

高等学校试用教材

Daolu Sheji Fanli

道路设计范例

庄海涛 周宪华 陈雅贞 编著

人民交通出版社

(京)新登字091号

内 容 提 要

本书是为配合高等院校公路与城市道路工程、桥梁工程专业的《公路勘测设计》、《路基工程》、《路面工程》及《公路工程》等专业课程而编写的配套教材。全书包括道路路线设计、路基设计和路面设计三部分的设计范例共71个。

本书也可供从事公路、城市道路及林业、厂矿道路工程技术人员学习参考。

高等学校试用教材

道路设计范例

庄海涛 周宪华 陈雅贞 编著

插图设计:王惠如 正文设计:周 圆 责任校对:杨 杰

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街10号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092_{毫米} 印张: 14.5 字数: 356千

1992年12月 第1版

1992年12月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—6850册 定价: 3.75元

ISBN7-114-01357-4

U·00895

目 录

第一篇 道路路线设计

| | |
|---------------------------------|----|
| 第一章 汽车行驶理论 | 1 |
| 第一节 汽车的动力特性 | 1 |
| 例1-1-1 汽车动力特性图的应用 | 1 |
| 例1-1-2 汽车行驶时纵坡最大坡长计算 | 1 |
| 例1-1-3 汽车行驶时纵坡坡度计算之一 | 2 |
| 例1-1-4 汽车行驶时纵坡坡度计算之二 | 2 |
| 第二节 汽车的经济性 | 2 |
| 例1-1-5 汽车行驶燃料消耗计算 | 2 |
| 第三节 汽车的制动性 | 4 |
| 例1-1-6 汽车制动计算 | 4 |
| 第二章 平面设计 | 5 |
| 第一节 圆曲线半径计算 | 5 |
| 例1-2-1 圆曲线最小半径计算之一 | 5 |
| 例1-2-2 圆曲线最小半径计算之二 | 5 |
| 第二节 平曲线的超高加宽设计 | 6 |
| 例1-2-3 平曲线超高计算 | 6 |
| 例1-2-4 平曲线的超高和加宽设计 | 10 |
| 第三节 缓和曲线设计 | 13 |
| 例1-2-5 对称式基本形回旋线设计 | 13 |
| 例1-2-6 非对称式基本形回旋线设计 | 15 |
| 例1-2-7 对称式凸形回旋线设计 | 16 |
| 例1-2-8 非对称式凸形回旋线设计 | 17 |
| 例1-2-9 S形回旋线设计..... | 19 |
| 例1-2-10 卵形回旋线设计 | 21 |
| 例1-2-11 复合形回旋线设计 | 23 |
| 第四节 回头曲线设计 | 24 |
| 例1-2-12 对称式回头曲线设计..... | 24 |
| 例1-2-13 带有缓和曲线的对称式回头曲线设计之一..... | 26 |
| 例1-2-14 带有缓和曲线的对称式回头曲线设计之二..... | 29 |
| 例1-2-15 带有缓和曲线的对称式回头曲线设计之三..... | 32 |
| 例1-2-16 带有缓和曲线的非对称式回头曲线设计..... | 34 |
| 例1-2-17 单向半回头曲线设计..... | 38 |
| 例1-2-18 单向回头曲线设计..... | 40 |

| | |
|--------------------------------|----|
| 第三章 纵断面设计 | 45 |
| 第一节 竖曲线设计 | 43 |
| 例1-3-1 凸形竖曲线设计 | 43 |
| 第二节 竖曲线的最小半径 | 45 |
| 例1-3-2 凹形竖曲线最小半径计算和设计 | 45 |
| 第四章 交叉口设计 | 47 |
| 第一节 平面交叉设计 | 47 |
| 例1-4-1 城市道路平面交叉口设计 | 47 |
| 例1-4-2 平面交叉口的竖向设计 | 49 |
| 第二节 立体交叉设计 | 52 |
| 例1-4-3 公路互通式立体交叉设计 | 53 |
| 第五章 道路平面及纵断面的改建设计 | 68 |
| 例1-5-1 路线平面及纵断面改建设计 | 68 |
| 第六章 小桥涵洞孔径计算 | 75 |
| 第一节 小桥孔径计算 | 76 |
| 例1-6-1 自由流出图式的小桥孔径计算 | 76 |
| 第二节 涵洞孔径计算 | 77 |
| 例1-6-2 无压力式涵洞孔径计算 | 77 |
| 例1-6-3 半压力式涵洞孔径计算 | 78 |
| 例1-6-4 压力式涵洞孔径计算 | 79 |

第二篇 路基设计

| | |
|-------------------------------|----|
| 第一章 路基排水设计 | 81 |
| 第一节 地面排水沟渠计算 | 81 |
| 例2-1-1 新建沟渠之一 | 81 |
| 例2-1-2 新建沟渠之二 | 82 |
| 例2-1-3 沟渠改建 | 83 |
| 第二节 地面特殊排水沟槽计算 | 84 |
| 例2-1-4 跌水 | 84 |
| 例2-1-5 急流槽 | 86 |
| 例2-1-6 倒虹吸 | 88 |
| 第三节 地下排水渗沟计算 | 89 |
| 例2-1-7 洞式渗沟 | 89 |
| 例2-1-8 管式渗沟 | 90 |
| 第二章 路基稳定性设计 | 91 |
| 第一节 路堤边坡稳定性计算 | 91 |
| 例2-2-1 圆弧条分法 | 91 |
| 例2-2-2 数解法 | 93 |
| 例2-2-3 表解法 | 96 |
| 第二节 软弱地基上路基稳定性计算 | 97 |

| | |
|-------------------------|------------|
| 例2-2-4 反压护道 | 97 |
| 例2-2-5 沉降计算 | 104 |
| 第三节 特定条件下的路基稳定性计算 | 107 |
| 例2-2-6 浸水路堤 | 107 |
| 例2-2-7 陡坡路堤 | 109 |
| 例2-2-8 岩石边坡 | 112 |
| 第三章 挡土墙设计 | 114 |
| 第一节 石砌重力式路堤墙设计 | 116 |
| 例2-3-1 仰式墙 | 116 |
| 例2-3-2 俯式墙 | 122 |
| 第二节 石砌重力式路肩墙设计 | 126 |
| 例2-3-3 衡重式墙 | 126 |
| 第三节 石砌重力式路堑墙设计 | 132 |
| 例2-3-4 仰式墙 | 132 |
| 例2-3-5 衡重式墙 | 136 |
| 第四节 钢筋混凝土轻型挡墙设计 | 143 |
| 例2-3-6 悬臂式路堑墙 | 143 |
| 例2-3-7 扶壁式路堑墙 | 156 |
| 第五节 其他挡墙设计 | 171 |
| 例2-3-8 加筋土挡墙 | 171 |

第三篇 路面设计

| | |
|----------------------------------|------------|
| 第一章 级配混合料面层、稳定类基层设计 | 177 |
| 第一节 级配混合料面层 | 177 |
| 例3-1-1 级配砾石路面设计 | 177 |
| 第二节 稳定类基层 | 179 |
| 例3-1-2 石灰土基层设计 | 179 |
| 例3-1-3 水泥稳定土基层设计 | 179 |
| 例3-1-4 工业废渣基层设计 | 180 |
| 第二章 老路面补强设计 | 181 |
| 第一节 砂石路面改建为沥青路面 | 181 |
| 例3-2-1 砂石路面改建为沥青表处层设计 | 181 |
| 第二节 沥青路面补强设计 | 184 |
| 例3-2-2 沥青路面的补强 | 184 |
| 第三章 新建公路柔性路面设计 | 187 |
| 第一节 三级公路铺设次高级路面的结构设计与计算 | 187 |
| 例3-3-1 次高级路面结构设计与计算 | 187 |
| 第二节 一级公路路面设计 | 189 |
| 例3-3-2 高级路面结构设计与计算 | 189 |
| 第三节 高速公路的柔性路面设计 | 200 |

| | |
|--------------------------------------|------------|
| 例3-3-3 高速公路的柔性路面设计 | 200 |
| 第四章 公路水泥混凝土路面设计 | 206 |
| 第一节 新建公路水泥混凝土路面设计 | 206 |
| 例3-4-1 新建公路水泥混凝土路面设计 | 206 |
| 第二节 在原有柔性路面上加铺水泥混凝土路面设计 | 208 |
| 例3-4-2 加铺水泥混凝土路面设计 | 208 |
| 第五章 城市道路路面设计 | 210 |
| 第一节 水泥混凝土路面设计 | 210 |
| 例3-5-1 城市水泥混凝土路面结构层设计 | 210 |
| 第二节 新建主干道柔性路面设计 | 216 |
| 例3-5-2 城市主干道柔性路面设计 | 216 |
| 主要参考文献 | 224 |

第一篇 道路路线设计

第一章 汽车行驶理论

第一节 汽车的动力特性

例1-1-1 汽车动力特性图的应用

解放牌 CA10B 型汽车在碎石路面上行驶，路段的纵坡为 6%，如汽车最初以 II 档 $V = 15\text{km/h}$ 的速度行驶，则牵引力还有剩余，可增加一定速度。试计算可能增加多大的加速度？

解 碎石路面的滚动阻力系数 f 取 0.05，则道路阻力系数：

$$\psi = f + i = 0.05 + 0.06 = 0.11$$

查解放牌 CA10B 型汽车的动力特性图（图 1-1-1）， $V = 15\text{km/h}$ 时，II 档的动力因数 $D = 0.16$ 。

$$\text{因 } D = \psi + \frac{\delta}{g} \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$\frac{\delta}{g} \cdot \frac{dv}{dt} = D - \psi = 0.16 - 0.11 = 0.05$$

$$\text{故 } \frac{dv}{dt} = 0.05 \times \frac{g}{\delta}$$

而汽车旋转部分影响系数 $\delta = 1 + \delta_1 + \delta_2 i_k^2$ ，式中汽车车轮惯性影响系数 δ_1 ，对于解放牌 CA10B 型载重汽车取 0.032；汽车发动机飞轮惯性影响系数 δ_2 ，对于载重汽车取 0.05，变速箱的变速比 i_k ，II 档时取 3.32，则

$$\delta = 1 + 0.032 + 0.05 \times 3.32^2 = 1.583$$

$$g = 9.81\text{m/s}^2$$

$$\text{故 } \frac{dv}{dt} = 0.05 \times \frac{9.81}{1.583} = 0.31(\text{m/s}^2)$$

故该车可能增加加速度为 0.31m/s^2 。

例1-1-2 汽车行驶时纵坡最大坡长计算

一辆满载的解放牌 CA10B 型汽车在二级公路沥青混凝土路面上，以 60km/h 的速度上坡行驶，用 IV 档驶入 $i = +6\%$ 的坡度。如要求全开油门而不换挡驶完这坡段，则此坡段最大坡长是多少？

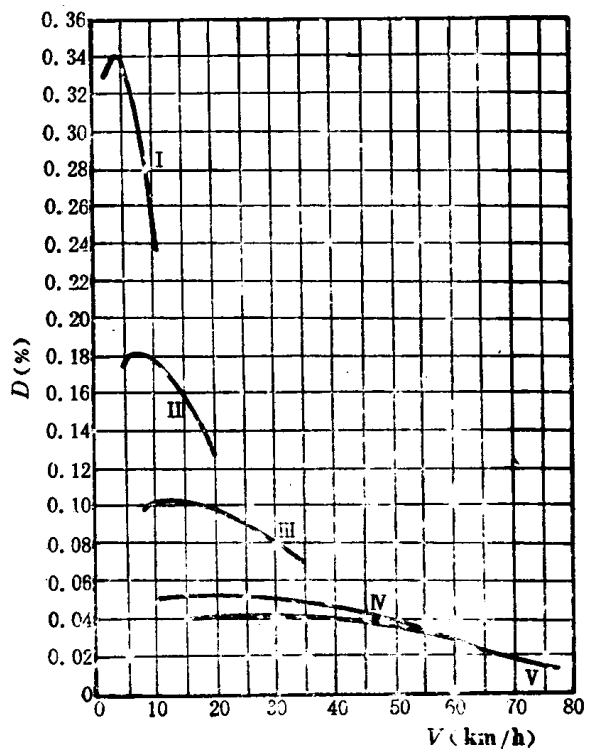


图 1-1-1 解放牌 CA10B 型汽车动力特性图

解 查解放牌 CA10B 型汽车的动力特性图, 汽车用 IV 档行驶, $V_1 = 60 \text{ km/h}$ 时, $D_{60} = 0.032$ 。

汽车以 IV 档行驶的临界速度 $V_k = 30 \text{ km/h}$ 时, $D_{\max} = 0.05$ 。

汽车变速比, 当用 IV 档时, $i_k = 1.0$; 系数 δ_1 取 0.032; 系数 δ_2 取 0.05, 则汽车旋转部分影响系数

$$\delta = 1 + \delta_1 + \delta_2 i_k^2 = 1 + 0.032 + 0.05 \times 1.0^2 = 1.082$$

沥青混凝土路面的滚动阻力系数 $f = 0.02$;

坡段的最大长度为:

$$\begin{aligned} S_c &= \frac{\delta(V_k^2 - V_1^2)}{254 \left(\frac{D_{60} + D_{\max}}{2} - f - i \right)} \\ &= \frac{1.082(30^2 - 60^2)}{254 \left(\frac{0.032 + 0.05}{2} - 0.02 - 0.06 \right)} = 295 \text{ (m)} \end{aligned}$$

例1-1-3 汽车行驶时纵坡坡度计算之一

例1-1-2中所述的汽车, 若要求行驶速度稍为降低, 驶出坡段的速度 $V_2 = 40 \text{ km/h}$ 。已知坡段长度为 295m, 则该坡段的坡度为多大?

解 查解放牌 CA10B 型汽车的动力特性图:

$$V_1 = 60 \text{ km/h}, \quad D_{60} = 0.032,$$

$$V_2 = 40 \text{ km/h}, \quad D_{40} = 0.047;$$

$$\text{已知:} \quad \delta = 1.082, \quad S_c = 295 \text{ m};$$

则

$$\begin{aligned} i &= \frac{D_{60} + D_{40}}{2} - f - \frac{\delta(V_2^2 - V_1^2)}{254 S_c} \\ &= \frac{0.032 + 0.047}{2} - 0.02 - \frac{1.082(40^2 - 60^2)}{254 \times 295} \\ &= 0.0395 - 0.02 + 0.0289 = 0.0484 \end{aligned}$$

此坡段的坡度为 4.84%。

例1-1-4 汽车行驶时纵坡坡度计算之二

解放牌 CA10B 型汽车以 35 km/h 的速度用 III 档在沥青碎石路面上等速行驶, 试求该车可以爬升多大的坡度?

解 沥青碎石路面的滚动阻力系数 $f = 0.02$;

查解放牌 CA10B 型汽车的动力特性图:

$$\text{III 档} \quad V = 35 \text{ km/h 时}, \quad D_{35} = 0.07;$$

$$\text{则} \quad i = D_{35} - f = 0.07 - 0.02 = 0.05$$

该车可爬升 5.0% 的纵坡。

第二节 汽车的经济性

例1-1-5 汽车行驶燃料消耗计算

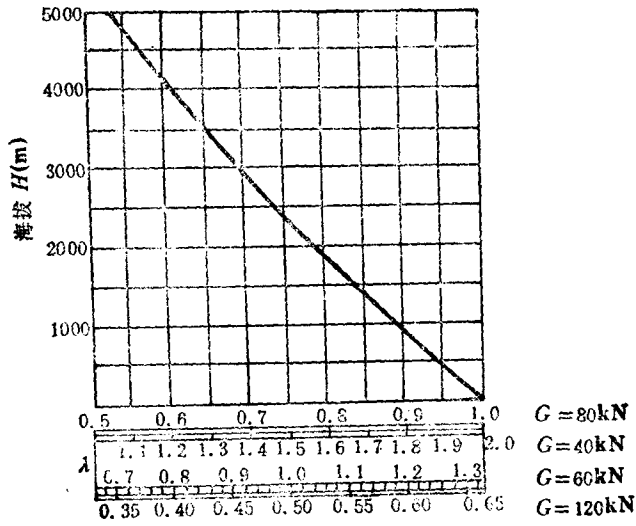


图1-1-2 解放牌CA10B型汽车海拔荷载系数图

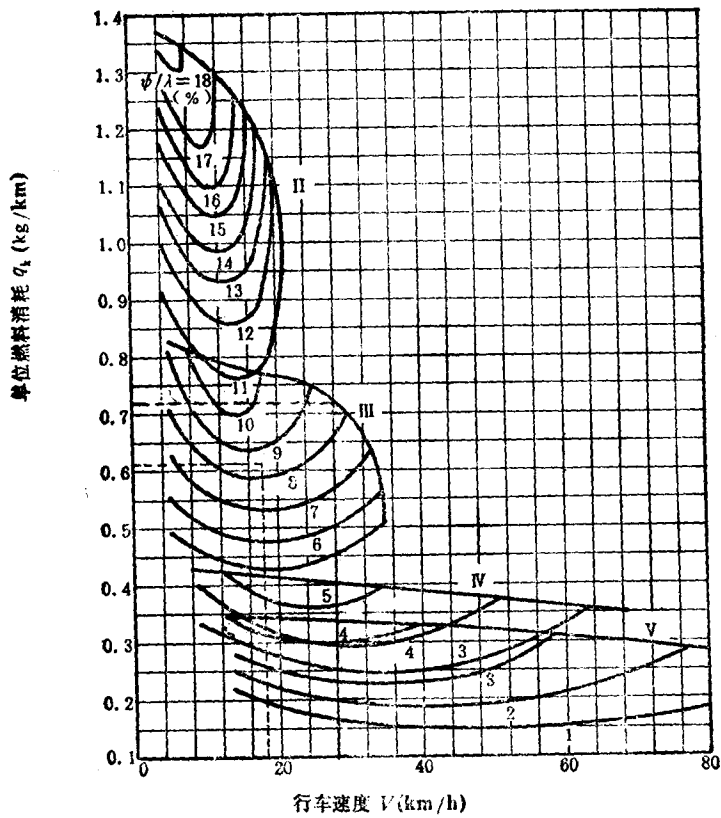


图1-1-3 解放牌CA10B型汽车经济特性图

一辆满载的解放牌CA10B型汽车，挂III档在平均海拔 $H = 1500\text{m}$ 的路段上行驶，该路段长度为 2km ，平均纵坡 $i_m = 5.0\%$ ，路面为表面平整的沥青碎石路面。试求该车以最高平均速度 $V_a = 28\text{km/h}$ 和经济速度 $V_E = 18\text{km/h}$ 行驶时各需耗用多少汽油？

解 查解放牌CA10B型汽车的海拔荷载系数图（图1-1-2）， $G = 80\text{kN}$ ，海拔荷载系数 $\lambda = 0.83$ 。表面平整的沥青碎石路面 $f = 0.02$ ，

$$\psi = f + i_m = 0.02 + 0.05 = 0.07$$

$$\frac{\psi}{\lambda} = \frac{0.07}{0.83} = 0.084$$

查解放牌CA10B型汽车经济特性图（图1-1-3）得：最高平均速度 $V_a = 28\text{km/h}$ 时，单位燃料消耗 $q_k = 0.72\text{kg/km}$ ；经济速度 $V_E = 18\text{km/h}$ 时，单位燃料消耗 $q'_k = 0.61\text{kg/km}$ 。

以最高平均速度行驶时共耗用汽油：

$$Q = L \cdot q_k = 2.0 \times 0.72 = 1.44(\text{kg})$$

以经济速度行驶时共耗用汽油：

$$Q' = L \cdot q'_k = 2.0 \times 0.61 = 1.22(\text{kg})$$

第三节 汽车的制动性

例1-1-5 汽车制动计算

一辆满载($G_T = 80\text{kN}$)和一辆半载($G = 60\text{kN}$)的解放牌CA10B型汽车，在铺有沥青路面的坡段上挂III档下坡行驶，该坡段的纵坡为 -5.5% ，要求汽车行驶速度控制在 35km/h ，试求：(1)满载汽车和半载汽车的制动系数；(2)汽车挂档滑行时满载汽车和半载汽车的速度。

解 (1) 沥青路面的滚动阻力系数 $f = 0.02$

$$\psi = f + i = 0.02 - 0.055 = -0.035$$

由解放牌CA10B型汽车发动机制动系数 β_E 图（图1-1-4）查得，满载汽车挂III档和 $V = 35\text{km/h}$ 时， $\beta_E = -2.8\%$ 。

满载汽车的制动系数：

$$\beta_1 = \psi - \beta_E = -0.035 - (-0.028) = -0.007$$

负号表明该车需要间歇地制动施加制动力。

半载汽车的制动系数：

$$\begin{aligned} \beta_2 &= \psi - \frac{G_T}{G} \beta_E \\ &= -0.035 - \frac{80}{60} \times (-0.028) = +0.0023 \end{aligned}$$

正号表明该车需要间歇地踏开离合器使汽车作一些自由滑行以加速。再合起离合器，汽车作挂档滑行以减速。

(2) 汽车挂档滑行以等速前进，即 $\beta = 0$ ，

$$\text{则} \quad \psi - \frac{G_T}{G} \beta_E = 0$$

$$\beta_E = \psi \frac{G}{G_T}$$

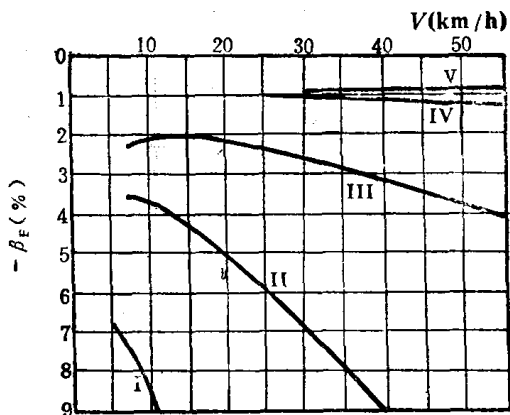


图1-1-4 解放牌CA10B型汽车发动机的制动系数 β_E 图

满载汽车: $\beta_E = \frac{80}{80} \times (-0.035) = -0.035$, 查图1-1-4得 $V = 43.0\text{km/h}$ 。

半载汽车: $\beta_E = \frac{60}{80} \times (-0.035) = -0.026$, 查图1-1-4得 $V = 28.0\text{km/h}$ 。

第二章 平面设计

第一节 圆曲线半径计算

一般要求

圆曲线的最小半径是根据汽车在曲线上行驶时产生的横向力极限值不超过横向摩阻力并使乘客感觉良好的要求而推算的。

汽车在曲线上行驶时,除了需要保证抗滑稳定性外,还应考虑行车平稳和乘客的心理影响。从行车平稳和乘客舒适角度出发,横向力系数最好不大于0.1,在条件不容许时,最大不应超过0.15。

选用圆曲线半径时,在一般情况下,应尽量采用大于或等于规定的一般最小半径,以提高道路使用质量。当受地形或其他条件限制时,方可采用规定的极限最小半径。

例1-2-1 圆曲线最小半径计算之一

某平原区二级汽车专用公路,其计算行车速度为 80km/h ,路面横坡度 $i = 2\%$,最大超高横坡度 $i_{\text{超}} = 8\%$ 。试求该路线圆曲线的极限最小半径、一般最小半径及不设超高的最小半径。

解 在计算圆曲线的极限最小半径时,横向力系数 μ 取0.15,路面横坡度 i 取最大超高横坡度 $i_{\text{超}} = 8\%$,则圆曲线的极限最小半径为:

$$R = \frac{V^2}{127(\mu + i_{\text{超}})} = \frac{80^2}{127(0.15 + 0.08)} = 219 \text{ (m)}$$

在计算圆曲线的一般最小半径时,横向力系数 μ 取大于或等于0.10,路面横坡度 i 取略小于容许的最大超高横坡度 $i'_{\text{超}} = 6\%$,则圆曲线的一般最小半径为:

$$R = \frac{80^2}{127(0.10 + 0.06)} = 315 \text{ (m)}$$

在确定不设超高的最小半径时,假定汽车在路面有薄冰的外侧车道上行驶,此时 μ 值取0.04, i 值取路面横坡度 2% ,则圆曲线不设超高的最小半径为:

$$R_{\text{外}} = \frac{V^2}{127(\mu - i)} = \frac{80^2}{127(0.04 - 0.02)} = 2520 \text{ (m)}$$

例1-2-2 圆曲线最小半径计算之二

在山岭有积雪地区的二级公路上,汽车的计算行车速度为 40km/h ,该路线某曲线设超高 $i_{\text{超}} = 6\%$,试求该圆曲线的一般最小半径。

解 在计算该曲线的一般最小半径时,假设汽车在积雪潮湿的路面上行驶, μ 值取0.10,超高横坡度 $i_{\text{超}} = 6\%$ 。则该曲线的一般最小半径为:

$$R = \frac{V^2}{127(\mu + i_{\text{超}})} = \frac{40^2}{127(0.10 + 0.06)} = 79 \quad (\text{m})$$

第二节 平曲线的超高加宽设计

一般要求

当平曲线半径小于规定的不设超高的最小半径时，应在曲线上设置超高。

超高横坡度按计算行车速度、曲线半径大小、路面类型、自然条件等因素确定。高速公路和一级公路的超高横坡度不应超过10%，其它各级公路不超过8%。城市道路的最大超高横坡度按计算行车速度确定：计算行车速度为80km/h时不超过6%；计算行车速度为50~60km/h时不超过4%；计算行车速度为20~40km/h时不超过2%。

当超高横坡度的计算值小于路拱坡度时设置等于路拱坡度的超高。

超高的过渡方式应根据地形状况、车道数、中间带宽度、超高横坡度、便于排水、路容美观等因素决定，通常采用的方式为：(1)绕路中线旋转；(2)绕内边缘旋转。

平曲线半径等于或小于250m时，曲线内侧的路面应根据曲线半径、交通组成等情况设置相应的加宽。各级公路双车道路面的加宽值为0.4~2.5m，单车道路面的加宽值为双车道加宽值之半。城市道路根据曲线半径、车辆类型确定每条车道的加宽值，每条车道的加宽值为0.28~3.50m。

平曲线设置回旋线或超高缓和段时，加宽缓和段长度采用与回旋线或超高缓和段长度相同的值；不设回旋线或超高缓和段时，加宽缓和段长度应按渐变率1:15且长度不小于10m的要求设置。

超高和加宽一般应从缓和曲线起点开始设置。

例1-2-3 平曲线超高计算

在微丘区的三级公路某曲线上，曲线半径 $R = 150\text{m}$ ，曲线起点(ZY)位于桩号 $K12 + 020$ 处，路面宽度 $b = 7.0\text{m}$ ，路基宽度 $B = 8.5\text{m}$ ，路拱坡度 $i_1 = 2\%$ ，路肩坡度 $i_2 = 3\%$ 。试计算该曲线的超高。

解 1. 计算超高横坡度

微丘区三级公路的计算行车速度 $V = 60\text{km/h}$ ，横向力系数 μ 取0.1，则

$$i_{\text{超}} = \frac{V^2}{127R} - \mu = \frac{60^2}{127 \times 150} - 0.1 = 0.089$$

按《公路工程技术标准 (JTJ01—88)》规定，三级公路超高横坡度不应超过8%，故取用 $i_{\text{超}} = 8\%$ 。

2. 计算超高缓和长度

1) 绕边缘旋转法

双车道公路的超高缓和段长度为：

$$L_c = \frac{B \Delta i}{P} = \frac{7.0 \times (0.08 - 0.02)}{\frac{1}{125}} = 52.5 \quad (\text{m})$$

按《公路路线设计规范 (JTJ011—84)》规定，超高缓和段可采用与回旋线相同的值，

故 $L_c = 50\text{m}$ 。超高缓和段起点桩号为 $K11+970$ 。

2) 绕中线旋转法

$$L_c = \frac{B\Delta_i}{p} = \frac{3.5 \times (0.08 - 0.02)}{\frac{1}{175}} = 36.75 \quad (\text{m})$$

按规范规定, $L_c = 50\text{m}$, 则超高缓和段起点桩号为 $K11+970$ 。

3. 超高缓和段内断面特征点的超高计算

1) 绕边缘旋转法

$K12+020$ 断面——

外侧路面边缘与设计标高相比的抬高值:

$$\begin{aligned} H &= ai_3 + bi_{\text{超}} \\ &= 0.75 \times 0.03 + 7 \times 0.08 = 0.58 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

外侧路肩边缘与设计标高相比的抬高值:

$$\begin{aligned} h_2 &= ai_3 + (a+b)i_{\text{超}} \\ &= 0.75 \times 0.03 + (0.75+7)0.08 = 0.64 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

路中线与设计标高相比的抬高值:

$$h_3 = ai_3 + \frac{b}{2} \times i_{\text{超}} = 0.75 \times 0.03 + \frac{7}{2} \times 0.08 = 0.30 \quad (\text{m})$$

路基内缘与设计标高相比的降低值:

三级公路双车道路面加宽值规定为 $B_j = 1.0$, 则

$$h_4 = ai_3 - (a+B_j)i_{\text{超}} = 0.75 \times 0.03 - (0.75+1.0)0.08 = -0.12 \quad (\text{m})$$

在超高缓和段之前, 路肩坡度 i_3 变为 i_1 时的抬高值 (即桩号 $K11+970$ 断面外侧路肩边缘的抬高值):

$$\begin{aligned} h_1 &= a(i_3 - i_1) \\ &= 0.75(0.03 - 0.02) = 0.0075 \approx 0.01 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

由 i_3 变为 i_1 所需的距离:

$$l_1 = \frac{h_1 L_c}{h_2} = \frac{0.01 \times 50}{0.64} = 0.78 \quad (\text{m})$$

取用 $l_1 = 1\text{m}$ 。

$K12+005$ 断面——

由双坡断面变为斜坡 i_1 单坡断面所需的距离:

$$l_2 = \frac{i_1}{i_{\text{超}}} \times L_c = \frac{0.02}{0.08} \times 50 = 12.5 \quad (\text{m})$$

在超高缓和段内任意一断面 $K12+005$ 距起点 $K11+970$ 的距离 $x = 35\text{m}$ 。

故 $x > l_2$

路肩外侧边缘抬高值:

$$\begin{aligned} h_{2x} &= a(i_3 - i_1) + [ai_1 + (a+b)i_{\text{超}}] \frac{x}{L_c} \\ &= 0.75(0.03 - 0.02) + [0.75 \times 0.02 + (0.75+7)0.08] \frac{35}{50} = 0.45 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

路中线抬高值:

$$\begin{aligned}h_{3x} &= ai_3 + \frac{b}{2} \times \frac{x}{L_c} \times i_{\text{超}} \\ &= 0.75 \times 0.03 + \frac{7}{2} \times \frac{35}{50} \times 0.08 \\ &= 0.22 \quad (\text{m})\end{aligned}$$

路基内缘降低值:

$$\therefore B_x = \frac{x}{L_c} \times B_j = \frac{35}{50} \times 1.0 = 0.7 \quad (\text{m})$$

$$\begin{aligned}\therefore h_{4x} &= ai_3 - (a + B_x) \frac{x}{L_c} \times i_{\text{超}} \\ &= 0.75 \times 0.03 - (0.75 + 0.7) \frac{35}{50} \times 0.08 = -0.06 \quad (\text{m})\end{aligned}$$

K11+980断面——

$x = 10\text{m}$

路肩外缘抬高值:

$$\begin{aligned}h_{2x} &= a(i_3 - i_1) + [ai_1 + (a + b)i_{\text{超}}] \frac{x}{L_c} \\ &= 0.75(0.03 - 0.02) + [0.75 \times 0.02 + (0.75 + 7)0.08] \frac{10}{50} = 0.13 \quad (\text{m})\end{aligned}$$

路中线抬高值:

$$\begin{aligned}h_{3x} &= ai_3 + \frac{b}{2} \times i_1 \\ &= 0.75 \times 0.03 + \frac{7}{2} \times 0.02 = 0.09 \quad (\text{m})\end{aligned}$$

路基内缘降低值

$$\therefore B_x = \frac{x}{L_c} \times B_j = \frac{10}{50} \times 1.0 = 0.2 \quad (\text{m})$$

$$\begin{aligned}\therefore h_{4x} &= ai_3 - (a + B_x)i_1 \\ &= 0.75 \times 0.03 - (0.75 + 0.2) \times 0.02 = 0.0035 \approx 0.01 \quad (\text{m})\end{aligned}$$

2) 绕中轴旋转法

K12+020断面——

外侧路面边缘抬高值:

$$H = ai_3 + \frac{b}{2}(i_{\text{超}} + i_1) = 0.75 \times 0.03 + \frac{7}{2}(0.08 + 0.02) = 0.37 \quad (\text{m})$$

外侧路肩边缘抬高值:

$$h_2 = a(i_3 - i_1) + \left(a + \frac{b}{2}\right)(i_{\text{超}} + i_1)$$

$$= 0.75(0.03 - 0.02) + \left(0.75 + \frac{7}{2}\right)(0.08 + 0.02)$$

$$= 0.43 \quad (\text{m})$$

路基内缘降低值:

$$h_4 = ai_3 + \frac{b}{2} \times i_1 - \left(a + \frac{b}{2} + B_1\right) i_{\text{超}}$$

$$= 0.75 \times 0.03 + \frac{7}{2} \times 0.02 - \left(0.75 + \frac{7}{2} + 1.0\right) 0.08 = -0.33 \quad (\text{m})$$

在超高缓和段之前, 路肩由横坡 i_3 变为 i_1 时抬高值 (即 K11+970 断面外侧路肩边缘的抬高值):

$$h_1 = a(i_3 - i_1) = 0.75 \times (0.03 - 0.02) = 0.0075 \approx 0.01 \quad (\text{m})$$

由 i_3 变为 i_1 所需的距离

$$l_1 = \frac{h_1 L_c}{h_2} = \frac{0.0075 \times 50}{0.43} = 0.87 \quad (\text{m})$$

K12+005 断面——

由双坡断面变为斜坡 i_1 的单坡断面所需的距离

$$l_2 = \frac{2i_1}{i_{\text{超}} + i_1} \times L_c = \frac{2 \times 0.02}{0.08 + 0.02} \times 50 = 20 \quad (\text{m})$$

因 $x = 35\text{m}$ 故 $x > l_2$ 。

路肩外侧边缘抬高值:

$$h_{2x} = a(i_3 - i_1) + \left(a + \frac{b}{2}\right)(i_{\text{超}} + i_1) \frac{x}{L_c}$$

$$= 0.75(0.03 - 0.02) + \left(0.75 + \frac{7}{2}\right)(0.08 + 0.02) \frac{35}{50} = 0.31 \quad (\text{m})$$

路中线抬高值:

$$h_{3x} = ai_3 + \frac{b}{2} \times i_1 = 0.75 \times 0.03 + \frac{7}{2} \times 0.02 = 0.1 \quad (\text{m})$$

路基内侧边缘降低值:

$$h_{4x} = ai_3 + \frac{b}{2} \times i_1 - \left(a + \frac{b}{2} + B_x\right) \frac{x}{L_c} \times i_{\text{超}}$$

$$\therefore B_x = \frac{x}{L_c} \times B_1 = \frac{35}{50} \times 1.0 = 0.7 \quad (\text{m})$$

$$\therefore h_{4x} = 0.75 \times 0.03 + \frac{7}{2} \times 0.02 - \left(0.75 + \frac{7}{2} + 0.7\right) \frac{35}{50} \times 0.08$$

$$= -0.18 \quad (\text{m})$$

K11+980 断面——

$x = 10\text{m}$

路肩外侧边缘抬高值:

$$\begin{aligned}h_{2x} &= a(i_3 - i_1) + \left(a + \frac{b}{2}\right)(i_{\text{超}} + i_1) \frac{x}{L_c} \\ &= 0.75(0.03 - 0.02) + \left(0.75 + \frac{7}{2}\right)(0.08 + 0.02) \frac{10}{50} = 0.09 \quad (\text{m})\end{aligned}$$

路中线抬高值:

$$\begin{aligned}h_{3x} &= ai_3 + \frac{b}{2} \times i_1 \\ &= 0.75 \times 0.03 + \frac{7}{2} \times 0.02 = 0.06 \quad (\text{m})\end{aligned}$$

路基内侧边缘降低值:

$$\begin{aligned}\because B_x &= \frac{x}{L_c} \times B_j = \frac{10}{50} \times 1.0 = 0.2 \quad (\text{m}) \\ \therefore h_{4x} &= ai_3 + \frac{b}{2} \times i_1 - \left(a + \frac{b}{2} + B_x\right) \frac{x}{L_c} \times i_{\text{超}} \\ &= 0.75 \times 0.03 + \frac{7}{2} \times 0.02 - \left(0.75 + \frac{7}{2} + 0.2\right) \frac{10}{50} \times 0.08 = 0.02 \quad (\text{m})\end{aligned}$$

例1-2-4 平曲线的超高和加宽设计

在微丘区三级公路上某平曲线转角 $\alpha_y = 45^\circ 20' 00''$, 转角点在桩号 $K60 + 450.00$ 处, 圆曲线半径 $R = 180\text{m}$, 路拱坡度 $i_1 = 2\%$, 土路肩横坡度 $i_3 = 4\%$ 。试设计该曲线的超高和加宽。

解 微丘区三级公路的计算行车速度 $V = 60\text{km/h}$, 路基宽度 $B = 8.5\text{m}$, 路面宽度 $b = 7\text{m}$, 拟采用绕中轴旋转法设置超高。

1. 确定超高横坡度、路面加宽值及超高缓和段长度

1) 计算超高横坡度

设横向力系数 $\mu = 0.1$, 则

$$\begin{aligned}i_{\text{超}} &= \frac{V^2}{127R} - \mu \\ &= \frac{60^2}{127 \times 170} - 0.1 = 0.0667 \quad \text{采用 } i_{\text{超}} = 0.07\end{aligned}$$

2) 计算路面加宽值

设汽车后轮轴到缓冲器的距离 $L_0 = 5\text{m}$, 则路面加宽值

$$\begin{aligned}B_j &= \frac{L_0^2}{R} + \frac{0.1V}{\sqrt{R}} \\ &= \frac{5^2}{170} + \frac{0.1 \times 60}{\sqrt{170}} = 0.61 \quad (\text{m}) \quad \text{采用 } B_j = 0.6\text{m}\end{aligned}$$

按《公路路线设计规范(JTJ011-84)》规定, 路面加宽后, 三级公路土路肩宽度应不小于 0.75m , 故在此曲线段路基内侧亦应加宽 0.6m , 使路肩仍保持 0.75m 宽度。