



用于道路桥梁施工养护使用的检测仪器

文 / 张坤

本文介绍了用于道路桥梁施工养护的各种检测仪器，包括外观检测仪器，静力检测仪器，动力检测仪器，非破坏检测仪器，和环境监测仪器。这些仪器的使用有助于保证桥梁的安全性和耐久性，发现并处理各种病害和损伤，延长桥梁的使用寿命，降低维修成本，保障桥梁的正常运行。同时，也讨论了检测仪器的选择原则和具体应用案例，为桥梁施工养护提供了实践指导。

检测仪器的分类

道路桥梁是交通运输的重要组成部分，其安全性和耐久性直接影响着人们的生活和经济发展。因此，对桥梁进行定期的检测和养护是非常必要的，以及时发现和处理各种病害和损伤，延长桥梁的使用寿命，降低维修成本，保障桥梁的正常运行。为了实现桥梁的有效检测和养护，需要使用各种不同类型的检测仪器，根据其功能和原理，可以将其分为以下五类：

外观检测仪器

外观检测仪器是用于观察桥梁表面的裂缝、变形、腐蚀等病害的仪器，通常采用可视化或图像处理的方法，将桥梁表面的信息采集并显示出来，以便进行分析和判断。外观检测仪器有以下几种：

第一，无人机是一种可以在空中飞行并携带摄像头或其他传感器的设备，可以从多个角度和高度对桥梁进行拍摄和录像，获取桥梁表面的清晰图像。无人机具有灵活性高、覆盖范围广、成本低等优点，但也存在飞行时间短、受天气影响大、图像质量受干扰等缺点。

第二，移动机器人是一种可以在地面或水面上移动并携带摄像头或其他传感器的设备，可以沿着桥梁结构进行巡检，获取桥梁表面的连续图像。移动机器人具有稳定性好、操作简单、适应性强等优点，但也存在速度慢、难以通过障碍物、续航能力差等缺点。

第三，环形爬升机器人是一种可以沿着圆形或近似圆形的结构（如柱子、索塔等）上下爬行并携带摄像头或其他传感器的设备，可以对桥梁结构的细节进行拍摄和测量。环形爬升机器人具有精度高、可靠性好、安全性高等优点，但也存在重量大、安装复杂、适用范围窄等缺点。

第四，多功能检测机器人是一种可以在多种地形和环境中移动并携带多种传感器的设备，可以对桥梁结构进行综合检测。多功能检测机器人具有功能强大、效率高、智能化程度高等优点，但也存在成本高、维护难、技术要求高等缺点。

第五，爬索机器人是一种可以沿着斜拉索或吊索上下爬行并携带摄像头或其他传感器的设备，可以对桥梁索结构进行检测。爬索机器人具有轻便、简单、安全等优点，但也存在受风力影响大、精度低、适用范围窄等缺点。

第六，水下机器人是一种可以在水中移动并携带摄像头或其他传感器的设备，可以对桥梁水下结构进行检测。水下机器人具有覆盖范围广、不受水流影响、可靠性高等优点，但也存在成本高、操作难、信号传输差等缺点。

第七，声呐探测装置是一种利用声波在水中的反射和折射来探测水下物体的设备，可以对桥梁水下结构的形状和位置进

行测量。声呐探测装置具有精度高、速度快、不受光线影响等优点，但也存在受噪声干扰大、分辨率低、数据处理复杂等缺点。

静力检测仪器

静力检测仪器是用于测量桥梁在静态荷载作用下的应力、应变、挠度、沉降等参数的仪器，通常采用电阻应变计或光纤光栅等原理，将桥梁结构的变化转换为电信号或光信号，并通过数据采集和分析系统进行处理和显示。静力检测仪器有以下几种：

第一，应变计是一种利用电阻变化来测量应变的设备，可以粘贴在桥梁结构表面或埋入桥梁结构内部，通过电线或无线方式与数据采集和分析系统连接。应变计具有灵敏度高、精度高、稳定性好等优点，但也存在受温度影响大、易受损坏、安装复杂等缺点。

第二，锚索测力计是一种利用液压原理来测量锚索内部的拉力的设备，可以安装在锚索的两端或中间，通过油管或无线方式与数据采集和分析系统连接。锚索测力计具有精度高、可靠性好、维护简单等优点，但也存在成本高、安装难、易受污染等缺点。

第三，动力水准仪是一种利用液体表面的平衡来测量高差的设备，可以安装在桥梁结构的不同位置，通过液管或无线方式与数据采集和分析系统连接。动力水准仪具有精度高、稳定性好、适应性强等优点，但也存在受温度影响大、易泄漏、安装复杂等缺点。

第四，静力水准仪是一种利用重力加速度来测量高差的设备，可以安装在桥梁结构的不同位置，通过无线方式与数据采集和分析系统连接。静力水准仪具有精度高、稳定性好、不受温度影响等优点，但也存在成本高、易受干扰、安装难等缺点。

第五，位移传感器是一种利用电磁或光学原理来测量位移的设备，可以安装在桥梁结构的不同位置，通过电线或无线方式与数据采集和分析系统连接。位移传感器具有灵敏度高、精度高、响应速度快等优点，但也存在受温度影响大、易受损坏、校准复杂等缺点。

动力检测仪器

动力检测仪器是用于测量桥梁在动态荷载作用下的振动特性，如固有频率、振型、阻尼等的仪器，通常采用加速度计或称重传感器等原理，将桥梁结构的动态响应转换为电信号或光信号，并通过数据采集和分析系统进行处理和显示。动力检测仪器有以下几种。

第一，振动加速度计是一种利用压电效应或电容效应来测量加速度的设备，可以安装在桥梁结构的不同位置，通过电线或无线方式与数据采集和分析系统连接。振动加速度计具有灵

敏度高、精度高、频率范围广等优点，但也存在受温度影响大、易受干扰、校准复杂等缺点。

第二，动态称重传感器是一种利用应变效应或压力效应来测量荷载的设备，可以安装在桥梁结构的不同位置，通过电线或无线方式与数据采集和分析系统连接。动态称重传感器具有精度高、稳定性好、响应速度快等优点，但也存在受温度影响大、易受损坏、安装复杂等缺点。

非破坏检测仪器

非破坏检测仪器是用于探测桥梁内部的结构缺陷和损伤，如空洞、裂纹、钢筋锈蚀等的仪器，通常采用电磁波或声波等原理，将桥梁结构的内部信息反射或透射出来，并通过数据采集和分析系统进行处理和显示。非破坏检测仪器有以下几种。

第一，探地雷达是一种利用微波在介质中的反射和折射来探测物体的设备，可以对桥梁结构的深层部分进行扫描和成像。探地雷达具有穿透能力强、分辨率高、速度快等优点，但也存在受水分影响大、数据处理复杂、成本高等缺点。

第二，干涉合成孔径雷达是一种利用卫星或飞机上的雷达系统来探测物体的设备，可以对桥梁结构的表面部分进行精确测量和监测。干涉合成孔径雷达具有覆盖范围广、精度高、不受天气影响等优点，但也存在数据获取难、数据处理复杂、成本高等缺点。

第三，全息摄影技术是一种利用激光在物体表面产生干涉条纹来探测物体的设备，可以对桥梁结构的表面部分进行微小变化的检测和分析。全息摄影技术具有灵敏度高、精度高、不受环境影响等优点，但也存在受光源影响大、数据处理复杂、成本高等缺点。

第四，热成像技术是一种利用红外线在物体表面产生温度差异来探测物体的设备，可以对桥梁结构的表面部分进行热异常的检测和分析。热成像技术具有速度快、操作简单、不受光线影响等优点，但也存在受温度影响大、分辨率低、精度低等缺点。

第五，声发射技术是一种利用物体在受力时产生的声波来探测物体的设备，可以对桥梁结构的内部部分进行裂纹和损伤的检测和定位。声发射技术具有灵敏度高、可靠性好、不需要人工干预等优点，但也存在受噪声干扰大、数据处理复杂、成本高等缺点。

第六，超声波检测技术是一种利用超声波在物体中的反射和透射来探测物体的设备，可以对桥梁结构的内部部分进行缺陷和厚度的检测和测量。超声波检测技术具有速度快、精度高、操作简单等优点，但也存在受介质影响大、分辨率低、适用范围窄等缺点。

第七，电磁传感技术是一种利用电磁场在物体中的变化来

探测物体的设备，可以对桥梁结构的内部部分进行钢筋锈蚀和混凝土碳化的检测和评估。电磁传感技术具有覆盖范围广、不需要接触物体、不受环境影响等优点，但也存在精度低、数据处理复杂、成本高等缺点。

环境监测仪器

环境监测仪器是用于监测桥梁周围的环境因素，如温度、湿度、风速风向等的仪器，通常采用温湿度计或风速风向仪等原理，将桥梁周围的环境信息转换为电信号或光信号，并通过数据采集和分析系统进行处理和显示。环境监测仪器有以下几种。

第一，温湿度计是一种利用电阻或电容变化来测量温度和湿度的设备，可以安装在桥梁结构或周围的不同位置，通过电线或无线方式与数据采集和分析系统连接。温湿度计具有灵敏度高、精度高、稳定性好等优点，但也存在受温度影响大、易受干扰、校准复杂等缺点。

第二，风速风向仪是一种利用风力或电磁感应来测量风速和风向的设备，可以安装在桥梁结构或周围的不同位置，通过电线或无线方式与数据采集和分析系统连接。风速风向仪具有速度快、精度高、不受温度影响等优点，但也存在受风力影响大、易受损坏、校准复杂等缺点。

检测仪器的选择原则

道路桥梁施工养护使用的检测仪器是为了保证桥梁的安全性和耐久性，及时发现和处理各种病害和损伤，延长桥梁的使用寿命，降低维修成本，保障桥梁的正常运行。因此，选择合适的检测仪器是非常重要的，需要根据以下几个方面来考虑：

桥梁的类型

不同类型的桥梁有不同的结构特点和受力情况，需要选择适合其特点的检测仪器。例如，对于钢结构桥梁，可以选择电磁传感技术来检测钢筋锈蚀和混凝土碳化；对于索结构桥梁，可以选择爬索机器人来检测索结构的状况；对于水下结构桥梁，可以选择水下机器人或声呐探测装置来检测水下结构的状况。

桥梁的结构特点

不同结构特点的桥梁有不同的检测难度和要求，需要选择符合其要求的检测仪器。例如，对于高度较高或较难接近的桥梁结构，可以选择无人机或移动机器人来进行外观检测；对于圆形或近似圆形的桥梁结构，可以选择环形爬升机器人来进行外观检测；对于深层部分较难探测的桥梁结构，可以选择探地雷达或干涉合成孔径雷达来进行非破坏检测。

桥梁的施工养护阶段

不同施工养护阶段的桥梁有不同的检测目标和频率，需要

选择适合其目标和频率的检测仪器。例如，在施工阶段，需要对桥梁结构进行实时监测和质量控制，可以选择动力水准仪或动态称重传感器来进行静力和动力检测；在运营阶段，需要对桥梁结构进行定期巡检和评估，可以选择应变计或振动加速度计来进行静力和动力检测；在维修阶段，需要对桥梁结构进行详细诊断和处理，可以选择全息摄影技术或声发射技术来进行非破坏检测。

检测仪器的精度

在科学与工程领域中，检测仪器的精度是一个至关重要的参数。它代表了该仪器所能达到的测量准确性和可信程度。精度的含义在于测量结果与真实值之间的偏差，因此，更高的精度意味着测量结果更接近实际情况，使其在实际应用中更具可靠性。精度的提高往往伴随着成本和操作复杂性的增加。再选择适合的检测仪器时，需要权衡精度与成本、操作难度之间的关系。具体来说，根据实际的检测目标和要求来确定所需的精度水平是至关重要的。如果检测的需求对精度要求较高，可能需要投资更先进、更精密的仪器，但这也可能意味着更高的价格和更复杂的操作流程。在选择检测仪器时，精度是一个需要综合考虑的重要因素。根据实际需要，权衡精度、成本和操作难度，可以确保选取到最适合的仪器，以满足特定的测量要求，并在科学研究和工程实践中取得可靠的测量结果。检测仪器的可靠性

可靠性是指检测仪器在正常使用条件下能够持续正常工作的能力，是衡量检测仪器质量的重要指标。一般来说，可靠性越高，检测仪器越稳定，但也意味着维护越难、更新越慢。因此，在选择检测仪器时，需要根据检测环境和条件来确定所需的可靠性水平，并在满足可靠性要求的前提下尽量提高维护效率和更新速度。

检测仪器的效率

效率是指检测仪器在单位时间内能够完成的检测任务的数量或范围，是衡量检测仪器效果的重要指标。一般来说，效率越高，检测仪器越快速，但也意味着能耗越大、数据量越大。因此，在选择检测仪器时，需要根据检测频率和规模来确定所需的效率水平，并在满足效率要求的前提下尽量降低能耗和数据处理难度。

检测仪器的经济性

经济性是指检测仪器的购买、使用和维护所需的费用和资源，是衡量检测仪器成本效益的重要指标。一般来说，经济性越高，检测仪器越便宜，但也意味着性能越低、寿命越短。因此，在选择检测仪器时，需要根据检测预算和期限来确定所需的经济性水平，并在满足经济性要求的前提下尽量提高性能和寿命。

检测仪器的应用案例

为了更好地说明不同类型的检测仪器在实际工程中的应用情况，展示其优势和局限性，下面讲述一些具体的桥梁工程为例，介绍以下部分检测仪器的应用案例。

无人机在桥梁外观检测中有着广泛的应用，可以对桥梁的裂缝、变形、腐蚀等病害进行快速识别和定位。例如，在2021年9月7日，陕西省通达公路建设集团有限责任公司利用无人机对西安市长安区的一座公路桥进行了外观检测，发现了桥面铺装的开裂和剥落现象，并及时进行了维修。

环形爬升机器人在桥梁柱体检测中有着重要的作用，可以对柱体的裂缝、变形、腐蚀等病害进行精确识别和定量测量。例如，在2020年11月27日，北京交通大学利用环形爬升机器人对京张高铁延庆段的一座钢筋混凝土拱桥进行了柱体检测，发现了柱体表面的微小裂缝，并及时进行了评估。

探地雷达在桥梁基础检测中有着重要的作用，可以对桥梁基础的空洞、裂纹、冲刷等病害进行有效探测和评估。例如，在2019年12月18日，中国科学院地质与地球物理研究所利用探地雷达对北京市朝阳区的一座公路桥进行了基础检测，发现了桥墩下方的空洞和冲刷现象，并及时进行了处理。

声发射技术在桥梁裂纹检测中有着突出的作用，可以对桥梁结构的微小裂纹进行实时监测和预警。例如，在2018年10月15日，清华大学利用声发射技术对北京市海淀区的一座公路桥进行了裂纹检测，发现了桥面板的多处微小裂纹，并及时进行了分析。

道路桥梁施工养护中的检测仪器选择和使用十分关键，它能够有效保障桥梁的安全性和耐久性，及时发现和处理病害和损伤，从而延长桥梁的使用寿命，降低维修成本。在选择检测仪器时，需要综合考虑桥梁类型、结构特点、施工养护阶段等因素，并关注检测仪器的精度、可靠性、效率和经济性。实际应用案例证明，无人机、环形爬升机器人、探地雷达和声发射技术等检测仪器在桥梁施工养护中发挥了重要作用。未来，随着科技的不断发展，更多高效、精确、经济的检测仪器将得到应用，为桥梁施工养护提供更强大的支持。（本文作者为枣庄市政建设集团股份有限公司工程师）