

# Construction of Speed Limit Indicator System for Mountainous Second-class Highway

Fang Yang

Chongqing Vocational College of Transportation, Chongqing, China

**Abstract:** In order to improve the rationality of speed limit of mountainous second-class highway, thereby reducing traffic accidents. This paper first analyzes the basic characteristics of mountainous second-class highway, and then finds out the relationship between the influencing factors of the speed limit values of mountainous second-class highway and driving safety. Finally, by analyzing the relationship between various influencing factors and driving speed, a speed limit indicator system for mountainous second-class highway is constructed.

**Keywords:** Mountainous Second-class Highway; Accident rate; Speed limit indicator

## 山区二级公路限速指标体系构建

杨芳

重庆交通职业学院, 重庆, 中国, 402260

**摘要:** 为了提高我国山区二级公路限速合理性, 减少交通事故。本文首先分析山区二级公路基本特征, 然后找出各山区二级公路限速值影响因素与行车安全之间的关系, 最后通过分析各影响因素与行车速度之间的关系, 构建山区二级公路限速指标体系。

**关键词:** 山区二级公路; 事故率; 限速指标

### 1 引言

随着我国公路事业的快速发展, 山区二级公路的规模也迅速增加, 日渐增多的山区二级在给人们出行带来便利的同时, 也引发了更多的交通安全事故。在引发山区二级公路交通事故多发的诸多因素中, 不合理的限速值是一个尤为重要的因素。据研究表明, 车辆发生交通事故的起数并不是简单地随行驶速度的增大而增长。通常情况下, 如果车辆行驶速度的范围在大于第 90%位车速或小于第 80%位车速时, 发生交通事故的几率均会急速上升; 如果车辆行驶速度的范围在第 80%~90%位车速之间时, 发生交通事故的几率反而会达到最小。产生此现象的原因是: 若道路上的车辆均以最慢和最快的速度行驶时, 各车辆行驶的速度差将达到最大, 然而交通流速度差越大, 交通流的稳定性就越差, 车辆间发生相互碰撞的概率也就越大, 从而引发各类道路交通事故。

第 85%位车速位于道路交通事故率最低的行驶速度范围之内, 且第 85%位车速值约等于平均行驶速度值与一倍速度标准差之和。研究表明, 若车辆的行驶

速度大于平均行驶速度与二倍速度标准差之和时, 道路交通事故率会呈显著升高趋势。因此, 大部分研究者认为第 85%位车速可以作为最优限速值。当道路的限速值以第 85%位车速值设置时, 绝大部分驾驶员会在限速范围内行驶, 因此, 我国交通管理部门通常依据运行速度值(第 85%位车速)来确定部分道路的限速值<sup>[1]</sup>, 而发达国家也常把道路车辆的运行速度作为确定道路或路段限速值的主要依据。由此可见, 全面分析山区二级公路运行速度的影响因素, 找出运行速度影响因素与限速值之间的关系, 科学构建一套客观的山区二级公路限速指标体系, 合理控制山区二级公路上车辆的行驶速度, 是提高山区二级公路交通安全性的重要措施。

### 2 山区二级公路基本特征

“山区二公路”指在包括高原、丘陵和山地等地形地貌在内的地区境内, 用来连接城市、工矿基地和乡村等区域, 设计速度多为 40km/h 和 60km/h, 采用双向行驶且无中央分隔带, 供各类车辆(无轨)、行人等通行, 并具备一定技术等级和设施设备条件的双

车道道路。因此，大部分山区二级公路均会受到山区地形地貌的限制，而不得不修建于雄山峻岭之中，从车辆行驶条件的角度看，山区二级公路通常具有以下特征：

## 2.1 直线路段较少，曲线、陡坡和坡弯组合段较多

大部分山区二级公路是依山傍水而建，受山区地理环境的限制，使得道路弯多、坡多、坡陡弯急、连续下坡和邻崖险段多等现象较为普遍，行车视距较难满足，加之弯道内侧石头、树木等障碍物会对驾驶员的视线产生影响，因此车辆在进入弯道时，驾驶员由于视线受阻不能准确判断行车方向和及时避让对向行驶车辆，从而引发交通事故。除此之外，载重货车也经常会因为弯道行车视线不足、长陡下坡刹车失灵、轮胎起火等原因，造成严重道路交通事故。

## 2.2 易发生不良地质现象和自然灾害

山区的地形地貌和气候条件多变，常有滑坡、泥石流、坍塌、岩溶等会严重破坏道路整体结构的不良地质现象发生，某些地区还常出现暴雨、大雪、洪涝、冰雹等自然灾害。诸如此类灾害一旦发生，便会严重损坏道路，导致交通中断，此时便不得不借助其他临时道路和桥梁，通常情况下，临时性的道路、桥梁行车条件相对较差，增加了车辆的行驶难度。

## 2.3 山区气候环境多变

地区气候环境由当地经纬度、海拔、地形和时节等因素共同决定。因此，有的山区气候湿润常年处于云雾笼罩之下；有的山区气候干燥常年风沙不断；有的山区气候多变，山底烈日炎炎，山间和风丽日，山顶却是冰天雪地；有的山区处于阳面的公路稳固干燥，处于阴面的公路却是潮湿易滑；有的山区昼夜温差较大；有的山区常年温度极低，空气稀薄。而此类极端不良气候，均会严重影响车辆的动力性能和行驶安全。

## 2.4 道路交通事故形态多样，以正面碰撞、刮撞行人、坠车现象居多

据相关统计研究<sup>[2]</sup>表明，2014年我国山区公路由于碰撞引起的道路交通事故起数和死亡人数分别占全年总交通事故数的73.3%和70%，同比去年上升了3.9%和3.2%。大多数山区公路受山区地理地形条件的限制，在道路设计时不得不采用极限最小曲线半径和行车视距，以致行驶条件较差，使得碰撞等交通事故多发。

## 2.5 山区道路交通事故车辆种类多为小客车和大货车

山区二级公路交通事故中小客车和大货车的事故数、死亡人数以及受伤人数的占比较大，应给予足够的重视。据统计的南涪路一般程序处理的19起交通事故中<sup>[3]</sup>，其中小客车发生9起，死亡3人，受伤16人；大货车发生7起，死亡2人，受伤6人；小货车发生3起，死亡2人，受伤2人。可见，小客车和大货车引发的交通事故次数、死亡人数占总交通事故的80%、交通事故总死亡人数的71%，其中占比最大的小客车交通事故死亡人数占交通事故总死亡人数的43%，受伤人数占交通事故总受伤人数的67%。

## 3 山区二级公路线形划分

山区二级公路各类线形中曲线段和纵坡段所占比例较大，而曲线的半径、超高、加宽和纵坡的坡度、坡长等参数的大小直接影响道路的使用质量和工程造价。如果只考虑道路的服务质量，过度地寻求大半径、小坡度将会造成道路修建成本过大以及大面积的环境破坏；如果单纯地强调道路修建的经济性而选用极限最小半径和极限最大坡度等指标参数来进行道路设计，必然会存在较大安全隐患<sup>[4]</sup>。因此，为了保证行车安全，需要对山区二级公路不同线形组合路段进行合理划分，并根据具体线形段设计指标参数实施不同限速值。本文参照《公路项目安全性评价规范》中设计速度为40km/h及以上的二级公路线形单元划分原则，将山区二级公路不同线形特征段划分为平直线段、平曲线段、纵坡段、平纵组合段四类线形<sup>[5]</sup>。

Table 1. Line Division Table of Two Grade Highway in Mountain Area

表 1. 山区二级公路线形划分表

车型	纵断面	平面
----	-----	----

		圆曲线半径>600m	圆曲线半径≤600m
小型车或大型车	坡度<3%	平直段	平曲段
	坡度≥3%	纵坡段	平纵组合段

## 4 构建山区二级公路限速指标体系

### 4.1 限速指标体系的初步构建

车辆运行速度的大小是人、车、路和环境四大因素耦合作用下的结果，山区二级公路的限速值也应由这四大因素共同决定。但其中道路和环境两大因素对

同一道路上行驶的所有车辆予以相同的作用，具有一定的普遍性。因此，本文从道路和环境这两大影响道路限速值的因素出发，立足于科学性、可比性、系统综合性、代表性、可量化性和可操作性原则，参照相关标准规范和公路限速理论研究成果<sup>[6-9]</sup>，给出了山区二级公路限速指标体系的初步方案。

Table 2. Preliminary Scheme of Speed Limit Index System For Two Grade Highway in Mountain Area  
表 2. 山区二级公路限速指标体系初步方案

目标层	准则层	指标因子层	
山区二级公路限速指标体系	平直线段	道路	c1 车道宽 (B1) /m
			c2 路肩宽 (B2) /m
		环境	c3 出入口密度 (M) /个.km-1
			c4 路侧净空 (E) /m
			c5 慢车比例 (P) %
			c6 路侧干扰物到达率 (N) /个.(200m.h)-1
	平曲线段	道路	c1 曲线半径 (R) /m
			c2 视距 (L) /m
		环境	c3 出入口密度 (M) /个.km-1
			c4 路侧净空 (E) /m
			c5 慢车比例 (P) %
			c6 路侧干扰物到达率 (N) /个.(200m.h)-1
	纵坡段	道路	c1 纵坡坡度 (i) %
		环境	c2 出入口密度 (M) /个.km-1
			c3 路侧净空 (E) /m
			c4 慢车比例 (P) %
			c5 路侧干扰物到达率 (N) /个.(200m.h)-1
	平纵组合段	道路	c1 曲线半径 (R) /m
			c2 视距 (L) /m
			c3 纵坡坡度 (i) %
		环境	c4 出入口密度 (M) /个.km-1
c5 路侧净空 (E) /m			
c6 慢车比例 (P) %			
c7 路侧干扰物到达率 (N) /个.(200m.h)-1			

### 4.2 限速指标的调查分析

本文针对设计速度为 40km/h 的山区二级公路 147 个断面和设计速度为 60km/h 的山区二级公路 133 个断

面，共 280 个断面的限速指标进行了调查统计，得出了平直线段、平曲线段、纵坡段和平纵组合段的限速指标变量。

Table 3. Characteristic Description of Speed Limit Index Data of Two Grade Highway in Mountain Area  
表 3. 山区二级公路限速指标数据特征描述

线形类型	指标项	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值	
平直线段	运行速度 (V) /km.h-1	70	68.90	10.90	40.00	80.00	
	车道宽 (B1) /m		3.61	0.13	3.50	4.00	
	路肩宽 (B2) /m		1.19	0.52	0.50	2.50	
	出入口密度 (M) /个.km-1		1.62	1.48	0.00	4.00	
	路侧净空 (E) /m		3.96	2.62	0.20	8.00	
	慢车比例 (P) /%		12.40	8.56	1.50	30.00	
	路侧干扰物到达率 (N) /个.(200m.h)-1		12.10	7.82	1.00	27.00	
平曲线段	运行速度 (V) /km/h	70	45.93	10.70	28.00	64.00	
	曲线半径 (R) /m		185.5	140.69	60.00	600.00	
	视距 (L) /m		74.57	27.58	40.00	140.00	
	出入口密度 (M) /个.km-1		1.22	1.50	0.00	4.00	
	路侧净空 (E) /m		1.86	1.56	0.20	8.00	
	慢车比例 (P) /%		10.11	7.27	1.50	30.00	
	路侧干扰物到达率 (N) /个.(200m.h)-1		8.20	8.11	1.00	27.00	
纵坡段	运行速度 (V) /km.h-1	70	55.90	11.34	36.00	80.00	
	坡度 (i) /%		上坡 (i上)	5.84	1.54	3.00	8.00
			下坡 (i下)	-4.90	1.41	-8.00	-3.00
	出入口密度 (M) /个.km-1		2.19	1.17	0.00	4.00	
	路侧净空 (E) /m		2.44	2.09	0.20	8.50	
	慢车比例 (P) /%		13.11	8.49	1.50	30.00	
	路侧干扰物到达率 (N) /个.(200m.h)-1		12.37	10.38	1.00	27.00	
平纵组合段	运行速度 (V) /km.h-1	70	40.23	12.92	24.00	67.00	
	曲线半径 (R) /m		193.90	157.95	60.00	600.00	
	坡度 (i) /%		上坡 (i上)	5.18	1.16	3.00	8.00
			下坡 (i下)	-4.60	1.08	-8.00	3.00
	视距 (L) /m		68.2	7.40	40	140.00	
	出入口密度 (M) /个.km-1		1.27	1.10	0.00	4.00	
	路侧净空 (E) /m		1.72	1.00	0.20	4.00	
	慢车比例 (P) /%		8.84	7.29	1.50	30.00	
	路侧干扰物到达率 (N) /个.(200m.h)-1		18.37	34.26	1.00	27.00	

### 4.3 限速指标的最终确定

根据各线形路段的调查数据, 对山区二级公路平直线段、平曲线段、纵坡段和平纵组合段的运行速度与各限速指标之间的关系进行相关性分析。

相关性分析用于描述两个变量之间联系的密切程度。即假设有  $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ ,  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  两个序列, 它们之间的相关系数表达式为<sup>[10]</sup>:

$$r(x, y) = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sqrt{D(x)D(y)}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

式中： $\bar{x}$ ——序列  $x$  的平均值；

$\bar{y}$ ——序列  $y$  的平均值；

$r$ ——相关系数，取值范围为： $-1 \leq r \leq 1$ 。

当  $0 \leq r \leq 1$  时，序列  $x$  和  $y$  之间正相关；当  $-1 \leq r < 0$  时，序列  $x$  和  $y$  之间负相关。其中， $|r| \geq 0.8$ ，表明序列  $x$  和  $y$  高度相关； $0.5 \leq |r| < 0.8$ ，表明序列  $x$  和  $y$  中度相关； $0.3 \leq |r| < 0.5$ ，表明序列  $x$  和  $y$  低度相关； $|r| < 0.3$ ，表明序列  $x$  和  $y$  关系极弱，认为不相关。

在实例分析中，相关系数可通过样本数据计算而来，具有随机性，样本数量越小可信度越差，因此还需要对其相关系数进行显著性检验。

本文利用 SPSS 软件对相关系数进行 P 检验。具

体步骤如下：

首先，计算相关系数  $t$  检验值，计算式如下：

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}} \quad (2)$$

然后，依据给定的显著性水平和自由度，计算自由度为  $n-2$  的  $t$  统计量大于或小于根据样本观测值计算的显著性概率  $P$  值。将其与给定的显著水平  $a$  对比，若  $P < a$ ，表明  $r$  在统计上是显著的；若  $P > a$ ，表明  $r$  在统计上是不显著的。本文选定显著性水平为 0.05，即  $P \geq 0.05$  为不显著， $P < 0.05$  为显著。

根据山区二级公路各限速指标的实际调查值，结合运行速度观测值，借助 SPSS 软件相关性分析功能来判断各因素与运行速度的相关显著性。

Table 4. Analysis of Correlation Between Influencing Factors and Operating Speed of Two Grade Highway in Mountainous Area  
表 4. 山区二级公路各影响因素与运行速度的相关显著性分析结果

线形类型	指标项		均值	标准差	相关系数 (r)	显著性 (P)
平直线段	运行速度 (V)		56.90	10.90	1	
	车道宽 (B1) /m		3.61	0.13	0.922	0.000
	路肩宽 (B2) /m		1.19	0.52	0.934	0.000
	出入口密度 (M)		1.62	1.48	-0.178	0.440
	路侧净空 (E)		3.96	2.62	0.958	0.000
	慢车比例 (P)		12.40	8.56	-0.964	0.000
	路侧干扰物到达率 (N)		12.10	7.82	-0.965	0.000
平曲线段	运行速度 (V)		45.93	10.70	1	
	曲线半径 (R)		185.5	140.69	0.936	0.000
	视距 (L)		74.57	27.58	0.944	0.000
	出入口密度 (M)		1.22	1.50	0.348	0.060
	路侧净空 (E)		1.86	1.56	-0.125	0.511
	慢车比例 (P)		10.11	7.27	-0.970	0.000
	路侧干扰物到达率 (N)		8.20	8.11	0.108	0.571
纵坡段	运行速度 (V)		55.90	11.34	1	
	纵坡坡度 (i)	下坡 (i下)	5.84	1.54	-0.976	0.000
		上坡 (i上)	-4.90	1.41	-0.972	0.000
	出入口密度 (M)		2.19	1.17	-0.917	0.000
	路侧净空 (E)		2.44	2.09	0.969	0.000
	慢车比例 (P)		13.11	8.49	-0.962	0.000
	路侧干扰物到达率 (N)		12.37	10.38	-0.272	0.146
平纵组合段	运行速度 (V)		40.23	12.92	1	
	曲线半径 (R)		193.9	157.95	0.966	0.000
	视距 (L)		5.18	1.16	0.960	0.000

	纵坡坡度 (i)	下坡 (i下)	-4.60	1.08	-0.938	0.000
		上坡 (i上)	68.2	7.40	-0.958	0.000
	出入口密度 (M)		1.27	1.10	0.243	0.196
	路侧净空 (E)		1.72	1.00	-0.073	0.701
	慢车比例 (P)		8.84	7.29	-0.941	0.000
	路侧干扰物到达率 (N)		18.37	34.26	-0.179	0.345

由表 4 可知, 平直线段的车道宽、路肩宽、路侧净空、慢车比例、路侧干扰物到达率, 平曲线段的曲线半径、视距、慢车比例, 纵坡段的下坡纵坡坡度、上坡纵坡坡度、出入口密度、路侧净空、慢车比例, 平纵组合段的曲线半径、视距、上坡纵坡坡度、下坡纵坡坡度、慢车比例, 与运行速度的相关系数绝对值均大于 0.8, 显著性均小于 0.05, 认为高度相关; 而平直线段的出入口密度, 平曲线段的出入口密度、路侧

净空、路侧干扰物到达率, 纵坡段的路侧干扰物到达率, 平纵组合段的出入口密度、路侧干扰物到达率和路侧净空, 与运行速度的相关系数绝对值小于 0.4, 显著性大于 0.05, 认为不相关。

综上所述, 根据实测运行速度值和各限速指标值的相关性分析, 最终确定山区二级公路平直线段、平曲线段、纵坡段和平纵组合段的限速指标体系。

Table 5. Final Scheme of Speed Limit Index System for Two Grade Highway in Mountain Area  
表 5. 山区二级公路限速指标体系最终方案

目标层		准则层	指标因子层	
山区二级公路限速指标体系	平直线段	道路	c1	车道宽 (B1) /m
			c2	路肩宽 (B2) /m
		环境	c3	路侧净空 (E) /m
			c4	慢车比例 (P) /%
			c5	路侧干扰物到达率 (N) /个.(h.200m)-1
	平曲线段	道路	c1	曲线半径 (R) /m
			c2	视距 (L) /m
		环境	c3	慢车比例 (P) /%
	纵坡段	道路	c1	纵坡坡度 (i) /%
			c2	出入口密度 (M) /个.km-1
		环境	c3	路侧净空 (E) /m
			c4	慢车比例 (P) /%
	平纵组合段	道路	c1	曲线半径 (R) /m
			c2	视距 (L) /m
			c3	纵坡坡度 (i) /%
		环境	c4	慢车比例 (P) /%

### 5 结语

本文基于山区二级公路事故多发的现状, 首先分析了山区二级公路的基本特征, 然后参考已有相关标准规范对山区二级公路线形进行具体划分, 最后基于运行速度和各限速指标的实测值以及各限速指标与运行速度的相关性分析, 构建了山区二级公路限速指标体系。为合理设置山区二级公路限速值, 减少山区二

级公路事故率奠定基础。

### References (参考文献)

[1] 王炜, 过秀成. 交通工程学[M]. 南京: 东南大学出版社, 2000.  
 [2] 杨红岩. 2014 年交通运输安全生产事故报告[R]. 北京: 交通运输部安全委员会, 2015.  
 [3] 曾超, 刘唐志, 安冠宇. 山区二级公路交通事故特征及影响因素分析[J]. 交通工程, 2013(3): 59-64.

- 
- [4] 于志生. 汽车理论[M]. 机械工业出版社, 2001.
- [5] 中华人民共和国交通运输部. JTG D05-2015 公路项目安全性评价规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2015.
- [6] 李娟, 姬为宇, 蔡加发. 高速公路分段限速值研究[J]. 公路交通技术, 2007(5): 117-119.
- [7] Jones I S, Stein H S. Effect of Driver Hours of Service on Tractor-trailer Crash Involvement. Arlington: Insurance Institute for Highway Safety, 1987: 2-11.
- [8] 王华荣, 高月娥, 聂百胜, 等. 二级干线公路限速区的限速取值方法[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2013, 6(33): 88-94.
- [9] 李海芹, 常瑞娟. 低等级公路限速方案研究方法[J]. 中小企业管理与科技, 2012(11): 80-181.
- [10] 陆兵焱, 陈友龙, 李映颖. 基于 SPSS 对试飞数据进行的相关性分析[J]. 科技信息, 2009(15): 487-488.