

低等级围岩隧道下穿高速公路施工工艺研究

张化强

山东省公路桥梁建设集团有限公司

摘要：本文着重介绍了某隧道下穿高速公路施工中，因为高速上的车流量很大，负载也很重，在此基础上，优化了隧道下穿高速公路的施工工艺，从而较好地解决了低等级围岩隧道下穿高速公路的高风险问题，降低了工程成本，保证了高速公路及隧道施工的安全性。因为在低等级围岩中，经常会有下穿高速公路或者其他交通设施的情况发生，从而为同类工程的施工提供了一条新的解决途径。

关键词：高速；低等级；工艺；围岩；施工；隧道；公路

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.23.050

矿山法是低等级围岩铁路隧道建设中最常用的一种施工方法。此法不仅具有施工简便、工期短、速度快、造价低等优点。但是，在低等级围岩条件下穿越高速公路或其他交通设施的情况下，隧道建设和高速公路将相互影响。一方面，高速公路上车辆多，荷载大，使隧道顶板荷载增大，引起拱顶沉降或周围变形超出极限，对隧道内部的安全产生不利影响；另一方面，由于隧道的建设尚未完成，导致了高速公路的上半部分出现了裂缝和下半部分的沉降，严重的情况下，可能导致高速公路的崩塌，影响行车的安全性。

一、低等级围岩隧道下穿高速公路范围施工工艺及方法

(一) 施工工艺

该隧道在开挖过程中，采取喷锚支护、光面爆破、隧道底部提前支护、拱墙一次浇筑等措施，取得了良好的效果。进、出口各设一圈25米长的类108大管棚。在洞内DK3+500~538处布置了一座拟76中的管棚；在DK3+598-606中设8m管棚工房，在DK3+538-598中设1圈长108m管棚工房。在V级围岩段，采用钢支架，并在拱部进行提前支护；在DK3+758-778节段，分别采用了机掘和爆破两种方法。

(二) 竖井施工

竖井与隧道位置见图1。

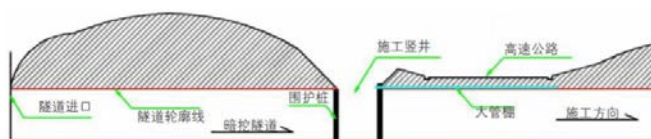


图1

(1) 竖井参数

①竖井长10米，可满足现场一次施工6米长的要

求；②竖井巷道在纵向上的宽度为15米，可以满足隧道拱的180度支护带宽度的要求；③竖井挖到洞底；④可以在以后的施工中，采用该竖井的两个方向同步施工，以减少施工时间。

(2) 竖井施工方法

①靠近高速公路一侧的竖井，必须以桩基础进行支护，且距高速公路边墙10m以上；

②竖井正中与高速公路两侧相距不远的地方，也要用桩基支护，顶面施工区外面可以放行坡度；

③竖井两侧不设护墙，可以按1:1.2的比例进行倾斜。

(3) 后背墙

①在竖井处，可以利用竖井处的桩基础来为大管棚的施工提供反力；

②对后墙桩基础之间的空隙进行喷锚加固，使其紧密结合。

(三) 管棚施工

(1) 管棚总体施工工艺

管棚的施工采用潜孔锤破碎冲击，钢管顶进工艺，管棚的材质为准245*10mm的无缝钢管，管棚的内部采用P.042.5水泥浆填充灌注。大管棚位于隧洞拱形开挖线的外侧，沿圆周方向180°，距离250mm，施工长度55m，共计61个。具体内容请参见图2中的总施工流程。

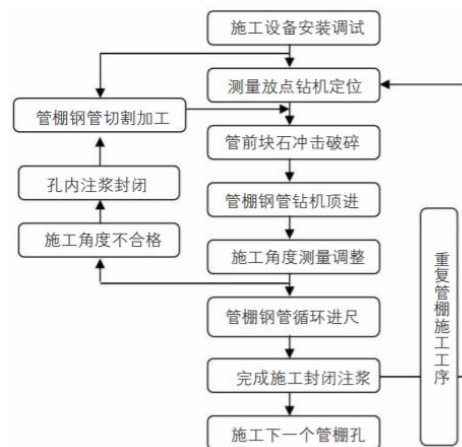


图2

(2) 管棚钢管推进

管棚使用的钢管末端要装上防护罩，在顶进孔洞1m后，采用潜孔锤，在气压空气的作用下，对岩石进行撞击、破碎，所产生的石屑、尘渣通过尾管排放。由于孔口是比较封闭的，这样，空气的反弹压力就会推动潜孔锤继续前进，管棚的钢管将紧随其后。上述过程将会反

复进行，直至这一管棚钻到指定深度。从图3中可以看出，撞击钻头与管棚之间的关系。



图3

(3) 管棚施工控制要点

①由于风化作用，岩层节理发育，以其硬质、含碎石等特性，成为隧道建设中的一大难点，如果使用传统的钻头，不仅会导致钻孔速度缓慢，而且还会引起钻孔的震动，导致孔壁坍塌，甚至会使钻头、钻杆卡死。所以，在岩层中进行钻孔时，必须采用高压冲击器进行破碎，通过高压空气不断地将钻渣排出，让孔中形成一个比较高的气压。

②在多岩的地区，一般使用潜孔锤来进行管棚的钻探，在钻探过程中，管棚的钢管会随潜孔锤一起落下，但由于受到地质条件、机械设备、材料、施工技术等方面的影响，在鹅卵石层或碎石层，传统的管棚钢管只能落下15~20m。

所以，对于有碎石地层的路段，采用“冲击锤破除渣-管棚钢管顶入”的施工方法。也就是说，首先，利用粉碎锤子，把岩石粉碎，然后从通风孔中及时地排放出去。在粉碎锤的后面，压缩空气会产生高压，因此，它就会产生一种推动力，推动粉碎锤来回运动。

③在正常的地质条件下，利用导向法可以对钻孔的精度进行控制，但在下部岩层中，由于地震、地质等因素的影响，不能精确地控制钻孔的精度，因此，在实际生产中，钻孔的精度与实际情况存在较大的偏差。在岩层中钻孔时，由于钢管的斜率略高于设计斜率，因此，在钻孔的前半段，要实时检测管棚的钢管夹角。

(四) 下穿高速公路隧道正洞开挖

DK3+540~DK3+600这一段为下穿环城高速公路，在每一步基坑开挖后都要及时进行初步支护，即架设钢架。下台阶左右大拱脚处的挖土应错开，禁止两边同时对称挖土。在挖掘过程中需要特别注意的问题有：

①采用机挖、模浇注法进行施工。安装钢架、钢筋网、锁脚锚管，以及防排水工程，二次衬砌，均应符合规定。

②掘进的进尺、梯级的高度、梯级的长度，要结合巷道的实际情况、设备的布置、人员的布置来决定，并要满足设计图纸、有关的规范和规范的要求。

1) 台阶上的每个周期，每个周期的掘进不超过1个钢筋间隔，侧墙每个周期掘进也不超过2个钢筋间隔。掘进时，要向两侧交替掘进，初始支护要及时进行模筑合成环。在仰拱开挖之前，务必要将大拱脚的钢架

锁脚和模筑混凝土的施工完成，在此基础上，对仰拱进行了一次掘进，每次掘进不能大于3米。

2) 在基坑上方的梯级高度不应超过3.2米，梯级长不应超过6米。

3) 在基坑中部，梯级高不应超过4.8米，梯级长不应超过6米。

4) 挖出的下级段不得超过8米。

5) 在中部和下部开挖左右台阶时，在开挖时，应将间距控制在4米。

6) 在下一步挖掘作业前，上阶梯钢框架的锁脚锚必须完成，钢框架间的纵筋要适时地加好，并且要牢固地连接在一起。在开挖后，初期支护要及时闭合成环，起拱位与掌子面的间距，不能超过30m。

7) 二次衬砌与工作面之间的间距不应超过42米。

③在基坑前方为土或碎石的情况下，要采取支护等方法对基坑进行封堵。

④在围岩发生异常变化，或者钢架发生明显沉降或向内移动的情况下，要及时采取紧急加固支护或支撑。

5. 初期支护

(1) 格栅拱架安装

拱的构造：格栅钢框架的主要钢筋为HRB40025@125/250，框架厚50厘米，每个框架宽25厘米，结合垫板由CNC机自动裁剪，钻孔机钻穿，并手工焊在拱的两端。手工安装钢制支撑，纵向连接钢筋，并将拱脚固定在坚实的地基上，以0.5米为间隔。在钢架后的缝隙中放上水泥垫块。

(2) 钢筋网的挂设

钢筋网可以在现场进行预制构件的制作，钢筋的种类和规格应满足设计的要求。圆盘钢在校直后，必须除去其表面的油污和其他污渍。在安装时，网孔应采用20~40cm的搭接方式，并采用焊接方式。

(3) 仰拱及填充

在仰拱施工中，利用仰拱栈桥浮置模板，对仰拱进行二次衬砌，实现了对仰拱的施工。将隧道的基底进行了清理，并在经过检验之后，对隧道的底部进行了满足设计要求的情况下，再对其进行初期支护，将钢筋进行绑扎或安设钢架，立模并安装中埋式止水带，最后对仰拱混凝土进行了整体灌注。

在施工之前，先将坑底开挖面上的渣块，杂物，垃圾等清除，然后用水冲洗，再用空气压缩机进行干燥。在超采范围内，在回填过程中，必须采用与土层强度相同的混凝土。

(4) 二次衬砌

在工作面上安装1台全断面水力衬砌台车，将混凝土运输到灌装点，再用地泵将其送到灌装点，然后用震动锤把它打得结实。在进行浇注时，应先从新、老接头部位浇注。最后，在拱的中央位置，采用地泵进行加

压,当台车端挡板上的混凝土注满后,需保持一定的压力数分钟,以保证注满。二次衬砌施工质量保证措施:①要保证二次衬砌的各项性能指标达到要求,如密实性、工作性、耐久性等,都能满足相关的标准,因此,要对二衬混凝土的配合比进行测试。对原材料的强度、含水量、磨度系数等进行了认真的检测,要每日更新,以确保满足施工需要。②混凝土应按分区、分层浇筑,施工时的沉降要符合规定,不能在施工中掺水,也不能在施工中擅自加入任何掺合料。

二、监控量测

在隧道下穿段施工期间,必须强化隧道质量监控,要重视监测和测量,并对支护体系的稳定性作出判断。对隧道内部和外部进行了观察,发现了洞内的拱顶沉降,以及水平相对净空的变化,以及已有路面的地面沉降,地面监测点要沿掘进线布置,且必须与洞内地面沉降观测点布置在相同的路段,洞内和洞外地面监测量测的技术要求按照相关要求。

三、下穿高速公路段施工注意事项

①在挖掘工作中,由于尘土飞扬,隧道工作环境恶劣,必须加强通风,并采取切实有效的防尘、防风等措施。

②在施工期间,所有的工作人员都要远离机器的工作半径,以避免机器伤害到人,尤其是在沙尘多的情况下,因为视野受到影响,所以要增加灯光和安全措施。

③为安全起见,挖土进尺不能太大。

④避免对已经实施完毕的初始支撑造成破坏。

⑤为防止超挖,在施工过程中,应保持开挖面与中心线的水平。

四、质量保证措施

①棚内钢管的焊接使用频率变化的直流电焊工艺,在焊接之前,要在管口上做一个斜面,焊完之后,焊缝要均匀,不能有任何灼伤,不能有任何焊瘤,测试人员要定期采样,对焊接质量进行测试。

②在管棚上打孔时,必须在设计的位置上打孔,打孔的位置偏差不能大于2厘米;钻进时,左、右水平误差不超过20毫米。

③在施工过程中,需要使用探杆实时测量成孔的深度和角度,在起钻过程中,每3m测量一次,以后测量的距离可以适当增加。在地质条件发生改变的情况下,要加大钻孔的频率,并根据钻孔的情况,适时地调整钻孔的参数,使之符合工程的需要。

④初喷混凝土时需提前做好配合比试验,调配合格后方可进行作业,不得边加水边加灰。

五、铣挖机型号选取

(1) ER1500-1S型组合式铣挖设备,主要应用于岩体强度在10MPa以下,节理裂隙发育,岩体破碎程度较大的IV、V类软弱围岩隧道,具有对围岩扰动小,超挖

和欠挖易于控制,使用灵活等优点,可应用于坑道清欠、开槽、挖沟、修沟、修坡等。存在的问题包括:①在铣挖的过程中,灰尘很大,而且隧道内的工作环境很差,因此必须要采取切实可行的、行之有效的除尘和通风措施。②由于隧道地下水位不高,在雨水季节,雨水以滴水形式流出,如果喷淋不当,将会形成泥浆,因此,在施工过程中,洞口会产生大量的灰尘。

(2) EBZ160悬臂式掘进机适用于IV、V等弱硬岩层,节理裂隙发育,岩体完整性差、设备齐全、功能齐全,操作烟尘少,但掘进效果与岩层硬度及工作面的自稳性有很大的关系。存在的问题包括:①悬臂掘进机适合于煤矿巷道的掘进,原有的皮带输送机出碴,所以它的高度比较低,不能直接装入汽车。而且,因为开挖的摆动,卸碴的尾部也会发生摆动,很难与现有的隧道出碴运输设备相匹配,所以,就需要安装一台专用的二次转运设备,直接将洞碴输送到运输车辆上。②基坑底部和边角处的整修周期较长,边角处容易出现超挖现象。

六、安全保证措施

①进入建筑工地时,应戴上安全帽,穿上有反光标志的服装;②不能光着膀子,不能穿着拖鞋,从事特殊工作时,要佩戴有效的劳动保护装备;③高空工作人员应佩戴安全防护装置,高度在2米以上的高空工作人员应佩戴安全带,安全带应在吊物上方或下方使用;④在钻机设备的高空作业平台上,应设置保护护栏,张拉安全网,并使用特殊的扶梯进行攀爬;⑤特殊工作人员要有相应的资格证书,一般工作人员要通过培训,取得相应的资格;⑥必须遵守工地的工作纪律,不得在工地上玩耍;⑦必须严格执行起重操作规程,并有专人指导,严禁粗暴操作;⑧禁止从上往下抛掷工具和材料,保持工作场所的清洁和安全,保证安全出口的畅通;⑨确保夜间施工的照明,并在夜间施工时安排专人值班和管理;⑩准备好冬天的保暖及紧急情况下的药品,所有的施工人员必须经过健康检查才能上岗。

结论

通过本课题的研究,可为低等级围岩隧洞通过高速公路等交通设施时的高风险设计提供理论基础与技术支持。在现场使用后,取得了较好的效果,表明改进后的隧道工艺不仅可以减少施工措施的成本,还可以提高隧道施工的安全性,从而保证高速公路的行车安全,这种做法可以为以后的同类施工提供一定的借鉴。

参考文献

[1]尹水章.隧道浅埋暗挖施工控制探讨[J].交通建设与管理(下半月).2015,(3):45-46.

[2]朱未.高速公路隧道施工技术要点探析[J].黑龙江交通科技.2015,(4):112-113.

[3]鲍文龙.浅析隧道施工关键技术的应用[J].建筑工程技术与设计.2018,(12):7-8.