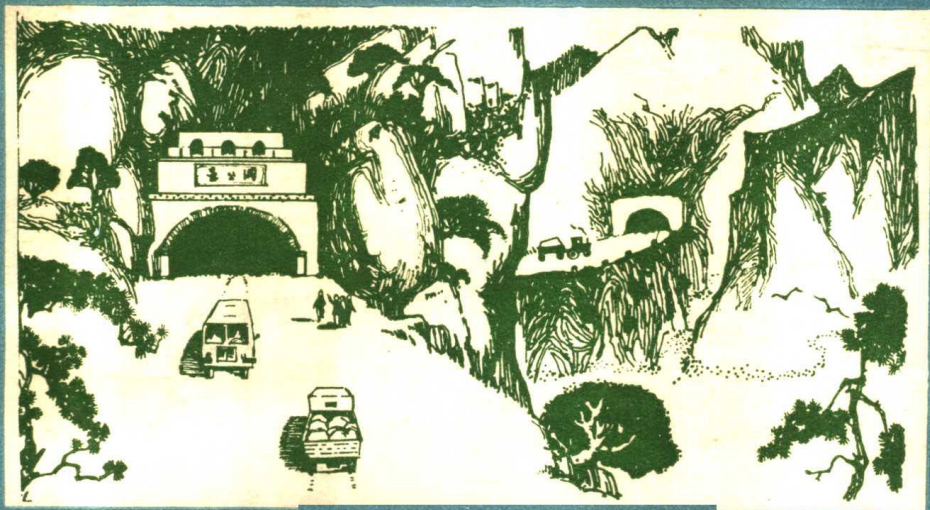




辉县“愚公移山”专业队编

我们是怎样修筑公路隧道的

人民交通出版社

我们是怎样修筑公路隧道的

辉县“愚公移山”专业队编

人民交通出版社

1973年·北京

内 容 提 要

本书介绍河南省辉县人民在毛主席“备战、备荒、为人民”的伟大战略方针指引下，自力更生、土法上马修建山区公路隧道的经验。其内容包括：公路隧道位置选择、施工方法、通风照明、安全生产等。

本书可供地、县交通部门工人及人民公社社员阅读参考。

我们是怎样修筑公路隧道的

辉县“愚公移山”专业队编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷二厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：2 $\frac{1}{2}$ 字数：49 千

1973 年11月 第1版

1973 年 11 月 第1版 第1次印刷

印数：0001—15,000册 定价(科二)：0.19 元

出版说明

河南省辉县人民在毛主席“备战、备荒、为人民”的伟大战略方针指引下，发扬自力更生、艰苦奋斗的革命精神，大搞交通建设。自1963年以来，在修建山区公路的过程中先后建成10几座公路隧道，进一步改善了行车条件，提高了运输效率，便利了人民生活，对改善山区交通状况起了很大作用。

辉县修建公路隧道，充分发扬了自力更生、艰苦奋斗的革命精神。长达800米的“愚公洞”就是辉县人民凭着一颗红心两只手，采用一系列的土办法花了两年多的时间修建成功的。人们称赞他们这种愚公移山的精神，热情地称他们为“太行山下新愚公”。辉县修建隧道不仅考虑交通运输需要，而且还尽量满足水利上的要求，即既通车又通水，做到“一洞多用”，这是符合多快好省的原则的。

本书介绍的经验是根据辉县具体情况（地质条件较好、岩石坚硬）总结的，读者在参阅过程中请结合本地区的情况灵活运用。

关于施工安全问题，由于新规范尚未颁布，为便于使用，特将中华人民共和国交通部1959年制订的《公路工程暂行安全技术规程》中有关章节摘录附后。

对于修建公路隧道的经验，热烈欢迎各地交通部门提供，以便交流。

前 言

在毛主席“备战、备荒、为人民”的伟大战略方针指引下，我县公路建设事业有了很大的发展。现在已经实现了社社通汽车，队队有大道。又由于先后建成了10几座公路隧道，进一步改善了行车条件，大大改善了山区交通状况。

在旧社会，海拔一千多米的我县北部山区，交通闭塞，路途艰险，只有一条盘曲的羊肠小道“十八盘”，仅能肩挑畜驮，上下爬行。万恶的封建官僚统治者吸尽民脂民膏，那管百姓死活。山区人民世代代盼啊，日日夜夜想啊！啥时候能修条大路平坦坦？可是，背压弯，眼望穿，祖祖辈辈仍然过着“出门就爬山，走路如登天”的艰难生活。

解放后，我县人民在共产党和毛主席的英明领导下，开始修建山区公路。在伟大的社会主义教育运动中，县党代会提出了“征服天险‘十八盘’，钻山凿洞开新路”的战斗口号，组织专业队，进行‘十八盘’改线工程。贫下中农树立了“愚公移山，改造中国”的雄心壮志，艰苦奋斗了一年，打通了一条250米长的隧道。无产阶级文化大革命中，进一步批判了刘少奇的修正主义路线，我队全体队员遵照毛主席关于“自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想”的伟大教导，采取土法上马，奋战两年零八个月打通了800米长的“愚公洞”和4、5号等三座隧道。以后又在和山西省交界处的悬崖陡壁上修通了6、7、8号隧道，1970年战胜了大坍方修成9号隧道，目前长达1,400米的10号隧道也已修通。这些隧道的建成，对提高原有公路技术标准，改

善行车条件有很大作用。如‘十八盘’改线（由于修了‘愚公洞’等四座隧道）工程的完成，使原有公路最大纵坡从15%降到4.2%。从此，平坦大道代替了陡坡险路，将“走路如登天”改变为“见山不走山”，推车不用拉手，汽车能带拖斗，这就大大提高了运输效率，节省了人力物力，有力的支援了工农业生产和便利人民生活。

毛主席教导我们“革命战争是民众的事，常常不是先学好了再干，而是干起来再学习，干就是学习。”我们专业队刚成立时，对隧道施工毫无认识，就是遵照毛主席这一教导，边干边学，从不会到会。起先就是靠一些土办法（人工抡锤、打钎凿眼，火把、马灯照明，抬筐、平车运碴……），通过边干边学，我们学会了抡锤、把钎、爆破、运碴、锻石、砌圈等基本操作。近年来，增添了一些机械设备，逐步实现了“土洋结合”的半机械化，但这些基本操作仍发挥着主要作用。

几年来，在山区公路隧道的施工实践中，我们有了一些体会。在上级党组织的领导下成立了三结合编写小组，并得到西安公路学院的大力帮助，将点滴体会整理归纳，编成此册。

由于编写人员政治水平和技术知识所限，错误之处一定不少，恳切希望从事公路建设的同志们批评指正。

辉县“愚公移山”专业队

目 录

第一章 隧道勘测.....	1
第一节 隧道位置的选定.....	1
第二节 隧道测量.....	6
第三节 隧道横断面净空尺寸.....	12
第二章 隧道施工.....	14
第一节 开挖方法.....	14
第二节 爆破作业.....	19
第三节 出 碴.....	33
第四节 隧道衬砌.....	39
第三章 施工通风与照明.....	44
第一节 施工通风.....	44
第二节 施工照明.....	47
第四章 安全生产.....	49
附录一 《公路工程暂行安全技术规程》第 三章、第六章	52
附录二 视距公式及计算示例	62
附录三 有关施工组织及技术经济参考指标	64
附录四 专用名词注释及符号说明.....	68

第一章 隧道勘测

第一节 隧道位置的选定

一、选择隧道位置的原则

“政治工作是一切经济工作的生命线。”影响隧道位置的因素很多，但首先应以路线在政治上的重要性来考虑，亦即考虑战备、工农业生产及人民生活的需要，此外，当然还应考虑技术经济上的合理性。我县选择隧道位置时还尽量考虑水利等方面的要求，即做到“一洞多用”。我们修建的“愚公洞”就是其中的一例。该洞一侧设有水渠（如图1—1），洞内既通车又通水。

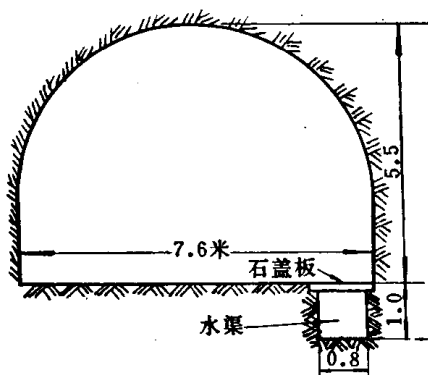


图1-1 “愚公洞”隧道横断面

二、影响隧道位置的因素

（一）交通运输对隧道位置的影响

从有利于交通运输来考虑，要求所定的隧道路线尽量符

合“平、直、近”的原则，这样隧道位置最好选择在山脚处穿过。这种“山脚隧道”可以大大缩短公路路线长度和提高路线标准，并且也往往能利用来通水，满足水利上的要求。我们所修建的隧道多数属于“山脚隧道”。但隧道本身的长度必然较长，工程比较艰巨，施工期限较长，工程费用也就相应增大。

从缩短隧道长度和减小工程费用来考虑，则提高隧道位置，使隧道在半山腰或甚至接近山顶处穿过，这样工程量就可大大减小。我县修建的1号隧道就是属于“山顶隧道”。山腰或山顶隧道两端接线的坡度必然较陡，因此不能适应运输量日益增长的需要，同时也不能利用来通水。但在急于将公路修通，或为了减小越岭路线的纵坡度，有时也可采用。

(二)地形和地质条件对隧道位置的影响

地形和地质条件对隧道位置影响很大，因此，在选定隧道位置时，应进行地形和地质方面的勘察工作。

从地形方面考虑，要求隧道洞口设在山坡陡峻处。这是因为隧道进洞前一般总是要开挖一段路堑（我们称为“明沟”），当路堑达到一定深度后，才开始进洞。因此，如果山坡陡峻，洞口前的路堑就可开挖较短；反之，如果洞口设在山坡平缓处，则需开挖较长的路堑，就会增加隧道的土石方数量。

隧道宜设在山脊下，不宜设在山谷下，如图1—2所示。这是因为山谷下的石层大都破碎，并且有时还可能存在泥石流堆积层，这种地层极不稳定，因此隧道设在山谷底下容易造成坍方和洞顶严重渗水，增加施工困难。9号隧道在施工中发生坍方，其位置选择在山垭口底下，也是产生坍方的原因之一。

地质情况对隧道位置的影响就更大，应进行地质钻探，

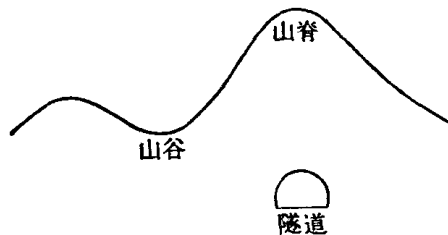


图1-2 隧道的合宜位置

探明岩层情况。在地质钻探条件不具备时，则可以根据观察露出在地面的岩石和植物生长现象，来分析判断石质、地层构造和地下水的情况。一般地说，地表层岩石坚硬，不风化或风化不严重，岩石性质没有什么变化，大都属于同一种岩石，这说明岩层的整体性较好，是适宜于开凿隧道的地质条件。如果地表层岩石风化严重或岩石性质变化很大，这说明岩层破碎和可能存在断层或岩石堆积层，容易引起隧道坍方，宜设法避免在这种地段开凿隧道。此外，地面是光秃秃的，草木很少，地下水一般不多；如果地面树木茂盛，或有水田、水渠，则地下水必然较多，会给隧道施工带来一定困难。

隧道洞口的位置，在很多情况下是由地质条件决定的。如果洞口处地面的岩石风化层很薄，很快就露出坚硬的、整体性好的岩层，这样，在洞顶上须有3~5米的岩层，使爆破时不致崩坍洞顶，隧道就可进洞。反之，如果洞口处地面的岩石风化层很厚，就必须把风化层全部清除掉，直至挖到整体性较好的坚硬岩层后，隧道才能进洞。遇到这种情况，洞口位置就要进入山内很多，而洞口外的路堑必然挖得又长又深，容易发生洞口坍方。为了保证洞口安全，往往需要在洞口处修筑一段明洞（即用明挖法建成的隧道）。9号隧道的两端就修筑了长48米的明洞。

地质条件对隧道的施工方法和进度也有密切关系，石质的好坏和地层情况确定隧道施工时是否需要支撑和修筑衬砌，这关系到工程费用的大小。因此，隧道选择在石质坚硬、整体性好的岩层中通过，就不需要支撑和衬砌，可以大大降低工程造价。如果石质不好，岩层破碎或有土夹层，开挖或浸水后易引起坍方，则必须采用支撑和进行衬砌。

为了鉴别土石的坚硬程度，通常将土石分为16等级，而在隧道工程上常常采用地层坚固系数“ f ”来表示岩层的强度，其数值根据试验，按下式得出：

$$f = \frac{R}{100}$$

式中： R ——岩石的极限抗压强度（公斤/平方厘米），取岩石试件作抗压试验得出。

为了说明各类土石的等级与地层坚固系数的关系，列出二者的对照表供参考使用。

表1—1所列的地层坚固系数是表示处于一般情况下的地层坚固程度，在选用 f 值以计算地层压力时，不只是按岩石种类来选用，还必须考虑地层的实际情况。如岩层风化破碎，裂缝很多，就应选用较低的 f 值。

表1—1中列出的“抗钻性”是指用平均直径为25毫米的钻头，按人工单人反手打眼钻入1米所需的时间，以分钟计。抗钻性也是一种表示岩层强度的性能指标，可用以估计岩石的等级及地层坚固系数 f 值。

几年的实践证明：当岩石等级在8级以上或地层坚固系数 $f = 6 \sim 8$ 以上，岩层整体性良好，就可以不作支撑和衬砌，如“愚公洞”隧道。石质为浅灰色白云质石灰岩（我们这里群众称为“驴皮石”），岩石等级为8~9级， $f = 8 \sim 10$ ，未作衬砌，除有少量的洞顶渗水外，使用情况良好。

土石等级与地层坚固系数表

表1-1

土石等级	土 石 名 称	地层坚固系数“ f ”	抗 钻 性 (分钟/米)
1	砂、粘砂土、种植土、泥炭	0.5~0.6	
2	松散的砂粘土或黄土、砂砾土	0.6~0.8	
3	紧密的砂粘土、干燥黄土、砂砾	0.8~1.0	
4	粘土、硬黄土、卵石、矿碴、软泥灰岩	1.0~1.5	
5	硬粘土、软煤、白垩、石膏、不坚实的页岩	1.5~2.0	
6	密实的白垩、无烟煤、中等坚硬的页岩和泥灰岩	2~4	30~60
7	砾岩、不硬的砂岩、坚硬的页岩和泥灰岩	4~6	61~95
8	砂岩、泥灰质石灰岩、角砾状花岗岩、硬石膏	6~8	96~135
9	坚硬的砂岩、石灰岩、风化的花岗岩、铁矿	8~10	136~175
10	白云岩、坚实的石灰岩、大理石、石英砂岩	10~12	176~215
11	粗粒花岗岩及正长石、特别坚实的白云岩	12~14	216~260
12	片麻岩、粗面岩、特别坚实的石灰岩	14~16	261~320
13	中粗花岗岩及正长岩、坚实的片麻岩和粗面岩	16~18	321~400
14	细粒花岗岩、闪长岩、花岗片麻岩	18~20	
15	安山岩、玄武岩、坚实的辉绿岩、闪长岩、石英岩	20~25	
16	特别坚实的玄武岩、辉长岩及石英岩	大于25	

注：该表数值系由《铁路设计手册(隧道)》253页附表7、《铁路施工技术手册(隧道)》542页附录三及唐山铁道学院编《山岭隧道》等书有关部分摘要合併而得。

又如9号隧道，石质为深灰色细粒石灰岩（我们这里群众称为“小青石”），岩石等级为7级，由于岩石破碎，裂缝很多，风化严重，风化物有的已成为钙质碎石土，地层坚固系数鉴定为 $f = 4 \sim 5$ 。隧道中部有一段由钙质及泥质胶结的破碎岩层，遇水软化，粘结力降低，在施工过程中发生

了坍方。后采用石料衬砌加固，才保证了隧道的稳定和安
全。

由此可见，地质条件的好坏对隧道的施工影响极大，因
此在选定隧道位置时，必须对地质情况进行认真的调查和研
究。

此外，从施工方便来考虑，隧道的纵坡最好采用双向坡
度，有利于施工时向洞口外出碴。这样，隧道两个洞口的高
低位置可定得大致相等，如图 1—3 所示。但由于地形条件
限制或为了满足通水的要求，有的隧道必须采用单向坡度，如
图 1—4 所示。这样，隧道的洞口必然是一个高一个低，其



图1-3 双坡隧道

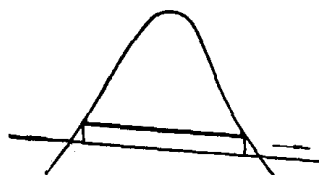


图1-4 单坡隧道

高低位置应根据地形条件或水利要求来确定。我县 1 号、2
号隧道为双坡隧道，3 号、9 号、10 号则为单坡隧道。

第二节 隧道测量

隧道位置选定后，则需进行隧道的测量工作。隧道测量
包括地面定线测量和隧道内的施工测量。

根据我们修建几座公路隧道的施工情况证明，采用普通
的测量方法，即用经纬仪测定隧道中线，用水准仪测出高
差，和用钢尺或皮尺丈量距离，在精度上可以满足施工的要
求。这就可以避免采用计算复杂的三角测量或导线测量，使

隧道测量工作大大简化。

一、地面定线测量

在施工前首先进行地面定线测量，将隧道的中心位置和两个洞口的位置，在地面上精确地定出来。其步骤如下：

1. 在使用仪器测量之前，先用花杆初步定出隧道中线的位置。其方法是：先确定一个洞口的位置，用三根花杆按拟定的方向穿一条直线，以定出另一个洞口的位置，在地面上用垒石标出中线所经各点的位置。如认为所定的另一个洞口的位置不合适，则可将方向偏移一些，再定一条直线，这样移改多次，直至所定的洞口位置适宜为止。采用这个方法定出的隧道都是直线隧道，由于直线隧道在测量和施工上均较曲线隧道方便得多，因此应尽量避免采用曲线隧道。

2. 中线位置初步确定后，就使用经纬仪在地面上定出中线点（或称“中心点”）的精确位置，打下中心桩，在桩顶钉上小钉，或在露出地面的稳定岩石上钻小孔，用红漆标出中线点。中线点必须定得十分精确，才能保证隧道中线的精度。为了防止仪器对中和正倒镜延伸直线产生偏差，要求经纬仪安置后能看到两个已定中线点都在一条直线上，然后再向前定中线点。例如图1—5所示，设经纬仪安置在2点，

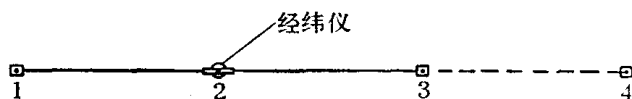


图1-5 中线的延伸

后视1点，倒转望远镜前视3点（已定中线点）也在中线上，然后再定出中线点4，以此法将中线逐点向前延伸。要求经纬仪的视准轴垂直横轴，正倒镜必须是一条直线，如有误差，必须校正。

3. 用钢尺或皮尺丈量中线点间的水平距离，并读视距进行校核。当中线通过陡岩地段无法丈量时，可以采用视距法来计算该段的水平距离。我们认为丈量距离的精度允许稍低些，这是因为距离误差只影响隧道的高程精度，由于隧道的纵坡度一般都很小，因此距离误差所引起的高程误差亦很小。例如当隧道纵坡度为 1.5% 时，距离误差 1 米所引起的高程误差仅 1.5 厘米。

4. 在中线上定出隧道的起点和终点，确定两点之间的距离作为隧道的设计长度，用水准仪测出这两点的高差，算出隧道的设计纵坡度。隧道的实际长度则要到洞口建成后才能确定，因此它与设计长度总会有一定的差距。

为了表示隧道与地面的相对位置，在进行地面定线测量时，最好同时进行视距测量（视距测量的基本公式及计算示例见附录二），求出各中线点的水平距离和高差，绘制隧道纵断面简图，如图 1—6 所示。此图还可用作表示施工进度。

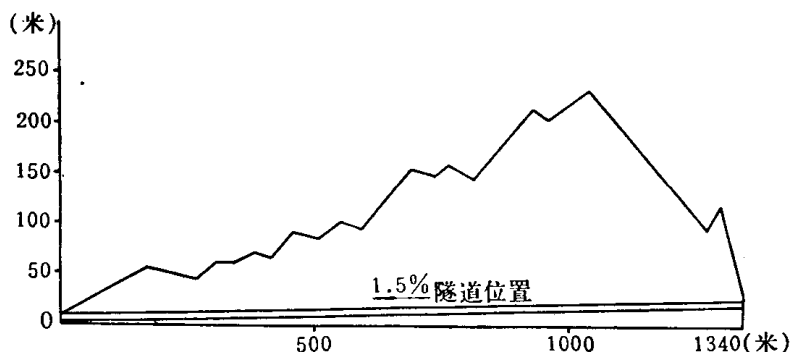


图1-6 某隧道纵断面简图

5. 为了将隧道中线引入洞内，每个洞口外至少要有 3 个中线点，洞口处的山顶上亦应设有永久性中线点，供校对中线的方向用。考虑到在施工中可能被挖掉或毁坏，中线点应

设在离洞口50米以外的稳定岩石上，或埋置固定的中心桩。为了防备被毁坏，最好还设置护桩，可以根据护桩来定出中线点的位置；也可在中线点不使用时，用垒石垛把它保护好。水准标点也应多设几个和保护好，以防被毁坏。

二、洞内施工测量

由于我们采用的施工方法是先在隧道顶部开挖导坑（即上导坑法。“导坑”我们通常称为“小洞”），因此洞内施工测量先是在导坑顶部的稳定岩石上定出临时中线点，用以指示导坑的开挖方向。同时测出导坑顶的高程，使导坑顶的坡度符合设计纵坡度。为了防止导坑的方向和高低出现偏差，必须勤测量、勤校正。当导坑每挖进5米左右，就应测定一次中线和高程，发现有偏差立即纠正。这样就可保证隧道两头导坑能按设计要求顺利接口，和不致引起过多的超挖，避免了窝工浪费。

为了简化经常性的测量工作，可采用一些土办法，即按三点定线的原理，用塑料线或细麻线拉紧作中线，根据已定的两个中线点定出第三个中线点的位置。其做法是：将塑料线的一头固定于中线点1，在中线点2处挂一垂球，使塑料线紧靠垂球线向前拉至开挖面，再将垂球沿塑料线向前移动，在导坑顶上定出新的中线点3，如图1—7所示，以此

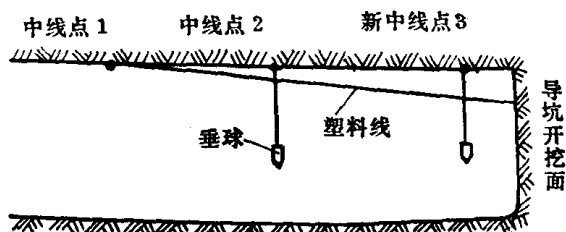


图1-7 用塑料线定中线位置

法逐点向前延伸中线。用塑料线定出的中线点，必然会有一定的偏差，因此隔一段时间，约挖进20米左右，即需用经纬仪测定中线进行校核，及时纠正偏差。采用这个方法就可以不必经常使用经纬仪。

沿中线每隔5米或10米应设一个临时水准点，此水准点在成洞地段可设在洞底，进入导坑后就设在洞顶中线附近的稳定岩石上，用红漆标出，也可利用中线点作为水准点，用水准仪测出各水准点的高程。

隧道内的水准测量，在成洞地段是测出洞底高程，其测量和计算方法与路线水准测量完全相同，其高程计算公式如下：

前视点的高程 = 后视点的高程 + 后视读数 - 前视读数

当水准测量引入导坑后，一般就将水准尺（又称塔尺）倒置于水准点上，测出洞顶高程，如图1—8所示。由于水

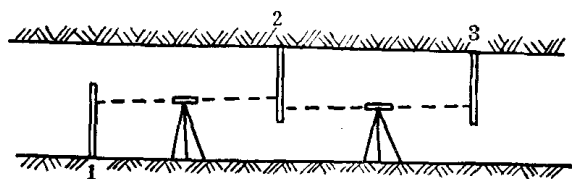


图1-8 用水准仪测洞顶高程

准尺由正置改为倒置，尺上的读数就要作为负数代入上列公式，因此高程计算公式中的正负号就要作一些改变。例如：

2点的高程 = 1点的高程 + 后视读数 + 前视读数

3点的高程 = 2点的高程 - 后视读数 + 前视读数

然后，根据水平距离和隧道的设计纵坡度算出各水准点的设计高程。如洞顶高程大于设计高程，导坑应向下打；如洞顶高程小于设计高程，则导坑应向上打，以此来校正导坑的高低位置。

高程的计算可参考表1—2。