



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

纵断面设计

汽车的动力特性与纵坡（
2）

主讲：严战友 副教授

目录



在线开放课程

- 1. 最大纵坡
- 2. 最小纵坡
- 3. 坡长限制
- 4. 缓和坡段
- 5. 合成坡度



- 1、纵坡设计必须满足《标准》的各项规定；
- 2、应具有一定的平顺性，起伏不宜过大和过于频繁。
。
- 3、纵坡设计应对沿线的地形、地下管线、地质、水文、气候、排水等方面综合考虑，视具体情况妥善处理。
- 4、纵坡设计应考虑填挖平衡，减少借方和废方，以降低工程造价和节省用地。

- 5、平原微丘地区地下水埋藏较浅，池塘、湖泊分布较广，纵坡除应满足最小坡度要求外，还应满足最小填土高度的要求，以保证路基稳定。
- 6、对连接段纵坡，如大、中桥引道及隧道两端引线等，纵坡应小些，避免产生突变。路线交叉处前后的纵坡也平缓一些。
- 7、在实地调查的基础上，充分考虑通道、农田水利等方面的要求。

最大纵坡

最大纵坡是指在纵断面设计中，各级道路容许采用的最大坡度值。它是路线设计中一项重要的控制指标。在地形起伏较大的地区，它直接影响路线的长短、使用质量的好坏、行车的安全、运输的成本和工程造价。

各级道路允许的最大纵坡是根据汽车的动力特性、道路等级、自然条件以及工程、运营、经济等因素，通过综合分析，全面考虑，合理确定的。

1、城市道路最大纵坡见表

备注：海拔3000~4000m高原城市按表值减小1%，积雪寒冷地区应控制在6%以内

2、各级公路最大纵坡的规定见表4-3。

公路等级		山区		丘陵		平原		城市		特殊	
高速公路	一级公路	二级公路	三级公路	四级公路	二级公路	三级公路	四级公路	二级公路	三级公路	四级公路	四级公路
5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%

备注：（1）高速公路受地形条件或其它情况限制时，经技术经济论证合理，最大纵坡可增加1%；

（2）海拔2000m以上或严寒冰冻区的山岭重丘区四级公路，最大纵坡不应大于8%。

3、桥上及桥头路线的最大坡度：

- ① 小桥与涵洞处纵坡应按路线规定采用；
- ② 大、中桥上纵坡不宜大于4%；
- ③ 桥头引线的纵坡不宜大于5%，且紧接桥头不短于10m（山岭、重丘区可减至5m）范围内的引道纵坡应与桥上纵坡相同；

4、隧道部分路线的纵坡：

- ① 隧道内纵坡不应大于3%，且不小于0.3%；
- ② 紧接隧道洞口30m范围内的纵坡应与隧道内的纵坡相同（明洞和长度小于50m的隧道，可不受上述规定的限制）。

5、在非机动车交通比例较大的路段，可将纵坡适当

放缓：

平原、微丘区一般不大于2%~3%；

山岭、重丘区一般不大于4%~5%。

高原纵坡折减

《规范》规定：位于海拔**3000m**以上的高原地区，各级公路的最大纵坡值应按表**4-5**的规定予以折减。折减后若小于**4%**，则仍采用**4%**。

高原纵坡折减值

表**4-5**

理想最大纵坡

理想的最大纵坡是指设计车型即载重汽车在油门全开的情况下，持续等速行驶所能克服的坡度，可按下式计算，即

$$i_1 = \frac{D_1}{V_1} f \quad (4-1)$$

式中：

i_1 ——理想的最大纵坡；

D_1 ——汽车行驶速度 V_1 对应的动力因数；

V_1 ——汽车行驶速度，对低速路取计算行车速度；对高速路取最高速度；

f ——滚动阻力系数，见表2-4；

λ ——海拔荷载修正系数。

2 不限长度的最大纵坡

理想的最大纵坡固然好，但这种坡度常因地形等条件的限制很难实现。为此，在某些路段应允许汽车由最大车速**V₁**降到**V₂**，以获得较大的坡度。**V₂**称为容许速度，不同等级的道路容许速度应不同，其值为

$$V_2 \geq \left(\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3} \right) V$$

式中：**V**——计算行车速度 (km/h)，高速路取低限，低速路取高限，见表1-1和表1-2。

- 与容许速度 V_2 相对应的纵坡称为不限长度的最大纵坡，可按下列式计算，即

式中：

$$i_2 = D_2 f$$

i_2 ——不限长度的最大纵坡；

D_2 ——与容许速度 V_2 对应的动力因数。

当汽车在坡度小于或等于不限长度最大纵坡的坡道上行驶时，只要初速度大于容许速度，汽车至多减速到容许速度，与坡长长短无关；当实际坡度大于不限长度的最大纵坡时，为防止汽车行驶速度低于容许速度，应对其坡长加以限制。

最小纵坡

在挖方路段、低填方路段和横向排水不畅通的路段，为保证排水要求，防止积水渗入路基而影响其稳定性，均应设置不小于0.3%的最小纵坡，一般情况下以不小于0.5%为宜。

当必须设计平坡或纵坡小于0.3%时，边沟应单独作排水设计。在弯道路段，为使行车道外侧边缘不出现反坡，设计最小纵坡不宜小于超高允许渐变率。

干旱少雨地区最小纵坡不受限制。

坡长限制

最小坡长是指纵断面上两个变坡点之间的最小长度。最短坡长的限制主要是从汽车行驶平顺性的要求考虑的，如果坡长过短，使变坡点增多，汽车行驶在连续起伏的路段会产生增重与减重的频繁变化，导致乘客感到极不舒适，车速越高越感突出。另外，坡长太短，变坡点之间不能设置相邻两竖曲线的切线长；此外，对两凸型变坡点间的距离还应满足行车视距的要求。考虑上述因素，应对最小坡长加以限制。

忽上忽下

■3. 满足行驶要求，纵坡应平顺，起伏不宜过大和频繁。

各级公路最短坡长

表4-7



在线开放课程

城市道路最短坡长

表4-8



2、最大坡长限制

道路纵坡的大小及其坡长对汽车正常行驶影响很大。纵坡越陡、坡长越长，对汽车影响也越大。主要表现在：上坡时使汽车行驶速度显著下降，需换较低排挡以克服坡度阻力，同时，坡长太长，易是水箱“开锅”，导致汽车爬坡无力，甚至熄火；下坡时制动次数频繁，易使制动器发热而失效，甚至造成车祸。因此，为保证行车的正常与安全，应对坡长加以限制。

(1) 各级公路纵坡长度限制

	一级公路					二级公路					三级公路				
	纵坡长度	坡度	纵坡长度	坡度	纵坡长度	坡度	纵坡长度	坡度	纵坡长度	坡度	纵坡长度	坡度	纵坡长度	坡度	
最大纵坡长度	2000	7%	1000	8%	500	9%	200	10%	100	11%	50	12%	30	13%	
最小纵坡长度	100	0.5%	50	0.5%	20	0.5%	10	0.5%	5	0.5%	3	0.5%	2	0.5%	
最小纵坡	0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		
最大纵坡	7%		8%		9%		10%		11%		12%		13%		
最小纵坡	0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		
最大纵坡	7%		8%		9%		10%		11%		12%		13%		
最小纵坡	0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		
最大纵坡	7%		8%		9%		10%		11%		12%		13%		
最小纵坡	0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		
最大纵坡	7%		8%		9%		10%		11%		12%		13%		
最小纵坡	0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		
最大纵坡	7%		8%		9%		10%		11%		12%		13%		
最小纵坡	0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		
最大纵坡	7%		8%		9%		10%		11%		12%		13%		
最小纵坡	0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		
最大纵坡	7%		8%		9%		10%		11%		12%		13%		
最小纵坡	0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		
最大纵坡	7%		8%		9%		10%		11%		12%		13%		
最小纵坡	0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		0.3%		



(2) 城市道路纵坡长度限制



- (3) 当计算行车速度 $V \leq 80 \text{ km/h}$ 的道路，当连续纵坡大于长度限制时，应设缓和坡段；
- (4) 当公路上有大量兽力车通行时，在可能的情况下，宜在不超过**500m**处设置一段不大于**2%~3%**的缓坡。以利于兽力车通行；
- (3) (5) 城市道路的非机动车道纵坡宜小于**2.5%**，否则应限制其坡长。

缓和坡段

当陡坡的长度超过最大坡长的限制时，应在中间适当位置设置缓坡路段，用以恢复汽车上陡坡时已降低的车速。同时，从下坡安全考虑，缓坡也是需要的。根据实际观测，《标准》规定缓和坡段的纵坡应不大于**3%**，其长度应不小于最短坡长。

缓和坡段的具体位置应结合纵向地形的起伏情况，尽量减少填挖方工程数量来确定。一般情况下，缓和坡段宜设置在平面的直线或较大半径的平曲线上，以便充分发挥缓和坡段的用，提高道路的使用质量。在极特殊的情况下，可以将缓和坡段设于半径比较小的平曲线上，但应适当增加缓和坡段的长度。

平均纵坡

平均纵坡是指一定长度的路段纵向所能克服的高差与路线长度之比，它是衡量线形设计质量的重要指标之一，即

$$i_{\text{平均}} = \frac{H}{l} \quad (\%)$$

式中：H———相对高度 (m) ；

l———路段长度 (m) 。

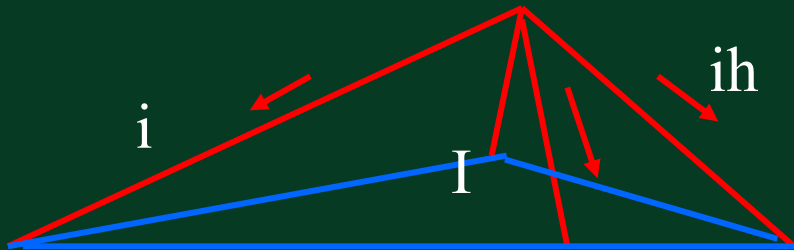
《标准》规定：二、三、四级公路越岭路线的平均坡度，一般以接近5.5%（相对高差为200~500m）和5.0%（相对高差大于500m）为宜，并注意相连3km路段的平均纵坡不宜大于5.5%。城市道路的平均纵坡按上述规定减少1.0%。对于海拔3000m以上的高原地区，平均纵坡应较规定值减少0.5%~1.0%。

合成坡度

- 1. 定义：由路线纵坡与横坡组合而成的坡度。
- 计算公式：

$$I = \sqrt{i_h^2 + i_z^2}$$

- 式中：I—合成坡度（%）；
- i_h —超高横坡度或路拱横坡度（%）；
- i_z —路线设计纵坡坡度（%）。



2. 合成坡度指标

■ (1) 最大允许合成坡度值:

表 4.2.8 各级公路最大允许合成坡度规定值

公路等级	高速公路			一		二		三		四	
	设计速度 (km/h)	120	100	80	100	60	80	40	60	30	40
合成坡度 (%)	100	100	105	100	105	90	100	95	100	95	100

(2) 最小合成坡度:

- $I_{\min} \geq 0.5\%$ 。
- $I_{\min} \geq 0.5\%$ 时，应采取综合排水措施，以保证路面排水畅通。

3. 合成坡度指标的控制作用：

- 控制陡坡与急弯的重合；
 - 平坡与设超高平曲线的配合问题。
-
- 陡坡+小半径平曲线，宜采用小的合成坡度。
 - 特别是下述情况，其合成坡度必须小于8%。
 - ①在冬季路面有积雪结冰的地区；
 - ②自然横坡较陡峻的傍山路段；
 - ③非汽车交通比率高的路段。

小结



在线开放课程

- 1. 最大纵坡
- 2. 最小纵坡
- 3. 坡长限制
- 4. 缓和坡段
- 5. 合成坡度

