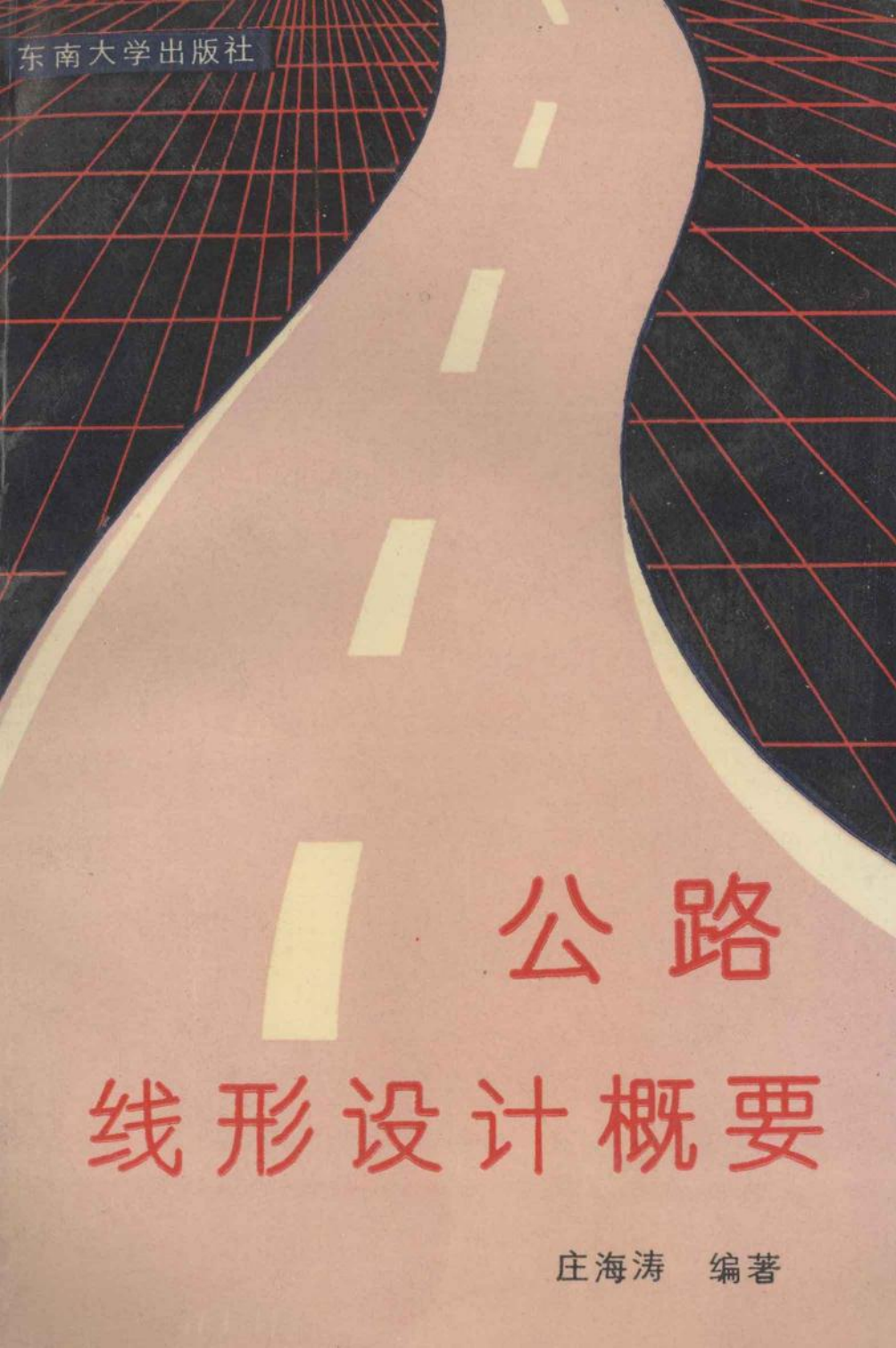


东南大学出版社

A stylized graphic of a road with a pinkish-tan surface and yellow dashed lines, curving through a dark blue background with a red grid pattern.

公路

线形设计概要

庄海涛 编著

公路线形设计概要

庄海涛 编著

东南大学出版社

(苏)新登字第 012 号

内 容 提 要

本书从公路线形设计要素、公路立体线形、汽车行驶力学、驾驶心理、线形与视觉和环境协调、以及公路美学等方面较系统地阐述了公路线形的设计原则和方法,并介绍了公路互通式立体交叉内的线形设计。书中还介绍了公路景观设计的基本原则。最后,论述了公路路线的评价方法。

本书可供从事公路和城市道路建设及交通部门技术人员学习和参考,也可作为高等院校公路与城市道路工程专业的教学参考书。

责任编辑: 刘柱升

公路线形设计概要

庄海涛 编著

*

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210018)

江苏省新华书店经销 东南大学激光照排印刷中心印装

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张: $7\frac{1}{16}$ 字数: 190 千字

1993 年 9 月第 1 版 1993 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1—1000 册

ISBN 7-81023-791-8/U·4

定价: 5.85 元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

前 言

现代汽车交通的高度发展,对公路的安全性、迅速性、舒适性、经济性等方面都提出了更高的要求。不言而喻,公路的等级越高,对上述的要求也越高。

公路的线形设计已从传统的单一进行几何构造设计,趋向从线形组合、线形与地形和环境配合,以及公路美学的角度进行立体线形的综合设计。

一条优良的路线要求其平面线形、纵断面线形协调;线形与地形和环境协调;线形具有视觉上的连续性、心理上的安全感和舒适感、以及良好的工程经济性等。而所有这些要求都是彼此相互关联的,在设计时,不能各个分割开来考虑。

撰写本书的目的是,试图从线形设计要素、线形的组合、线形与地形环境配合、汽车行驶力学、驾驶心理学及公路美学诸方面,结合我国的具体条件来阐明公路线形设计的基本原理和设计方法。

公路既是交通运输的公共设施,也是公路使用者工作和社会活动的场所。因此,对公路的设计除应满足技术要求之外,还应满足美学的要求。由于美学所牵涉的范围非常广泛,所以本书仅从公路美学的角度论述了景观设计的一般原则,而对具体细节没有予以详述。

鉴于公路互通式立体交叉范围内线形设计所考虑的线形要素与一般路段有所不同,其构造也较复杂,为此,本书作了专门的论述。

对路线的评价,着重探讨路线的经济性、安全性、舒适性三个方面的评价。基于目前评价的方法还不够成熟,也没有一致的评价标准,本书仅就路线评价的一般原则和方法扼要地介绍,以供读者参考。

限于作者的水平,书中难免有缺点和不妥之处,尚祈读者不吝批评指正。

本书承蒙周宪华教授精心审阅,并蒙邓学钧教授等的指导和大力协助,特在此表示衷心感谢。

在编写过程中参阅了许多国内外的资料、图片,未能一一列出,在此一并向资料、图片的原作者表示谢忱。

编者

1992年5月

目 录

第一章 概论	1
§ 1-1 公路线形设计的意义	1
§ 1-2 线形设计的基本原则	2
§ 1-3 线形设计与公路等级的关系	4
第二章 平面线形设计	6
§ 2-1 平面线形设计要素及其应用	6
§ 2-2 平面线形设计的一般原则	43
§ 2-3 平面线形的设计方法	46
第三章 纵断面线形设计	50
§ 3-1 纵断面线形设计要素及其应用	50
§ 3-2 纵断面线形设计的一般原则	62
§ 3-3 纵断面线形设计的方法	66
第四章 平面线形与纵断面线形的组合	70
§ 4-1 公路的立体线形	70
§ 4-2 研究公路立体线形设计的方法	71
§ 4-3 平面线形与纵断面线形组合的一般原则	72
§ 4-4 立体线形的设计方法	83
§ 4-5 立体线形要素的应用	96
§ 4-6 良好的线形与不良的线形	105
第五章 互通式立体交叉的线形设计	112
§ 5-1 公路互通式立体交叉	112
§ 5-2 互通式立体交叉主线的线形设计	122

§ 5-3 匝道的设计	125
-------------------	-----

第六章 公路景观设计	155
-------------------------	------------

§ 6-1 公路与景观的关系	155
§ 6-2 公路的景观设计	156
§ 6-3 公路的景观造型	161

第七章 公路路线的评价	178
--------------------------	------------

§ 7-1 路线评价的意义	178
§ 7-2 路线评价的方法	178
§ 7-3 路线的经济性评价	180
§ 7-4 路线的安全性评价	184
§ 7-5 路线的舒适性评价	192

附录 回旋曲线参数 A 表	194
----------------------------	------------

参考文献	
-------------	--

第一章 概 论

§ 1-1 公路线形设计的意义

所谓公路线形,概括地说就是指按照公路工程技术标准确定公路平面、纵面、横断面组合的立体形状。其中公路中心线在水平面上投影的形状称为平面线形;公路中心线在纵剖面上的起伏形状称为纵断面线形。公路路线的立体形状及其相关诸要素的综合设计称为公路线形设计。

在设计公路线形时,既要考虑线形的诸要素,又应结合考虑地形、环境、景观、视觉、心理、行驶力学等方面来进行设计。线形设计的本质就在于从上述各方面考虑,正确地选用规定的线形要素标准,从而决定公路的线形,以设计出安全、高速、舒适、经济的公路。

进行公路线形设计时,必须考虑以下几点:

1. 从汽车在运动学和行驶力学角度考虑,路线是否能保证汽车行驶安全、舒适。

2. 从驾驶员视觉和运动心理方面看路线的线形是否良好。

3. 路线的平面线形、纵断面线形及横断面的构成是否协调。

4. 路线与公路周围环境和景观是否协调。

5. 路线与地形、地物和土地的利用是否协调。

6. 从施工角度考虑路线的工程规模和施工的难易程度。

7. 从经济上考虑修建费、养护费和营运费等收益是否均衡。

应当指出,路线设计所规定各项设计指标的极限值,只是表示在行驶力学上能达到的最低限度值。如果从上述各方面综合考虑之后认为需要提高设计标准时,就应采用较大的设计值。

对公路的使用者,包括从路外眺望公路的人,往往不是将公路的

形状作为工程技术对象,而是当作一种景观来看待的。也就是说,对公路这种建筑物,尤其是高等级的公路应当作为景观对象来考虑。公路是为人们所眺望的实际存在的景物,特别是它是驾驶员所注视的景物。因此,路线的设计在满足汽车运动学和行驶力学要求的同时,还必须考虑视觉方面的要求。对于在公路上行驶的车辆驾驶员来说,只有眺望到顺适、优美的线形和景观,才会觉得在心理上有舒适感和安全感。

从公路景观规划来看,公路线形设计应做到内部协调和外部协调。所谓内部协调是指路线的平面、纵断面线形在视觉上保持连续性,以及平面、纵断面的立体协调。而外部协调则是指与公路两侧附近(包括公路两侧、路基坡面、路肩、中央分隔带等)的协调,以及在宏观上路线的位置与环境的协调。

使用透视图不仅可以判断路线的平面线形和纵断面线形是否协调,而且可以检验公路和风景是否协调。此外,人们还利用透视图来研究所设计的公路给驾驶人员心理上的影响。所以,在公路线形设计中经常广泛应用透视图。

§ 1-2 线形设计的基本原则

公路的线形是构成公路的骨骼,它支配着整个公路的规划、设计、施工和养护。所以,在线形确定之后,就必须充分地综合分析公路各种构造物的特点、工程的大小和施工难易程度,以及所需的工程费用等而进行设计。公路建成后,线形将长期限制着汽车的运行,若要改变线形,那是极其困难的。因此,线形设计的好坏,对汽车行驶的安全、顺适、经济及公路的通过能力都起着决定性的影响。而且,对公路沿线范围内的开发、土地的利用、环境的保护等方面也都有重大影响。可以认为,公路的线形将决定公路修建后,其可能发挥的功能、行车安全性和经济效益的程度,也是支配公路沿线开发的重要因素。从这种意义上说,线形设计的好坏,是公路总体设计及其作用的主要评

价标准。所以,在进行线形设计时,必须慎重地研究,以免留下后患。

线形设计在保证满足行车安全、高速、舒适、经济四个条件的同时,还应考虑线形与地形、地物、环境、景观的协调。

归纳起来,公路的线形设计应满足下列要求:

1. 从汽车行驶力学上保证汽车行驶安全、舒适,从营运费用上保证经济性。

2. 要使驾驶员在视觉上、心理上的感觉良好。

3. 路线与公路周围的环境、景观相协调。

4. 路线与地形、地物、用地等自然条件和社会条件相适应。

5. 工程技术上可行,工程修建费用与收益额均衡,经济上合理。

因此,在线形设计时应注意如下几点:

1. 路线的选定与线形设计应视为一个整体来考虑。因为路线选定的质量是衡量线形设计优劣的一个标准。

2. 不仅考虑个别路段的线形,而且应考虑一连串路段的线形。因为汽车在公路上行驶时,驾驶员总是希望能在一个较长的路段以等速度行驶,以便于操纵。所以,应从一连串路段的线形来评价线形的优劣才是正确的。

3. 在一条路线中,同一设计车速路段的长度不宜太短,力求避免采用设计车速突变的线形。两相邻的不同设计车速路段之间的线形要素设计值要逐渐过渡变化。

4. 路线的选定,应合理利用地形、地物等自然条件,线形要同环境、景观相协调。

5. 不要轻易采用工程技术指标规定的极限值,在条件允许的情况下,可以适当地选用较高的技术指标。

6. 线形要素之间及线形要素与其它设施之间要相互协调、均衡。例如:直线、圆曲线、缓和曲线间组合要协调;平面线形与纵断面线形的组合要协调;路线纵坡与竖曲线的组合要协调;路线与沿线构造物和各项设施要协调等。

7. 要注意线形的连贯性,不要在长直线的末端或陡纵坡的尽头

设置小半径的平曲线,也不要将大半径曲线与小半径曲线迤相连接,造成线形的突变。

8. 路线设计应根据各种条件选用各种线形要素,并加以适当地组合。线形不应片面强调以直线为主,也不要以曲线为主,而应将各种线形要素妥善地运用。

9. 在路线交叉前后,应尽可能采用较高的线形要素指标,以提高公路的通过能力及保证行车的安全。

10. 要慎重考虑所设计的路线与原有的公路网之间的关系。应当尽量避免采用多条公路交叉的线形。在不得已时,必须对各交叉公路进行必要的调整、改善。

11. 线形设计应注重视觉的要求,既要保证公路的停车视距和保证具有适量的能超车路段,也要保证有充分的侧向视距,使驾驶员能清楚地看到公路前方足够长的路段,以免驾驶员引起错觉和产生不良的心理反应。路线应尽可能采取能诱导视线的措施。例如:设置防护栏、照明、种植树木等,以增进驾驶员的安全感和舒适感。

§ 1-3 线形设计与公路等级的关系

线形设计的要求与设计的内容视公路的等级和计算行车速度而定。高速公路、一级公路及计算行车速度在 60km/h 以上的公路,应当注重公路的立体线形设计。所设计的公路,要视觉连续性好,安全、舒适,并与沿线环境、景观相协调。从保证公路的安全性、舒适性及经济性的角度来看,公路的等级愈高,对人机工程学方面,以及视觉、心理等因素的考虑愈要周全;对线形设计的要求和设计的深度也应愈高。

对于等级较低或计算行车速度在 40km/h 以下的公路,由于汽车行驶的速度较低,则应在保证行驶安全的前提下,正确地选用各项线形设计要素的标准值。在条件许可的范围内,各种线形要素要恰当地组合,保持线形的均衡性,力求做到平面线形顺适、纵面线形均衡、

横面合理。

按照上述要求,线形设计的内容可概括如表 1-1 所示。

表 1-1 公路线形设计内容

公路等级	计算行车速度 (km/h)	线形设计的内容
各种地区的高速公路、一级公路,平原、微丘区的二、三级公路	≥ 60	注重路线安全、高速、舒适、经济,考虑与地区、地形相适应,并与环境、景观相协调
山岭、重丘区的二、三级公路和各种地区的四级公路	≤ 40	重视安全性,考虑与地区、地形相适应。以工程投资少为主要考虑因素,力争做到线形平面顺适、纵坡均衡、横面合理

第二章 平面线形设计

§ 2-1 平面线形设计要素及其应用

平面线形设计要素有直线、圆曲线和缓和曲线等。我国公路所采用的缓和曲线为回旋曲线。回旋曲线是一种最恰当的曲线,它可以用来作为缓和曲线,而且是作为圆顺平面线形的基本线形要素。另外,为了确保汽车行驶的安全,在进行平面线形设计时,还应考虑平面视距要素。

一、直线线形的运用

直线具有实地布设容易并能以最短的距离连接路线两点的优点。但是,直线存在线形单调、呆板,以及难以与地形相协调等缺点。直线的长度若选用不当还会破坏一连串线形的连续性。过长的直线,由于线形过于单调容易分散驾驶员的注意力。汽车如果长时间在直线上行驶,前进方向路况一目了然,发动机也以同一频率轰鸣,会使驾驶员缺乏感官刺激而引起思想麻痹和精神疲乏,增加发生事故的机会。此外,驾驶员往往想尽快驶出直线路段而以过快的车速行驶,就会因视差而引起目测车头距离错误导致车祸。虽然,直线线形存在上述缺点,但并非路线都不宜采用直线线形,而是应当根据路线所经过地段的地形条件恰当地运用。

直线线形可以在下列情况下运用:

1. 在完全不受地形、地物限制的平原地区或两山之间的开阔谷地,而且周围景物有变化,一般可采用直线线形。
2. 城镇及其近郊或土地按方块形规划的农耕区等地区,为了协调景观和节约用地宜采用直线线形。

3. 路线平面交叉前后,为了争取较好通视,宜采用直线线形。

4. 长的大型桥梁、隧道或长的高架桥,为了缩短构造物的长度,方便施工,宜采用直线线形。

5. 路基宽度较窄的公路,尤其是双车道的公路,在适当距离的路段内应设置一定长度的直线,为汽车超车提供较方便的条件。

直线的极限长度,从理论上求解较为困难,主要是因为它要根据驾驶员心理上所能承受的程度来决定。目前,西欧及美、日等国都对驾驶员在路上行驶时的心理反应和视觉反应问题进行研究,期望能找出它们之间的规律和联系,以确定直线长度的极限值。有些国家从交通安全规律和人机工程学观点出发,规定了公路直线长度的极限值,或按相应道路等级的设计车速的比例计算直线的极限长度。例如:前西德《市外道路技术标准——线形要素篇(RAL-L)》规定直线的极限长度为设计车速的20倍(以米计),并规定在反向曲线之间插入直线的最小长度为设计车速的2倍(以米计)。

在两条同向曲线之间插入直线时,容易产生把直线和两端的曲线看成反向弯曲的错觉,使整个线形失去连续性。用透视图法检查时,这样的同向曲线插入直线的最小长度约为500~700m。故一般认为:在这种情况下直线的最小长度以设计车速的6倍(以米计)为宜。

在两条反向曲线之间插入直线时,因为要设置超高缓和段等关系,直线的长度应满足下式条件:

$$L \leq \frac{A_1 + A_2}{40} \quad (2-1)$$

式中 L ——直线的长度(m);

A_1 、 A_2 ——两端回旋曲线的参数(m)。

在采用的直线较长时,应特别注意如下几点:

1. 长直线路段的路线纵坡不应过大,一般以不大于3%为宜。

2. 长的直线给驾驶员以单调、呆板的感觉,难以判断对向或同向行驶车辆的速度变化。在这种情况下,宜采用直线与大半径的凹型竖曲线组合方法解决。

3. 长直线的尽头,尤其是在纵坡下坡方向的尽头不得设置小半径的曲线。若因地形所限难以避免时,应在其前端容易识别的地方插入一条中等曲率的过渡性曲线,该曲线的纵坡应尽量平缓一些。

4. 长直线两侧的地形过于空旷时,可借助在路旁种植不同的树木或采用不同方式种植树木,或设置安全防护设施等明显的目标,吸引驾驶员的注意力,以弥补线形上的缺憾。

二、圆曲线的应用

圆曲线比直线灵活,具有柔和的几何形态,能较好地适应各种地形的变化,并可获得圆滑的线形。所以,圆曲线适用范围较广。

在一般情况下,圆曲线应按照地形条件尽可能选用较大的曲线半径。在确定圆曲线半径时,还应考虑曲线前后线形要素的相互关系,使该路段线形要素所采用的技术指标均衡。

(一) 圆曲线半径的选定

在线形设计时,各种线形要素所采用的技术指标应当以保证行车的安全为首要条件。设计规范规定的圆曲线最小半径,是按照汽车在曲线上行驶也能同在直线上一样安全、顺适的目标确定的。

应当根据汽车在曲线上行驶时产生的离心力等横向力不超过轮胎与路面的摩阻力所允许的界限,以及使乘车人员感觉良好这两个条件来确定圆曲线的最小半径。

汽车在曲线上行驶时发生危险是由于离心力使汽车向曲线外侧滑移或倾覆。其界限则取决于汽车的行车速度、曲线的半径、曲线的超高以及路面的摩阻系数。

不致发生横向滑移的行车速度、曲线半径、超高及横向滑移摩阻系数之间的关系式为

$$R = \frac{V^2}{127(\mu + i)} \quad (2-2)$$

式中 R ——曲线的半径(m);

V ——计算行车速度(km/h);

μ —— 横向滑移摩阻系数；

i —— 超高横坡度。

从式(2-2)可见,如果确定了曲线的最大超高和横向滑移摩阻系数,就可以确定相应计算行车速度的曲线最小半径。

曲线超高的大小按计算行车速度,曲线半径的大小,结合考虑路面的种类和自然条件及车辆的组成等情况决定。我国《公路工程技术标准》(JTJ 01—88)规定:高速公路、一级公路的超高横坡度不应超过 10%,其它各级公路不应超过 8%,在积雪、寒冷地区,最大超高横坡度不宜大于 6%。

横向滑移摩阻系数既是路面与轮胎之间的横向摩阻系数,同时也反映乘车人员所感受到横向加速度大小。这个系数要通过实测路面与轮胎之间抗摩擦的极限范围,并考虑乘车人员在汽车行驶中所能忍受横向加速度大小及顺适感加以确定。根据美国各州公路工作者协会(AASHO)的研究成果介绍:设计车速为 120km/h 时,横向滑移摩阻系数 $\mu=0.12$;设计车速小于 70km/h 时, $\mu=0.16$ 。《日本公路技术标准》规定容许的最大横向滑移摩阻系数列于表 2-1。

表 2-1 《日本公路技术标准》容许的最大横向滑移摩阻系数

计算行车速度(km/h)	120	100	80	60	50	<40
容许的最大横向滑移摩阻系数	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15

由此可见,考虑到顺适感时,横向滑移摩阻系数取 0.10~0.15 较为恰当。同时,此值并应随设计车速的增高而逐渐减小。

以不同的计算行车速度、超高、横向滑移摩阻系数代入式(2-2)计算曲线的最小半径,其结果列于表 2-2。

我国《公路工程技术标准》(JTJ 01—88)规定,在一般情况下,圆曲线应尽量采用大于或等于表 2-3 所列的一般最小半径,以提高公路的使用质量。当受地形等条件或其它特殊情况限制时,方可采用表列极限最小半径。该技术标准还规定当曲线半径小于表列不设超高

最小半径时,直线与圆曲线之间应设缓和曲线。但是,四级公路不设缓和曲线,可用直线径相连接。

表 2-2 圆曲线最小半径的计算值

V (km/h)	μ	R(m)		
		i = 6%	i = 8%	i = 10%
120	0.10	710	630	566
100	0.11	463	414	375
80	0.12	280	252	229
60	0.13	149	135	123
40	0.15	60	55	50
30	0.15	34	31	28
20	0.15	15	14	13

如前所述,圆曲线以尽量采用较大的半径为宜,但最重要是要根据地形条件和工程的大小来选择合适的曲线半径。经验表明:就一般地形而言,曲线采用一般最小半径与采用接近极限最小半径在工程费用上并没有多大的差别。因此,在一般地形条件下,圆曲线宜采用大于表 2-3 所列的一般最小半径值。然而,路线在通过陡峻地形的山岭区或人烟稠密的地区时,采用一般最小半径值就要显著地增大工程费用。此时,就不宜采用一般最小半径值。而可以采用接近表列的极限最小半径值。

在确定圆曲线半径时应注意如下几点:

1. 在一般情况下,宜采用极限最小半径的 4~8 倍的圆曲线半径。
2. 受自然条件限制时,应尽量采用大于或接近于一般最小半径的圆曲线半径。
3. 只有受自然条件等限制而不得已时,方能采用极限最小半径