

软流塑夹孤石地层中小断面隧道施工工法

(TGJGF-03·04-26)

中铁十三局集团有限公司

一、前言

深圳市盐田区大梅沙—盐田坳段共同沟隧道大梅沙端洞口段约 100m 洞身位于软流塑夹孤石地层,我们在施工中采用了侧壁微型桩防护、拱顶小导管超前支护、掌子面及基底注浆加固、孤石静态爆破等技术,较好地克服了掌子面、侧壁坍塌,有效地控制了涌水,顺利清除了孤石,为全断面开挖创造了施工条件,安全、快速、高质量地通过了该段不良地层。在该工程完工后经对其施工技术完善总结形成本工法。

二、工法特点

1. 微型桩施工在地表超前进行,与暗挖平行作业,不增加暗挖工作量。
2. 拱顶超前小导管及掌子面注浆可有效控制掌子面坍塌及涌水。
3. 静态爆破可顺利清除孤石并减少对地层的扰动。
4. 可全断面开挖,加快施工进度。

三、适用范围

本工法适用于埋深 20m 以内软流塑夹孤石地层中小断面隧道的施工

四、工艺原理

微型桩主要对隧道侧墙起支护作用,防止滑坍,同时兼具一定的固结及止水效果;小导管注浆进一步改善了围岩状态并起到较好的封闭止水作用;静态爆破顺利分解了孤石。

五、施工方法

施工工艺流程见图 1。

(一)微型桩施工

微型桩为钢管碎石桩,直径 130mm,桩长 15m 左右,深入隧底 3~5m,桩间距 1.0m,沿隧道两侧开挖外轮廓线(每侧含 5cm 超挖量)布置。微型桩采用地质钻机成孔,垂直度偏差小于 0.5%,成孔后下入 $\phi 108$ 钢花管,花管内下两根注浆管,并充填碎石,碎石粒径 10~25mm,应用水冲洗,填入量不小于计算体积的 0.85 倍,充填过程中利用一次注浆管注水清孔。注浆分两次进行:第一次常压注浆,第二次高压注浆,二次注浆压力不小于 1.5MPa。注浆材料为 R42.5 普硅水泥,水灰比 0.5,注浆时控制压力使浆液均匀上冒,直至浆液泛出孔口为止。

(二)暗挖进洞方法

由于洞口处为较缓的斜坡,微型桩无法施工,暗挖进洞时没有微型桩的保护,侧壁极易坍塌,为此先在洞外施工套拱,然后在套拱的保护下进行暗挖作业。套拱的施作方法是:先在洞口处密排 2 榀格栅钢架(间距 50cm),钢架间用 $\phi 22$ 钢筋焊接,连接筋按环向间距 1.0m 内外双层布设;然后挂钢筋网(网格为 15cm×15cm,钢筋直径 6mm);钢架外表面用木板盖住,喷 25cm 厚的混凝土。

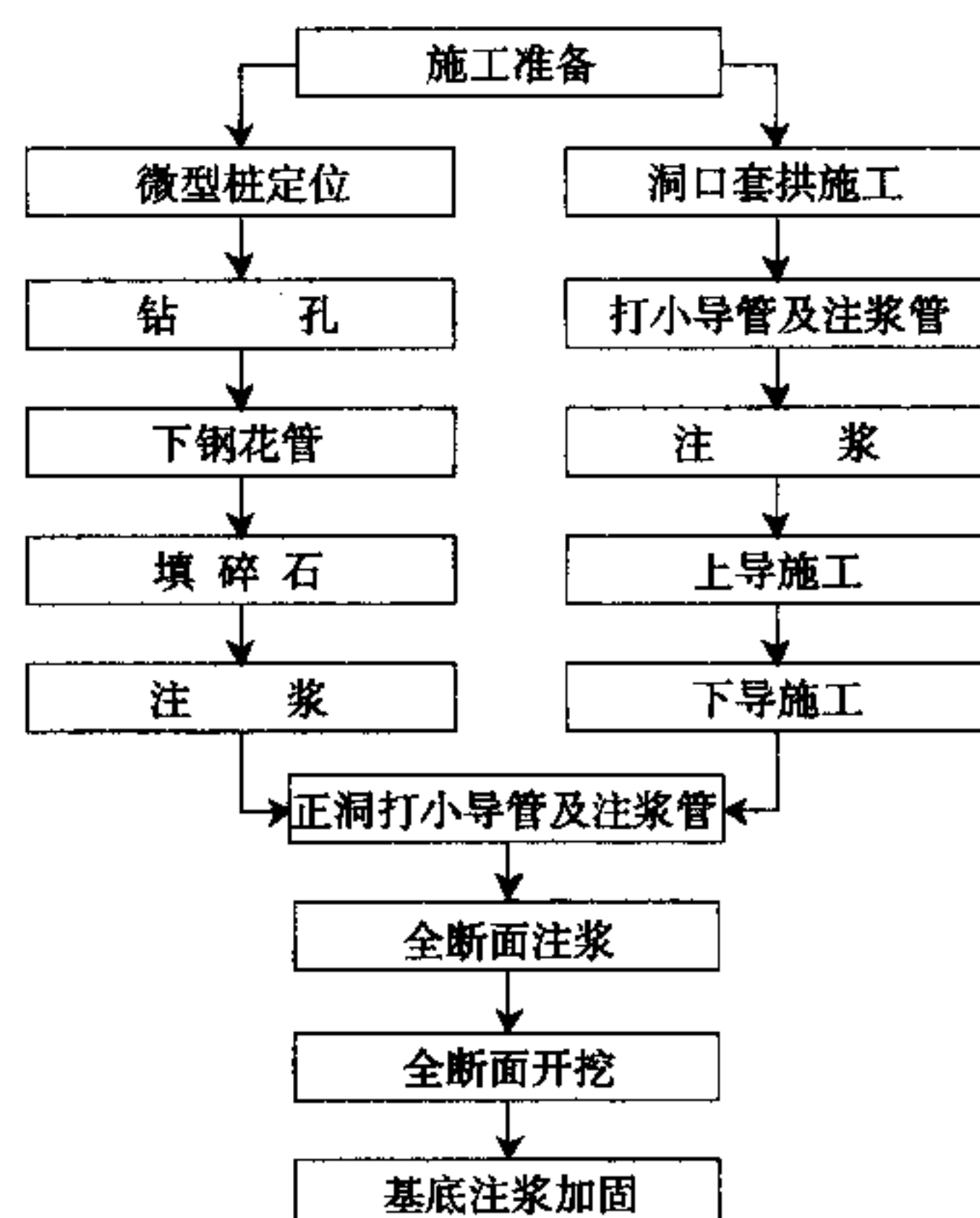


图1 施工工艺流程

自立好的格栅钢架上面向掌子面打双排长3m超前小导管,小导管环向间距0.3m。施作时先用YT28风枪配 $\phi 60$ 钻头钻孔,然后用大锤人工打入导管,掌子面全断面打 $\phi 42$ 注浆钢管,管长3m,环向间距0.75m,排距0.75m,喷厚30cm C20级混凝土封闭掌子面做止浆墙,然后进行全断面注浆。浆液强度达到要求后,开始分两部开挖土方,先施工拱部,再开挖边墙及底板。具体做法是:在小导管的保护下开挖拱部,支立拱部格栅钢架,挂网喷混凝土;开挖边墙及底板土方,立边墙底板格栅钢架,挂网喷混凝土。每循环进尺0.6m,上导比下导超前1个循环,直至微型桩处改为全断面开挖。

(三)正洞暗挖施工

正洞采用全断面开挖,施工参数不变。基底处于软弱砂层上,含水量大,承载力较低,采取后注浆加固的方法。

1. 全断面注浆加固

全断面注浆加固,是指在拱部打超前小导管,掌子面和基底打注浆管,注水泥-水玻璃双液浆来加固一定范围的岩体。为确保注浆效果,采用双液浆全孔一次性劈裂注浆,注浆压力为:掌子面注浆 $P_0 = 0.7 \sim 1.2 \text{ MPa}$;小导管注浆 $P_0 = 1.0 \sim 1.5 \text{ MPa}$;水泥采用42.5[#]普通硅酸盐水泥,水玻璃波美度为35Be['];每开挖两个循环注一次浆。注浆时应注意控制注浆压力,防止压力过高使止浆墙开裂。以下三种情况会出现注浆量很小但压力急剧增高的现象:a. 注浆管全部位于孤石中浆液基本无法注入,压力会立即升高;b. 注浆管大部分处于孤石中,只有中部小段在土层中,压力稳定短时间后突然升高;c. 注浆管前部分在孤石中后部分在土层中,此种情况压力会逐步升高,最易破坏止浆墙。

2. 全断面开挖

(1)土方开挖

土方开挖采用人工,出碴用翻斗车。开挖时先挖拱部,后挖边墙及底板,开挖时掌子面注浆管外露部分用气割切除,遇到较小的孤石,人工用钢钎清除,较大的孤石及穿在钢管上的孤石采取静态爆破的方法处理。处理孤石时应特别注意安全,一定要先上后下,先用长钢钎处理,再人工搬运。

(2)石方静态爆破

孤石较大时采用破碎剂进行静态爆破。对于需要进行静态爆破的孤石根据其形状、大小、位置确定其爆破参数。炮孔直径一般采用40mm,炮孔间距40~50cm,炮孔深度尽可能打穿孤石,至少为其外露尺寸的3/4,炮孔尽量向下倾斜以方便灌注破碎剂浆体,水与静态破碎剂的重量比为30%,用药量为10~20 kg/m³。炮孔的布置形式根据孤石的形状、大小及所处位置确定,在边墙处的采用多孔裂缝,在拱部的采用两孔裂缝,在掌子面的采用龟裂状裂缝。

炮孔施工完毕,将按设计确定的静态破碎剂、水用量分成若干次搅拌,先加水后加破碎剂,用力拌合均匀,用手搅拌时应戴橡胶手套。搅拌好的破碎剂要在10分钟内用完。往炮孔中灌注浆体,必须充填密实,然后用塞子堵好炮孔。充填时操作人员应戴防护眼镜,规划好行走路线,不要向孔内张望,头部避免直接对准孔口。静态破碎剂稍有腐蚀性,碰到皮肤上后要立即用水冲洗。

静态破碎剂产生作用所需时间与所选破碎剂型号、炮孔深度与孤石高度之比、温度、填塞密实程度有关,破碎剂选型主要按不同施工期的温度选用不同型号,比值越接近1、温度越高所用时间越短。实际应用中由于在夏季又在隧道内,温度较高,一般在2~4h便会产生裂缝。

3. 安装格栅钢架

开挖断面经检查符合规范及设计要求后,应及时安装格栅钢架。安装时为防止钢架安装后下沉,需在格栅定好位后,将格栅钢架与微型桩点焊牢。

4. 喷射混凝土

喷射混凝土采用干喷法施工。

5. 基底加固注浆

基底在完成初支喷混凝土封闭后,分段进行注浆,注浆管为 $\phi 42$ 钢管,长2m,纵横向间距0.75m,纵向每隔15m注浆加固一次,钢管既可起到群桩承力效果,又可加固地基,提高地基承载力。钢管斜向打入,注浆完毕马上将其向下打入,使之与底板相平。

(四)施工监测

本工程主要进行了地表沉降观测、拱顶沉降观测、水平收敛观测,观测值均在规范允许范围内,证明所采取的施工方法是安全可靠的。

六、主要材料

所用材料主要为 $\phi 108$ 钢花管、 $\phi 42$ 钢管、42.5#普硅水泥、水玻璃、静态破碎剂。

七、机具设备(见表1)

表1 机械设备

序号	设备名称	规格或型号	单位	数量	序号	设备名称	规格或型号	单位	数量
1	双液注浆泵	2TGZ/120/105	台	1	5	交流电焊机	BX-300	台	2
2	钻机	XY-100	台	2	6	翻斗车	XB-K06	台	1
3	风枪	YT-28	台	2	7	喷射机	PZ-5B	台	1
4	搅拌机	JZ-350	台	1	8	风镐	G120	台	2

八、劳动组织(见表2)

表2 劳动组织

序号	工种	人数	分工	序号	工种	人数	分工
1	队长	1	现场施工负责	7	电工	1	电路敷设及维修
2	副队长	2	掌握进度、人员调动、施工记录	8	机修工	1	施工机械修理
3	钻工	6	微型桩钻孔、孤石爆破钻孔	9	喷射工	2	喷射混凝土
4	注浆	8	注浆、注浆记录	10	钢筋工	2	加工格栅
5	拌浆	8	搅拌浆液	11	普工	2	开挖
6	电焊工	2	制作注浆管、小导管				

九、安全措施

1. 注浆作业时应先对机械管路进行认真检查,尤其注意接口。
2. 开挖时防止孤石滚落伤人,先开挖上部后开挖下部。
3. 静态爆破作业时不要正对炮口,装完炮后不要到炮孔附近察看,以防冲炮伤人。

十、质量标准

1. 微型桩质量控制 桩位偏差不大于5cm,垂直偏差不大于0.5%;钻孔应保证深度,如未到深度孔底遇基岩应嵌入50cm;孔内高压注浆应控制注浆压力,保证注浆质量。
2. 掌子面注浆 注浆时应控制注浆压力,防止压力过高破坏止浆墙;浆液配制严格按设计进行计量,搅拌均匀防止堵管;拱顶小导管打入角度要准确。

十一、效益分析

本工法可有效控制软流塑土层的坍塌,对渗水起到一定的屏障作用,同时利用静态爆破对孤石进行了安全处理,避免因孤石无法实施单纯注浆加固而必须采取强支护明挖方法,与直壁基槽明挖方案和挖孔桩方案相比其经济效益是显而易见的。

十二、工程实例

深圳市盐田区大梅沙—盐田坳段共同沟工程大梅沙端洞口段位于菠萝山脚下,一侧为沉砂池,距隧道轴线约15m,另一侧为万科房地产,距隧道轴线约20m。洞门距既有公路12m,洞口底面略高于既有公路路面。隧道开挖断面宽3.5m,高4.0m,隧道底部距地面10~12m,覆盖层上部约2.5~3.8m厚为黄色混黏砂土夹大量孤石,中部厚4~5m为灰黑色或褐色黏砂土,呈软流塑状,并夹有大量孤石,下部厚5~7.2m为砂性土,再下层为风化花岗岩;土中孤石含量超过40%,小块径40~50cm,大块径2~3m。

工程于2003年4月9日开工,利用本工法顺利通过了软流塑夹孤石地层,通过监测,地表、拱顶及水平收敛数值极小。

执笔:张百岩 李庆丰 陈铁骑 李 畅