

# 山区公路长陡下坡路段大型汽车制动器温度研究<sup>\*</sup>

## ——以 317 国道鹧鸪山隧道西引道为例

张诗波<sup>1,2</sup>, 查治涌<sup>1</sup>, 庞劲荣<sup>1</sup>, 张璐<sup>1</sup>, 邱健斌<sup>1</sup>

(1.西华大学 汽车与交通学院, 四川 成都 610039; 2.四川西华交通司法鉴定中心, 四川 成都 610039)

**摘要:** 汽车连续制动是制动器升温的重要原因, 尤其是在山区二级公路长陡下坡路段。文中以 317 国道鹧鸪山隧道西引道为例, 采用热成像仪检测 67 辆大型车辆在完成 4.4 km 长陡下坡后的制动器温度, 分析单车制动器最高温度、同轴左右轮制动器温度、有无载货时制动器温度、有无淋水时制动器温度等。结果表明, 4.4 km 长、平均纵坡 5% 的长陡下坡会使制动器温度达到 300 °C; 同轴左右轮制动器温度差异不容忽视; 重车通过连续长陡下坡路段的危险系数比空车高; 车辆在长陡下坡路段采取淋水降温措施有效。

**关键词:** 交通安全; 长陡下坡; 大型汽车; 制动器温度; 山区二级公路

中图分类号: U491.3

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2022)02-0039-04

受地形、地质、环境保护等方面因素的控制, 西部山区许多二级公路采用长陡下坡来克服地势高差, 由此带来一系列交通安全问题。汽车在连续下坡路段行驶时, 为保持速度平稳, 不得不采取连续制动来控制车速, 造成制动器温度升高, 严重时造成制动失效, 继而引发恶性交通事故。据统计, 在全国 29 处公路危险路段中, 长下坡路段占 55.6%。公安部 2018 年公布的全国十大事故多发的公路长下坡路段中, 一半为山区非高速公路。有资料显示, 在连续长下坡路段, 由于制动器故障或制动失效导致车辆失控所引起的事故占比达 40%, 其中大型车辆所占比例为 48%。针对该问题, 余强提出采用发动机制动、排气制动和电涡流缓行器联合作用的持续制动方式, 何勇提出采用淋水降温措施。该文依托 317 国道鹧鸪山隧道西引道 4.4 km 长陡下坡路段交通事故预防整改项目, 对通过该路段大型车辆制动器温度进行实地测量, 研究大型车辆经过长陡下坡行驶后制动器的温度特征。

### 1 汽车制动器温度上升机理

汽车制动器分为盘式与鼓式两大类, 由于鼓式制动器具有成本较低、制动力大等优点, 载重货车等大型车辆通常采用鼓式制动器。鼓式制动器的主要零件为制动蹄、制动块、制动鼓、制动轮缸及回位弹簧等, 汽车制动时, 驾驶员踏下制动踏板, 制动块向

外张开, 压紧对应的制动轮, 摩擦片与制动轮的内侧相互摩擦从而使汽车减速或停止。但鼓式制动器由于自身结构原因其散热性较差, 制动过程中产生热量并贮存于制动鼓中, 使制动鼓温度上升, 在连续下坡路段连续制动时制动鼓温度急剧上升, 导致制动效果衰减甚至失效, 从而引发严重的交通事故。为保证制动鼓制动效能稳定, 需对其进行散热。制动器生热之后的散热方式主要有传导散热、辐射散热和对流散热 3 种, 通常辐射散热与传导散热在制动器内散热占比相当, 占散热量的 5%~10%, 大部分热量是通过对流散热方式散失。

在不同温度下, 鼓式制动器的制动表现有所差异。温度没有超过 300 °C 时, 制动器效能稳定, 制动效果好, 一般不会由于制动器本身原因造成车辆制动失效。从微观上看, 化合物相对较稳定, 出现化学热降解的概率小, 能保持良好的制动效能。而温度超过 300 °C 时, 制动器会随着温度的升高出现明显的热衰退现象, 制动效能大大降低。这是由于制动蹄摩擦片上含有大量有机化合物, 它们会析出气体或液体存于制动鼓中, 导致摩擦系数减小, 制动效能减弱, 严重时引发制动失效。

### 2 鹧鸪山隧道西引道路况及事故状况

#### 2.1 道路概况

国道 317 线鹧鸪山隧道西引道(以下简称西

<sup>\*</sup> 基金项目: 西华大学校重点项目(Z211005); 西华大学教学改革研究项目(xjg2019070)

引道)连接坡顶西洞口和坡底三家寨,全长 4.4 km,于 2005 年建成通车。该道路采用山岭、重丘二级公路设计标准建设,设计速度 40 km/h。坡顶(隧道洞口)海拔约 3 300 m,起终点高差约 220 m,平均纵坡约 5%。按照 JTG D20—2017《公路路线设计规范》,西引道平均纵坡和连续坡长指标符合长陡下坡的界定。图 1 为西引道的平面线形。



图 1 西引道平面线形示意图

西引道不仅坡陡、坡长,而且平纵线形复杂,急弯多,坡度大,弯坡组合多。其中 6 处纵坡最大坡度达 6%,最小平曲线半径为 100 m,平均每公里平面交点 5.05 个,平均每公里纵坡变更 3.2 次,平曲线长度占路线总长度的 85.13%,竖曲线长度占路线总长度的 37.5%。由于鹫鹑山隧道为马尔康通往成都的最便捷通道[汶马(汶川—马尔康)高速公路通车前],也是川藏公路北线的必经之地,加之川西北旅游资源丰富,西引道高峰期的单日交通量超过 7 000 辆/d,其中货车占比约为 1/3 (按自然数量)。

## 2.2 事故状况

根据马尔康市公安局交警大队的事故记录,2014 年 2 月—2016 年 5 月,在西引道共发生 58 起简易程序交通事故,其中单车事故 29 起、双车事故 25 起、三车事故 2 起、五车事故 2 起;2010 年 10 月—2016 年 4 月,西引道上共发生 8 起有人员伤亡的严重事故(见表 1),其中重大事故 1 起、一般事故 7 起。在这些人员伤亡事故中,一半事故发生在长下坡的坡底(三家寨大桥),1/4 发生在回头曲线处,1/4 发生在“3.13 路段”(见图 1)。2012 年 3 月 13 日发生在 K289+400 处弯道的大型客车失控冲出护栏坠崖造成 15 人死亡、6 人受伤的事故最严重(见图 2),因该事故影响重大,事故发生路段被称为“3.13 路段”。在长陡下坡路段行驶时车辆连续制动导致制动效能降低或失效是事故成因之一。

表 1 西引道路段典型事故案例

事故发生位置	事故形态	死亡人数/人	受伤人数/人
三家寨大桥桥头	重型罐车冲撞挡墙侧翻	1	0
回头曲线处	重型货车进入弯道向左侧翻冲出护栏	1	0
3.13 事故路段	客车失控冲出护栏坠落	15	6
三家寨大桥桥头	重型普通货车侧翻后撞挡墙	1	0
回头曲线处	重型货车失控后撞挡墙和对向来车	2	3
3.13 事故路段	重型罐式货车冲出护栏坠落	1	0
三家寨大桥桥头	重型半挂车追尾重型普通货车	0	3
三家寨大桥桥头	轻型普通货车追尾前方车辆	1	4



图 2 “3.13”重大交通事故照片

## 3 制动器温度数据采集

### 3.1 检测设备

使用 FLUKE Ti125 热成像仪(见图 3)检测制动器温度。该仪器将探测到的红外热量转换为电信号,并对显示器上生成的热成像和温度进行计算,其主要技术参数见表 2。它可快速、高效、准确地检测货车制动器温度最高的位置和数值,并以热图的方

式保存,完成一辆车的检测只需数十秒。



图 3 FLUKE Ti125 热成像仪

表 2 FLUKE Ti125 热成像仪的主要技术参数

参数名称	参数值
热灵敏度/℃	≤0.1
视场角/(°)	22.5×31
测温范围/℃	-20~350
温度测量准确度	±2℃或±2%(取其中较大者)
对焦机制	手自一体对焦系统
质量/kg	0.726
尺寸/cm	28.4×8.6×13.5

### 3.2 温度采集对象

制动器温度采集对象设定为货车与客车,货车包括重型、中型、轻型及微型汽车。除第一轴外(货车主要的承重轴为后轴,第一轴制动器温度一般不会高于后轴),其他每根轴左右轮上的制动器均需检测,并记录车辆是否装载货物、下坡是否淋水、是否挂车、牌照属地等。

### 3.3 检测过程

西引道坡底路侧较平坦,可容纳少量车辆临时停靠。由辖区交警将完成下坡的货车拦截指挥至临时停车区,停车后将热成像仪在距制动器约 15 cm 处(见图 4)对准制动器内壁,在小范围移动过程中观察显示屏上热成像和温度数值,当屏幕上目标轮廓清晰、出现最大数值(见图 5)时保存热成像并告知记录人员,同时记录制动器所对应的位置、货物装载情况、是否淋水等。检测在 5 月底一工作日的上午开展,当天天气晴朗,共检测 67 辆车,获得 242 个制动器温度数据。



图 4 对大型车辆制动鼓温度进行检测

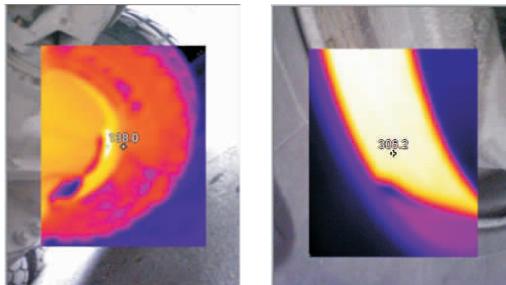


图 5 热成像仪画面

## 4 检测结果与分析

从单车最高温度、同轴左右轮温度差异、有无载货温度差异、有无淋水温度差异四方面对检测数据进行分析,研究西引道路段大型汽车制动器温度特征。

### 4.1 单车最高温度

对所检测的 67 辆车各轮制动器温度最高值进行统计,制作直方图(见图 6)和分布图(见图 7)。

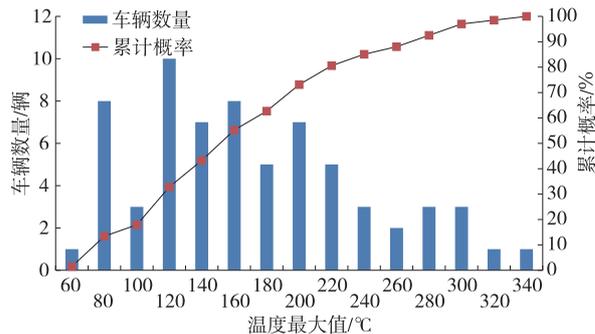


图 6 单车各制动鼓温度最大值直方图

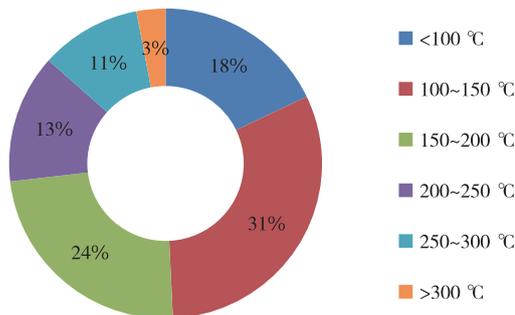


图 7 单车各制动鼓温度最大值分布图

从图 6、图 7 可看出:绝大部分车辆的制动鼓温度最大值低于 300℃,有 2 辆车(占 3%)的制动鼓温度超过 300℃,最高温度达 329.6℃;有 9 辆车的制动鼓最高温度超过 250℃,占 14%;单车制动鼓温度最大值超过 200℃的车辆有 18 辆,占 27%。超过 250℃特别是超过 300℃的车辆,其制动效能将显著下降,车辆处于极不稳定状态,若处置不当,

极易酿成追尾事故或弯道失控事故。尽管西引道的坡度和坡长只是“入门级”的长陡下坡,但仍然有少量车辆的制动器温度超标,这是该路段货车制动衰退或失效事故相对频发的最主要原因。

#### 4.2 同轴左右轮温度差异

将所检测的67辆车、共121根轴左右轮制动器温度差值以50℃为间隔进行统计,制作差值分布图(见图8)。

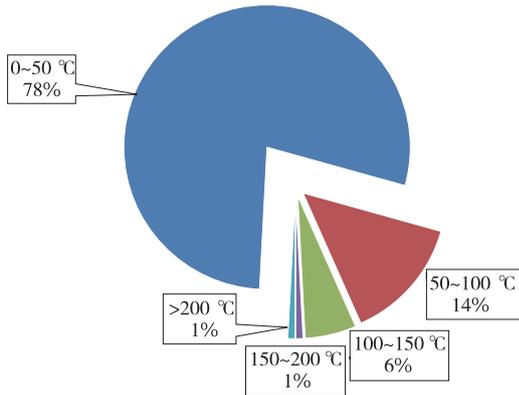


图8 同轴左右轮制动鼓温度差异分布

从图8可看出:虽然大部分车辆左右轮制动器温度差异在50℃以内,但仍然有2%的车辆同轴左右轮制动器温度差值超过150℃。制动系统制动力分布不均、左右制动器淋水大小差异、驾驶员操作习惯、制动摩擦材料差异等都会造成左右轮制动器温度差异过大。同轴左右轮制动器温度差异过大,制动时左右轮获得的制动力不同,会影响制动时方向稳定性,增加驾驶员的应急处置风险。西引道为连续弯坡路段,左右轮制动器工作状态差异较大的车辆在通过弯道时发生越线行驶或冲出路外的风险高于其他车辆。

#### 4.3 有无载货温度差异

所检测的67辆车中,未搭载货物/乘客的车辆仅5辆,占7.5%,其中最高温度为216℃,且同轴左右轮制动鼓温度差异均小于100℃;汽车制动鼓温度排名前七的均为载货/载客车辆。连续下坡时,与空车相比,重车在达到与空车相同的制动效果时会更多地磨损摩擦盘,因而制动鼓温度更高。

#### 4.4 有无淋水温度差异

将所检测的67辆车的温度数据按下坡时是否淋水进行统计,结果见图9。

67辆车中,23辆在下长陡下坡时没有淋水。从图9可看出:没有淋水的车辆中,制动鼓温度最高达329.6℃,淋水车辆的制动鼓温度最高为313.7℃,

淋水车辆的制动鼓温度更低。车辆淋水器可有效降低制动鼓温度,加快热量散失,是避免汽车刹车失灵的有效手段。

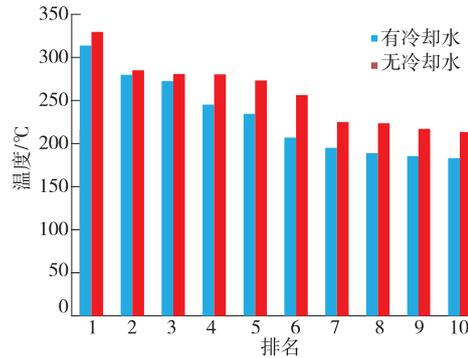


图9 排名前十的有无淋水系统制动鼓温度对比

## 5 结论

通过对鹧鸪山隧道西引道上大型汽车制动器温度的实地检测,对单车制动器最高温度、同轴左右轮温度差异及有无载货、淋水时温度差异进行对比分析,得出如下结论:在经历4.4 km长、平均纵坡为5%的长陡下坡后,单车制动器温度可达300℃;同轴制动鼓温度差异高的不在少数,单车同轴温度差异不可忽略;载货/载客车辆制动器温度更高,危险性更高;采用淋水措施可有效降低制动器温度。

### 参考文献:

- [1] 交通运输部.2019年交通运输行业发展统计公报[J].交通财会,2020(6):86-91.
- [2] 尹珩洋,郭丛帅,张丙哲.针对高速公路连续长下坡路段事故防治技术综述[J].汽车实用技术,2019(23):235-238.
- [3] 申时秋.公路长大下坡交通安全分析及安全保障措施研究[J].工程建设与设计,2019(15):162-164.
- [4] 余强.汽车下坡持续制动性能研究[D].西安:长安大学,2000.
- [5] 何勇.道路交通安全技术[M].北京:人民交通出版社,2008.
- [6] 魏义.汽车制动器总成制动性能试验台测控系统关键技术的研究[D].合肥:合肥工业大学,2008.
- [7] 何燕,张晓光,孟祥文.传热学[M].北京:化学工业出版社,2015.
- [8] 张学学,李桂馥.热工基础[M].北京:高等教育出版社,2006.