

文章编号: 0451-0712(2005)09-0098-04

中图分类号: U491.2

文献标识码: B

# 高速公路爬坡车道设置

杨秋侠<sup>1</sup>, 张毅<sup>2</sup>

(1. 西安建筑科技大学土木学院 西安市 710055; 2. 陕西省交通厅质监站 西安市 710068)

**摘 要:** 爬坡车道在高速公路陡坡路段起着确保安全、增加路段通行能力的重要作用。通过实例, 结合通行能力, 对高速公路爬坡车道进行了详细分析, 确定了爬坡车道在高速公路中的设置条件, 具有一定的实践经验。

**关键词:** 爬坡车道; 载重汽车; 交通量; 特定纵坡; 通行能力

爬坡车道是陡坡路段主线行车道外侧增设的供载重行驶的专用车道。一般最理想的是路线纵断面本身就应按不设置爬坡车道来设计纵坡, 但这样往往会造成路线迂回或路基高填深挖增大工程费用。在多数情况下, 采用稍大的坡度值而增设爬坡车道会产生既经济又安全的效果。不过, 设置爬坡车道也并非是最好的措施, 解决问题的根本途径还在于精选路线, 定出纵坡值较小而又经济实用的路线。

道路路线设计时, 最大纵坡的确定, 是考虑了小客车能以平均速度行驶, 载重汽车降低车速行驶。但是, 在道路纵坡较大的路段上, 载重车爬坡时需克服较大的坡度阻力, 使输出功率与车重之比值降低, 车速下降, 大型车与小汽车的速差变大, 超车频率增加, 对行车安全不利。载重车混合率增大, 必将减小快车的行驶自由度, 导致爬坡路段通行能力的降低。为了消除以上种种不利影响, 应在陡坡段设置爬坡车道, 将易受坡度影响的低速车分流于爬坡车道上行驶, 主线上则保证车辆快速行驶, 这样既发挥了经济效益, 又避免了强行超车, 确保安全, 增加路段的通行能力。

二(连浩特)河(口)国道主干线GZ40贯穿我国西部地区, 是沟通华北、西北及西南3大经济区的公路大通道。本文以GZ40在陕西省境内涝峪口~简车湾段高速公路为例, 阐述高速公路爬坡车道及其通行能力的分析过程。

## 1 爬坡车道的设置条件

### 1.1 基本路段

(1) 我国《公路路线设计规范》(JTJ 011-94)规定, 高速公路、一级公路纵坡长度受限制的路段, 应对载重汽车上坡行驶速度的降低值和设计通行能力进行验算, 符合下列情况之一者, 可在上坡方向行车道右侧设置爬坡车道。

① 沿上坡方向载重汽车的行驶速度降低到表1的容许最低速度以下时, 可设置爬坡车道。

表1 上坡方向容许最低速度

计算行车速度/(km/h)	120	100	80	60
容许最低速度/(km/h)	60	55	50	40

② 上坡路段的设计通行能力小于设计小时交通量时, 应设置爬坡车道。

(2) 我国《公路工程技术标准》(JTJ 001-97)规定, 高速公路、一级公路, 当纵坡 $>4\%$ 时, 可设爬坡车道, 其宽度一般为3.5 m。

### 1.2 特定纵坡路段

参照美国1997年出版的《道路通行能力手册》的有关规定, 高速公路上任何纵坡坡度 $<3\%$ 、坡长 $>800$  m或坡度 $\geq 3\%$ 、坡长 $>400$  m的纵坡路段, 为特定纵坡路段, 均应作为独立部分予以分析。

## 2 交通量及交通组成

### 2.1 远景交通量预测

本项目《工程可行性研究报告》通过对区域公路网交通情况的OD调查与分析, 采用“四阶段法”进行预测, 得到远景设计年限内各个特征年的预测交通量(AADT), 见表2。

表2 远景设计年限内预测交通量(AADT)

特征年/年	2010	2015	2020	2025
AADT/(pcu/d)	12 742	17 774	23 380	29 502

从而可计算出相应的单向设计小时交通量(DDHV):

$$DDHV = AADT \times K \times D$$

式中: $K$ 为设计小时交通量系数,取为0.08; $D$ 为方向不均匀系数,取为0.6。

计算结果见表3。

表3 单向设计小时交通量(DDHV)

特征年/年	2010	2015	2020	2025
DDHV/(pcu/d)	612	853	1 122	1 416

## 2.2 交通组成

本高速公路只通行机动车辆,根据交通部的规定,机动车由6种车型组成,即小货车、中型货车、大货车、拖挂车、小客车和大客车。分类和标准见表4。

表4 机动车辆分类标准

编号	车型分类	分类标准
1	小货车	载重量<2.5 t
2	中型货车	载重量2.5~7.0 t
3	大货车	载重量≥7.0 t
4	拖挂车	载重量>4.0 t
5	小客车	≤16座
6	大客车	>16座

根据《工程可行性研究报告》的《区域发生集中交通量预测表》,各车型及其在交通组成中所占比例见表5。

表5 交通组成

特征年/年	2010	2015	2020	2025
大客车/%	13	13	13	13
小客车/%	15	16	17	18
小货车/%	10	11	11	11
中型货车/%	56	54	52	51
大型货车/%	6	6	6	7

## 2.3 车型归类

按通行能力计算的要求,交通组成可分为2大类。

(1)大型车:包括中型及重型载货汽车、拖挂车、单个及通道式大客车。

(2)小客车:包括吉普车、摩托车、载重<2 t载货车、<12座的面包车。

根据《区域发生集中交通量预测表》,大型车在交通组成中所占比例 $P_{HV}$ (按实载率90%计算)见表6。

表6 大型车在交通组成中所占比例

特征年/年	2010	2015	2020	2025
$P_{HV}/\%$	68	66	65	64

## 3 爬坡车道的设置

### 3.1 基本路段

根据《工程可行性研究报告》,本高速公路拟采用80 km/h和60 km/h的计算行车速度,按双向四车道高速公路技术标准建设。参照《公路工程技术标准》(JTJ 001—97),高速公路服务水平宜按二级考虑(相当于美国道路服务水平的C级)。

#### 3.1.1 基本通行能力

依据交通部《公路工程技术标准》(JTJ 001—97),并根据国内有关计算行车速度对通行能力的影响分析,我国高速公路每条车道的基本通行能力可采用表7的建议值。

表7 基本通行能力

计算行车速度/(km/h)	120	100	80	60
基本通行能力/(pcu/h)	2 000	2 000	1 900	1 800

#### 3.1.2 基本路段单向车行道的的设计通行能力

$$CD = MSV_i \times N \times f_w \times f_{HV} \times f_P$$

式中: $MSV_i$ 为第*i*级服务水平的最大服务交通量; $N$ 为单向车行道上的车道数; $f_w$ 为车道宽度和侧向净空对通行能力的修正系数; $f_{HV}$ 为大型车对通行能力的修正系数; $f_P$ 为驾驶员条件对通行能力的修正系数。

$$MSV_i = CB \times (V/C)_i$$

式中: $CB$ 为基本通行能力; $(V/C)_i$ 为第*i*级服务水平的服务交通量与通行能力之比。

$$f_{HV} = 1/[1 + P_{HV}(E_{HV} - 1)]$$

式中: $P_{HV}$ 为大型车占交通组成的百分比; $E_{HV}$ 为大型车对小客车的换算系数。

#### 3.1.3 各修正系数的确定

(1) $V/C$ 比值:按照《公路工程技术标准》(JTJ 001—97)的规定,当计算行车速度为80 km/h和60 km/h时, $V/C$ 分别为0.68和0.64。

(2)  $f_F$ : 取值范围在 1.0~0.90 之间。根据本项目的调查情况, 驾驶员身体健康, 技术娴熟, 遵纪守法, 但考虑到少数驾驶员对山区高速公路行驶经验不足,  $f_F$  取为 0.95。

(3)  $f_W$ : 由于本项目中桥梁和隧道所占比重很大, 各约占路线长度的 1/3, 特别是隧道内行驶条件较差, 故分开讨论。

① 路基和桥梁段(路基和桥梁的各项宽度一致): 秦岭以北路段, 取为 0.97(车道宽度为 3.75 m, 两侧净宽均为 0.75 m); 秦岭以南路段, 取为 0.99(车道宽度为 3.75 m, 左侧净宽为 0.75 m, 右侧净宽为 2 m)。

② 隧道段: 车道宽度为 3.75 m, 两侧净宽均为 0.5 m, 按规范  $f_W$  取为 0.96。考虑到汽车进入到隧道时, 照明、通风等条件及周围景观的变化给驾驶员带来心理压抑感, 从而降速、偏离车道线, 使旁侧车道利用率降低, 并导致通行能力降低。故假定  $f_W$  减为原来的 90%, 即  $f_W = 0.96 \times 0.9 = 0.86$ 。

(4)  $E_{HV}$  取值与线形条件和交通组成有关, 分为 2 种情况: ① 延伸的高速公路基本路段,  $E_{HV}$  取为 2.5; ② 特定纵坡路段, 这种情况在下文中讨论。

### 3.1.4 基本路段计算结果

由于大型车比例变化很小, 因此, 只按最不利情况计算设计速度为 60 km/h 的路段在远景设计年限内各特征年的设计通行能力, 计算结果见表 8。

表 8 设计通行能力

特征年/年	设计通行能力/(veh/h)		
	路基和桥梁段		隧道段
	秦岭以北	秦岭以南	
2010	1 049	1 071	930
2015	1 067	1 089	946
2020	1 074	1 096	952
2025	1 082	1 105	959

由于设计小时交通量的单位为 pcu/h, 为直接与通行能力相比较, 将其单位转换为 veh/h(即根据各车型所占比例和对小客车的换算系数转换成绝对交通量), 得到的结果见表 9。

表 9

特征年/年	2010	2020	2020	2025
DDHV/(veh/h)	331	466	620	791

经比较可知, 在延伸的高速公路基本路段上, 设计通行能力可以满足设计年限内交通量的要求。

## 3.2 特定纵坡路段

### 3.2.1 特定纵坡路段的分布

在本项目中, K49+080~K58+600 路段特别陡, 拟作为重点路段加以分析, 该段纵坡数据见表 10。

表 10

序号	区间	坡度/%	坡长/m
1	K49+080~K49+900	4.200	820
2	K49+900~K50+500	2.000	600
3	K50+500~K51+620	2.582	1 120
4	K51+620~K52+200	4.500	580
5	K52+500~K53+290	4.500	790
6	K53+290~K53+700	3.000	410
7	K53+700~K54+350	4.500	650
8	K54+700~K55+350	4.300	650
9	K55+700~K56+200	4.700	500
10	K56+550~K57+300	5.000	750
11	K57+650~K58+600	4.600	950

其中, K49+080~K52+200 和 K52+500~K54+350 路段分别为包含 4 个和 3 个上坡段的组合纵坡段, 运用“精确法”计算其等效坡度分别为 4.2%(3 120 m)和 4.8%(1 850 m)。

### 3.2.2 $E_{HV}$ 的确定

在特定纵坡段上, 大型车对小客车的当量换算系数视坡度、坡长和大型车在交通组成中的比例而定。当交通流中只有少量的大型车时,  $E_{HV}$  将发生最大值; 随着大型车混入率的增大,  $E_{HV}$  的值将会逐渐减小。原因在于大型车数量的增加使得它们易于形成队列, 作为一个整体, 它们有着比小客车更统一的运行特性, 从而使交通流比小混入率时更顺畅。

本项目的交通组成中, 货车和大客车占了极大比重, 在 60% 以上, 形成了以大型车为主的交通流。一般认为, 这种情况下大型车对尾随车辆的影响与大型车占交通组成 25% 时的情况相似。因此, 对应各坡度坡长的  $E_{HV}$  值见表 11(在查表过程中, 将坡度的小数位全部四舍五入)。

表 11 各坡度、坡长的  $E_{HV}$  值

坡度/%	4.2	4.8	4.3	4.7	5	4.6
坡长/m	3 120	1 850	650	500	750	950
$E_{HV}$	4.5	5.5	2.5	3.5	3.5	5.0

从而可确定相应的修正系数  $f_{HV}$ , 见表 12。

表 12

特征年 年	对应下列坡度坡长的 $f_{HV}$ 值					
	4.2%	4.8%	4.3%	4.7%	5%	4.6%
	3 120 m	1 850 m	650 m	500 m	450 m	950 m
2010	0.296	0.246	0.495	0.296	0.296	0.269
2015	0.302	0.252	0.503	0.377	0.377	0.275
2020	0.305	0.254	0.506	0.381	0.381	0.278
2025	0.308	0.258	0.510	0.385	0.385	0.281

### 3.2.3 确定爬坡车道路段

(1) 为验证特定上坡路段的设计通行能力是否满足实际小时交通量的要求, 计算所需的车道数  $N$  值:

$$N = DDHV / [CB \times (V/C)_2 \times f_w \times f_{HV} \times f_P]$$

计算结果见表 13。

表 13

特征年 年	对应下列坡度坡长所需车道数 $N$					
	4.2%	4.8%	4.3%	4.7%	5%	4.6%
	3 120 m	1 850 m	650 m	500 m	450 m	950 m
2010	2	2	2	2	2	2
2015	2	2	2	2	2	2
2020	2	2	2	2	2	2
2025	2	3	2	2	2	3

通过计算并对照表 10 可知, 在远景设计年限内将出现设计通行能力小于设计小时交通量情况的路段有: ①组合坡段 K52+500~K54+350; ②单坡段 K57+650~K58+600。

(2) 验证在各坡段上大型车行驶速度是否降低到允许最低速度以下。

根据有关研究, 高速公路上大型车的平均质量与功率比在 78~91 kg/kw 之间, 考虑到较重型的车辆受纵坡影响也较大, 此处采用质量与功率比为 122 kg/kw 的车辆为标准车型进行验算分析, 其性能曲线略。

假定标准车辆以 60 km/h 的计算行车速度进入 K49+080 处的纵坡段(由实际纵坡条件知此假设可行), 则在各变坡点处(连续行驶情况下)车辆行驶速度见表 14。

可知, 在坡段 K55+700~K56+200、K56+550~K57+300 和 K57+650~K58+600 上, 车辆的行驶速度将降到 40 km/h 以下。

表 14

变坡点桩号	行驶速度/(km/h)	变坡点桩号	行驶速度/(km/h)
K49+080	60	K54+700	46.5
K49+900	46.2	K55+350	42
K50+500	55.8	K55+700	47
K51+620	54	K56+200	39
K52+200	42	K56+550	46
K52+500	47	K57+300	34
K53+290	40	K57+650	44.8
K53+700	48	K58+600	38
K54+350	40.4		

(3) 考虑到在 K49 以前, K33~K49 段有长约 14 km、平均坡度约为 2.2% 的连续上坡路段, 车辆尤其是满载的载重汽车长距离上坡运行, 发动机长时间满负荷运转, 必然会使车辆的机械性能、动力性能有所下降, 从而影响到汽车的爬坡能力。因此, 假定车辆行驶到 K49+080 时, 动力损失为 5%, 即汽车爬坡性能折减仅为原有的 95%。为此, 应考虑增设爬坡车道的长度, 以满足慢行车辆的运行要求。

综合以上分析结果可知, 满足爬坡车道设置条件的纵坡段有:

- ①组合坡段 K52+500~K54+350;
- ②单坡段 K55+700~K56+200;
- ③单坡段 K56+550~K57+300;
- ④单坡段 K57+650~K58+600。

由于组合坡段 K52+500~K54+350 中有一段坡度为 3%、长为 410 m 的纵坡, 通过通行能力分析知, 在高速公路建成后 15 年内尚能保持相应的道路服务水平, 故可不在此路段设置爬坡车道。另第②、③、④区段与区段之间有 2 段各长 350 m 的纵坡较缓, 尽管可恢复部分车速, 但仍较低。根据爬坡车道设置原则, 在此区间不应将爬坡车道断开。同时考虑到上述路段大部分为桥梁和隧道相接, 增设爬坡车道会使工程量和施工难度剧增, 从而在经济上不合理。鉴于此, 拟在 K55+800~K58+715 段长为 2.85 km 的路段设置爬坡车道。

## 4 结语

由于我国关于公路通行能力的理论研究尚处于起步阶段, 还不够系统和完善, 可以借鉴的个案和资料也不多。因此, 本文在分析方法和某些参数的取值上参考了国外的一些研究成果, 如美国 1997 年新版

文章编号: 0451-0712(2005)09-0102-04

中图分类号: U412.22

文献标识码: B

# 揭普高速公路腐木淤泥混合土地基处理方法分析

黄少杰<sup>1</sup>, 吴玉财<sup>2</sup>

(1. 广东粤东高速公路发展有限公司 揭阳市 515525; 2. 广东粤赣高速公路有限公司 河源市 517000)

**摘要:** 根据孢粉、扫描电子显微镜、C<sup>14</sup>检测数据和前人的资料, 确定了腐木淤泥混合土的成因环境和分布特征。通过分析揭普高速公路软基路堤施工期及运行期的实测沉降资料, 结合成因环境, 说明了采用袋装砂并进行深层处理含腐木软土地基的合理性及必要性。含腐木的软土地基在进行深层处理后, 沉降发生早, 收敛快, 工后沉降小; 不进行深层处理则沉降时间长, 工后沉降大。

**关键词:** 腐木淤泥混合土; 袋装砂井; 超载预压

在我国沿海与河流的中下游及湖泊地区, 地表以下第四纪覆盖层深厚, 随着经济的快速发展, 工程建设密度加大, 工程上遇到了越来越多的特殊土地基问题, 粤东沿海榕江、练江平原腐木土层就是其中一类。其由淤泥质土、淤泥、泥炭质土、泥炭等与腐烂朽木混合而成, 具有孔隙比大、含水量高、有机质含量高、压缩性大和极低的强度等特点。尤其明显的是腐木纤维、淤泥混合土比一般有机土的有机质含量更高, 含有明显的未完全分解的植物残骸, 物理力学性质更为复杂。

广东省揭普高速公路沿线处于粤东沿海的榕江、练江冲积平原上, 腐木土层广泛分布, 汕梅高速公路的部分路段也处在同一个地质单元上, 腐木土层也有发现, 类似的土层在粤东沿海的其他地区(澄海市)和珠江三角洲地区也有发现<sup>[1]</sup>。对于这种特殊土地基的处理方法还没有工程先例记载, 因此, 研究这类土层的处理方法和基本变形特征, 具有区域性

的代表意义和重要的工程价值。

腐木纤维、淤泥混合土为有机质含量高的混合土, 与有机质含量高的泥炭、泥炭土有本质的区别, 其最大特点是含有明显的未完全分解的植物根茎, 分解程度差别很大, 植物纤维与淤泥互不掺混, 取样和室内试验十分困难, 也未检索到国内外类似问题的研究资料。

## 1 形成环境与分布特征

揭普高速公路位于粤东沿海丘陵平原地区穿越榕江和练江滨海三角洲平原, 在全线44 km的路基工程地质勘测中, 遇到多层含腐木的土层, 腐木为棕红或黄褐色的松软朽木, 质地较新鲜, 基本没炭化, 腐木土层中腐木含量高达60%~90%, 甚至钻取的芯样全为腐木。腐木土层的颜色主要受含有机质的淤泥决定, 同时还受腐木颜色的影响, 致使部分腐木含量多的腐木土层呈棕褐色。

收稿日期: 2005-06-23

的《道路通行能力手册》。但由于国产汽车和外国汽车在动力性能方面有较大差距, 且目前尚缺乏汽车性能方面的资料, 本文仅采用了国内道路上的主要车型(如解放CA141)的性能参数和数据资料进行分析研究。因此, 上述分析讨论尚有待进一步的验证, 故仅供参考。

## 参考文献:

- [1] JTJ 011-94, 公路路线设计规范[S].
- [2] JTJ 001-97, 公路工程技术标准[S].
- [3] 高速公路丛书编委会. 高速规划与设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.
- [4] 道路通行能力手册[Z]. 1997.
- [5] 张廷楷. 高速公路[M]. 北京: 人民交通出版社, 1993.