits for DC voltage input	1
22	Surface Microphones for aerodynamics noise measurement sensitivity 50mV/Pa, 20 to 20kHz.	1
23	Prepolarized Free-field 1/2" Microphone with Type 2671 (6Hz to 20kHz) TEDs (Type -4189-A-021-) and Cable coax single screen	1
24	"Channel" Fiber Bragg Grating (FBG) accelerator 光纤光栅加速度计	1
25	LAURELL WS-650MZ-23NPPB spin coater.	1
26	BY-S07 振动传感器	1
27	D3000 动态数据采集仪	1
28	OCEAN INSIGHT USB2000+VIS-NIR-ES spectrometer, LDC-1 LED single channel touchscreen controller for LSM LED product, LSM-365A individual light source module and HL-2000-LL tungsten halogen source	1
29	"Geomaster" MTM-15D 双轴倾斜计	1
30	"Young" 05103L 风速仪	1
31	"Geomaster" 便携式采集仪	1
32	"Tokyo Sokushin" AS-301C1W5 加速度计	1
33	"Geomaster" DSPL-24 动态同步采集仪	1
34	"Micron Optics" fibre optic interrogator, Four jumper bundle of LC/APC to FC/APC jumpers and four FC/FC bulkhead adaptors	1
35	SYNRAD 二氧化碳激光器, 激光控制器, 开关直流电源	1
36	MTS 643.06A-01/02 compression platens (1 pair/set), MTS attachment kit.	1
37	"Huawei" 2288H v5 GPU computing servers	1
38	NEWPORT ULTRAlign precision linear stage, motor controller/ driver and high performance linear stage	1
39	DeweSoft option - software licence upgrade DSA, MonoDAQ-E-ACC-4 IEPE and voltage input, Input ranges: 10 V, 5 V, 1 V, 200 mV High-pass filter: off, 0.1 Hz, 1 Hz IEPE current: 4 mA, 8 mA TEDS over IEPE, 24 bit, up to 40 kS/s DeweSoft X Professional, PoE Power injector Power injector for MonoDAQ.	1
40	"Q-Rail" CN060 Rail Tuned Mass Dampers for 2 locations in Guangzhou	1
41	DELL Precision 7820 Tower XCTO Base Computer PC system	1
42	"Binder" Model MKF115 climatic material test chamber	1
43	"DEWESOFT" SIRIUSi-HD-16xACC 16-channel data acquisition device.	1



44	Main Frame of Multi-channel Analyzer with GPS function, Portable Frame for Array Acoustics Camera and other accessories	1
45	Specification for Measuring and Analysis Software for Array Acoustics, Rail Vehicles, Moving Source Beamforming	1
46	Long-Range 3D Terrestrial Laser Scanner	1
47	Tailor make an intelligent test platform for magnetic coupling vibration of 160km/h medium speed maglev train	1
48	Design and Implementation of Rail Damper in MTR	1
49	Workstation Laptop Computer	1
50	恒阻激振器 : RMB210000)	1
51	GPS system for speed measurement and 16 channels ACC DAQ with GPS sync	1
52	PECVD system	1
53	高压功率放大器 : ATA-4052 (RMB107,000)	1
54	Planetary Vacuum mixer wih 500mL container	1



**National Rail Transit Electrification and Automation  
Engineering Technology Research Center  
(Hong Kong Branch)**  
國家軌道交通電氣化與自動化工程技術研究中心  
(香港分中心)

地址：香港九龍紅磡香港理工大學  
Z座 Z105室

電話：(852) 3400-8535

郵箱：yiqing.ni@polyu.edu.hk

網址：<https://www.polyu.edu.hk/cnerc-rail/>

