

浅谈深风井富水粉砂层盾构接收的施工措施

仇坤坤

北京城建中南土木工程集团有限公司 北京 100020

DOI:10.12238/etd.v3i4.5290

摘要：针对南通地铁1号线02标惠民路站-幸余路站区间26m深风井盾构接收，接收端洞门断面以细砂层为主。结合风井埋深深、水压大、砂层土透水性强、易液化的工程特点，采用了“三轴深层搅拌桩+高压旋喷桩+水平注浆补强加固+3道洞门防水”的接收施工方案，规避了工程风险。对深风井富水砂层盾构接收施工技术进行了研究，总结出盾构风井富水砂层接收过程中的补强加固和洞门防水措施，可为类似工程的设计、施工提供借鉴。

关键词：盾构；接收；风井；富水；砂层；注浆；补强；密封

中图分类号：TU71 **文献标识码：**A

Talking about the Construction Measures of Shield Tunnel Receiving of Water-rich Silt Layer in Deep Air Well

Kunkun Qiu

Beijing Urban Construction Zhongnan Civil Engineering Group Co., Ltd. Beijing 100020

Abstract: For the shield receiving of 26m deep air well in the section of 02 standard Huimin Road Station and Xingyu Road Station of Nantong Metro Line 1, the tunnel door section of the receiving end is mainly fine sand layer. Combined with the engineering characteristics of deep air well buried, large water pressure, strong water permeability of sand layer soil and easy liquefaction, the receiving construction scheme of "three-axis deep mixing pile + high pressure rotary injection pile + horizontal grouting reinforcement + 3 tunnel door waterproof" is adopted to avoid the engineering risks. The construction technology of shield water rich sand layer in deep wind shaft is studied and the reinforcement of shield water rich sand layer are summarized for the design and construction of similar works.

Keywords: Shield; Receiving; Air well; Water-rich; Sand layer; Grouting; Reinforcement; Sealing

引言

目前，对于部分河道密集的沿海城市，如南通、杭州、苏州、南京、宁波等地，难以避免的出现富水砂层接收的情况。盾构达到是盾构施工中的重大风险点之一。软土地区的盾构接收端加固，传统的地层加固方式一般采用“三轴深层搅拌桩+高压旋喷桩”加固、配合以洞门帘布密封、端头降水为辅的接收施工方案。上述工法对高深度富水粉砂地层及维护结构的构造要求较高，且加固质量难以保证，实际施工过程中，仍存在较大的施工风险。

1 工程概况

惠民路站-幸余路站区间风井为7.25m岛式站台，地下三层结构，净长22.5m，净宽为24.3m，基坑开挖深度26.18m。围护结构选用1000厚地下连续墙，基坑围护设置六道支撑+一道换撑，其中第一道、第四道为砼支撑，其余均为钢支撑。盾构接收时，风井结构仅施工完成底板及负二层中板。

风井接收端头设计加固：止水帷幕（ \varnothing 850@600 双排超深三轴搅拌桩）+土体加固（ \varnothing 850@600 三轴搅拌桩）+填充空隙、包角（800@450 三重管旋喷桩），辅以6口降水井降水（设于止水帷幕与加固土体之间）。止水帷幕与加固土体之间仅1m，土体搅拌加固过程中，水泥浆液已渗透至周边

土体，预留降水井位无施工条件。

接收端覆土深度约17.8m，覆土以③1粉砂夹粉为主。开挖面地质以③2粉砂、③3砂质粉土为主。③1粉砂夹粉为主、③2粉砂、③3砂质粉土地层的渗透系数在 $7E-3\sim 8E-3$ (cm/s)，其中③1粉砂夹粉土层平均液化指数9.5，为中等液化场地，该地层在一定水动力作用下易产生流砂现象。

同时，施工场地基坑一侧（西南）依次存在1条 Φ 800的自来水管线，距离止水帷幕0.3~0.5m；1条 Φ 1000新建的10KVA电力管线及旧电力管线，新建电力管线距离自来水管约1.33m；1条新建 Φ 600的污水管及若干弱电管，距离电力管线约1.99m；管线均沿基坑平行布置，受周边环境的影响，接收端一侧（西南）不具备降水井施工条件。

2 深风井富水粉砂层盾构接收措施

当施工场地不具备完善的降水条件时，为保证盾构的顺利接收及施工安全，可采取以下2种处理方式：（1）三轴深层搅拌桩+高压旋喷桩+水平冻结；（2）三轴深层搅拌桩+高压旋喷桩+垂直冻结+钢套筒接收；第一种方式可保障端头的土体强度和止水要求，但施工条件对周边环境的要求较高、冻胀融沉对周边建筑物影响较大，而且施工难度大、造价高、工期长，同时盾构机通过加固区时，刀盘容易被冻结，存在

较大的隐患风险。第二种方法可弥补搅拌加固留下来的薄弱地带,形成的冻土帷幕具有强度高、抗坍塌能力强、止水性好等优点,可提高施工的安全性,仍然会加长了地铁的建设工期,且经济性较差。

2.1 水平注浆补强加固措施

富水砂层中,地下水压力大,地下流动水易将水泥浆带走、造成加固土体不易凝固、土体均匀性差。“三轴深层搅拌桩+高压旋喷桩”加固很难达到理想的成效,存在加固薄弱区,甚至存在地下水通道。围护结构被破除而引起的水土压力释放,易造成洞口涌水、涌泥及流砂施工事故。通过洞门水平注浆补强加固技术,可弥补加固区的薄弱区。

(1) 水平注浆补强加固原理

在洞门内,沿预埋钢环内30-70cm范围,向洞圈外钻取单层或多层水平钻孔,并沿着钻孔钻取方向随钻随注浆。注浆方式采用推进式,一层一层地推进注浆,将土体加固到设计的安全范围;液浆沿着土体之间的空隙扩散,并与原注浆区域相互渗透、固结,最终固化成桶形、封闭的加固体,达到盾构机到站接收时,出洞掌子面平稳、无涌水、涌泥现象。

(2) 施工参数

注浆加固范围:沿盾构掘进方向2.5-4m,断面范围为盾构隧道外1m。布孔设计:注浆孔与隧道轴线呈10°,向周边放射型布置,洞门下部沿预埋钢环周边布置至少2圈水平钻孔,洞门上部沿预埋钢环周边布置至少1圈水平钻孔,共计32个孔。

注浆导向管长度约70-80cm,采用内径φ60,壁厚3.5mm钢管加工,并在注浆端头车丝,车丝端可接2寸球阀和注浆三通管。植入深度为至少60cm,最终外露10cm,钻孔于导向管管壁之间的空隙,注入植筋胶,进而固结导向管。

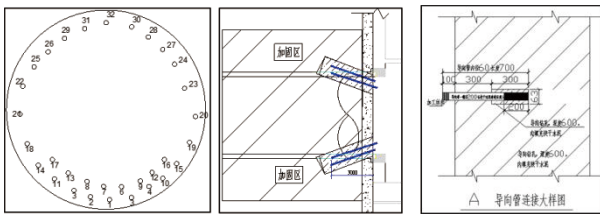


图1 注浆管布置示意图

注浆浆液配合比:水泥浆水灰比为0.75:1和1:1,水玻璃浓度为38-42波镁度,水泥浆和水玻璃的体积比为3:1。注浆扩散半径:1.5m-1.8m;注浆压力:2.5-3.0Mpa。

(3) 注浆要点

①钻孔时每次长度不宜超过2米,钻孔有砂有水时,立即进行注浆。依此往复循环,直至设计终孔为止。注浆顺序是先下部后中间,最后上部。

②注浆时,严格控制浆液浓度及压力,并根据注浆压力的变化,调整浆液浓度,直到达到设计终压为止。原则上,开始只注单液水泥浆,当注浆压力不足且注浆量大时,可改用双液浆注浆,以达到注浆压力控制要求。

2.2 止水帷幕外截水措施

降水井原设计,在加固区与止水帷幕仅有1m的距离进行降水井施工。现由加固区域地质的高渗透性特点,使预留的1m井位土体,被加固泥浆流窜固结,致使钻孔成井困难,无法按原设计进行端头降水。改为在帷幕外施做降水井,在止水帷幕外截水,将加固区水位拉至隧道拱底以下,保证盾构机的顺利接收。

根据现场条件,施做14口降水井,井深30m。其中成功在加固区域与止水帷幕之间施做了4口井,其余井均在止水帷幕之外,配用扬程40m,流量20m³/h的潜水泵进行抽水。

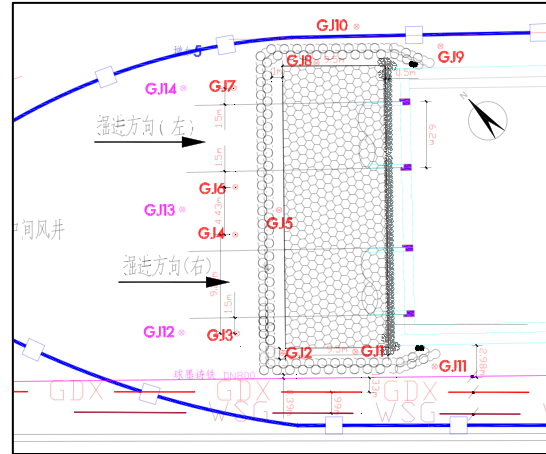


图2 深风井接收端井位布置图

2.3 接收洞门防水密封措施

洞门常规密封装置采用帘布橡胶板式密封装置。然而在盾构接收过程中,常存在盾构刀盘将止水帘布撕扯、破坏、帘布橡胶板自身的形变恢复力有限或变形以及盾构机有外置注浆系统等情况,导致帘布橡胶板的板端与管片贴合紧密度不高,进而造成隧道的接收洞口密封性不高,无法有效的封堵洞门和接收应急抢险。

(1) 接收洞圈内焊接弹簧钢板刷

结合风井工况及接收的高风险性,保留传统止水橡胶帘布止水装置的同时,在洞门钢圈内焊接两排环高350mm,间隔180mm的弹簧钢板刷,缩小盾壳与洞圈的间隙,并在两道弹簧钢板刷之间填塞200mm×200mm的海绵条,可形成止水箱体。以达到防止盾构出洞时的漏水、漏泥等问题。

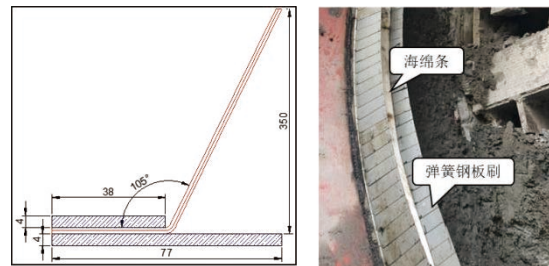


图3 洞门钢圈内焊接弹簧钢板刷尺寸及安装图

(2) 洞门止水箱体

区间接收环为背负钢板环,利用这一特点,接收前,在洞门圈外径焊接一圈厚10mm,宽150mm的圆环板,包裹住止水帘布装置。当接收环管片脱出盾尾600mm时,盾构停止掘进,使用长1.5m、宽0.65m、厚8mm的弧形钢板,连接洞门圈外的圆环板和预埋了背负钢板的接收环,构成一个钢箱体,密封、防水。并在弧形钢板安装了4个注浆球阀,在洞门封堵完成后形成一个止水箱体,若洞门发生渗漏,可以进行注浆球阀压住液浆,可以有效的进行封堵。



图4 弧形钢板及止水箱体

(3) 洞圈外应急注浆斜孔

在洞门钢圈外侧,施做12个注浆孔,其中4个斜孔钻到两道止水装置之间,并预埋注浆球阀,盾构机接收过程中,可通过注浆孔进行注浆止水、封洞门。

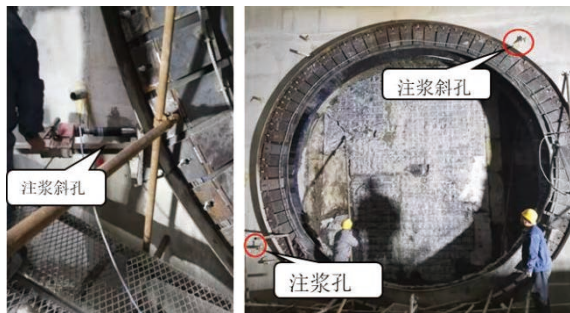


图5 钢圈外侧应急注浆斜孔

2.4 管片拉紧及增加推力措施

当盾构机到达掘进阶段,盾体土体外裹面减小,推力相继减小;当隧道贯通后,盾构前方无土体外裹摩擦力,仅靠台车牵引力拖拽着,管片拼装时基本没了反作用力,将造成管片与管片之间环缝连接不紧密,进而产生漏水。可在接收基座上焊反力块,抵制刀盘来增加盾构机的前进阻力,并在拼装、掘进过程中迅速复紧螺栓,将最后几环管片与之前拼装的管片拉紧,防止管片接缝增大。同时对最后10~15环管片进行拉紧处理,将管片吊装头旋入3、9点位吊装孔,使用14#槽钢开孔,将最后几环管片与之前管片连成一体,防止盾构推力减小管片之间松懈而引起隧道渗漏水。

2.5 盾构出洞临时止水措施

(1) 盾尾进入加固区,在止水帷幕处施工第一道止水环,形成封闭的止水环箍,封堵止水帷幕内外水力联系。与加固体连成整体,形成一道止水环,彻底将隧道后部来水封堵住,浆液选用双液浆。

(2) 刀盘刀尖抵达地连墙时,上部土压控制在0bar。并通过径向注浆孔注入聚氨酯,封堵建筑空隙与土仓的联系。

再从盾尾后两环注入水泥-水玻璃双液浆形成第二道止水环,堵加固区内外水力联系。

(3) 盾位脱离洞门密封装置前,机身出洞约2/3左右,用水泥-水玻璃双液浆注满一圈进行洞门封堵,对漏水较大点位集中压注双液浆,直至浆液凝固后在进行进洞施工;配比按照水泥水灰比1:1,水玻璃溶液与水稀释1:3,水泥浆与水玻璃溶液1:1,浆液初凝速度约30~35s。

3 施工效果

(1) 在接收洞圈内共打9个探孔,孔深均大于3m。经检查,芯样成型连续完整、坚硬、呈柱状,无明显渗水,满足设计要求。盾构机进入加固区掘进时,掘进扭矩显著增大,并检查螺旋机出土,土样呈碎块状,坚硬。



图6 加固区渣土土样

(2) 降水井施工后,连续抽水72个小时后,观测井水位一般稳定在28.5m左右,位于接收洞门中心以下,有效地降低了接收端的水头压力。在接收洞门凿除切割除地墙最后一层钢筋时,地连墙保护层完整,干燥无水、无湿渍,降水效果良好,保证了盾构接收的顺利进行。

(3) 盾构顺利接收后,对洞门及时进行封堵。洞门封堵7天后,停止接收端头降水,接收洞门止水箱体表面干燥。

南通市轨道交通1号线一期工程土建施工02标惠民路站-幸余路站盾构区间,在深基坑、地层加固不良、场地条件有限的条件下通过采取水平注浆补强加固、止水帷幕外截水,优化洞门防水密封,应对深井富水砂层加固不良造成的盾构接收风险,规避盾构接收风险,节省地铁建设工期。保证盾构顺利接收,其成功经验为后续类似工程提供经验借鉴。

4 结语

本工程分别从加固、降水、防水密封三方面入手,有效地弥补了加固体的强度与均匀性,成功截水,有效地减少了接收洞门圈内的水头压力。解决了深井富水砂层盾构接收的问题,提高了工程的安全性,也降低了工程造价,避免了对周边环境的影响,具备一定的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 薛禹群.地下水水动力学(2版)[M].北京:地质出版社,1997.
- [2] 周文波.盾构法隧道施工技术及应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [3] 南通市城市轨道交通1号线一期工程勘察01标惠民路站岩土工程勘察报告[R].2017.11.