

附件 1

浙江省交通建设指南

ZJ/ZN 2021-01

公路爬坡车道设计指南

2021 年 2 月发布

2021 年 3 月实施

浙江省交通运输厅发布

公路爬坡车道设计指南

主编单位：浙江公路水运工程咨询有限责任公司

参编单位：华汇工程设计集团股份有限公司

长安大学

发布单位：浙江省交通运输厅

二〇二一年一月

公路爬坡车道设计指南

审定委员会

主任委员：卞钧霁

委 员：张治中 汪银华 郑 军 麻辉东

顾 侃 王祥真

编写组

主 编：陈菊根

副 主 编：赵海江 邢 渊

编写人员：徐爱军 孙章校 王红良 胡亚琴

吴伟民 楼坚林 向 辉 陈尧三

朱立群 石丽芳 任 鑫 胡建强

郭则安 陈 华 李 多 赵 艳

目次

前言	II
公路爬坡车道设计指南.....	- 1 -
1 总则	- 1 -
2 规范性引用文件.....	- 1 -
3 术语和定义.....	- 1 -
4 基本规定.....	- 2 -
5 设置条件.....	- 2 -
5.1 单一纵坡路段.....	- 2 -
5.2 特定连续上坡路段.....	- 3 -
5.3 分期设置	- 3 -
6 设计要素.....	- 3 -
6.1 起点、终点与渐变段长度.....	- 3 -
6.2 车道宽度与硬路肩宽度.....	- 4 -
6.3 爬坡车道的横坡.....	- 5 -
6.4 右侧硬路肩横坡.....	- 5 -
6.5 交通安全设施.....	- 5 -
附录 A（规范性）特定连续上坡路段通行能力计算	7
附录 B（资料性）计算示例	12
条文说明.....	16

前言

编制单位在对浙江省已经运营的高速公路、一级公路连续上坡路段的道路条件、交通条件、交通事故资料等进行调查分析，对爬坡车道设置进行系统研究的基础上编写了《公路爬坡车道设计指南》（以下简称“本文件”），以规范和指导浙江省公路爬坡车道设计，提高公路爬坡路段的通行能力和交通安全。

本文件按照《浙江省交通建设指南编制管理办法》（浙交〔2017〕162号）的要求编写。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

请各地、各单位将使用过程中发现的问题或建议反馈至浙江公路水运工程咨询有限责任公司（地址：杭州市昌化路18号，邮编：312000，电话：0571-85388297，Email：469073420@qq.com），以便不断完善、及时修订。

公路爬坡车道设计指南

1 总则

1.1 为规范和指导浙江省公路爬坡车道设计，特制定《公路爬坡车道设计指南》（以下简称“本文件”）。

1.2 本文件包括 6 章，两个附录： 1 总则、2 规范性引用文件、3 术语和定义、4 基本规定、5 设置条件、6 设计要素、附录 A（规范性）特定连续上坡路段通行能力计算及附录 B（资料性）计算示例。

1.3 本文件适用于四车道高速公路及一级公路爬坡车道设计。

1.4 在应用本文件时，尚应执行国家、行业和省的现行标准规范的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 5768 道路交通标志和标线

JTG B01-2014 公路工程技术标准

JTG D20-2017 公路路线设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

特定连续上坡路段 specific continuous uphill section

包含两个及以上需要限制坡长的连续上坡组合路段。

3.2

爬坡车道 climbing lane

在上坡路段紧靠行车道右侧增设的供载重汽车通行的专用车道。

3.3

等效纵坡 equivalent constant grade

在特定连续上坡路段，载重汽车爬坡运行速度最低点之前的组合纵坡等效的单一纵坡。

4 基本规定

4.1 高速公路、一级公路单一纵坡坡长超过表 1 规定的路段和特定连续上坡路段应单独进行通行能力和服务水平的分析与评价。特定连续上坡路通行能力可按附录 A 的有关规定进行计算，单一纵坡可参照特定连续上坡路段计算。

4.2 高速公路、一级公路公路单一纵坡坡长超过表 1 规定的路段和特定连续上坡路段的服务水平应不低于三级；当上坡路段为特大桥梁、长隧道及特长隧道等困难路段，服务水平应不低于四级。承担集散功能的一级公路，服务水平可采用四级。

4.3 六车道及以上的高速公路、一级公路可不设置爬坡车道。

4.4 交通标志和标线分类、颜色、形状、字符、尺寸、图形等设计应符合 GB 5768 的规定。

4.5 对于新建高速公路、一级公路符合设置爬坡车道条件的路段，应对设置爬坡车道与改善主线纵坡不设爬坡车道的方案进行技术经济论证。

4.6 相邻两爬坡车道间距较近时，宜将两爬坡车道直接相连。

5 设置条件

5.1 单一纵坡路段

5.1.1 当新建高速公路、一级公路单一纵坡坡长超过表 1 规定或设计通行能力小于设计小时交通量并符合第 4.5 条时，应设置爬坡车道。

表 1 不同纵坡的最大坡长 (m)

纵坡坡度 (%)	设计速度(km/h)			
	120	100	80	60
2.0	不限	不限	不限	不限
2.5	1050	1100	不限	不限
3.0	850	900	不限	不限
3.5	700	750	800	不限
4.0	600	650	700	不限
4.5	-	500	550	650
5.0	-	450	500	600
5.5	-	-	450	550
6.0	-	-	400	500

5.1.2 当运营高速公路、一级公路单一纵坡坡长超过表 1 规定值，且实际服务水平低于第 4.2 条规定时，应设置爬坡车道。

5.2 特定连续上坡路段

5.2.1 特定连续上坡路段等效纵坡的坡度和坡长可按附录 A 的有关规定选取或计算。

5.2.2 当新建高速公路、一级公路特定连续上坡路段等效纵坡坡长超过表 1 规定或上坡路段设计通行能力小于设计小时交通量，并符合第 4.5 条规定时，应设置爬坡车道。

5.2.3 当运营高速公路、一级公路特定连续上坡路段同时符合下列情况时，可通过加宽硬路肩设置爬坡车道：

a) 等效纵坡坡长超过表 1 规定，或沿特定连续上坡方向载重汽车的运行速度降低到表 2 的上坡路段容许最低速度以下。

表 2 上坡路段容许最低速度

设计速度(km/h)	120	100	80	60
容许最低速度(km/h)	60	55	50	40

b) 特定连续上坡路段实际服务水平低于第 4.2 条规定。

5.3 分期设置

对于新建高速公路、一级公路，当前期交通量远小于设计通行能力时，爬坡车道可考虑预留，并应对后期爬坡车道的设置预留条件。当爬坡车道位于大型结构物、深路堑路段，且后期改扩建困难时，爬坡车道宜一次建设完成。

6 设计要素

6.1 起点、终点与渐变段长度

6.1.1 起点

爬坡车道起点应设于上坡路段的下列位置处：

- a) 单一纵坡坡长或等效纵坡坡长超过表 1 规定处；
- b) 载重汽车运行速度降低至表 2 中“容许最低速度”处。

6.1.2 终点

爬坡车道终点应设于载重汽车行驶速度恢复至“容许最低速度”处，或爬坡车道延伸段终点处。爬坡车道延伸段设置如图 1 所示，延伸段长度规定如表 3 所示。

表 3 爬坡车道延伸段长度

附加段纵坡(%)	下坡	平坡	上坡			
			0.5	1.0	1.5	2.0
附加长度(m)	100	150	200	250	300	350

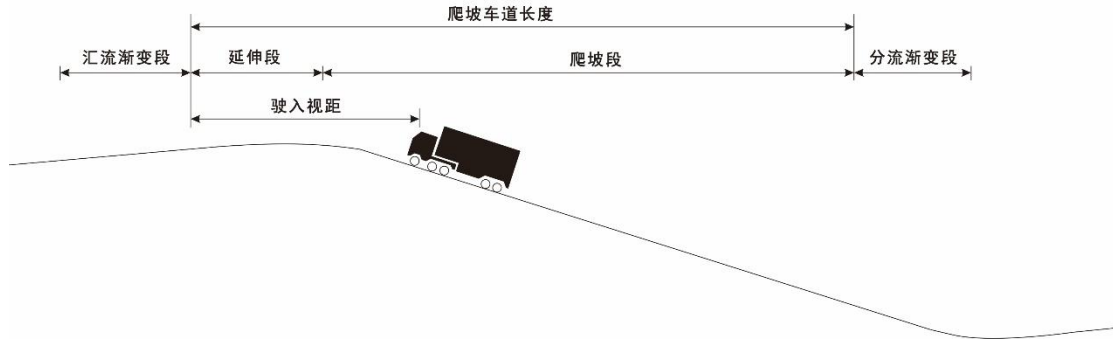


图 1 爬坡车道延伸段设置示意图

6.1.3 渐变段长度

爬坡车道起点、终点应按要求设置分流、汇流渐变段，其长度规定如表 4。

表 4 爬坡车道分流、汇流渐变段长度

公路等级	分流渐变段长 (m)	汇流渐变段长 ^a (m)
高速公路、一级公路	100	150 (100) ~ 200

^a 括号中为条件受限时可采用的汇流渐变段长度最小值。

6.1.4 爬坡车道和渐变段的起点、终点位置在符合上述要求的前提下，应选择容易识别、通视良好、连接平顺的位置。

6.2 车道宽度与硬路肩宽度

6.2.1 高速公路、一级公路在上坡路段设置爬坡车道时，其宽度不应小于 3.5m，且不大于 4m。爬坡车道应紧靠车道的外侧设置。新建公路爬坡车道右侧硬路肩宽度，正常情况下应采用 JTG D20-2017 表 6.4.1 规定的一般值；条件受限时，应不小于 0.75m。运营公路爬坡车道右侧硬路肩宽度可采用 0.75m。新建公路和运营公路爬坡车道设置分别如图 2 和图 3 所示。

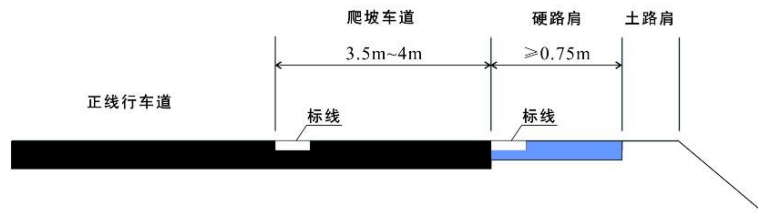


图 2 新建公路爬坡车道横断面组成

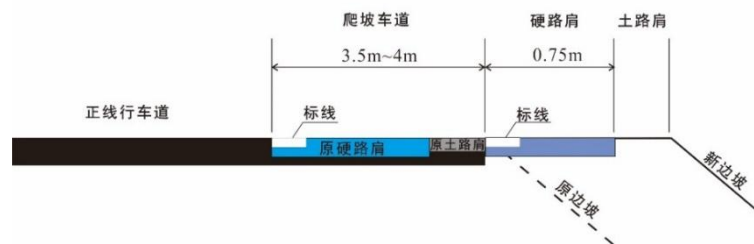


图 3 运营公路爬坡车道横断面组成

6.2.2 爬坡车道的曲线加宽值应采用一个车道曲线加宽的规定。

6.3 爬坡车道的横坡

6.3.1 非超高路段

爬坡车道位于直线或不设超高曲线路段时，采用直线式横坡，坡向向外，其横坡度大小同主线路拱横坡。

6.3.2 超高路段

爬坡车道的超高坡度应符合表 5 的规定。超高横坡的旋转轴为爬坡车道内侧边缘线。

表 5 爬坡车道超高值

主线超高 (%)	10	9	8	7	6	5	4	3	2
爬坡车道超高 (%)	5		4				3	2	

6.4 右侧硬路肩横坡

6.4.1 爬坡车道硬路肩横坡应与爬坡车道横坡相同。

6.4.2 设置爬坡车道路段的硬路肩横坡应随爬坡车道的横坡一同过渡，其过渡段的纵向渐变率应控制在 1/330~1/150 之间。

6.5 交通安全设施

6.5.1 标志标线

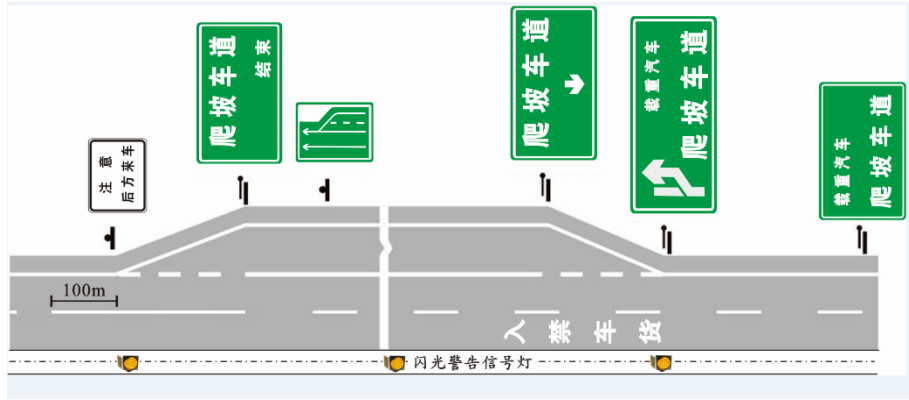
爬坡车道路段应按以下要求设置标志标线：

a) 爬坡车道标志用以指示前方最右侧车道是载重汽车爬坡专用的车道。爬坡车道标志设置应考虑线形变化对于车辆的影响，宜配合设置相应的警告或禁令或告示标志。见图 4 示例。

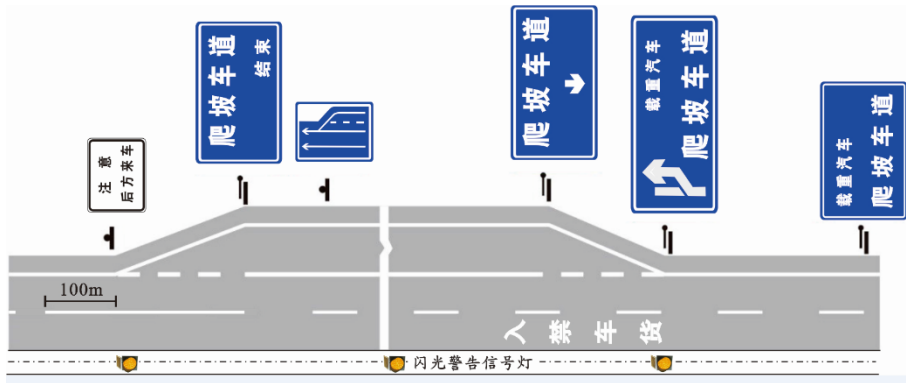
b) 爬坡车道处交通标线应连续设置，沿行车方向左侧渐变段处设置长 100cm、间隔 100cm 的虚线，正常段设置实线，沿行车方向右侧应设置车行道边缘线，在渐变段处过渡到与标准路段的车行道边缘线相接。虚线、实线的宽度与标准路段的车行道边缘线相同。爬坡车道汇流渐变段起点至汇流渐变段终点后 100m 处的第一和第二车道的车行道分界线应设置

为白色实线，可采用振动标线的形式。

c) 设置爬坡车道路段第一车道禁止载货汽车驶入，应在爬坡车道分流渐变段起点设置禁止载货汽车驶入标志、“货车禁入”地面文字标记和交通监控设备，在爬坡车道终点设置“货车禁入结束 前方 300m”告示标志。



a) 高速公路爬坡车道安全设施设置示意图



b) 一级公路爬坡车道安全设施设置示意图

图 4 爬坡车道安全设施设置示意图

6.5.2 视线诱导设施

爬坡车道分流渐变段、汇流渐变段前后宜将轮廓标的间隔减小至正常间隔的一半。

6.5.3 闪光警告信号灯

爬坡车道分流渐变段起点、汇流渐变段终点及爬坡车道中段宜在中央分隔带设置闪光警告信号灯，如图 4 所示。

附 录 A
(规范性)
特定连续上坡路段通行能力计算

A.1 等效纵坡

A.1.1 等效坡度

A.1.1.1 单一纵坡路段或连续上坡中所有的纵坡 $i \leq 2\%$ 或连续上坡中只有一段纵坡需要限制坡长时, 不进行等效坡度和等效坡长计算。当位于特定连续上坡路段中间的纵坡和坡长不大于表 A.1 规定时, 应纳入特定连续上坡路段等效纵坡计算范围。

表 A.1 纳入特定连续上坡路段等效纵坡计算范围的纵坡最大坡长 (m)

纵坡坡度 (%)	设计速度(km/h)			
	120	100	80	60
1.0	950	600	550	400
1.5	2000	1300	800	550
2.0	-	-	-	600

A.1.1.2 等效坡度大小受特定连续上坡路段各坡段纵坡的最大值直接控制, 当最大纵坡值处于某一特定范围内时, 按表 A.2 取值。

表 A.2 等效坡度

特定连续上坡路段 最大纵坡度(%)	(2.0,2.5]	(2.5,3.5]	(3.5,4.5]	(4.5,5.5]	(5.5,6.0]
等效坡度(%)	2	3	4	5	6

A.1.2 等效坡长

特定连续上坡路段等效坡长按式 (A.1) 计算:

$$S_E = S_0 + \sum_{i=1}^j S_i \quad (\text{A.1})$$

式中:

S_E —等效坡长 (m);

S_0 —载重汽车由初始速度 (80km/h) 至入坡运行速度 V 在爬坡性能曲线图 A.1 中对应的等效坡长 (m), 查表 A.3;

j —特定连续上坡纵坡最大坡段;

S_i —至最大纵坡 j 的各坡段的坡长 (m)。

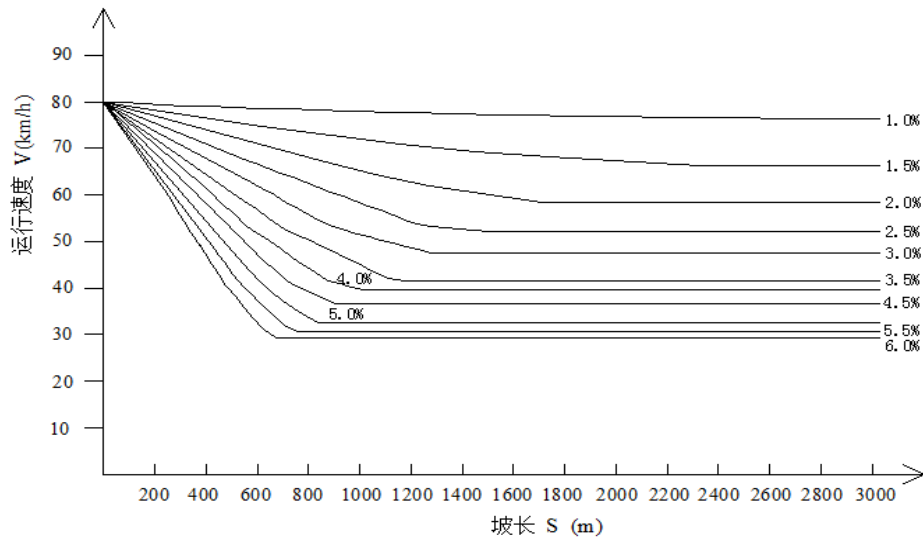


图 A.1 载重汽车爬坡性能曲线（满载 48.805t、功率质量比为 7.58kW/t）

表 A.3 初始速度（80km/h）至入坡运行速度对应的等效坡长 S_0^a

入坡运行速度 (km/h)	纵坡 (%)								
	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
75	290	230	115	100	85	80	75	65	60
70	665	440	325	260	220	180	155	135	125
65	1010	675	495	390	325	275	235	205	185
60	1500	920	665	520	430	365	310	275	250
55	-	1160	825	640	525	455	390	340	305
50	-	-	1100	810	650	550	470	410	365

^a 介于两规定值之间时采用内插法计算。

A.1.3 坡底入坡速度

运营公路新增爬坡车道路段的载重汽车坡底入坡运行速度，宜根据载重汽车进入上坡路段入坡的实际行驶速度调查确定。新建公路的载重汽车坡底入坡运行速度可参照表 A.4 确定。

表 A.4 新建公路坡底入坡运行速度

设计速度(km/h)	120	100	80	60
坡底入坡运行速度 V(km/h)	80	75	70	55

A.2 设计小时交通量

A.2.1 高速公路和一级公路设计交通量预测年限为20年。

A.2.2 高速公路和一级公路设计小时交通量（DDHV）应按式（A.2）计算：

$$DDHV=AADT \times D \times K \quad (A.2)$$

式中：

DDHV—特定连续上坡路段单向设计小时交通量 (veh/h);

AADT—预测年度的年平均日交通量 (veh/d);

D—方向不均匀系数 (%), 宜根据交通量预测或观测资料确定;

K—设计小时交通量系数 (%), 为选定时位的小时交通量与年平均日交通量的比值。

新建公路的 K 值按预测结果确定; 既有公路 K 值按实测确定。

A.3 设计通行能力

A.3.1 高速公路和一级公路一条车道设计服务水平下的最大服务交通量应符合表 A.5、表 A.6 的规定。

表 A.5 高速公路一条车道设计服务水平下的最大服务交通量

设计速度 (km/h)	120	100	80
三级服务水平的最大服务交通量[pcu/(h ln)]	1650	1600	1500
四级服务水平的最大服务交通量[pcu/(h ln)]	1980	1850	1800

表 A.6 一级公路一条车道设计服务水平下的最大服务交通量

设计速度 (km/h)	100	80	60
三级服务水平的最大服务交通量[pcu/(h ln)]	1400	1250	1100
四级服务水平的最大服务交通量[pcu/(h ln)]	1800	1600	1450

A.3.2 高速公路和一级公路特定连续上坡路段采用公式 (A.3) 计算设计通行能力。

$$C_d = MSF_i \times f_{HV} \times f_p \times f_f \quad (A.3)$$

式中:

C_d ——设计通行能力[veh/(h ln)];

MSF_i ——设计服务水平下最大服务交通量[pcu/(h ln)];

f_{HV} ——交通组成修正系数, 按式 (A.4) 计算;

f_p ——驾驶人总体修正系数, 通过调查确定, 通常取 0.98;

f_f ——路侧干扰修正系数, 高速公路取 1.0, 一级公路取 0.98;

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + \sum P_i (E_i - 1)} \quad (A.4)$$

P_i ——车型 i 的交通量占总交通量的百分比;

E_i ——车型 (中型车、大型车、汽车列车) i 的车辆折算系数, 中型车车辆折算系数依据 JTG B01-2014 表 3.3.2 取为 1.5, 大型车、汽车列车车辆折算系数见表 A.7 和表 A.8 所示。

表 A.7 大型车在不同设计速度、坡度和坡长下的车辆折算系数^a

坡度 (%)	坡长 (m)	60km/h					80km/h					100km/h					120km/h				
		载重汽车百分比%																			
		10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
1~2 (含)	200~600	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5
	600~900	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0
	≥900	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	4.5	3.5	3.0	3.0	3.0	4.5	3.5	3.0	3.0	3.0	4.5	3.5	3.0	3.0	3.0
2~3 (含)	200~600	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0
	600~900	4.5	3.5	3.0	3.0	3.0	4.5	4.0	3.0	3.0	3.0	4.5	4.0	3.0	3.0	3.0	4.5	4.0	3.0	3.0	3.0
	≥900	4.5	3.5	3.5	3.0	3.0	5.0	4.5	3.5	3.0	3.0	5.0	4.5	3.5	3.0	3.0	5.0	4.5	3.5	3.0	3.0
3~4 (含)	200~600	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5	5.0	4.0	3.5	3.5	3.5	5.0	4.0	3.5	3.5	3.5	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5
	600~900	5.0	4.5	3.5	3.5	3.5	5.5	4.5	3.5	3.5	3.5	5.5	4.5	3.5	3.5	3.5	5.0	4.5	3.5	3.5	3.5
	≥900	5.5	5.0	4.0	3.5	3.5	6.0	5.0	4.0	3.5	3.5	6.0	5.0	4.0	3.5	3.5	5.5	5.0	4.0	3.5	3.5
4~5 (含)	200~600	5.0	4.5	4.0	4.0	4.0	6.0	5.0	4.5	4.5	4.5	6.0	5.0	4.0	4.0	4.0	-	-	-	-	-
	600~900	6.5	5.5	4.0	4.0	4.0	7.0	5.5	4.5	4.5	4.5	6.5	5.5	4.0	4.0	4.0	-	-	-	-	-
	≥900	7.0	6.0	4.5	4.0	4.0	7.5	6.0	5.0	4.5	4.5	7.0	6.0	4.5	4.5	4.5	-	-	-	-	-
5~6 (含)	200~600	7.5	6.0	5.5	5.0	5.0	8.0	6.5	6.0	5.5	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	600~900	8.0	6.5	5.5	5.0	5.0	8.5	7.0	6.0	5.5	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	≥900	8.5	7.0	6.0	5.0	5.0	9.0	7.5	6.5	5.5	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a 载重汽车比例小于 10%，按 10% 计算；大于 50%，按 50% 计算；介于两规定值之间时采用内插法计算。

表 A.8 汽车列车在不同设计速度、坡度和坡长下的车辆折算系数^a

坡度 (%)	坡长 (m)	60km/h					80km/h					100km/h					120km/h				
		载重汽车百分比%																			
		10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
1~2 (含)	200~600	5.0	4.5	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	600~900	5.5	4.5	4.0	4.0	4.0	5.5	4.5	4.0	4.0	4.0	5.5	4.5	4.0	4.0	4.0	5.5	4.5	4.0	4.0	4.0
	≥900	5.5	5.0	4.5	4.0	4.0	6.0	5.0	4.5	4.0	4.0	6.0	5.0	4.5	4.0	4.0	6.0	5.0	4.5	4.0	4.0
2~3 (含)	200~600	6.0	5.0	4.5	4.5	4.5	6.0	5.0	4.5	4.5	4.5	6.0	5.0	4.5	4.5	4.5	6.0	5.0	4.5	4.5	4.5
	600~900	6.5	5.5	5.0	5.0	5.0	6.5	5.5	5.0	5.0	5.0	6.5	5.5	5.0	5.0	5.0	6.5	5.5	5.0	5.0	5.0
	≥900	7.0	5.5	5.0	5.0	5.0	7.0	5.5	5.0	5.0	5.0	7.0	6.0	5.0	5.0	5.0	7.0	6.0	5.0	5.0	5.0
3~4 (含)	200~600	7.0	6.0	5.5	5.5	5.5	7.0	6.0	5.5	5.5	5.5	7.0	6.0	5.5	5.5	5.5	7.0	6.0	5.5	5.5	5.5
	600~900	8.0	6.5	5.5	5.5	5.5	8.0	6.5	5.5	5.5	5.5	7.5	6.5	6.0	5.5	5.5	7.5	6.5	6.0	5.5	5.5
	≥900	9.0	7.0	6.0	6.0	6.0	9.0	7.0	6.0	6.0	6.0	8.5	7.0	6.5	6.0	6.0	8.5	7.0	6.5	6.0	6.0
4~5 (含)	200~600	9.5	7.5	7.0	7.0	7.0	9.0	7.5	7.0	7.0	7.0	8.5	7.0	7.0	6.5	6.5	-	-	-	-	-
	600~900	10.5	8.0	7.5	7.0	7.0	10.0	8.0	7.5	7.0	7.0	9.0	8.5	7.5	7.5	7.0	-	-	-	-	-
	≥900	11.0	8.5	7.5	7.0	7.0	10.5	8.5	7.5	7.0	7.0	9.5	9.0	8.0	7.5	7.0	-	-	-	-	-
5~6 (含)	200~600	12.0	10.0	9.5	8.0	8.0	11.0	10.5	9.5	8.5	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	600~900	13.5	11.0	10.0	8.5	8.0	13.0	11.0	10.0	9.0	8.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	≥900	15.0	11.0	10.0	8.5	8.0	15.0	11.50	10.0	9.0	8.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a 载重汽车比例小于 10%，按 10% 计算；大于 50%，按 50% 计算；介于两规定值之间时采用内插法计算。

附录 B
(资料性)
计算示例

B.1 新建高速公路爬坡车道设置论证示例

B.1.1 高速公路特定连续上坡路段工程概况

高速公路概况	
基本信息	新建山岭区高速公路，设计速度 80km/h，整体式路基宽度 25.5m，分离式路基宽度 12.75m。
特定连续上坡路段信息（包含三个限制坡长的连续上坡组合路段）	K13+950~K17+500 特定连续上坡路段，未设置特大桥梁、长隧道及特长隧道等大型构造物，连续上坡组合为 4%/900m+2.5%/700m +4.2%/800m+2.5%/450m+4.5%700m，组合坡段前纵坡为 1.5%/500m，后纵坡为-2%/600m
交通量信息	经拟建项目交通量预测，路段预测交通量为 43296veh/d，折算为标准小客车的交通量为 54640pcu/d；按预测结果，设计小时系数 K=0.1，方向不均匀系数 D=0.52 小型车占 73.8%，中型车占 18.5%，大型车占 4.1%，汽车列车占 3.6%

B.1.2 爬坡车道设置解析

K13+950~K17+500 为特定连续上坡路段，根据连续上坡路段设置爬坡车道的条件进行分析：

a) 坡长限制值分析

根据等效纵坡定义，该特定连续上坡路段最大纵坡值（控制坡度）为 4.5%，根据表 A.2 所示，处于 $3.5% < i \leq 4.5%$ 区间，等效坡度取 4%。

查表 A.4，坡底入坡初始运行速度取 70km/h，查表 A.3，得 $S_0 = 220m$ 。根据公式 (A.1)，该特定连续上坡路段的等效坡长应为： $220m+900m+700m+800m+450m+700m=3770m$ 。

该路段等效坡度为 4%、等效坡长为 3770m，其坡长已远超表 1 中的最大坡长值 700m，因此，该特定连续上坡路段应设置爬坡车道。

b) 通行能力分析

特定连续上坡路段设计小时交通量为：

$$DDHV=AADT \times D \times K=43296 \text{veh/d} \times 0.52 \times 0.1=2251 \text{veh/h}。$$

设计通行能力计算：

该路段中型车占 18.5%、大型车占 4.1% 及汽车列车占 3.6% ，等效坡度为 4%，等效坡长为 3770m，查表 A.6 和 A.7 得，中型车、大型车和汽车列车的车辆折算系数分别为 1.5、

6.0 和 9.0。

$$\text{则交通组成修正系数为 } f_{HV} = \frac{1}{1 + \sum P_i(E_i - 1)} = 0.63$$

该特定连续上坡路段未设置特大桥梁、长隧道及特长隧道等大型构造物，设计服务水平应不低于三级。三级服务水平下的最大服务交通量为 1500pcu/(h ln)，高速公路路侧干扰修正系数 $f_w = 1.0$ ，通过调查驾驶人总体修正系数 $f_p = 0.98$ ，则设计通行能力为：

$$C_d = MSF_i \times f_{HV} \times f_p \times f_f = 1500 \times 0.63 \times 0.98 \times 1 = 927 \text{ veh/(h ln)}$$

则单向两车道设计通行能力为 1854 veh/h，小于设计小时交通量（2251 veh/h），因此，该连续上坡路段应设置爬坡车道。

B.1.3 爬坡车道设计解析

通过上述坡长限制值分析，设计等效纵坡坡长已远超表 1 中纵坡 4% 时的最大坡长值 650m，在该特定连续上坡路段应设置爬坡车道。

爬坡车道的起点应设置在 4%/900m 入坡后 700m 处，即 K14+650 处。在 K14+650 前设置爬坡车道的分流渐变段长 100m，即 K14+550 为爬坡车道分流渐变段起点。

该特定连续上坡路段后纵坡为 -2%/600m，陡坡路段后延伸的附加长度根据表 3 取 100m，即 K17+600 为爬坡车道的终点；爬坡车道终点汇流渐变段长度按照表 4 取 150m，即 K17+750 为爬坡车道汇流渐变段的终点。

B.2 运营高速公路爬坡车道设置论证示例

B.2.1 运营高速公路特定连续上坡路段工程概况

高速公路概况	
基本信息	运营山岭区高速公路，设计速度 100km/h，整体式路基宽度 26.00m，分离式路基宽度 13.00m。
特定连续上坡路段信息（包含二个限制坡长的连续上坡组合路段）	K46+900~K49+960 路段右幅为特定连续上坡路段，未设置特大桥梁、长隧道及特长隧道等大型构造物，连续上坡组合为 3%/898.40m+2.5%/413.70m+ 3%/812m，连续上坡组合坡段前纵坡为 0.6%/420m，后纵坡为 1.5%/670m
交通量信息	经实测，路段交通量为 33981veh/d，设计小时系数 K=0.09，方向不均匀系数 D=0.52
	小型车占 66.9%、中型车占 8.1%、大型车占 5.0%和汽车列车占 20.0%
运行速度信息	经实测，特定连续上坡路段载重汽车的运行速度分布如图 B1 所示。

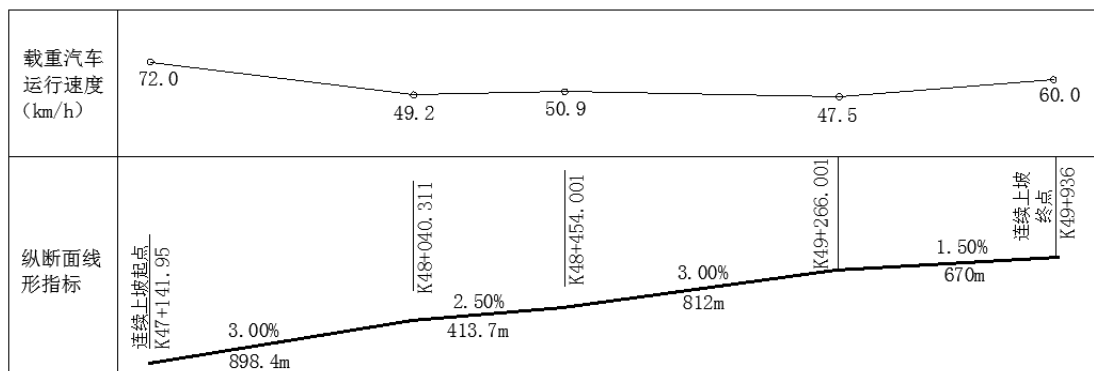


图 B1 特定连续上坡路段载重汽车运行速度分布图

B.2.2 爬坡车道设置解析

K46+900~K49+960 路段右幅为特定连续上坡路段，根据运营高速公路连续上坡路段设置爬坡车道的条件进行分析：

a) 服务水平分析

根据等效纵坡定义，该特定连续上坡路段最大纵坡值（控制坡度）为 3.0%，根据表 A.2 所示，处于 $2.5\% < i \leq 3.5\%$ 区间，等效坡度取为 3%。

根据实测，坡底入坡运行速度为 72km/h，依据表 A.3，内插并计算得 $S_0 = 241$ m。根据公式 (A.1)，该特定连续上坡路段的等效坡长应为： $241+898.4+413.7+812=2365.1$ m

特定连续上坡路段实际设计小时交通量为：

$$DDHV=AADT \times D \times K=33981 \text{veh/d} \times 0.52 \times 0.09=1590 \text{veh/h.}$$

该路段中型车占 8.1%、大型车占 5.0%和汽车列车占 20.0%，等效坡度为 3%，等效坡长为 2365.1m，查表 A.7 和 A.8 得，中型车、大型车和汽车列车的车辆折算系数分别为 1.5、5.0 和 6.0。则特定连续上坡路段高峰时段折算为小客车 (pcu/h) 的交通量为：

$$1590 \times (1.0 \times 0.669 + 1.5 \times 0.081 + 5.0 \times 0.05 + 6.0 \times 0.20) = 3562 \text{pcu/h}$$

设计速度 100km/h 的高速公路，根据 JTG B01-2014 附录 A 表 A.0.1-1 的规定，其每个车道的基准通行能力为 2100 pcu/h。

$$\text{该路段} \frac{v}{C} = \frac{3562}{2 \times 2100} = 0.85$$

根据 JTG B01-2014 附录 A 表 A.0.1-1 的规定，特定连续上坡路段实际服务水平为四级，低于第 4.2 条服务水平的规定（该特定连续上坡路段未设置特大桥梁、长隧道及特长隧道等大型构造物，服务水平应不低于三级）。

b) 运行速度分析

特定连续上坡路段实测运行速度如图 B1 所示，根据表 2 规定，设计速度 100km/h 的容

许最低速度为 55km/h，载重汽车的运行速度在该特定连续上坡路段低于容许最低速度。

通过上述服务水平和运行速度分析，该运营高速公路连续上坡方向载重汽车的运行速度降低到了容许最低速度以下，同时，特定连续上坡路段实际服务水平低于规定的服务水平，可通过加宽硬路肩设置爬坡车道。

B.2.3 爬坡车道设计解析

爬坡车道的起点，应设置在特定连续上坡路段载重汽车运行速度低于“容许最低速度”（55km/h）处，即 K47+811.95 处，位于 3%/998.40m 入坡后 670m。在 K47+811.95 前设置爬坡车道的分流渐变段长 100m，即 K47+711.95 为爬坡车道分流渐变段起点。

该特定连续上坡路段后纵坡为 1.5%/670m，爬坡车道的终点应设于载重汽车经特定连续上坡路段后恢复至“容许最低速度”处，即 K49+666 处；根据表 4 汇流渐变段长取 150m，即 K49+816 为爬坡车道汇流渐变段的终点。

爬坡车道通过加宽硬路肩设置，即将硬路肩由 3.0m 拓宽为 3.5m 爬坡车道，并设 0.75 m 硬路肩。如图 B2 所示。

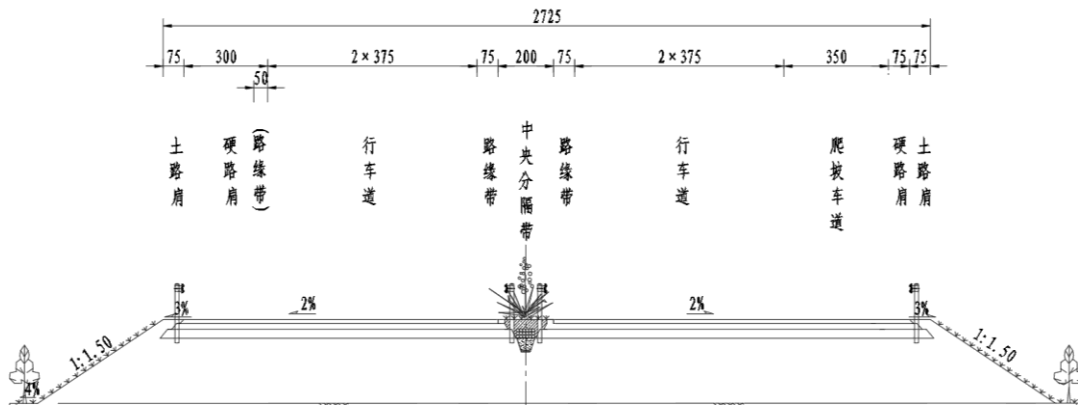


图 B2 设置有爬坡车道的标准横断面图

条文说明

3 术语和定义

3.1 定义**特定连续上坡路段**是为了区别所有纵坡均小于 2%的连续上坡组合路段和只有一段纵坡需要按表 1 限制坡长的连续上坡组合路段。

3.3 **等效纵坡**对载重汽车的影响是基于速度等效，即在特定连续上坡路段，载重汽车爬坡运行速度最低点所在控制坡段坡顶的速度，与载重汽车在某单一纵坡爬坡到该坡顶的速度相同。

4 基本规定

4.1 根据《公路路线设计规范》（JTG D20-2017）第 3.1.2 条规定，高速公路、一级公路单一纵坡坡长超过表 1 规定的路段和特定连续上坡路段应单独进行通行能力和服务水平的分析与评价。

4.2 根据《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）第 3.4.2 条规定，高速公路、一级公路单一纵坡坡长超过表 1 规定的路段和特定连续上坡路段服务水平应不低于三级；当上坡路段为特大桥梁、长隧道及特长隧道等困难路段，服务水平应不低于四级。承担集散功能的一级公路，服务水平可采用四级。

4.3 根据《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）第 4.0.8 条规定，六车道及以上的高速公路、一级公路可不设置爬坡车道。

4.6 根据《公路路线设计规范》（JTG D20-2017）第 8.4.5 条第 3 款规定，相邻两爬坡车道相距较近时，宜将两爬坡车道直接相连。但 JTG D20-2017 没有提出直接相连的距离指标，本文件根据载重汽车在主线分流、汇流时对直行车辆的干扰影响长度和车辆稳定行驶所需要的长度，同时考虑附录 A 中 A.1.1.1 条的要求，推荐相邻两爬坡车道直接相连的间距不大于 500m。

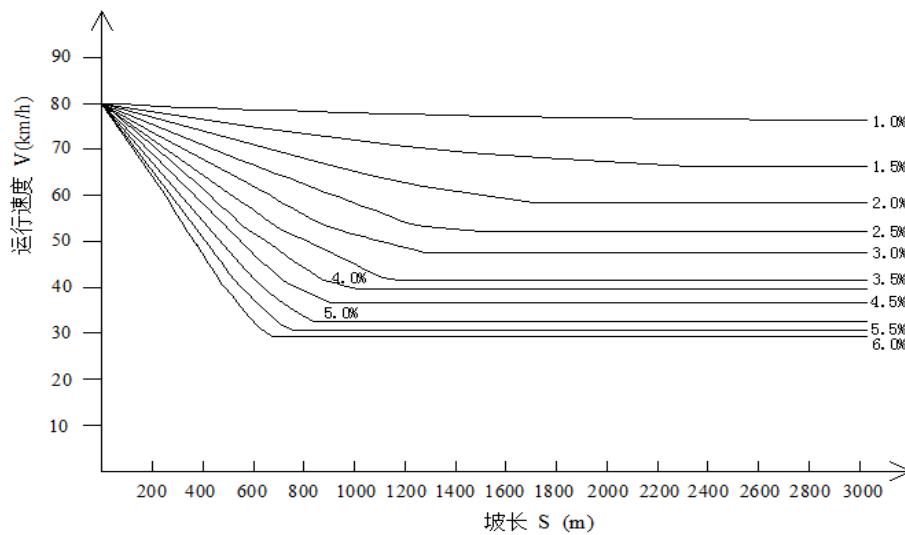
5 设置条件

5.1 单一纵坡路段

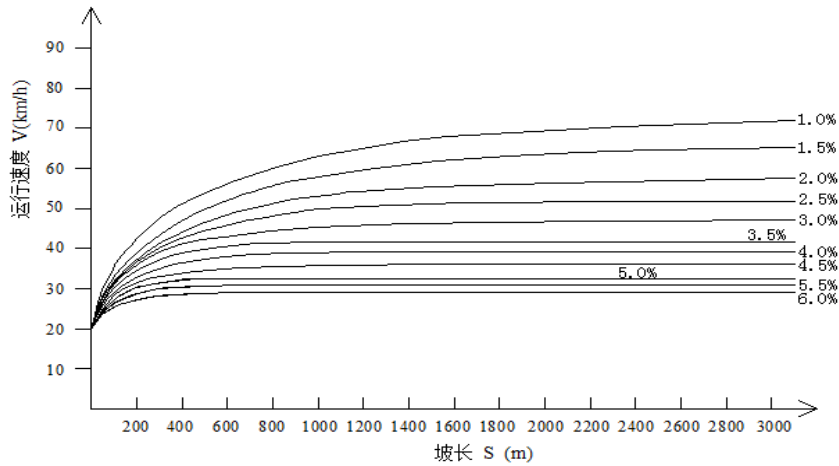
5.1.1 表 1 不同纵坡的最大坡长是根据浙江省交通运输厅科研计划项目《高速公路爬坡车道设计研究》（2014H14）确定的载重汽车主导车型和浙江省高速公路载重汽车功率质量比调查的基础上提出的，更符合浙江省高速公路交通流特性和载重汽车爬坡性能的要求。

《高速公路爬坡车道设计研究》通过对 S26 诸永高速、G15 沈海高速（甬台温高速）、S33 龙丽高速、G60 沪昆高速（杭金衢高速）及 G3 京台高速（黄衢南高速）等八个特定上坡路段载重汽车的调查与计算分析，浙江省高速公路载重汽车的功率质量比为 5.70~6.83kW/t，15%功率质量比为 6.18kW/t。考虑发动机动力输出的损失，负荷率取为 0.9，机械效率为 0.9。由此得出浙江省高速公路载重汽车主导车型在额定载重、负荷率为 1、机械效率为 1 的情况下，功率质量比为 7.04~8.43kW/t，15%功率质量比为 7.63kW/t。结合国内载重汽车行业发展、浙江省运营高速公路载重汽车车型比例、载重汽车总重比例分布以及国家对载重汽车的外部轮廓尺寸、轴载、质量限值的规定等，主导车型应为半挂车铰接列车，总重应接近 49t。经对国内各载重汽车生产企业销量调查，选定总重 48.805t、功率质量比 7.58kW/t 的中国第一汽车集团有限公司生产的解放 J7 牵引车 CA4250P77K25T1E5 作为浙江省高速公路纵坡研究的主导车型。

图 1 (a) 和 (b) 分别为载重汽车主导车型在减速上坡和加速上坡时的爬坡性能曲线。如图 1 (a) 所示，可知当载重汽车以已知的较高初始速度进入某一坡度的纵坡后，随着坡长的增加，其速度逐步降低变化至稳定车速。如图 1 (b) 所示，可知当载重汽车以已知的较低初始速度进入某一坡度的纵坡后，随着坡长的增加，其速度逐步增加变化至稳定车速。



(a) 减速上坡



(b) 加速上坡

图1 载重汽车主导车型的爬坡性能曲线

通过对浙江省 G60 沪昆高速（杭金衢高速）新岭隧道路段和金华段、G15 沈海高速（甬台温高速）台州段和浙闽主线站至分水关路段、G25 长深高速（杭宁高速）、S26 诸永高速怀鲁枢纽至枫树岭路段、G2504 杭州绕城高速西段等高速公路上坡路段载重汽车运行速度、交通事故、路段交通量的调查和研究，建立了事故率与上坡路段载重汽车速度折减量的关系模型。当载重汽车速度折减量低于 15km/h 时，路段事故率低于平均水平，处于可接受的范围；当载重汽车行驶速度折减量大于 15km/h 时，交通事故急剧增加，路段事故率高于平均水平，路段安全水平差。速度折减量为 20km/h 时的事事故率是速度折减量为 15km/h 时的事事故率的 1.3 倍；速度折减量为 25km/h 时的事事故率是速度折减量为 15km/h 时的事事故率的 1.8 倍；当速度折减量为 25km/h 时，事故率增长率大于平均增长率，认为从安全角度考虑是不能接受的。因而，从路段通行能力和交通安全需求出发，推荐使用 20km/h 速度折减量作为载重汽车的最大容许速度降低值标准。

基于上坡路段载重汽车速度折减量和实测调查的特定连续上坡前坡底载重汽车入坡速度，得到不同设计速度下载重汽车容许最低速度，如表 1 所示。

表 1 载重汽车上坡速度折减量与容许最低速度

设计速度(km/h)	120	100	80	60
坡底载重汽车的运行速度(km/h)	80	75	70	55
载重汽车速度折减量(km/h)	20	20	20	20
容许最低速度(km/h)	60	55	50	35

基于浙江省高速公路载重汽车主导车型解放 J7 牵引车 CA4250P77K25T1E5 的爬坡性能曲线，《高速公路爬坡车道设计研究》报告论证提出了浙江省高速公路纵坡最大坡长值，如表 2 所示。

表 2 基于载重汽车上坡速度折减量 20km/h 的高速公路不同纵坡最大坡长 (m)

纵坡坡度 (%)	设计速度(km/h)			
	120	100	80	60
2.0	不限	不限	不限	不限
2.5	1050	1100	不限	不限
3.0	850	900	不限	不限
3.5	700	750	800	不限
4.0	600	650	700	不限
4.5	-	500	550	650
5.0	-	450	500	600
5.5	-	-	450	550
6.0	-	-	400	500

现行《公路路线设计规范》(JTG D20-2017)第 8.3.2 条文说明中,通过 2011 年《高速公路纵坡设计关键指标与设计方法研究》专题调查研究,对高速公路载重汽车主导车型(满载 49t 的六轴铰接列车)进行了爬坡性能研究,其功率质量比 6.30kW/t,低于本文件采用的载重汽车主导车型,在载重汽车上坡速度降低值为 20km/h 的情况下,不同纵坡最大坡长如《公路路线设计规范》(JTG D20-2017)条文说明表 8-3 所示,其值低于上述表 2 的最大坡长值。现行《公路路线设计规范》(JTG D20-2017)表 8.3.2 规定的不同纵坡最大坡长,仍采用了《公路路线设计规范》(JTG D20-2006)的规定值,即采用以两轴载重汽车性能条件(功率质量比为 8.3~9.3kW/t)为基础提出的最大坡长限制指标,其值高于上述表 2 的坡长限制指标。

5.2.3 上坡路段容许最低速度是基于上坡路段载重汽车速度折减量和实测调查的不同设计速度高速公路特定连续上坡坡底载重汽车入坡速度提出的,具体见 5.1.1 和 A.1.3 条文说明。

5.3 分期设置

本文件的深路堑路段是指挖方边坡地质条件较差、边坡防护工程量大或后期边坡施工对公路正常运营影响较大的深路堑路段。

6 设计要素

6.1 起点、终点与渐变段长度

6.1.1 新建高速公路爬坡车道起点应设于上坡路段单一坡度坡长或等效纵坡坡长超过表 1 规定处;运营高速公路增设爬坡车道起点应设于上坡路段载重汽车运行速度降低至表 2 中“容许最低速度”处。

6.1.2 根据《公路路线设计规范》(JTG D20-2017)第 8.4.2 条规定,爬坡车道终点应设于载重汽车行驶速度恢复至“容许最低速度”处,或爬坡车道延伸段终点处。爬坡车道延伸段是指

载重汽车在特定连续上坡路段（或单一陡坡路段）爬坡结束后用于运行速度恢复至“容许最低速度”处的路段。

6.1.3 爬坡车道终点汇流渐变段长度考虑汇流渐变段标线长度和变换车道的侧移率两个因素，汇流渐变段标线长度按《道路交通标志和标线》（GB 5768.3）第 6.2.2 条路面（行车道）宽度渐变段标线长度公式（1）计算；变换车道侧移长度可按路段平均行驶速度的侧移率计算，汇流（加速）一般按 0.6m/s 的侧移率控制。一般情况下，设计速度高的爬坡车道终点汇流渐变段长度宜取括号外的高值，设计速度低的爬坡车道终点汇流渐变段长度宜取括号外的低值。当爬坡车道终点汇流渐变段位于特大桥梁、隧道、深路堑等条件受限路段时，爬坡车道终点汇流渐变段长度可采用括号中的值。

6.2 车道宽度与硬路肩宽度

6.2.1 根据《公路路线设计规范》（JTG D20-2017）第 6.2.3 条规定，高速公路在上坡路段设置爬坡车道时，其宽度不应小于 3.5m，且不大于 4m。爬坡车道应紧靠车道的内侧设置，爬坡车道宽度包括爬坡车道标线宽度，其宽度与标准路段的车行道边缘线宽度相同。爬坡车道设置右侧硬路肩，其宽度包括右侧路缘带宽度，爬坡车道边缘线设置在右侧路缘带宽度内。新建公路爬坡车道右侧硬路肩宽度，正常情况下应采用 JTG D20-2017 表 6.4.1 规定的一般值，即与非爬坡车道路基与桥梁路段的右侧硬路肩宽度相同。考虑到爬坡车道路段一般地形条件复杂和爬坡车道车辆运行速度较低等因素，在连续桥梁、高路堤、深路堑等条件受限路段，爬坡车道右侧硬路肩宽度应不小于 0.75m。

6.3 横坡

6.3.2 爬坡车道的超高横坡是按爬坡车道的行车速度确定的，因爬坡车道的行车速度低于主线的行车速度，考虑行车安全的要求，爬坡车道的超高横坡不大于主线的超高横坡。

6.4 右侧硬路肩横坡

6.4.1 根据第 6.3.2 条表 5 的规定，超高路段的爬坡车道横坡值最大不超过 5%，不会导致载重汽车停靠失稳，曲线路段硬路肩的横坡值和方向与相邻爬坡车道相同，有利于施工。

6.4.2 设置爬坡车道路段的硬路肩横坡在超高过渡时随爬坡车道一同过渡，且弯道外侧平坡区段或直线向曲线过渡段的纵向渐变率应控制在 1/330~1/150 之间，即超高渐变段的坡度在 0.3%~0.7% 之间，以满足排水的要求。超高渐变率具体在 1/330~1/150 间如何取值，取决于超高过渡段长度。

6.5 交通安全设施

6.5.1 标志标线

b) 为防止爬坡车道终点汇流的载重汽车连续变换车道进入第一车道，爬坡车道汇流渐变段起点至汇流渐变段终点后 100m 处的第一车道和第二车道车行道分界线设置为白色振动实线。

c) 设置爬坡车道路段第一车道禁止载货汽车驶入，在爬坡车道分流渐变段起点设置禁止载货汽车驶入标志，可与爬坡车道分流渐变段起点的爬坡车道标志同一门架设置；在爬坡车道终点设置“货车禁入结束 前方 300m”告示标志，可与爬坡车道终点的“爬坡车道结束”标志同一门架设置。

附录 A 特定连续上坡路段通行能力计算

A.1 等效纵坡

A.1.1 等效坡度

A.1.1.1 特定连续上坡路段中两个需要限制坡长的纵坡间如果设置的 $i \leq 2\%$ 的纵坡长度较长，载重汽车运行速度能恢复到容许最低速度以上一定速度时，将不纳入特定连续上坡路段等效纵坡计算范围。目前国内外对不纳入特定连续上坡路段等效纵坡计算范围的纵坡和坡长没有界定，本文件采用载重汽车运行速度恢复至容许最低速度后加速 5km/h 的标准，作为确定该纵坡和坡长的依据。

A.1.2 等效坡长

表 A.3 中的 S_0 为载重汽车由初始速度（80km/h）至入坡运行速度 V 在载重汽车爬坡性能曲线图 A.1 中对应的等效坡长。当载重汽车在进入特定连续上坡路段前的入坡运行速度为 V ，即在入坡前载重汽车运行速度已经降低了 $(80-V)$ km/h， S_0 为载重汽车在爬坡性能曲线图 A.1 中对应的等效坡度上行驶的距离。例如，某高速公路特定连续上坡路段的等效坡度为 3%，入坡运行速度为 75km/h，查爬坡性能曲线图 A.1 中等效坡度为 3% 时，载重汽车运行速度由 80km/h 降到 75km/h 对应的行驶距离为 115m，这个长度将成为连续上坡路段等效坡长的起始段。

A.1.3 坡底入坡速度

载重汽车在特定连续上坡路段坡底的入坡速度受前接纵坡平纵面线形条件影响较大，在不同设计速度的高速公路上，载重汽车的入坡运行速度会有差异。特定连续上坡路段入坡运行速度理论上取前接纵坡为平坡的车辆运行速度。如果前接纵坡为上坡，则入坡运行速度可相对于观测值适当提高，如果前接纵坡为下坡，则入坡运行速度可相对于观测值适当降低。

为得到连续上坡路段坡底入坡运行速度，《高速公路爬坡车道设计研究》（2014H14）课题组在 G60 沪昆高速（杭金衢高速）、G15 沈海高速（甬台温高速）、G25 长深高速（杭宁高速）、S26 诸永高速、S33 龙丽高速、G2504 杭州绕城高速西段、G3 京台高速（黄衢南高速）上选取了 15 个观测断面，对载重汽车的入坡速度进行了试验观测。剔除小半径平曲线及前接纵坡度的影响，不同设计速度高速公路的坡底入坡运行速度如表 3 所示。

表 3 坡底入坡运行速度

设计速度(km/h)	120	100	80	60
坡底入坡运行速度 V(km/h)	80	75	70	55

A.3 设计通行能力

A.3.2 车辆折算系数作为特定连续上坡路段通行能力计算的一个重要指标，在我国的《公路路线设计规范》（JTG D20-2017）中还是空白。没有载重汽车的车辆折算系数，实际上无法计算特定连续上坡路段的设计通行能力，不能确定爬坡车道的设置条件。因而，特定连续上坡路段载重汽车的车辆折算系数是《高速公路爬坡车道设计研究》（2014H14）的重要研究内容。本文件大型车、汽车列车的车辆折算系数表 A.6 和表 A.7 来源于课题的研究成果。

在浙江省 S26 诸永高速公路、G15 沈海高速公路（甬台温高速）、S33 龙丽高速公路、G60 沪昆高速公路（杭金衢高速）和 G3 京台高速公路（黄衢南高速）载重汽车车型、功率质量比、运行速度调查的基础上，通过对特定连续上坡路段宏观交通流特性（速度、密度、流量）、微观交通流特性（跟驰行为、变道行为）、道路条件因素（纵坡坡度、坡长、车道数、车道宽度）、交通条件因素（交通组成条件、设计速度及驾驶员总体特征）的分析，运用交通流容量算法和交通流仿真方法，基于 VISSIM 仿真软件，通过微观仿真模型参数的标定，提供了一个特定连续上坡路段的仿真研究环境。选择有代表性的非标准车主导车型东风 EQ1228V19D2 大货车和解放 J7 牵引车 CA4250P77K25T1E5 作为研究对象，提出了主导车型在不同设计速度、不同纵坡、不同交通组成条件下的车辆折算系数。根据 S26 诸永高速公路、G15 沈海高速公路（甬台温高速）、G60 沪昆高速公路（杭金衢高速）等多个路段的调查数据，对特定连续上坡路段的通行能力和车辆折算系数进行了验证和修正，为特定连续上坡路段通行能力计算和服务水平分析提供支持。

一级公路特定连续上坡路段往往位于地形复杂路段，沿线路侧开口和平面交叉少，受村庄和慢行交通影响小，路侧干扰等级取为 1 级，即轻微干扰，路侧干扰修正系数 f_f 取 0.98。