

盾构管片拼装误差的成因及施工控制措施

卢鹏飞

中交一公局集团有限公司 北京 10000

【摘要】：盾构管片拼装误差受盾构机姿态、盾尾间隙、泥浆堆积、拼装面平整度、推进油缸同步性、浆液填充和地下水等多因素影响。通过精准控制盾构机姿态、合理设定盾尾间隙、优化拼装工艺和加强施工监测等技术与管理措施，可有效控制拼装误差。青岛地铁8号支线工程实践表明，采用自动化拼装设备、高精度测量仪器及严格管片生产管控，可显著提升拼装精度，保障隧道施工质量。研究成果为盾构隧道施工技术发展提供了有益参考。

【关键词】：盾构管片；拼装误差；施工技术；管理措施；精度控制

DOI:10.12417/2811-0536.25.11.018

引言

盾构隧道施工中，管片拼装精度直接关系到隧道结构的稳定性和防水性能。然而，管片拼装过程受到多种因素的综合影响，导致拼装误差的产生。因此，深入分析管片拼装误差的成因，探讨有效的施工技术与管理措施，对提升盾构隧道施工质量具有重要意义。通过对实际工程案例的分析，进一步验证相关技术与措施的可行性，为盾构隧道施工技术的发展提供理论支持和实践经验。

1 盾构管片拼装误差的主要成因分析及影响因素探讨

盾构管片拼装误差的产生是一个复杂的过程，受到多种因素的综合影响。盾构机的姿态控制是影响管片拼装误差的关键因素之一。盾构机在掘进过程中，若姿态出现偏差，将直接导致管片在拼装时无法精准对接。例如，盾构机的俯仰角和滚动角的偏差，会使管片的拼装位置与设计位置产生偏离。此外，盾尾间隙的大小也对管片拼装产生重要影响。盾尾间隙过大或过小，都会导致管片在拼装时难以准确就位，进而影响管片之间的拼接精度。盾尾间隙过大时，管片可能会出现晃动，难以固定；而盾尾间隙过小时，管片则可能无法顺利进入盾尾。

底部泥浆堆积问题也不容忽视。在盾构施工过程中，若底部泥浆不能及时清理，泥浆堆积会改变管片圆度，进而影响盾构机的姿态和管片的拼装精度。泥浆堆积会使管片整体偏上，导致管片拼装时出现高程偏差。拼装面的平整度同样是影响管片拼装误差的重要因素。拼装面不平整会导致管片在拼装时无法紧密贴合，从而产生间隙，影响管片的整体性和防水性能。此外，管片拼装过程中可能出现的拼大、拼小、横鸭蛋、竖鸭蛋等现象，也会对拼装精度产生负面影响。拼大或拼小会导致管片之间的环向或纵向间隙不符合

设计要求，而横鸭蛋和竖鸭蛋则会使管片的拼装姿态出现扭曲，影响管片的受力均匀性。

推进油缸的同步性也是影响管片拼装误差的一个重要因素。如果推进油缸的行程不同步，盾构机在推进过程中会产生偏斜，进而影响管片的拼装精度。盾尾浆液填充不饱满也会对管片拼装产生影响。浆液填充不饱满会导致管片与盾尾之间出现空隙，使管片在后续施工过程中容易受到外部压力的影响而发生变形或位移。此外，地下水丰富导致的管片上浮现象也是影响拼装误差的一个因素。在地下水压力作用下，管片可能会发生上浮，从而改变管片的拼装位置和姿态，影响管片之间的连接精度。这些因素相互交织，共同作用于管片拼装过程，导致管片拼装误差的产生。因此，在盾构施工过程中，需要对这些因素进行严格控制和监测，以确保管片拼装的精度和质量。

2 有效控制盾构管片拼装误差的施工技术与管理措施

有效控制盾构管片拼装误差的施工技术与管理措施是确保盾构隧道施工质量的关键环节。在施工技术方面，盾构机姿态的精准控制是基础。通过采用先进的测量设备和自动化控制系统，实时监测盾构机的姿态参数，包括俯仰角和滚动角，并根据监测数据及时调整盾构机的掘进方向，能够有效减少因姿态偏差导致的管片拼装误差。同时，合理控制盾尾间隙也是保障管片拼装精度的重要技术手段。根据盾构机的直径和地质条件，精确设定盾尾间隙的大小，确保管片能够顺利进入盾尾并紧密贴合，避免因间隙过大或过小而影响拼装质量。

在管片拼装过程中，拼装面的平整度和清洁度至关重要。施工前需对拼装面进行严格清理和平整处理，确保管片在拼装时能够紧密贴合，减少间隙。此外，优化管片拼装顺序和方法，避免出现拼大、拼小、横

鸭蛋、竖鸭蛋等现象,能够有效提升拼装精度。例如,采用环向拼装时,应从底部开始逐块拼装,确保管片之间的环向和纵向螺栓连接紧密,增强管片的整体稳定性。

管理措施方面,施工过程中的监测与反馈机制不可或缺。建立完善的施工监测体系,对盾构机的掘进参数、管片拼装质量以及隧道变形情况进行实时监测,并将监测数据及时反馈给施工人员,以便快速调整施工方案,确保施工过程的可控性。同时,加强施工人员的技术培训和质量意识教育也是保障管片拼装质量的重要环节。通过定期组织技术培训,使施工人员熟练掌握盾构管片拼装的技术要点和操作规程,提高其对拼装误差控制的重视程度。

此外,施工过程中的材料管理同样重要。严格把控管片的质量,确保每一块管片的尺寸、强度和外观质量均符合设计要求,是减少拼装误差的源头保障。对于进入施工现场的管片,应进行严格的检验和验收,杜绝不合格产品进入施工环节。同时,合理安排管片的存放和运输,避免因管片变形或损坏而影响拼装质量。通过综合运用这些施工技术和管理措施,能够有效控制盾构管片拼装误差,确保盾构隧道施工的顺利进行和工程质量的可靠保障。

3 提升盾构管片拼装精度的关键技术与实践应用

在提升盾构管片拼装精度的关键技术与实践应用方面,国内多个工程中积累了丰富的经验,其中青岛地铁8号支线工程的施工实践尤为典型。该工程对盾构管片的制作和拼装精度提出了严格要求,单块管片制作的允许误差中,宽度为 $\pm 0.5\text{ mm}$,弧长和弦长为 $\pm 1.0\text{ mm}$,环向螺栓孔孔径及孔位误差为 $\pm 1.0\text{ mm}$,厚度误差为 $-1.0\sim+3.0\text{ mm}$ 。在整环拼装时,相邻环的环面间隙和纵缝相邻块间隙均要求控制在 2.0 mm 以

内,纵向螺栓孔的孔径和孔位误差分别为 $\pm 1.0\text{ mm}$,衬砌成环后内径和外径的允许偏差分别为 $\pm 2\text{ mm}$ 和 $-2\sim+6\text{ mm}$ 。此外,隧道施工轴线与设计轴线的允许偏差需控制在 50 mm 以内,衬砌拼装成环后直径变形需控制在隧道外径的3%以内。

这些精度要求的实现,得益于先进的施工技术和严格的管理措施。例如,通过采用自动化拼装设备和高精度测量仪器,能够有效提高管片的拼装精度。同时,施工过程中对盾构机姿态的实时监测和调整,确保了管片在拼装过程中能够精准对接。此外,对管片生产环节的严格把控,包括模具改造、检测工艺改进等措施,使得生产出来的管片精度能够控制在更严格的范围内。在实际操作中,自动化拼装设备利用激光定位和机械臂操作,减少了人为误差;高精度测量仪器则可实时反馈盾构机姿态数据,便于及时调整。

在实际施工中,这些技术的应用不仅提高了管片拼装的精度,还有效减少了施工过程中的误差和变形。例如,在青岛地铁8号支线工程中,通过严格控制管片的制作和拼装精度,确保了隧道结构的稳定性和防水性能,为工程的顺利实施提供了有力保障。这些实践应用的成功案例,为我国盾构隧道施工技术的发展提供了宝贵的经验和参考。

4 结语

盾构管片拼装误差的控制是确保盾构隧道施工质量的关键。通过分析误差成因,结合施工技术与管理措施的优化,可有效减少拼装误差,提升隧道施工精度。青岛地铁8号支线工程的成功实践为盾构隧道施工提供了宝贵经验。未来,应进一步加强技术创新与管理优化,推动盾构隧道施工技术向更高精度、更高质量的方向发展,以满足日益复杂的地下工程建设需求。

参考文献:

- [1] 王建军,李晓明.盾构机控制精度对管片拼装影响的研究[J].土木工程学报,2020,53(6):45-52.
- [2] 刘小军,陈建忠.盾构隧道施工中管片拼装误差控制技术探讨[J].地下工程与隧道,2021,22(3):33-39.
- [3] 张伟,王文杰.基于激光扫描技术的盾构管片拼装精度控制方法[J].隧道与地下工程,2022,49(4):100-107.