

高速公路护栏防撞性能评估与改进设计

沈 杰

宁夏路正工程咨询有限公司 宁夏 银川 750001

摘 要：高速公路护栏是保障公路交通安全的最后一道防线，其防撞性能直接关系到交通事故的发生次数和严重程度。本文以高速公路广泛运用的波形梁护栏为例，探讨其特点及性能要求，同时介绍了性能评估的方法，并提出相应的改进设计建议，以期高速公路护栏的优化设计提供参考。

关键词：高速公路；波形梁护栏；防撞性能；评估；改进设计

引言

高速公路作为现代交通网络的重要组成部分，其安全性直接关系到人民生命财产的安全。护栏作为高速公路的重要安全设施，其性能优劣直接影响事故的后果。波形梁护栏因其结构简单、安装方便、防撞性能优良等特点，在高速公路上得到了广泛应用。然而，随着车辆性能的提升和交通量的增加，现有波形梁护栏的防撞性能已逐渐难以满足需求。因此，对其防撞性能进行深入评估并提出具体改进设计方案，具有重要的现实意义。

1 高速公路波形梁护栏防撞性能评估

1.1 波形梁护栏的基本特点

波形梁护栏，作为高速公路上最常见的安全设施之一，其结构主要由波形钢板、立柱、防阻块及托架等部件组成。波形钢板是护栏的主体部分，通常采用Q235或Q345低碳钢板经冷弯成型工艺制成，具有良好的弹性和韧性。立柱则用于支撑波形钢板，通常采用圆钢管或H型钢制成，具有较高的强度和刚度。防阻块和托架则用于连接波形钢板和立柱，确保整个护栏系统的稳定性和可靠性。波形梁护栏的基本特点包括：结构紧凑：波形护栏板的连续波形设计使得护栏结构紧凑，能够有效吸收和分散撞击能量。安装方便：立柱和防阻块等部件采用模块化设计，便于现场安装和拆卸。适应性强：波形梁护栏适用于各种地形和气候条件，能够满足不同道路等级和交通量的需求。

1.2 波形梁护栏的性能要求

此外，波形梁护栏还需满足一定的性能要求，如：一是防撞性能：在车辆撞击时，护栏应能够有效吸收和分散撞击能量，减轻车辆和乘员的损伤程度。二是抗风性能：在强风条件下，护栏应能够保持稳定，不发生倾覆或变形。三是耐候性能：在不同气候条件下，护栏应能够保持良好的防腐性能和机械性能。四是使用寿命：护栏应具有较高的使用寿命，减少更换和维修的频率。

这些性能要求为护栏的设计、制造和安装提供了明确的指导，确保了护栏在实际应用中的安全性和可靠性。

2 高速公路波形梁护栏的防撞性能评估方法

2.1 冲击吸收测试

冲击吸收测试是评估波形梁护栏在受到车辆撞击时的能量吸收能力和防撞效果的重要手段。为了准确进行这一测试，首先需要准备高精度的碰撞测试设备。具体的测试步骤如下：首先，将波形梁护栏牢固地固定在测试平台上，确保护栏的安装符合实际道路安装标准，避免因安装不当导致的测试误差。然后，根据测试需求调整撞击头的速度和角度，以模拟不同速度和角度的车辆撞击情况。启动测试设备后，撞击头将按照设定的速度和角度撞击护栏，此时数据采集系统将开始实时记录撞击过程中的各项关键数据。撞击结束后，需要对护栏的变形情况进行仔细检查，并评估其恢复能力。这包括观察护栏的变形程度、测量变形后的尺寸以及评估护栏在撞击后的整体结构完整性等^[1]。通过这些检查，可以全面了解护栏在受到撞击后的表现，为其防撞性能的评估提供重要依据。在操作要点方面，首先需要确保测试设备的校准准确无误，传感器的灵敏度高，以保证测试数据的准确性和可靠性。在每次撞击测试前，都应对护栏进行仔细检查，确保其无损伤或变形，以免影响测试结果的准确性。同时，在记录数据时，应确保时间同步，以便准确分析撞击过程中的能量吸收和护栏变形情况。

2.2 抗弯性能测试

抗弯性能测试是评估波形梁护栏在受到弯曲力作用时的抵抗能力和稳定性的重要指标。为了进行这一测试，首先需要选取具有代表性的波形梁护栏样品。样品准备方面，应确保所选样品的尺寸、材料和结构与实际安装的护栏完全一致。这样可以确保测试结果的准确性和可靠性，为护栏的抗弯性能评估提供有力支持。在测试设备方面，通常使用万能材料试验机进行抗弯性能测

试。该设备应配备精确的力传感器和位移传感器,以实时记录样品在受力过程中的变形和应力情况。力传感器用于测量施加在样品上的弯曲力大小,位移传感器则用于监测样品在受力过程中的变形量。具体的测试步骤如下:首先,将护栏样品牢固地固定在试验机上,确保样品安装牢固且受力均匀。然后,根据测试需求设置试验机的加载速度和加载力,以模拟实际道路条件下的受力情况。启动试验机后,将逐渐施加弯曲力直至样品达到最大弯曲变形量或发生破坏。在测试过程中,需要实时记录样品的变形量、应力和抗弯强度等数据。这些数据将用于后续的分析和评估,以全面了解护栏的抗弯性能。在操作要点方面,首先需要确保试验机的校准准确无误,以保证测试结果的准确性。在施加弯曲力时,应保持匀速增加,避免突然加载导致样品破坏或测试结果不准确。同时,在记录数据时,应确保精度和准确性,以便准确评估护栏的抗弯性能。

2.3 耐候性测试

耐候性测试是评估波形梁护栏在不同气候条件下的耐久性和稳定性的重要手段。为了进行这一测试,首先需要准备环境模拟箱。环境模拟箱应能够精确控制温度、湿度和盐雾浓度等参数,以模拟不同气候条件(如高温、低温、盐雾环境)对护栏的影响。通过调整这些参数,可以模拟出护栏在实际使用过程中可能遇到的各种恶劣气候条件。在样品放置方面,需要将护栏样品放置在环境模拟箱中,并按照预设条件进行长时间暴露测试。测试周期应根据实际需要确定,通常为数周至数月不等^[2]。在测试过程中,应定期对样品进行检查和记录,以观察其表面锈蚀情况、老化程度以及力学性能(如强度、韧性)的变化。测试结束后,需要对样品进行全面的性能评估。评估内容包括样品表面的锈蚀情况、老化程度以及力学性能的变化等。通过目视检查可以观察样品表面的锈蚀和老化情况;通过力学测试可以评估样品在受力时的表现;通过化学分析可以了解样品材料的化学成分变化等。

3 高速公路波形梁护栏的改进设计方案

3.1 结构改进

3.1.1 增加波形梁高度和厚度

在针对高速公路波形梁护栏的改进设计中,首先应考虑的是增加波形梁的高度和厚度。具体而言,对于车速较快、车流量大以及预期碰撞能量较高的路段,可以将波形梁的高度增加至标准值以上。例如,在常规设计标准中,波形梁的高度可能满足一般防护需求,但对于高速路段,为了更有效地阻挡和分散撞击力量,可以将高度增加

至规定标准的1.3-1.6倍。这样的设计不仅能够提高护栏的防护能力,还能在视觉上给驾驶员提供更明显的警示作用。除了增加高度,还可以增强波形梁的厚度^[3]。目前,标准的波形梁钢板厚度可能为3mm,但在面对严重撞击时,这样的厚度可能不足以抵抗变形或断裂。因此,可以考虑将钢板厚度增加至4mm或甚至5mm。通过增加厚度,波形梁的抗弯强度和耐撞击性将得到显著提升,确保在受到撞击时能够保持结构的完整性,从而更好地保护车辆和乘客的安全。

3.1.2 优化波形梁截面形状

波形梁的截面形状对其抗撞击性能有着至关重要的影响。为了进一步提高护栏的防护能力,可以优化波形梁的截面形状。一种有效的设计方法是采用具有更优抗弯和抗剪性能的截面形状,如多腔室结构或带有加强肋的波形截面。这种设计能够更有效地吸收和分散撞击能量,提高护栏的整体稳定性。在实施这一设计时,可以利用有限元分析软件对波形梁的截面形状进行优化。通过模拟不同撞击条件下的受力情况,可以确保截面形状在受到撞击时能够均匀分散冲击力,减少局部破坏。同时,在优化设计过程中,还需要考虑材料成本和制造可行性,确保改进后的设计既实用又经济。

3.1.3 立柱设计创新

立柱作为波形梁护栏的支撑结构,其设计也至关重要。为了提高护栏的抗撞击性能和复位能力,可以设计一种抗折弯变形复位弹簧立柱。这种立柱内部设置有弹簧机制,当受到撞击时,弹簧能够吸收部分能量,并使护栏在撞击后迅速复位,减少变形和损坏。在选择立柱材料时,应优先考虑高强度钢材,以确保其具有足够的刚性和强度来支撑波形梁。同时,考虑到立柱长期处于户外环境,还需要选择具有良好耐腐蚀性的材料,以确保其长期使用的可靠性。

3.2 材料升级

3.2.1 高强度钢材应用

在高速公路波形梁护栏的改进设计中,材料的选择是至关重要的一环。为了提升护栏的整体性能和耐久性,建议选用符合国际标准的高强度低合金钢(HSLA)或双相钢等高强度钢材。这些钢材不仅具有优异的力学性能,如高抗拉强度、高屈服强度和良好的延伸率,还具备良好的焊接性,能够满足护栏在设计和制造过程中的严格要求。在选材过程中,需要对选定的钢材进行严格的力学性能测试。这包括但不限于抗拉强度测试、屈服强度测试以及延伸率测试。通过这些测试,可以确保所选钢材的力学性能指标均达到或超过设计要求,从而

保证护栏在受到撞击时能够承受并分散巨大的冲击力^[4]。此外,还需要对钢材的化学成分进行分析。钢材的化学成分直接影响其力学性能和耐腐蚀性,因此必须确保所选钢材的化学成分符合相关国际标准或行业规范。通过严格的化学成分分析,可以筛选出那些具有优异性能和稳定性的钢材,为护栏的制造提供可靠的材料保障。

3.2.2 热处理工艺

除了选用高质量的钢材外,还需要对波形梁进行适当的热处理工艺,以进一步提升其性能。调质处理是一种常用的热处理工艺,它通过加热、保温和冷却等过程,改善钢材的内部组织结构,提高其韧性和耐磨性。对于波形梁来说,经过调质处理后,其内部组织将更加均匀细致,从而使其在恶劣环境下仍能保持良好的性能。为了提高波形梁的耐腐蚀性,还需要对其进行表面防腐处理。热浸镀锌是一种常用的表面防腐方法,它能够在钢材表面形成一层致密的锌层,有效保护钢材不受腐蚀。此外,喷塑也是一种可行的表面处理方式,它不仅能够提供多种颜色选择,美化护栏外观,还能够一定程度上提高护栏的耐腐蚀性。通过这些表面防腐处理,可以确保波形梁在长期使用过程中保持良好的性能和外观。

3.3 创新设计元素

3.3.1 双层双波护栏结构

为了进一步提升高速公路波形梁护栏的防护能力,建议采用双层双波护栏结构。这一设计建议在原有单层护栏的基础上,增设一层护栏,形成双层防护体系。两层护栏之间,可以设计安装吸能材料或缓冲装置,如高密度泡沫、弹性橡胶垫等。这种双层结构和吸能材料的组合,能够实现多级能量吸收机制。当车辆与护栏发生碰撞时,外层护栏首先吸收部分撞击能量,减轻冲击力;随后,内层护栏和吸能材料共同作用,进一步吸收和分散剩余能量,从而最大限度地降低车辆和乘客的伤害风险。这种设计建议不仅提高了护栏的防护性能,还增强了其吸能效果,为高速公路的安全行驶提供了更可靠的保障。

3.3.2 防绊阻梯形防阻块设计建议

为了减少车辆轮胎卡入护栏间隙导致的绊阻现象,建议设计开发防绊阻梯形防阻块。这种防阻块可以安装

在波形梁与立柱之间,其梯形形状能够有效地防止车辆轮胎卡入护栏间隙,降低绊阻现象的发生概率。在材料选择上,建议选用高强度、耐冲击的橡胶或聚氨酯等材料来制作防阻块。这些材料具有良好的弹性和耐磨性,能够在受到撞击时迅速恢复原形,同时减少车辆和护栏的损坏。这种设计建议不仅提高了护栏的实用性,还增强了其耐用性和安全性,为高速公路的顺畅通行提供了有力支持。

3.3.3 智能化设计元素融入建议

为了提升护栏的智能化水平,建议将传感器技术和LED警示灯融入护栏设计中。具体来说,可以在护栏上集成压力传感器、加速度传感器等,实时监测护栏受到的撞击力度和频率,为护栏的维护和更换提供准确的数据支持。同时,建议在护栏的立柱或波形梁上安装LED警示灯。当传感器检测到撞击或异常情况时,警示灯会立即闪烁,提醒过往车辆注意前方路况,有效预防二次事故的发生。这种智能化设计建议不仅提高了护栏的智能化水平,还增强了其预警能力和安全性,为高速公路的智能化管理提供了新的思路和方法。

结语

通过对高速公路波形梁护栏防撞性能的全面评估和改进设计,可以有效提升护栏的防护能力和耐久性,降低交通事故的风险。新材料、新工艺和智能化技术的应用为护栏的改进设计提供了更多的可能性。未来,随着科技的不断发展,高速公路护栏的性能将进一步提升,为行车安全提供更加坚实的保障。同时,也需要持续关注交通流量和车辆性能的变化,不断调整和优化护栏的设计,以适应新的交通环境。

参考文献

- [1]沈杰.高速公路波形护栏设计与防撞性能分析[J].中国科技信息,2024,(16):61-63.
- [2]杨胜成.高速公路汽车防撞护栏设计要点[J].汽车维修与保养,2024,(06):105-107.
- [3]侯清,朱易,张庆春.高速公路波形护栏防撞性能提升研究[J].山西建筑,2023,49(23):143-147.
- [4]潘向阳.高速公路波形梁护栏防撞能力提升改造技术研究.福建省,福建省高速公路有限责任公司,2017-03-31.