



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

横断面设计

平曲线超高设计

主讲：严战友 副教授

目录



在线开放课程

- 1. 超高及其作用
- 2. 超高计算
- 3. 超高过渡方式
- 4. 超高过渡段长度
- 5. 超高值的计算
- 6. 超高设计图



一、超高及其作用

1、平曲线超高

为抵消车辆在平曲线路段上行驶时所产生的离心力，将路面做成外侧高内侧低的单向横坡形式。

2、超高作用

合理地设置超高，可以全部或部分抵消离心力，提高汽车在曲线上行驶的稳定性与舒适性。

3、超高过渡段

从直线上的双向横坡渐变到圆曲线上单向横坡的路段。

四级公路不设缓和曲线，但曲线上若设有超高，从构造的角度也应有超高过渡段。



1. 最大超高和最小超高横坡

1) 最大超高

一般地区的高速公路、一级公路 $i_h(\max) = 10\%$ ；二、三、四级公路为 $i_h(\max) = 8\%$ 。积雪冰冻地区的各级公路均 $i_h(\max) = 6\%$ 。

2) 最小超高

$$i_{h(\min)} = i_G \quad (i_G \text{ 为路拱横坡度})$$

当圆曲线半径很大时，也可不设超高。



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

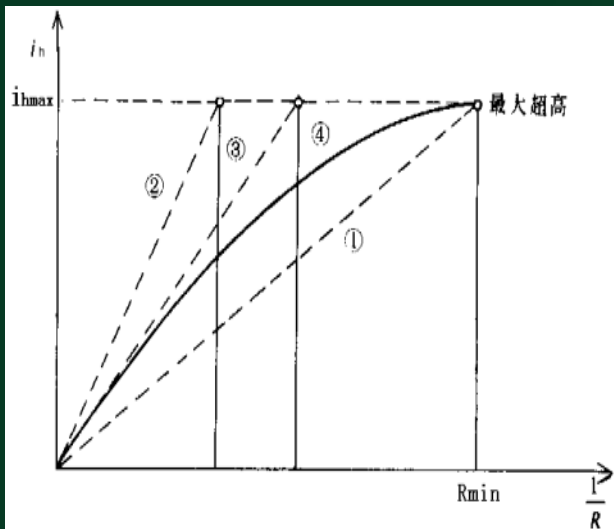
在线开放课程

2. 超高值分配

方法①:

用设计速度作为控制，用直线分配，超高率与曲率 $1/R$ 成比例增加，达到最小半径（也就是最大曲率）时采用最大超高值 $i_{h(max)}$ ，如图中①所示。同时，横向力系数也按曲率比例增减。

$$i_h + \mu = \frac{V^2}{12R}$$

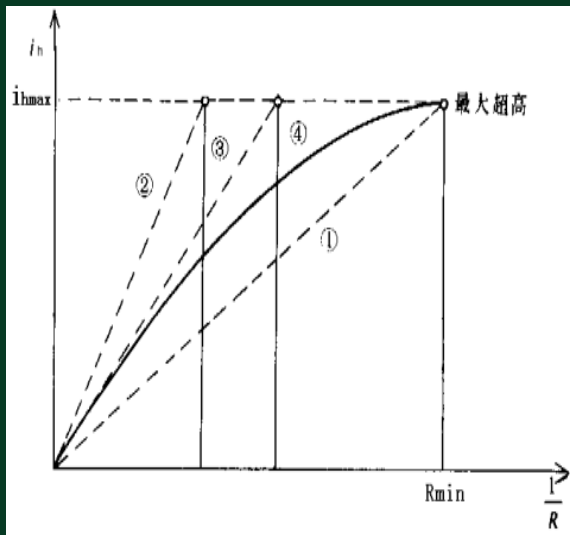




方法②:

用折线分配，汽车按设计速度行驶时，为使乘客感受不到离心力的作用，将离心力全部由超高抵消承担，此时 $\mu = 0$ ；达到最大超高率后，所增加的离心力则由 μ 来承担。

这种方法在达到最大超高点之前，曲线半径较大时，按设计速度行驶的汽车，没有横向力作用，可能排除方法①的缺陷，对顺适有利。

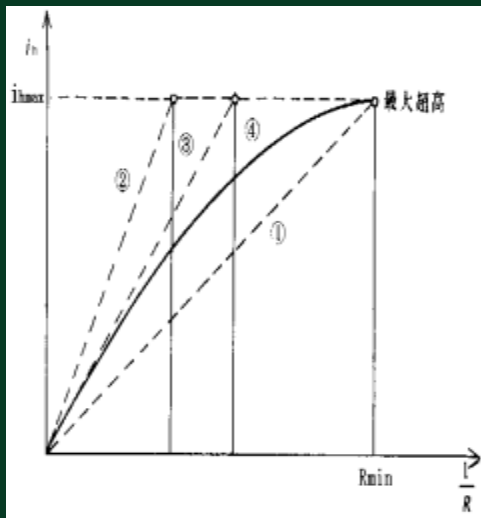




方法③:

折线分配，是对方法②的改进，区别在于方法②的最大超高点对应设计速度，方法③的最大超高点对应的是实际行驶速度。

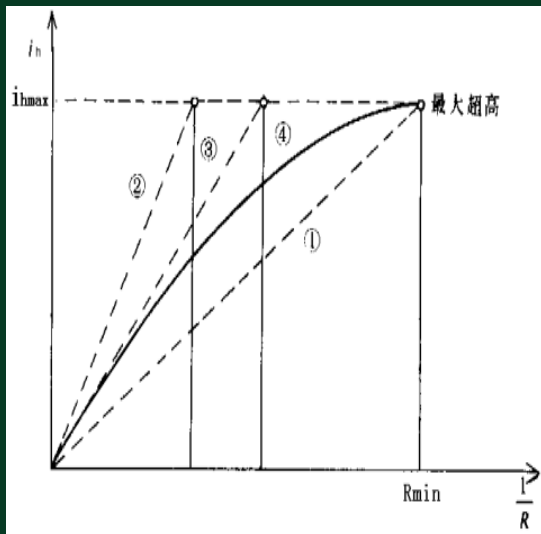
这样既避免了方法①的缺点；在曲线半径较大时，也不会出现方法②的第一个缺点，故当 R 较大时，按方法③确定超高值较好。但当曲率较大（ R 较小）时，超高达到最大值，则 μ 值急剧增加，出现与方法②的第二个缺点。特别是设计速度 $<60\text{km/h}$ ， μ 变化特别快。（因实际行驶速度相对较大，而半径又较小）





方法④:

以实际行驶速度作为控制，是把方法①和方法③之间用曲线（实际上两段抛物线）相连求超高的方法。④线分配在曲率较小时，它的超高分配与③线相似，基本上由超高来承受行驶速度产生的横向力；随着曲率的增大，将设置逐渐接近最大的曲线超高，避免了②与③的缺陷（特别是避免了曲率较大时， μ 急剧增加的缺点），从而满足车辆行驶的平稳与舒适。



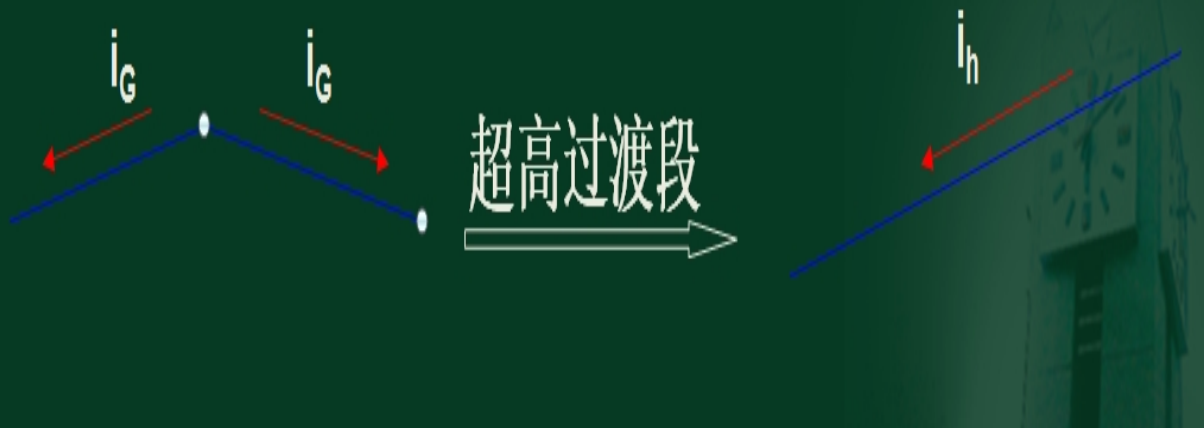


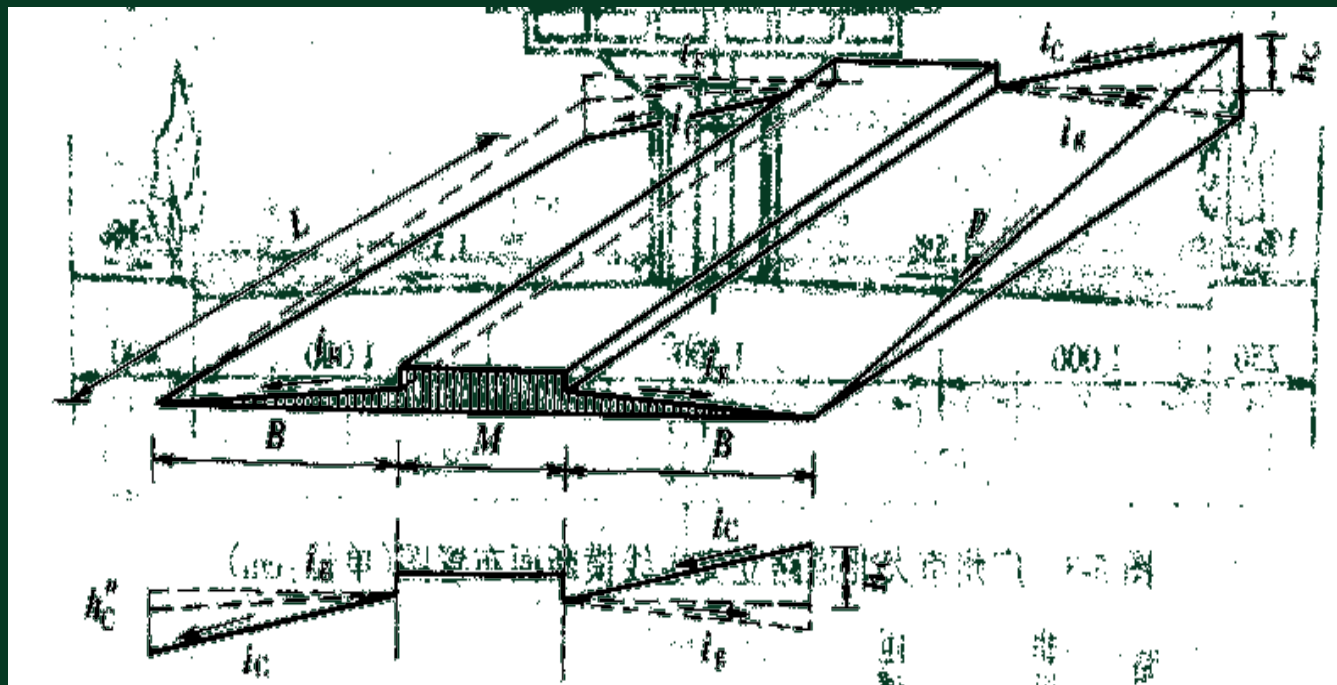
石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

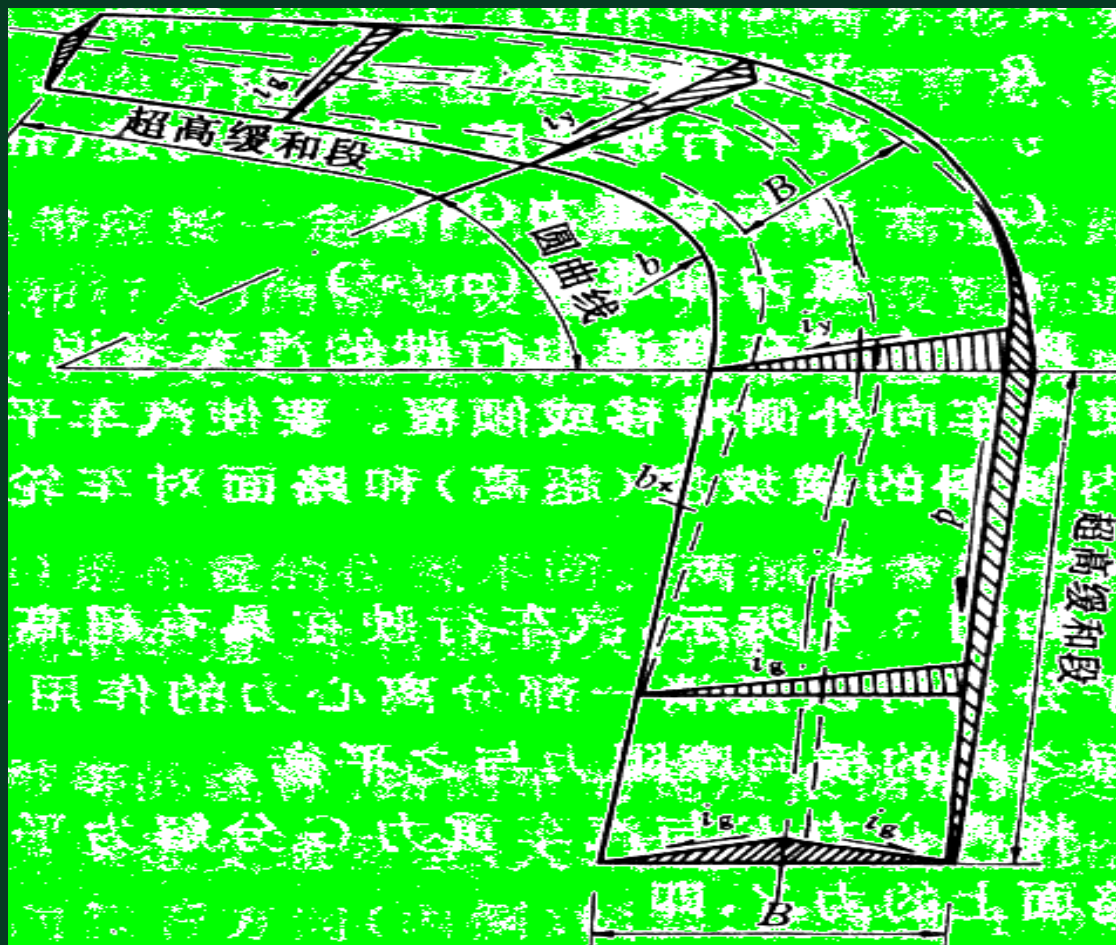
在线开放课程

三、超高过渡方式

超高过渡方式主要是解决从直线上的双向路拱断面如何过渡到圆曲线上的单向横坡断面。







1、无中间带道路的超高

在线开放课程

1) 当超高值等于路拱坡度时的过渡

方法：绕中线外侧逐渐抬高，内侧不动，直至内、外侧坡度相等为止。

$$i_h = i_G$$

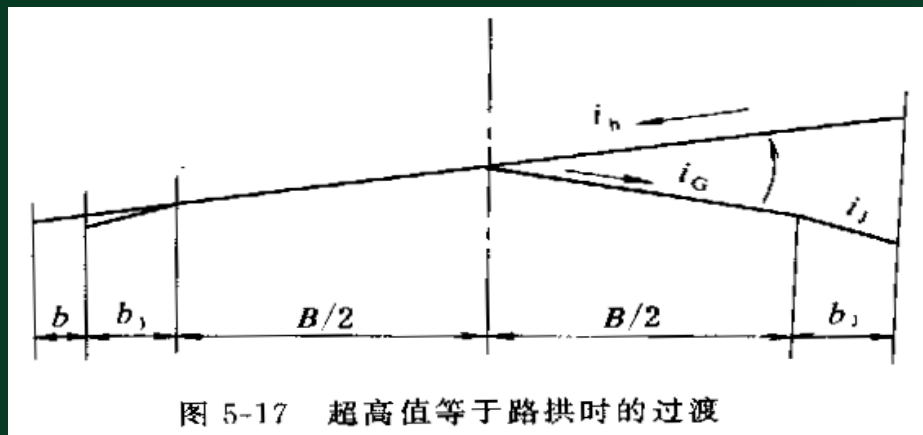


图 5-17 超高值等于路拱时的过渡



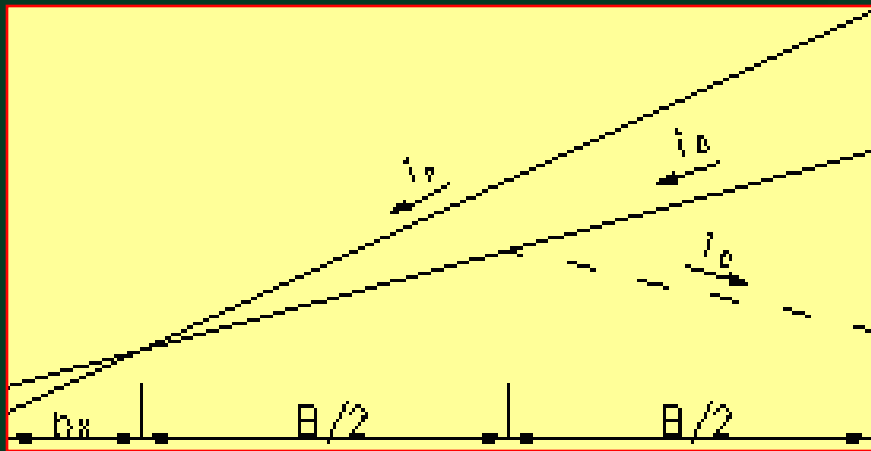
2) 当超高值大于路拱横坡度时，有三种过渡方式：

① 绕内边线旋转（未加宽前的内边线）

首先从双坡断面绕中线旋转到单坡 i_G ，称为临界断面；然后绕未加宽前的内侧车道边线旋转，由单坡 i_G 变为单坡 i_h 。

$$i_h = i_G$$

$$i_h > i_G$$



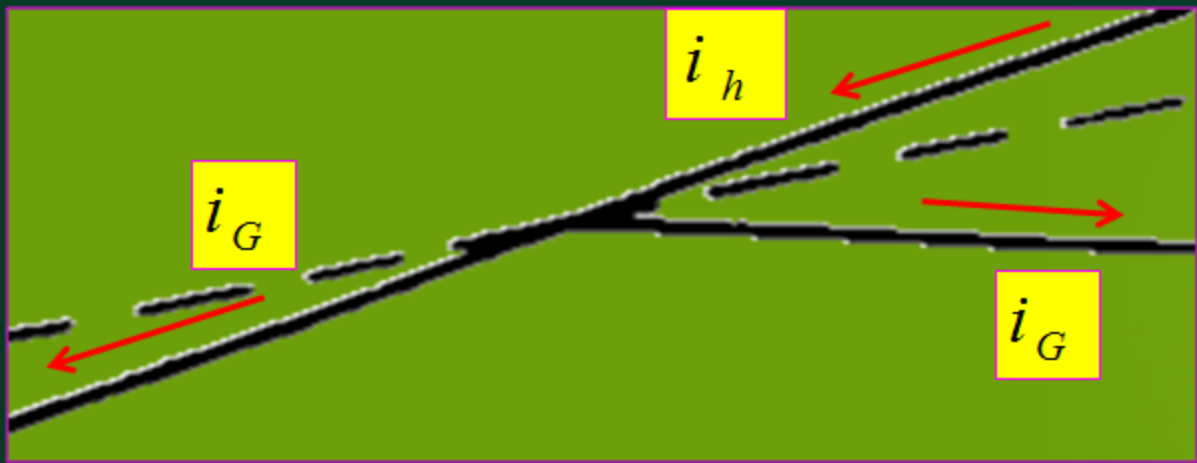


石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

②绕中线旋转

在线开放课程

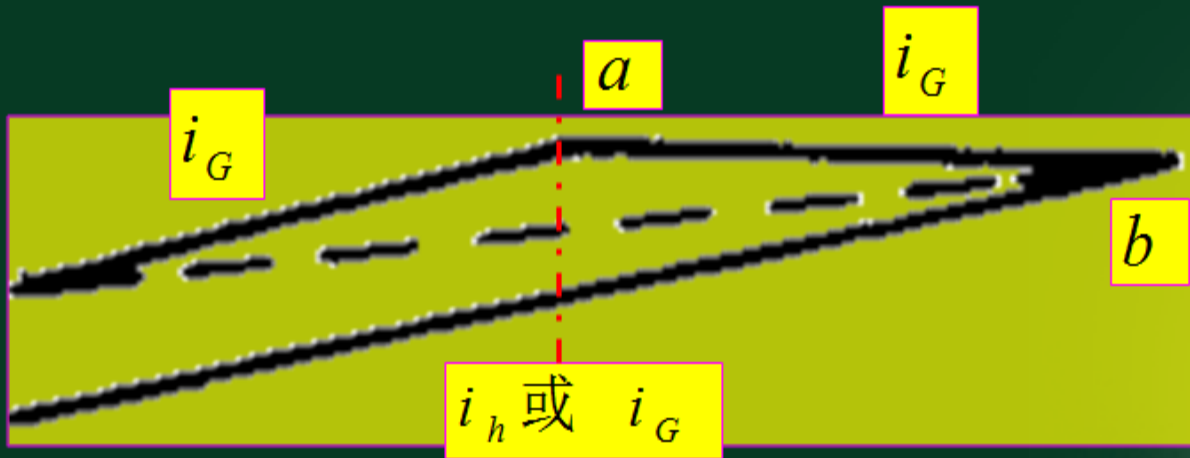
先将外侧车道绕路中线旋转，待达到与内侧车道构成单向横坡后，整个断面绕中线旋转，直至超高横坡度。





③ 绕外边线旋转

首先绕外侧车道边线旋转，内外侧路面同时下降变为单坡面，然后待达到单向横坡后，整个断面仍绕外侧车道边缘旋转，直至超高横坡度为止。





石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

评价:

方法①绕未加宽前的路面内边线旋转，外侧抬高较多，但为填方，施工质量容易控制。内侧降低不多，利于纵向排水。适用于新建公路采用。

方法②绕中线旋转，保持中线标高不变，外侧抬高不多，内侧有所降低，适用于旧路改建。

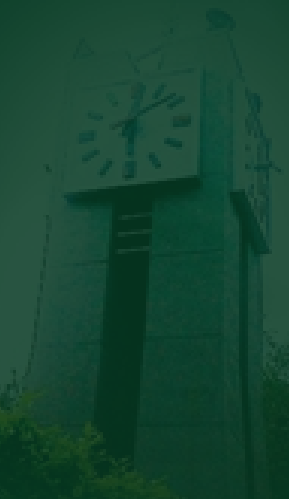
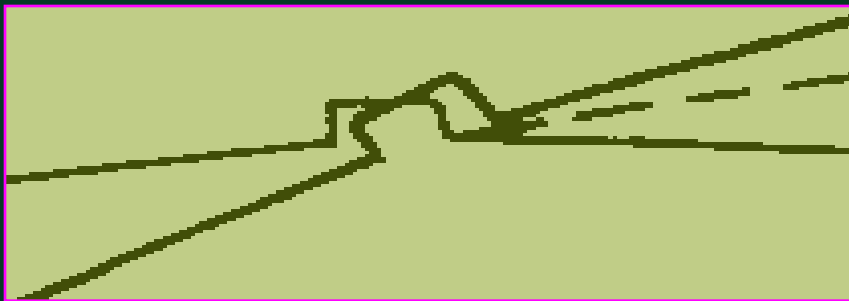
方法③绕外边线旋转，内侧降低较多，容易形成积水，对安全不利。只适用于特殊情况，一般不采用。

2、有中间带公路的超高过渡

在线开放课程

(1) 绕中间带的中心线旋转

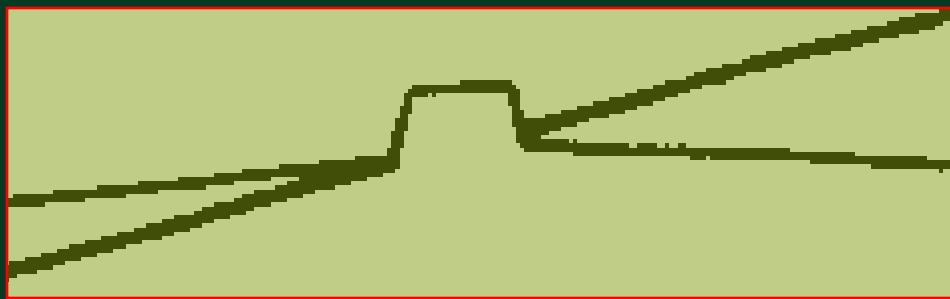
先将外侧行车道绕中央分隔带边缘旋转，待达到与内侧行车道构成单向横坡后，整个断面一同绕中心线旋转，直至超高横坡度值。此时中央分隔带呈倾斜状。中间带宽度较窄（ $\leq 4.5\text{m}$ ），中等超高率时可采用。





(2) 绕中央分隔带边缘旋转

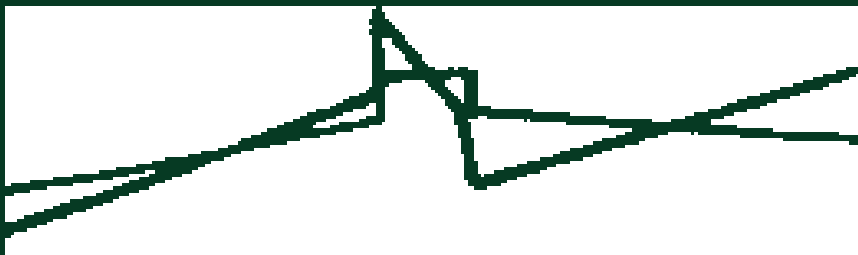
将两侧行车道分别绕中央分隔带边缘旋转，使之各自成为独立的单向超高断面，此时中央分隔带维持原水平状态。各种宽度的中间带都可以用。





(3) 绕各自自行车道中线旋转

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与降低而成为倾斜断面。对于车道数大于4条的公路可采用。



分离式断面的道路由于上、下行车道是各自独立的，其超高的设置及其过渡可按两条无分隔带的道路分别处理。

四、超高过渡段长度

在线开放课程

1、最小超高过渡段长度计算公式

(1) 计算公式

最小超高过渡段长度按下式计算并取整5的倍数，同时不得小于10m。

$$L_s = \frac{B \Delta i}{p}$$

式中： L_s ——最小超高过渡段长度（m）；
 B ——旋转轴至行车道（设路缘带时为路缘带）外侧边缘的宽度（m）；
 Δi ——超高坡度与路拱坡度的代数差（%）；
 p ——超高渐变率，即旋转轴线与行车道（设路缘带时为路缘带）外侧边缘线之间的相对坡度。



(2) 各种超高过渡方式的最小超高过渡段长度

① 无中间带道路

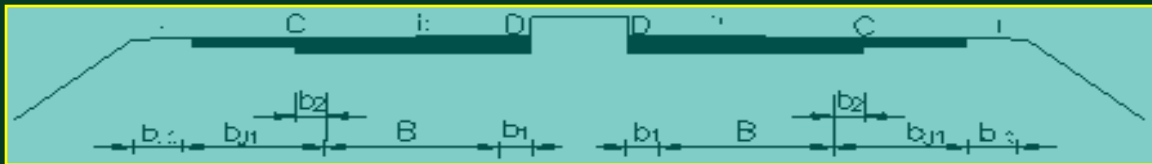
绕内边线旋转:
$$L_c = \frac{Bi_n}{p}$$

绕中线旋转:
$$L_c = \frac{B(i_n + i_o)}{2p}$$

② 有中间带公路

绕中央分隔带边缘旋转:
$$L_c = \frac{(b_1 + B + b_2)(i_n + i_o)}{p}$$

绕各自自行车道中线旋转:
$$L_c = \frac{\left(\frac{B}{2} + b_2\right)(i_n + i_o)}{p}$$





2、超高渐变率

在考虑超高缓和段长度时，应将超高渐变率控制在一定的数值范围内。超高渐变率太大，路容不美观，乘客不舒适；太小，纵向排水困难。

(1) 超高渐变率的影响因素

- ◆ 控制路面外侧边缘的加速度（或路面内侧边缘的降低速度）；
- ◆ 以路面前进方向为旋转轴的路面旋转角速度不超过一定的限度。

后者对驾驶员和乘客舒适程度的影响比前者更大。



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

在相同的超高缓和段长度下，至旋转轴距离越宽，超高渐变率越大。

出于排水考虑，车道横坡度由-2%（或-1.5%）过渡到2%（或1.5%）的路段超高渐变率 p 不得小于 $1/330$



(1) 一般的情况下 $L_c = L_s$

在确定缓和曲线长度时，已经考虑了超高过渡段所需的最长度，故一般取超高过渡段 L_c 与缓和曲线长度 L_s 相等；

(2) 计算 L_c

A. 若计算出的 $L_c > L_s$ 此时应修改平面线形，使 $L_s \geq L_c$ 。当平面线形无法修改时，可将超高过渡起点前移，即超高过渡在和曲线起点前的直线路段开始，路面外侧以适当的超高渐变率逐渐抬高，使横断面在ZH（或HZ点）渐变为向内倾斜的单向路拱横坡（临界断面）；

- B. 若 $L_s >$ 计算出的 L_c ，但只要超高渐变率 $P \geq 1/330$ ，仍取 $L_c = L_s$ 。
- (3) 四级公路不设缓和曲线，但若圆曲线上设有超高，则应设置超高过渡段，超高过渡段在直线和圆曲线上各分配一半。
- (4) 高等级公路设计中，一般配置较长的缓和曲线。为了避免在缓和曲线全长范围内均匀过渡超高而造成路面横向排水不畅，超高过渡可采取以下措施：



① 超高的过渡仅在缓和曲线的某一区段内进行
即超高过渡起点可从缓和曲线起点 ($R=\infty$) 至缓和曲线上不设超高的最小半径之间的任一点开始, 至缓和曲线终点结束。

② 超高过渡在缓和曲线全长范围内按两种超高渐变率分段进行

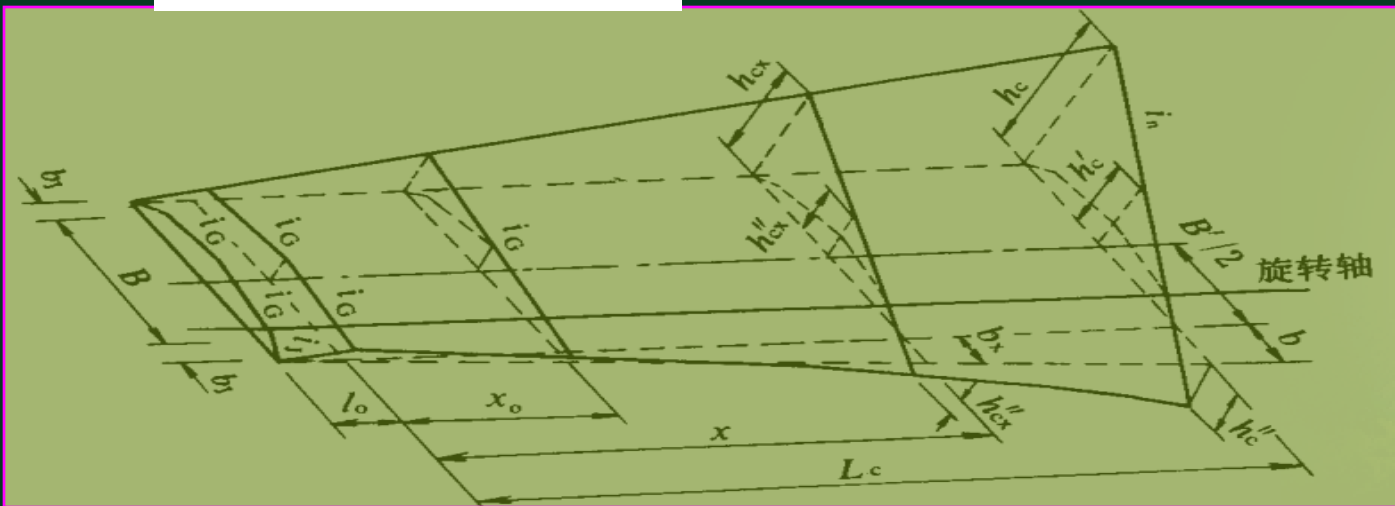
即第一段从缓和曲线起点由双向路拱坡以超高渐变率 **1/330** 过渡到单向路拱横坡, 第二段由单向路拱横坡过渡到缓和曲线终点处的超高横坡。

横断面超高值的计算

在线开放课程

(一) 不设中间带的公路

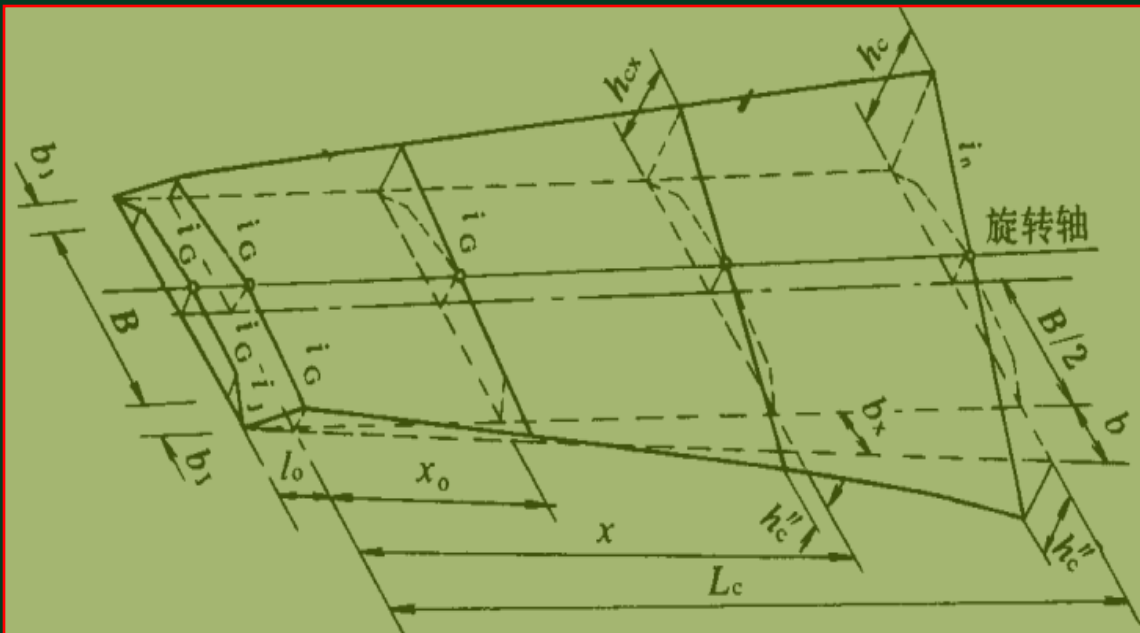
1. 绕内边线旋转 (未加宽前的内边线)





2. 绕中线旋转

在线开放课程



(二) 有中间带的公路

在线开放课程

1. 绕中央分隔带边缘旋转超高值 计算公式

超高位置	计算公式	x 距离处行车道横坡值	备注
外侧	C $(b_1 + B + b_2)i_x$	$i_x = \frac{i_G + i_h}{L_c} x + i_G$	1. 计算结果为与设计高之高差; 2. 设计高程为中央分隔带外侧边缘的高程; 3. 加宽值 b_x 按加宽计算公式计算; 4. 当 $x = L_c$ 时, 为圆曲线上的超高值。
	D 0		
内侧	D 0		
C $-(b_1 + B + b_2 + b_2)i_x$			





2. 绕各自自行车道中心旋转超高值计算公式

超高位置		计算公式	x 距离处行车道横坡值	备注
外侧	C	$(\frac{B}{2} + b_2)i_x - (\frac{B}{2} + b_1)i_z$	$i_x = \frac{i_G + i_k}{L_c} x + i_G$	1. 计算结果为与设计高之高差; 2. 设计高程为中央分隔带外侧边缘的高程; 3. 加宽值 b_x 按加宽计算公式计算; 4. 当 $x = L_c$ 时, 为圆曲线上的超高值。
	D	$-(\frac{B}{2} + b_1)(i_x + i_z)$		
内侧	D	$(\frac{B}{2} + b_1)(i_x - i_z)$	$i_x = \frac{i_k - i_G}{L_c} x + i_G$	
	C	$-(\frac{B}{2} + b_x + b_2)i_x - (\frac{B}{2} + b_1)i_z$		



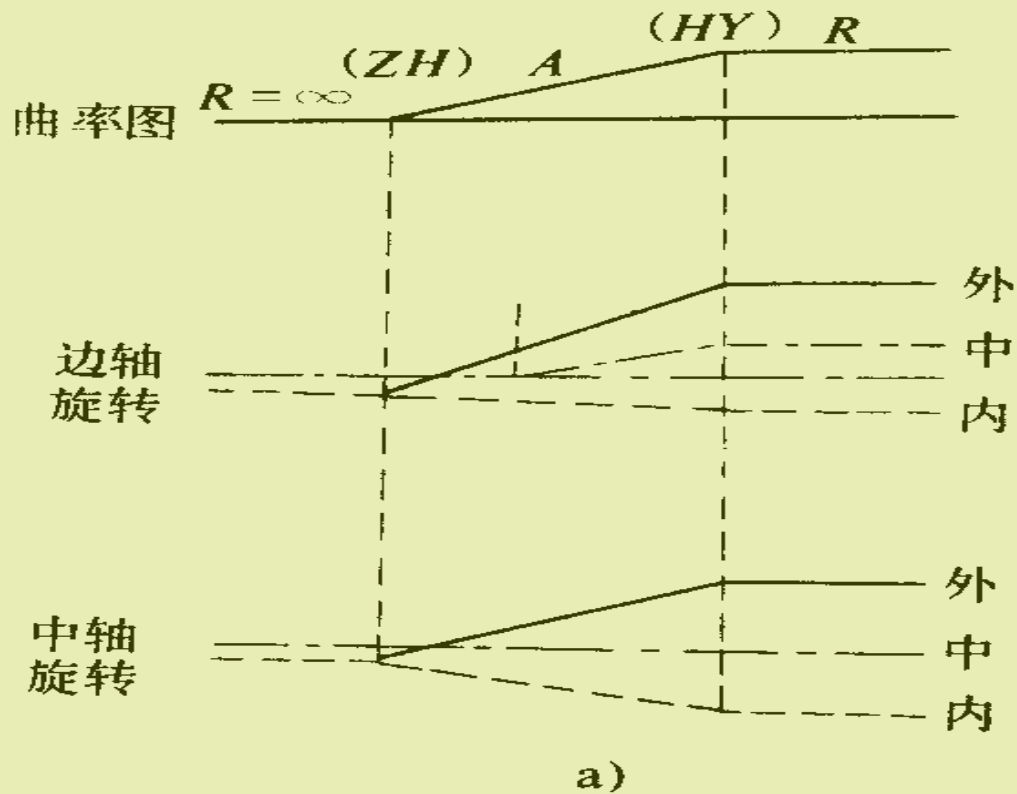
超高设计图

“超高设计图”，是简化了的超高过渡的纵断面图。

- 旋转轴为横坐标轴
- 纵坐标是相对高程。

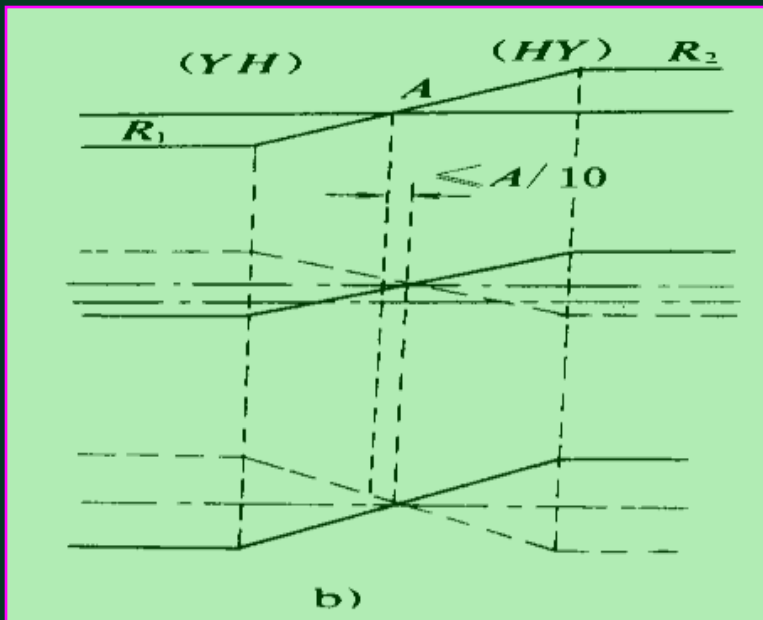
1. 不设中间带的公路

(1) 基本型曲线的超高设计图



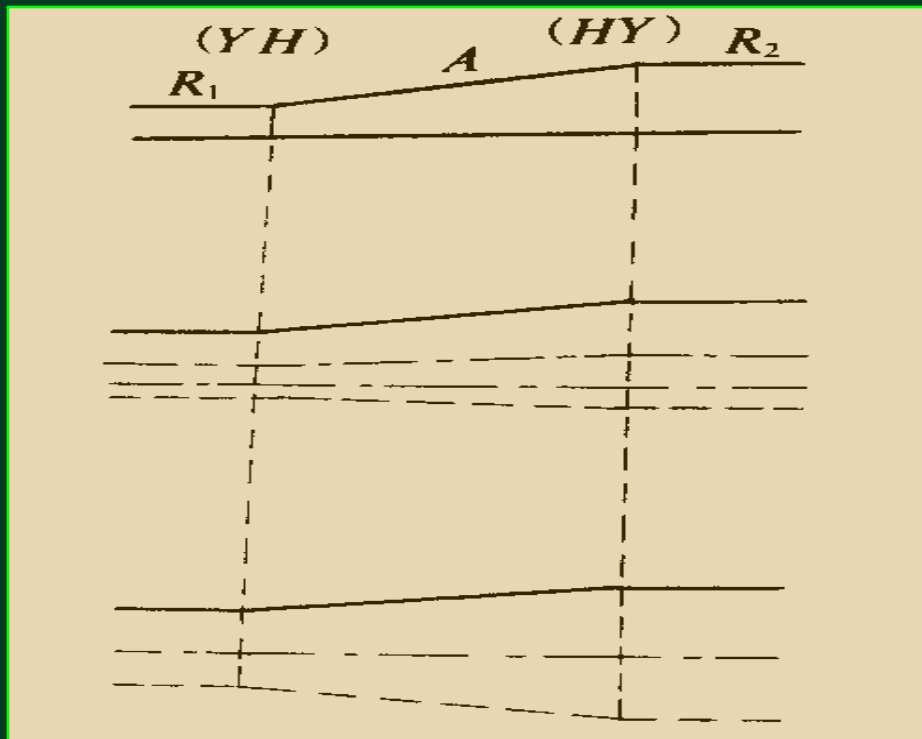


(2) S型曲线的的超高设计图





(3) 卵型曲线的超高设计图



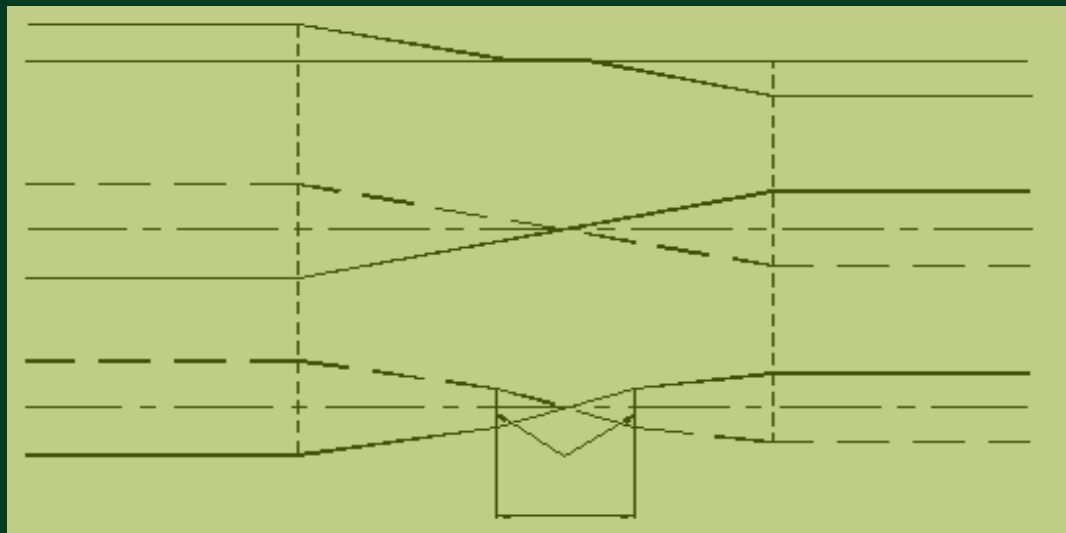


石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

2. 设中间带的公路

- (1) 基本型曲线的超高设计图
- (2) S型曲线的超高设计图



小结



在线开放课程

- 1. 超高及其作用
- 2. 超高计算
- 3. 超高过渡方式
- 4. 超高过渡段长度
- 5. 超高值的计算
- 6. 超高设计图

