

超高层混凝土泵送防堵管技术的解析

赵小勤 孙昊 王国成 杨琪 马斐斐

中建七局(上海)有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i10.9285

[摘要] 随着现代城市化进程的加快,超高层建筑的数量逐渐增多。超高层建筑施工过程中,混凝土泵送技术作为一种高效的垂直运输手段,广泛应用于工程建设中。然而,由于超高层建筑混凝土泵送距离长、压力高等特点,泵送过程中极易发生堵管现象,影响施工进度和质量。本文分析了超高层混凝土泵送技术的特点与难点,探讨了导致堵管的主要原因,并提出了相应的防堵管技术措施,以为超高层建筑施工提供参考。

[关键词] 超高层建筑;混凝土泵送;堵管;防堵技术;施工管理

Analysis of Anti clogging Pipe Technology for Super High rise Concrete Pumping

Zhao Xiaoqin, Sun Hao, Wang Guocheng, Yang Qi, Ma Feifei

China Construction Seventh Engineering Bureau (Shanghai) Co., Ltd

[Abstract] With the acceleration of modern urbanization, the number of super high-rise buildings is gradually increasing. During the construction process of super high-rise buildings, concrete pumping technology is widely used as an efficient vertical transportation method in engineering construction. However, due to the long pumping distance and high pressure of concrete in super high-rise buildings, pipe blockage is prone to occur during the pumping process, which affects the construction progress and quality. This article analyzes the characteristics and difficulties of concrete pumping technology for super high-rise buildings, explores the main causes of pipe blockage, and proposes corresponding measures to prevent pipe blockage, in order to provide reference for the construction of super high-rise buildings.

[Keywords] super high-rise buildings; Concrete pumping; Blockage of pipes; Anti blocking technology; construction management

1 前言

随着城市化进程的加速,超高层建筑已经成为城市建设的重要组成部分。混凝土泵送技术作为实现超高层建筑高效施工的关键技术之一,发挥着不可替代的作用。然而,超高层建筑的高度和结构复杂性使得混凝土泵送面临更高的技术挑战,尤其是堵管问题的频发给施工带来了诸多不便。因此,研究和掌握有效的防堵管技术措施,对于确保超高层建筑施工的顺利进行具有重要意义。

2 超高层混凝土泵送技术特点难点分析

在超高层建筑施工中,混凝土泵送技术的一个主要难点是泵送压力的显著增加。随着建筑高度的增加,混凝土需要

克服更大的重力势能差,这使得泵送设备的压力需求急剧上升。例如,当泵送高度超过300米时,通常需要将泵送设备的压力提高到15 MPa,甚至更高,以确保混凝土能够顺利到达预定高度。在这种高压情况下,混凝土在管道内的流动性会受到限制,如泵送阻力增加和流速减缓,这些问题可能导致混凝土分离和管道阻塞。因此,在进行超高层建筑的泵送工作时,必须严格管理和监控混凝土的粘附能力、流动性以及所使用的泵送剂,以最大限度地减少压力损失,确保混凝土流动的稳定性。

此外,超高层建筑复杂的结构设计对混凝土的性能提出了更高要求。由于建筑规划中常涉及许多细节和复杂的形状,

混凝土材料必须具备卓越的流动性和泵送能力，以适应狭窄的内部空间和多变的管线系统需求。在保持良好流动性和工作性能的同时，混凝土的配合比设计尤为关键，并且需要确保低坍落度损失。此外，混凝土中粗骨料的大小和含量需要精细调控，过大的骨料会增加泵送阻力，而过小的颗粒则可能削弱混凝土的整体强度和耐久性。因此，泵送设备的选择和维护变得至关重要。施工单位在选择设备时，应全面考虑泵送位置、压力要求以及混凝土特性，并持续对设备进行维护和保养，以避免因设备故障导致的管道堵塞和泵送中断。

3 超高层混凝土泵送堵管原因分析

3.1 混凝土性能方面

泵送过程的顺畅性直接取决于混凝土的性能状况。首先，当混凝土的粘度过高时，泵送阻力将显著增加，特别是在超高层建筑的施工中，泵送高度可能超过 200 米，导致压力损失明显增加。如果混凝土的坍落度不超过 180 毫米，且流动性不足，输送管线中很可能会出现堵塞。此外，粗骨料的大小与混凝土的可泵送性密切相关。一般来说，粗骨料的最大颗粒不应超过 25 毫米，否则会增加颗粒间的摩擦力，从而提高泵送阻力。不合理的混凝土配比在泵送过程中可能导致骨料分离，引发管道堵塞。当泵送压力超过 8 MPa 时，这一问题尤为明显。因此，必须精确控制混凝土的配比，确保骨料的合理组合，以确保泵送过程的顺畅进行。

3.2 泵送设备方面

泵送设备的工作性能和状态直接影响混凝土的输送效率。首先，泵送设备所产生的压力应足以满足超高层建筑泵送系统的需求。通常情况下，为了确保混凝土能够顺利泵送至超过 300 米的高度，设备的输出压力需达到 10 MPa 或更高，否则可能会出现供应不足的情况，导致混凝土在管道中滞留。泵管内壁的平滑性对泵送过程中的阻力有显著影响。如果泵管内壁变得粗糙，或由于长时间使用导致内壁磨损严重，这将阻碍混凝土的流动，进而引发局部压力升高和堵管问题。根据经验，当泵管的使用次数超过 1500 次时，应及时检查内壁并更换严重磨损的管道。此外，泵送设备中的易损件，如密封环和活塞，也需定期更换，以确保设备的密封性和稳定运行，避免因设备故障导致的泵送中断或堵塞问题。

3.3 施工操作方面

施工过程中，操作的规范性对混凝土泵送过程中的稳定性至关重要。施工人员应根据现场实际情况合理调节泵送速度。如果泵送速度过快，混凝土在管道内可能会形成湍流，增加局部压力，从而引发堵塞问题。通常建议将泵送速度控制在 0.6 至 1.2 立方米每分钟的范围。此外，泵送过程中的停顿时间是一个关键参数。过长的停顿可能会导致混凝土

在管道中滞留，从而出现初凝，增加管道阻力，最终可能导致堵塞。一般来说，停顿时间不应超过 15 分钟。如果需要长时间停顿，应采取清洗或反泵措施，防止混凝土在管道内固化。总之，必须对管道进行彻底清洗。一旦泵送任务完成，应立即使用清洁球和水进行清洗，确保管道内部没有残留物，以避免在下一次泵送时发生堵塞问题。工程团队必须严格遵循操作规程，确保每个步骤都符合标准，从而降低因操作失误导致堵管的风险。

4 超高层混凝土泵送防堵管技术措施

4.1 优化混凝土配合比

调整混凝土的配合比是确保泵送流畅和避免堵塞的关键环节。考虑到泵送高度和工程标准，首要任务是合理地调整水泥、砂、石料的配比，以增强混凝土的流动性和粘性。在常规情况下，为确保混凝土在长距离及高压环境中的良好泵送性能，坍落度应保持在约 200mm。此外，细骨料的量和粒度分布需精细调整。如果细骨料含量过高，混凝土的粘性会增加；而过低则可能影响混凝土的稳定性。通常，细骨料的建议含量约为 40%，并应根据实际情况逐步修正，以确保在泵送过程中既能保持流动的稳定性，又避免离析的发生。尤其在超高层建筑中，混凝土的最佳配比需充分考虑极端高度下的压力损失，以确保在高压环境中仍能维持高效性能。

此外，采用添加剂是优化混凝土配比的关键策略之一。泵送剂的使用可以有效减少混凝土在泵送过程中遇到的阻力，从而降低泵送阻塞的风险。表格 1 详细比较了混凝土配比优化前后的差异及其对混凝土整体性能的影响。数据显示，经过优化后，混凝土的水灰比从 0.55 降至 0.50，砂石比例从 42%降至 40%。这导致混凝土粘度从 2.0 Pa·s 降低到 1.7 Pa·s，坍落度从 160mm 增加到 180mm。随着这些调整，泵送阻力从 150kN 降至 135kN，泵送最大高度从 250 米提高到 300 米。显而易见，通过精细调整混凝土的配合比，可以显著提高其流动性和输送速度，大大降低泵送时堵塞的可能性，确保超高层建筑施工的顺利进行。

表 1 优化前后混凝土配合比对比及其性能变化

项目	优化前	优化后	变化情况
水灰比	0.55	0.5	下降
砂率（%）	42	40	下降
坍落度（mm）	160	180	上升
粘度（Pa·s）	2	1.7	下降
泵送阻力（kN）	150	135	下降
泵送高度（m）	250	300	上升

4.2 选择合适的泵送设备

为了确保混凝土泵送顺利进行，选择合适的泵送设备是

至关重要的关键环节。首先,在施工现场,应根据具体需求选择具备高压传输能力的泵送设备,以满足超高层建筑的特殊要求。例如,对于300米及以上的超高层建筑,所选泵送设备的标准压力应达到15MPa或更高,才能确保混凝土安全地输送至较高位置,同时避免堵管情况的发生。此外,为确保泵送过程的稳定性,设备的排量也需要根据混凝土的输送量进行合理选择。选择合适的泵管同样重要,建议选择内壁光滑且抗压性强的钢管。通常,这类管道的内径应控制在125mm左右,以减少混凝土流动阻力,并在高压环境下保持优良的泵送性能。

泵送设备的运行状态不仅受设备类型的选择影响,还直接关系到泵送效果和管道堵塞的风险。为了最大程度地减少管道堵塞的可能性,应在施工前对泵送设备进行全面检查,特别是关注泵管内部的平滑度和磨损情况。随着使用时间的增加,泵管内壁的平滑度会降低,导致混凝土泵送时摩擦力增加,从而提高管道堵塞的风险。一般建议,当泵管使用次数超过1000次时,应定期进行质量评估,并在必要时更换。对于需要长时间使用的泵管,建议在其内壁添加耐磨材料,以延长使用寿命并保持低摩擦特性。在施工过程中,必须持续监测设备的运行状态,确保泵送设备始终处于最佳工作模式,以最大程度减少因设备故障导致的泵送中断和堵塞风险。

4.3 加强泵送设备维护保养

为了确保泵送设备能够持续高效运作并降低堵塞的发生,强化日常维护是至关重要的步骤。首先,必须制定全面的设备维护策略,并对泵送设备的关键部位进行定期检查和保养。例如,液压系统在泵送设备中起着维持高压输出的核心作用。为了确保系统压力保持在设备的预定范围内(如10MPa或更高),每月需进行一次全面的压力检测,以防止液压系统压力不足导致泵送效率下降。此外,作为混凝土输送的核心通道,泵送设备的管道部分若出现磨损,会直接影响泵送阻力。通常建议,在输送500立方米混凝土后,深入检查管道内壁,确保其光滑且完好无损,并及时更换磨损严重的部位。

在设备维护中,密封圈和活塞等易损部件也不应被忽视。泵送系统的密封部分若出现老化或磨损,会导致密封效果下降,从而影响混凝土的输送效率。根据实践经验,每输送10000立方米混凝土后,应检查泵送设备的密封圈,并在发现磨损或老化时立即更换。此外,经过长期高强度操作后,活塞部分也容易磨损,进而影响泵送的稳定性。建议在输送20000立方米混凝土后更换一次活塞,以确保泵送系统的整体效率。对泵送设备进行定期维护和日常保养,不仅能显著

延长设备的使用寿命,还能减少因堵管造成的故障,确保混凝土泵送任务的顺利完成。

4.4 规范施工操作

遵循规范的施工流程是防止混凝土泵送发生堵塞的关键因素。首先,合理控制泵送速度至关重要。在施工阶段,如果泵送速度过快,容易导致混凝土在管内形成紊流,从而增加局部压力,可能引发管道堵塞。通常建议将泵送速度控制在0.8至1.0立方米每分钟的范围,以更好地维持混凝土流动的稳定性。此外,在泵送过程中,应特别注意避免突然加速或减速操作,因为这可能导致管道内压力剧烈波动,进一步增加堵塞风险。因此,操作团队需要经过深入培训,确保泵送速度保持稳定,尽量减少因过快操作引发的堵塞风险。

在泵送过程中,必须严格管理停顿时间。长时间停顿可能导致混凝土在管内静置时间过长,特别是在高温环境下,混凝土可能出现初次凝结,增加管道堵塞的风险。建议在泵送操作期间,停顿时间不应超过10分钟。如果因特殊情况需要长时间停止泵送,应立即清洁管道或进行反泵操作,以防止混凝土在管道内滞留。此外,每次泵送操作完成后,必须及时清洁管道,确保管道内没有残留的混凝土。通常使用高压水结合清洗球对管道进行深层次清洗,以防止下一次泵送时残留物导致堵塞。严格遵循施工规程可以显著减少混凝土泵送过程中发生堵管的风险,确保整个工程流程顺利进行。

5 结束语

超高层混凝土泵送技术是现代建筑施工中的重要组成部分,然而堵管问题对施工进度和质量的影响不可忽视。通过对混凝土性能、泵送设备和施工操作等方面的综合分析,并采取相应的防堵技术措施,可以有效减少堵管的发生,确保超高层建筑施工的顺利进行。未来,随着施工技术的不断进步,相信超高层混凝土泵送技术将会得到进一步优化和发展。

[参考文献]

- [1]黄敬.高层建筑泵送混凝土施工中常见堵管问题探讨[J].中文科技期刊数据库全文版工程技术,2023,000(005):0132-
- [2]蒋中良.超高层混凝土泵送防堵管技术的解析[J].城市建设理论研究电子版,2024,000(013):107-
- [3]郝吉.超高层泵送混凝土流动性能与硬化性能研究[D].北京工业大学,2021,
- [4]涂传锋.超高层混凝土泵送防堵管施工技术[J].中国科技期刊数据库 工业A,2021,000(007):0327-

作者简介:赵小勤,男,1981.10.12,汉,湖南龙山,本科,高级工程师,建筑工程。