

第二章 CHAPTER TWO

平面设计

学习目标

通过本章学习,应了解行车视距的种类;熟悉公路直线、圆曲线以及缓和曲线设计的相关标准和规范;熟悉公路平面线形的组成和平面设计成果;能合理选用圆曲线半径;能进行中桩坐标的计算;能编制《直线、曲线及转角一览表》。

公路是三维空间的带状实体,该实体表面的中心线为中线,如图 2-1 所示。路线是指公路中线的空间位置,路线在水平面上的投影称为路线的平面,如图 2-2 所示。沿公路中线竖直剖切再行展开则是路线的纵断面。中线上任一点的法向切面是公路在该点的横断面。



1. 平面、纵断面、横断面的定义

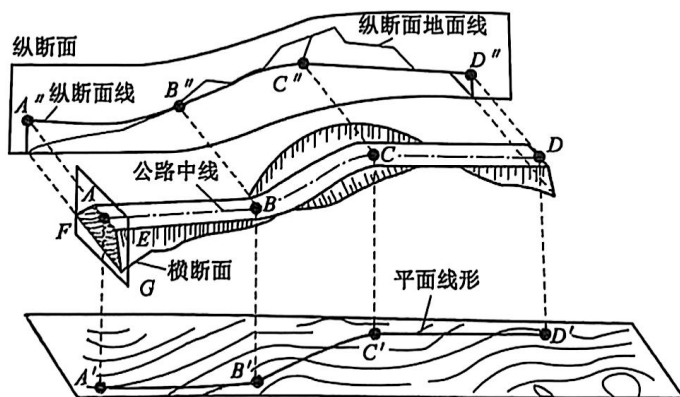


图 2-1 公路平面、纵断面和横断面示意图

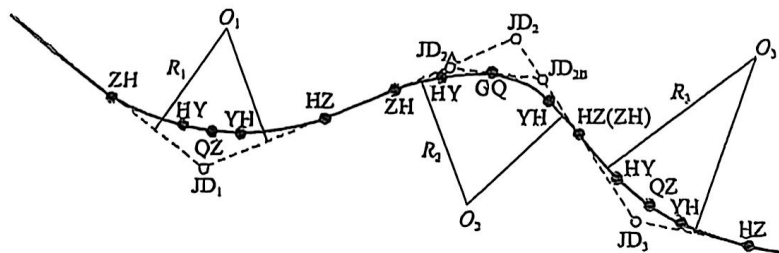


图 2-2 路线的平面

三、直线设计要点

1. 适宜采用直线的路段

- (1) 路线不受地形、地物限制的平原区或山间的开阔谷地。
- (2) 市镇及其近郊或规划方正的农耕区等以直线为主体的地区。
- (3) 为缩短构造物长度以便于施工的长大桥梁、隧道路线。
- (4) 为争取较好的行车和通视条件的平面交叉前后。
- (5) 双车道公路在适当间隔内设置一定长度的直线,以提供较好条件的超车路段。

2. 运用直线线形应注意的问题

(1) 采用直线时,应特别注意它同地形的关系。在运用直线线形并决定其长度时,必须持谨慎态度,并不宜采用长直线。

(2) 长直线或长下坡尽头的平曲线,除曲线半径、超高、视距等必须符合规定要求外,还必须采取设置安全标志、增加路面抗滑能力等措施。

(3) 在长直线上纵坡不宜过大,因为长直线加上陡坡,下坡时很容易超速行车导致行车安全问题。

(4) 长直线宜与大半径凹形竖曲线组合,这样可以使生硬呆板的直线得到一些缓和或改善。

(5) 道路两侧地形过于空旷时,宜采取种植不同树种或设置一些建筑物、雕塑、广告牌等措施,以改善单调的景观。

(6) 关于“长直线”的量化问题。我国目前尚无统一的规定,已建成的京津塘和济青高速公路的直线长度不超过3200m,沈大高速公路多处出现5~8km的长直线,最长为13km,从运营效果看,也未导致严重的交通安全问题。在实际工程中,设计者可根据地形、地物、自然景观以及经验等决定直线的最大长度,并对直线路段采用运行速度进行检查,以确保直线段与相邻曲线段线形设计的连续性。

(7) 直线长度也不宜过短,特别是同向圆曲线间的直线长度,要符合规范规定。

必须强调的是,无论是高速公路还是其他等级公路,在任何情况下都要避免追求长直线。

第二节 圆曲线

圆曲线是公路平面设计中最常用的线形之一。各级公路不论转角大小,在转折处均应设置平曲线,而圆曲线是平曲线的主要组成部分。圆曲线具有易与地形相适应、线形美观、易于测设等优点,使用十分广泛。

一、圆曲线的几何要素

圆曲线的几何要素如图2-5所示。

$$\begin{aligned}
 \text{切线长} \quad T &= R \tan \frac{\alpha}{2} \\
 \text{曲线长} \quad L &= \frac{\pi}{180} \alpha R \\
 \text{外距} \quad E &= R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right) \\
 \text{切曲差} \quad J &= 2T - L
 \end{aligned}$$

式中: T ——切线长, m;

L ——曲线长, m;

E ——外距, m;

J ——切曲差(或校正值), m;

R ——圆曲线半径, m;

α ——转角, ($^{\circ}$)。

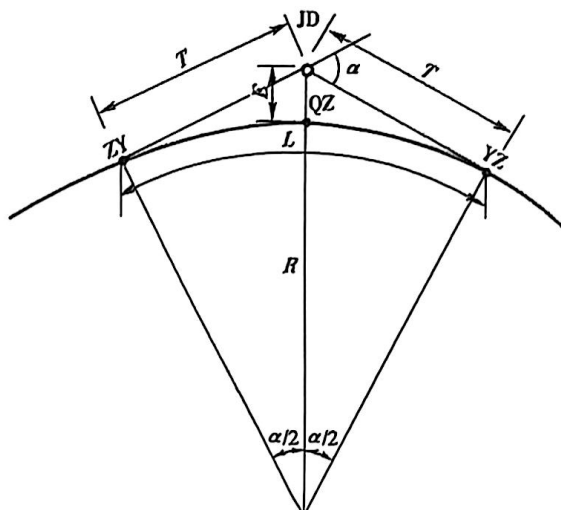


图 2-5 圆曲线的几何要素

二、圆曲线半径的计算公式与影响因素

行驶在曲线上的汽车由于受离心力作用,其稳定性受到影响,而离心力的大小又与圆曲线半径密切相关,半径越小对行车稳定性越不利,所以在选择圆曲线半径时,应尽可能采用较大的值,只有在地形或其他条件受到限制时,才可使用较小的圆曲线半径。为了行车的安全与舒适,《标准》规定了圆曲线半径在不同情况下的最小值。

根据汽车行驶在曲线上力的平衡方程式得到:

$$R = \frac{v^2}{127(\mu \pm i_b)} \quad (2-1)$$

式中: R ——圆曲线半径, m;

v ——行车速度, km/h;

μ ——横向力系数;

i_b ——超高横坡度, %, 设超高时公式采用“+”, 不设超高时公式采用“-”。

在指定行车车速 v 下, 最小圆曲线半径取定于容许的最大横向力系数 μ_{\max} 和该曲线的最大超高 $i_{b, \max}$ 。

1. 横向力系数

横向力系数 μ 可近似为单位车重上受到的横向力。横向力的存在会对行车产生不利影响, 而且 μ 越大, 对行车越不利, 主要表现在以下几个方面。

(1) 影响行车安全。汽车在圆曲线上行驶的基本前提是轮胎在路面上不发生滑移, 这就要求横向力系数 μ 小于轮胎与路面之间的横向摩擦系数 f :

$$\mu \leq f \quad (2-2)$$

f 与车速、路面、轮胎等有关。一般在干燥路面上, f 为 0.4 ~ 0.8; 在潮湿的沥青路面上, 汽车高速行驶时, f 降到 0.25 ~ 0.40; 路面结冰和积雪时, f 降到 0.2 以下; 在光滑的冰面上, f 可降到 0.06 (不加防滑链)。

(2)增加汽车在方向操纵上的难度。曲线上行驶的汽车,在横向力作用下,轮胎会产生横向变形,使轮胎的中间平面与轮迹前进方向形成一个横向偏移角(图 2-6),从而增加了汽车在方向操纵上的难度。尤其是车速较快时,就更不容易保持驾驶方向上的稳定。

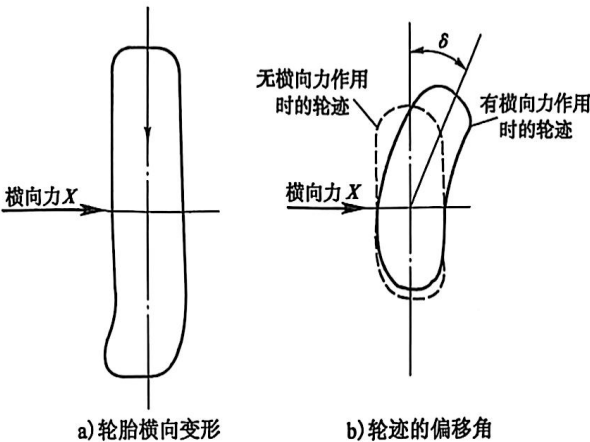


图 2-6 汽车轮胎的横向偏移角 δ

(3)增加燃油消耗和加剧轮胎磨损。横向力系数 μ 的存在使轮胎与路面之间的摩阻力增大,导致车辆的燃油消耗增加,轮胎磨损加剧。表 2-1 为不同横向力系数下的实测损耗值。

| 实测损耗值 | | | 表 2-1 | | |
|-------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| 横向力系数 μ | 燃油消耗 (%) | 轮胎磨损 (%) | 横向力系数 μ | 燃油消耗 (%) | 轮胎磨损 (%) |
| 0 | 100 | 100 | 0.15 | 115 | 300 |
| 0.05 | 105 | 160 | 0.20 | 120 | 390 |
| 0.10 | 110 | 220 | | | |

(4)乘车感觉不舒适。汽车在曲线上行驶时,随横向力系数 μ 值的变化,乘客有不同的感受。根据相关试验,乘客感觉和心理反应随 μ 的变化如下:

- 当 $\mu < 0.10$ 时,不感到有曲线存在,很平稳;
- 当 $\mu = 0.15$ 时,稍感到有曲线存在,尚平稳;
- 当 $\mu = 0.20$ 时,已感到有曲线存在,稍感不平稳;
- 当 $\mu = 0.35$ 时,感到有曲线存在,明显感到不平稳;
- 当 $\mu \geq 0.40$ 时,非常不稳定,站不住,有倾倒的危险感。

综上所述,采用的 μ 值是否合适关系到行车的安全性、经济性与舒适性。为计算最小圆曲线半径,应考虑各方面因素,采用一个合适的 μ 值。一般 μ_{\max} 取 0.10 ~ 0.16,车速高时取低值,车速低时取高值。

2. 超高横坡度

(1)最大超高横坡度 $i_{b,\max}$ 。在车速较快的情况下,为了平衡离心力,要采用较大的超高横坡度,但公路上行驶车辆的速度并不一致,特别是在混合交通的公路上,需要兼顾快、慢车的行驶安全。对于慢车,特别是因故暂停在弯道上的车辆,其离心力接近于 0 或等于 0,如超高横

坡度过大,超出轮胎与路面间的横向摩阻系数,车辆有沿着路面最大合成坡度下滑的危险。因此,最大超高横坡度必须满足式(2-3)的要求:

$$i_{b,max} \leq f_w$$

(2-3)

式中: f_w ——一年中气候恶劣季节路面的横向摩阻系数。

确定最大超高横坡度 $i_{b,max}$ 时,除考虑公路所在地区的气候条件外,还必须给予驾驶员和乘客心理上的安全感。对山岭重丘区、城市附近、交叉口以及有相当数量非机动车行驶的公路,最大超高横坡度比一般公路还要小些。

《规范》对各级公路圆曲线最大超高横坡度的规定见表 2-2。

| 各级公路圆曲线最大超高横坡度 | | | 表 2-2 |
|----------------|-----------|----------------|-------|
| 公路技术等级 | 高速公路、一级公路 | 二级公路、三级公路、四级公路 | |
| 一般地区(%) | 8 或 10 | 8 | |
| 积雪冰冻区(%) | 6 | | |
| 城镇区域(%) | 4 | | |

注:一般地区公路,圆曲线最大超高横坡度应采用 8%;以通行中、小型客车为主的高速公路和一级公路,最大超高横坡度可采用 10%。

二、三、四级公路接近城镇且混合交通量较大的路段,车速受到限制时,其最大超高横坡度可按表 2-3 采用。

| 车速受限制时最大超高横坡度 | | | | | | 表 2-3 |
|---------------|----|----|----|----|----|-------|
| 设计速度(km/h) | 80 | 60 | 40 | 30 | 20 | |
| 超高横坡度(%) | 6 | 4 | 2 | | | |

(2)最小超高横坡度 $i_{b,min}$ 。公路的超高横坡度不应该小于公路直线段的路拱横坡度,否则不利于公路的排水。因此,最小超高横坡度应满足式(2-4)的要求:

$$i_{b,min} = i_l$$

(2-4)

式中: i_l ——路拱横坡度。

三、两种圆曲线的最小半径

行驶在曲线上的汽车由于受到离心力的作用,其稳定性受到了影响,离心力的大小又与曲线半径密切相关,半径越小越不利。所以在选择圆曲线半径时,应尽可能采用较大的半径值,只有在地形或其他条件受到限制时,才可使用较小的曲线半径。为了行车安全与舒适,下面给出了两种圆曲线的最小半径,即圆曲线最小半径和不设超高的圆曲线最小半径。

1. 圆曲线最小半径

圆曲线最小半径是指对于按设计速度行驶的车辆,能保证其安全行驶的最小半径。表 2-4是《规范》规定的圆曲线最小半径。路线设计中圆曲线最小半径的极限值,是在特殊困难条件下不得已才使用,一般不能轻易采用。

| 圆曲线最小半径 | | | | | | 表 2-4 | | |
|----------------------|-----------------|-------|-----|-----|-----|-------|----|----|
| 设计速度(km/h) | | 120 | 100 | 80 | 60 | 40 | 30 | 20 |
| 圆曲线最小半径(一般值)(m) | | 1 000 | 700 | 400 | 200 | 100 | 65 | 30 |
| 圆曲线最小半径 (极限值)(m) | $I_{\max}=4\%$ | 810 | 500 | 300 | 150 | 65 | 40 | 20 |
| | $I_{\max}=6\%$ | 710 | 440 | 270 | 135 | 60 | 35 | 15 |
| | $I_{\max}=8\%$ | 650 | 400 | 250 | 125 | 60 | 30 | 15 |
| | $I_{\max}=10\%$ | 570 | 360 | 220 | 115 | — | — | — |

注:“一般值”为正常情况下的采用值;“极限值”为条件受限制时可采用的值;“ I_{\max} ”为采用的最大超高值;“—”为不考虑采用对应最大超高值的情况。

2. 不设超高的圆曲线最小半径

在设计速度一定时,当圆曲线半径较大时,离心力就比较小,此时弯道即使采用与直线相同的双向路拱断面,离心力对外侧车道上行驶的汽车的影响也很小。因此,《标准》制定了“不设超高的圆曲线最小半径”,见表 2-5。

| 不设超高的圆曲线最小半径 | | | | | | | 表 2-5 | |
|---------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-----|
| 设计速度 (km/h) | | 120 | 100 | 80 | 60 | 40 | 30 | 20 |
| 不设超高圆曲线 最小半径 (m) | 路拱 ≤2.0% | 5 500 | 4 000 | 2 500 | 1 500 | 600 | 350 | 150 |
| | 路拱 >2.0% | 7 500 | 5 250 | 3 350 | 1 900 | 800 | 450 | 200 |

不设超高的圆曲线最小半径是判断圆曲线是否设超高的一个界限。当圆曲线半径大于或等于该设计车速对应的不设超高的圆曲线最小半径时,圆曲线横断面采用与直线相同的双向路拱横断面,不必设计超高;反之,则采用向内倾斜的单向超高横断面形式。

四、圆曲线半径的选用

进行公路平面设计时,应根据沿线地形、地物等条件,圆曲线尽量选用较大半径,以保证行车安全舒适。在选定半径时,既要技术合理,又要经济适用;既不盲目采用高标准(大半径)而过分增加工程量,也不只考虑眼前通行需要而采用低标准。

选用圆曲线半径时,应注意以下几点:

- (1)圆曲线半径应与地形相适应,以采用超高为 2% ~4% 的圆曲线半径为宜。
- (2)在地形条件受限制时,可采用大于或接近于圆曲线最小半径的“一般值”,并应采取措施保证视距的要求。
- (3)圆曲线半径应与设计速度相适应,同衔接路段的平、纵线形要素相协调,构成连续、均衡的曲线线形。
- (4)《规范》规定圆曲线最大半径不宜超过 10 000m。