# 公路缓和曲线和弯道加宽超高

# 綜合设计手册

陕西省公路勘察設計院

# 前　言

中线测量，如在直线和圆曲线之间插设缓和曲线，那是很费事的。而且，即使中线上没有缓和曲线，如对于弯道加宽的过渡处理不好（流行的办法按直线比例分配加宽，就不是好办法），则在道路的行车质量上和路容美观上，依然不能获得好的效果。

现在我们采用的办法是：中线上不测缓和曲线，而以测量中线为依据，用不同的支距，放出具有缓和曲线的真中线和边线；弯道加宽的过渡是与缓和曲线结合起来设计的。超高问题也一并解决。这样做的结果：给施工提供的资料是明确完整的，行车质量和路容美观都比流行的方法好，为了内业设计方便快速，我们把上述真中线、内外边线的支距，以及超高设计都编制成图表，以便查用。

这个综合处理缓和曲线，和加宽超高的方法是西安公路学院周榍教授提出的。1977年我院曾经试用，效果良好；1978年周教授作了些修改，发表于《汽车与公路》78年第二期；近来又作了进一步的简化计算方法，拟编入《公路勘测与设计》的教材。本书的图表是根据最近的修改稿编制的。

在此谨向周榍教授和帮助他完成这项理论推导工作的公路学院道路教究室的同志们致谢。

陕西省公路勘察设计院

# 目　录

## 说明

# Ⅰ. 关于缓和曲线的改革

过去我们在二级路测设中，使用的方法多采用铁路缓和曲线的测设方法，对缓长的采用，测设方法，均与公路不同。因而我们在工作中，感到繁复，给勘察设计带来很多不便。

1977年我院请公路学院周榍教授讲授新的缓和曲线理论和方法，我们据此编算了一本缓和曲线测设方法和用表，在陕北某线二级路改建测量中使用了这种方法，虽内业工作量有些增加，但外业工效却提高三至五倍，质量上也有所提高，使外业工作，有了根本性的改变。

新的缓和曲线理论是以“n”次单项式曲线代替了以往使用的回旋线，在理论上与回旋线有同样的效果，在方法上则比较简单，并具有内、中、外三条缓和曲线；使汽车在接近曲线行驶中，达到舒顺，而又符合自然轨迹的运行。

在外业测设中仍以直线联接圆曲线测设方法，在内业设计中则将缓和曲线的中线（ϕ线）和内、外边线反映在路幅设计表中。施工前是以原直线连接原曲线（以下简称中线）为基线，在现场放出缓和曲线。这样不但方便了外业测设，也方便了施工中的补桩放样。

1979年周教授对缓和曲线计算方法及部份数据进行了修改，使缓和曲线在计算方法上更趋简单，取用数据更较切实，既符合高级道路的选用，也适用于较低级道路的设置缓和曲线。我院为了适应我省各级道路的新建和改建，特重新编制缓和曲线用表及说明，供测设及施工使用。在编制过程中深受周教授关切和指导，特此感谢。编表中如有错误和不妥之处，望指正。

# Ⅱ. 处 理 概 要

Ⅱ·1．平面处理

参看图（一）沿测量中线（简称中线）划分成：直线段、圆弧段，和过渡段（或称缓和段）三种段落。过渡段包括原测曲线的起讫点ＺＹ（ＹＺ）在内，是由原直线的Z段和曲线的Y段组成，缓和长度 $L_s = Z + Y$。

由于要在过渡段路幅的内外边线和中线都要设置缓和曲线，它们的圆弧都要向内移一定的距离，移距P和弯道加宽W有关，即假如W是已知的，只要能确定一个P，其它两个P都可以确定。现在我们采用的是先确定 $P_\phi$ 再求 $P''$ 及 $P'$。

| | | | |
|---|---|---|---|
| 外边线移距$P''$ | 已　知 | $=P_\phi-\frac{W}{2}$ | $=P'-W$ |
| 中线移距$P_\phi$ | $=P''+\frac{W}{2}$ | 已　知 | $=P'-\frac{W}{2}$ |
| 内边线移距$P'$ | $=P''+W$ | $=P_\phi+\frac{W}{2}$ | 已　知 |

$P_\phi$ 确定后，$P''$及$P'$便可求出。然后再求 $P_Z$，$P_Y$和$p_z$，$p_Y$。

在弯道的中线，边线都设置缓和曲线，以弯道的真中线（ϕ线）为基轴线，把弯道的加

宽值平均分配于内外两侧。这样对于一个双车道的公路，就有了内、中、外三条线各自的P和Ls。

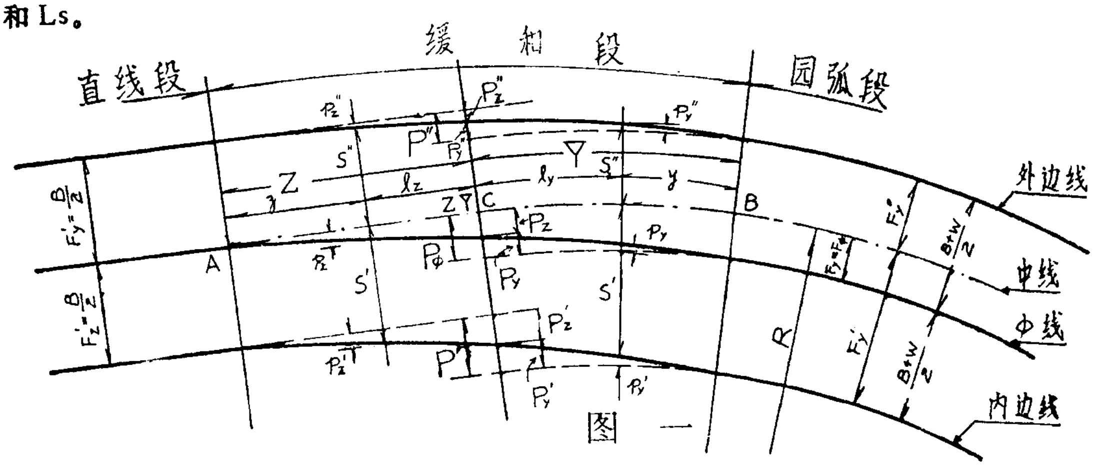



图 一

**Ⅰ·2．关于弯道加宽**

弯道加宽采用简化公式：

$$W=\frac{A^2}{R}$$

W＝双车道的加宽（米）。

A＝车长（前保险杠至后轴距离）（米）。

对于半拖车，双车道的弯道加宽简化公式是：

$$W=\frac{A_1+A_2}{R}$$

其中： $A_1$ 是前保险杠至驱动轴的距离。

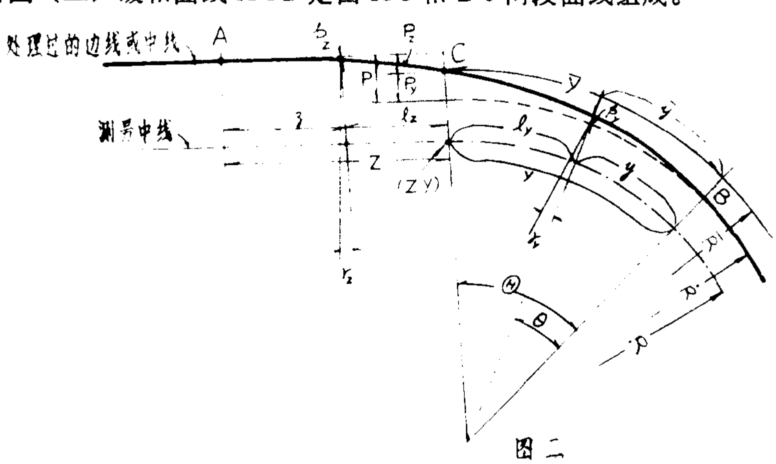
$A_2$ 是驱动轴至拖车后轴的距离。

**Ⅰ·3．缓和曲线采用公式及推导**

现在采用的缓和曲线，既包括回旋线的近似形式，也包括比回旋线更符合行车轨迹的缓和曲线和较次的缓和曲线。既可应用于中线也可应用于行车带的边线。

**Ⅰ·3·1．一般公式**

参看图（二）缓和曲线ACB是由AC和BC两段曲线组成。




图二

AC是在切线上，以A为起点叠加的一条 n 次抛物线，其切线支距为：

$$p_Z = P_Z\left(\frac{z}{Z}\right)^n = P_Z\left(1-\frac{lz}{2}\right)^n \qquad (1)$$

BC是在半径为 R 的圆弧上，以B为起点叠加一条同次的抛物线，其圆弧支距为：

$$p_Y = P_Y\left(\frac{y}{Y}\right)^n = P_Y\left(1-\frac{l\,y}{Y}\right)^n \qquad (2)$$

这是基本公式。Z、Y、P、Pz、$P_Y$、n的相互关系，在缓和曲线推导中详细说明。

$\overset{\frown}{ACB}$ 做为整个一条缓和曲线，如果要求它符合行驶中汽车重心的轨迹，则需满足以下三个条件：

① $\overset{\frown}{AC}$ $\overset{\frown}{BC}$在C点要相连接并接得滑顺，则必须：

$$\left.\begin{aligned} &Pz + P_Y = P \\ &\frac{Pz}{Z} = \frac{P_Y}{Y} = \frac{P}{Y+Z} \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

在A、B两点也需连接得滑顺，则必须 n＞1。

② $\overset{\frown}{AC}$ $\overset{\frown}{BC}$ 的曲率要在 C点相衔接，则必须：$P = \dfrac{Z\cdot Y}{n(n-1)R}$ $\qquad$ (4)

在A、B两点的曲率也相接，则必须 n＞2。

③ 如进一步要 $\overset{\frown}{AC}$、$\overset{\frown}{BC}$的曲率变化率在C点相一致，则 Z＝Y。

在A、B两点的曲率变化率也相连接，则必须 n＞3。

上述条件如都能满足，在理论上应是可循性极好的缓和曲线。

Ⅰ·3·2. 有关公式的推导

(1) 有关曲线的斜率 Tgγ 的公式

由式 (1) $\qquad p_z = P_z\left(\frac{z}{Z}\right)^n$

$\overset{\frown}{AC}$ 的斜率 $\qquad \operatorname{tg}\gamma_z = \dfrac{dp_z}{dZ} = \dfrac{nP_z}{Z}\left(\dfrac{z}{Z}\right)^{n-1}$ $\qquad$ (a)

在 C点 $\qquad z = Z \quad \operatorname{tg}\gamma_z(c) = \dfrac{nP_z}{Z}$

$\overset{\frown}{BC}$曲线用极座标表示：

$$\rho = R + p_Y = R + P_Y\left(\frac{\theta}{\Theta}\right)^n$$

$\overset{\frown}{BC}$的斜率 $\qquad \operatorname{tg}\gamma_Y = \dfrac{d\rho}{d\theta}\Big/\rho = \dfrac{n\cdot P_Y}{\rho\Theta}\left(\dfrac{\theta}{\Theta}\right)^{n-1}$ $\qquad$ (b)

在 C点 $\qquad \theta = \Theta \qquad \rho = \overline{R}$

$$\operatorname{tg}\gamma_Y(c) = \frac{nP_Y}{\overline{R}\,\Theta} = \frac{nP_Y}{\overline{Y}}$$

上式中，$\overline{Y}$ 是通过C点、为Θ角所张的圆弧长见图（二）。

要求$\widehat{AC}$，$\widehat{BC}$在C点连接得顺滑，就是要 $\mathrm{tg}\gamma_Z(c)=\mathrm{tg}\gamma_Y(c)$

$$\therefore \qquad \frac{nP_Z}{Z}=\frac{nP_Y}{Y}$$

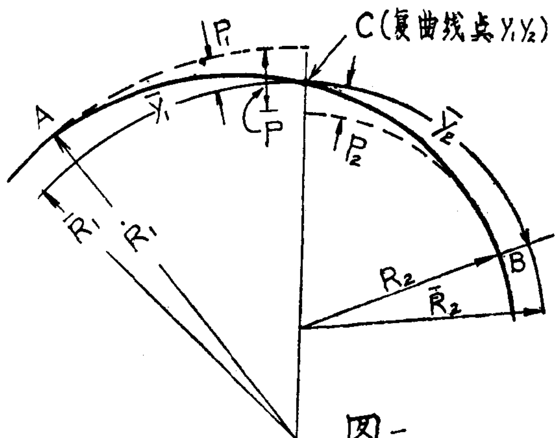
得式（4）
$$\frac{P_Z}{Z}=\frac{P_Y}{Y}=\frac{P}{Z+Y}$$

上式保证缓和曲线在 C 点顺滑，与 n 无关。但在 A、B 两点也必须顺滑，需要 $n>1$。

复曲线的缓和曲线图（三），也具有(3)的类似关系：

$$\frac{P_1}{Y_1}=\frac{P_2}{Y_2}=\frac{P}{Y_1+Y_2} \qquad (5)$$

不另推导。




图三

让我们回过头来再研究一下式(a)、(b)。

式(b)中的 ρ 变化于 $\dot{R}$与 $\bar{R}$ 之间，变化是微小的，命其为 $\dot{R}$或$\bar{R}$，或在R很大时命其为R，都不致导致有影响的误差，于是

$$\mathrm{tg}\gamma_Y \approx \frac{dp_Y}{dY}=\frac{nP_Y}{Y}\left(\frac{y}{Y}\right)^{n-1} \qquad (b')$$

在大半径情况下，
$$\gamma_Y \approx \frac{dp_Y}{dy}=\frac{nP_Y}{Y}\left(\frac{Y}{Y}\right)^{n-1} \qquad (b'')$$

$$\gamma_Z=\frac{dp_Z}{dz}=\frac{nP_Z}{Z}\left(\frac{z}{Z}\right)^{n-1} \qquad (a'')$$

上式说明：γ大体上是 p 的一次导数这样一个间单关系。

（2）有关曲线K的公式

一律采用简化了的曲率近似式，当然有误差。但是，具体反映缓和曲线形状的支距 P，对于曲率K并不那么敏感，精确的曲率公式可不需要。近似式的误差，在高速路大半径的情况下，在缓和曲线的形状上不产生任何影响；对低速路的小半径，在缓和曲线上也只有些微影响，不损美观，不妨碍行车质量。

现在就微分学上的曲率精确公式，根据我们实际应用化简：

$\overset{\frown}{AC}$ 的曲率 $$K_z=\frac{\dfrac{d^2p_z}{dz^2}}{\left[1+\left(\dfrac{dp_z}{dz}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}$$

上式分母中$\dfrac{dp_z}{dz}$比1小得多可忽略，于是：

$$K_z\approx\frac{d^2p_z}{dz^2}=\frac{n(n-1)P_z}{Z^2}\left(\frac{z}{Z}\right)^{n-2} \qquad (c)$$

$\overset{\frown}{BC}$ 上的曲率 $$K_y=\frac{\rho^2+2\left(\dfrac{d\rho}{d\theta}\right)^2-\rho\dfrac{d^2\rho}{d\theta^2}}{\left[\rho^2+\left(\dfrac{d\rho^2}{d\theta}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}$$

上式中：ρ变化不大，令其为$\overline{R}$；

$$\frac{d\rho}{d\theta}\approx\overline{R}\,\frac{n\cdot P_Y}{\overline{Y}}\left(\frac{y}{\overline{Y}}\right)^{n-1}$$ 。比ρ小的多，可忽略

$$\rho\frac{d^2\rho}{d\theta^2}\approx\overline{R}^3\frac{n(n-1)P_Y}{\overline{Y}^2}\left(\frac{y}{\overline{Y}}\right)^{n-2}$$

于是 $$K_y\approx\frac{1}{\overline{R}}-\frac{n(n-1)P_Y}{\overline{Y}^2}\left(\frac{y}{\overline{Y}}\right)^{n-2}$$

$$=\frac{1}{\overline{R}}-\frac{d^2p_Y}{dy^2} \qquad (d)$$

在大半径情况下 $$K_y\approx\frac{1}{R}-\frac{n(n-1)P_Y}{Y^2}\left(\frac{y}{Y}\right)^{n-2}$$

$$=\frac{1}{R}-\frac{d^2p_Y}{dy^2} \qquad (d')$$

式(c)表示曲率大致为支距的二次导数这样一个简单关系。式(d)则表示出由两个曲线叠加所形成的曲线的大致曲率，稍加推广的说，这个曲率大致为叠加曲线的曲率之和或差，看两个曲线的凸向是相同的或相反的。式(d)表示两个凸向相反的曲线。这是很有意思的关系，虽是近似的，却大有用处。

$\overset{\frown}{ACB}$ 做为整个一条缓和曲线，在C点要接连得顺滑，那么，式(c)、(d)中的$P_z$、$P_Y$必须符合式(3)的关系，即：

$$P_z=\frac{ZP}{Z+\overline{Y}},\qquad P_Y=\frac{\overline{Y}P}{Z+Y}$$

代入式(c)(d)得 $$K_z=\frac{n(n-1)P}{Z(Z+\overline{Y})}\left(\frac{z}{Z}\right)^{n-2}$$

$$K_y=\frac{1}{R}-\frac{n(n-1)P}{\overline{Y}(Z+\overline{Y})}\left(\frac{y}{\overline{Y}}\right)^{n-2}$$

在C点一般还要求$\widehat{AC}$，$\widehat{BC}$的曲率相衔接，

即 $$K_z(c)=K_y(c)$$

$$\frac{n(n-1)P}{Z(Z+\overline{Y})}=\frac{1}{R}-\frac{n(n-1)P}{\overline{Y}(Z+\overline{Y})}$$

$$\frac{n(n-1)P}{z(z+\overline{Y})}\left(\frac{1}{Z}+\frac{1}{\overline{Y}}\right)=\frac{1}{R}$$

$$n(n-1)P=\frac{Z\overline{Y}}{\overline{R}}=\frac{ZY}{R}$$

于是得式（6）

式（6） $$\begin{cases} P=\dfrac{ZY}{n(n-1)R} \\ n=\dfrac{1}{2}+\sqrt{\dfrac{1}{4}+\dfrac{ZY}{RP}} \end{cases}$$

从上面$K_z$，$K_y$的公式中看出，如要A、B点的曲率也要衔接，则必须 $n>2$。

——对于复曲线的缓和曲线，只需把式中的 Z、Y代以$Y_1$、$Y_2$，$\frac{1}{R}$代以$\frac{1}{R_2}-\frac{1}{R_1}$即可，不另推导了

根据式(6)还可以把$K_z$、$K_y$的公式再写得简明些：

$$K_z=\frac{\overline{Y}}{(Z+\overline{Y})R}\left(\frac{z}{Z}\right)^{n-2} \qquad (c'')$$

$$K_y=\frac{1}{R}-\frac{Z}{(Z+\overline{Y})\overline{R}}\left(\frac{\overline{y}}{\overline{Y}}\right)^{n-2} \qquad (d'')$$

把这两个式子用图象表示如图(四)。在半径R大的情况下，$\overline{R}$、$\overline{Y}$、$\overline{y}$都可以用R、Y、y代 之。

$\widehat{AC}$ $\widehat{BC}$的曲率变化率分别为

由式(c″)， $$\frac{dK_z}{dZ}=\frac{(n-2)\overline{Y}}{(Z+\overline{Y})ZR}\left(\frac{z}{Z}\right)^{n-3}$$

由式(d″)， $$\frac{dK_y}{d\overline{Y}}=\frac{(n-2)Z}{(Z+\overline{Y})\overline{Y}R}\left(\frac{\overline{y}}{\overline{Y}}\right)^{n-3}$$

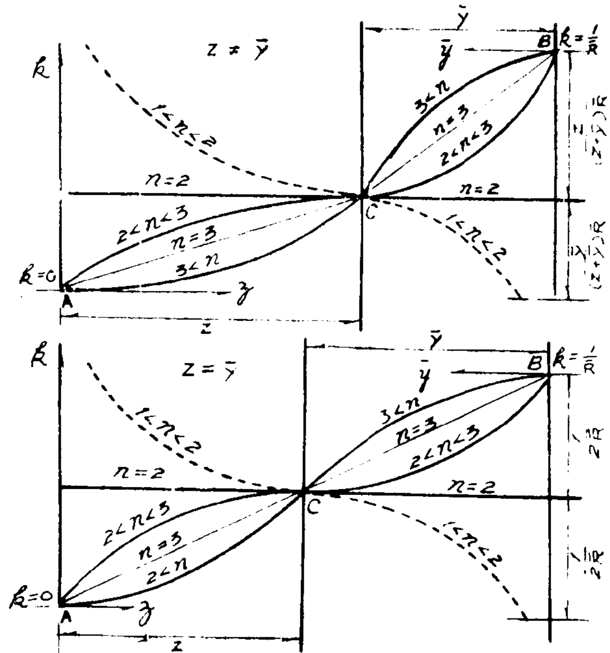
如要它们在 C点一致，则 $$\frac{dK_z}{dZ(c)}=\frac{dK_y}{dY(c)}$$

得式(7) $$Z=\overline{Y} \qquad (7)$$

从$\frac{dK_z}{dZ}$，$\frac{dK_y}{dY}$两式可以看出如要A、B两点的曲率变化率也相一致，则 $n>3$。

关于 n，我们应用的范围是：

$$2\leqslant n\leqslant 4$$



图四

I .4. 计算公式

(1) 诸P 和 Ls

中线：　$P = \frac{L_s^2}{24R}$

其中 Ls 是规定缓和曲线长度；

内边线：　$P' = P + \frac{W}{2} = \frac{L_s^2}{24R} + \frac{A^2}{2R} = \frac{L_s^2 + 12A^2}{24R}$

$L_s' = \sqrt{L_s^2 + 12A^2}$

$L_s'$ = 内边线缓长

外边线： $$P'' = P' - \frac{W}{2} = \frac{L_s^2 - 12A^2}{24R}$$

$$L_s'' = \sqrt{L_s^2 - 12A^2}$$

$L_s''$ = 外边线长

(2)诸Pz和Py

中线： $$Pz \doteq \frac{P}{2 - \frac{P}{2R}} \doteq \frac{P}{2} \qquad P_Y = P - Pz$$

内边线： $$P_z' \doteq \frac{P'}{2 - \frac{B+P'}{2R}} \qquad P_Y' = P' - P_z'$$

外边线： $$P_z'' \doteq \frac{P''}{2 + \frac{B-P''}{2R}} \doteq \frac{P'}{2} \qquad P_Y'' = P'' - P_z''$$

(3) 诸 p：

$$p_Z = Pz\left(\frac{Ls/_2 - lz}{Ls/_2}\right)^3 \qquad p_Y = P - Py\left(\frac{Ls/_2 - ly}{Ls/_2}\right)^3$$

(4)路幅横断面的横坐标

表 2

| | J″ | S″ | 中 | ϕ | S′ | J′ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 直线段 | $\frac{B}{2} + b$ | $\frac{B}{2}$ | O | O | $\frac{B}{2}$ | $\frac{B}{2} + b$ |
| 过渡段 | $\frac{B}{2} - p'' + b$ | $\frac{B}{2} - p''$ | O | p | $\frac{B}{2} + p'$ | $\frac{B}{2} + p' + b$ |
| 圆弧段 | $\frac{B}{2} - P'' + b$ | $\frac{B}{2} - P''$ | O | P | $\frac{B}{2} + P'$ | $\frac{B}{2} + P' + b$ |

(5) 复曲线的计算公式：

$$\begin{cases} P=\dfrac{L_s^2}{24}\left(\dfrac{1}{R_2}-\dfrac{1}{R_1}\right) \\ p_1=\dfrac{P}{2}\left(\dfrac{Ls/_2-l}{Ls/_2}\right)^3 \quad p_2=P-\dfrac{P}{2}\left(\dfrac{Ls/_2-l}{Ls/_2}\right)^3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} P''=\dfrac{L_s^2-12A^2}{24}\left(\dfrac{1}{R_2}-\dfrac{1}{R_1}\right) \\ p_1''=\dfrac{P''}{2}\left(\dfrac{Ls/_2-l}{Ls/_2}\right)^3 \quad p_2''=P''-\dfrac{P''}{2}\left(\dfrac{Ls/_2-l}{Ls/_2}\right)^3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} P'=\dfrac{L_s^2+12A^2}{24}\left(\dfrac{1}{R_2}-\dfrac{1}{R_1}\right) \\ P_Z'=\dfrac{P'}{2-\dfrac{B+P'}{2}\left(\dfrac{1}{R_2}-\dfrac{1}{R_1}\right)} \qquad P_Y'=P'-P_Z' \\ \therefore p_1=P_Z'\left(\dfrac{Ls/_2+12A^2}{L_s^2/_2}\right)^3 \qquad p_2=P'-P_Y'(\quad)^3 \end{cases}$$

**Ⅰ·5．设计方案**

根据此次编表计算数据，编列缓和曲线和曲线计算资料表，和弯道设计表作为我们计算中的基础资料。其中包括了对缓和曲线的计算，和超高的计算。

表中设计车速既考虑了较高车速100$^{Km}$/h，也考虑了较低车速20$^{Km}$/h，这对我们对 不同等级道路采用不同车速时选用缓长和一系列技术指标比较方便。

准则中规定在三、四级道路中采用缓和切线，在工程特殊困难地段，允许将缓和切线插入曲线 1/3 。如果我们采用缓和曲线代替缓和切线，不但解决了这个不合理的 1/3 插入问题，并可使曲线得到更为合理的缓和过渡。

**Ⅰ·6．计算方法**

**Ⅰ·6.1．**资料计算——就所有可能用得的Ls，A组合计算诸Ls、RP 和$\left(\dfrac{Ls/_2-l}{Ls/_2}\right)^3$这三项。下表中：

中线 Ls 由表 4 中摘录、$RP=\dfrac{L_s^2}{24R}$

外边线　$L_s''=\sqrt{L_s^2-12A^2}$，$RP''=\dfrac{L_s^2-12A^2}{24}$

内边线　$L_s' = \sqrt{L_s^2 + 12A^2}$，$RP' = \dfrac{L_s^2 + 12A^2}{24}$

我们选用了七种设计车速，诸Ls及RP的计算如附表3所列，供具体计算时使用。

弯 道 设 计 资 料　　　　表3

| V<br>$L_s$ | A<br>(米) | 中线及<br>边线 | $L_s$ | RP | $\left(\frac{L_s/2-l}{L_s/2}\right)^3$ 当l= | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| V = 20<br>$L_s$ = 15 | 5 | 外 | | | | | | | |
| | | 中 | 15 | 9.38 | 1 | 0.037 | | | |
| | | 内 | 22.9 | 21.85 | 1 | 0.177 | 0.002 | | |
| V = 30<br>$L_s$ = 25 | 5 | 外 | 18 | 13.5 | 1 | 0.088 | 0 | | |
| | | 中 | 25 | 26.04 | 1 | 0.216 | 0.008 | | |
| | | 内 | 30.4 | 38.51 | 1 | 0.302 | 0.040 | 0 | |
| V = 40<br>$L_s$ = 35 | 5 | 外 | 30.4 | 38.51 | 1 | 0.302 | 0.040 | 0 | |
| | | 中 | 35 | 51.04 | 1 | 0.364 | 0.079 | 0.003 | |
| | | 内 | 39.0 | 63.38 | 1 | 0.411 | 0.117 | 0.012 | |
| | 6 | 外 | 28.2 | 33.14 | 1 | 0.269 | 0.025 | | |
| | | 中 | 35 | 51.04 | 1 | 0.364 | 0.079 | 0.012 | |
| | | 内 | 40.6 | 68.68 | 1 | 0.428 | 0.131 | 0.018 | 0 |
| V = 50<br>$L_s$ = 40 | 5 | 外 | 36.0 | 54.00 | 1 | 0.377 | 0.088 | 0.005 | |
| | | 中 | 40 | 66.67 | 1 | 0.422 | 0.125 | 0.016 | |
| | | 内 | 43.5 | 78.84 | 1 | 0.458 | 0.159 | 0.030 | 0.001 |
| | 6 | 外 | 34.2 | 48.74 | 1 | 0.354 | 0.072 | 0.002 | |
| | | 中 | 40 | 66.67 | 1 | 0.422 | 0.125 | 0.016 | |
| | | 内 | 45.08 | 84.68 | 1 | 0.471 | 0.172 | 0.037 | 0.001 |
| V = 60<br>$L_s$ = 50 | 5 | 外 | 46.9 | 91.65 | 1 | 0.487 | 0.189 | 0.048 | 0.003 |
| | | 中 | 50 | 104.17 | 1 | 0.512 | 0.216 | 0.064 | 0.008 |
| | | 内 | 52.9 | 116.60 | 1 | 0.533 | 0.241 | 0.081 | 0.015 |
| | 6 | 外 | 45.5 | 82.26 | 1 | 0.475 | 0.176 | 0.040 | 0.002 |
| | | 中 | 50 | 104.17 | 1 | 0.512 | 0.216 | 0.064 | 0.008 |
| | | 内 | 54.1 | 121.95 | 1 | 0.542 | 0.250 | 0.088 | 0.018 |

续表 3

| V<br>$L_s$ | A<br>(米) | 中线及<br>道线 | $L_s$ | RP | $\left(\frac{L_s/2-l}{L_s/2}\right)^3$ 当 l = 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V = 80<br>$L_s$ = 70 | 6 | 外 | 66.8 | 185.93 | 1 | 0.344 | 0.065 | 0.001 | |
| | | 中 | 70 | 204.17 | 1 | 0.364 | 0.079 | 0.003 | |
| | | 内 | 73.02 | 222.16 | 1 | 0.383 | 0.092 | 0.006 | |
| V = 100<br>$L_s$ = 90 | 6 | 外 | 87.57 | 319.52 | 1 | 0.459 | 0.160 | 0.031 | 0.001 |
| | | 中 | 90 | 337.50 | 1 | 0.471 | 0.171 | 0.037 | 0.001 |
| | | 内 | 92.37 | 355.51 | 1 | 0.481 | 0.182 | 0.043 | 0.002 |

缓和曲线计算资料表　　表 4

| 设计车速V公里/小时 | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 计算缓和曲线长 $\frac{V}{1.2}$ | 83 | 67 | 50 | 42 | 33 | 25 | 17 |
| 采用缓和曲线长 $L_s$ | 90 | 70 | 50 | 40 | 35 | 20 | 15 |
| 最小半径 $R_M$　$i_y$ = 6 % | 460 | 280 | 150 | 100 | 60 | 35 | 15 |
| 缓和系数 $\alpha_s$ | 0.53 | 0.56 | 0.62 | 0.67 | 0.66 | 0.66 | 0.77 |
| 车　长A　(米) | 6 | 6 | 6，5 | 6，5 | 6，5 | 5 | 5 |
| 路面宽B　(米) | 9 | 9 | 9 | 9，7，6 | 9，7，6 | 7，6 | 7，6 |
| 路　拱 $i_z$　(%) | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 2.5 | 2.5 | 3.0 | 3.0 |
| 路肩宽b　(米) | 1.5<br>1.0 | 1.5<br>1.0 | 1.0<br>0.75 | 1.0<br>0.75 | 1.0<br>0.75 | 0.75<br>0.5 | 0.75<br>0.5 |
| 路肩坡度 $i_J$　(%) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 最大超高 $i_{max}$　(%) | 8 | 8 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |

Ⅱ·6.2. 计算实例

(A)单曲线，假设；$Ls=25\quad A=5\quad B=6.0\quad b=0.75\quad R=30$ 求路幅横断面座标：

(a)诸P及Pz、Py。

由附表 3 的(RP)；得诸P，并就各自的近似式得诸Pz、Py：

$$P''\doteq\frac{13.5}{30}=0.45\qquad P\doteq\frac{26}{30}=0.87\qquad P'\doteq\frac{38.5}{30}=1.28$$

$$P''_z\doteq\frac{P''}{2}=0.22\qquad Pz\doteq\frac{P}{2}=0.44\qquad P'_z=\frac{1.28}{2-\dfrac{6+1.28}{2\times30}}=0.69$$

$$P''_Y=0.45-0.22=0.23\quad Py=0.78-0.44=0.43\quad P'_Y=1.28-0.69=0.59$$

(b)诸p——计算可用表格如表 5

表 5

| | | 外边线 | | | 中线 | | | 内边线 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $(\ )^3$ | $P''_Y(\ )^3$ | $p''_Y=P''-P''_Y(\ )^3$ | $(\ )^3$ | $P_Y(\ )^3$ | $p=P-P_Y(\ )^3$ | $(\ )^3$ | $P'_Y(\ )$ | $p'_Y=P'-P'_Y(\ )^3$ |
| ly | 15 | 0 | 0 | 0.45 | 0 | 0 | 0.87 | 0 | 0 | 1.28 |
| | 10 | 0 | 0 | 0.45 | 0.008 | 0 | 0.87 | 0.040 | 0.02 | 1.26 |
| | 5 | 0.089 | 0.02 | 0.43 | 0.216 | 0.09 | 0.78 | 0.302 | 0.18 | 1.10 |
| | 0 | 1 | 0.23 | 0.22 | 1 | 0.43 | 0.44 | 1 | 0.59 | 0.69 |
| ZY | | $(\ )^3$ | | $p''_z=P''_z(\ )^3$ | $(\ )^3$ | | $pz=Pz(\ )^3$ | $(\ )^3$ | | $p'_z=P'_z(\ )^3$ |
| lz | 0 | 1 | | 0.22 | 1 | | 0.44 | 1 | | 0.69 |
| | 5 | 0.089 | | 0.02 | 0.216 | | 0.09 | 0.302 | | 0.21 |
| | 10 | 0 | | 0 | 0.008 | | 0 | 0.040 | | 0.03 |
| | 15 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 |

(c)按表 2 的格式整理成路幅横断面的横坐标。

lz、ly都注于“中”下：

测量中线是施工放样的主要依据，沿路线方向的距离，Z、Y，ZY，lz、ly 都是中线上的距离。

S″、J″、S′、J′是中线的横向断面：外侧路面、路肩和内侧路面、路肩的距离。

根据表5所求p，填入表6便成为路幅横断面座标表。

路幅横断面座标表　　表6

| 左 | | 中 | ф | 右 | |
|---|---|---|---|---|---|
| J″ | S″ | | | S′ | J′ |
| 3.30 | 2.55 | ly=15 | 0.87 | 4.28 | 5.03 |
| 3.30 | 2.55 | ly=10 | 0.87 | 4.26 | 5.01 |
| 3.32 | 2.57 | ly=5 | 0.78 | 4.10 | 4.85 |
| 3.53 | 2.78 | Z　Y | 0.44 | 3.69 | 4.44 |
| 3.74 | 2.98 | lz=5 | 0.09 | 3.21 | 3.96 |
| 3.75 | 3.00 | lz=10 | 0 | 3.03 | 3.78 |
| 3.75 | 3.00 | lz=15 | 0 | 3.00 | 3.75 |

(B)复曲线

设：$Ls=25$，$R_1=50$，$R_2=30$，$A=5$，$B=6$，$b=0.75$

计算方法有两种；一种根据曲线半径倒数差求算复曲线诸P，然后求p，如Ⅱ·4(5)所列公式；另一种则根据两个曲线的诸P的差求算诸p。现在先按Ⅱ4·(5)项复曲线计算公式，即曲线半径例数差求算诸P。

(a)求诸P：

ф线的P，　$$P=\frac{Ls^2}{24}\left(\frac{1}{R_2}-\frac{1}{R_1}\right)=\frac{25^2}{24}\left(\frac{1}{30}-\frac{1}{50}\right)=0.35^M$$

外边线的P″，$$P''=\frac{L_s^2-12A^2}{24}\left(\frac{1}{R_2}-\frac{1}{R_1}\right)=0.18^M$$

内边线的P′，$$P'=\frac{L_s^2+12A^2}{24}\left(\frac{1}{R_2}-\frac{1}{R_1}\right)=0.51^M$$

(b)求诸p；

查表(3)当Ls＝25″时，l＝0、5、10、12.5、17.5时$\left(\frac{Ls/_2-l}{Ls/_2}\right)^3$相应数值，代入下表(7)即得p。

复曲线诸p的计算　　　　表7

| lz或ly | $\left(\frac{Ls/2-l}{Ls/2}\right)^3=(\ )$ 外 | 中 | 内 | R＝30，50 外 | | 中 | | 内 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 18 | 25 | 30.4 | $P''=0.18$　$P''_Y=0.09$ | | $P=0.35$　$P_Y=0.18$ | | $P'=0.51$　$P'_Y=0.26$ | |
| | $(\ )''$ | $(\ )$ | $(\ )'$ | $P''_Y(\ )$ | $p''_Y=P''-P''_Y(\ )''$ | $P_Y(\ )$ | $p_Y=P-P_Y(\ )$ | $P'_Y(\ )'$ | $p'_Y=P'-P'_Y(\ )$ |
| ly 17.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.18 | 0 | 0.35 | 0 | 0.51 |
| 12.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.18 | 0 | 0.35 | 0 | 0.51 |
| 10 | 0 | 0.008 | 0.040 | 0 | 0.18 | 0 | 0.35 | 0.01 | 0.50 |
| 5 | 0.088 | 0.216 | 0.302 | 0.01 | 0.17 | 0.04 | 0.31 | 0.08 | 0.43 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0.09 | 0.09 | 0.17 | 0.18 | 0.25 | 0.25 |
| | $(\ )''$ | $(\ )$ | $(\ )'$ | $P''_z=0.09$　$p''_z=P''_z(\ )''$ | | $P_z=0.17$　$p_z=P_z(\ )$ | | $P'_z=0.25$　$p'_z=P'_z(\ )$ | |
| lz 0 | 1 | 0 | 1 | 0.09 | | 0.18 | | 0.26 | |
| 5 | 0.089 | 0.216 | 0.303 | 0.01 | | 0.04 | | 0.08 | |
| 10 | 0 | 0.008 | 0.040 | 0 | | 0 | | 0.01 | |
| 12.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | | 0 | |
| 17.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | | 0 | |

表中：$P_z=P_1$，　$P_Y=P_2$。

$p_z$及$p_Y$用Ⅱ·4(5)式求之。

即　$p_z=\frac{P}{2}(\quad)^3$，　$p_Y=P-P_z$。

将表中的诸p按表2格式填列即得下列表8。