

盾构隧道工程豆砾石施工技术研究

赵健

(中铁十二局集团第二工程有限公司 山西 太原 030000)

[摘要]当代隧道工程盾构施工技术发展迅速,该施工方法充分结合人机智能化配合施工,在保证隧道贯通的同时,保障了安全和进度,其中,豆砾石壁后充填技术由于其特殊的高效性和实用性,近些年发展尤为迅速,文章就豆砾石施工技术展开详细论述。

[关键词]隧道工程;壁后充填;豆砾石

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.09.167

引言

盾构掘进过程中,管片外壁与岩层之间存在一定空隙,必须采用浆液进行回填,起到密封止水、防止岩层塌方变形、保护管片的作用。目前盾构施工采用的同步注浆浆液主要有以下几类,一类是加了水泥的可硬性浆液,另一类是不加水泥,以粉煤灰、砂和膨润土为主要固体充填料的传统性浆液,具体又分为单液浆和双液浆。随着各大央企、民企盾构技术的逐渐成熟,针对硬岩、砂岩、泥岩等地层,近年来也涌现出了一种新型的壁后充填技术,即豆砾石回填技术,该方法优点显著:充填材料无需凝结时间,可随盾构掘进同时注浆;填料速度快、效率高;不易堵管。

1 依托工程概况及总体方案

青岛地铁8号线隧道闫家山站~南昌路北站区间TBM段全线采用豆砾石回填施工,开挖轮廓直径7032mm,管片外径6700mm,隧道地层主要为岩层,围岩变形相对较小,管片脱离盾尾后,与围岩之间空隙较大,该空隙分布规律为顶部空隙大、底部空隙小,空隙宽度在30~150mm之间。为了防止管片脱离盾尾下沉、管片变形,管片安装完毕推出尾盾后需对管片壁后进行回填豆砾石。

对尾盾以后3环进行全环豆砾石回填,管片外侧与岩石之间的空隙应充填密实。由豆砾石材料车将豆砾石运至豆砾石喷射机,然后用高压风通过管片灌浆孔吹入。按先拱底、次两侧、后拱顶的顺序充填,避免充填的豆砾石出现架空。

豆砾石材料选用的粒径为5-15mm的碎石,起始环回填是豆砾石回填灌浆的基础,根据现场施工实际情况,当预制管片衬砌第一环露出盾尾时,从第一环0孔位进行管片底拱豆砾石吹填,量控为主,压力控制为辅,然后对底拱进行水泥浆的回填。掘进3-5环后,对管片两侧及拱顶进行豆砾石梯度回填。

2 豆砾石施工技术准备

2.1 劳动力配置

表2.1 劳动力配置表

序号	工种	人员配置	备注
1	技术人员	2	技术人员
2	工班长	2	技术人员
3	电工	2	电力保障
4	电焊工	2	材料准备
5	豆砾石注浆工	4	注浆
6	辅助注浆工	6	辅助注浆
7	机车司机	4	材料运输
8	维保工	2	设备维修
合计		24	

人员岗前培训、考试合格,特种作业人员持特种作业证上岗。工序所需要的管理、技术、质检、测量、安全及其他辅助人员(电工、材料运输人员)由项目部统一配置。配置如下:

2.2 材料准备

材料进场后堆码整齐、上盖下垫,根据各材料规格型号标记标识,实验室及时取样送检,待检验合格后方可投入使用。

表2.2 主要材料用量表

序号	材料规格名称	单位	备注
1	5-10mm碎石	m ³	
2	P042.5普通硅酸盐水泥	吨	

2.3 施工机械准备

主要施工机具:设备使用前对其应进行相应的调试标定,并完成相应的报验,报验合格后方可投入使用,主要机具配置见表2.3

表2.3 主要施工、设备机具配置表(单作业面)

序号	机具名称	型号	单位	数量	备注
1	空压机	6m ³	台	2	
2	豆砾石喷射机	21kw	台	2	

3 施工目的

TBM施工引起的地层应力损失和TBM隧洞周围受扰动或受剪切破坏的破碎岩再固结以及地下水的渗透,将导致围岩的应力重新分布。为了防止隧洞围岩的变形,使管片衬砌与被开挖围岩形成整体结构以共同受力,减少管片在自重及内部荷载下的变形,需要给开挖过的隧洞和管片外径之间的环形空隙及时进行豆砾石充填以及必要的灌浆,这种环形空隙的封闭灌浆同时可为管片衬砌防水起到作用。具体可归结为以下几点:

(1)管片与围岩之间的空隙应该及时充填豆砾石,将建筑空隙充填密实,防止管片错动失稳。

(2)管片与周围围岩的环形空隙中充填豆砾石后要要及时回填灌浆,尽早建立管片的支撑体系,以防止隧道岩体变形失稳。

(3)尽快获得灌浆体的固结强度,确保管片衬砌的早期稳定性。防止长距离的管片衬砌背后处于无支撑力的浆液环境中,使管片发生位移变形。

(4)作为隧洞衬砌防水的第一道防线,提供长期,均质,稳定的防水功能。

(5)作为隧洞衬砌结构加强层,具有一定的耐久性和一定的强度。充填密实的灌浆体将地下水与管片相隔离,避免或大大减少地下水直接与管片的接触,作为管片的保护层,避免或减缓了地下水对管片的侵蚀,提高管片的耐久性。

4 施工工艺

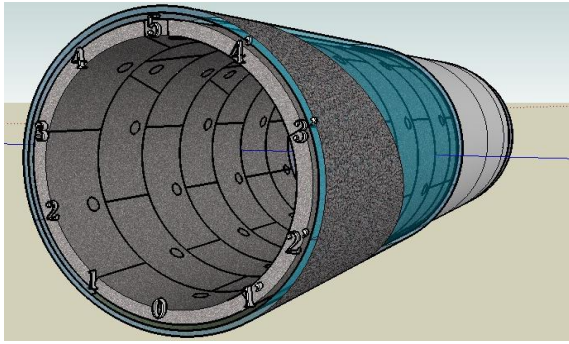


图4.1 管片豆粒石充填效果图

1、施工顺序

豆砾石回填→衬砌管片勾缝、非灌浆孔封堵→TBM前部灌注砂浆→TBM后补灌注水泥浆→封堵注浆孔→质量检验→补浆→重新质检→合格。

2、施工步骤

豆砾石回填是在起始环回填（豆砾石、水泥浆）的基础上进行，在管片脱离护盾后立即进行，管片外侧与围岩之间的空腔应充填密实，豆砾石底拱回填坚持“脱离护盾一环就必须回填一环”的原则进行。将豆砾石运输车与豆砾石喷射机上料系统联接，打开放料阀使豆砾石放入皮带机的上料口，启动皮带机将豆砾石输送到豆砾石喷射机上方料斗，通过控制料斗下方的放料阀门，将豆砾石均匀输送到豆砾石喷射机接料口，在放料的同时启动豆砾石喷射机，这时豆砾石有序的分配到豆砾石喷射机内各料腔，通过压缩空气豆砾石经管道压送到喷头至管片外侧与围岩之间的空腔中。

取横向隧道左右各10m、隧道长度20m空间大小，按实际工程地质建立三维模型如图4.1所示：

(1) 底部豆砾石回填

底部豆砾石回填是回填的关键环节。管片露出盾尾的管片如果封顶块在拱顶左侧18°位置，则从两侧拱的1、1'（见图4.1）孔位进行灌注，当管道内没有豆砾石流动时停止灌注，取下喷头将1、1'孔位临时封堵，以后的管片底部吹填依此方式进行。

(2) 两侧拱豆砾石回填

在豆砾石吹填时为防止产生偏压使管片发生错台或损坏，必须做到自下而上。双机对称灌注。两侧拱回填滞后尾盾3环开始。具体方法：将联接喷豆砾石管道的喷头先、后装入两侧拱的3、3'孔位进行灌注（见图4.1），2、2'孔位作为观察孔。当豆砾石工感觉到管道内没有豆砾石流动时停止灌注，取下喷头将3、3'孔位临时封堵，完成一次两侧拱的豆砾石回填，依次配合掘进、衬砌向前推进。

(3) 顶拱部豆砾石回填

在滞后两侧拱豆砾石灌注部位5环后实施。具体方法：将联接喷豆砾石管道的喷头先、后装入顶拱部的预留孔4孔—4'孔灌注（见图4.1），当管道内没有豆砾石流动时停止灌注，取下喷头将4、4'孔位临时封堵。将喷头装入顶拱部5孔位灌注，在灌注过程中机械手和豆砾石工要密切配合，尤其是豆砾石工要认真观察灌注情况，当管道内没有豆砾石流动时停止灌注，取下喷头将5孔用及时临时封堵，完成了一次顶拱部豆砾石回填。依次将1—1'—3—3'—4—4'—5孔灌注，完成一

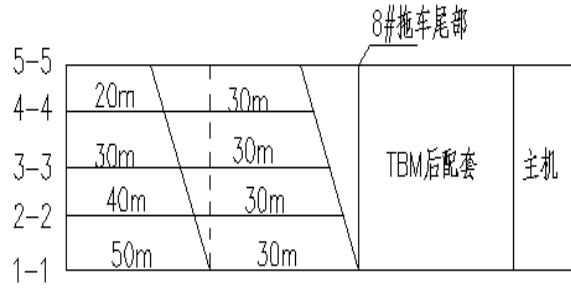


图4.2 管片背部回填顺序示意图

个循环的豆砾石回填。

5 安全、环保、文明施工等技术措施

(1) 施工作业前，作业人员必须佩戴护目镜，需佩戴安全帽、工作服；

(2) 为保证工作顺利，工作前必须试机；

(3) 检查油箱液压油是否充足，如液面过低应及时添加；

(4) 作业队负责人加强对现场施工人员的安全、文明施工的宣传教育，提高其安全、文明施工及自身保护意识；

(5) 施工现场应由专人负责清扫，不任意排污。加强隧道内泥水管理，指定专人负责，保持场地清洁、平整；材料倒运过程中，必须有专职人员对其进行指挥，并对豆砾石罐上用篷布进行覆盖，避免泥浆及渣土掉落造成污染。

(6) 由于隧道内比较潮湿，要注意安全用电，工地内电线应理顺，不能乱拉乱挂，加强安全用电，统一使用标准安全电箱；

(7) 严格按照安全生产的有关条例进行施工作业，正确操作使用机械设备。

6 结语

豆砾石注浆层作为隧道防水体系的一部分，在防止围岩和管片变形方面具有一定的积极作用。经三维模拟和青岛地铁8号线施工试验得出以下结论：

(1) 豆砾石充填应以不对管片产生偏压为原则，宜从隧道底部、两腰及顶部顺序对称的进行，及时填满空隙。

(2) 豆砾石材料选用的粒径为5-10mm的碎石时，回填效率最高且不易堵管，含泥率≤2%。

(3) 吹填豆粒石时，手锤敲击吹填管，用力要适当，以不造成吊装孔塑料预埋件与周边混凝土松动为标准，以免后期形成渗漏水点。

(4) 豆粒石吹填量必须要饱满，个别管片不易吹填的，吹填量至少达到设计量的70%以上。

参考文献

[1] TBM豆砾石回填灌浆密实度对支护效果的影响研究[J]. 王明友, 侯少康, 刘耀儒, 金峰. 隧道建设(中英文). 2020(03)

[2] TBM底拱豆砾石回填灌浆工艺试验研究[J]. 刘吉勇. 东北水利水电. 2020(01)

[3] 全断面掘进机(TBM)施工中豆砾石回填灌浆技术[J]. 刘丽萍. 水利水电技术. 2012(06)