

路桥工程施工新技术实用手册

隧道施工新技术分册

主编 张京等

长征出版社

责任编辑：常 正

封面设计：胡 湖

ISBN 7-80015-859-4



9 787800 158599 >

ISBN 7 - 80015-859-4/Z · 25

总定价：2900.00 元（全十卷）

分册定价：580.00 元（全二卷）

·路桥工程施工新技术实用手册·

隧道施工新技术分册

U451-62/1

主编 张京 等

(下卷)

长征出版社

第十二章 特殊地质地段的隧道施工

第一节 特殊地质地段施工的基本要求

在修建隧道中,常遇到一些不利于施工的特殊地质地段。如膨胀土围岩、黄土、溶洞、断层、松散地层、流沙、岩爆等。在开挖、支护和衬砌过程中,由于各种因素的影响都可能发生土石坍塌,坑道受压支撑变形,衬砌结构断裂和各种特殊施工问题,严重影响施工进度,安全和质量。隧道穿越含有瓦斯的地质,更严重地威胁着施工安全。

本章将讲述一些在特殊地质条件下进行隧道施工时,应掌握的基本知识,采取相应的施工方法和防范措施。

隧道通过特殊地质地段施工时应注意以下几点:

一、施工前应对设计所提供的工程地质和水文地质资料进行详细分析了解,深入地作施工调查,制订相应的施工方法和措施,备足有关机具材料,认真编制和实施施工组织设计,使工程达到安全、优质、高效的目的。反之,即便地质并非不良,也会因准备不足,施工方法不当或措施不力导致施工事故,延误施工进度。

二、特殊地质地段隧道施工,以“先治水、短开挖、弱爆破、强支护、早衬砌、勤检查、稳步前进”为指导原则。隧道选择施工方法(包括开挖及支护)时,应以安全为前提,综合考虑隧道工程地质及水文地质条件、断面型式、尺寸、埋置深度、施工机械装备、工期和经济的可行性等因素而定。同时应考虑围岩变化时施工方法的适应性及其变更的可能性,以免造成工程失误和增加投资。

三、隧道开挖方式,无论是采用钻爆开挖法、机械开挖法,还是采用人工和机械混合开挖法,应视地质、环境、安全等条件合理选用。如用钻爆法施工时,光面爆破和预裂爆破技术,既能使开挖轮廓线符合设计要求,又能减少对围岩的扰动破坏。爆破应严格按照钻爆设计进行施工,如遇地质变化应及时修改完善设计。

四、隧道通过自稳时间短的软弱破碎岩体、浅埋软岩和严重偏压、岩溶流泥地段、砂层、砂卵(砾)石层、断层破碎带以及大面积淋水或涌水地段时,为保证洞体稳定可

采用超前锚杆、超前小钢管、管棚、地表预加固地层和围岩预注浆等辅助施工措施，对地层进行预加固、超前支护或止水。

五、采用新奥法施工的隧道，为了掌握施工中围岩和支护的力学动态及稳定程度，以及确定施工工序，保证施工安全，应实施现声监控量测，充分利用监控量测指导施工。对软岩浅埋隧道须进行地表下沉观测，这对及时预报洞体稳定状态，修正施工都十分重要。

六、特殊地质地段隧道，除大面积淋水地段、流沙地段，穿过未胶结松散地层和严寒地区的冻胀地层等，施工时就采取相应的措施外，均可采用锚喷支护施工。爆破后如开挖工作面有坍塌可能时，应在清除危石后及时性喷射混凝土护面。如围岩自稳性很差，开挖难以成形，可沿设计开挖轮廓线预打设超前锚杆。锚喷支护后仍不能提供足够的支护能力时，应及早装设钢架支撑加强支护。

七、当采用构件支撑作临时支护时，支撑要有足够的强度和刚度，能承受开挖后的围岩压力。围岩出现底部压力，产生底膨现象或可能产生沉陷时应加设底梁。当围岩极为松软破碎时，应采用先护后挖，暴露面应用支撑封闭严密。根据现场条件，可结合管棚或超前锚杆等支护，形成联合支撑。支撑作业应迅速、及时，以充分发挥构件支撑的作用。

八、围岩压力过大，支撑受力下沉侵入衬砌设计断面，必须挑顶（即将隧道顶部提高）时，其处理方法是：拱部扩挖前发现顶部下沉，应先挑顶后扩挖。当扩挖后发现顶部下沉，应立好拱架和模板先灌筑满足设计断面部分的拱圈，俟混凝土达到所需强度并加强拱架支撑后，再行挑顶灌筑其余部分。挑顶作业宜先护后挖。

九、对于极松散的未固结围岩和自稳性极差的围岩，当采用先护后挖法仍不能开挖成形时，宜采用压注水泥砂浆或化学浆液的方法，以固结围岩，提高其自稳性。

十、特殊地质地段隧道衬砌，为防止围岩松弛，地压力作用在衬砌结构上，致使衬砌出现开裂、下沉等不良现象。因此，采用模筑衬砌施工时，除遵守隧道施工技术规范的有关规定施工外，还应注意：当拱脚、墙基松软时，灌筑混凝土前应采取措施加固基底。衬砌混凝土应采用高标号或早强水泥，提高混凝土等级，或采用掺速凝剂、早强剂等措施，提高衬砌的早期承载能力。仰拱施工，应在边墙完成后抓紧进行，或根据需要在初期支护完成后立即施作仰拱，使衬砌结构尽早封闭，构成环形改善受力状态，以确保衬砌结构的长期稳定坚固。

第二节 膨胀土围岩路段施工技术

膨胀土系指土中粘土矿物成分主要由亲水性矿物组成,同时具有吸水显著膨胀软化和失水收缩硬裂两种特性,且具有湿胀干缩往复变形的高塑性粘性土。决定膨胀性的亲水矿物主要是蒙脱石粘土矿物。

我国是世界上膨胀土分布面积最广的国家之一。现已发现有膨胀土发育的地区达到20余个省、市、自治区,遍及西南、西北、东北、长江与黄河中下游及东南沿海地区。其中,主要有:云南、贵州、四川、湖北、安徽、广东、广西、陕西、山西、河南、山东和河北等省区,分布是十分广泛的。

一、膨胀土围岩的基本特征

隧道穿过膨胀土地层,隧道开挖后不久,常常可以见到围岩因开挖而产生变形,或者因浸水而膨胀,或因风化而开裂等现象。使坑道的顶部及两侧向内挤入,底部鼓起,随着时间的增长导致围岩失稳,支撑、衬砌变形和破坏。这些现象说明膨胀土围岩性质是极其复杂的。它与一般土质的围岩性质有着根本的区别。

膨胀土围岩的基本特性,主要有以下三方面:

(一) 膨胀土围岩大多具有原始地层的超固结特性,使土体中储存有较高的初始应力。当隧道开挖后,引起围岩应力释放,强度降低,产生卸荷膨胀。因此,膨胀土围岩常常具有明显的塑性流变特性,开挖后将产生较大塑性变形。

(二) 膨胀土中发育有各种形态的裂隙,形成土体的多裂隙性。膨胀土围岩实际上是土块与各种裂隙和结构面相互组合形成的膨胀土体。由于膨胀土体在天然原始状态下具有高强度特性,隧道开挖后洞壁土体失去边界支撑而产生胀缩,同时因风干脱水使原生隐裂隙张弛,使围岩强度急剧衰减。因此,隧道施工开挖过程中,常有初期围岩变形大,发展速度快等现象。

(三) 膨胀土围岩因吸水而膨胀,失水而收缩,土体中干湿循环产生胀缩效应。一是使土体结构破坏,强度衰减或丧失,围岩压力增大。二是造成围岩应力变化,无论膨胀压力或收缩压力,都将破坏围岩的稳定性,特别是膨胀压力将对增大围岩压力起叠加作用。

二、膨胀土围岩对隧道施工的重大危害

由于膨胀土围岩的特殊工程地质性质及其围岩压力特性,使膨胀土的隧道围岩具有普遍开裂、内挤、坍塌和膨胀等变形现象。膨胀土隧道围岩变形常具有速度快、破坏性大、延续性大、延续时间长和整治较困难等特点。施工中常见的几种情况,简述如下:

(一) 围岩裂缝:隧道开挖后,由于开挖面上土体原始应力释放产生胀裂;另外,因为表层土体风干而脱水,产生收缩裂缝。同时,两种因素都可以使土中原生隐裂隙张开扩大。沿围岩周边产生裂缝,尤其在拱部围岩容易产生张拉裂缝与上述裂缝贯通,形成局部变形区。

(二) 坑道下沉:由于坑道下部膨胀土体的承载力较低,加之上部围岩压力过大,因而产生坑道下沉变形。坑道的下沉,往往造成支撑变形、失效,进而引起土体坍塌等现象。

(三) 围岩膨胀突出和坍塌:膨胀土开挖过程中或开挖后,围岩产生膨胀土变形,周边土体向洞内膨胀突出,开挖断面缩小。在土体丧失支撑或支撑力不够的状态下,由于围岩压力和膨胀压力的综合作用,使土体产生局部破坏,由裂缝发展到出现溜塌,然后逐渐牵引周围土体连续破坏,形成坍塌。

(四) 底鼓:隧道底部开挖后,洞底围岩的上部压力解除,又无支护体约束的条件下,由于应力释放,洞底围岩产生卸荷膨胀;加之坑道积水,使洞底围岩产生浸水膨胀。因而造成洞底围岩鼓出变形。

(五) 衬砌变形和破坏:在先拱后墙法施工中,拱部衬砌完成后至开挖马口的这段时间,由于围岩和膨胀压力,常常产生拱脚内移,同时发生不均匀下沉,拱脚支撑受力大,发生扭曲,变形或折断。拱顶受挤压下沉,也有向上凸起。拱顶外缘经常出现纵向贯通拉裂缝,而拱顶内缘出现挤裂、脱皮、掉块现象,在拱腰部位出现纵向裂缝,这些裂缝有时可发展到张开、错台。当采用直墙时,边墙常受膨胀侧压而开裂,甚至张开、错台,少数曲墙也有出现水平裂缝的情况。当底部未做仰拱或仅做一般铺底时,有时会出现底部鼓起,铺底被破坏。

三、膨胀土围岩的隧道施工基本方法

(一) 加强调查、量测围岩的压力和流变

在膨胀土地层中开挖隧道,除了认真实施设计文件所提出的技术要求外,在施工过程中应对围岩压力及其流变情况进行充分的调查和量测,分析其变化规律。对地下水亦应探明分布范围及规律,了解水对施工的影响程度,以便根据围岩动态采取相应的施工措施。如原设计难以适应围岩动态情况,也可据此作适当修正。

(二) 合理选择施工方法

膨胀土隧道围岩压力的施工效应,是导致隧道变形病害的主要原因。采用合理的施工方法,对隧道的稳定性有着十分重要的作用。因此,在施工中应以尽量减少对围岩产生扰动和防止水的浸湿为原则,所以宜采用无爆破掘进法。如采用掘进机、风镐、液压镐等开挖。在开挖过程中尽可能缩短围岩暴露时间,并及时衬砌,以尽快恢复洞壁因土体开挖而解除的部分围岩应力,减少围岩膨胀变形。开挖方法宜不分部或少分部,多采用正台阶法、侧壁导坑法和“眼镜法”。正台阶法适用于跨度小的隧道,它分部少相互干扰小,且能较早地使支护(衬砌)闭合。侧壁导坑法和“眼镜法”较适用于跨度较大的隧道,它具有防止上半断面支护(衬砌)下沉的优点,但全断面闭合时间较迟,必须注意防止边墙混凝土受压向隧道内挤。

(三) 防止围岩湿度变化

隧道开挖后,膨胀土围岩风干脱水或浸水,都将引起围岩体积变化,产生胀缩效应。因此,隧道开挖后及时喷射混凝土,封闭和支护围岩。在有地下水渗流的隧道,应采取切断水源并加强洞壁与坑道防、排水措施,防止施工积水对围岩的浸湿等。如局部渗流可采用注浆堵水阻止地下水进入坑道或浸湿围岩。

(四) 合理进行围岩支护

膨胀土围岩支护必须适应围岩的膨胀特性。在施工时注意以下几点:

1. 喷锚支护,稳定围岩。喷锚支护作为开挖膨胀土围岩的施工支护,可以加强围岩的自承能力,允许有一定的变形而又不失稳。采用喷锚支护,应紧跟开挖必要时在喷

射混凝土的同时,采用钢筋网。也可采用钢纤维混凝土提高喷层的抗拉和抗剪能力。当膨胀压力很大时,可用锚喷及钢架或格栅联合支护,在隧道底部打设锚杆,也可以在隧道顶部打入超前锚杆或小导管支护。膨胀土围岩隧道的支护,尽可能使其在开挖面周壁上迅速闭合。如果是台阶开挖,可在上半部开挖后尽快作出半部闭合,使围岩尽早受到约束。总之,不论采用哪一种类型的支护,都必须根据工程实际情况及围岩变形状态而定。

2. 衬砌结构及闭合。膨胀土围岩隧道开挖后,围岩向内挤压变形一般是在四周同时发生,所以施工时要求隧道衬砌及早封闭。从理论上讲,拱部、边墙及仰拱宜整体完成,衬砌受力条件最好。但受施工条件的限制往往难以实现。因此,在灌筑拱圈部分时,应在上台阶的底部先设置临时混凝土仰拱或喷射混凝土作临时仰拱,以使拱圈在边墙、仰拱未完成前,自身形成临时封闭结构。然后当进行下部台阶施工时,再拆除临时仰拱,并尽快灌筑永久性仰拱。

第三节 黄土地段隧道施工技术

黄土在我国分布较广。黄河中游的河南西部、山西南部、陕西和甘肃的大部分地区为我国黄土和湿陷性黄土的主要分布区。这些地区的黄土分布厚度大、地层全而连续,发育亦较典型。其他地区如河北、山东、内蒙和东北各地以及青海、新疆等地亦有所分布。

一、黄土分类及其对隧道施工的影响

黄土是在干燥气候条件下形成的一种具有褐黄、灰黄或黄褐等颜色,并有针状大孔、垂直节理发育的特殊性土。

黄土按其形成的年代可分为,形成于下更新世 Q_1 的午城黄土和中更新世 Q_2 的离石黄土,称为老黄土。普遍覆盖在上述黄土上部及河谷阶地地带上新世 Q_3 的马兰黄土及全新世 Q_4 下部的次生黄土,称之为新黄土。此外,还有新近堆积黄土,为 Q_4 的最新堆积物,多为近几十年至近几百年形成的。

根据其物理性质不同,按塑性指数 (I_p) 大小可分为,黄土质粘砂土 ($1 < I_p \leq 7$), 黄土质砂粘土 ($7 < I_p \leq 17$) 及黄土质粘土 ($17 < I_p$)。

黄土地层对隧道施工的影响主要是：

(一) 黄土节理：在红棕色或深褐色的古土壤黄土层，常具有各方向的构造节理，有的原生节理呈 X 型，成对出现，并有一定延续性。在隧道开挖时，土体容易顺着节理张松或剪断。如果这种地层位于坑道顶部，则极易产生“塌顶”。如果位于侧壁，则普遍出现侧壁掉土，若施工时处理不当，常会引起较大的坍塌。

(二) 黄土冲沟地段；隧道在黄土冲沟或塬边地段施工时，当隧道在较长的范围内沿着冲沟或塬边平行走向，而覆盖较薄或偏压很大的情况下，容易发生较大的坍塌或滑坡现象。

(三) 黄土溶洞与陷穴：黄土溶洞与陷穴，是黄土地区经常见到的不良地质现象，隧道若修建在其上方，则有基础下沉的危害。隧道若修建在其下方，常有发生冒顶的危险。隧道若修建在其邻侧，则有可能承受偏压。

(四) 水对黄土隧道施工的影响；在含有地下水的黄土层中修建隧道，由于黄土在干燥时很坚固，承压力也较高，施工可顺利进行。当其受水浸湿后，呈不同程度的湿陷性，会突然发生下沉现象，使开挖后的围岩迅速丧失自稳能力，如果支护措施满足不了变化后的情况，极易造成坍塌。

施工中洞内排水浪，洞内道路会形成泥泞难行，不论是无轨还是有轨运输都会给道路为维护、机械的使用与保养、隧道的铺底或仰拱施工作业等方面带来很大的困难。

二、黄土隧道施工基本方法

(一) 黄土隧道施工方法

1. 黄土地层隧道施工，应做好黄土中构造节理的产状与分布状况的调查。对因构造节理切割而形成的不稳定部位，在施工时应加强支护措施，防止坍塌，以策安全施工。

2. 黄土围岩开挖后不能暴露时间过长，否则围岩周壁风化至内部，围岩体松弛会加快，进而造成坍塌方。因此宜采用复合式衬砌，在开挖时应少扰动，开挖坑道后及时喷射混凝土，并以锚杆、钢筋网和支撑作初期支护，以快速形成严密的支护体系。必要时可采用超前锚、管棚预支护加固围岩。并应在初期支护基本稳固后，进行永久支护衬砌的施工。衬砌背后尤其是拱顶回填要密实。

3. 做好洞顶、洞门及洞口的防排水系统工程，并妥善处理好陷穴、裂缝，以免塌

面积水浸蚀洞体周围,造成土体坍塌。在有含水的黄土地层中施工时,洞内应做良好的排水设施。当地下水量较大时,应在洞内采用井点降水法,将地下水位降至隧道衬砌底部以下,以改善施工条件,加快施工速度;在干燥无水的黄土层中施工,应管理好施工用水,不使废水漫流。

(二) 黄土围岩隧道施工有关规定

1. 应认真调查黄土地层中节理的产状与分布状况。对因构造节理切割而形成的不稳定部位加强支护。
2. 施工中应遵循“短开挖、少扰动、强支护、及时密贴、实回填、严治水、勤量测”的施工原则,紧凑施工工序,精心组织施工。
3. 开挖方法宜采用短台阶开挖方法或分部开挖法(留核心法)。初期支护应紧跟开挖面施作。

三、黄土隧道施工的注意事项

(一) 首先,做好洞口、洞门及洞顶的排水系统,并妥善处理好陷穴、裂缝,以免地面积水浸蚀洞体周围,造成土体坍塌;

(二) 施工中如发现工作有失稳现象,应及时用喷射混凝土封闭、加设锚杆、架立钢支撑等加强支护。喷射机的压力不宜超过 0.2MPa;

(三) 施工时要特别注意拱脚与墙脚处断面,如超挖过大,应用浆砌片石回填。如发现该处土体承载力不够,应立即加设锚杆或采取其它措施进行加固。钟点锚杆孔时,宜采用干钻;

(四) 在开挖与灌筑仰拱前,为防止边墙向内位移,宜加设横向撑梁顶紧;

(五) 锚杆宜采用药包式或早强砂浆式锚杆。若拱部位于砂层时,为防止喷射混凝土层塌落,可用 $\phi 4 \sim \phi 6$ mm 的密钢筋网,紧贴开挖面作为固定初喷混凝土层之用;

(六) 施工中如发现不安全因素时,应暂停开挖,加强临时支护,以便适应调整工序安排。

第四节 隧道施工塌方处理技术

一、隧道坍塌方具体预防措施

(一) 发生坍塌方原因

1. 地质因素

(1) 隧道穿过断层及其破碎带, 一经开挖, 潜在应力释放, 承压快、围岩失稳而坍塌;

(2) 当通过各种堆积体时, 由于结构松散, 颗粒间无胶结或胶结差, 开挖后引起坍塌;

(3) 在挤压破碎带, 岩脉穿插带、节理密集带等碎裂结构地层中, 岩块间互相挤压钳制, 一经开挖则失稳, 常见围岩掉块、坍塌。在软弱结构面发育的情况下, 或泥质充填物过多, 均易产生较大的坍塌;

(4) 在构造运动的作用下, 薄层岩体形成的小褶曲、错动发育地段, 施工中常常发生坍塌方;

(5) 岩层软硬相间, 或有软弱夹层的岩体, 在地下水的作用下, 软弱面的强度大大降低, 因而发生滑塌;

(6) 地下水的软化、浸泡、冲蚀、溶解等作用加剧岩体的失稳和坍塌。

2. 施工方法和措施不当

(1) 施工方法选择不当, 或工序间距安排不合理。各工序间距拉得较长, 地层暴露时间过久, 引起围岩松动、风化、招致塌方的发生;

(2) 喷锚不及时, 或喷混凝土质量、厚度不符合要求;

(3) 采用钢支撑时, 支撑架设质量欠佳, 支撑与围岩不密贴, 两者间的空隙填塞不密实, 或联接不够牢固, 不能满足围岩压力所需要的强度要求;

(4) 有时抽换支撑操作不当, 或者当支撑已出现受力过大的现象而未及时加固;

(5) 爆破作业不当, 用药量过多;

(6) 处理危石措施不当, 引起危石坠落, 牵动岩层坍塌。

(二) 坍塌方前征兆

1. 量测信息所反应的围岩变形速度或数值超过允许值；
2. 喷射混凝土产生纵横向的裂纹或龟裂；
3. 在坑顶或坑壁发现不断掉下土块、小石块或构件支撑间隙不断漏出砂、石屑；
4. 岩层层理、节理缝或裂隙变大、张开。
5. 支撑梁、柱变形或折断，楔子压扁压劈，填塞木弯曲折断，扒钉受力变形，木支撑发生“辟啪”破裂声；
6. 坑道内渗水、滴水突然加剧或变浑。

(三) 预防坍塌方施工措施

要预防隧道施工坍塌，首先做好地质预报，选择相应的安全合理的施工方法和措施。在施工中注意掌握下述要点：

1. 先排水

在施工前和施工中均应采取相应的防排水措施，尽可能将坑外之水截于坑道之外。

2. 短开挖

各部开挖工序间的距离要尽量缩短，以减少围岩暴露时间。

3. 弱爆破

在爆破时，要用浅眼、密眼，并严格控制用药量或用微差毫秒爆破。

4. 强支护

针对地压情况，确保支护结构有足够的强度。

5. 快衬砌

衬砌工作须紧跟开挖工作面进行，力求衬砌尽快成环。

6. 勤检查、勤量测

对围岩发现有变形或异状，要立即采取有效措施及时处理隐患。

二、隧道坍塌方基本处理措施

(一) 一般处理坍塌方步骤及方法

1. 防止坍塌方扩大范围

坍方发生后, 首先应防止坍方继续扩大:

- (1) 在坍方范围顶部、侧壁上的危石及大裂缝, 应先行清除或锚固;
- (2) 对坍方范围前后原有的支护进行加固, 以防止坍方扩大;
- (3) 在坍塌方范围内架设支撑或喷射混凝土, 必要时加设锚杆;
- (4) 加快衬砌。对坍方两端应尽快作好局部衬砌, 以保证坍塌方不再扩大。

2. 处理坍塌方措施

(1)、如坍塌方体积较小, 且坍方范围内已进行了喷锚, 或已架设好较为牢固的构件支撑, 可由两端或一端先上后下地逐步清除坍渣, 随挖随喷射混凝土, 随架设临时构件支撑支顶;

(2) 如坍塌方体较大, 或地表已下沉, 或因坍体堵塞, 无法进入坍方范围进行支护时, 则可注浆加固坍体, 然后用“穿”的办法在坍体内进行开挖、衬砌;

(3) 处理坍塌方的同时, 应加强排水, 即“治坍先治水”。

(二) 处理坍塌方常用支护方式

1. 喷锚处理

采用喷锚处理较大型坍方, 较之采用架设支撑, 更加安全、快速, 且省工省料。

(1) 由外向内、由上而下, 逐段随清坍渣随向岩壁先喷射一薄层砂浆, 然后再喷射混凝土。混凝土宜分层喷射, 每层厚 5cm 左右;

(2) 喷射 1~2 层混凝土后, 可随即加设锚杆再喷射混凝土;

(3) 坍渣的清除后, 随即做好衬砌。

2. 构件支撑处理

(1) 在坍体不太高、坍穴略呈锥形、坍壁不太松散的情况下, 使用人字架支撑 (图 12-1)。

(2) 当坍体较高, 但坍体两侧壁形状较整齐, 且侧向压力不大时, 可按垂直于隧道中线的方向架设横向排架。先将坍体顶的石渣扒平, 铺上横梁, 再在其上架设排架。排架间距根据坍穴围岩情况而定, 一般为 1~2m 左右。须注意在排架间用剪刀撑撑稳, 下部横梁要随坍渣的清除随时倒换撑稳 (图 12-2)。

(3) 当坍塌方较大, 且围岩压力也较大时, 宜在坍方范围内全部用纵向棚架支撑。先将坍渣顶部适当扒平, 沿隧道中线方向平行设置纵地梁数根 (地梁下预铺横梁), 于纵地梁上按照导坑支撑的形式以 1m 左右的间距架设箱形棚架。以后逐层向上架设至坍方顶部, 用填塞木塞紧。随着坍渣的清除, 加设立柱, 并以纵撑撑牢 (图 12-3)。



图 12-1 坍方支撑

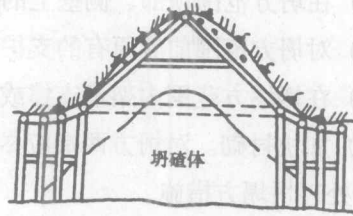


图 12-2 高坝方支撑

(4) 当坍塌方直至地表而深度不大时 (小于 10m), 可设置井箍 (图 12-4)。由地面向下逐步清除坍渣, 随即架设箍架支撑。箍架的形式可为多边形、矩形或方形, 视坍塌穴的形状而定, 架距不大于 1m。

当坍塌方较深时, 则可先将井口至坍渣顶面一段箍好, 不进行清理坍渣, 而在洞内采用穿过坍塌的施工方法。

如坍塌井较大, 宜采用喷锚支护井壁的方法。

(5) 当坍塌穴成斜孔时, 处理方法根据斜度而定, 倾角 $\leq 30^\circ$ 时, 可按斜井的施工方法进行出渣及支撑; 倾角 $> 35^\circ$ 时, 运用井箍支撑及由上而下地清渣。

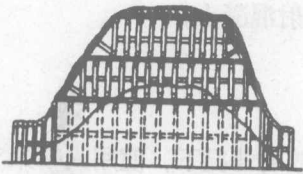


图 12-3 纵向棚架支撑

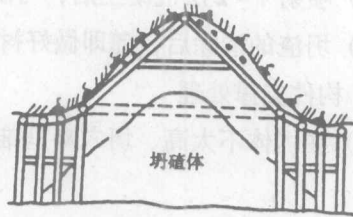


图 12-4 井箍支撑

(三) 衬砌措施与回填方法

1. 衬砌施工

(1) 随着坍塌的逐渐清除, 衬砌逐段推时, 快速成环。最好由坍塌体的两端对向施

工, 随即回填密实。在坍穴最高处或两端衬砌接头处应预留回填及进出料孔。

(2) 如坍塌方范围的围岩不够稳定, 在处理坍塌方中有继续坍塌的可能时, 可在坍方范围内选择适当位置做坍体护拱, 以掩护施工操作。护拱上应碎渣铺填 2m 厚左右作为缓冲层 (图 12-5)。

(3) 如坍塌体未进行预先注浆加固, 而采用“穿过”的施工法时, 拱脚处的衬砌圬工应加宽灌抵开挖廓壁 (开挖轮廓不过大时), 以便保证拱脚稳固。



图 12-5 坍体护拱

2. 坍体固填

(1) 坍塌方清除坍渣后, 则拱背应先以浆砌片石回填 2~3m 厚, 其上再用干砌石回填, 回填高度应尽量填满坍方范围, 坍体内木支撑应尽量拆除;

(2) 在坍塌体的护拱与拱圈间应全回填密实, 坍体护拱以上回填厚度可根据具体情况而定, 但不应小于 2m;

(3) 如坍塌方范围高大, 在坍塌穴内进行回填操作不便时, 可选择适当位置另行开凿专供回填用的坑道;

(4) 如坍塌方直达地表, 除按规定做好拱部回填外, 另用一般土石回填夯实至距地表 1~2m, 再用粘土回填至略高于地表并向四周倾斜, 周围做好排水沟。

第五节 松散地层施工技术

松散地层结构松散, 胶结性弱, 稳定性差, 在施工中极易发生坍塌。如极度风化破碎已失岩性的松散体; 漂卵石地层、砂夹砾石和含有少量粘土的土壤以及无胶结松散的干沙等。隧道穿过这类地层, 应减少对围岩的扰动, 一般采取先护后挖, 密闭支撑, 边挖边封闭的施工原则, 必要时可采用超前注浆改良地层和控制地下水等措施。下面简述几种主要施工方法:

一、超前支护

隧道开挖前, 先向围岩内打入钎、管、板等构件, 用以预先支护围岩, 防止坑道掘进时岩体发生坍塌。

(一) 超前锚杆或超前小钢管：采用这种方法是爆破前，将超前锚杆或小钢管打入掘进前方稳定的岩层内。末端支撑在拱部围岩内的悬吊锚杆或格栅拱支撑上。使其起到支护掘进进尺范围内拱部上方，有效地约束围岩在爆破后的一定时间不发生松弛坍塌。超前锚杆宜采用早强型砂浆锚杆，以尽早发挥超前支护作用。

(二) 超前管棚法：此法适用于围岩为砂粘土、粘砂土、亚粘土、粉砂、细砂、砂夹卵石夹粘土等非常散软、破碎的土壤，钻孔后极易塌孔的地层。在采用此法时，管棚长度应按地质情况选用，但应保证开挖后管棚有足够的超前长度。为增加管棚刚度，可在钢管内灌入混凝土或设置钢筋笼，注入水泥砂浆。于是在地层中建立起一个临时承载棚，在其防护下施工。

二、超前小导管预注浆

注浆加固是将松散地层固结为整体，再进行开挖。它是在松散地层中施工使用较多的一种方法。在砂夹砾石、粗砂且有侵蚀性水的地层中，采用水泥砂浆压注；在粉、细砂地层或有侵蚀性水时，可压注化学浆液。

在处理极其松散、破碎、软塑地层，或有大量涌水的软弱地段，以及断层破碎带的隧道，通常采用注浆固结地层。先沿开挖断面周边布置压浆孔，其间距视围岩松散情况一般为 0.6~0.8m，如图 12-6，压浆后要求在开挖断面外，要有 0.1m 厚的加固层。

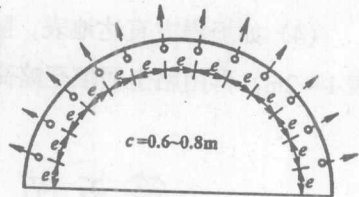


图 12-6 压浆眼布置图

注浆数量控制：多采用定压和定量相结合的方法，按需填充的孔隙量选定，以所处理围岩总体积的百分数表示。在砂层可高达 40%，而裂隙岩体则仅 5%。注浆率 (N) 计算公式如下：

$$N = \frac{Q}{A} = \eta\alpha \quad (12-1)$$

式中：Q——注浆总数量 (m³)；

A——围岩加固的体积 (m³)；

η ——加固围岩的孔隙率 (%)，参见表 12-1；

α ——经实践采用的填充率 (%)，参见表 12-1。