

地下车站深基坑降水对周边建筑物沉降影响探讨

卜 鹏

中铁一院集团南方工程咨询监理有限公司 广东 珠海 519000

【摘要】：深基坑降水过程对周围建筑物的沉降产生了不可忽视的影响。随着地下车站的施工和基坑开挖，降水引起的地下水位变化、土体的水力学性质变化等因素会引发周边建筑物的沉降。为减少或控制沉降对建筑物的影响，本文通过分析降水引发的水文变化与周围土壤的力学行为，探讨了不同土壤类型和不同基坑开挖深度对建筑物沉降的影响。研究通过数值模拟与现场监测数据，结合多种降水防控技术，提出了一系列有效的措施，如排水系统的优化设计、基坑支护结构的加固等。该研究为地下工程施工中降低建筑物沉降提供了科学依据和实践指导。

【关键词】：地下车站；深基坑；降水；建筑物沉降；水文变化

DOI:10.12417/2705-0998.25.24.021

引言

地下车站的建设涉及深基坑开挖，而降水作为基坑施工中的常见现象，会影响周围土壤结构和地下水位，进而对周围建筑物产生沉降影响。地下水流动的变化、土壤的压缩性以及基坑周边的支撑结构，都可能加剧建筑物沉降的程度，甚至导致结构性破坏。因此，在进行地下车站深基坑施工时，必须充分考虑降水对建筑物沉降的影响，采取有效的技术手段进行防控。本文通过对基坑降水影响的理论分析和数值模拟研究，探索了不同降水条件下周围建筑物沉降的机理，提出了一些实用的技术措施，以期在工程中更好地控制和减少建筑物沉降风险。

1 降水引起的地下水变化与建筑物沉降关系分析

降水对地下车站深基坑施工及周围建筑物沉降的影响，主要表现在地下水位变化及其对土壤物理力学性质的改变。基坑开挖过程中，地下水的渗流和排水会导致周围土层的应力重新分布，从而引发土壤的沉降。在降水过程中，土壤中的含水量增加，导致其密度下降，进而影响土体的剪切强度与抗压性。尤其在软土或黏土地区，水分的变化可能引起土壤的液化现象，导致周围建筑物沉降速度加快。地下水位的波动是降水引发沉降的关键因素之一。当地下水位因降水上升时，基坑周围土层的水位差异增加，水流对土体的扰动加剧，容易引发土体的滑动或位移。土层的变形特征也会受到降水的影响，特别是在沙土、粘土等易受水力作用影响的土质中，地下水位的升高会导致土体的塑性变形和土壤的水压力增加。随着降水的不断变化，土壤中的孔隙水压力会发生波动，从而对建筑物的基础产生影响，进而加大沉降的风险。

在实际施工中，基坑降水往往伴随地质条件的变化，不同土层的渗透性差异可能导致地下水流动方向的变化，进而加剧局部沉降现象。例如，在多层土层中，底层土质较为紧密，水流难以通过，但上层土层却可能由于水流的渗透性较高，造成较大的沉降影响^[1]。地下水流动的速率与基坑周边土层的水力

学特性密切相关，不同的渗透系数和土体弹性模量会导致沉降的分布特征有所差异。因此，对降水引起的地下水位变化进行实时监测和预警，对于评估基坑施工过程中的沉降风险具有重要意义。结合现场水文地质资料，可以进一步优化基坑周围的排水系统设计，降低地下水位波动对周边建筑物的影响。这不仅有助于控制沉降幅度，还能减少由于土壤水分变化带来的施工难度和安全隐患。

2 深基坑施工过程中土壤力学性质变化对建筑物的影响

深基坑施工过程中，土壤力学性质的变化是影响周边建筑物沉降的重要因素之一。在基坑开挖及降水作用下，周围土壤的力学特性会发生显著改变，尤其是土壤的密度、抗剪强度、孔隙比和压缩性等指标。土壤的这些变化不仅影响基坑的稳定性，也对邻近建筑物的基础沉降产生直接影响。随着基坑深度的增加，地下水的渗流和排水会导致土体的有效应力发生变化，进而影响土壤的抗压性能，尤其在饱和或接近饱和状态的土层中，土壤的强度显著降低，容易发生不均匀沉降。

土壤的剪切强度是受土壤孔隙水压力和固体颗粒之间相互作用的影响。在基坑开挖过程中，土层的应力场发生变化，导致土体的孔隙压力波动^[2]。特别是在软土、粘土或砂土等不同土质的交界处，土体的剪切强度降低，可能导致局部沉降或沉陷加剧。随着水分的加入，土体的孔隙率增加，土体的刚度降低，进而影响土体的变形特征。在基坑施工过程中，随着基坑的开挖深度加大，土壤在不同层次之间的力学特性差异可能导致基坑周围区域出现不均匀沉降，进而对周围建筑物产生影响。

深基坑施工引起的土壤力学性质变化，也会加剧基坑周边建筑物基础的附加沉降。随着基坑开挖，土体的排水性提高，土体的固结程度发生变化，特别是在砂土或细颗粒土中，沉降幅度可能加大。周围建筑物的沉降往往呈现出不均匀分布的特点，局部区域的沉降量较大，可能导致建筑物结构产生裂缝或

倾斜。由于土壤力学性质的变化，建筑物沉降的预测变得更加复杂，因此需要采用精确的土壤力学模型和数值分析方法，以准确评估基坑施工对周围建筑物沉降的影响。这种影响不仅受到土层类型的影响，还与施工方法、降水措施以及基坑支护系统等因素密切相关。

3 基坑降水引起的建筑物沉降预测模型与评估方法

基坑降水引起的建筑物沉降预测模型和评估方法，是土木工程中分析地下工程施工对周围建筑物影响的核心工具。降水过程导致地下水位波动，进而改变土体的有效应力场，影响土壤的变形特性。因此，准确预测沉降的变化，帮助采取有效的防控措施，对于工程安全至关重要。当前的预测模型主要依靠数值模拟、物理模型实验以及现场监测数据，通过模拟地下水流动、土体变形及其相互作用，精确计算基坑施工过程中建筑物的沉降量。常用的数值模拟方法包括有限元法（FEM）和有限差分法（FDM）。有限元法在模拟基坑开挖与降水引起的土体变形过程中，通过细分土体的单元，能够捕捉到不同土层间力学特性的变化。此方法对于复杂地质条件下的沉降预测具有较高的准确性，特别是对不均匀沉降和复杂水流动态的处理能力强。有限差分法则通过离散化土体的物理模型，分析水流与土体变形的相互作用，并以时间为步长进行推演，适用于较大规模区域的沉降预测，能够有效反映降水对土体的长时间影响。

物理模型实验作为补充，也在沉降预测中发挥着重要作用。在实际施工前，利用小尺度模型模拟土体的力学行为和水流渗透特性，能够通过实验验证不同降水条件下土体的沉降反应^[3]。这种方法适用于对特定区域、特定土质的深入分析，但由于其空间和时间的限制，通常用于验证和校正数值模型的结果。结合现场监测数据进行沉降预测，也是目前较为常见的评估方法之一。通过对基坑周围土壤水位、土体变形以及建筑物沉降情况进行实时监测，可以获得具体工况下的变化规律。这些数据为沉降预测模型提供了准确的参数支持，有助于调整模型中的变量，使得预测结果更加精确。现场监测不仅能帮助及时发现施工过程中可能发生的沉降问题，还可以作为模型验证的重要依据。

基于以上方法，沉降预测的评估工作也涉及不确定性分析。土壤力学参数的变化、降水量的波动、施工过程中的控制误差等因素都会对沉降产生影响。对这些不确定因素进行敏感性分析，能有效提高预测结果的可靠性。同时，结合历史沉降数据与经验公式，在一定程度上能弥补预测模型的不足，提升其在实际工程中的应用效果。通过综合运用数值模拟、物理实验和现场监测数据，可以实现对基坑降水引起的建筑物沉降进行更为精确的预测和评估，为工程的安全和施工控制提供科学依据。

4 优化排水与支护结构设计的防控技术

在深基坑施工中，排水系统和支护结构的优化设计是防控建筑物沉降风险的关键技术。基坑降水对周围建筑物的沉降影响常通过地下水流动的变化引发，而排水系统的设计则直接影响地下水位的控制和土体的稳定性。合理的排水设计不仅有助于防止水位波动过大，还能有效降低基坑周围土体的扰动，减少沉降引起的潜在危害。在实际工程中，优化排水设计应根据不同土壤类型、基坑深度及施工环境等因素，采用灵活的排水方案。

为了提高排水系统的效果，常用的技术措施包括设置多级降水系统、合理布置集水井和排水管道，以及在基坑周围设置渗水层。多级泄水系统能够有效控制地下水位的波动，防止过度降水导致土体不均匀沉降。集水井和排水管道的布置需充分考虑基坑的开挖范围和地下水流动方向，确保水流能够顺畅排出，从而减少水压对基坑周围土体的影响。在设计时，渗水层的配置也是至关重要的，它能够提高基坑周围土层的水流均匀性，避免某一部分土层出现过大的水压差异。与排水系统相辅相成的是基坑支护结构的设计。支护结构不仅起到支撑土体、保障基坑稳定的作用，也在防控沉降方面发挥重要作用。支护结构的设计需要考虑基坑开挖深度、土壤的物理力学性质以及地下水位变化等因素，确保结构能够适应施工过程中土体变形的需求。常见的支护结构形式包括钢支撑、混凝土支撑和地下连续墙。根据不同的地质条件，合理选择支护结构形式，不仅可以提高基坑的抗变形能力，还能有效减少基坑施工过程中的地面沉降。

在支护结构的设计中，支撑的布置和类型也需要根据施工的阶段性变化进行调整。开挖初期，支护结构需具有足够的强度和稳定性，以抵抗基坑开挖带来的土体变形；而在施工后期，则需要根据土体固结程度、地下水流动情况等因素调整支撑的预应力，以应对基坑土体可能出现的沉降变化^[4]。在某些特殊情况下，还可以通过设置反力桩或增强桩基来进一步加固支护结构，减小基坑沉降对周围建筑物的影响。结合现代工程技术，优化排水与支护结构的设计应考虑到全生命周期的监测与调整。在施工前，通过地质勘察与数值模拟，确定最适合的排水和支护结构方案。在施工过程中，实时监测基坑周围的土体变形、地下水位变化及支护结构的受力情况，可以有效及时地调整设计方案。通过这些优化措施，能够更好地控制基坑降水引起的建筑物沉降风险，确保地下工程的顺利进行，并最大限度地减少对周围建筑物的影响。

5 施工现场监测与沉降控制技术中的应用与效果

施工现场监测在深基坑降水施工中扮演着至关重要的角色，尤其在控制建筑物沉降方面，监测技术的应用可以为工程的安全性和稳定性提供有力保障。通过实时数据的采集与分

析,施工单位能够及时识别潜在的沉降风险,采取相应的防控措施,避免不均匀沉降对周围建筑物造成严重影响。现代监测技术不仅仅局限于传统的土壤沉降观测,还包括地下水位、基坑周围土体应力、支护结构变形等多方面的监控内容。

为了确保监测的全面性和准确性,现场监测系统通常结合多个仪器设备进行数据采集。这些设备包括沉降计、水平位移计、孔隙水压力计和裂缝检测仪等,通过这些仪器能够实时监测土壤沉降、支护结构的变形以及地下水压力的变化。尤其在基坑周围的沉降机安装过程中,需根据基坑的开挖深度和周围建筑物的具体情况,科学布设监测点,确保对可能发生沉降的区域进行全覆盖监测^[5]。基坑施工过程中,通过对地下水位变化的实时监测,可以有效掌握地下水流动情况。水位的升降会直接影响土壤的力学性质和沉降特征,准确的水位数据为沉降预测提供了重要依据。当监测到地下水位发生异常波动时,工程技术人员可以立即采取加固支护结构或调整排水系统等措施,防止沉降问题的进一步恶化。

在支护结构方面,监测技术的应用主要通过对支护桩、钢支撑等结构的受力变化进行实时跟踪,及时发现可能的变形或

破坏风险。通过对支护结构的位移监测,施工方能够及时调整施工策略,优化支撑系统的预应力,以应对可能发生的土体变形,进而减轻沉降带来的负面影响。对于某些关键的结构,还可结合应变计与位移计,进行同步监测与分析,精确掌握支护结构的受力状况。结合现代技术的施工现场监测系统,数据采集和传输可以实现自动化和远程化,不仅减少了人工操作的误差,还提高了数据处理的效率。通过实时传输的数据,工程管理人员能够根据监测结果,快速响应并调整施工过程中的不当操作,确保施工现场的稳定性。这些监测技术的应用,不仅帮助预测并控制沉降,也为施工安全提供了全面的技术支持,最终保证了施工过程中建筑物沉降的有效控制。

6 结语

在深基坑施工过程中,降水引起的地下水变化对周围建筑物沉降的影响不可忽视。通过优化排水与支护结构设计,并结合有效的施工现场监测与沉降控制技术,可以大大减少基坑降水对周围建筑物的影响。合理的预测模型和科学的防控措施为地下工程施工提供了重要保障,确保了施工安全与周边建筑物的稳定。

参考文献:

- [1] 张明,刘家国,葛帆.深基坑降水引发区域地下水流场与地面沉降演化的数值模拟[J/OL].工程勘察,1-13[2025-12-16].
- [2] 马国华,张德清,靳晓艺,等.深基坑工程降水智能控制系统[J].科技与创新,2025,(21):134-136+140.
- [3] 孔德坤,孙玉丹,王贇.富水地层深基坑降水方案设计与施工安全风险控制研究[J].中国水能及电气化,2025,(11):41-47.
- [4] 刘曦.超深基坑工程支护与降水一体化施工技术研究[J].城市建设,2025,(25):50-52.
- [5] 周海涛.复杂环境下地下车站深基坑降水技术研究[J].安徽建筑,2022,29(03):134-135.