

# 绪 论

【内容提要】 1.公路的特点和发展 2.公路的基本组成 3.公路的分级与技术标准 4.公路基本建设程序和设计阶段。

【学习目标】

- 应知 :1.公路的组成 ;  
2 公路的分级与技术标准 ;  
3.公路基本建设程序和设计阶段。

## 公路的特点和发展

### 1. 公路运输的特点

交通运输事业是国民经济的重要组成部分，是国民经济的命脉。它担负着国家建设中原材料与产品的集散、城乡间的物资交流、战备物资运输任务，以满足人们物质文化生活上的需要和国防建设的要求。它在国家的政治、经济、军事、文化建设中具有重要作用。现代交通运输方式包括公路运输、铁路运输、水运运输、航空运输和管线运输等几种。这些运输方式在技术经济上各有特点。与其他几种运输方式相比较，公路运输具有以下特点；

- (1) 机动灵活 能做到人流、货物直达运输 不需中转 可以实现直接“门到门”的运输 节约时间和费用，减少货损；
- (2) 适应性强，受地形、地物和地质条件的影响小；
- (3) 服务面广 可服务到山区、农村、城市、机关、学校、工矿企业 直至家庭；
- (4) 公路运输投资少 资金周转快 社会效益高；
- (5) 对短距离运输 公路运输最迅速、最方便；
- (6) 与铁路、水运比较 由于汽车燃料较贵 服务人员多 单位运量少 故运输成本相对较高。

由于公路运输的上述特点，使公路得以快速发展。到 20 世纪 70 年代 经济发达国家大多改变了以铁路运输为中心的局面，公路运输在各种运输方式中起了主导作用。特别是现代高等级公路的迅速发展和里程的增加，使公路运输在经济建设中发挥更加重要的作用，并显示出广阔的发展前景。

### 2. 公路的发展

我国道路建设历史悠久，已有 2000 余年的历史。从秦始皇的“车同轨”法令、公元前

2 世纪的通往中亚及欧洲的丝绸之路开始，到清代已形成了层次分明、功能比较完善的道路系统——“官马大路”、“大路”、“小路”。但真正能行驶汽车的道路是 20 世纪初修建的。

1902 年，我国上海出现第一辆汽车。1913 年中国修筑了第一条汽车道路，湖南长沙—湘潭，全长 45km，揭示了我国现代交通运输的新篇章。抗日战争时期完成的滇缅公路，为沥青表处路面，全长 100km，是中国最早修建的沥青路面道路。直至 1949 年全国解放时，中国能通行汽车的道路才 8.07 万公里（不包括台湾以下同）。

新中国成立后，道路交通运输事业得到大力发展。到 1957 年，我国完成的重要道路干线有青藏线、康藏线、青新线、川黔线、昆洛线等，全国道路里程达到 30 万公里；1958～1965 年全国道路里程达到 52 万公里；1966～1975 年，全国道路里程发展到 78 万公里。与此同时，我国石油工业崛起，沥青得到了较广泛的应用，共修建了 10 万公里的渣油和沥青路面，加速了黑色路面的发展；1976～1985 年，全国道路里程发展到 85 万公里，同时公路等级和质量也有较大的提高，一、二级公路达 21194km。

改革开放后，公路建设更是飞跃式发展。截止到 2003 年底，全国公路总里程达到 181 万公里，其中高速公路 3.0 万公里，二级以上公路里程达到 27 万公里，路网密度 18.9km/百平方公里。将在“十五”期末基本形成由高等级公路组成的，纵贯东西和横穿国境南北的“五纵七横”的公路主骨架。同时，在公路科技方面也取得了很大成就，全球卫星定位系统 GPS、三维测量技术、航测遥感、计算机辅助设计技术已转化为生产力，使道路测量设计走向现代化。在新建、改建、养护和营运管理方面应用了大量信息数据，为建立和开发大区域集成网的道路数据库，提供了现代科学管理的依据。大批新材料、新工艺的开发和推广应用，明显降低了工程造价，提高了道路服务水平和延长了路桥的使用寿命。

## 公路的基本组成

公路是一种建筑在大地上的一条线形的带状空间结构物，它主要承受各种汽车车轮荷载的重复作用和经受各种自然因素的长期影响。因此，公路不仅要有平顺的线形、缓和的纵坡，而且还要有坚固稳定的路基、平整和抗滑性好的路面、牢固可靠的桥涵以及必要的防护工程和附属设施，以满足公路交通的要求。

公路工程由路线工程和结构工程两大部分组成。

### 1. 路线组成

公路路线即公路的中心线。公路为平面上有曲线、纵面上有起伏的立体空间线形。

平面线形由直线和平曲线组成，而平曲线又包括圆曲线和缓和曲线。

纵面线形由直线坡段和竖曲线两大部分组成。

公路路线的平面、纵断面和横断面是公路的几何组成部分。

### 2. 结构组成

公路的结构组成主要包括路基、路面、桥涵、隧道、排水工程（边沟、截水沟、排水沟、跌水、急流槽、盲沟、过水路面、渗水路堤、渡水槽等）、防护工程（护栏、挡土墙、护脚等）、路线交叉工程及公路沿线设施。高等级公路为进行交通组织，保证交通安全，提高服务质量，发挥公路效能，还设置了较完善的公路安全设施、管理服务设施、通信系统、监控系统、收费系统、供电

照明系统、环境绿化工程等。

### 1) 路基

路基是公路的重要组成部分，是线形构造物的主体。路基是路面的基础，它与路面共同承受车辆荷载的作用，所以，路基必须具有足够的强度和整体稳定性。由于路基通常由天然土石材料修筑而成，因此要求路基应具有足够的水稳定性。路基构造的基本形式如图 0-0-1 所示。

### 2) 路面

路面是公路与汽车车轮直接接触的结构层，主要承受车轮荷载和磨损。它是用各种不同的材料铺筑于路基顶面的单层或多层结构（图 0-0-2）因此要求路面具有足够的强度、稳定性、平整度和粗糙度，以利车辆在其表面安全而舒适地行驶。路面工程的质量直接影响到公路的使用性能和服务质量。

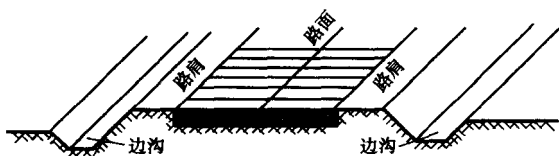


图 0-0-1 路基构造的基本形式

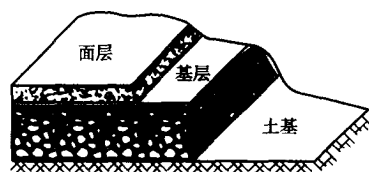


图 0-0-2 路面结构示意图

### 3) 桥梁、涵洞

公路路线常常需要跨越大小不同的障碍物（如河流、山谷、铁路、公路）故需要修筑桥梁和涵洞。我国《公路工程技术标准》（JTG B01—2003）（以下简称《标准》）规定凡单孔跨径大于或等于 5m 或多孔跨径总长大于或等于 8m 者，都称之为桥梁，当小于上述值时则称为涵洞，如图 0-0-3 所示。

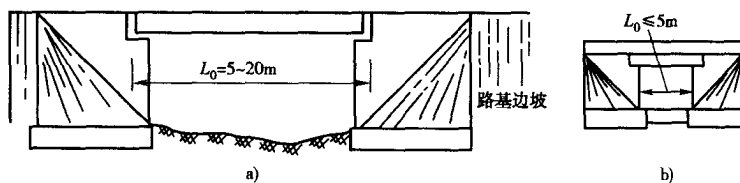


图 0-0-3 桥梁与涵洞示意图

a) 小桥 ; b) 涵洞

### 4) 隧道

山区公路，路线往往要翻越垭口或穿越山梁，为了获得较高的路线线形标准，减少过大的土石方开挖工程量，往往以隧道方式通过，如图 0-0-4 所示。隧道在施工技术和工程造价上比一般路基要高一些，但它可以避免路线在平面上绕行，改善平面线形，减缓纵坡，缩短路线里程，提高路线标准，降低运输成本。山区高等级公路常常选取隧道方案。

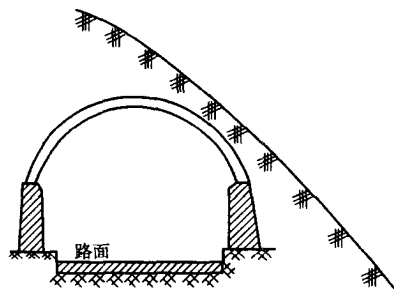


图 0-0-4 公路隧道示意图

除上述各种基本构造物外，为了保证行车安全、舒适

和公路美观 公路的组成还包括交通安全设施、交通管理设施、防护设施、停车设施、公路养护和营运房屋等设施及公路绿化等。

## 公路的分级及技术标准

### 1. 公路分级

公路等级是反映公路上汽车的通行能力和公路的服务水平、技术水平的指标。一般地讲，公路等级愈高，适应的交通量和车辆荷载愈大，允许汽车安全行驶的速度愈高，公路的服务水平和技术水平愈高。反之，公路等级愈低，公路的通行能力和行车速度也都愈低。《标准》中根据功能和适应的交通量将公路分为高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路五个等级。

(1)高速公路为专供汽车分向、分车道行驶并全部控制出入的多车道公路，按行车道数量有四车道、六车道和八车道。

四车道高速公路应能适应将各种车辆折合成小客车的年平均日交通量为 25000 ~ 55000 辆。

六车道高速公路应能适应将各种车辆折合成小客车的年平均日交通量为 45000 ~ 80000 辆。

八车道高速公路应能适应将各种车辆折合成小客车的年平均日交通量为 60000 ~ 100000 辆。

(2)一级公路为供汽车分向、分车道行驶，并可根据需要控制出入的多车道公路，按行车道数量有四车道和六车道。

四车道一级公路应能适应将各种车辆折合成小客车的年平均日交通量为 15000 ~ 30000 辆。

六车道一级公路应能适应将各种车辆折合成小客车的年平均日交通量为 25000 ~ 55000 辆。

(3)二级公路为供汽车行驶的双车道公路。

双车道二级公路应能适应将各种车辆折合成小客车的年平均日交通量为 5000 ~ 15000 辆。

(4)三级公路为主要供汽车行驶的双车道公路。

双车道三级公路应能适应将各种车辆折合成小客车的年平均日交通量为 2000 ~ 6000 辆。

(5)四级公路为主要供汽车行驶的双车道或单车道公路。

双车道四级公路应能适应将各种车辆折合成小客车的年平均日交通量为 2000 辆以下。

单车道四级公路应能适应将各种车辆折合成小客车的年平均日交通量为 400 辆以下。

### 2. 公路工程技术标准

各级公路主要技术指标汇总如表 0-0-1 所示。

各级公路主要技术指标汇总表

表 0-0-1

| 公路等级        |      | 高速公路、一级公路 |       |       |       |       |       |       |       |       | 二级公路、三级公路、四级公路 |       |      |      |               |               |  |
|-------------|------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|------|------|---------------|---------------|--|
| 设计速度 (km/h) |      | 120       |       |       | 100   |       |       | 80    |       | 60    | 80             | 60    | 40   | 30   | 20            |               |  |
| 车道数         |      | 8         | 6     | 4     | 8     | 6     | 4     | 6     | 4     | 4     | 2              | 2     | 2    | 2    | 2 或 1         |               |  |
| 路基宽度 (m)    | 一般值  | 45.00     | 34.50 | 28.00 | 44.00 | 33.50 | 26.00 | 32.00 | 24.50 | 23.00 | 12.00          | 10.00 | 8.50 | 7.50 | 6.50<br>(双车道) | 4.50<br>(单车道) |  |
|             | 最小值  | 42.00     | —     | 26.00 | 41.00 | —     | 24.50 | —     | 21.50 | 20.00 | 10.00          | 8.50  | —    | —    | —             |               |  |
| 圆曲线最小半径 (m) | 一般值  | 1000      |       |       | 700   |       |       | 400   |       | 200   | 400            | 200   | 100  | 65   | 30            |               |  |
|             | 极限值  | 650       |       |       | 400   |       |       | 250   |       | 125   | 250            | 125   | 60   | 30   | 15            |               |  |
|             | 不超高值 | 路拱 ≤ 2%   | 5500  |       |       | 4000  |       |       | 2500  |       | 1500           | 2500  | 1500 | 600  | 350           | 150           |  |
|             |      | 路拱 > 2%   | 7500  |       |       | 5250  |       |       | 3350  |       | 1900           | 3350  | 1900 | 800  | 450           | 200           |  |
| 竖曲线半径 (m)   | 凸形   | 一般        | 17000 |       |       | 10000 |       |       | 4500  |       | 2000           | 4500  | 2000 | 700  | 400           | 200           |  |
|             |      | 极限        | 11000 |       |       | 6500  |       |       | 3000  |       | 1400           | 3000  | 1400 | 450  | 250           | 100           |  |
|             | 凹形   | 一般        | 6000  |       |       | 4500  |       |       | 3000  |       | 1500           | 3000  | 1500 | 700  | 400           | 200           |  |
|             |      | 极限        | 4000  |       |       | 3000  |       |       | 2000  |       | 1000           | 2000  | 1000 | 450  | 250           | 100           |  |
| 竖曲线最小长度 (m) |      | 100       |       |       | 85    |       |       | 70    |       | 50    | 70             | 50    | 35   | 25   | 20            |               |  |
| 停车视距 (m)    |      | 210       |       |       | 160   |       |       | 110   |       | 75    | 110            | 75    | 40   | 30   | 20            |               |  |
| 最大纵坡 (%)    |      | 3         |       |       | 4     |       |       | 5     |       | 6     | 5              | 6     | 7    | 8    | 9             |               |  |
| 最小坡长 (m)    |      | 300       |       |       | 250   |       |       | 200   |       | 150   | 200            | 150   | 120  | 100  | 60            |               |  |
| 路基设计洪水频率    |      | 1/100     |       |       |       |       |       |       |       |       | 1/50           |       | 1/25 |      | 按情况确定         |               |  |

### 3. 公路等级与设计速度选用的基本原则

#### 1) 公路等级的选用

(1) 公路等级的选用应根据公路的功能、路网规划、交通量，并充分考虑公路所在地区的综合运输体系、远景发展等，经论证后确定。

(2) 一条公路，可分段选用不同的公路等级或同一公路等级不同的设计速度、路基宽度；但不同公路等级、设计速度、路基宽度间的衔接应协调 过渡应顺适。

(3) 不同设计路段相互衔接的地点，应选在交通量发生变化处，或用路者能够明显判断前方需要改变行车速度处。高速公路、一级公路宜设在互通式立体交叉或平面交叉处；二、三、四级公路宜设在交叉路口、桥梁、隧道、村镇附近 或地形明显变化处。

(4) 不同设计车速的路段相互衔接处前后一定范围内，应结合地形的变化，其路线线形主要技术指标亦随之逐渐过渡，设计速度高的一侧应采用较低的平、纵技术指标，反之则应采用较高的平、纵技术指标 使平、纵线形技术指标较为均衡 避免出现突变。

(5) 预测的设计交通量介于一级公路与高速公路之间时，若拟建公路为干线公路时，宜选用高速公路；若拟建公路为集散公路时，宜选用一级公路。

(6) 干线公路宜选用二级及二级以上公路。

#### 2) 设计速度的选用

(1) 各级公路的设计速度应根据公路的功能、等级、交通量，并结合沿线地形、地质等状况，经论证后确定。

(2) 高速公路特殊困难的局部路段，且因新建工程可能诱发工程地质病害时，经论证并报主管部门批准 该局部路段的设计速度可采用 60km/h 但长度不宜大于 15km 或仅限于相邻两互通式立体交叉之间的路段，但相邻路段的设计速度不应大于 80km/h。

(3) 一级公路作为干线公路，且纵、横向干扰小时，其设计速度宜采用 100km/h 或 80km/h。

(4) 一级公路作为集散公路时 根据混合交通量、平面交叉间距等因素 设计速度应采用 60km/h 或 80km/h。

(5) 二级公路作为干线公路时，设计速度宜采用 80km/h。

(6) 二级公路作为集散公路时，混合交通量较大、平面交叉间距较小的路段设计速度宜采用 60km/h。

(7) 二级公路位于地形、地质等自然条件复杂的山区，经论证该路段的设计速度可采用 40km/h。

## 四 公路基本建设程序和设计阶段

### 1. 公路基本建设程序

基本建设项目在整个建设过程中各项工作的先后顺序，称为基本建设程序。这个程序是由基本建设进程的客观规律（包括自然规律和经济规律）决定的。

根据我国《公路工程基本建设管理办法》的规定，公路基本建设程序如下：

(1) 根据国民经济长远规划及布局所规定的公路网规划，提出项目建议书；

(2) 经过调查，进行预可行性研究和工程可行性研究，编制工程可行性研究报告；

- (3) 根据批准的可行性研究报告，编制计划任务书（也称设计计划任务书）；
- (4) 根据批准的计划任务书，进行现场勘测，编制初步设计文件和工程概算；
- (5) 根据批准的初步设计文件和工程概算，编制施工图和施工图预算（两阶段设计）；
- (6) 施工图和施工图预算经批准后，列入年度基本建设计划；
- (7) 进行施工前的各项准备工作；
- (8) 组织精心施工；
- (9) 完工后 编制竣工图表和工程决算 竣工验收 交付使用。

公路工程基本建设从计划到竣工交付使用的全过程大致可分为规划与研究阶段、设计阶段、施工阶段、交付使用阶段。公路工程基本建设程序如网络图 0-0-5 所示。

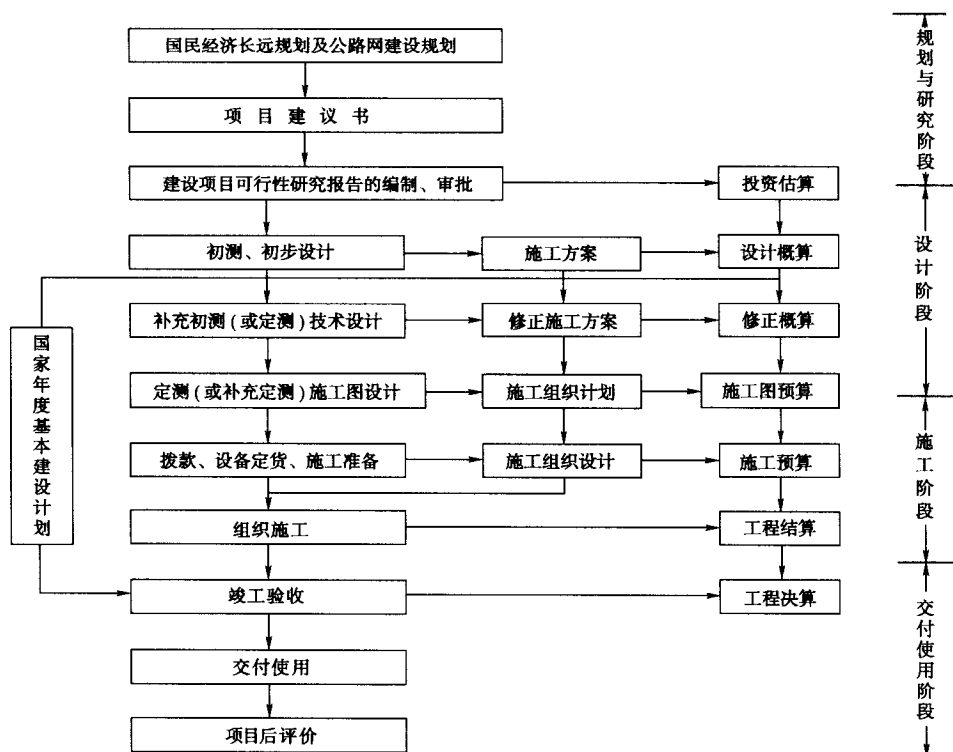


图 0-0-5 公路工程基本建设程序

## 2. 设计阶段的划分

公路工程基本建设项目，根据路线性质和要求，可分为一阶段设计、两阶段设计和三阶段设计。

(1) 两阶段设计：即初步设计和施工图设计。它是公路设计的主要程序，即一般公路所采用的设计程序。其步骤为：根据批准的工程可行性研究报告和计划任务书，先进行初测，编制初步设计文件和工程概算；经上级批准初步设计后，再进行定测，编制工程施工图和工程施工图预算。

(2)一阶段设计：即一阶段施工图设计。它适用于技术简单、方案明确的小型工程。其步骤为：根据批准的计划任务书，进行一次详细的定测，据以编制施工图设计文件和工程预算。

(3)三阶段设计：即初步设计、技术设计和施工图设计。对于技术复杂又缺乏经验的建设项目或建设项目中的个别路段、特大桥、互通式立体交叉、隧道等，必要时应采用三阶段设计。其步骤为 根据批准的计划任务书 进行初测 编制初步设计文件和工程设计概算 经上级部门批准初步设计后 对重大、复杂的技术问题 通过科学试验、专题研究 解决初步设计中未能解决的问题 落实技术方案 提出修改方案 编制修正设计概算 经批准后 进行定测 编制施工图文件和施工图预算。



## 单元一 公路线形

汽车在公路上行驶，若从高空向下俯视，汽车就像一个质点在大地上运动。汽车在公路表面上沿着公路中心线的方向行驶，公路的中心线就是汽车运动的轨迹。这一条轨迹在大地上平面和高程方面的变化，可以看作是一条三维空间曲线。我们所设计的公路线形，就是沿着公路中心线的平面投影和竖面投影。公路线形包括平面线形、纵断面线形和横断面线形。

### 课题一 平面设计

【内容提要】 1. 圆曲线 2. 公路超高 3. 公路加宽 4. 缓和曲线 5. 平曲线最小长度 6. 行车视距 7. 路线平面图。

#### 【学习目标】

- 应知：1. 平曲线的组成及其标准要求；  
2. 平曲线超高、加宽设置的目的、要求及方法；  
3. 路线平面图的内容。

应会：路线平面设计和平曲线要素的计算。

公路的中心线在水平面上的投影称为公路路线的平面。公路平面线形受地形、地质、地物等障碍的限制而转折时，在公路转折处，就需要设置曲线来连接相邻两直线。因此，公路平面线形是由直线和平曲线组合而成的。而平曲线又分为曲率半径为常量的圆曲线和曲率半径为变量的回旋线两种。《标准》规定高速公路和一级公路、二级公路、三级公路平面线形要素包括直线、圆曲线、缓和曲线三种，而四级公路平面线形要素包括直线、圆曲线两种。公路路线的平面组成形式如图 1-1-1 所示。

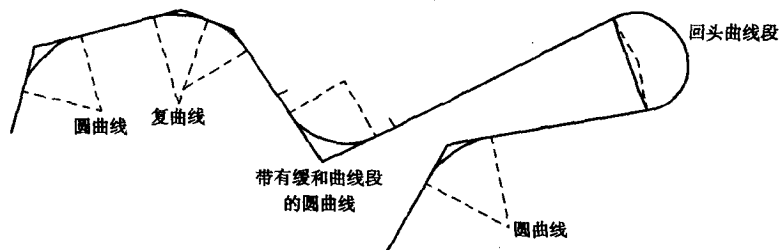


图 1-1-1 公路路线的平面组成

## 圆曲线

各级公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。圆曲线具有易与地形相适应、线形美观简捷、易于测设等优点，故使用十分普遍。

### 1. 圆曲线半径

圆曲线的主要技术指标就是圆曲线半径。半径一旦确定，则圆的大小和曲率就完全确定了。

汽车以一定的速度  $v$  沿着半径为  $R$  的圆曲线行驶时，受到离心力  $C = mv^2/R$  的作用（图 1-1-2），可能会使汽车有向外滑移或倾覆的危险，为了保证汽车在曲线上的行车安全、舒适，必须对离心力加以限制。限制离心力的方法之一是降低车速，但是公路等级既定，计算行车速度为定值，不能改变；另一个方法则是对半径的限制，半径越大，离心力就越小，汽车在曲线上行驶就越稳定。

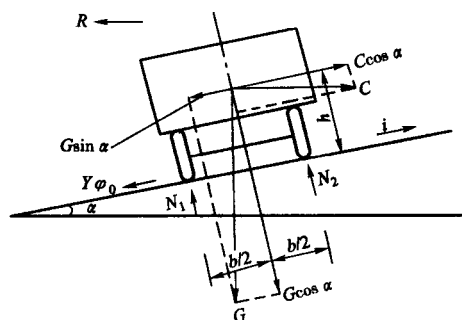


图 1-1-2 汽车在弯道内侧行驶时的受力图

因此，为了保证汽车在圆曲线上行驶的稳定性，要求圆曲线半径不宜过小。《标准》规定了三种类型的最小半径，即极限最小半径、一般最小半径、不设超高的最小半径。

(1) 极限最小半径是指圆曲线半径采用的最小极限值；当受地形条件限制或其他条件限制时方可采用，一般尽可能不采用或少采用极限最小半径。

(2) 一般最小半径是指在一般情况下能安全、经济、舒适地行驶的圆曲线最小半径。它介于极限最小半径与不设超高的最小半径之间。

(3) 不设超高的最小半径是指在满足设计速度的条件下，汽车能在双向路面横坡的外侧安全、经济、舒适地行驶的圆曲线最小半径。

各级公路圆曲线最小半径见表 1-1-1 所示。

圆曲线最小半径

表 1-1-1

| 设计速度(km/h)      | 120             | 100  | 80   | 60   | 40   | 30  | 20  |
|-----------------|-----------------|------|------|------|------|-----|-----|
| 一般值(m)          | 1000            | 700  | 400  | 200  | 100  | 65  | 30  |
| 极限值(m)          | 650             | 400  | 250  | 125  | 60   | 30  | 15  |
| 不设超高最小半径<br>(m) | 路拱 $\leq 2.0\%$ | 5500 | 4000 | 2500 | 1500 | 600 | 350 |
|                 | 路拱 $> 2.0\%$    | 7500 | 5250 | 3350 | 1900 | 800 | 450 |

在确定圆曲线半径时，应注意：

- (1) 在适应地形的情况下，应选用较大的曲线半径；
- (2) 一般情况下，宜采用极限最小半径的 4~8 倍或超高为 2%~4% 的圆曲线半径；
- (3) 地形条件受限制时，应采用大于或接近一般最小半径的圆曲线半径；
- (4) 地形条件特殊困难而不得已时，方可采用极限最小半径；
- (5) 圆曲线应同前后线形要素相协调，悬殊不要过大，使之构成连续、均衡的曲线线形；
- (6) 圆曲线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；

在选用圆曲线半径时应与计算行车速度相适应，并应尽可能选用较大的圆曲线半径，以提高公路的使用质量。但太大的半径也无实际意义，所以圆曲线最大半径不宜超过 10000m。

## 2. 圆曲线的几何元素

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“不设超高的圆曲线半径”时，也可不设缓和曲线，即为单圆曲线。其几何元素的计算及关系如图 1-1-3 所示。

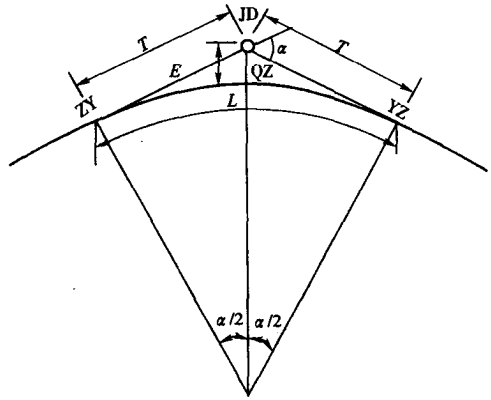


图 1-1-3 圆曲线几何元素

$$\text{切线长: } T = R \times \tan \frac{\alpha}{2} \quad (1-1-1)$$

$$\text{曲线长: } L = \frac{\pi}{180^\circ} \alpha R \quad (1-1-2)$$

$$\text{外距: } E = R(\sec \frac{\alpha}{2} - 1) \quad (1-1-3)$$

$$\text{超距: } J = 2T - L \quad (1-1-4)$$

式中： $T$ ——切线长 (m)；

$L$ ——曲线长 (m)；

$E$ ——外距 (m)；

$J$ ——校正数或超距 (m)；

$R$ ——圆曲线半径 (m)；

$\alpha$ ——转角 ( $^\circ$ )。

【例 1】已知交点的里程桩号为 K3 + 182.76，测得路线转角  $\alpha_{右} = 25^\circ 48'$ ，圆曲线半径  $R = 300\text{m}$ ，试计算圆曲线元素。

解：圆曲线元素的计算：

$$T = R \tan \frac{\alpha}{2} = 300 \times \tan \frac{25^\circ 48'}{2} = 68.71\text{m}$$

$$L = \frac{\pi}{180^\circ} \alpha R = \frac{\pi}{180^\circ} \times 25^\circ 48' \times 300 = 135.09\text{m}$$

$$E = R(\sec \frac{\alpha}{2} - 1) = 300 \times (\sec \frac{25^\circ 48'}{2} - 1) = 19.09\text{m}$$

$$D = 2T - L = 2 \times 68.71 - 135.09 = 2.33\text{m}$$

## 公路超高

### 1. 超高横坡度

当圆曲线半径小于不设超高的最小半径时，为了使汽车能安全、稳定、满足设计行车速度和经济、舒适地通过圆曲线时，必须将圆曲线部分的路面做成与内侧路面同坡度的单向横坡，

这单向横坡称为超高横坡度，用  $i_{超}$  表示。其目的是为了汽车在圆曲线上行驶时能获得一个向圆曲线内侧的横向分力，用以克服离心力，减小横向力。由于从圆曲线起点至圆曲线终点的半径是不变的，故  $i_{超}$  从圆曲线起点至圆曲线终点也是一个不变的定值，这个圆曲线上的超高定值，称为该圆曲线的全超高横坡度，见图 1-1-4 所示。

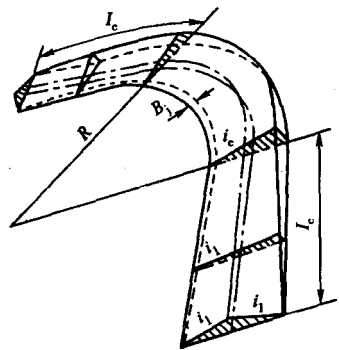


图 1-1-4 圆曲线上的超高设置

超高横坡度应按公路等级、设计速度、圆曲线半径，并结合路面类型、车辆组成和自然条件等情况确定。考虑到在圆曲线上行驶的车辆可能以低速行驶，甚至完全停止在圆曲线上，如果这时全超高横坡度太大，汽车就有向内侧滑移的可能，特别是在冬季结冰的公路上这种可能性更大，所以圆曲线上的超高不能太大。我国《标准》规定了各级公路圆曲线部分的最大超高值，见表 1-1-2。

各级公路圆曲线最大超高值

表 1-1-2

| 公路等级      | 高速公路、一级公路 | 二、三、四级公路 |
|-----------|-----------|----------|
| 一般地区(%)   | 10 或 8    | 8        |
| 积雪冰冻地区(%) | 6         |          |

当圆曲线半径介于最小半径与不设超高的半径之间时，其超高横坡度应根据设计速度、圆曲线半径、自然条件等按表 1-1-3 选用。

当计算超高横坡度小于路拱坡度时，应设置等于路拱坡度的超高。

## 2. 超高缓和段长度

全超高横断面应设置在圆曲线范围内。当由直线段的双坡横断面变为圆曲线段的单坡横断面时，为了行车的平顺和线形的美观，中间需要设置一段逐渐过渡段，称为超高缓和段。

在超高缓和段上设置超高时，路面是绕一条固定不动的轴线向前推进并旋转变化的。由于在超高缓和段上逐渐超高，引起行车道外侧边缘线或内侧边缘线的纵坡度逐渐增大或减小，使边缘线纵坡与旋转轴线设计纵坡（即原路线设计纵坡）不一，这个由于超高而引起的旋转轴线与行车道（设路缘带时为路缘带）外侧边缘线之间的相对坡度称为超高渐变率。

超高渐变率的大小对线形的美观、驾驶员和乘客的舒适程度及路线纵向排水都有一定影响，其数值应控制在一定范围内。各种设计速度下的超高渐变率如表 1-1-4 所示。

超高渐变率

表 1-1-4

| 设计速度<br>(km/h) | 超高旋转轴位置 |       | 设计速度<br>(km/h) | 超高旋转轴位置 |       |
|----------------|---------|-------|----------------|---------|-------|
|                | 中线      | 边线    |                | 中线      | 边线    |
| 120            | 1/250   | 1/200 | 40             | 1/150   | 1/100 |
| 100            | 1/225   | 1/175 | 30             | 1/125   | 1/75  |
| 80             | 1/200   | 1/150 | 20             | 1/100   | 1/50  |
| 60             | 1/175   | 1/125 |                |         |       |

超高缓和段的长度与最大超高值、超高的过渡方式及渐变率有关。



### 3. 超高过渡方式

#### 1) 无中间带的公路

(1) 超高横坡度等于路拱坡度时，将外侧车道绕路中线旋转，直至超高横坡度。

(2) 超高横坡度大于路拱坡度时，可分别采用以下三种过渡方式：

绕路面内边缘旋转。先将外侧车道绕路中线旋转，待达到与内侧车道构成单向横坡后，整个断面再绕未加宽前的内侧车道边缘旋转，直至超高横坡值，如图 1-1-5a) 所示。一般新建公路应采用此种方式。

绕中线旋转。先将外侧车道绕路中线旋转，待达到与内侧车道构成单向横坡后，整个断面一同绕路中线旋转直至超高横坡值 如图 1-1-5b) 所示。一般改建公路应采用此种方式。

绕路面外边缘旋转。先将外侧车道绕外边缘线旋转，与此同时，内侧车道随中线的降低而相应降低，待达到单向横坡后，整个断面仍绕外侧车道边缘旋转，直至超高横坡值，如图 1-1-5c) 所示。此种方式仅在特殊设计（如强调路容美观，或高路堤时为节省工程数量）时采用。

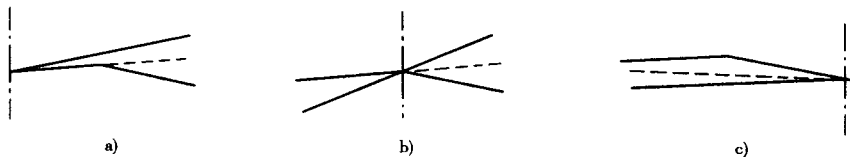


图 1-1-5 无中间带公路超高设置方式  
a) 绕内侧边缘旋转 ; b) 绕中线旋转 ; c) 绕外侧边缘旋转

#### 2) 有中间带的公路

(1) 绕中间带的中心线旋转。将超高前的中间分隔带中线保留在原来位置不动。这种旋转方式是先将外侧行车道绕中间带的中心线旋转，待达到与内侧行车道构成单向横坡后，整个断面一同绕中间带的中心线旋转，直至超高横坡度值。此时中央分隔带呈倾斜状，如图 1-1-6a) 所示。

中间带宽度  $\leq 4.5\text{m}$  的公路可采用此种方式。

(2) 绕中央分隔带的边缘旋转。将分隔带保留在原来位置不动。这种旋转方式是将两侧行车道分别绕中央分隔带边缘旋转，使之各自成为独立的单向超高断面，此时中央分隔带维持原水平状态 如图 1-1-6b) 所示。

各种宽度中间带的公路均可采用此种方式。

(3) 绕各自自行车道中线旋转。将超高前中央分隔带两边的行车道中心线保留在原来位置不动。这种旋转方式是将两侧行车道分别绕各自的中心线旋转，使之各自成为独立的单向超高断面，此时中央分隔带两边缘分别升高或降低而成为倾斜断面 如图 1-1-6c) 所示。

四车道以上的公路可采用此种方式。

对于采用分离式断面的高等级公路，其超高过渡方式可视

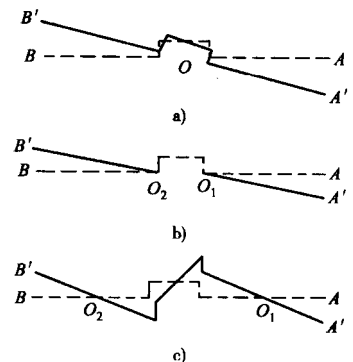


图 1-1-6 有中间带公路的超高过渡方式  
a) 绕分隔带中心旋转 ; b) 绕分隔带两侧边缘旋转 ; c) 绕分隔带两侧路面中心旋转

为两条无中间带的公路分别予以处理。

当高速公路、一级公路的上、下行车道位于坡度较大处时，可采用不同的超高值。其他等级的分道行驶公路，必要时亦可按此处理。

## 公路加宽

### 1. 设置加宽的原因

当汽车在平曲线上行驶时，各个车轮的轨迹半径是不同的 如图 1-1-7 所示。后轴内侧车轮的行驶轨迹半径最小，前轴外侧车轮的行驶轨迹半径最大。驾驶员在圆曲线部分操纵汽车使前轮轮轴中心沿着车道中线行进，后轮轮轴中心就会向内侧偏移，后轴内轮常超出车道内侧边缘。圆曲线半径愈小，或汽车轴距愈长，后轮的偏移值越大。由此可知，在弯道上行驶的汽车所占的路面宽度，要比在直线上所占的路面宽度大些，才能满足安全行驶的要求。为了使汽车及挂车的后轮能够在坚实的车道上行驶，公路设计时，将圆曲线内侧的路面适当予以加宽，称为圆曲线加宽。

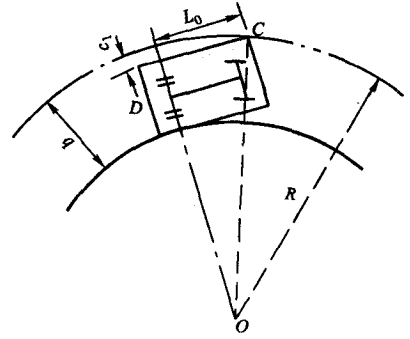


图 1-1-7 平曲线上的路面加宽

### 2. 圆曲线上全加宽值的确定

在圆曲线上，其曲线半径为定值。一般情况下，汽车从圆曲线起点至圆曲线终点的车轮转向角也是保持不变的，则圆曲线起点至圆曲线终点的路面加宽也就是一个不变的定值，这个定值称为圆曲线上的全加宽值 简称加宽值 如图 1-1-8 所示。

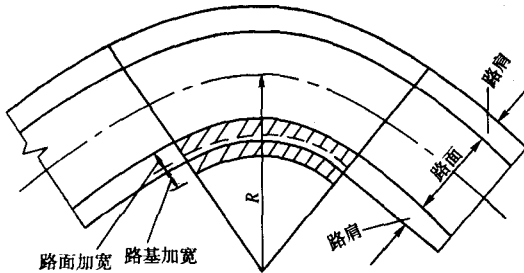


图 1-1-8 圆曲线上的全加宽

圆曲线上的路面全加宽值，是根据会车时两辆汽车之间及汽车与路面边缘之间所需的间距决定的，它与圆曲线半径、车型和行车速度等因素有关。

### 3. 设置加宽的规定和要求

《标准》规定，当平曲线半径等于或小于 250m 时，应在平曲线内侧设置加宽，双车道路面的加宽值规定见表 1-1-5。

双车道路面的加宽值 (m)

表 1-1-5

| 加宽类别 | 加宽值       | 圆曲线半径 |      |      |      |     |     |     |     |     |
|------|-----------|-------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
|      |           | 250   | <200 | <150 | <100 | <70 | <50 | <30 | <25 | <20 |
|      |           | -     | ~    | ~    | ~    | ~   | ~   | ~   | ~   | ~   |
|      | 汽车轴距加前悬   | 200   | 150  | 100  | 70   | 50  | 30  | 25  | 20  | 15  |
| I    | 5         | 0.4   | 0.6  | 0.8  | 1.0  | 1.2 | 1.4 | 1.8 | 2.2 | 2.5 |
| II   | 8         | 0.6   | 0.7  | 0.9  | 1.2  | 1.5 | 2.0 | —   | —   | —   |
| III  | 5.2 + 8.8 | 0.8   | 1.0  | 1.5  | 2.0  | 2.5 | —   | —   | —   | —   |

单车道公路的路面加宽值取表列数值的一半；三条以上车道构成的公路，其路面加宽值应另行计算。

我国根据轴距的不同，将加宽分为三类。其轴距加前悬的长度分别为 5m、8m 和 5.2m + 8.8m。四级公路和山岭重丘区的三级公路应采用第 I 类加宽值；其余各级公路应采用第 III 类加宽值；对不经常通行集装箱运输的半挂车公路，可采用第 II 类加宽值。

#### 4. 加宽过渡方式

从平面线形看 在圆曲线部分进行加宽会使路基、路面宽度产生突变 影响路容的美观 而且这部分加宽也不能很好地发挥作用。为此，需在直线和圆曲线间设置一段加宽的过渡段，来完成加宽的逐渐变化，此过渡段称为加宽缓和段。加宽缓和段长度采用与回旋线或超高缓和段长度相同的数值。

加宽缓和段的设置应根据公路等级采用相应的过渡方法。

(1) 二、三、四级公路的加宽缓和段的设置，应采用在相应的回旋线或超高、加宽缓和段全长范围内按其长度成比例增加的方法。即加宽缓和段上任一点的加宽值  $B_{jx}$  与该点到加宽缓和段起点的距离  $x$  同加宽缓和段全长  $L$  的比率 ( $K = x/L$ ) 成正比，如图 1-1-9a) 所示 即

$$B_{jx} = KB_j \quad (1-1-5)$$

式中： $B_j$ ——圆曲线部分路面加宽值 (m)。

(2) 高速公路、一级公路设加宽缓和段时 应采用高次抛物线过渡。

高速公路、一级公路及二级公路的下列路段 也可采用插入回旋线的方法 如图 1-1-9b) 所示。即：

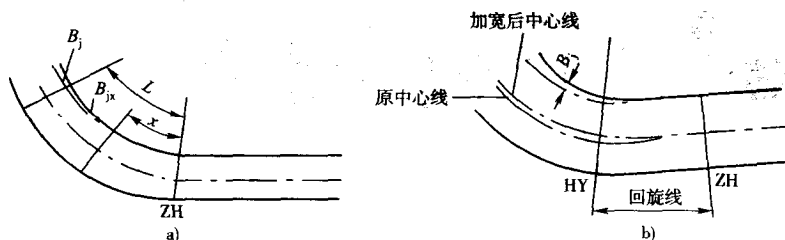


图 1-1-9 加宽过渡方式

- 位于大城市近郊的路段；
- 桥梁、高架桥、挡土墙、隧道等构造物处；
- 设置各种安全防护设施的地段。

(3) 四级公路可不设缓和曲线，其加宽缓和段是在直线上设置的，这样在圆曲线起、终点内侧边缘有突出的转折，小半径的弯道尤为明显，使路容很不美观，施工也不方便。因此，在设计位于此处的挡土墙等人工构造物时，可采用路面加宽边缘线与圆曲线上路面加宽后的边缘圆弧相切的方法予以处理，如图 1-1-10 所示。

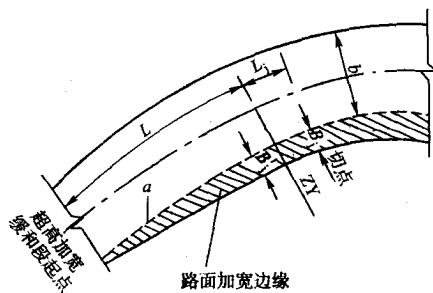


图 1-1-10 加宽缓和段内侧边缘转折的处理方式

## 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过渡曲线。它是协调平面线形的主要线形要素，如图 1-1-11 所示。

### 1. 设置缓和曲线的目的

- (1) 有利于驾驶员操纵转向盘；
- (2) 离心加速度逐渐变化 使旅客感觉舒适；
- (3) 完成超高和加宽的过渡 即行车道的超高或加宽应在缓和曲线内逐渐过渡到圆曲线部分的全超高或全加宽。

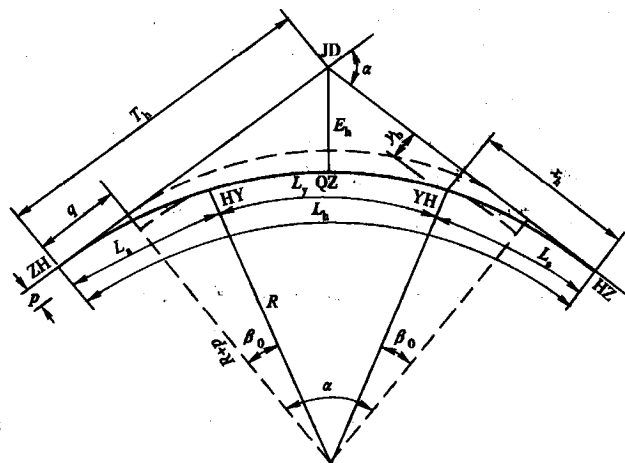


图 1-1-11 缓和曲线图

- (4) 与圆曲线配合得当 增加线形美观 如图 1-1-12 所示。

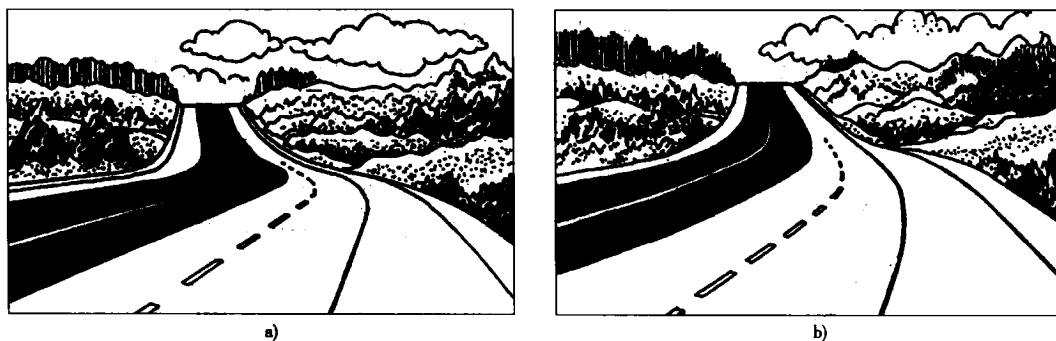


图 1-1-12 直线与曲线连接效果图

a) 不设缓和曲线——路线扭曲；b) 设置缓和曲线——路线平顺美观

由上可知，缓和曲线既能满足转向角和离心力逐渐变化的要求，同时又能在缓和曲线内完成加宽与超高的逐渐过渡，它比加宽缓和段及超高缓和段更加完美。故《标准》规定，三级公路（含三级公路）以上的公路，为改善行车条件，均需设缓和曲线。加宽缓和段和超高缓和段只有在四级公路上才能代替缓和曲线。

### 2. 缓和曲线的线形

缓和曲线应采用与汽车行驶轨迹相一致的形式，即满足汽车从直线上无穷大的半径逐渐驶入半径为定值  $R$  的圆曲线。缓和曲线可采用回旋线、三次抛物线、双纽线等线形。我国《标准》规定缓和曲线采用回旋曲线的形式。

回旋线的基本公式为：

$$rl = A^2 \quad (1-1-6)$$