

文章编号:1671-8879(2005)02-0046-04

陕西公路平纵线形指标

吴德华¹, 王选仓², 季求知², 王秉刚²

(1. 同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 200092;

2. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064)

摘 要:在汽车动力性能分析和工程经济技术论证的基础上,通过理论分析和现场调查的方法,对比分析现行公路工程技术标准在陕西公路建设中的适用性,提出了陕南秦巴山地和陕北黄土高原地区高速公路和一级公路最大纵坡建议值(4%~6%)不设超高平面最小半径的建议值。研究结果进一步完善了现行公路技术标准,同时为陕西地区的公路设计提供指导依据。

关键词:道路工程;动力性能;平纵线形指标;标准修订

中图分类号:U412.3 **文献标识码:**A

Plat and profile linear index of Shaanxi road

WU De-hua¹, WANG Xuan-cang², JI Qiu-zhi², WANG Bing-gang²

(1. Key Laboratory for Road and Traffic Engineering of Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: Based on the automotive dynamic virtue and the engineering's economic and technology characteristics in Shaanxi, the suitability of Chinese current technical standard in Shaanxi was discussed. The largest profile grade parameter of freeway and arterial highway at Qinba mountain area that is in the south of Shaanxi, and the yellow soil plateau that is in the north of Shaanxi should be 4%~5%. The smallest horizontal curve radius of the limited plane were recommended. The conclusions can give a perfection on current technical standard of highway engineering and provide a direction for road design in Shaanxi.

Key words: road engineering; dynamic virtue; plat and profile linear index; standard revise

0 引 言

陕西公路建设标准受陕西社会、经济、地理环境的制约,同发达国家和东部沿海地区公路建设的标准和指标有一定的差别。陕西与东南沿海地区相比,经济比较落后,因此确定陕西公路合理的建设标准,有利于科学有序地发挥公路基础设施在陕西及西部开发中的作用、最大程度地发挥公路建设资金

的效益。从近年来陕北和陕南高等级公路修建的情况看,设计与施工中的规范标准^[1]并不完全适合陕西地区的具体情况:公路建设造价高、对路域生态环境破坏大、水土流失严重,因此还需根据陕西的当地各方面的条件,对规范标准^[1]做适当的修订。

1 汽车的动力性能

汽车的动力性系指汽车在良好路面上直线行驶

时由汽车受到的纵向外力决定、所能达到的平均行驶速度。汽车是一种高效率的运输工具,运输效率的高低在很大程度上取决于汽车的动力性。所以汽车动力性是汽车各种性能中最基本、最重要的性能。从获得尽可能高的平均行驶速度的观点出发,汽车的动力性主要可由 3 个方面的指标来评价,即汽车的最高车速、加速度和最大爬坡度。

汽车的最高车速是指在水平良好的路面(混凝土或沥青)上汽车能达到的最高行驶速度。汽车的最大爬坡能力是用最大爬坡坡度评定的。最大爬坡坡度系指汽车在坚硬路面上用最低档作等速行驶时所能克服的最大坡度。

从表 1、表 2 中数据可看到,中国产小客车的加速性能虽与进口的名车存在一定的差距,但比以前小客车的加速性能有了大幅度的提高。

表 1 中国产部分小客车加速时间表

汽车型号	0~100 km·h ⁻¹ 换挡加速时间/s
上海 PASSAT GLI	≤12.8
上海 PASSAT1.8T	≤12.0(自动档)
上海 SANTANA 2000 GSi/GSI	≤13.5
奥迪 A6 1.8T	10.2
悦达两厢手排档标准型	15.0
神龙富康	15.5
别克 G	13.0
雅阁 3.0V6	9.5
神龙毕加索 2.0L	12.8
西耶那 1.5ELX	13.2
派力奥 1.3EDX	16.1
宝来 1.8L 自动挡	12.7
神龙爱丽舍	15.5

表 2 部分进口轿车加速时间表

汽车型号	0~100 km·h ⁻¹ 换挡加速时间/s
宝马 BMW 745Li	6.3
奔驰 mercedes-benz s600	6.3
雪铁龙 C5	9.7

从表 3 中可以看出,不论是重载汽车还是小型客车,其主要性能都得到一定的提高,尤其是其爬坡性能。如解放牌重型汽车的最大爬坡度从 20%提高到 25%~28%,东风牌重型汽车的最大爬坡度也

提高了 2%;中国重型汽车有限公司重组后的主打产品斯太尔系列的最大爬坡度比老产品黄河 JN150、黄河 JN151 提高了 19%。小型客车如奥迪 A6、SANTANA 2000、神龙富康、夏利 2000、上海 PASSAT 等的额定功率、最大扭矩、最高车速比老产品都有较大幅度的提高。

表 3 中国产新旧汽车主要性能对照表

汽车型号	最大功率/ [kW/ (r·min ⁻¹)]	最大扭矩/ [(N·m)/ (r·min ⁻¹)]	最高 车速/ (km·h ⁻¹)	最大 爬坡度/(°)
解放 CA140	103/—	392/—	88	20
解放 CA1091K2 (5 t)	103/2 900	392/1800 —2000	90	28
解放 CA3160 PK2T1(8 t)	125/2 900	451/1800 —2000	84	25
解放 CA1260 P2K1T1(16 t)	195/2 300	954/1400	86	28
东风 EQ140	99.3/—	352.8/—	90	28
东风 EQ1146G	155/2500	658/1500	95	30
黄河 JN150	117.7/—	686/—	71	27
黄河 JN151	117.7/—	607.6/—	67	27
斯太尔(陕西)	191/2600	830/1600 —1700	89	46
奥迪 Audi100	66/5500	145/3300	175	—
奥迪 A6	110/—	210/—	208	—
桑塔纳 SAN- TANA	62.7/ 5200	138/3000	169	—
SANTANA 2000	74/5200	155/3800	≥175	—
富康 ZX	54/5600	120/3600	170	—
神龙富康	65/—	135/—	175	—
夏利 TJ7100	38/5600	75.5/3200	145	—
夏利 2000	63/6000	110/5200	>170	—
依维柯 45·10	76/3800	230.3/—	~120	≥30
依维柯 A30·10	76/3800	230	126	40
上海 SH130	55.2/—	156.8/—	85	31.5
上海 PASSAT GLI	92/5800	168/3500	≥195	—
上海 PASSAT1.8T	110/5700	210/1750 —4600	≥205	—

2 工程经济技术论证

从表 4 中可以看到陕西蓝田至商州段、户洋段、黄陵至延安段高速公路设计速度为 80 km·h⁻¹路段的最大纵坡已经用到了规范推荐的最大纵坡 5%^[2]。而户县涝峪口至八里坪设计速度为 60 km·h⁻¹的路段的最大纵坡为 5.2%;户洋段设计速度为 60 km·h⁻¹的最大纵坡为 6%。这一方面

表 4 陕西地区高速公路

路 段	计算行车速度/ (km·h ⁻¹)	最大纵坡/%
蓝田至商州段	80	5.0
户 洋 段	80	5.0
	60	6.0
黄陵至延安段	80	5.0
户县涝峪口至八里坪	60	5.2

说明最大纵坡度修正的技术可行性,另一面说明它的必要性。

为论证最大纵坡度修正的经济可行性,借用福建漳龙高速公路 A2 与 A6 路段的技术经济指标(表 5)。从表 5 可以看出在其他指标基本相当的情况下,A2 路段的平均纵坡为 1.352%,A6 路段的平均纵坡为 2.031%,两路段平均纵坡相差 0.679%,平均每公里路基造价相差 2 908.4 万元。

表 5 福建漳龙高速公路

指标内容		A2(路基)	A6(路基)
计算行车速度/(km·h ⁻¹)		100	80
平曲线占路线总长的比例/%		52.83	69.24
平均每公里变坡次数/次		1.180	0.923
最大纵坡/坡长/(%/m)		4.0/1120	3.9/1653
竖曲线占路线总长的比例/%		26.600	27.727
竖曲线 最小半径	凸型/(m/处)	8500/1	5000/1
	凹型/(m/处)	10000/3	5000/1
路段平均纵坡/%		1.352	2.031
平均每公里路基造价/万元		1 236.041	4 144.440

3 最大纵坡度的修正建议

最大纵坡度是指在纵坡设计时各级道路允许采用的最大纵坡值。它是道路纵断面设计的重要控制指标。在地形起伏较大地区,直接影响路线的长短、使用质量、运输成本及造价。

各级道路允许的最大纵坡是根据汽车的动力特性、道路等级、自然条件以及工程、运营经济等因素,通过综合分析,全面考虑,合理确定的。国外有提出确定最大纵坡的标准值,以小客车相当于平坦地段上的平均行驶速度上坡,普通载重汽车大致能以计算行车速度的 50% 的速度上坡。汽车性能与最大纵坡的关系,视发动机的输出功率、传力装置的形式以及车辆总重等因素而定。一般以总质量分摊的功

率作为研究汽车爬坡性能的标准,普通载重汽车最大装载时,质量分摊的功率是 7.355 kW·t⁻¹,这与美国等研究最大纵坡的主要方面是相类似的,所采用的有关数据也是较接近的(美国测算最大纵坡采用典型载重汽车的质量分摊是 5.5 kW·t⁻¹)。

中国现行标准在规定最大纵坡时,对汽车在坡道上行驶情况进行了大量调查、试验,并广泛征求了各方面特别是驾驶员的意见,同时考虑了汽车带一拖挂车及畜力车通行的状况,结合交通组成、汽车性能、工程费用和营运经济等,经综合分析研究后确定了最大纵坡值如表 6 所示。

表 6 现行标准最大纵坡值

公路等级	高速公路				一级公路	
	120	100	80	60	100	60
计算行车速度/(km·h ⁻¹)	120	100	80	60	100	60
最大纵坡/%	3	4	5	5	4	6
公路等级	二级公路		三级公路		四级公路	
	80	40	60	30	40	20
计算行车速度/(km·h ⁻¹)	80	40	60	30	40	20
最大纵坡/%	5	7	6	8	6	9

根据以上分析,结合中国陕西地区的地形地貌,尤其考虑到中国陕西地区现有的经济状况和生态环境现状,如果在公路的建设中一味追求高指标,必将造成经济上的浪费和生态环境的进一步破坏,而纵坡标准的确定将在很大程度上关系到工程的造价。因此对陕南秦巴山地和陕北黄土高原地区高速公路的最大纵坡值在现行标准基础上,计算行车速度从 120 km·h⁻¹到 60 km·h⁻¹对应的最大纵坡各增加 1%;一级公路计算行车速度为 100 km·h⁻¹对应的最大纵坡增加 1%,修订后最大纵坡及对应的最大坡长如表 7 所示。

表 7 陕南秦巴山地和陕北黄土高原地区高速公路和一级公路最大纵坡建议值

公路等级	高速公路				一级公路	
	120	100	80	60	100	60
计算行车速度/(km·h ⁻¹)	120	100	80	60	100	60
最大纵坡/%	4	5	6	6	5	6
最大坡长/m	700	600	500	600	600	600

陕南秦巴山地和陕北黄土高原地区高速公路和一级公路最大纵坡建议值比文献[1]增加 1%,这样在设计中遇到困难路段时可以利用这些指标,使设计人员有更多的选择余地,避免硬套规范值。表面看,有些设计方案虽能满足规范要求,但线形采用高指标的无形中提高了造价,造成经济上的浪费;另一方面,过于追求线形高指标,必将引起工程量急

剧增大,不但提高了造价,而且加重了对路线沿线的生态环境破坏。

陕南秦巴山地和陕北黄土高原地区高速公路和一级公路最大纵坡建议值,比文献[1]增加 1%是本文对目前汽车动力性能分析的依据之一。从调查分析结果可以看出,不论是小客车还是载重汽车,其动力性能的提高幅度都比较大,而文献[1]中各级公路最大纵坡值的确定基本上以 1988 年的老规范为基础,其规范中最大纵坡值的确定以 20 世纪 80 年代解放牌汽车为试验对象,而提出的纵坡值。

陕西关中地区高速公路和一级公路最大纵坡值仍维持现行标准中值保持不变。因为关中为平原地区,地形相对平坦路线,纵坡变化相对陕南秦巴山地和陕北黄土高原地区缓和。而其他二、三、四公路其最大纵坡分别达到了 7%、8%、9%,从安全角度考虑,如果再提高纵坡值必将降低安全系数,造成安全问题。因此,保持二、三、四公路最大纵坡值不变。

4 平面线形中最小半径的修订

最小平曲线半径是以汽车在曲线部分能安全而又顺适的行驶条件确定的。最小平曲线半径的实质是汽车行驶在公路曲线部分时,所产生的离心力等横向力不超过轮胎与路面的摩阻力所允许的界限,并使乘车人感觉良好的曲线半径值。

根据车辆在弯道上行驶时的受力状况及各种力的几何关系可推导出^[3~5]

$$R \geq \frac{v^2}{127(f+i)} \tag{1}$$

式中: R 为曲线半径(m); v 为车辆速度($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$); f 为路面与轮胎之间的横向摩阻系数; i 为路面的横向坡度。

4.1 极限最小半径的确定

按式(1)计算最小半径,其中 v 取各级公路相应的计算行车速度, $(f+i)$ 则是关键因素,它直接关系到车辆在曲线上行驶时的安全舒适感。 f 的大小直接影响乘车人的舒适感。 f 值是根据实测的路面与轮胎之间的 f 值的极限范围和乘车人所能适应的横向加速度的大小,经综合平衡后确定的。国内外实测结果表明,一般混凝土路面 f 值为 0.4 ~ 0.6,沥青路面为 0.4 ~ 0.8,路面冰冻、积雪时为 0.2 ~ 0.3,在平滑的冰雪路面上,若不加防滑链,小于 0.2。所以 f 值取 0.10 ~ 0.15,对一般公路是足够安全的。另外,从人的承受能力及舒适感考虑,根据陕西、四川、云南等省份对不同半径进行 386 次调查实验,

结果表明,乘客舒适的 f 为 0.1 以下,大于 0.15 则乘客感到不适;大于 0.2 则行车不平稳,有不安全感。美国各州公路工作者协会的研究成果表为,速度小于 $70\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 时, f 取 0.16;速度为 $120\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 时,取 $f = 0.12$ 是舒适感的界限。所以从舒适感出发, f 值取 0.10 ~ 0.15 是比较可行的。据此,文献[1]中极限最小半径的计算见表 8。

目前现行标准中的横向超高值的变化范围在 10%~6%之间,计算最小半径时,横向超高取中值 8%,整理后得到表 8 结果。现行标准^[1] 规范规定“积雪冰冻地区公路合成坡度应不大于 8%”,从安全角度考虑,建议陕南秦巴山地和陕北黄土高原地区高速公路、一级公路以及二、三、四级公路极限最小半径保持现行规范值不变。

表 8 现行标准极限最小半径值

公路等级	高速公路				一级公路	
计算行车速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	120	100	80	60	100	60
f 值	0.10	0.11	0.12	0.13	0.11	0.13
i 值/%	8	8	8	8	8	8
极限最小半径/m	650	400	250	125	400	125

4.2 不设超高的最小半径的确定

平曲线半径大于一定数值时,可以不设超高,而允许设置等于直线路段路拱的反超高。从行驶的舒适性考虑,必须把 f 控制到最小值。从行驶安全角度出发,当设置的路拱 $>2.0\%$ 时,应对不设超高的最小半径重新计算。

文献[1](修订稿)中对设置的路拱 $>2.0\%$ 时,对不设超高的最小半径修订值如表 9 所示。

表 9 设超高的最小半径修订值

计算行车速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	120	100	80	60	40	30	20
不设超高的路拱最小半径值 $>2.0\%$	7500	5250	3350	1900	800	450	200

经计算分析,文献[1](修订稿)中有些不设超高的最小半径取值不尽合理,建议取值见表 10。

5 结 语

(1)通过对汽车动力性能的调查分析,得出目前中国产汽车各方面性能都有较大幅度的提高。

(2)给出了陕南秦巴山地和陕北黄土高原地区高速公路和一级公路最大纵坡建议值,为陕西地区的公路设计提供指标依据。

障道路畅通方面起到了重要作用,具有较强实用性。

参考文献:

References:

[1] 王宏远,冀常鹏,包 剑. 高速公路车辆超速监控系统研究[J]. 信息技术,2004,28(2):54—56.
WANG Hong-yuan, JI Chang-peng, BAO Jian. Research on monitoring system of exceeding the speed limit of vehicle in highway[J]. Information Technology, 2004,28(2):54—56.

[2] 孙朝云,阳 红,高怀刚. 交通测速雷达性能分析与改善[J]. 长安大学学报(自然科学版),2003,23(4):94—97.
SUN Zhao-yun, YANG Hong, GAO Huai-gang. Traffic radar performance analysis and improvement techniques [J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition),2003,(4):94—97.

[3] 冯淡如,卢朝阳. 电子警察系统中的图像传输方案设计[J]. 微机发展,2003,13(6):44—45.
FENG Dan-ru, LU Zhao-yang. Image transmission in electronic police system[J]. Microcomputer Develop-

ment, 2003,13(6):44—45.

[4] 刘卫宁,孙棣华,宋 伟,熊志宏. 智能交通虚拟共同信息平台研究[J]. 中国公路学报,2004,17(4):79—84.
LIU Wei-ning, SUN Di-hua, SONG Wei, XIONG Zhi-hong. Study of virtual common information platform for intelligent transportation systems [J]. China Journal of Highway and Transport, 2004,17(4):79—84.

[5] 王夏黎,周明全,耿国华. 视频检测式违章自动监测管理系统的设计[J]. 微机发展,2001,11(4):1—3.
WANG Xia-li, ZHOU Ming-quan, GENG Guo-hua. The design of the automatic system of monitoring and managing violations with video technique [J]. Microcomputer Development, 2001,11(4):1—3.

[6] 肖旺新,张 雪,黄 卫. 视频交通图像自适应阈值边缘检测[J]. 交通运输工程学报,2003,3(4):104—107.
XIAO Wang-xin, ZHANG Xue, HUANG Wei. Adaptive thresholds edge detection of traffic image[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2003, 3 (4): 104—107.

(上接 49 页)

(3)对陕西地区不设超高的最小半径值进行了重新调整,对文献[1]规范线形标准的修订有一定的参考价值。

表 10 陕西各级公路不设超高最小半径值($f=0.035$)

公路等级	计算行车速度/ ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	不设超高最小半径/m	
		路拱 $\leq 2.0\%$ $i=-0.015$	路拱 $> 2.0\%$ $i=-0.02$
高速公路	120	5 500	7 500
	100	4 000	5 200
	80	2 500	3 300
	60	1 500	1 900
一级公路	100	4 000	5 200
	60	1 500	1 900
二级公路	80	2 500	3 300
	40	600	850
三级公路	60	1 500	1 900
	30	350	450
四级公路	40	600	850
	20	150	200

参考文献:

References:

[1] JTJ001-97. 公路工程技术标准[S]. 1997.
JTJ001-97. Technical standard of highway engineering [S]. 1997.

[2] 杨少伟,许金良,李 伟,陈 军. 路线设计中车辆行驶速度预测模型[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2003,23(3):53—55.
YANG Shao-wei, XU Jin-liang, LI Wei, CHEN Jun. Predication model of vehicle speed for highway route design[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition),2003,23(3):53—55.

[3] 陈胜营,汪亚干,张剑飞. 公路设计指南[M]. 北京:人民交通出版社,2000.
CHEN Sheng-ying, WANG Ya-gan, ZHANG Jian-fei. Guide for highway design[M]. Beijing: People's Communication Press, 2000.

[4] 张雨化. 道路勘测设计[M]. 北京:人民交通出版社, 1997.
ZHANG Yu-hua. Design of road reconnaissance[M]. Beijing: People's Communication Press, 1997.

[5] 许金良,石飞荣,杨宏志,等. 基于计算机仿真的公路安全设计方法[J]. 中国公路学报,2004,17(2):1—5.
XU Jin-liang, SHI Fei-rong, YANG Hong-zhi, et al. Method for highway safety design on computer simulation [J]. China Journal of Highway and Transport, 2004, 17 (2):1—5.

[6] 王 炜. 城市交通管理规划方案设计技术[J]. 交通运输工程学报,2003,3(2):57—60.
WANG Wei. Scheme design technique of urban traffic management planning[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering,2003,3(2):57—60.