

隧道工程

第 8 讲：隧道附属建筑结构

土木与交通学院

School of Civil Engineering and Communication

第 8 讲：隧道附属建筑结构

1、铁路隧道附属建筑结构

1.1 避车洞

1.2 电力及通讯设施

1.3 运营通风设施

2、公路隧道附属建筑结构

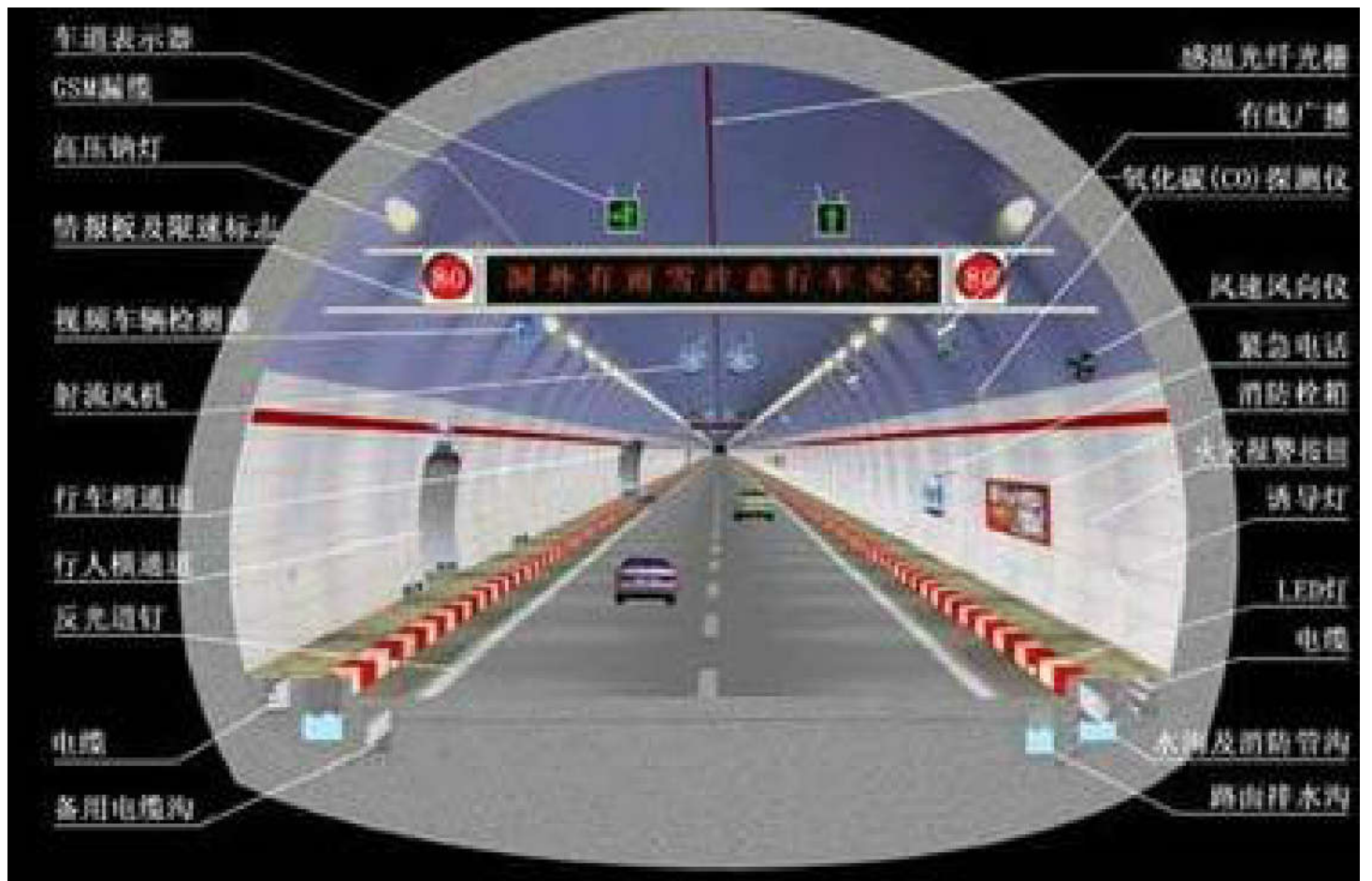
2.1 紧急停车带

2.2 行人行车横洞和预留洞室

2.3 通风

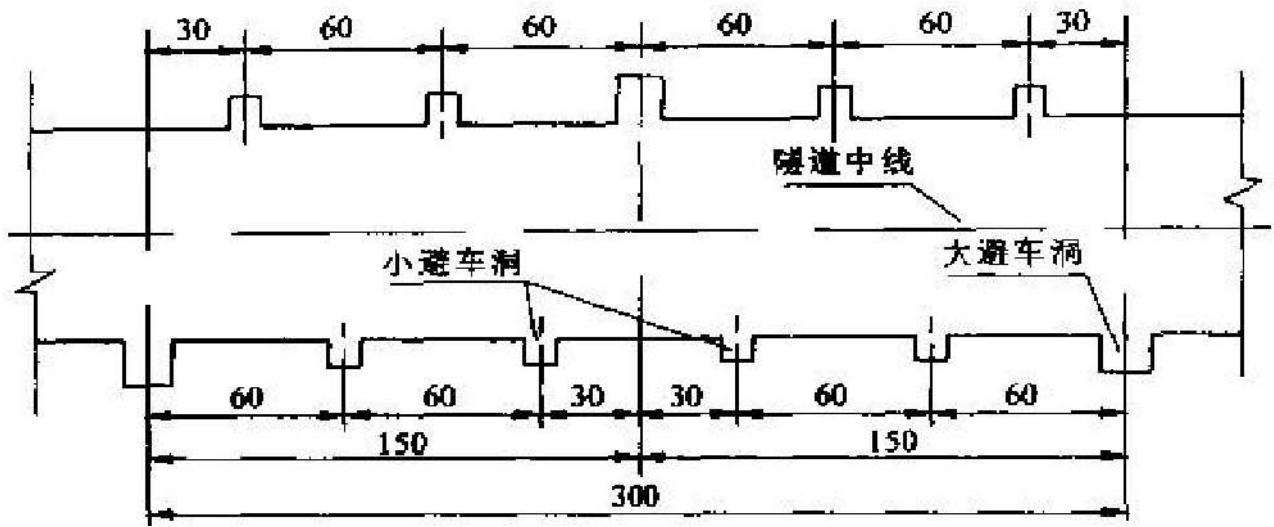
2.4 运营照明设施

2.5 隧道的防水与排水



1、铁路隧道附属建筑结构

1.1. 避车洞



1、铁路隧道附属建筑结构

1.1. 避车洞

(1) 避车洞的布置

大避车洞

设置目的：躲避列车；堆放维修工具、材料

间距：

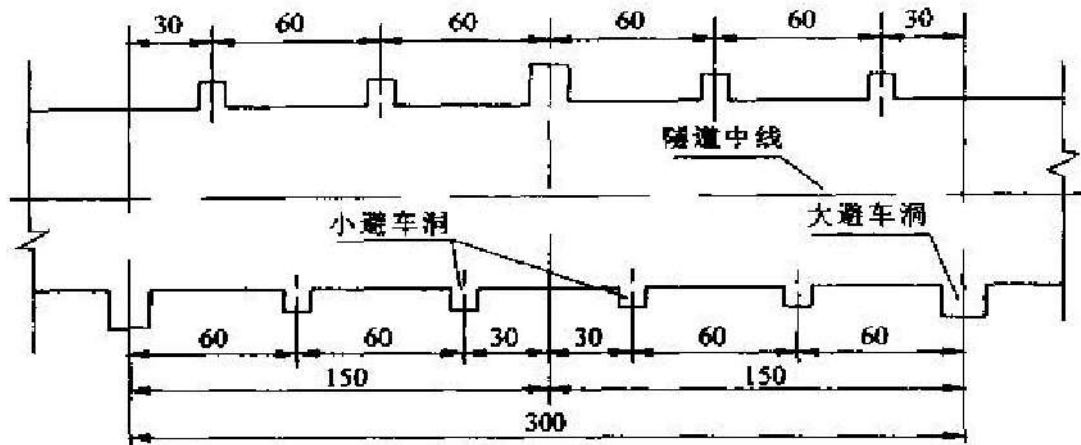
- ①碎石道床：每侧相隔300m布置一个大避车洞；
- ②整体道床：因人员躲避行车较方便，且线路维修工作量较小，故每侧相隔420m布置一个大避车洞；
- ③当隧道长度在300-400m时，可在隧道中间布置一个大避车洞；
- ④隧道长度在300m以下时，可不布置大避车洞。

小避车洞

设置目的：躲避列车

间距：

- ①单线隧道内：每侧边墙间隔**60m**，双线隧道每侧边墙间隔**30m**，布置一个小避车洞（碎石道床与整体道床一样布置）；
- ②布置时应结合大避车洞一起考虑，有大避车洞的地点就不再设置小避洞；不得将避车洞设置于不同衬砌类型衔接处或变形缝处、不同断面加宽处、不同围岩分界处。



(2) 避车洞底部标高

考虑原则：便于维修小车和行人躲入。

处理方式：

- ①避车洞底面应与人行道顶面齐平。
- ②无人行道时，避车洞的底面应与道碴顶面齐平
- ③当避车洞位于曲线上时应使轨枕端头的道床面与避车洞底面齐平。

1.2.电力及通讯设施

按电讯部门相关规定设置

1.3.运营通风设施

隧道的运营通风有自然通风和机械通风两种方式。

(1) 自然通风

应优先考虑，但如存在以下不利情况时，则效果不佳：

- ①隧道两洞口的高差较小，总的热压差不足，不能形成有效风速、风压。
- ②隧道是双向行车，活塞风效应受到影响。

(2) 机械通风

当自然通风不能满足要求时，必须采用机械通风。

《铁路隧道设计规范》规定：

- ①内燃机车牵引的单线隧道，长度在**2km**以上宜设置机械通风。
- ②电力机车牵引的单线隧道，长度在**8km**以上宜设置机械通风。若行车密度较低、自然风条件好时，可适当加长长度。
- ③双线隧道应根据行车密度、自然条件等具体情况，选定设置机械通风的隧道长度和通风方式；对于内燃牵引的双线隧道，当隧道长度×机车密度 ≥ 100 时，应设置机械通风。铁路隧道机械通风一般采用纵向式通风。

(3) 通风方式

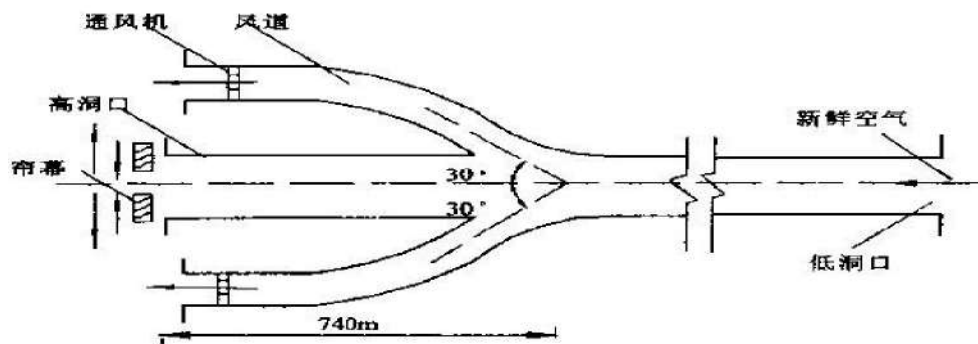
① 洞口风道式通风

当列车车尾一出洞口，立即开通通风机（抽风）

问题：风流短路现象。

解决办法：设置洞口帘幕。

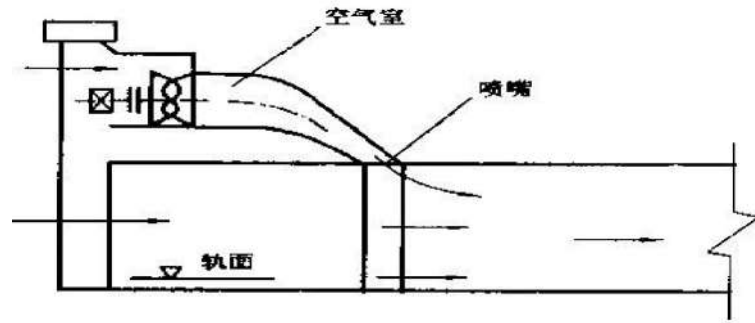
用钢或钢木结构组成框架式帘幕。它用轨顶电路与信号系统进行连锁，当列车驶向隧道时，帘幕自动提升，列车通过后即自动落下。



② 喷嘴式通风

特点：不设帘幕，动力损耗大。

风流由喷嘴以高速和极小的交角喷进隧道内，形成稳定风流。

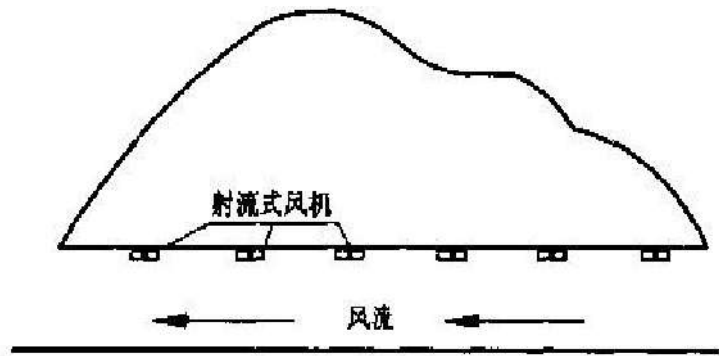
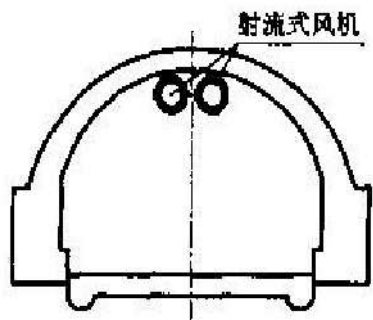


③ 竖井、斜井式通风

机械通风所需动力与隧道长度的立方成正比。所以隧道通风长度越长，洞口通风就越不经济。

因此，对于长大隧道往往需要专门设置竖井来对隧道进行分段通风。（特别是人字坡）

④射流式通风



2、公路隧道附属建筑结构

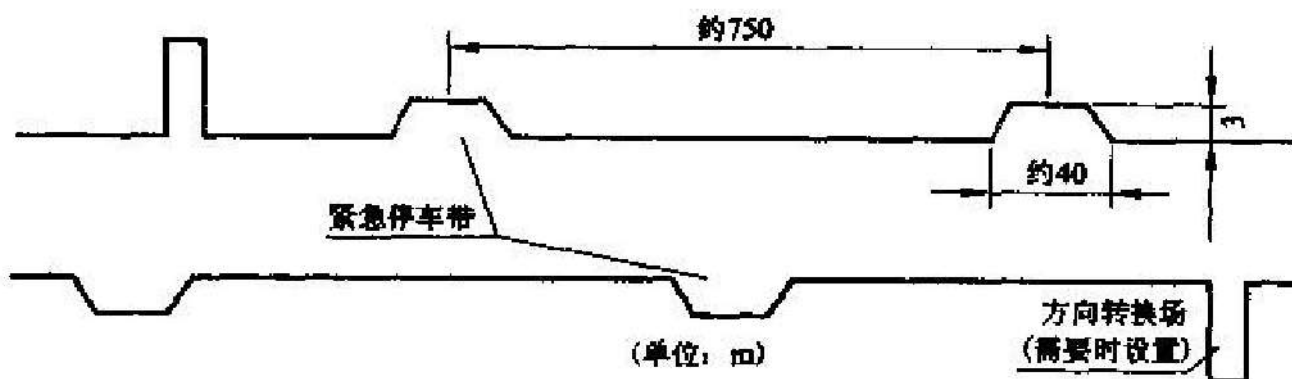
公路隧道附属设施比较多，有通风设施、照明设施、安全设施、应急设施、电力及通讯设施、防排水设施等。

2.1 紧急停车带：

紧急停车带：专供紧急停车使用的停车位置。

特长和长隧道，应根据需要设置紧急停车带。

我国规定，超过2km以上的隧道应设置宽2.5m、长25~40m的紧急停车带，间隔为750m。



2、公路隧道附属建筑结构

2.2.行人行车横洞和预留洞室

横洞：将行车方向分离的双洞公路隧道横向连接起来的连接隧道。

规定：①隧道长度大于400m时，宜设行人横洞，以方便行人行走，或事故的疏散。

②隧道长度大于800m时，宜设置行车横洞，以供巡查、维修、救援及车辆转换方向用。

2、公路隧道附属建筑结构

2.3.通风

(1) 通风方式的选择



选择通风方式的主要因素是隧道的长度和交通流量。此外，还应适当考虑气象、环境、地形等条件，尤其还应将防火灾的因素考虑在内。

(2) 纵向式通风

① 射流式通风

规定：

- (a) 风机的纵向间距为70m左右，风机距洞口的距离可长些，可取100m.
- (b) 当隧道断面为圆形或马蹄形时，将风机吊挂于拱顶，当断面为矩形时，将风机分别置于顶板两角。
- (c) 在双向交通时，射流式通风可用于长度在1km以下的隧道；单向交通时，可用于2km左右的隧道。

②有竖井的纵向式通风

双向交通的隧道，竖井应设置在隧道中间；单向交通的隧道，竖井应设置在靠近洞口。

问题：纵向式通风的污染浓度不均匀，进风口处最低，出风口处最高。为使出口处的浓度保持在容许浓度内，只好加大通风量，但会使得其它地方的污染浓度更低，这就既不经济，又使隧道内风速过大。

（3）横向式通风

① 半横向式通风

工作方式：新鲜空气横向进入，废气纵向排出。

特点：可使隧道内的污染浓度大体上接近一致，这优于纵向式通风。

适用于：1-3km的隧道。

②全横向式通风

工作方式：新鲜空气横向进入，废气就地横向排出。

特点：隧道内不产生沿纵向流动的风，只有横方向的风流动，效果最佳。

适用于：对通风要求严格的隧道内，如地铁、城市附近的公路隧道等。

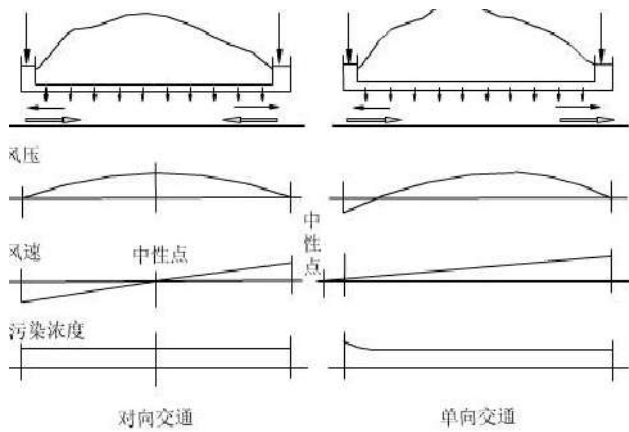


图3-9 半横向式通风示意图

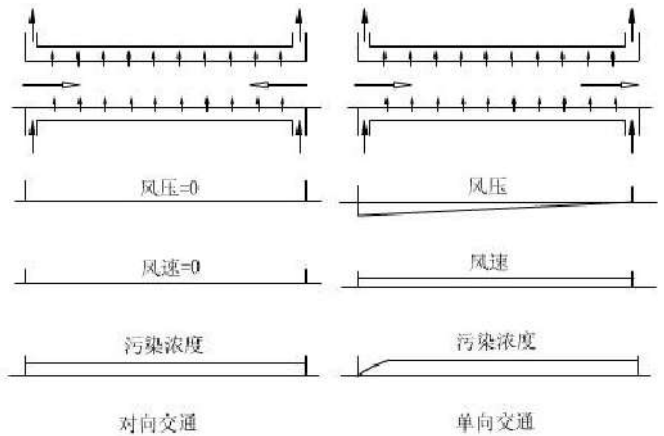


图3-10 全横向式通风示意图

(4) 不同类型隧道的通风方式选择

①水底隧道通风

宜采用全横向式通风。圆形断面比矩形断面更适合。因为圆形断面除了车道空间外，还有多余的空间可以利用，可由车道板下面的空间送风，用顶棚以上的空间送风。

②城市隧道通风

城市交通隧道的交通量一般都很大，且车流不稳定，而全横向式通风和半横向式通风不受交通状况的影响，所以这两种方式都可以用。

③山岭隧道通风

山岭隧道通风要更多地考虑经济性，多半采用纵向式通风或者半横向式通风，一般不采用全横向式通风。

(5) 不同风速要求

考虑因素：

- ①风速过大会令车乘人员不适，并影响行车的稳定；
- ②当隧道纵坡大或很长时，所需的通风量会很大，因而可能使得车道空间沿隧道纵向流动的风速过大，对车辆产生不良影响，使人感到不舒服，此时应考虑改变通风方式或分段通风；
- ③发生火灾时，过大的风速或导致烟火迅速蔓延，危及下风向的车辆和行人。所以对风速应当有一定的限制。

风速规定：

- ①单向交通隧道涉及风速不得大于10m/s，特殊情况可取12m/s；
- ②双向交通的设计风速不应大于8m/s；人车混合通行的隧道设计风速不应大于7m/s.

隧道类型	通风方式		隧道长度 m
单向行车隧道	纵向通风方式	射流风机式	500~2000
		集中送排风式	2000~4000
	半横向通风方式		1500~3000
	横向通风方式		2000~4000
双向行车隧道	纵向通风方式	射流风机式	500~1000
		集中送排风式	500~2000
	半横向通风方式		1000~3000
	横向通风方式		2000~4000

(6) 隧道通风实例

目前世界口径最大、深度最高的竖井通风工程。隧道共设置三座通风竖井，最大井深661米，最大竖井直径达11.5米，竖井下方均设大型地下风机厂房，工程规模和通风控制理论属国内首创，世界罕见，隧道通风竖井被形象地形容为地球上最大的“烟囱”。



2.4. 运营照明设施

(1) 运营照明设施的要求

- ①长度超过100m的高速公路、一、二级公路隧道设置昼夜不间断照明；
- ②能通视、交通量小、行人密度不大的短隧道可不设白天的照明。

(2) 照明区段的划分

视觉现象问题

- ①黑洞效应-由洞外进入洞内时发生；
- ②白洞效应-由洞内驶出洞外时发生；
- ③适应的滞后现象：汽车由明亮的外部进入隧道的隧道以后，要经过一定长度才能看清洞内情况。

解决这些视觉问题的方法是设置不同亮度区段的照明。

长隧道可以分为以下五个区段：

洞口接近段、入口段、过渡段、中间段、出口段。

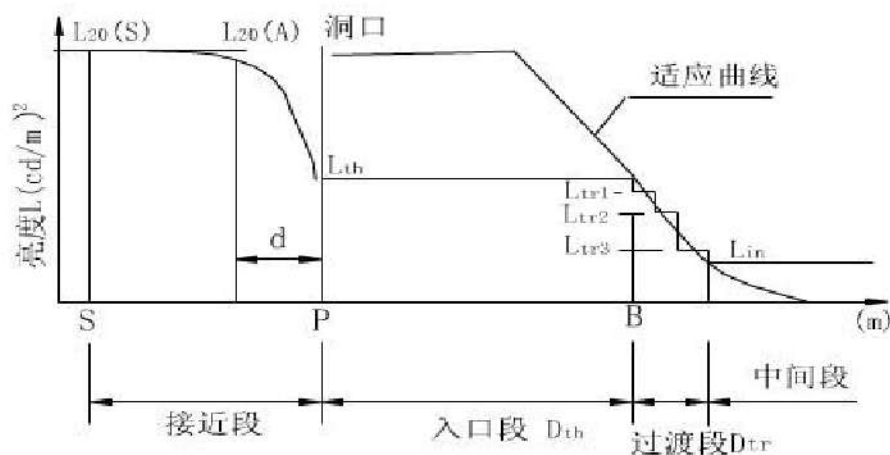
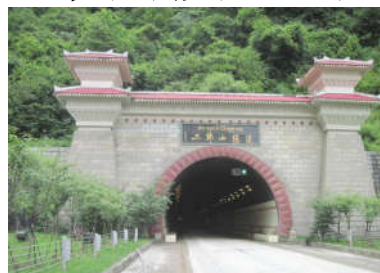


图 3-11 各照明段亮度与长度

P ——洞口（或棚口）； S ——接近段起点； A ——适应点； d ——适用距离； $L_{20}(S)$ ——洞外亮度； $L_{20}(A)$ ——适应点亮度； L_{th} ——入口段亮度； L_{tr1} 、 L_{tr2} 、 L_{tr3} ——过渡段亮度； L_{in} ——中间段亮度； D_{tr1} 、 D_{tr2} 、 D_{tr3} ——过渡段 1、2、3 分段长度。

(3) 洞口接近段减光措施

采用遮阳棚或遮光格栅、在路基两侧种植常青树、采用削竹式洞门、大幅坡面绿化。

洞口端墙采用冷色调



2.5. 隧道的防水与排水

(1) 水对隧道的危害

- ①降低围岩稳定性： C 、 ϕ 值，引起支护困难，费用增加；
- ②地下、地上水位下降及水环境的改变，影响农业生产和生活用水；或被迫停工，影响工程进展等；
- ③水进入隧道后，造成洞内通风、照明、供电等设备锈蚀，使路面积水或结冰，造成打滑，危及行车安全。

(2) 隧道综合治水原则：防(隔)、排、截、堵。因地制宜，综合治理。

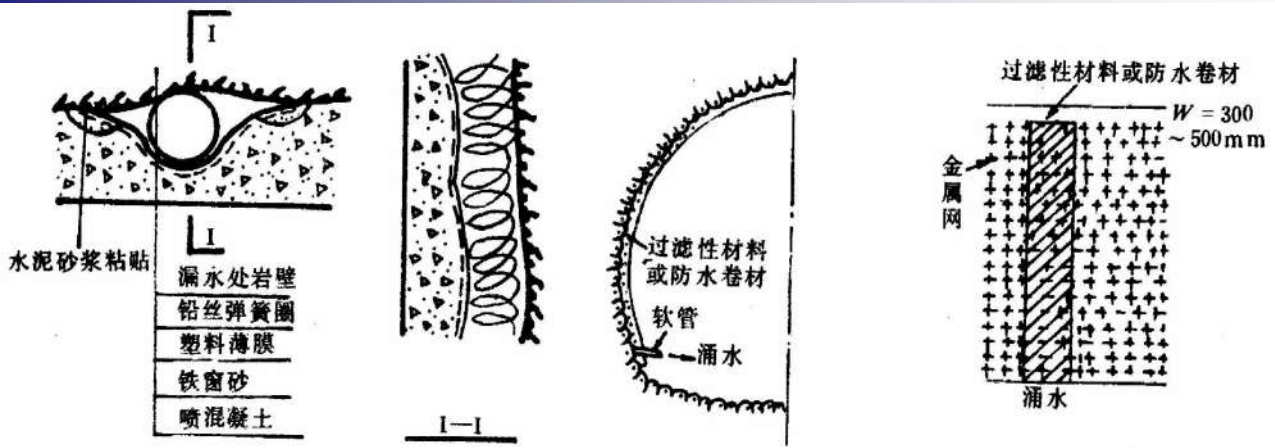
(3) 隧道的防水与排水

①“防”：即在隧道衬砌结构本身上下功夫，使其具有一定的防水能力。用防水混凝土衬砌或止水带，防水层。大致可分为两类：

a.外贴式防水层，粘贴在衬砌的外表面（适用于明挖洞），如沥青油毡，复合土工布等。

b.内贴式防水层，如复合式衬砌的防水板，如塑料防水卷材，还有喷涂式防水层。





②排水措施

人为设置排水系统，将地下水排出隧道。

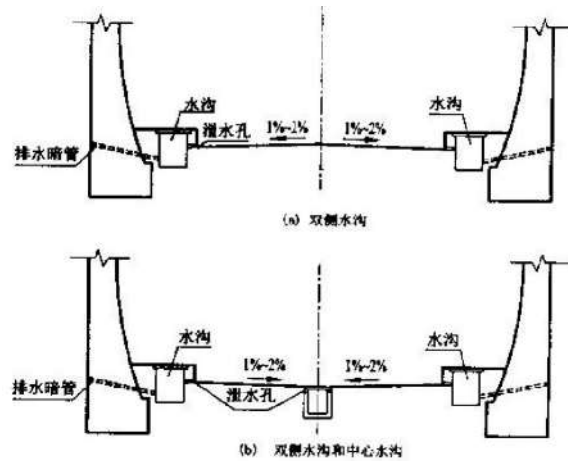
基本措施：

(a) 设置盲沟：作用是在衬砌与围岩之间提供过水通道，并使之汇入泄水孔，主要是用来引导较为集中的局部渗流水。主要有：弹簧软管盲沟；化学纤维渗滤布盲沟。

(b) 排水沟：根据线路坡度、路面形式、水量大小等因素确定的。洞内排水沟可设置成单侧、双侧、中心式三种形式。

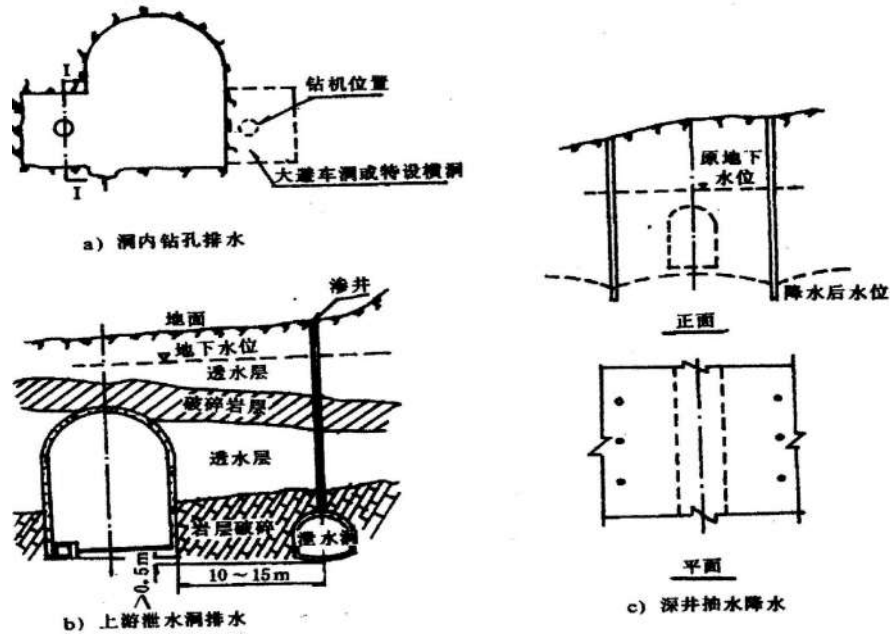
注意事项：

大量排水可能会引起负面效果，如将衬砌背后的沙砾淘空，形成空洞，还可能造成当地农田灌溉和生活用水困难等，因此在调查过程中，务必调查清楚。



③ 截水

截断地表水和地下水流入隧道的通路，就是在隧道以外将地表水和地下水疏导截流，使不进入隧道工程范围内。措施：上游泄水洞、井点降水、开沟疏导、加固地表等。



④ 堵水措施

将地表水堵在围岩中，不使其渗入隧道。以衬砌混凝土为基本防水层，以其它防水材料为辅助防水层，阻隔地下水，使之不能进入隧道内的防水措施，必要时还可以采用注浆堵水措施。堵水措施可以较好地保护地下水环境。

基本措施：

- (a) 喷射混凝土堵水，采用防水材料；
- (b) 塑料板堵水：在初支后、二次支护前铺设；
- (c) 模筑混凝土衬砌堵水：模筑混凝土本身就具有一定的抗渗阻水性能，对于施工缝、沉降缝和伸缩缝处，可采用止水带；
- (d) 注浆堵水：超前注浆、事后注浆。