

隧道工程

第 5 讲：隧道线路和横断面设计

土木与交通学院

School of Civil Engineering and Communication

第 5 讲：隧道线路和横断面设计

- 1、隧道的平面设计
- 2、隧道纵断面设计
- 3、隧道横断面设计

1、隧道的平面设计

(1) 隧道平面

是指隧道中心线在水平面上的投影。隧道是线路的组成部分，线形至少满足《公路工程技术标准》规定；

(2) 平面设计的任务

决定隧道的平面位置，选定洞口位置及洞内各种地下管线埋设位置；

曲线隧道的净空加宽

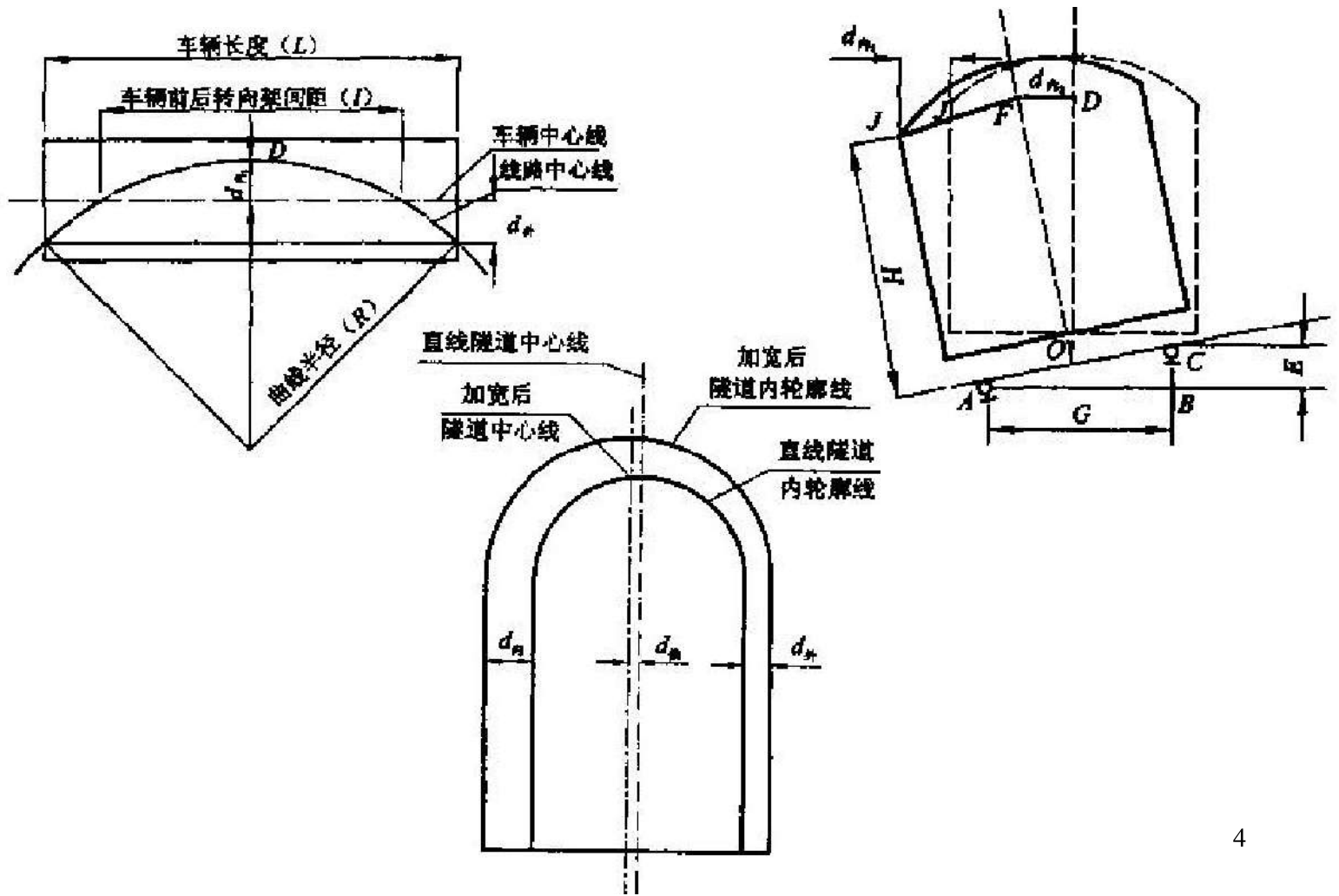


表 2-2 公路隧道平曲线加宽取值

加宽类别	加宽值 汽车轴距加前悬/m	平曲线半径/m								
		250~200	<200~150	<150~100	<100~70	<70~50	<50~30	<30~25	<25~20	<20~15
1	5	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.8	2.2	2.5
2	8	0.6	0.7	0.9	1.2	1.5	2.0	—		
3	5.3+8.8	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	—			

注：四级公路和山岭重丘的三级公路采用第1类加宽值；其余各级公路采用第3类加宽值。对不经常通行集装箱运输半挂车的公路，可采用第2类加宽值。

1、隧道的平面设计

(3) 曲线隧道的不利因素：

- ①加宽断面问题，造成变截面隧道，施工难度大（开挖面积、衬砌变截面、施工测量）；
- ②行车视距问题；
- ③增加通风阻抗，对自然通风不利；
- ④曲线隧道增加了养护工作量；

表 4.3.1-1 不设超高的圆曲线最小半径(m)

路拱	设计速度(km/h)	120	100	80	60	40	30	20
	≤2.0%	5 500	4 000	2 500	1 500	600	350	150
>2.0%	7 500	5 250	3 350	1 900	800	450	200	

表 4.3.1-2 公路停车视距与会车视距

公路等级	高速公路、一级公路				二、三、四级公路				
	120	100	80	60	80	60	40	30	20
设计速度(km/h)	120	100	80	60	80	60	40	30	20
停车视距(m)	210	160	110	75	110	75	40	30	20
会车视距(m)	—	—	—	—	220	150	80	60	40

会车视距是指两辆对向行驶的汽车能在同一车道上相遇及时制动并停车所必须的安全视距。二、三、四级公路应满足会车视距的要求。制动并停车所必须的安全视距。二、三、四级公路应满足会车视距的要求。

会车视距由三部分组成：双方驾驶员反应时间所行驶的距离，双方汽车的制动距离，安全距离。

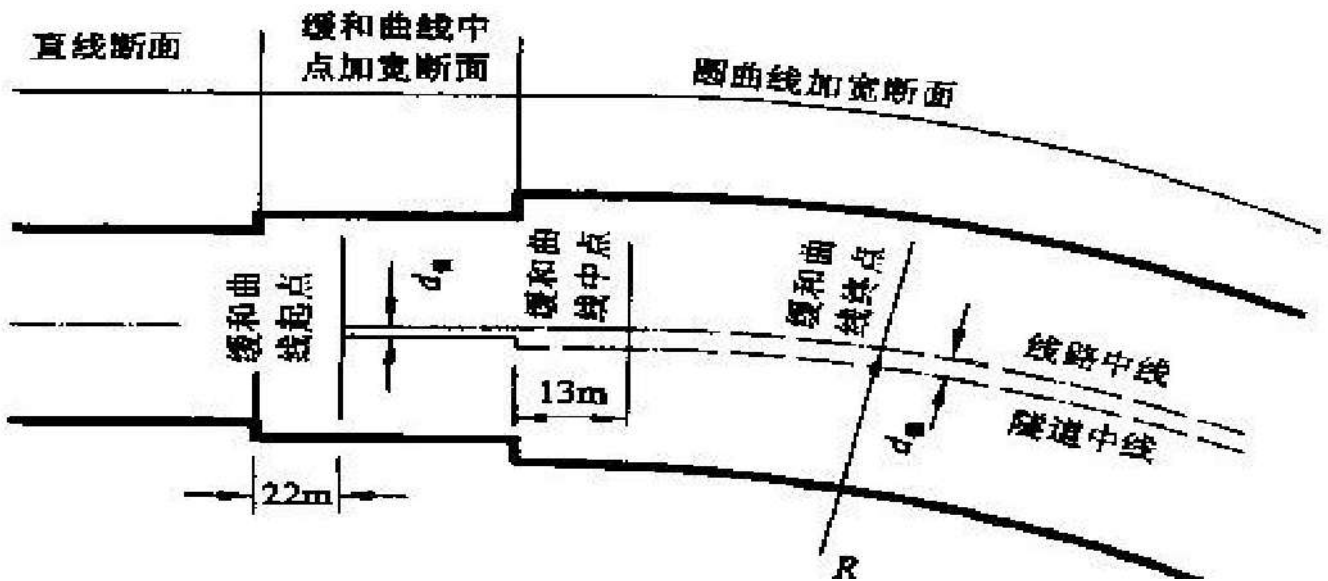
表 1 隧道内几种小半径车辆的行车视距

半径	司机距离墙 4m	司机距离墙 3m	司机距离墙 2m	《公路工程技术标准》JTJ001-97 最小停车视距
R-800m	165.072m	154.319m	141.576m	100km/h 为 160m; 80km/h 为 110m; 60km/h 为 75m; 40km/h 为 40m
R-700m	154.440m	144.377m	132.453m	
R-600m	143.020m	133.697m	122.653m	
R-500m	129.57m	122.087m	111.999m	
R-400m	115.61m	107.34m	98.79m	
R-300m	99.25m	93.41m	85.78m	

从表可以看出，隧道内设置小半径平曲线应慎重；车速80km / h时平曲线半径不应小于500m，车速100km / h时平曲线半径不应小于800m，才能满足《公路工程技术标准》规定的隧道内最小停车视距。

(4) 隧道曲线设置原则

- ①原则上采用直线，避免曲线，若必须设置时，宜大于不设超高的平曲线半径，并应满足行车视距的要求；
- ②铁路隧道必须设置加宽和加高；
- ③公路隧道最好是不设加宽，采用不设超高，且能满足视距要求的曲线半径；否则必须设置加宽。



(5) 隧道设置曲线时应注意的问题（解决办法）

应尽可能采用较短的曲线，或是半径较大的曲线，且将曲线设置在隧道洞口附近为宜，使曲线的影响小一些。

在曲线两端应设缓和曲线时，最好不使洞口恰恰落在缓和曲线上。

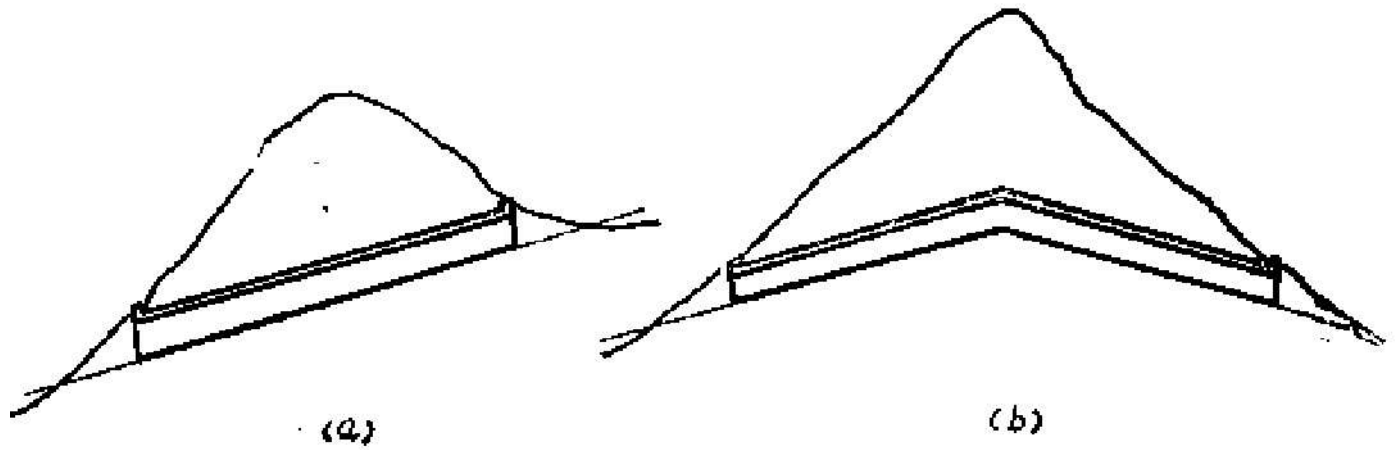
隧道内若设置圆曲线，其长度不应短于一节车厢的长度。

在一座隧道内最好不设一个以上的曲线，尤其是不宜设置反向曲线或复合曲线。如果列车同时跨在两个曲线上，行驶很不稳当。

当必须设置两条曲线时，两曲线间应有足够长的夹直线，一般是要求在三倍车辆长度以上。

2、隧道纵断面设计

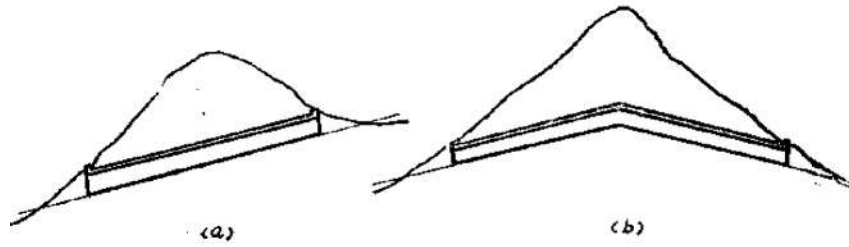
隧道纵断面是指沿隧道中心线展开的垂直面上的投影。



2、隧道纵断面设计

(1) 纵坡类型

(a) 单坡隧道 (b) 人字坡隧道



(2) 控制隧道纵坡大小的主要因素 通风 排水 出渣 越岭高程

2、隧道纵断面设计

(3) 纵坡坡度大小及其影响（铁路隧道）

最小坡度：不宜小于3 %

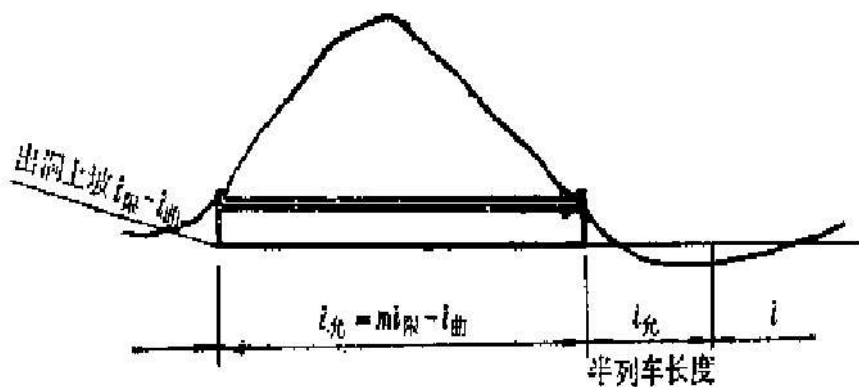
隧道限坡：隧道内最大允许坡度应在明线最大允许坡度上乘以一个折减系数。

坡度折减的原因：列车车轮与钢轨踏面间的粘着系数降低；洞内空气阻力增大。

隧道内线路最大坡度系数

隧道长度	电力牵引	内燃牵引
401~1000	0.95	0.90
1001~4000	0.90	0.80
>4000	0.85	0.75

坡度折减区段示意



2、隧道纵断面设计

- 坡度大小

— 设计坡度时，注意应不超过限制坡度。

— 如果在平面上有曲线，还需为克服曲线的阻力，再减去一个曲线的当量坡度。即

$$i_{\text{允}} = i_{\text{限}} - i_{\text{曲}}$$

式中 $i_{\text{允}}$ —— 设计中允许采用的最大坡度；

$i_{\text{限}}$ —— 按照线路等级规定的限制最大坡度；

$i_{\text{曲}}$ —— 曲线阻力折算的坡度折减量。

$$i_{\text{允}} = m \cdot i_{\text{限}} - i_{\text{曲}}$$

m —— 隧道内线路的坡度折减系数，与隧道的长度有关。

2、隧道纵断面设计

- 坡段长度

- 从行车平稳的要求和照顾施工和养护的方便出发，隧道内坡段长度最好不小于列车的长度。

- 坡段联接

- 两个相邻坡段坡度的代数差值不宜太大
- 两坡段间的代数差值 不应大于重车方向的限坡值 。

表 1 -6 内燃牵引列车通过隧道的最低速度 (km/h)

隧道长度/m	≤400	401 ~ 1000	1001 ~ 4000	>4000
内燃牵引	不小于计算速度	不小于计算速度	25	25

2、隧道纵断面设计

(4) 纵坡坡度大小及其影响（公路隧道）

最小坡度：不宜小于0.3%

最大坡度：不宜大于3%（单坡） 1%（人字坡）

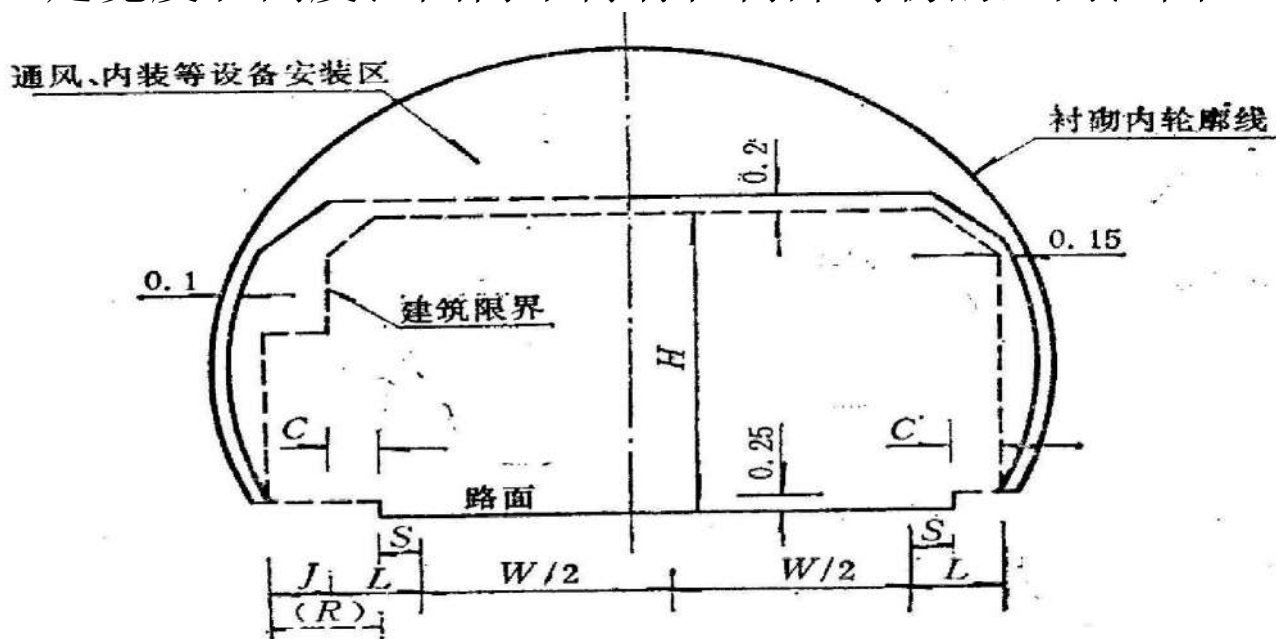
3、隧道横断面设计

(1) 基本概念

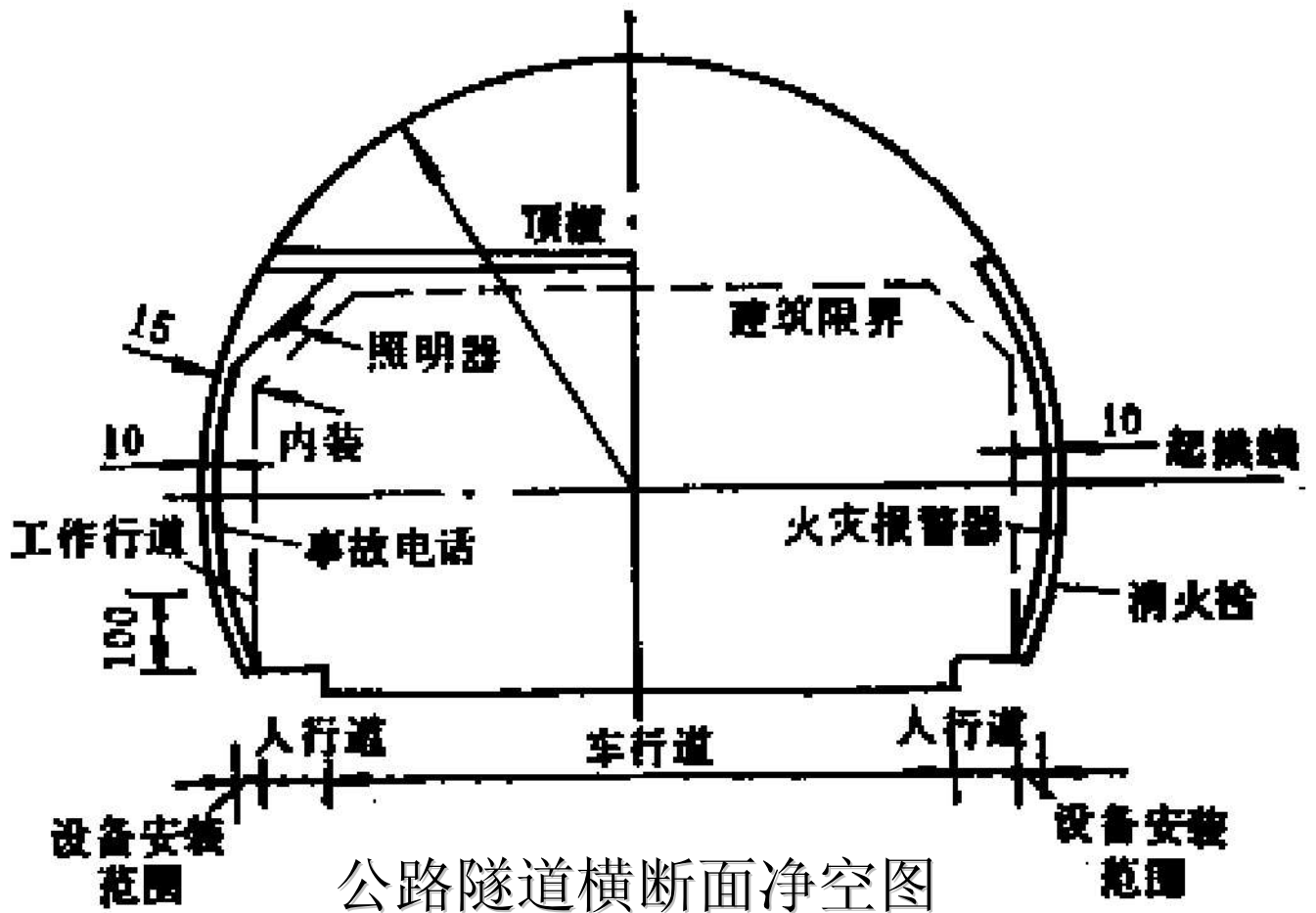
隧道净空：隧道衬砌内轮廓线所包围的空间。

隧道净空根据“隧道建筑限界”确定。

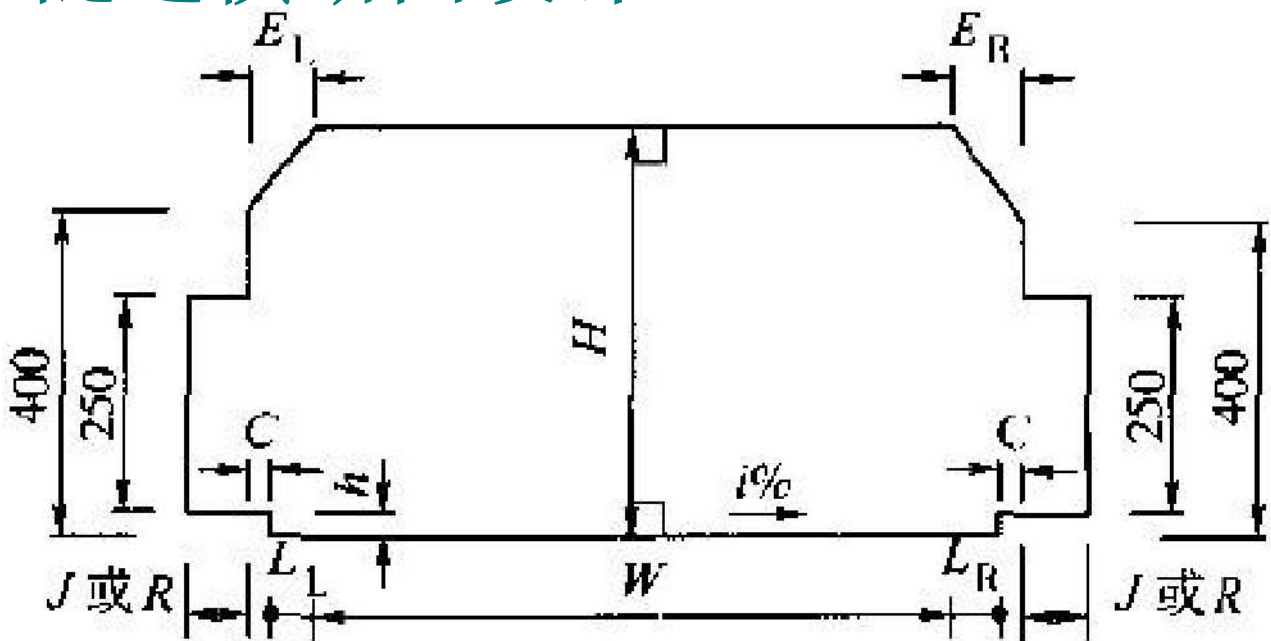
隧道建筑限界：为了保证隧道内交通的正常运行与安全，而规定在一定宽度和高度范围内不得有任何障碍物的空间范围。



3、隧道横断面设计

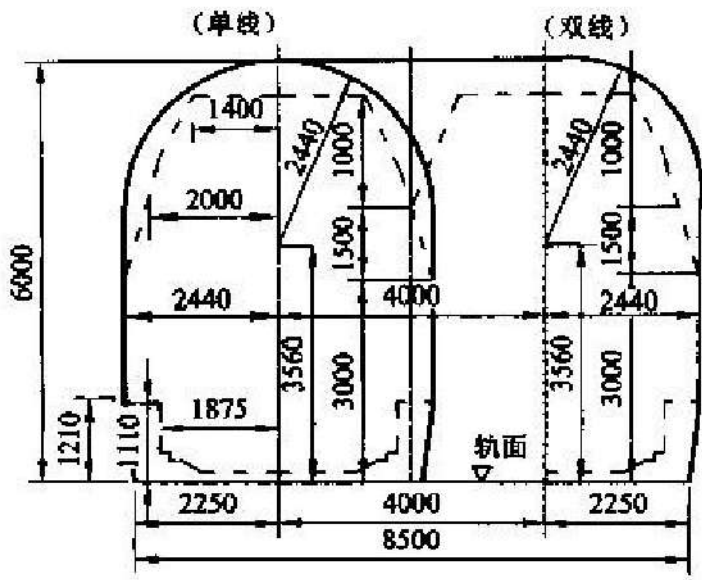


3、隧道横断面设计

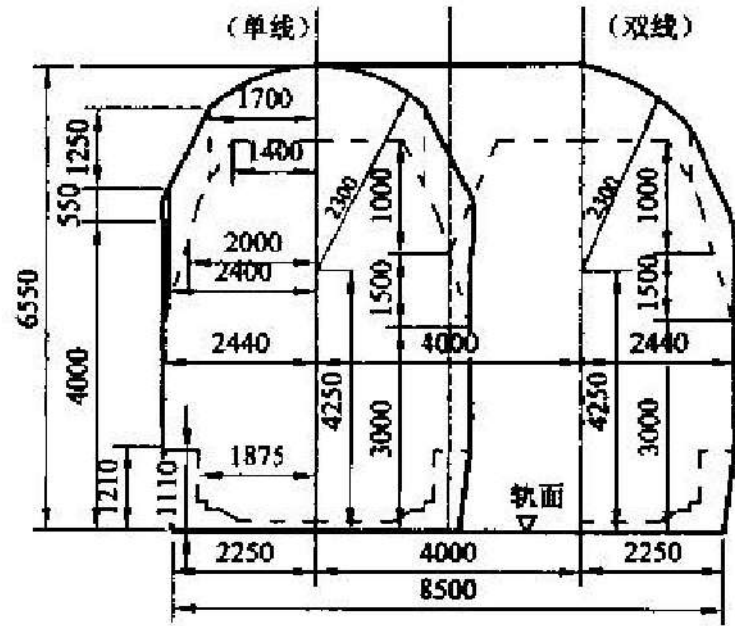


W —行车道宽度； C —余宽，当计算行车速度 $>100\text{km/h}$ 时为 0.50m ，计算行车速度 $<100\text{km/h}$ 时为 0.25m ； H —净高，汽车专用公路、一般二级公路为 5m ，三、四级公路为 4.5m ； E —建筑限界顶角宽度，当 $L \leq 1\text{m}$ 时， $E=L$ ；当 $L > 1\text{m}$ 时， $E=1\text{m}$ ； L —侧向宽度，高速公路、一级公路短隧道，其侧向宽度宜取硬路肩宽度； R —人行道宽度； J —检修道宽度。

3、隧道横断面设计



(a) 隧限1



(b) 隧限2

3、隧道横断面设计

(1) 基本概念

- **机车车辆限界**：指停在平坡直道上的机车车辆最外轮廓的限界尺寸，包括了装载货物的正常尺寸。
- **铁路建筑接近限界**（又称“基本建筑限界”）：指线路上各种建筑物均不得侵入的轮廓线，以保证列车往来行驶无刮碰并安全通过。
- **铁路隧道建筑限界**：指洞内建筑物（如衬砌）不得侵入的轮廓尺寸线。
- **直线隧道净空**：指衬砌轮廓线所包围的空间。由隧道建筑限界、衬砌结构的受力合理状态和经济性决定。

3、隧道横断面设计

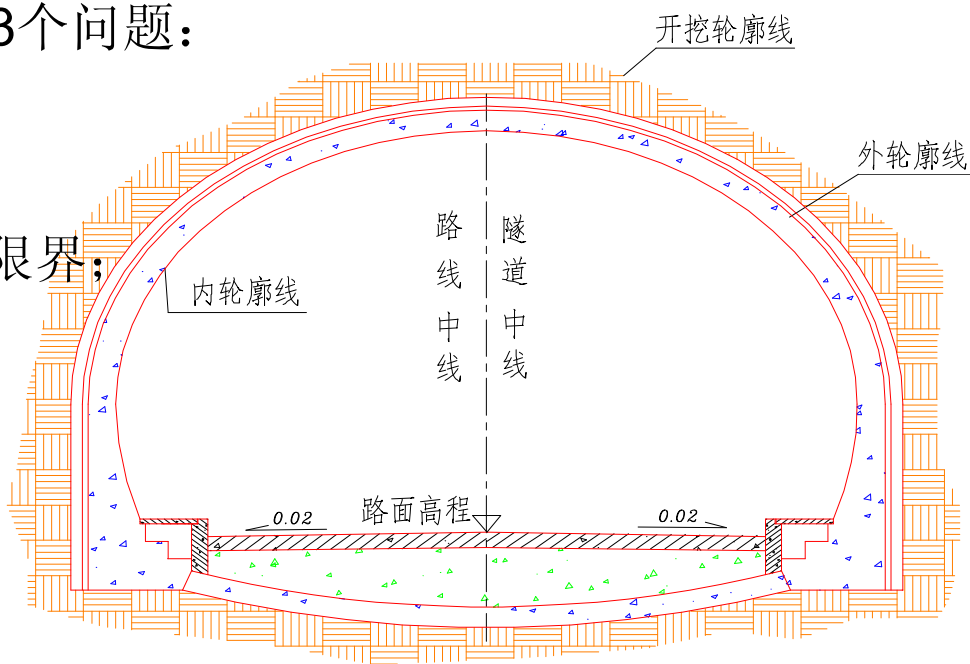
(2) 横断面设计的基本内容

衬砌断面设计涉及到3个问题：

①衬砌内轮廓线

设置原则：

尽量贴近隧道建筑限界；
当必须设置两条曲线时，
两曲线间应有足够长的
夹直线，一般是要求在
三倍车辆长度以上。



隧道断面轮廓线

3、隧道横断面设计

(2) 横断面设计的基本内容

衬砌断面设计涉及到3个问题：

② 衬砌截面厚度：尽量减小截面厚度；

③ 衬砌轴线：应满足受力要求。

决定因素为前两者。

基本原则：当围岩的侧压力较小时，采用直墙式断面；当地质条件差时采用曲墙式断面。

表 2-3 衬砌截面最小厚度/cm

建筑材料种类	隧道和明洞衬砌			洞门端墙、翼墙和洞口挡土墙
	拱圈	边墙	仰拱	
混凝土	20	20	20	30
片石混凝土			50	50
浆砌粗料石或混凝土块	30	30		30
浆砌块石		30		30
浆砌片石		50		50

3、隧道横断面设计

(3) 主要设计步骤

① 确定隧道类型

② 根据围岩类别初步拟定截面厚度

③ 对拟定的衬砌断面进行优化分析

3、隧道横断面设计

■ 公路隧道与铁路隧道的主要区别：

(1) 铁路隧道建筑限界是固定统一的，而公路隧道建筑限界是不统一的，它取决于公路等级、地形、车道数等条件。

(2) 附属设施如通风、照明、消防报警等均比铁路隧道多且要求高，且每一座隧道均会因交通流量和长度不同而要求不同，他们对横断面有直接的影响。

■ 结论：

公路隧道不能像铁路隧道那样编出标准设计图，需根据其具体的要求对每一座隧道进行单独设计。

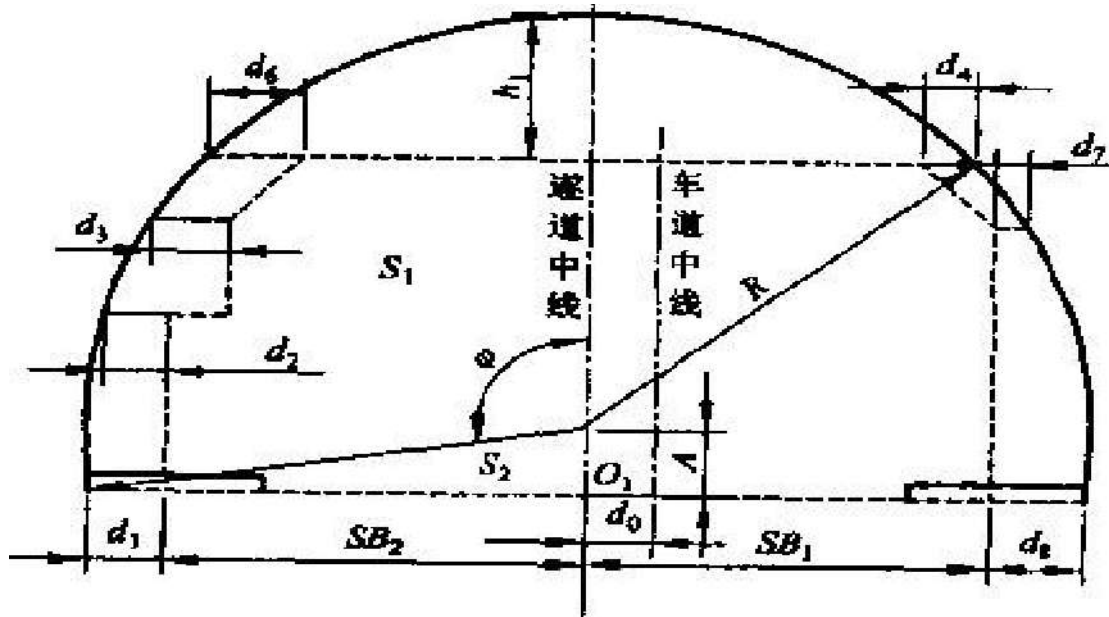
3种拱形断面形状：

单心圆、坦三心圆、尖三心圆。

3、隧道横断面设计

例：单心圆断面优化设计思路：

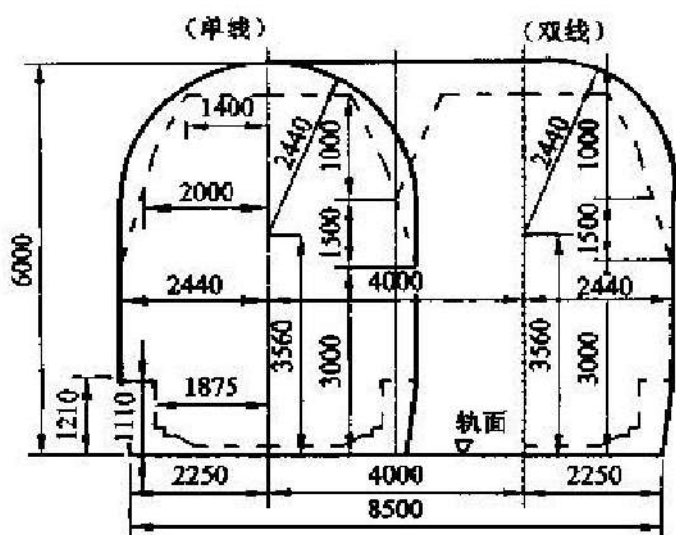
- (a) 基本几何方程
- (b) 挑选出独立变量
- (c) 约束条件
- (d) 优化求解各参数



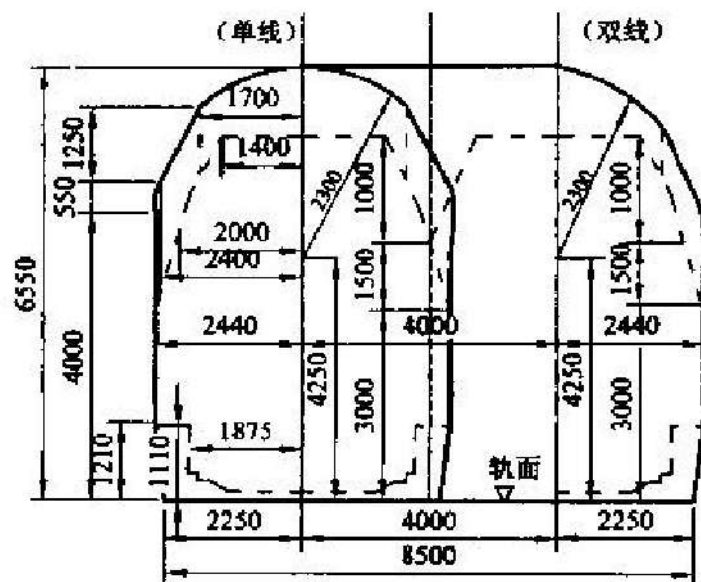
现阶段国内公路隧道设计标准：

- 《公路工程技术标准》(JTG B01 2003)
- 《公路隧道设计规范》(JTG D70-2004)

3、隧道横断面设计



(a) 隧限1



(b) 隧限2

特点:

- (a) 铁路隧道建筑限界是统一固定的，有通用的设计标准图；
- (b) 专门设计只针对大偏压、冻胀力、地震区等特殊情况；

标准图中已经给出了衬砌截面厚度；如需专门设计，则在确定了内轮廓线后，可根据工程类比给出截面厚度，然后进行结构验算，确保安全。必须保证最小截面厚度的要求，否则无法施做。

3、隧道横断面设计

3种拱形断面形状：

单心圆、坦三心圆、尖三心圆。

