

施工技术

盾构隧道防水技术主要问题探讨及展望

石志鹏

(中交隧道工程局有限公司 江苏南京 211100)

摘要:针对我国现阶段的盾构隧道工程而言,大埋深与高水压的特点体现得愈发明显。但是现阶段常用的盾构隧道防水技术无法满足工程项目的实际需求与发展趋势,所以导致盾构隧道防水技术存在各类问题,直接威胁着盾构隧道防水效果,必将降低整个隧道工程的安全性及稳定性。为此,本文针对盾构隧道防水技术的主要问题及发展方向进行了详细的分析,以期对相关研究提供部分理论参考。

关键词:盾构隧道;防水技术;问题;展望

1 主要问题

1.1 接缝防水机制方面

1.1.1 缺乏合理的密封垫设计

密封垫的外形尺寸和孔洞布置方式直接影响着接触应力的分布,进而影响其防水性能。主要是因为密封垫断面设计时需要进行大量的假定及试算分析,所以具有较强的盲目性。此外,接缝弹性密封垫的生产工艺对其防水性能具有显著的影响,使得密封垫质量及性能都无法保障。

1.1.2 缺乏成熟的密封垫防水性能判断标准

有效提升密封垫的接触应力,能增强其实际防水性能,但是现阶段对接触应力与防水性能未建立科学完善的定量关系。平均接触应力是目前评价密封垫性能的重要依据,这一依据缺乏完善性与成熟性。例如,一旦水压过高,为了保障允许最大张开量下的密封垫平均接触应力符合相关标准,那么会使得密封垫的闭合压缩力被迫增加,进而导致密封垫设计的不合理性体现得更加明显。同时,接触面上所存在的接触力在纵向与横向都具有分布不均匀的特点,如果对断面接触应力情况进行单一评价,必将增大接触应力与防水性能之间的差异。

1.1.3 盾构管片接缝微观机制缺乏重视与完善

现阶段针对盾构管片接缝微观机制缺乏应有的关注和完善。例如,针对密封垫的微观结构,管片表面的微观结构,以及水的黏滞阻力特点等都缺乏详细的关注。而是仅仅通过参考和借鉴解析工程中的橡胶密封理论开展盾构管片接缝微观分析,所以需要进一步的研究与完善。

1.2 防水技术标准方面

1.2.1 防水等级不符合现有的防水需求

①现阶段盾构隧道防水施工主要是采用原有的隧道工程防水标准与经验,所以存在明显的不完善性。如水压小,渗漏量的设定值小,一旦处于高水压环境,管片则会出现较大的渗漏。所以,要保障盾构隧道防水性能,要结合实际优化防水等级,完善防水措施,才能增强其防水性能。

②在水压超高条件下,通常会采用全面封堵的方式进行防水处理,这样必将会直接增大防水造价。此外,在其他防水措施方面也需要进一步完善,如二次衬砌方面,外防水涂层处理方面,以及接缝处密封剂注入处理方面等等。对其进行科学应用,都能提升盾构隧道工程的防水性能,需要技术人员对这些防水措施进行不断的研究试验与融合应用。

③要保障高水压条件下的防水性能符合施工要求,还需要对高水压条件下的混凝土抗渗等级进行相应的提高和完善。这也是提升现阶段盾构隧道防水技术实际应用效果的重要方式。为此,技术人员要对高水压条件下的各项因素,如混凝土的实际抗渗等级,裂缝宽度的允许值范围,以及裂缝问题的处理措施等,进行不断的研究和明确,才能从本质上提升工程项目的防水效果。

1.2.2 接缝张开量与错台量

接缝张开量与错台量不仅影响着密封垫的压实密度,还决定着密封垫的压密形态,所以对整个盾构隧道工程的接缝防水性能具有重要的影响作用。在具体施工过程中,要确保接缝设计的张开量和错台量符合相关标准,才能满足实际防水要求。但是在实际操作中,接缝允许的张开量与错台量设计时需综合各项影响因素,如拼装质量控制效果,隧道平纵曲线段,以及管片生产误差等等因素,所以需要科学完善的计算标准与取值依据。而我国目前大部分设计单位针对此方面都具有较大的取值差异。大部分的工程项目都需要在管片拼装完成之后测量密封垫处以及管片外侧的张开量和错台量,而这些参数在管片拼装完成之后是无法得到精准测量。这一问题需要技术人员在实践中不断完善测量方法,为盾构隧道防水性能的提升提供有力的参考和依据。

1.2.3 接缝防水体系有待完善

现阶段针对盾构隧道接缝防水体系主要有四种模式,其中最为常用的有两种,一种为外侧设置1道三元乙丙橡胶弹性密封垫,内侧设置1道遇水膨胀型的橡胶防水密封垫;另一种为

内外双道均设置遇水膨胀型的橡胶防水密封垫。这两种接缝防水体系也被称为双道防水体系，并以其显著的应用优势得到了广泛的应用。但是在实际应用过程中也体现出了一系列的问题，例如外侧出现渗漏，环纵缝会窜流出渗漏水，技术人员无法精准判断外侧的具体渗漏位置。如果外侧出现渗漏，那么内外密封垫腔体会出现渗漏压力，螺栓孔出现渗漏的概率将加大。引发这些问题的原因较多，其中最为重要的就是缺乏完善的接缝防水体系，所以需要相关部门的重视与优化。

1.3 管片防水构造设计方面

1.3.1 管片防水构造设计模式有待完善

现阶段大部分的盾构隧道防水施工，通常采用两种挡砂条，一种为海绵橡胶挡砂条，另一种为遇水膨胀橡胶挡砂条。其中，遇水膨胀型挡砂条均采用L形设计模式，将其设置在拼好的管片一侧，能避免因管片拼装前遇水而出现预先膨胀现象而引发的负面作用。海绵橡胶挡砂条，采用框形设计模式，结构简单，且不会发生遇水膨胀现象，所以防水性效果相对较差。技术人员在实际施工过程中，需要结合防水要求与实际情况进行综合应用，并对现有的管片防水结构设计进行不断优化，才能为盾构隧道防水施工提供更加科学合理的依据和规范作用。

1.3.2 传力衬垫设置不合理

科学技术的不断发展进步使得盾构隧道工程的管片拼装工作更加成熟，所以接缝构造设计中不需要设置纵缝传力衬垫，而是在环缝设置衬垫。这样的方式虽然能够降低管片应力集中现象和管片破损现象的发生概率，但是会增大螺栓的受剪力。如果对环缝传力衬垫进行盲目取消，会增大混凝土结构的接触面与摩擦力，甚至出现管片开裂和破损现象，无法实现预期防水目标。

1.4 防水施工工艺方面

1.4.1 防水材料的质量控制不严格

在盾构隧道防水材料的生产过程中，在原材料中添加再生胶和二次再生胶的现象十分常见，这会对防水材料的使用性能带来严重的负面影响。同时，在橡胶的生产中未能落实科学的调配处理，使得防水材料硬度控制不合理，这也会降低盾构管片的拼接效果与使用质量。所以，相关部门要加强对盾构隧道防水材料生产环节的质量监管与把控，从源头上提升防水材料的使用性能。

1.4.2 防水工艺缺乏规范性

在开展盾构隧道防水施工时，存在较多的问题，如密封条粘贴过程中出现偏移现象与鼓起现象；槽口杂物未得到及时清理；传力衬垫出现歪斜与鼓起现象；材料吊运环节遭到损坏等等。引发这些问题的直接原因是防水施工工艺缺乏规范性与标准性，无法保障具体施工得到科学系统的引导和监管，必将

降低防水施工效果。

2 发展方向

2.1 管片接缝防水机制

要保障盾构隧道防水施工中管片接缝防水机制的引导和规范作用得到充分发挥，技术人员不仅要系统掌握弹性密封垫截面选取与设计中的随机性特点；还要完善横纵应力分布不均时的密封垫防水性能定量评价方法。并借助科学的密封垫防水微观研究机制，增强整个管片接缝防水机制的引导效果。

2.2 防水标准

结合盾构隧道防水技术的应用情况，及时建立新型技术标准，确保高水压，大埋深的盾构隧道防水施工具有完善的防水标准。一方面要加强对各类防水等级的针对性分析，另一方面还要积极优化防水施工的理念和原则。确保高水压条件下的防水材料检验标准，管片检漏标准以及混凝土结构的抗渗等级等具有理想的科学性与明确性。

2.3 防水设计

随着盾构隧道防水施工的质量要求越来越高，防水设计的要求也随之而提升。设计人员在开展防水设计时，首先要对现有的防水体系进行不断的改良与创新，还要落实相关问题的应对研究。其次，要加强对其他防水措施的应用研究，逐步解决高水压及超高水压条件下的隧道防水问题，增强隧道工程的防水性能。

2.4 防水施工工艺

现阶段的盾构隧道防水不仅施工工艺缺乏规范性与标准性，且施工现场管理混乱，专业人员的占比较低。所以，选聘专业的施工人员及高素质的管理人员，是盾构隧道防水施工的主要发展方向。同时，新材料，新工艺的比重会越来越高，相关部门不仅要加大对新型防水层材料及防水工艺的研究和试验，还要对现有的管片拼装方式进行变革与创新，增强管片拼接的密封性能，提升盾构管片的防水效果，最终优化整个工程的防水性能。

3 结语

综上所述，强化盾构隧道防水技术，能够直接提升隧道工程的防水性能和使用效果。为此，相关部门在开展隧道施工时，要落实盾构隧道防水施工技术的各项要点，完善施工监管，并结合新技术与新理念对其进行变革和创新，增强防水施工的效率和质量，从源头上提升盾构隧道防水技术的应用优势。

参考文献

- [1]薛光桥,郭志明,李拼,等.和燕路隧道盾构防水密封垫极限防水性能试验研究[J].隧道建设(中英文),2020,40(9):1272.
- [2]朱伟,钱勇进,闵凡路,等.中国泥水盾构使用现状及若干问题[J].隧道建设(中英文),2019,39(5):724.