

►►► 高等学校教材

公路线形与 环境设计

刘朝晖 张映雪 主编 李宇峙 主审



人民交通出版社
China Communications Press

Environmental Design

►►► 高等学校教材

U412.3
L739

公路线形与 环境设计

刘朝晖 张映雪 主编 李宇峙 主审



A1035943

人民交通出版社

HAN 94/09

内 容 简 介

本书较系统地介绍了公路线形与环境的关系,公路环境设计的基本理论、方法及其应用。全书共分五章,第一章公路线形概述,主要介绍公路平、纵面线形与立体线形的基本概念。第二章介绍公路线形的视觉评价、视觉与安全的关系、行车对环境的要求。第三章介绍公路环境设计,主要介绍公路环境规划、公路景观设计、公路环境构成、公路工程中的环境问题。第四章介绍公路环境补救,重点介绍公路环境污染的防治措施,包括噪声防治、污水处理、水土保持、绿化等。第五章介绍公路环境影响评价原理与方法。编写中主要以公路线形设计为目标,强调如何在公路工程中应用环境工程基本理论进行线形设计、环境设计与环境保护。

本书可作为工科院校土木工程专业本、专科必修或选修课教材,也可作为交通运输工程、土木工程学科硕士研究生选修课教材。本书也可供有关工程技术人员与管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路线形与环境设计/刘朝晖,张映雪主编. —北京:
人民交通出版社, 2003.1
ISBN 7-114-04558-1

I.公... II.①刘... ②张... III.①公路线形—设计
②公路—环境设计 IV.U412.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 109787 号

Gonglu Xianxing Yu Huanjing Sheji

公路线形与环境设计

刘朝晖 张映雪 主编 李宇峙 主审

正文设计:姚亚妮 责任校对:宿秀英 责任印制:张 恺

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010-64216602)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷有限公司印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 15.25 字数: 380 千

2003 年 2 月 第 1 版

2003 年 2 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—3000 册 定价: 28.00 元

ISBN 7-114-04558-1

前 言

20 世纪 50 年代以来,日趋严重的环境问题引起了国内外人士的广泛关注,各国都采取各种手段和措施进行环境保护与环境污染防治,与此同时,还开展了对环境保护与污染防治的理论、技术、政策、法规等的研究,逐步形成了环境科学及各门类学科,以寻求人类社会与环境协同演化,持续发展。

近年来,公路技术稳步发展,公路线形设计与公路周围环境的关系问题,如视觉、行驶力学、审美、安全、局部气象等,公路建设对环境的影响与保护问题,如景观、野生动植物、水土保持、行车噪声等,得到了广泛重视和深入研究。

我国在公路规划、设计、施工与养护管理的各个阶段,从公路自身的需求出发,在公路规划、线形设计时考虑避让文物、水源及村、镇等环境敏感点,尽可能少占农田、减少水土流失,对公路建设、设计过程中的路基边坡采取工程防护或植物防护措施,加强公路沿线景观的恢复,保护自然的风光和环境,这些在公路建设中都是很重要的方面。

本书第一章由张映雪、吴江宁编写,第二章由张映雪编写,第三章由刘朝晖、秦仁杰编写,第四章由秦仁杰、秦志斌、刘朝晖编写,第五章由巨锁基、秦志斌编写。全书由刘朝晖、张映雪统稿主编,由李宇峙主审。

由于编者水平有限,在内容安排和取材等方面难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2002 年 12 月

目 录

第一章 公路线形概述.....	1
第一节 公路平面线形.....	1
第二节 公路纵断面线形	11
第三节 公路立体线形	19
第二章 公路线形、视觉与环境.....	23
第一节 公路线形与视觉评价	23
第二节 驾驶员的视觉与安全	33
第三节 驾驶对公路环境的要求	37
第三章 公路环境设计	51
第一节 公路环境规划与总体设计	51
第二节 公路路域的环境构成	73
第三节 公路景观设计	76
第四节 公路线形中的环境问题	92
第五节 公路路基工程中的环境问题	97
第四章 公路环境补救.....	107
第一节 公路噪声防治.....	107
第二节 公路污水处理.....	125
第三节 公路空气污染防治.....	136
第四节 公路环境的植被恢复.....	148
第五节 公路施工中的环境保护.....	173
第六节 公路沿线的景观补救.....	181
第五章 公路环境影响评价.....	184
第一节 公路环境影响评价概述.....	184
第二节 公路社会环境影响评价.....	196
第三节 公路生态环境影响评价.....	205
第四节 公路环境空气影响评价.....	216
第五节 公路环境噪声影响评价.....	228
主要参考文献.....	236

第一章 公路线形概述

第一节 公路平面线形

一、概述

(一) 路线

道路是一条三维空间的实体。它是由路基、路面、桥梁、涵洞、隧道和沿线设施所组成的线形构造物。一般所说的路线,是指道路中线的空间位置。路线在水平面上的投影称作路线的平面。沿中线竖直剖切再行展开则是路线的纵断面。中线上任意一点的法向切面是道路在该点的横断面。路线设计是指确定路线空间位置和各部分几何尺寸的工作。为研究的方便,把它分解为路线平面设计、路线纵断面设计和横断面设计。三者是相互关联的,既分别进行,又综合考虑。

无论是公路还是城市道路,其路线位置受社会经济、自然地理和技术条件等因素的制约。设计者的任务就是在调查研究、掌握大量材料的基础上,设计出一条有一定技术标准、满足行车要求、工程费用最省的路线来。在设计的顺序上,一般是在尽量顾及到纵、横断面平衡的前提下先定平面,沿这个平面线形进行高程测量和横断面测量,取得地面线和地质、水文及其他必要的资料后,再设计纵断面和横断面。为求得线形的均衡和土石方数量的节省,必要时再修改平面,这样经过几次反复,可望得到一个满意的结果。路线设计的范围,只限于路线的几何性质,不涉及结构。

(二) 平面线形设计的基本要求

1. 汽车行驶轨迹

现代道路是供汽车行驶的,所以研究汽车行驶规律是道路设计的基本课题,而在路线的平面设计中,主要考察汽车行驶轨迹。只有当平面线形与这个轨迹相符合或相接近时,才能保证行车的舒适与安全,特别是在高速行驶的情况下,对行驶轨迹的研究更显其重要。

经过大量的观测研究表明,行驶中的汽车,其轨迹在几何性质上有以下特征:

- (1) 这个轨迹是连续的和圆滑的,即在任一点上不出现错头和破折;
- (2) 其曲率是连续的,即轨迹上任一点不出现两个曲率的值。
- (3) 其曲率的变化率是连续的,即轨迹上任一点不出现两个曲率变化率的值。

满足上述 3 个条件的平面线形与汽车的行驶轨迹偏离不大,虽不是完全可循的,但实践证明却是很好的线形。

2. 平面线形要素

行驶中的汽车其导向轮旋转面与车身纵轴之间有下列三种关系:

- (1)角度为零;
- (2)角度为常数;
- (3)角度为变数。

与上述三种状态对应的行驶轨迹线为:

- (1)曲率为零的线形:直线;
- (2)曲率为常数的线形:圆曲线;
- (3)曲率为变数的线形:缓和曲线。

现代道路平面线形正是由上述三种线形——直线、圆曲线和缓和曲线构成的,称之为“平面线形三要素”。在低速道路上,为简化设计,也可以只使用直线和圆曲线两种要素。近代一些高速公路也只用曲线而不用直线的。说明三要素是基本组成,各要素所占比例及使用频率并无规定。各要素使用合理、配置得当,均可满足汽车行驶要求。至于它们的参数则要视地形情况和人的视觉、心理、技术等级等条件来确定。

二、直线

(一)直线的特点

作为平面线形要素之一的直线,在公路中使用最为广泛。因为两点之间以直线为最短,一般在定线时,只要地势平坦、无大的地物障碍,定线人员都首先考虑使用直线通过。加之笔直的道路给人以短捷、直达的良好印象,在美学上直线也有其自身的特点。汽车在直线上行驶受力简单,方向明确,驾驶操作简易。从测设上看,直线只需定出两点,就可方便地测定方向和距离。基于直线的这些优点,使其在各种线形工程中被广泛使用。

但是,过长的直线并不好。直线线形大多难于与地形相协调,若长度运用不当,不仅破坏了线形的连续性,也不便达到线形设计自身的协调。过长的直线易使驾驶人感到单调、疲倦,难以目测车距,于是产生尽快驶出直线的急躁情绪,一再加速以致超过规定车速许多,这样很容易导致交通事故的发生。所以在运用直线线形并决定其长度时,必须持谨慎态度,不宜采用过长的直线。

(二)直线的运用

下述路段可采用直线:

- (1)不受地形、地物限制的平坦地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条为主的地区;
- (3)长大桥梁、隧道等构造物路段;
- (4)路线交叉点及其前后;
- (5)双车道公路提供超车的路段。

直线的最大长度应有所限制。当采用长的直线线形时,为弥补景观单调之缺陷,应结合沿线具体情况采取相应的技术措施并注意下述问题:

- (1)在长直线上纵坡不宜过大,因长直线再加下陡坡行驶更易导致高速度。
- (2)长直线与大半径凹形竖曲线组合为宜,这样可以使生硬呆板的直线得到一些缓和(图1-1)。
- (3)道路两侧地形过于空旷时,宜采取种植不同树种或设置一定建筑物、雕塑、广告牌等措

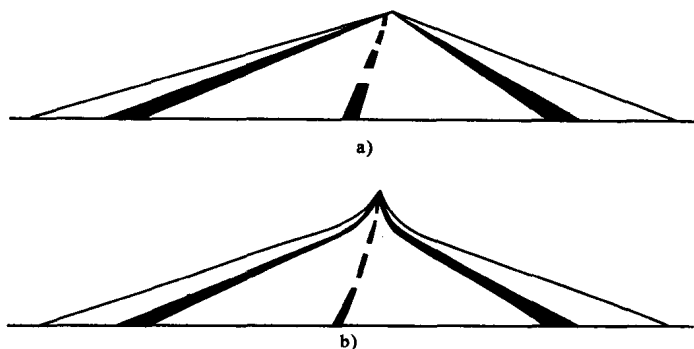


图 1-1 长直线与凹型竖曲线组合
a)长直线与直坡组合;b)长直线与凹型竖曲线组合

施,以改善单调的景观。

(4)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外,还必须采取设置标志、增加路面抗滑能力等安全措施。

“长直线”的量化是一个需要研究的课题。德国和日本规定直线的最大长度(以米计)为 $20v$ (v 是计算行车速度,用 km/h 表示),前苏联为 8km ,美国为 180s 行程。我国地域辽阔,地形条件在不同的地区有很大的不同,对直线最大长度很难作出统一的规定。我国已建成的多条高速公路,大多位于平原微丘区,在长直线的使用上参照了国外的规定并允许稍有增长。如京津塘和济青高速公路的直线长不超过 3200m ;沈大高速公路多处出现 5km 至 8km 的长直线,最长为 13km 。经过对不同路段、按 100km/h 的行驶车速对驾驶人员和乘客调查其心理反应和感受,有如下结果:

(1)位于城市附近的道路,作为城市干道的一部分,由于路旁高大建筑和多彩的城市风光,无论路基高低均被纳入视线范围,驾驶员和乘客无直线过长希望驶出的不良反应。

(2)位于乡间平原区的公路,随季节和地区不同,驾乘人员有不同反应。北方的冬季,绿色枯萎,景色单调,太长的直线使人情绪受到影响。夏天稍许改善一些,但驾驶人员加速行驶希望尽快驶完直线的心理普遍存在。

(3)位于大戈壁,大草原的公路,直线长度可达数十公里,司乘人员极度疲劳,车速超过设计速度很多。但在这种特殊的地形条件下,除了直线别无其他选择,人为设置弯道不但不能改善其单调的缺憾,反而增加路线长度。

由此看来,直线的最大长度,在城镇附近或其他景色有变化的地点大于 $20v$ 是可以接受的;在景色单调的地点最好控制在 $20v$ 以内;而在特殊的地理条件下应特殊处理,若作某种限制看来是不现实的。

必须强调,无论是高速公路还是其他各级公路在任何情况下都要避免追求长直线的错误倾向。

(三)直线的最小长度

考虑到线形的连续和驾驶的方便,相邻两曲线之间应有一定的直线长度。这个直线长度是指前一曲线的终点(缓直 HZ 或圆直 YZ)到后一曲线起点(直缓 ZH 或直圆 ZY)之间的长度。

1. 同向曲线间的直线最小长度

互相通视的同向曲线间若插以短直线,容易产生把直线和两端的曲线看成为反向曲线的错觉,当直线过短时甚至把两个曲线看成是一个曲线,这种线形(图 1-2)破坏了线形的连续性,且容易造成驾驶操作的失误,设计中应尽量避免。由于这种线形组合所产生的缺陷是来自驾驶员的错觉,所以若将两曲线拉开,也就是限制中间直线的最短长度,使同向曲线在驾驶员的视觉以外则可以避免上述缺点。大量的观测资料证明,行车速度愈高,驾驶员愈是注视远处的目标,这个距离在数值上大约是行车速度 v (以 km/h 计) 的 6 倍 (以 m 计),所以《公路路线设计规范》(以下简称《规范》)推荐同向曲线间的最短直线长度以不小于 $6v$ 为宜。这种要求在车速较高的道路 ($v \geq 60\text{km/h}$) 上宜尽可能保证,而对于低速道路 ($v \leq 40\text{km/h}$) 则有所放宽,可参考执行。在受到条件限制时,无论是高速路还是低速路,都宜将在同向曲线间插入大半径曲线或将两曲线作成复曲线、卵形曲线或 C 形曲线。

2. 反向曲线间的直线最小长度

转向相反的两圆曲线之间,考虑到为设置超高和加宽缓和段的需要以及驾驶人员转向操作的需要如无缓和曲线时,宜设置一定长度的直线。《规范》规定反向曲线间最小直线长度 (以 m 计) 以不小于行车速度 (以 km/h 计) 的 2 倍为宜。若二反向曲线已设缓和曲线,在受到限制的地点也可将二反向缓和曲线首尾相接。但被连接的二缓和曲线和圆曲线宜满足一定的条件。

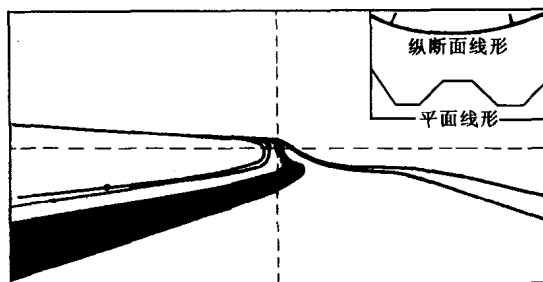


图 1-2 同向曲线间插入短直线

三、圆曲线

(一) 圆曲线的几何元素

各级公路和城市道路不论转角大小均应设置平曲线,而圆曲线是平曲线中的主要组成部分。路线平面线形中常用的单曲线、复曲线、双交点或多交点曲线、虚交点曲线、回头曲线等中一般均包含了圆曲线。圆曲线具有易与地形相适应、可循性好、线形美观、易于测设等优点,使用十分普遍。四级公路可以不设缓和曲线,其他各级公路当曲线半径大于或等于“不设缓和曲线的半径”时也可不设缓和曲线,所以此类弯道的平曲线中只有圆曲线,其几何元素 (见图 1-3) 为:

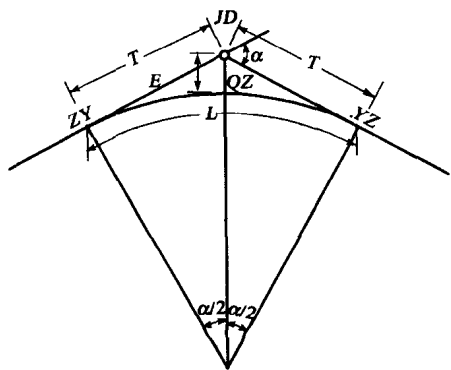


图 1-3 圆曲线几何元素

$$T = R \tan \frac{\alpha}{2}$$

$$L = \frac{\pi}{180} \alpha R = 0.0174 \alpha R$$

$$E = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right)$$

$$J = 2T - L$$

式中: T ——切线长, m;

L ——曲线长, m;

E ——外距, m;

J ——校正数或称超距, m;

R ——圆曲线半径, m;

α ——转角, °。

(二)圆曲线半径

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曲线半径密切相关,半径愈小愈不利,所以在选择平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曲线半径。为了行车的安全与舒适,《公路工程技术标准》(以下简称《标准》)规定了圆曲线半径在不同情况下的最小值。

1. 公式与因素

$$R = \frac{v^2}{127(\mu \pm i_h)}$$

式中: v ——行车速度, km/h;

μ ——横向力系数;

i_h ——超高横坡度。

在指定车速 v 下,最小 $R_{\min}$ 决定于容许的最大横向力系数 $\mu_{\max}$ 和该曲线的最大超高 $i_{h(\max)}$ 。对这些因素讨论如下。

(1)关于横向力系数 μ 。

横向力的存在对行车产生种种不利影响,表现在危及行车安全、增加驾驶困难、旅客不舒适等方面。为计算最小平曲线半径,应考虑各方面因素采用一个舒适的 μ 值。研究指出: μ 的界限,由 0.11 到 0.16 随行车速度而变化,设计中对高、低速路可取不同的数值。

(2)关于最大超高值 $i_{h(\max)}$

在车速较高的情况下为了平衡离心力要用较大的超高,但道路上行驶车辆的速度并不一致,特别是在混合交通的道路上,不仅要照顾快车,也要考虑到慢车的安全。对于慢车,乃至因故暂停在弯道上的车辆,其离心力接近于 0 或等于 0。如超高率过大,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,因此最大超高值必须不大于一年中气候恶劣季节路面的横向摩阻系数。

制定最大超高坡度,除根据道路所在地区的气候条件外,还必须给予驾驶者和乘客以心理上的安全感。对重山区,城市附近,交叉口以及有相当数量非机动车行驶的道路,最大超高还要比一般道路小些。

我国《标准》对公路最大超高值都有规定。

2. 最小半径

(1)极限最小半径

我国《标准》中所制定的极限最小半径是考虑了我国的具体情况。极限最小半径是路线设计中的极限值,是在特殊困难的条件下不得已才使用的,一般不轻易采用。

(2)一般最小半径

圆曲线的最小半径,一方面要考虑汽车在这种半径的曲线上以设计速度或以接近设计速度行驶时,旅客有充分的舒适感,另一方面也要注意到在地形比较复杂的情况下不会过多地增

加工程量。为此,《标准》和《规范》规定了“一般最小半径”。

(3) 不设超高的最小半径

路面上不设超高,对于行驶在曲线外侧车道上的车辆来说是“反超高”,其超高值为负,大小与路拱坡度相同。从舒适和安全的角度考虑, μ 也应取尽可能小的值,以使乘客行驶在曲线上有与在直线上大致相同的感觉。我国《标准》所制定的“不设超高的最小半径”是取 $\mu = 0.035$, $i_{h(\max)} = -0.015$ 计算取整得来的。

3. 圆曲线最大半径

如前所述,选用圆曲线半径时,在与地形等条件相适应的前提下应尽量采用大半径,但半径大到一定程度时,其几何性质与行车条件与直线无太大区别,容易给驾驶人员造成判断上的错误反而带来不良后果,同时也无谓增加计算和测量上的麻烦。所以《规范》规定圆曲线的最大半径不宜超过 10000m。

(三) 圆曲线的运用

1. 在适应地形的情况下应选用较大的曲线半径。

2. 在确定圆曲线半径时,应注意:

- (1) 一般情况下宜采用极限最小平曲线半径的 4~8 倍或超高为 2%~4% 的圆曲线半径;
- (2) 地形条件受限制时,应采用大于或接近于一般最小半径的圆曲线半径;
- (3) 地形条件特殊困难而不得已时,方可采用极限最小半径;
- (4) 应同前后线形要素相协调,使之构成连续、均衡的曲线线形;
- (5) 应同纵断面线形相配合,必须避免小半径曲线与陡坡相重合。

四、缓和曲线

缓和曲线是道路平面线形要素之一,它是设置在直线与圆曲线之间或半径相差较大的两个转向相同的圆曲线之间的一种曲率连续变化的曲线。《标准》规定,除四级路可不设缓和曲线外,其余各级公路都应设置缓和曲线。在现代高速公路上,有时缓和曲线所占的比例超过了直线和圆曲线,成为平面线形的主要组成部分。在城市道路上,缓和曲线也被广泛地使用。下面就缓和曲线的性质、参数、长度、设计方法等加以讨论。

(一) 缓和曲线的作用与性质

1. 缓和曲线的作用

(1) 曲率连续变化,便于车辆遵循

汽车在转弯行驶的过程中,存在一条曲率连续变化的轨迹线,无论车速高低这条轨迹线都是客观存在的,它的形式和长度则随行驶速度、曲率半径和驾驶员转动方向盘的快慢而定。在低速行驶时,驾驶员尚可利用路面的富余宽度在一定程度上把汽车保持在车道范围之内,缓和曲线似乎没有必要。但在高速行驶或曲率急变时,汽车则有可能超越自己的车道驶出一条很长的过渡性的轨迹线。从安全的角度出发,有必要设置一条驾驶者易于遵循的路线,使车辆在进入或离开圆曲线时不致侵入邻近的车道。

(2) 离心加速度逐渐变化,旅客感觉舒适

汽车行驶在曲线上产生离心力,离心力的大小与曲线的曲率成正比。汽车由直线驶入圆曲线或由圆曲线驶入直线,由于曲率的突变会使乘客有不舒适的感觉。所以应在曲线不同的

两曲线之间设置一条过渡性的曲线以缓和离心加速度的变化。

(3) 超高横坡度逐渐变化, 行车更加平稳

行车道从直线上的双坡断面过渡到圆曲线上的单坡断面和由直线上的正常宽度过渡到圆曲线上的加宽宽度, 一般情况下是在缓和曲线长度内完成的。为避免车辆在这一过渡行驶中急剧地左右摇摆, 并保证路容的美观, 设置一定长度的缓和曲线也是必要的。

(4) 与圆曲线配合得当, 增加线形美观

圆曲线与直线相连接, 在连接处曲率突变, 在视觉上有不平顺的感觉。设置缓和曲线以后, 线形连续圆滑, 增加线形的美观, 同时从外观上看也感到安全, 收到显著效果。

2. 缓和曲线的性质

汽车匀速从直线进入圆曲线(或相反)其行驶轨迹的弧长与曲线的曲率半径之乘积为一常数。这一性质与数学上的回旋线正好相符。

因此, 我国《公路工程技术标准》(以下简称《标准》)规定缓和曲线采用回旋线。回旋线的基本公式为:

$$rl = A^2$$

式中: r ——回旋线上某点的曲率半径, m;

l ——回旋线上某点到原点的曲线长, m;

A ——回旋线参数; 表征回旋线曲率变化的缓急程度。

在回旋线的任意点上, r 是随 l 的变化而变化, 但在缓和曲线的终点处, $l = L_s$, $r = R$, 则上式可写作:

$$RL_s = A^2$$

式中: R ——回旋线所连接的圆曲线半径, m;

L_s ——回旋线型的缓和曲线长度, m。

设计上可以由已知 R 和 L_s , 计算 A , 也可以按各种条件选择 R 和 A , 再计算 L_s 。

(二) 有缓和曲线的道路平曲线几何元素

如图 1-4 所示, 道路平面线形三要素的基本组成是: 直线—回旋线—圆曲线—回旋线—直线, 其几何元素的计算公式如下:

$$p = \frac{L_s^2}{24R} - \frac{L_s^4}{2688R^3} (\text{m})$$

$$q = \frac{L_s}{2} - \frac{L_s^3}{240R^2} (\text{m})$$

$$\beta_0 = 28.6497 \frac{L_s}{R} (^\circ)$$

$$T = (R + p) \tan \frac{\alpha}{2} + q (\text{m})$$

$$L = (\alpha - 2\beta_0) \frac{\pi}{180} R + 2L_s (\text{m})$$

$$E = (R + p) \sec \frac{\alpha}{2} - R (\text{m})$$

$$J = 2T - L (\text{m})$$

式中: p ——圆曲线的内移值;
 q ——回旋线的切线增长值;
 β_0 ——缓和曲线角;
 T ——切线总长;
 L ——曲线总长;
 E ——外距;
 J ——切曲差(或校正值)。

图 1-4 中 QZ 是指角分线与曲线的交点, 对于对称型曲线 QZ 才是曲线的实际中点。

(三) 缓和曲线的长度及参数

1. 缓和曲线的最小长度

由于车辆要在缓和曲线上完成不

同曲率的过渡行驶, 所以要求缓和曲线有足够的长度, 以使驾驶员能从容地打方向盘, 乘客感觉舒适, 线形美观流畅, 圆曲线上的超高和加宽的过渡也能在缓和曲线内完成。所以, 应规定缓和曲线的最小长度。可从以下几方面考虑:

- (1) 感觉舒适;
- (2) 渐变率适中;
- (3) 行驶时间不过短。

考虑了上述影响缓和曲线长度的各项因素, 《标准》制定了各级公路缓和曲线最小长度, 如表 1-1。

各级公路缓和曲线最小长度

表 1-1

公路等级	高速公路				一级公路		二级公路		三级公路		四级公路	
计算行车速度(km/h)	120	100	80	60	100	60	80	40	60	30	40	20
缓和曲线最小长度(m)	100	85	70	50	85	50	70	35	50	25	35	20

注: 四级公路为超高、加宽缓和段长度。

2. 回旋线参数的确定

上面讨论的缓和曲线长度, 是在条件受限制时的最小长度。在一般情况下, 特别是当圆曲线半径较大时, 车速较高时, 应该使用更长的缓和曲线。而现代道路的缓和曲线广泛使用的是回旋线, 回旋线的基本公式是以参数形式表达的($RL_s = A^2$), 对其参数的最小允许值应作出规定。

《规范》规定, 在确定回旋线参数时, 应在下述范围内选定:

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R$$

式中: A ——回旋线参数;

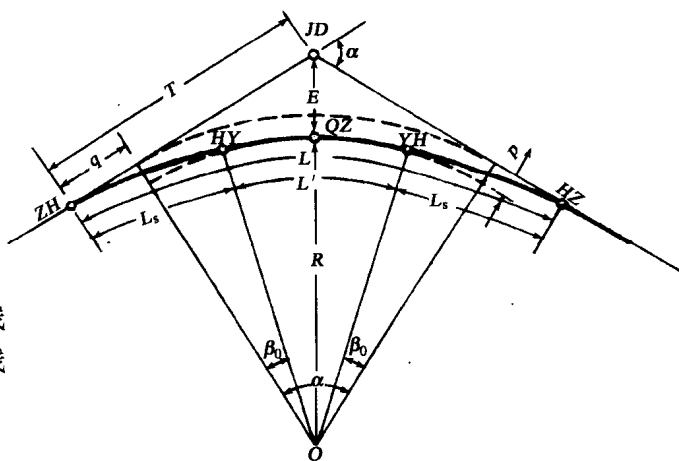


图 1-4 “基本型”平曲线计算图示

R ——与回旋线相连接的圆曲线半径(m)。

当 R 接近于 100m 时,取 A 等于 R ;当 R 小于 100m 时,则取 A 等于或大于 R 。当 R 较大或接近于 3000m 时,取 A 等于 $R/3$;当 R 大于 3000m 时,则取 A 小于 $R/3$ 。

3. 缓和曲线的省略

在直线和圆曲线之间设置缓和曲线后,圆曲线产生了内移值 p ,在 L_s 一定的情况下, p 与圆曲线半径成反比,当 R 大到一定程度时, p 值甚微,即使直线与圆曲线径相连接,汽车也能完成缓和曲线的行驶,因为在路面的富余宽度中已经包含了这个内移值。所以《规范》规定,在下列情况下可不设回旋线:

- (1)在直线与圆曲线间,当圆曲线半径大于或等于“不设超高的最小半径”时;
- (2)半径不同的同向圆曲线间,当小圆半径大于或等于“不设超高的最小半径”时;
- (3)小圆半径大于《规范》规定的“不设超高的圆曲线最小半径”,且符合下列条件之一时:

①小圆曲线按规定设置相当于最小回旋线长的回旋线时,其大圆与小圆的内移值之差不得超过 0.10m。

②计算行车速度 $\geq 80\text{km/h}$ 时,大圆半径(R_1)与小圆半径(R_2)之比小于 1.5。

③计算行车速度 $< 80\text{km/h}$ 时,大圆半径(R_1)与小圆半径(R_2)之比小于 2。

五、平面线形设计

(一)平面线形设计一般原则

1. 平面线形应直捷、连续、均衡,并与地形、地物相适应,与周围环境相协调。
2. 各级公路不论转角大小均应敷设曲线,并尽量选用较大的圆曲线半径。公路转角过小时,应设法调整平面线形,当不得已而设置小于 7° 的转角时,则必须设置足够长的曲线。
3. 两同向曲线间应设有足够长度的直线,不得以短直线相连,否则应调整线形使之成为一个单曲线或复曲线或运用回旋线组合成卵形、凸形、复合形等曲线。
4. 两反向曲线间夹有直线段时,以设置不小于最小直线长度的直线段为宜,否则应调整线形或运用回旋线而组合成 S 形曲线。三、四级公路两相邻反向曲线无超高、加宽时可径相衔接;无超高有加宽时,中间应设有长度不小于 10m 的加宽缓和段。工程特殊困难的山岭区,三、四级公路设置超高时,中间直线长度不得小于 15m。

5. 曲线线形应特别注意技术指标的均衡与连续性。

6. 应避免连续急弯的线形,可在曲线间插入足够长的直线或回旋线。

(二)平面线形要素的组合类型

直线、圆曲线、回旋线的组合,可视情况选用以下几种组合形式:

1. 基本形:按直线—回旋线—圆曲线—回旋线—直线的顺序组合,如图 1-5 所示。

基本形的两个回旋线参数应符合规范规定。两个回旋线的参数值可以根据地形条件设计成非对称的曲线。回旋线—圆曲线—回旋线的长度之比宜为 1:1:1。

2. S 形:两个反向圆曲线用回旋曲线连接的组合,如图 1-6 所示。

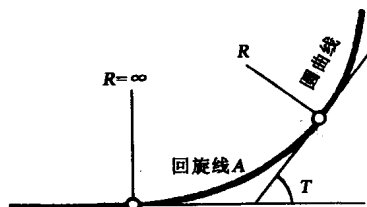


图 1-5 基本形

S形相邻两个回旋线参数 A_1 与 A_2 宜相等。当采用不同的参数时, A_1 与 A_2 之比应小于 2.0, 有条件时以小于 1.5 为宜。

S形的两个反向回旋线以径相衔接为宜, 当地形等条件限制必须插入短直线或当两圆曲线的回旋线相互重合时, 短直线或重合段的长度应符合下式规定:

$$l \leq \frac{A_1 + A_2}{40} (\text{m})$$

式中: l ——反向回旋线间短直线或重合段的长度(m);

A_1 、 A_2 ——回旋线参数。

两圆曲线半径之比不宜过大, 以 $R_2/R_1 = 1 \sim 1/3$ 为宜。 R_1 为大圆曲线半径(m); R_2 为小圆曲线半径(m)。

3. 卵形: 用一个回旋线连接两个同向圆曲线的组合, 如图 1-7 所示。

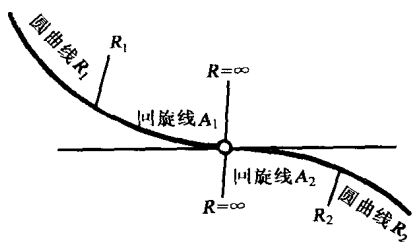


图 1-6 S形

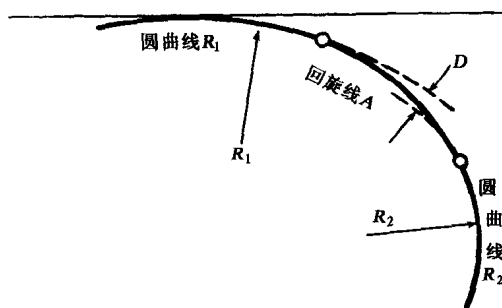


图 1-7 卵形

卵形回旋线的参数宜符合 $\frac{R_2}{2} \leq A \leq R_2$ 规定的范围, 其中: A 为回旋线参数; R_2 为小圆的圆曲线半径。

两圆曲线半径之比, 以 $R_2/R_1 = 0.2 \sim 0.8$ 为宜。

两圆曲线的间距, 以 $D/R_2 = 0.003 \sim 0.03$ 为宜。 D 为两圆曲线间的最小间距(m)。

4. 凸形: 在两个同向回旋线间不插入圆曲线而径相衔接的形式, 如图 1-8 所示。

凸形的回旋线的参数及其连接点的曲率半径, 应分别符合容许最小回旋参数和圆曲线一般最小半径的规定。

只有在路线严格受地形、地物限制处方可采用凸形。

5. 复合形: 两个以上同向回旋线间在曲率相等处相互连接的形式, 如图 1-9 所示。

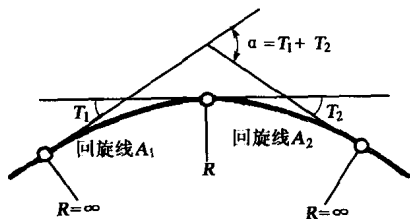


图 1-8 凸形

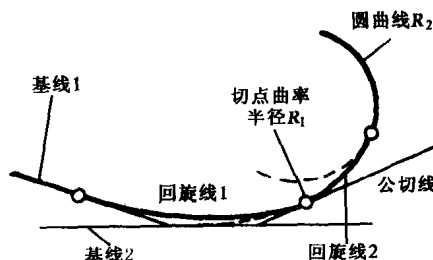


图 1-9 复合形

复合形的两个回旋线参数之比以小于 1:1.5 为宜。
 仅在受地形或其他特殊原因限制时(互通式,立体交叉除外)使用。

6. C 形:同向曲线的两回旋线在曲率为零处径相衔接(即连接处曲率为 0, $R = \infty$)的形式,如图 1-10 所示。

C 形只有在特殊地形条件下方可采用。

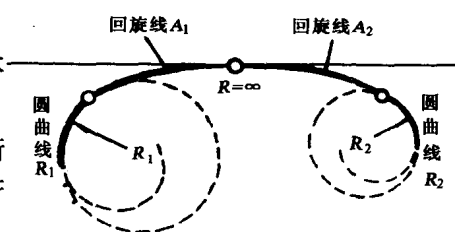


图 1-10 C 形

第二节 公路纵断面线形

沿着道路中线竖直剖切然后展开即为路线纵断面。由于自然因素的影响以及经济性要求,路线纵断面总是一条有起伏的空间线。纵断面设计的主要任务就是根据汽车的动力特性、道路等级、当地的自然地理条件以及工程经济性等,研究起伏空间线几何构成的大小及长度,以便达到行车安全迅速、运输经济合理及乘客感觉舒适的目的。

纵断面图是道路纵断面设计的主要成果,也是道路设计的重要技术文件之一。把道路的纵断面图与平面图结合起来,就能准确地定出道路的空间位置。

在纵断面图上有两条主要的线:一条是地面线,它是根据中线上各桩点的高程而点绘的一条不规则的折线,反映了沿着中线地面的起伏变化情况;另一条是设计线,它是经过技术上、经济上以及美学上等多方面比较后定出的一条具有规则形状的几何线,反映了道路路线的起伏变化情况。纵断面设计线是由直线和竖曲线组成的。直线(即均匀坡度线)有上坡和下坡,是用高差和水平长度表示的。直线的坡度和长度影响着汽车的行驶速度和运输的经济以及行车的安全,它们的一些临界值的确定和必要的限制,是以通行的汽车类型及行驶性能来决定的。

在直线的坡度转折处为平顺过渡要设置竖曲线,按坡度转折形式的不同,竖曲线有凹有凸,其大小用半径和水平长度表示。

一、纵坡及坡长设计

(一)纵坡设计的一般要求

为使纵坡设计经济合理,必须在全面掌握勘测资料基础上,结合选(定)线的纵坡安排意图,经过综合分析、反复比较定出设计纵坡。纵坡设计的一般要求为:

1. 纵坡设计必须满足《标准》的各项规定。
2. 为保证车辆能以一定速度安全顺适地行驶,纵坡应具有一定的平顺性,起伏不宜过大和过于频繁。尽量避免采用极限纵坡值,合理安排缓和坡段,不宜连续采用极限长度的陡坡夹最短长度的缓坡。连续上坡或下坡路段,应避免设置反坡段。越岭线垭口附近的纵坡应尽量缓一些。
3. 纵坡设计应对沿线地形、地下管线、地质、水文、气候和排水等综合考虑,视具体情况加以处理,以保证道路的稳定与通畅。
4. 一般情况下纵坡设计应考虑填挖平衡,尽量使挖方运作就近路段填方,以减少借方和废方,降低造价和节省用地。

5. 平原微丘区地下水埋深较浅,或池塘、湖泊分布较广,纵坡除应满足最小纵坡要求外,还应满足最小填土高度要求,保证路基稳定。

6. 对连接段纵坡,如大、中桥引道及隧道两端接线等,纵坡应和缓、避免产生突变。交叉处前后的纵坡应平缓一些。

7. 在实地调查基础上,充分考虑通道、农田水利等方面的要求。

(二)最大纵坡

最大纵坡是指在纵坡设计时各级道路允许采用的最大坡度值。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。

道路上行驶的车型较多,各种汽车的爬坡性能和车速不尽相同。小客车的爬坡性能和行驶速度受纵坡的影响较小,而载重汽车随纵坡的增大车速显著下降,这对正常行驶的车流会造成交通混乱,使快车受阻,直接影响道路的通行能力和行车安全。所以,在确定最大纵坡时应以国产典型载重汽车作为标准车型。

我国《标准》在規定最大纵坡时纵坡时,对汽车在坡道上行驶情况进行了大量调查、试验,并广泛征求了各有关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。各级公路最大纵坡的规定如表 1-2 所示。

各级公路最大纵坡

表 1-2

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

高速公路受地形条件或其他特殊情况限制时,经技术经济论证合理,最大纵坡可增加 1%。

位于海拔 2000m 以上或严寒冰冻地区,四级公路山岭、重丘区的最大纵坡不应大于 8%。

对桥上及桥头路线的最大纵坡:小桥与涵洞处纵坡应按路线规定采用;大、中桥上纵坡不宜大于 6%,桥头引道纵坡不宜大于 5%;紧接大、中桥桥头两端的引道纵坡应与桥上纵坡相同。

隧道部分路线纵坡:隧道内纵坡不应大于 3%,但独立明洞和短于 50m 的隧道其纵坡不受此限;紧接隧道洞口的路线纵坡应与隧道内纵坡相同。

在非机动车交通比例较大路段,为照顾其交通要求可根据具体情况将纵坡适当放缓:平原、微丘区一般不大于 2%~3%;山岭、重丘区一般不大于 4%~5%。

(三)高原纵坡折减

在高海拔地区,因空气密度下降而使汽车发动机的功率、汽车的驱动力以及空气阻力降低,导致汽车的爬坡能力下降。另外,汽车水箱中的水易于沸腾而破坏冷却系统。若汽车满载