

The Safety Review on Continuous Long Downgrade Section of Expressway

Haoran Dou

Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract: There are many traffic accidents in the long and downhill sections of the expressway, and the problem of its operation safety is very prominent. This paper firstly introduces all kinds of domestic and foreign research on continuous long downgrade section definition standards, analyzes the influencing factors of continuous long downgrade road safety, the paper introduces the continuous downhill brake drum temperature prediction of setting safety model and the escape lane. The existing problems in the related safety research are discussed comprehensively. A safety evaluation method based on horizontal vertical and horizontal combination for real 3D design is put forward. The safety of Expressway continuous downhill section is comprehensively evaluated.

Keywords: Expressway; Long downgrade; Operation safety; Escape lane; Real 3D design

高速公路连续长下坡路段安全性研究综述

窦浩然

重庆交通大学, 重庆, 400074

摘要: 高速公路连续长下坡路段历来多发交通事故, 其运营安全性问题十分突出。本文首先介绍了国内外各类研究中关于连续长下坡路段的界定标准, 分析了连续长下坡路段运营安全的影响因素, 介绍了连续长下坡路段制动器温度预测模型和避险车道的设置等安全性研究。综合讨论了目前相关安全性研究中所存在的问题, 提出了基于平纵横结合的道路真三维设计安全性评价方法对高速公路连续长下坡路段安全性进行综合评价。

关键词: 高速公路; 长下坡; 运营安全; 避险车道; 真三维设计

1 引言

近年来, 随着我国公路建设的不断发展, 国家高速公路网规划不断完善, 高速公路建设重心逐步从东南沿海地区转移到西部地区[1]。由于我国西部地区地形地势复杂, 山岭重丘区较多, 高速公路建设存在一系列的问题, 在这些问题中, 如何克服较大的高差是首要的难题。为此, 部分高速公路采取设置连续长下坡路段的方法来消除高差。如雅西高速设置了 3 处超长连续纵坡, 长度均在 20km 以上, 最长处达 51km, 平均纵坡 2.97%[2]。

2013 年 12 月公安部交管局公布全国十大危险路段, 其中七处与长大下坡有关。根据调查显示, 山区高速公路连续长下坡路段是交通事故的多发地段, 并且近年来有不断上升的趋势。以重庆市为例, 重庆属于典型的山岭重丘区, 其内高速公路具有山区高速公路的典型特征, 据统计, 全市高速路网长下坡处每月大约发生 2~3 起交通事故。随着各国对道路交通安全

的不断重视, 高速公路连续长下坡路段安全性的研究也大量开展了起来。

针对高速公路连续下坡路段安全性问题, 国内外专家进行了各方面的研究。本文主要介绍了目前国内外专家对高速公路连续长下坡路段的研究进展, 重点介绍了连续长下坡路段制动器温度预测模型[3]和避险车道的设置等研究。最后总结了目前相关安全性研究中所存在的问题[4], 提出了基于平纵横结合的道路真三维设计安全性评价方法对高速公路连续长下坡路段安全性进行综合评价[5]。

2 长下坡路段的界定标准

关于长下坡路段的界定标准, 目前规范里还没有明确的规定。《公路工程技术标准》中关于最大坡长的限制, 也主要是考虑到汽车的爬坡性能, 并且仅仅考虑了单一坡度下对应的坡长, 并没有从连续长下坡的角度来对其进行限制, 因此关于长下坡的定义存在着争议, 国内外专家学者对此提出了不同的界定标

准。

国内学者张小东[6]等人认为,当道路平均纵坡大于3%时,连续下坡长度达到5km即可定义该路段为连续长下坡路段。李明哲[7]等人考虑到汽车制动性能及汽车承载力等条件,认为当平均纵坡分别达到3%,4%,5%时,对应的连续下坡长度达到7km,5km,4km时,即认为该路段为连续长下坡路段。潘兵宏等人通过对相关路段的交通事故分析以及对制动器的温度研究,确定了相应的长下坡路段界定标准[8]。

国外专家学者在这一方面也开展了许多研究。美国是最早重视道路安全的国家之一,制定了道路等级评价系统(GSRs)对长下坡路段进行安全等级评价。在1950年,公共交通局(BPR)建。立了一个任意等级的评级系统,用以警告下坡行驶的司机。1960Hykes提出用制动器的散热能力来进行汽车下坡安全性评价。美国联邦公路局开发了FHWA GSRs DOS程序[16]对长下坡路段进行了更科学的界定。

3 长下坡路段运营安全影响因素

影响高速公路长下坡路段运营安全的因素有很多,现代的道路路线设计综合考虑“人—车—路—环境”的要求来进行设计,本节从这四个角度对影响高速公路长下坡路段运营安全的因素进行分析[9]。

从“人”的角度来看,驾驶员的行为对运营安全有直接影响。据统计,驾驶员不当的操作行为占交通事故起因比例达50%以上,某些国家甚至高达90%[10]。对于高速公路长下坡路段来说,驾驶员的正确驾驶显得更为重要。例如超载严重影响长下坡路段的安全性,大货车在连续下坡时如果超载,制动器的温度会急剧升高,性能下降,极易引发交通事故[11]。此外,超速行驶、疲劳驾驶、不合理的档位选择都对高速公路长下坡路段运营安全有重要影响[12]。

对于车辆的状态,也是影响长下坡路段运营安全的重要因素。据调查,大货车在高速公路行驶中占有较大比重,并且有逐年上升的趋势。大货车是连续长下坡路段出事的主要车型,原因在于下坡时连续频繁的制动,容易造成刹车失灵,造成车辆失控,从而引发交通事故。此外,制动器的制动性能也是一重要因素,目前我国连续长下坡路段货车采用的主要是淋水降温系统,这也是保证制动器性能最有效的一种方

法。

从道路本身的条件来看,路线的平纵指标是影响长下坡路段运营安全的重要因素。合理的平纵组合,有利于道路的运营安全。此外,道路构造物如桥梁、涵洞、立交均对长下坡路段运营安全有影响。

关于道路环境,这是高速公路运营安全不可或缺的影响因素。例如,雨、雾、雪天气均对驾驶员行驶有影响,其中雾和雪是高速公路长下坡路段运营安全的重要影响因素。雾天时驾驶员视线受影响,下坡时容易判断失误。冰雪天气影响车辆的抗滑性能,尤其桥梁路段更易结冰,环境对长下坡路段安全运营的影响不可忽视。

4 长下坡路段运营安全研究

4.1 制动器温度预测

高速公路上货车在连续下坡时,需要频繁制动,制动器温度上升,性能将会下降,因此通过分析制动器温度变化情况,给研究连续长下坡路段的安全性提供了重要的科学手段。

国内外研究表明,200℃和260℃是制动器温度的两个临界点,温度低于200℃可认为制动器性能不受影响,超过这一值时性能开始下降,直到温度达到260℃时性能失效。

关于制动器温度预测的模型较多,目前在高速公路连续长下坡路段,使用基于能量守恒原理的世界道路协会《道路安全手册》中的模型是较为合理的。该模型公式为:

$$T = T_0 e^{-K_1 L/V} + (T_a + K_2 P_B V)(1 - e^{-K_1 L/V})$$

其中 T_0 、 T_a 分别是初始温度和环境温度, $K_1 = 1.23 + 0.016V$, $K_2 = 0.1 + 0.0013V$, L 为汽车至坡顶的距离, P_B 为制动力功率。

通过该制动器温度预测模型,可分析纵坡、运行速度、车辆载重等因素对制动器性能的影响,从而研究连续长下坡路段的安全性。

4.2 避险车道

高速公路在连续长下坡路段为了保证失控车辆能安全减速下来并对主线车辆不造成影响,往往在行车道外侧增设一条专用车道,即避险车道。避险车道的存在,大大降低了失控车辆的事故发生率,对高速公路连续长下坡路段的安全性具有重要影响,国内外对这方面开展了许多研究。

美国是世界上最早设置避险车道的国家，据统计，1990年时美国避险车道数量已达170条。我国第一条避险车道产生于1998年北京八达岭高速公路上，此后，国内多条高速公路也开始设置避险车道，如著名的“魔鬼路段”四川雅西高速，在长达51km的连续长下坡路段中设置了6处避险车道。

据不完全统计，每年至少有30辆货车刹车失灵冲上避险车道，避免了事故悲剧。

避险车道虽然能有效保证下坡路段失控车辆的安全，但是目前国内还没有专门的标准对其进行规定，从而易出现不合理性的设置。郭鑫等人专门就长大下坡路段避险车道的安全性展开研究，综合考虑了各项参数和指标，应用集值统计法确定各项指标权重，制定了一套完整的关于避险车道的评价标准，最后根据所得评分对避险车道安全性进行分级，如表1所示：

Table 1. Classification of truck escape ramps by safety assessment result

表 1. 避险车道安全评价分级

评价分值	(90,100]	(80,90]	(70,80]	(50,70]	≤50
安全性	十分安全	较安全	基本安全	安全性差	事故多发

此方法以各项参数和指标为基础，综合考虑道路、车辆、环境等对避险车道安全性的影响，较为科学合理。

5 总结

高速公路连续长下坡路段是交通事故的多发地，本文基于国内外已有研究情况，介绍了连续长下坡路段的界定标准，分析了连续长下坡路段运营安全的影响因素，同时对连续长下坡路段制动器温度预测模型和避险车道的设置进行阐述。

通过以上研究，我们对高速公路连续长下坡路段的安全性有了全面的认识，但是从中我们也发现了一些问题。目前传统的道路几何设计仍是二维的，它简化了道路的真三维环境。这种设计虽然能满足“标准”、“规范”的要求，有其存在的必然性、合理性，但二维环境下设计的道路可能在空间组合（一致性）上存在不合理，对道路运营的安全可能存在影响。例如《公路工程技术标准》中关于坡长的限制仅仅考虑了纵坡的影响，并没有结合平纵横以及相邻路段对其综合考虑，故其存在不合理处。

针对这一问题，笔者认为传统的道路二维设计已不能满足基于“人一车一路一环境”的现代道路设计要求。对高速公路连续长下坡路段的安全评价来说，基于平纵横结合的道路真三维设计安全性评价方法更为科学与合理。在设计阶段，应结合BIM等相关技术对道路进行三维设计，更加符合道路的真三维环境。对于特殊路段的道路安全评价，如连续长下坡路段，不能只依靠于单一的线形指标进行评价，可以基于可

靠度理论，对平纵横指标进行无量纲化加权处理，根据处理后的指标进行综合的道路安全评价。道路设计三维化是行业未来的发展趋势，不可阻挡，基于平纵横结合的道路真三维设计安全性评价方法对相关特殊路段的安全评价更合理有效。

References (参考文献)

- [1] Wang K.Y., Lin D.M., Ho W.T. Analysis of the influence of the design index of super long continuous longitudinal slope on the running speed of the expressway. Highway. 2016, 61, 02, 40-44. 王开洋, 林达明, 何万通. 高速公路超长连续纵坡设计指标对运行速度的影响分析. 公路, 2016, 61, 02, 40-44.
- [2] Fang D.C., Yang P, Chen N. Principle of comprehensive application of safety evaluation technology for continuous longitudinal slope. Highway Traffic Science and Technology (Application Technology Edition). 2016, 12, 03, 334-336. 方德春, 杨鹏, 陈楠. 连续纵坡安全评价技术综合运用原则. 公路交通科技(应用技术版). 2016, 12, 03, 334-336.
- [3] Yuan Q. Construction of temperature detection system for truck brake in continuous and long downhill. Heilongjiang Science and Technology Information. 2016, 25, 6. 袁泉. 连续长下坡货车制动器温度检测系统构建. 黑龙江科技信息, 2016, 25, 6.
- [4] Wang K.Y. Research on the safety of highway long downgrade traffic safety. Highway. 2016, 61, 07, 204-208. 王开洋. 高速公路长下坡路段交通安全对策研究. 公路, 2016, 61, 07, 204-208.
- [5] Liu B.Q., Chen Y.Q., He G.Y., Zuo M. Study on the traffic safety and management of the long downhill section of the mountain highway. Sichuan Architecture. 2016, 36, 04, 84-86. 刘保权, 陈永权, 何光友, 左明. 山区公路长下坡路段交通安全运营与管理问题研究. 四川建筑. 2016, 36, 04, 84-86.
- [6] Zhang X.D., Gao J.P., Kong L.Q. Continuous long downhill highway safety analysis. Shandong Traffic Science and Technology. 2005, 01, 17-19. 张小东, 高建平, 孔令旗. 高速公路连续长下坡路段行车安全分析. 山东交通科技. 2005, 01, 17-19.
- [7] Dai S.Y. Research on the safety design standards and methods of longitudinal slope of continuous long downgrade section.

- Chongqing Jiaotong University. 2015.
代诗宇. 连续长下坡路段纵坡安全性设计标准与方法研究. 重庆交通大学. 2015.
- [8] Li X.F. Research on the setting technology of mountain freeway safe Lane Setting. Chongqing Jiaotong University. 2009
李学峰. 山区高速公路避险车道设置技术研究. 重庆交通大学. 2009.
- [9] Shi H.Z. Analysis of the setting position of the safe haven lane of the highway long downgrade section. Chinese and Foreign Highways. 2013, 33, 03, 335-339.
师恒周. 公路长下坡路段避险车道设置位置分析. 中外公路. 2013, 33, 03, 335-339
- [10] Li Y.C., Tan W.H., Liu X.Y. Study on safety evaluation and regulation measures of highway continuous long downgrade section. Western Communications Technology. 2013, 06, 8-13..
李迎春, 覃文辉, 刘小勇. 高速公路连续长下坡路段安全评价与整治措施研究. 西部交通科技, 2013, 06, 8-13.
- [11] Jin E.Y., Du B.Y. Temperature model of truck brake in long and downhill. Highway Traffic Technology. 2011, 28, 02, 133-136.
靳恩勇, 杜博英. 长大下坡货车制动器温度模型. 公路交通科技. 2011, 28, 02, 133-136.
- [12] Xiong Y. A discussion on the comprehensive control measures of traffic safety in the continuous long downslope of Mountainous Expressway. Highway Traffic Technology. 2011, 05, 141-143.
山区高速公路连续长下坡交通安全综合治理措施探讨. 公路交通技术. 2011, 05, 141-143.
- [13] Zeng S., Zhang He., Meng Y.W. Research on heat conduction inverse problem of continuous long downhill truck brake. 2016 International Conference on Civil, Transportation and Environment, 2016.
- [14] Wang J.B., Chen B., Wang H.K., He C. The security of medium truck with Engine brake (Jacobs) driving through the mountain highway long downhill slope. 2012 International Conference on Automobile and Traffic Science. Materials, Metallurgy Engineering (MMAT-12), 2013.
- [15] Song B., Lv J.G., Liu Y., Kong F. Department of artillery engineering ordnance engineering college shijiazhuang, china political division shijiazhuang army command college shijiazhuang. The simulation and analysis on engine and hydraulic retarder continual braking performance of the tracked vehicle on long downhill. IEEE Beijing Section、Chinese Institute of Electronics(CIE). Proceedings of 2009 9th International Conference on Electronic Measurement & Instruments (ICEMI' 2009) Vol.3. IEEE Beijing Section、Chinese Institute of Electronics(CIE):IEEE BEIJING SECTION, 2009, 4.
- [16] Song B., Lv J.G., Liu Y., Kong F. The simulation and analysis on engine and hydraulic retarder continual braking performance of the tracked vehicle on long downhill. Electronic Measurement & Instruments, 2009. ICEMI '09. 9th International Conference on, 2009.