地铁盾构管片外观质量生产工艺控制探讨

毛泉松

浙江省建材集团有限公司 浙江 杭州 310011

【摘 要】：地铁是城市交通运输的重要组成部分，而盾构管片是地铁盾构结构中的一个关键环节，其外观质量对于整体美观性和使用安全性都有相应的关系，以此在制作的过程中要控制外观质量及生产工艺，提高地铁盾构管片的质量，进而提升隧道的耐久性和美观性。

【关键词】：地铁盾构管片；外观质量；生产工艺；质量控制

1 前言

目前我国城市化建设不断加强，对于这个城市来说交通是必要的基础建设，是城市之间的连接纽带，也是运输重要物资的主要途径。地铁施工是我国交通建设的重要组成工程，在具体的施工过程中需要控制地形等问题的影响，为提高施工建设的质量作出重要保障。盾构施工是一种比较机械化的施工技术，采用这种方式不仅能够有效提升施工效率，还能降低人为参与，避免由于人为施工造成的影响。预制管片是盾构地铁工程施工建设的基础，与地铁盾构成型及后续运行质量有直接关系，因此要加强盾构管片的外观质量控制工作，进而提高我国地铁交通的安全性及有效性。

2007 年杭州开始地铁建设，我们公司同期参与建设杭州一号线，截止目前已经完成十号线的基本建设。从管片生产以来，技术、生产、工艺等部门一直为消除管片外观缺陷而努力，也积累了一定的工艺总结和经验。管片外观缺陷常见的有裂缝、气泡、色差等。

2 地铁盾构管片外观裂缝问题及处理措施

2.1 裂缝问题

（1）温差骤变引发裂缝

（混凝土在凝固过程中，水泥的水化反应会产生大量的热量，使得混凝土结构温度升高，盾构管片就会发生膨胀而体积变大。在混凝土的水化反应结束后，由于环境的影响将盾构管片的温度降低，体积也就会恢复成原来的大小。但是结构的内部由于没有直接与环境进行接触，温度变化较慢，未发生体积收缩或者收缩缓慢。温差的变化会影响盾构管片的体积，进而使得内部混凝土对结构表面造成约束，形成开裂的现象。）

混凝土完成浇筑在凝固过程中，水泥的水化反应会产生大量的热量，使得混凝土内部结构温度升高，盾构管片就会发生膨胀而体积变大，随着水泥水化不断进行，混凝土强度也在不断提高，为了增强盾构管片的初凝强度，缩短成型时间，一般生产工艺都会采用 55-60℃的蒸汽进行初期养护。在混凝土的水化反应结束后，盾构管片从养护窑内出来，由于环境的变化，盾构管片外表与空气直接接触，外表温度降低速度就会较快，体积也就会希望恢复成原来的大小，但是结构的内部由于没有直接与环境进行接触，温度变化较慢，未发生体积收缩或者收缩缓慢，这时就会出现外部收缩内部膨胀的应力。温差的变化会影响盾构管片的体积，进而使得内部混凝土对结构表面造成约束，形成开裂的现象。

（2）自收缩造成的裂缝

其一是水泥发生的水化反应，给毛细管内部造成自真空的状态，在内部形成一定的压力，导致混凝土结构内陷，造成自收缩裂缝。

其二是盾构管片蒸汽养护工作结束后，直接与空气接触，管片表面的水分会在短时间内蒸发，混凝土内部和外部的自收缩速度不一致，而表面产生约束作用造成裂缝。

其三是盾构管片在生产过程中由于混凝土振捣时间超过预计时间，管片表面浮浆加厚，水泥浆层发生自收缩，并且收缩率超过原来的 4 倍，进而形成裂缝。

（3）碳化收缩造成的裂缝

通常情况下，混凝土瘫痪是一个非常漫长的过程，经过相关的研究证明，在混凝土表面发生的碳化反应则只需几个小时就能完成。混凝土表面完成碳化过程，就会发生收缩，产生的拉应力与混凝土初期的抗拉强度不一致，形成网状龟裂纹。

（4）材料质量不过关造成的裂缝

在盾构管片制作过程中，原材料质量不合格就会发生大量的化学反应，进而造成混凝土表面开裂，或者产生网络形状的微裂纹。

2.2 裂纹及裂缝的处理方式

（1）对于坍落度要合理控制。控制坍落度可以通过加入添加剂的方式实现，在混凝土振捣的过程中更要确保不同部位的坍落度均匀，使得混凝土均匀平整地分布，这样能够有效减少裂缝问题的发生。

（2）加强对温度的控制。控制温度的措施可以从三个方面进行：①用冰块给混凝土降温，避免产生大量的水化热，这样能够有效减少坍落度的损失。②选择环境温度较低的时间浇筑混凝土，如早上 10 点之前，傍晚 4 点之后。③要做好盾构管片的早期养护工作，特别浇筑结束后到脱模前，这个时间内混凝土会释放大量的热能，在这个过程中要严格做好养护工作，及时给混凝土补充水分，降低裂缝发生概率。④控制脱模温度。盾构管片从养护窑内出来，要求其与室外温差不要超过 20℃，这样就能避免由于脱模温差大而出现收缩裂缝。

（3）选择合理的制作材料。在材料采购的过程中要严格把关材料的质量，避免采用不合格的材料，此外还要重视制作的工艺，要严格按照相关标准混合材料和施工，从根本上解决裂缝及相关的质量问题。

3 地铁盾构管片外观气泡问题及处理措施

3.1 气泡成因分析

（1）在混凝土搅拌的过程中就会产生气泡，其中一部分气泡通过振捣会从混凝土表面排出，还有一部分气泡没有排出，这部分气泡主要附着于混凝土的切割端面以及构件靠模具的一面。

（2）混凝土的配比与坍落度有直接的关系，坍落度越大，说明混凝土的含水量越大；反之，混凝土的较少。气温、生产工艺等原因都会对混凝土的坍落度造成影响。从原则上分析，混凝土除了必要的水分之外，含水量越少越好，但是在常温情况下，混凝土盾构管片对于坍落度有非常大的要求，最佳的坍落度应控制在 3cm~5cm 之间。如果坍落度过小，混凝土的凝结速度加快，就会无法实现有效的振捣，最终混凝土会变成蜂窝形状。

（3）盾构管片的钢模要有非常高的准确度和气密性，误差应控制在半毫米之内。大部分模具的侧模都有凹凸榫，在振捣棒的作用下，水分和气泡会排出来，而这些水分和气泡会附着与模具和盾构管片侧面的凹凸榫位置，气泡占据原本属于混凝土的位置，待脱模后，凹凸榫位置的气泡非常密集。

3.2 气泡问题的处理方式

（1）对模具进行精细化设计和处理。在对盾构管片的模具进行设计时，要尽量减少模型凹槽处的深度，加大坡度，这样能够使得混凝土中的气泡顺利排出，避免聚集在凹槽处。模具的表面应该打磨得光亮平整，避免出现焊痕等凸起，影响气泡排出。在生产过程中，要严格按照相应的操作规则进行，在脱模时也要将模具彻底清理干净，避免残留混凝土。

（2）选用高性能的外加剂。选择合适的减水剂能够确保水灰比不变的情况下，对混凝土的性能进行改善，有效避免坍落度减少。在混凝土的最终凝结阶段还能加速固化过程，提高早期强度，减少气泡的产生。

（3）选择合理的脱模剂。目前阶段市场上有很多脱模剂，有矿物油类、乳化油、水质、聚合物等，在对脱模剂进行选择时，要根据混凝土的型号等实际情况进行分析，选择优质且有利于破泡的盾构管片脱模剂。尽量选择乳化油类的脱模剂，这种脱模剂含油量少，不会污染结构表面，在后期的处理中也容易被清理。

4 地铁盾构管片外观色差问题及处理措施

4.1 色差问题及成因分析

（1）管片外观颜色就是水泥的颜色，为灰色，水泥原材料不同，形成的颜色也会有不同的深度，灰色的深度是由水泥中的镁含量和铁含量决定。

（2）混凝土在凝结后，其颜色会随着时间变化而发生变化，主要受混凝土的组成、表面水分及周围环境因素影响决定的。外观颜色主要以白花和环境污染为主，混凝土凝固时，一些带有盐分的水就会渗入表层，失去水分后的溶解盐会析出形成白花。

（3）在盾构管片拆模后，混凝土表面水分就会蒸发，如果出现溶解盐的痕迹，那么盐类析出后就会形成白花。待混凝土硬化后，吸收雨水等，溶解盐就会逐渐渗透到表层，在混凝土结构的表面形成二次白花，白花颜色不一，影响盾构管片的美观度。

4.2 外观色差处理方式

首先要确保制作材料一致性，对水泥、砂石等品质保持相同，不要随便更换供应商，这样能够确保管片的基础颜色不变。其次是要对管片进行浸水养护，使得管片表面与水均匀接触，使得白花以均匀的形式分布，并且还要控制水的质量。最后在管片出厂时，要注意管片生产时间跨度不要太大，尽量保持相同时间生产，这样能有效避免色差较大的问题。

5 结语

地铁盾构管片是隧道最内层的防护层，对于隧道的稳定性有直接关系，也是人们进入隧道最直接看到的，因此对其外观质量有一定的要求。盾构管片的外观通常会出现一些气泡、裂缝或者色差不一的问题，这些问题不仅影响美观性，对于安全性也有关系，因此在制作盾构管片时要严格控制以上外观问题，遵守制作标准，尽量减少以上问题的发生，确保盾构管片的美观性及安全性。

参考文献：

[1] 杨青运. 浅谈盾构施工的管片开裂破损质量控制[J]. 四川水泥, 2019, No.269(01):270-270.

[2] 师忠耀. 浅谈混凝土盾构管片原材料质量控制的措施[J]. 四川水泥, 2020, No.289(09):36-37.

[3] 戴刚. 盾构隧道管片预制质量控制及拼装问题解析[J]. 工程与建设, 2019, 033(002):221-223.