

217723

基本語彙

水利工程隧洞简易施工法



6.9
51
5912

山东省水利厅編
山东人民出版社



水利工程隧洞簡易施工法

山东省水利厅編

山东人民出版社出版（济南經9路勝利大街）

山东書畫刊印事業管理局登記證出001号

山东新华印刷厂印刷 山东省新华書店发行

書号：2752

开本787 X 1092公厘 1/32 • 印張 3/4 • 字數 16,000

1958年12月第1版 1958年12月第1次印刷

印數：1—6,000

統一書号： 15099 • 68

定 价： (7) 0.10 元

6
551
25912

217723

在总路线的光照耀下，在“三主”水利建设方针的指导下，山东省各地已掀起了大规模的水利建设高潮。在修建山谷水库或引水灌溉工程时，开凿隧洞是一项主要任务，为了多、快、好、省的实现水利化，我们搜集了一些有关隧洞工程的施工经验，整编成“水利工程隧洞简易施工法”，供各地施工中学习参考。

隧洞线路的选择

由于隧洞工程穿山凿岭，任务艰巨，施工困难，所以在施工前，必须进行详细的研究，是在山绕线修筑渠道引水呢？还是开山砍岭深挖明渠进行引水，或者是开凿隧洞呢？根据不同的方法，进行实际丈量计算，通过比较而后确定工程的作法。在修筑隧洞中，线路选择更应特别慎重，必须从工程费用、施工难易、施工安全等多方面考虑。在选线当中，应特别注意以下几点：

1. 洞身要短：洞身选线时，首先要详细勘测周围的地形，观察其自然条件，选择山薄、线直、地形有起伏的地段。因为山薄打洞路线短，线直便于施工掌握方向，地形起伏便于在凹处开挖天井，增加打洞的工作面，并且有利于洞下的运尺。另

外，在选线时应尽量减少进出口、洞门前后的明渠，最好利用自然地形通过。

2. 注意地质条件：水工隧洞地质条件的好坏，直接关系到工程的成败。因此，在选线中不能单纯的从洞身长短考虑，必须慎重地选择隧洞的地质。在勘测中要根据山坡岩石露头情况，对岩石表层进行考查，对其内部采取鑽探或槽探（暴破）的办法，了解岩石的结构、山体的稳定、岩石的强度、岩层的走向、岩层的厚度，以及裂缝断层、溶洞、风化岩层和含水层等情况，而后使隧洞穿过较好的岩层。

3. 洞位的确定：主要是根据岩层的优劣情况，但在选择洞位时还应注意以下几点：

(1) 地质构造的变化：岩层结构成水平或稍为倾斜状时，隧洞最好打在同一层的坚硬岩层中，以防受山体压力而发生洞身变形或破坏。如隧洞高度大于岩层厚度时，必须打在硬岩及软岩石的当中（如图1）。

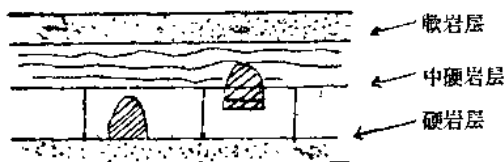


图 1

(2) 在地质条件比较复杂、岩层的条件恶劣的情况下，最好能打在较硬的岩石当中，但必须注意纹理的走向，防止上层渗水，影响施工。如打在一层松、一层硬的岩石中，则硬层必须在洞身上部，以防上部变形，造成坍塌破坏。如中轴线路必

須穿過裂縫斷層溶洞或者破碎帶時，則隧洞中綫的位置，必須選擇在劣石層的上方（如圖2）。

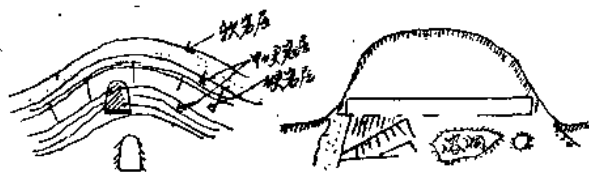


圖 2

(3) 位於岩層深處的岩石隧洞，要使洞軸綫與岩石的走向成斜交，盡量避免洞軸綫與岩層垂直或平行。因為軸向與岩層走向垂直，洞身兩端容易崩潰而欲與走向平行，則又容易造成洞內坍塌，因而洞軸綫不宜選擇在岩層的斷層帶上。

(4) 土質隧洞要選擇在土層含水量少、土質結構堅硬、密實，地下水位低的地方，以免在開挖時洞壁坍塌。

由此可知，隧洞位置的選擇是比較複雜的。因此，在隧洞選綫時要深入地瞭解，多方面研究考慮，多作方案比較，以經濟合理、便於施工為原則，必須選擇最有利的岩層，以保證安全的完成工程。

二 施工定綫與控制

定綫與控制工作是隧洞工程中的重要工作之一。因此，要求精密度較為嚴格。有精密的觀測設備時，可採用三角網施測法，對隧洞軸綫進行控制比較準確，但在全國水利建設高潮中，由於儀器比較缺乏，所以難以滿足當前工程的需要。在貫徹“三主”水利建設方針、依靠羣眾、打破常規、破除迷信的形勢

下，开展了人人献计，启发了群众的高度革命干劲和干劲，通过土洋结合的办法，创造了不少先进经验。兹将其方法，分别介绍如下：

1. 隧洞定线：在没有精密仪器的条件下，可采用三根花杆对照法。首先根据确定的洞位，由洞外及山顶两端，将洞的轴线定好，即埋设固定标志桩，而后采用三点一线的原理，由进口端逐渐至山顶，而后再由山顶延伸至出口端，两端固定标志桩均应超过两个以上，以便应用三点对照的办法，向洞内延伸（如图3）。

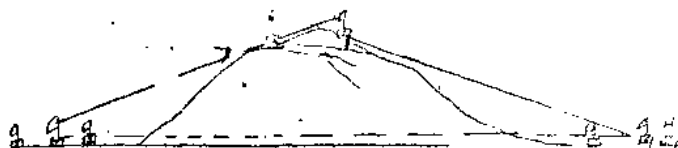


图 3

2. 方向控制：在隧洞开挖中，方向控制是施工中的重大问题，直接关系到工程的节约与浪费。因此必须慎重掌握其具体的控制方法。其方法有以下四种：

（1）引线法：在洞外方向控制桩上系一细绳，拉向洞的中心，若洞身方向无误，则绳与各桩顶上之小钉重合，否则绳必离开，随时进行改正，如此每掘进5—10公尺即打一木桩，不断加以校对。为了更正确的控制洞身方向，也可以根据洞身宽度，在方向控制桩两旁再打两排木桩，同时向洞内延伸。为了洞内工作方便，可将这些方向控制桩定在洞顶上，校对方向时用垂球将各线移至洞底即可测对。如洞内光线不足，看不清垂球时，可在较远的垂球处放一灯光，这样就可较清楚的控制

好方向。

(2) 垂綫法：可利用开挖好的天井，将井的两侧用大头针沿洞軸綫設立两固定点（其相距不应小于1公尺），而后由两点处悬挂垂球，引入洞底，用以控制洞内的开挖方向（如图4）。



图 4

(3) 白腊法：如果洞内光线黑暗，不易对綫，可在洞軸綫上点燃三、五支白腊，随时核对掘进方向，以防出现偏差。

(4) 白灰法：当隧洞每打进一段时，及时用白灰在洞顶上划出洞軸綫，使工人一看就知道隧洞掘进的方向。

3. 高程控制：开挖洞身的高程，除采用土洋等水准仪直接观测外，还可采用腰綫法，即在已打好的洞样上，挂腰（或偏下方）钉立木桩，使其距标准洞底为一常数，洞身每向前开挖10公尺左右，即用木匠所用的水平尺进行校对，依据水平尺将綫置于水平后，看其沿綫距洞底是否仍为标准常数，否则即说明洞底不平，据此腰桩控制洞高。

4. 断面控制：导坑在鑽眼前，先在开挖面上定出中心綫位置，算出洞顶高程，然后决定跑眼的部位和方向。隧洞顶部开挖高程，一般依照設計开挖高程超过10—20公分。掌握这个原则，可以避免因洞顶开挖不够再进行修正的困难，并給衬砌或浇筑顶拱时增加了便利。洞底高程视石質之不同，要掌握高于

設計底10—30公分，在清理洞底挖去活動松石后，即可達到設計高程。洞壁兩側開挖面，系以洞側各點距隧洞中心綫上的距離控制，每經爆破后，可用固定標杆及時進行施測，並以符號標志，以利指導斷面的修整。

三 隧洞開挖

1.開挖方法：隧洞開挖方法，必須根據地質情況及斷面的形狀而定，一般分為兩種，即不放炮隧洞和放炮隧洞。

(1)不放炮隧洞：多半位於比較堅實的土層或松散的岩層及紅砂岩上。這類隧洞不宜於放炮，以免震壞洞壁。因此全部採用人工開挖。在開挖的方式上，有兩種形式：

①突擊打洞法：主要是突擊打洞，將洞全部打通，再行洞內衬砌。開挖進行步驟：先挖拱頂部分，而后分挖兩側，中間留一條土帶，待全部衬砌完畢后，再進行開挖，以利縮短未衬砌前土壁的持續時間。但採用此法，必須斷面較大，拱頂部分能容人直腰行走。

②挖心法：首先把洞子斷面中心挖成凹形，以開展其自由面，而后再開挖四周，便于操作。

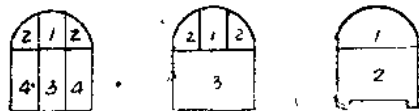
以上兩種開挖方法，經採用后，均較好。前一種是土質隧洞挖法，后一種是紅砂石隧洞挖法。此外，在開挖時還應注意勞力組合。為了達到不窩工，速度快，工人可採取先鋒、后勤的分工，先鋒工人，掌握方向掘進，后勤工人按設計斷面的標準進行修整，這樣流水作業，可以提高打洞速度。

(2)放炮隧洞：岩石隧洞需進行爆破開挖，根據岩層的

好坏，采用不同的机具设备及方法。在岩石较好的层中，修建较长的隧洞时，开挖和衬砌可采取先后作业。

开挖断面较大的隧洞，一般都采用分块开挖的办法。在第一小块挖好后，根据岩层的情况及断面的尺寸，而后再考虑是否采用支撑及其他小块开挖的次序。根据不同的次序，确定采用哪种开挖方法，一般常采用顶部导坑法和底部导坑法。先挖导坑的目的，主要是增加工作面，便于开挖扩大；其次是起试探岩层结构的作用。关于导坑断面开挖的大小，必须根据开挖的方便、交通运输工具的情况、支撑的类别及应留的空隙而定。研究采用顶部导坑或底部导坑，必须根据地质条件、地下水及出渣与衬砌等情况，慎重地选择。两种不同的导坑开挖次序（如图5）：

甲、顶部导坑



乙、底部导坑

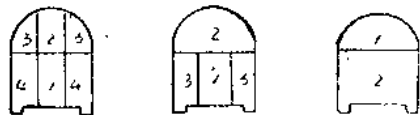


图 5

说明：①分块开挖要视隧洞的断面大小而定，断面大的可采用四块或四块以上，断面小的可采用两块或一块，但开挖的次序应根据石质的不同而定。

②图上所注1、2、3、4是一般扩大开挖次序的经验，优点是提高工作效率，增加工作面，可采取多工序作业。

开挖的具体做法：

(1) 顶部导坑开挖法：在地質不良，顶部支撑架好后不能移动，同时地下水不严重或无地下水的条件下，可采用此法。主要优点是安全，使隧道易坍塌的顶部能迅速支撑住，进行挖底工作；缺点是出渣排水困难（如图6）。

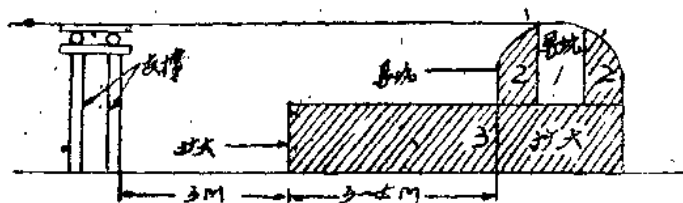


图6 顶部导坑开挖法

(2) 底部导坑开挖法：在比较好的岩层中，支撑简单或不需要支撑，在隧洞长、地下水较为严重的情况下，可采用此法。其主要优点出渣方便、排水容易；缺点是掘进困难，必须在架子上操作，顶部岩石破碎时不够安全（如图7）。

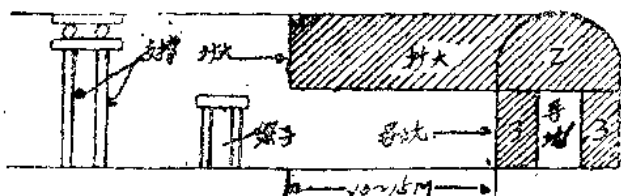


图7 底部导坑开挖法

导坑开挖应注意以下几点：

- ① 导坑前进距离不要过长，上部导坑为6公尺左右，下部导坑为10—15公尺左右，而后再进行扩大。
- ② 隧洞断面较大时，在开挖中要分块分层。距离应适缩

短，一般在随开挖随支撑的情况下为5—8公尺，在不需支撑的情况下为3—5公尺。

③隧洞断面较小时，可将下部一次挖出。若断面大在10平方公尺以内者，无须分成阶梯（或导坑）掘进，可全部开挖，但必须加强出渣工作，方能保证开挖进度。

（3）竖井开挖法：为了扩大开挖操作面，便于洞底通风，因而开挖天井的形状，最好是采用圆形。洞壁起拱的作用，不易坍塌。在地质较坏的条件下，可以采用方形（如连山石式流砂），必要时应加木撑固板。情况恶劣的地段，每打深一段天井先用八根木棍打两道木撑，而后用木板将周围挡起来，如流砂较轻也可用树梢、荆条代替木板，以保证施工安全。下挖时最好是采用三角斜眼炸石法，调角打眼，三眼都向内斜，打眼深度为0.7—1公尺，这样能提高开挖效率，避免洞壁受震，出渣一般采用农村提水工具、轱辘，两根反向绳，实上空下，采取轮流作业。

2.打眼放炮：岩石隧洞人工不能开挖，必须用炸药进行打眼爆破。欲得到良好的效果，务须注意以下事项：

（1）掏槽问题：开挖隧洞时，由于四周岩石起着夹制作用，必须首先进行掏槽，增加自由面，方能达到节约炸药，增加爆炸威力。因此，在掏槽中要根据石质层理和隧洞断面大小，选择掏槽方式。

①锥形掏槽：适用于密致无层理或裂缝岩石中（如图8）。

②边掏槽：根据岩石的层理与节理的发育不同，可采用边掏槽的方法。

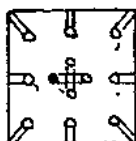
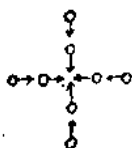
甲



次里石

說明：图上1代表掏槽眼；2代表規格眼，同时，1、2也代表起爆时的先后次序。

乙



眼明或眼心

竖石

說明：图上1代表掏槽眼；2代表規格眼，同时，1、2也代表起爆时的先后次序。

丙



端里石

图 8

說明：图上1代表掏槽眼；2代表輔助眼；3、4代表規格眼，同时1、2、3、4也代表起爆时的先后次序。凡是掏槽眼，眼底延長綫必須集中于一點。根據石質的情況，斜度在 45° — 80° 之間，右眼底距離隨石質的不同而變，硬岩為0.20公尺，中硬岩為0.30公尺，軟岩為0.4公尺。掏槽的眼數及數量，依斷面的大小而定，一般為3—6個，當岩石特別硬時可採取雙掏心。

(甲) 层理倾斜向工作面时，可采用上面掏槽的办法，孔与层理垂直（如图9）。



图 9

(乙) 岩石层理倾斜及向工作面时，采用下面掏槽的办法，孔与层理成垂直（如图10）。

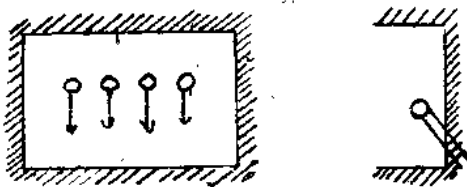


图 10

(丙) 每排炮眼间距依岩石情况而定，一般硬岩石为0.3—0.4公尺，中硬岩石为0.4—0.5公尺，软岩石为0.5—0.7公尺。
边掏槽的炮眼布置（如图11）。

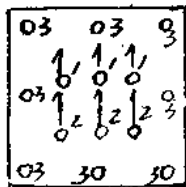


图 11

说明：图上1代表掏槽眼；2代表辅助眼；3代表规格眼，同时，1、2、3也代表起爆时的先后次序。

③直进式掏槽：是应用于断面小、岩石坚硬的隧洞开挖中（如图12）。

(2) 炮眼的布置及用藥量的分配。

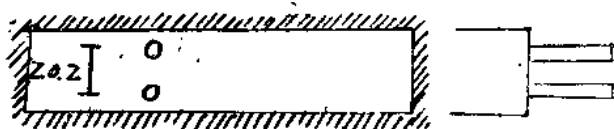


图 12

①炮眼的布置：是直接关系着隧洞断面的控制与节约，因此在工作中必须多加注意。

炮眼的深度与隧洞宽度的关系：

$$W = (0.5 - 0.7) b \dots\dots\dots (1)$$

W ——炮眼的深度（公尺）；

b ——隧洞的宽度（公尺）。

炮眼的数目可依据普氏的经验公式计算：

$$N = 2.7's \sqrt{\frac{f}{s}} \dots\dots\dots (2)$$

N ——爆炸工作面的炮眼数目（个）；

f ——普氏岩石硬度系数（硬岩 $f = 15 - 20$ ，中硬岩 $f = 5 - 10$ ，软岩 $f = 1 - 2$ ）；

s ——隧道断面积（平方公尺）。

②炸藥量的分配：因为掏槽眼、辅助眼、规格眼的不同，因此所需药量各有所异。另外，用藥量的多寡与炸藥的性能、岩石的强度、炮眼的排列都有密切关系，因此必须在实际工作中研究试验。依据初步经验，掏槽眼总药量占眼深的35—60%，其他炮眼总药量占炮眼深度的20%—35%，炸藥量的计算，可依据下式：

$$Q = qv = qswy \dots\dots\dots (3)$$

Q ——每爆炸一次所需的炸藥总重量（公斤）；

y ——炮眼的利用率；

q ——爆破1立方公尺岩石的炸药消耗量（公斤）；

s ——隧洞断面积（平方公尺）；

w ——炮眼的深度（公尺）。

根据以上公式，有了工作面的炮孔总数目和炸药总重量，便可分配各种眼孔的炸药用量。这与炮眼的布置有关，因而在炮眼的布置中还需注意以下几点：

①掏槽眼必须比辅助眼、规格眼的炮眼深度深10—20%，这样才能掏出最深的槽，保证周围炮眼全部爆炸到规定深度。

②规格眼与辅助眼的眼底必须在同一个平面上，否则深浅不一，工作面不平，会留下极深的残眼，浪费炸药。

③炮眼应与大裂缝相交，否则爆炸所产生的气体消失，降低爆炸效果。

④周边上的规格眼，距隧道边界10—20公分，略向外倾，才便于鑽眼和工作面不致缩小。

⑤炮眼必须交错排列（梅花状），岩石软时眼底不可超过隧洞断面边界，岩石硬时可超出边0.10公尺左右。

⑥炮眼的方向必须与岩石层理成垂直。

⑦在炮眼底层垫入少量碎石、食盐，或竹筒造成空隙，以增加爆破量。

⑧在没有电雷管的情况下，可用鎢絲代替。其方法系将两根皮线的端点用1—2公分的鎢絲接起，使两线互不碰，装药时埋入黑色炸药内，通电后即行爆炸。如黄色炸药可在上面填些黑炸药作为引药（鎢絲可用小灯泡来代替，将灯泡磨个小洞，装入黑炸药，而后用棉花堵住，置于黑色炸药内）。

四 隧洞的支撐

隧洞支撐工作，是安全施工不可缺少的重要措施。支撐的原則是牢固，拆卸方便，不妨碍洞內操作和交通。但採用時應因地制宜，在堅硬而穩定的地層中，導坑才可以不用支撐，支撐的構造和杆件尺寸、種類(或木、或鋼、或混凝土)，須根據地質條件、導坑斷面的尺寸決定，可按照逐段不同的情況，採用不同種類、不同形式的支撐方法。茲將各種支撐方法，分別介紹如下：

1. 最簡單的支撐是導坑頂部支撐，以防個別的塊面墜落。可用圓木尺寸為20—25公分，加以頂托(如圖13)。

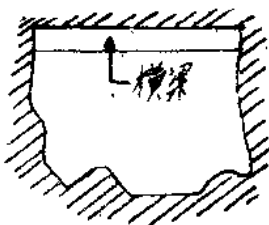


圖 13

2. 有時將個別區段的頂部完全用木板護起，在橫梁與地層之間，塞入厚為4—6公分之木板，稱為棚，以防坍塌(如圖14)。

3. 在傾斜地層中，可能在導坑一側發生壓力，這時必將此側立壁撐起，採用一系列立柱，在該側將其橫梁頂住，並在立柱及地層之間，塞入木板衬住，立柱立在墊板上或在地層上(如圖15)。

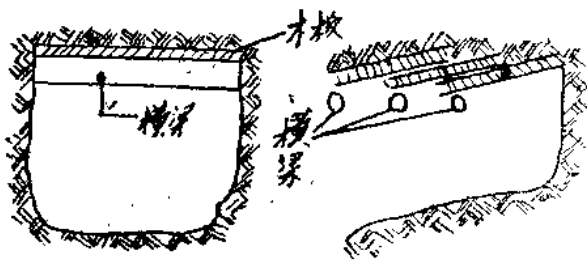


图 14

4. 当导坑两侧边墙的地层都不稳定时，就需在两侧都架立柱，这样支撑叫做不完全顶架（如图16）。

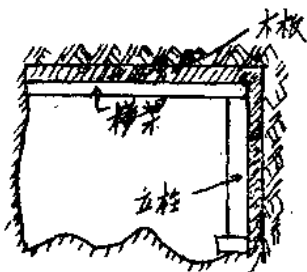


图 15

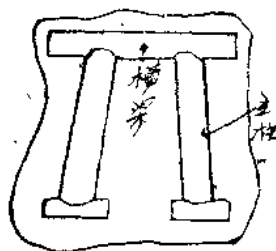


图 16

5. 为了加固顶架，在立柱下再放一根底架木即构成一顶架完全的顶架，杆件之相互联结是在横梁及底架的两端做出承槽，将立柱头放入承槽中，而后四角用扒钉扣起，开挖导坑时支撑紧随其后，开挖面后不加支撑的距离，不得超过导坑的1.5倍，顶架间距应按照地层的压力数值而定，大约为0.6—1.5公尺，通常多半采用1公尺（如图17）。

6. 如果由于压力逐渐增加而使顶架发生变形，则可以在顶架间增设补助顶架，如这样仍不能解决问题，则须在顶架内架