

高速公路连续长陡下坡路段监测设备的布设方法与实践

杜律律

(上海璟竑交通科技发展有限公司, 上海市 200092)

摘要: 近些年,随着国家和社会大众对高速公路交通安全的重视程度提高,越来越多的主动预防和提升车辆交通安全的措施被应用在高速公路上,特别是危险程度较大的山区高速公路连续长陡下坡路段。基于现有的智能交通监测设备,对高速公路连续长陡下坡路段,根据其线形特征、结构物分布、事故状态等,进行了长陡下坡路段监测设备布设探析和工程实践,为连续长陡下坡路段的设备布设提供合理快速的方法,可为运行管理提供智能预警、精准的数据信息,研究成果对高速公路提升安全保障、提高管理水平有一定的参考作用。

关键词: 高速公路;连续长陡下坡路段;监测设备;布设方法

中图分类号: U411

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)02-0171-05

Layout Method and Practice of Monitoring Equipment for Continuous Long and Steep Downhill Sections of Expressways

DU Lyulyu

(Shanghai Jinghong Transportation Technology Development Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: In recent years, with the increasing attention of the state and the public to the highway traffic safety, more and more measures have been taken to actively prevent and improve the vehicle traffic safety in highways, especially the continuous long and steep downhill sections of mountain expressways with greater risk. Based on the existing intelligent traffic monitoring equipment, the analysis and engineering practice of the layout of monitoring equipment for the continuous long and steep downhill section of the expressway are carried out according to its linear characteristics, structure distribution and accident status, which can provide a reasonable and fast method for the equipment layout of the continuous long and steep downhill section, and can also provide the intelligent early warning and accurate data information for operation management. The research result can be used as a reference for improving the expressway safety and management level.

Keywords: expressway; continuous long and steep downhill section; monitoring equipment; layout method

0 引言

近些年,随着社会经济水平的提高,机动车保有率急剧上升,道路事故发生率升高,而作为交通危险系数较高的连续长陡下坡路段是公路交通安全的重要影响因素。相关研究表明,连续长陡下坡路段的主要事故类型有追尾、撞护栏和翻车,主要的事故车型为大、中型车辆,易发生事故的时间段为夜间。随着坡长和坡度的增大,事故率明显上升。结合连续长陡下坡路段线形、车辆速度特征等,连续长陡下坡路段事故发生的主要原因是车速过快、货车制动毂

效能下降、驾驶员操作不当及线形组合不良等^[1]。

基于连续长陡下坡路段对交通安全的重要影响,高速公路建设时通常会避免出现连续长陡下坡,但对于山区高速公路而言,受地形条件限制,往往存在连续长陡下坡路段。为了提升连续长陡下坡路段交通安全性,交通运输部发布了《提升公路连续长陡下坡路段安全通行能力专项行动技术指南》(交办公路[2019]44号),可见连续长陡下坡路段的交通安全提升已达到较为迫切的程度。伴随大数据和智能网联设备的发展,应用在连续长陡下坡路段的信息采集和预警设备数量也越来越多。

为了合理有效布设连续长陡下坡路段上智能监测设备,本文以山区高速公路为例,结合高速公路连续长陡下坡路段线形特征、结构物分布、事故特征

收稿日期: 2024-04-08

作者简介: 杜律律(1991—),女,本科,工程师,从事道路交通安全工作。

等,提供一种合理有效且能够快速确定智能监测设备的布设位置的方法。

1 连续长陡下坡路段的界定

1.1 规范界定

《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)、《公路路线设计规范》(JTG D20—2017)及《公路项目安全性评价规范》(JTG B05—2015)中均提到了连续长陡下坡路段的连续坡长和相应的平均纵坡或相对高差^[2-4],是现阶段公路设计和评价工作者引用的数值标准。

1.2 文献研究界定

对于连续长陡下坡的界定,张伟宾^[5]通过对高速公路长陡纵坡载重车最小安全行车间距进行研究,界定了长陡纵坡范围,详见表1。

表1 高速公路长陡纵坡判定标准

平均纵坡/ $\%$	3	4	5	6
坡长下限值/km	4.5	3.5	2.5	2.0

潘兵宏等^[6]通过分析连续下坡路段交通事故的特点,提出采用分析下坡过程中的主制动器的温升方法来定量地界定高速公路长陡下坡路段,提出了山区高速公路不同平均纵坡对应的长陡纵坡路段界定标准,详见表2。

表2 高速公路长陡纵坡界定标准

平均纵坡/ $\%$	坡长/m	平均纵坡/ $\%$	坡长/m
2.0	6.0	4.0	3.0
2.5	5.0	4.5	2.5
3.0	4.5	5.0	2.5
3.5	3.5	—	—

另外,还有部分学者以货车制动器制动效能下降的临界安全温度作为约束条件,计算高速公路组合纵坡的不同平均纵坡值所对应的最大安全坡长^[7]。

综上所述可以看出,目前行业规范没有对连续长陡下坡路段给出一个明确的定义,主要从线形条件方面提出相关指标。文献方面,长陡下坡界定方面主要通过运行速度差值进行研究,从货车制动、运行速度变化等方面进行考虑。文献研究整理的结果与规范一致,均结合坡长和平均纵坡进行判定。因此,本文对连续长陡下坡的界定采用规范规定的界定标准。

2 连续长陡下坡路段监测设备布设方法

根据路段的线形特征、结构物及服务设施分布、

事故多发路段分布特征等将智能监测设施布置方法划分为6类。

2.1 连续长陡下坡起点设备布设方法

连续长陡下坡入口处的监测应设于连续长陡下坡起点及沿起点向下坡方向延伸的1 km范围内。若下坡的起点设有服务区、停车区或加水点等服务设施的,应将监测设施布设于起点服务设施后,一是可以提高车辆重量的监测准确性,二是可以提高区间车速计算的准确性。

对于连续长陡下坡起点,布设设备需要采集进入连续长陡下坡的车辆信息,包括驶入时间、车辆号牌、车牌颜色、车型(几类车、轴数、轴距、车长等)、危车识别、车辆品牌、车速;同时,还需要采集驶入车辆的重量。能够采集上述信息的设备较多,较常用的为车型识别系统和动态称重板系统。

连续长陡下坡起点处车型识别器对应车道数设置,应覆盖所有车道,每条车道均需采集通过车辆的信息。动态称重设备敷设在采集车道断面的路面下方,每条车道均需采集通过车辆的重量。连续长陡下坡入口设备布设如图1所示。

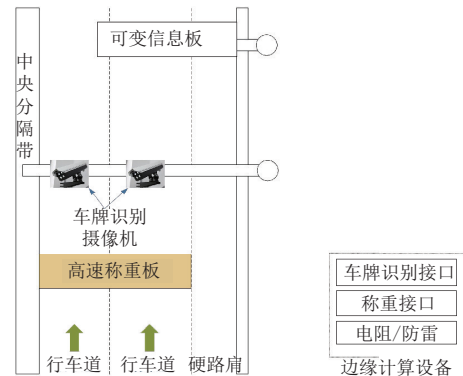


图1 连续长陡下坡入口设备布设示意图

2.2 连续长陡下坡互通立交段设备布设方法

高速公路连续长陡下坡路段设有互通立交的,以互通立交的入口加速车道终点为计算起点。若剩余的坡度坡长仍满足《公路路线设计规范》(JTG D20—2017)规定的连续长陡下坡的规定的,则需要在互通立交入口匝道设置连续长陡下坡的入口监测模块,以能更准确地监测连续长陡下坡路段通行的货车。对于互通立交入口加速车道终点至连续长陡下坡坡底的距离不满足连续长陡下坡要求的,则认为从互通立交驶入的货车能安全地通行剩余的长陡下坡路段,不需要对从互通立交驶入的货车进行监测。对于互通立交加速车道终点距离连续长陡下坡路段起点小于3 km且互通立交的入口加速车道终点距离坡

底的坡度坡长仍满足《公路路线设计规范》(JTG D20—2017)规定的连续长陡下坡的规定时,可以不在连续长陡下坡的入口设置监测设施,仅设于互通立交入口处。对于互通立交出口,为判断监测的货车是否从互通立交出口驶出连续长陡下坡,还需在互通立交出口匝道分流鼻端设置视频车牌检测器。

互通立交段的设备布设分3种情况:

(1)当互通立交加速车道终点距离连续长陡下坡路段起点小于3 km且互通立交的入口加速车道终点距离坡底的坡度坡长仍满足规范对连续长陡下坡的规定时,仅在互通立交入口加速车道终点处设置监测设备,覆盖范围应包括高速公路主线车道及互通入口加速车道。设备为车型识别系统和动态称重板系统。

(2)当互通立交加速车道终点距离连续长陡下坡路段起点大于3 km且互通立交的入口加速车道终点距离坡底的坡度坡长仍满足规范对连续长陡下坡的规定时,除按照前述连续长陡下坡起点设备布设方法布设外,还需在互通立交入口匝道加速车道起点处设置连续长陡下坡的入口监测模块,即车型识别系统和动态称重板系统,以便能更准确地监测连续长陡下坡路段通行的货车。另外,同一互通立交的出口段则需要监测驶出连续长陡下坡路段的货车,需要获取车辆的车牌信息和驶出时间,即布设车牌检测器。

(3)当互通立交入口加速车道终点至连续长陡下坡坡底的距离不满足连续长陡下坡要求的,则认为从互通立交驶入的货车能安全地通行剩余的长陡下坡路段,不需要对从互通立交驶入的货车进行监测,也无需布设监测货车是否驶入的设备。

互通立交入口匝道处的监测系统包括车型识别系统和动态称重系统,布设方式与连续长陡下坡起点相同,覆盖全部所有车道,每条车道监测车辆数据均需采集。

互通立交出口匝道减速车道终点处设置的车牌检测器需覆盖减速车道的所有车道,每条车道监测车辆数据均需采集。

2.3 连续长陡下坡隧道段设备布设方法

隧道段在连续长陡下坡路段上危险性要高于其他路段,应在隧道进口前3 s设计速度行程长度上游设置视频车牌识别器和红外热像仪。主要实现两个功能,对于路上预警,可以通过车辆的区间车速预测进入隧道的车速和进入隧道的轮毂温度。对于管理

单位,可以根据车辆在隧道进口段上游的速度判断车辆是否超速。另外,也可以根据隧道长度和轮毂温度判断车辆是否会在隧道内发生刹车失灵的情况,进而在隧道进口上游的情报板上及时发布车辆行驶信息。

连续长陡下坡路段上的隧道入口前的信息采集设备主要是用于采集车辆车牌、车速和时间的车速车牌检测器,用于检测采集断面货车轮毂温度的红外热像仪,以及用以显示预警信息的可变信息板。

车速车牌检测器布设在检测车道正上方,覆盖所有车道;红外热像仪设置在检测断面路侧,一处检测断面至少布设2套。

2.4 连续长陡下坡急弯路段设备布设方法

对于连续长陡下坡上的急弯路段,应在圆曲线半径小于《公路路线设计规范》(JTG D20—2017)规定的圆曲线半径的路段上游(ZH点)设置视频车牌识别器。当急弯路段由两个及以上曲线半径小于《公路路线设计规范》(JTG D20—2017)规定的圆曲线半径的平曲线组成时,应将检测设备布设在第一个平曲线的ZH点处。急弯小半径路段布设检测器可以实现通过车速计算车辆在急弯路段发生侧滑的风险大小。

连续长陡下坡路段上的隧道入口前的信息采集设备主要是用于采集车辆车牌、车速和时间的车速车牌检测器,用于检测采集断面货车轮毂温度的红外热像仪,以及用以显示预警信息的可变信息板。

车速车牌检测器布设在检测车道正上方,覆盖所有车道;红外热像仪设置在检测断面路侧,一处检测断面至少布设2套。

2.5 连续长陡下坡事故多发路段设备布设方法

对于通车运营3 a及以上的高速公路,以1 km长度为分析单元的涉及货车的追尾事故的频次超过3次的路段应设置用于车辆追尾风险预警的设备。

对于长陡下坡路段上的事故多发路段,应在检测断面上布置车牌车速检测器、可变信息板或定向音喇叭、红外热像仪、路面状态传感器,用于断面式车辆追尾预警系统。另外,也可设置车牌车速检测器、发光混凝土标线或发光道钉、信标、红外热像仪、路面状态传感器,用于连续式车辆追尾预警系统。

对于车牌车速检测器,应设置在车道上方,检测断面应覆盖所有车道,可根据设备覆盖的车道数进行调整设备数量。可变信息板或定向音喇叭布置在检测断面处,一处检测断面应布设一套。发光混凝

土标线或发光道钉应根据检测路段长度连续布设。信标同样根据检测路段长度连续布设,布设间距20 m一组。红外热像仪设置在检测断面处,一处检测断面至少布设2套,分设于路侧。路面状态传感器设置在检测断面路侧,一处检测断面至少布设1套。连续长陡下坡事故多发路段设备布设如图2所示。

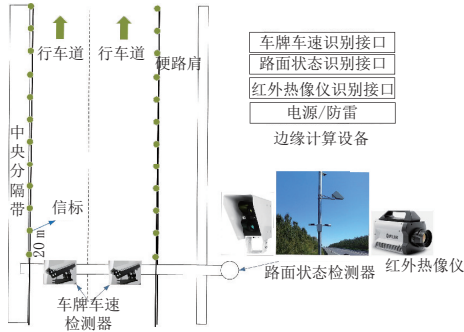


图2 连续长陡下坡事故多发路段设备布设示意图

2.6 连续长陡下坡终点设备布设方法

连续长陡下坡终点一般均设置连续下坡结束标志,如图3所示。可选择该位置布设监测设备,采集驶出连续长陡坡路段的车辆车牌及驶出时间。布设设备可选择车牌检测器。



图3 连续长陡下坡终点标志信息

3 连续长陡下坡路段设备布设案例

贵州省境内惠罗高速 K55+000~K76+600 段地形条件复杂,设有多处桥梁、长隧道、隧道群以及互通立交,桥隧比例高达 67.56%。该连续长陡下坡长达 21.6 km,平均纵坡为-2.5%。连续纵坡是山区高速公路建设中比较常见的线形组合,在连续长陡下坡路段重载货车容易发生刹车过热或刹车衰减,造成追尾碰撞事故,对安全行驶不利。而长隧道及隧道群路段内车辆行驶状态和特点与普通路段有较大区别,驾驶人需要更多的精力去适应环境的变化,在隧道群中部及隧道的进出口路段交通事故易发,当隧道群与连续长陡纵坡组合时,其交通事故的发生趋势更为明显。该连续长陡下坡路段隧道、互通及事

故多发路段分布情况见表3至表5。

表3 连续长陡下坡隧道分布

序号	名称	隧道起点桩号	隧道终点桩号	长度/m	隧道类型
1	边阳隧道	K55+200	K56+247	1 047	长隧道
2	新寨隧道	K57+472	K59+207	1 735	长隧道
3	小湾隧道	K58+893	K59+274	381	短隧道
4	老寨隧道	K60+322	K60+637	315	短隧道
5	花厂隧道	K62+289	K63+276	987	中隧道
6	冲头隧道	K69+531	K70+339	808	中隧道
7	凹水隧道	K70+639	K70+891	252	短隧道
8	板庚隧道	K70+990	K71+236	246	短隧道
9	三岔河隧道	K74+760	K75+761	1 001	长隧道

表4 连续长陡下坡互通立交分布

序号	名称	中心桩号	互通形式
1	边阳互通	K53+827.86	单喇叭A形
2	板庚互通式立体交叉	K71+604.167	单喇叭

表5 连续长陡下坡路段事故分布

起点桩号	终点桩号	事故次数/次
K55+000	K56+000	2
K56+000	K57+000	2
K57+000	K58+000	2
K58+000	K59+000	2
K59+000	K60+000	1
K60+000	K61+000	2
K61+000	K62+000	1
K62+000	K63+000	2
K63+000	K64+000	1
K64+000	K65+000	1
K65+000	K66+000	1
K66+000	K67+000	2
K67+000	K68+000	3
K68+000	K69+000	3
K69+000	K70+000	3
K70+000	K71+000	2
K71+000	K72+000	1
K72+000	K73+000	4
K73+000	K74+000	5
K74+000	K75+000	1
K75+000	K76+600	9

利用前述监测设备布设位置的确定方法,结合该连续长陡下坡路段线形、结构物和事故分布情况,分析该连续长陡下坡路段智能监测设备的布设位置。

3.1 连续长陡下坡起点和终点设备布设

结合互通立交位置可知距离连续长陡下坡距离最近的为边阳互通,可知该互通立交加速车道终点距离连续长陡下坡起点大于3 km,距离连续长陡下坡终点的距离不满足连续长陡下坡要求。因此,连

续长陡下坡起点位置需布设车型识别系统和动态称重板系统。

连续长陡下坡终点一般均设置连续下坡结束标志,可选择该位置布设监测设备,采集驶出连续长陡下坡路段的车辆车牌及驶出时间。

3.2 连续长陡下坡互通立交段设备布设

该连续长陡下坡路段共设置2座互通立交,边阳互通和板庚互通。对于边阳互通结合连续长陡下坡起点设备布设的描述,可知需在边阳互通立交出口匝道分流鼻端设置视频车牌检测器,用于判断监测的货车是否从互通立交出口驶出连续长陡下坡,在边阳互通还需在互通立交入口设置车型识别系统和动态称重板系统。对于板庚互通,互通立交入口加速车道终点至连续长陡下坡坡底的距离不满足连续长陡下坡要求,仅需在互通立交出口匝道分流鼻端设置视频车牌检测器。

3.3 连续长陡下坡隧道段设备布设

该连续长陡下坡段共设置9座隧道,其中3座长隧道、2座中隧道、4座短隧道。对于同一个连续长陡下坡路段存在多座隧道的,可按照隧道入口监测设施的布设方法结合线形和是否事故多发隧道进行布设监测设备。结合事故多发路段筛查,三岔河隧道位于K72+000~K76+600事故多发路段,应在隧道进口前3s设计速度行程长度上游设置视频车牌识别器和红外热像仪。

3.4 连续长陡下坡急弯路段设备布设

结合连续长陡下坡路段实地调研结果,确认K65+800~K66+200、K66+800~K67+000、K68+200~K68+350均为急弯路段。按照急弯路段监测设备布设方法,K65+800~K66+200、K66+800~K67+000两处急弯路段相邻,可仅在K65+800~K66+200处急弯路段的ZH点处设置车辆检测器。另外在K68+200~K68+350

段急弯路段的ZH点处设置车辆检测器。

3.5 连续长陡下坡事故多发路段设备布设

结合连续长陡下坡路段事故调查结果,可以发现连续长陡下坡事故发生于后半段,特别是K72+000~K76+600路段事故发生频次较高,可结合事故多发路段急弯、隧道和互通立交的分布及管理经验确定检测设备的布置位置。

4 结 语

本文以连续长陡下坡路段交通运行安全为基础,结合连续长陡下坡线形条件、结构物分布和事故特征等,提出高效合理的智能监测设备布设位置的确定方法。依照文中提供的方法,在山区高速连续长陡下坡路段上进行实际应用,得出以下结论。

(1)连续长陡下坡路段监测设备布设位置选择合理,能够合理快速获取连续长陡下坡路段上车辆的运行状态。

(2)能够较大程度避免连续长陡下坡路段监测设备的冗余布设,有效避免资源过度消耗。

(3)能够有效提升连续长陡下坡路段的主动安全预警能力,降低高速公路连续长陡下坡路段交通安全风险。

参考文献:

- [1] 李政. 道路交通事故多发点判定方法研究[J]. 科学之友(B版), 2008(2):59.
- [2] JTG B01—2014, 公路工程技术标准[S].
- [3] JTG D20—2017, 公路路线设计规范[S].
- [4] JTG B05—2015, 公路项目安全性评价规范[S].
- [5] 张伟宾. 高速公路长大纵坡载重车最小安全行车间距研究[D]. 西安:长安大学, 2018.
- [6] 潘兵宏, 杨少伟, 赵一飞. 山区高速公路长大下坡路段界定标准研究[J]. 中外公路, 2009(6):6-10.
- [7] 陈富坚, 郑峰, 徐培培. 基于货车制动安全的公路长大下坡可靠性设计方法[J]. 北京工业大学学报, 2017, 43(7):25-32.

(上接第153页)

参考文献:

- [1] 陈小娜, 朱红生, 假冬冬, 等. 典型城市河道生态修复需水阈值计算方法研究[J/OL]. 水利水电技术(中英文), 1-13.
- [2] 苏成斌. 上海市河湖水面率达标路径研究[C]//2019(第七届)中国水生态大会论文集, 南京:河海大学, 2019.
- [3] 史占锋. 河道管理岸线多因素综合划定问题研究[D]. 天津:天津大学, 2020.
- [4] SL 379—2007, 水工挡土墙设计规范[S].
- [5] GB 50286—2013, 堤防工程设计规范[S].
- [6] 刘永婷. 城市发展对嘉兴市水系连通影响及其与水资源耦合关系研究[D]. 合肥:安徽师范大学, 2018.
- [7] 隋伟, 刘鹏飞, 刘天宇, 等. 基于MIDAS_GTS_NX的复杂周边环境条件下地铁隧道安全评估应用[J]. 交通科技与管理, 2024(5):7-9.
- [8] 刘永, 张国和, 杨建华, 等. 基于Midas GTS/NX的滑坡稳定性分析及治理方案可行性研究[J]. 科学技术创新, 2023(23):133-136.