

经验交流：盾构隧道防水堵漏技术岩土工程师考试 PDF转换
可能丢失图片或格式，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/551/2021_2022__E7_BB_8F_E9_AA_8C_E4_BA_A4_E6_c63_551543.htm 把岩土师站点加入收藏夹

1. 国内外隧道建设及防水情况
国内外已建成大量地铁、隧道，逐步形成了较成熟的结构设计计算理论与工程实践体系，但是在隧道及地下工程的防水方面认识则相对落后。地铁不可避免地要经过含水量较高的地层(如上海地铁所处地层大多为饱和含水软粘土层)，所以必将受到地下水的有害作用。如果没有可靠的防水、堵漏措施，地下水就会侵入隧道，影响其内部结构与附属管线，乃至危害到地铁的运营和降低隧道使用寿命。盾构隧道渗漏水的位置是管片的接缝、管片自身小裂缝、注浆孔和手孔等。其中以管片接缝处为防水重点。通常接缝防水的对策是使用密封材料，以西德为代表的欧洲方面，采用非膨胀合成橡胶，靠弹性压密，以接触面压应力来止水，以耐久性与止水性见长。德国PHOENIX公司提供的隧道衬砌合成橡胶垫就是其中较典型的形式，其工作机理如图1所示。以日本为代表的方面，则采用水膨胀橡胶，靠其遇水膨胀后的膨胀压止水。它的特点是可使密封材料变薄、施工方便，但耐久性尚待验证。国内主要采用水膨胀橡胶，并已开始研究开发水膨胀类材料与密封垫两者的复合型。

2. 盾构法隧道的防水设计方法
防水方法包括结构自防水和其它附属措施，如管片外防水涂层、管片接缝防水、做二次衬砌等。

2.1 管片结构的自防水
结构自防水是首选的防水措施，主要方法为管片材料采用防水混凝土。地铁结构物一般用普通防水混凝土，而盾构隧道衬砌由预制管片拼装而

成，多用外加剂防水混凝土，抗渗可达S12以上，渗透系数K < 10-11cm / s。

2.2 管片外防水涂层

管片外防水涂层需根据管片材质而定，凡有较深裂纹的管片一般都要增加外防水涂层。对钢筋混凝土管片而言，一般要求：涂层应能在盾尾密封钢丝刷与钢板的挤压摩擦下仍保持完好；当管片弧面的裂缝宽度达0.3mm时，仍能抗0.6MPa的水压，长期不渗漏；涂层应具有防迷流的功能，其体积电阻率、表面电阻率要高；涂层应具有良好的抗化学腐蚀、抗微生物侵蚀能力和足够的耐久性；涂层要有良好的施工季节适应性，施工简便，成本低廉。但应指出，若管片制作质量高，采用抗侵蚀水泥，不做外防水层也是可以的。

2.3 管片接缝防水

管片接缝防水包括弹性密封垫防水、嵌缝防水和向接缝内注入聚氨酯药液等。下面介绍可靠性高的弹性密封垫防水的各种要求：

(1) 功能要求

短期防水要求密封材料因压缩产生的接触面应力大于设计水压力；长期防水要求接触面应力不小于设计水压力；密封垫在设计水压力下允许张开值应满足下式：

$$BD / (\min 0.5D) + \dots$$

式中：环缝中弹性防水密封垫在设计水压力下允许的缝张开值(mm)；
 \min 隧道纵向挠曲的最小曲率半径(mm)；D 衬砌外径(mm)；
 B 管片宽度(mm)；
 \dots 生产、施工中可能产生的环缝间隙(mm)；
 s 邻近建筑物引起的接缝张开值(mm)。

(2) 耐久性要求 包括防水功能耐久性、耐水性、耐动力疲劳性、耐干湿疲劳性、耐化学腐蚀性等。

(3) 密封材料种类 可分为单一材料的、合成材料的及水膨胀的。现多采用水膨胀橡胶。它大大改善了盾构法隧道的防水性，是今后的发展方向。在设计时必须根据实际情况确定合适的膨胀倍率、膨胀时间及环境可

能造成的影响。3. 隧道渗漏水机理引起隧道渗漏水的原因主要是防水材质不良或违反操作规程造成的，具体可分为以下几类：管片在制作时养护不合理，表面出现气孔和龟缩裂缝；管片在运输、拼装中受挤压、碰撞，缺边掉角；水膨胀橡胶粘贴不牢，或下坡时过早浸水使膨胀止水效果降低；管片拼装质量差，螺栓未拧紧，接缝张开过大；手孔、螺栓孔、注浆孔等薄弱部位未加防水垫片，封孔施工质量差。

4. 上海地铁二号线隧道堵漏实例

4.1 工程概况

上海地铁二号线区间隧道采用盾构法施工，东昌路东方路段位于浦东新区，其防水部分由上海市隧道工程设计院设计，上海市基础工程公司施工。隧道的衬砌为预制钢筋混凝土管片，外径6200mm，内径5500mm，环宽1000mm。管片混凝土C50、S8，衬砌环缝及纵缝间防水采用弹性密封衬垫。该圆形隧道的标准断面如图2所示。地铁途经三个地质层：人工填土；表层土；第1层软土。隧道大部分埋设于该层软土中，它主要为灰色淤泥质粘土、粘土、粉质粘土加薄层粉砂，含水率43.1%—57.9%，垂直渗透系数 10^{-6} — 10^{-7} cm/s，水平渗透系数根据层理不同差别很大。1998年4月，在隧道竣工验收之前，笔者应上海市基础工程公司委托，对该区段隧道的渗漏水进行了调查，并提出了治理措施。

4.2 渗漏水情况调查

经初步勘察，该区间段衬砌管片总体防水质量是好的，但进出洞口部位渗漏较为严重。对上行线进洞口100环做了详细调查，结果如下：(1)该区间渗漏水主要为管片接缝处渗漏水。进洞25环虽然做了纵环整环嵌缝，但因为一些环缝宽度不均匀，嵌入工字条后不能相互粘贴牢，而加封的水泥层又较薄，达不到防水目的，因而有几环渗漏很严重，个别接缝处

甚至有严重线漏。(2)该区间隧道为两头高、中间低。盾构在下坡段推进时，盾尾容易形成积水，从而使底部弹性密封垫过早遇水膨胀，防水能力下降，所以下坡段底部渗漏较上坡段严重。

4.3 渗漏处理方案

根据不同部位、渗漏水不同形式，采取下列具体处理措施：

- (1)环纵缝的线漏、滴漏以及两腰渗漏水处宜采用注浆堵漏，即在渗漏严重处先打一小孔，插入塑料细管引排渗漏水，同时插入另一注浆管压注聚氨酯浆材封堵渗水通道，当确认不渗漏水时剪断注浆管(对有多处渗漏水点情况，应先上后下，最后封堵两腰)。在埋管处用快凝水泥封缝，周围纵环采用工字形水膨胀腻子条加封氯丁胶乳水泥作整环嵌缝处理。对于已做工字条嵌缝但仍有渗漏的环缝，在注浆堵水后，宜取出工字条，涂刷界面剂，再用快凝水泥封缝。
- (2)0.15mm以下潮湿裂缝或微裂缝可采用无机水性高渗透密封剂涂刷封闭处理(如AS混凝土墙面涂料，SWF水泥密封材料等)。
- (3)对0.20mm以上的微裂缝也应注浆，采用聚合物砂浆类，用氯丁胶乳、卤偏乳液、丙烯酸乳液等涂抹封闭。
- (4)对于集中渗漏区段，可利用回填注浆孔钻穿管片注入超细早强水泥和水溶性聚氨酯浆液。管片打穿时，考虑到注浆孔涌泥，配以橡塞密封装置。
- (5)区间7混凝土管片存在的边、角缺损部位，可采用高强、快凝、粘结良好的修补材料，如NC聚合物快速修补剂。

4.4 二次调查

按照上述防水堵漏方案，经过2个多月的施工，渗漏情况已明显好转，绝大多数的线漏、渗漏都已消除，只有个别地方还有少量渗水，基本上达到设计要求，证明方案是行之有效的。该工程也已被上海市市政局质检站定为优质工程。

100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 www.100test.com