

# 湿陷性黄土地区高层建筑地基处理方法研究

刘进文

呼和浩特市建设工程施工图审查中心有限公司 呼和浩特 010010

**【摘要】**高层建筑涉及民生、城市形象等方面，处理好地基问题有利于提高人民群众的生活质量，提升城市品质，推动经济社会发展。本文针对湿陷性黄土地区的特点，探讨了湿陷性黄土地区高层建筑地基处理方法。主要研究内容如下：第一，分析湿陷性黄土地基的分布、形成过程、原理以及影响因素，并对湿陷性黄土地基的孔隙结构、特性及应力特性进行一定探索。第二，介绍湿陷性黄土地区高层建筑地基处理风险，包括施工管理风险、建筑沉降风险等。第三，研究湿陷性黄土地区高层建筑地基处理方法，包括重锤夯实法、DDC桩法、高级化学法和换填垫层法等，并分析了各自的优缺点及适用范围。第四，结合工程实际，总结了湿陷性黄土地区高层建筑地基处理方法的选择及施工技术要点，为实际工程应用提供了参考。本文旨在为湿陷性黄土地区高层建筑地基处理提供一定的理论依据和技术指导，以保证地基处理效果满足建筑物的安全性和稳定性要求。

**【关键词】**湿陷性黄土地区；高层建筑；地基处理方法

湿陷性黄土是一种特殊的土壤类型，广泛分布在中国西北及华北地区。由于特殊的物理性质和力学性质，湿陷性黄土地区高层建筑地基处理成为工程界广泛关注的难题。在湿陷性黄土地区进行高层建筑地基处理时，如何选择合适的地基处理方法以提高地基承载力、减小沉降和湿陷性对建筑物的影响<sup>[1]</sup>，是确保工程质量和安全性的关键。本文研究湿陷性黄土地区高层建筑地基处理特征和影响因素，并对当下该种地基处理方法存在的风险进行探讨，进一步分析重锤夯实法、DDC桩法、高级化学法、换填垫层法等地基处理方法的优缺点及适用范围，为实际工程应用提供理论借鉴和技术指导。

## 1 湿陷性黄土地区高层建筑地基处理概况

考虑到湿陷性黄土地区高层建筑地基处理的复杂性，本文首先从湿陷性黄土地区高层建筑地基处理原理、处理特征以及影响因素方面入手，为全文奠定理论前提。

### 1.1 湿陷性黄土地区高层建筑地基处理原理

湿陷性黄土地区高层建筑地基处理主要是从以下几种原理着手。第一，对地基承载能力进行实践性优化，即从基础底面开始修补地基中的破坏、剪切状况，通过基底压力纵深改善地基结构，并且利用体积较大的砂石替换软弱土层、加固持力层。第二，遏制地基沉降。湿陷性黄土地区高层建筑地基处理主要考虑基础下地基的应力。一般而言，湿陷性黄土地区高层建筑地基浅层部分沉降量比例较大，需利用紧密度高的砂石充分填充浅层软弱土。同时，湿陷性黄土地区高层建筑地基处理会将密实垫层的应力扩散功能发挥出来，释放下卧土层压力，相应规避下卧土层沉降。第三，排水固化软弱土层。湿陷性黄土地区高层建筑地基处理过程中需构造良好、可透水、固化性强的排水面，迅速消散基础孔隙水压力，固结下垫层软土，以

重锤压力夯实地表土强度。第四，保障地基土温度。湿陷性黄土地区高层建筑地基处理通常会对粗颗粒垫层材料的大孔隙进行修饰，避免毛细管现象发生，防止结冰冻胀。第五，湿陷性黄土地区高层建筑地基处理会在软土地基上修筑可排水堤坝，或大面积铺设水平排水层，并以透水中粗砂、碎石作为主要材料，必要时以土工合成材料对垫层底、垫层上表面进行反滤性能配置，促进砂石垫层畅通可流动。具体而言，其一，施工人员通过下卧软土层、水平排水层的实用排水通道加速地基，提高湿陷性黄土地区高层建筑地基的抗剪强度，并结合深层砂井进一步加固软土；其二，施工人员以压力、动力固化软弱下卧层，降低地基变形的可能性。第六，加筋土垫层。加筋土垫层是湿陷性黄土地区高层建筑地基处理过程中，施工人员增加素土、砂石作为加筋材形成土工格室复合垫层。具体来说，一方面，施工人员以扩散的方式均匀变化压缩应力；另一方面，施工人员从整体性、刚度增强砂石垫层强度。

### 1.2 湿陷性黄土地区高层建筑地基处理特征

湿陷性黄土地区高层建筑地基处理特征是提高工程质量和经济效益的关键，主要体现在以下几个方面。第一，地基处理方法多样化。根据湿陷性黄土结构疏松、土质均匀以及孔隙偏多的特点，高层建筑地基处理方法多样<sup>[2]</sup>，如预压法、加固土桩法、石灰土桩法、深层搅拌法、沉降补偿土垫层法等。施工人员应充分考虑不同地基处理方法适用范围和优缺点，选择适配工程实际情况的方法。第二，处理深度较大。由于湿陷性黄土地区地基土层较厚，施工人员一般需要处理到较深的土层，以减小地基的湿陷性<sup>[3]</sup>。处理深度的确定需综合考虑工程地质条件、建筑物荷载、地基土的湿陷特性等因素。第三，地基处理效果要求高。鉴于高层建筑对地基承载力、稳定性和变形控制要求较高，施工人员进行

地基处理时需一定的技术指导,如压实度、均匀性、抗压强度、抗剪强度等指标,以确保建筑物安全稳定。第四,环境保护与可持续发展。在湿陷性黄土地区进行高层建筑地基处理时,施工人员需重视环境保护,减少对周边环境的影响,如合理选用环保型材料,优化施工工艺,降低噪音、粉尘等污染。同时,施工人员应考虑可持续发展,充分利用当地资源,降低地基处理对周边地质环境的影响。综上所述,在湿陷性黄土地区进行高层建筑地基处理时,施工人员需综合考虑地基处理方法、处理深度、处理效果以及环境保护与可持续发展等特征,确保地基稳定、承载力强、变形控制良好,有效提升工程质量和经济效益。

### 1.3 湿陷性黄土地区高层建筑地基处理影响因素

湿陷性黄土地区高层建筑地基处理的影响因素能够对工程质量提升发挥关键驱动作用,主要包括以下几点内容。第一,地质条件。地质条件是影响地基处理的重要因素,包括地层分布、地基土的性质、土层厚度、地下水位等<sup>[4]</sup>。第二,建筑物荷载。建筑物荷载对地基处理有直接影响。高层建筑荷载较大,对地基承载力和稳定性要求较高,因此需要采用相应的地基处理方法来满足结构安全。第三,施工技术要求。湿陷性黄土地区高层建筑地基处理施工技术要求较高,如施工设备、工艺、质量检测等方面<sup>[5]</sup>。施工人员需要具备丰富的施工经验和技术水平,以确保处理效果和工程质量。第四,设计优化与创新。针对湿陷性黄土地区的特殊性,施工人员需对地基处理设计进行优化和创新,如根据地基土特性、建筑物荷载、施工条件等因素,优化地基处理方案,提高地基承载力和稳定性,并关注新型地基处理技术的研发和应用,提高处理效果。综上所述,在湿陷性黄土地区进行高层建筑地基处理时,施工人员需综合考虑地质条件、建筑物荷载、施工技术要求、设计优化与创新等因素的异质性影响,切实提升工程效益。

## 2 湿陷性黄土地区高层建筑地基处理风险

湿陷性黄土地区高层建筑地基处理具有施工管理风险、建筑沉降风险,可能引发建筑项目无法顺利进行,具体如下。

### 2.1 施工管理风险

湿陷性黄土地区高层建筑地基处理具有施工管理风险,主要包括以下几方面内容。其一,技术风险。湿陷性黄土地区地基处理技术复杂,涉及多种处理方法,可能导致地基处理效果不佳,影响建筑物安全。其二,质量风险。地基处理质量直接关系到建筑物的安全稳定。若施工人员在施工过程中质量控制不严,可能导致地基处理质量不合格,使建筑物出现沉降、倾斜等现象。其三,安全风险。湿陷性黄土地区高层建筑地基施工现场可能存在坍塌、沉降、滑动等地质灾害风险,对施工人员的安全造成威胁。其四,环境风险。湿陷性黄土地区地基处理可能会对周边环境产生负面影响,如噪音、粉尘等污染。

### 2.2 建筑沉降风险

湿陷性黄土地区高层建筑地基处理具有建筑沉降风险,主要体现为以下几点。第一,地基不均匀沉降。湿陷性黄土地区高层建筑地基处理不均匀,可能导致建筑物不均匀沉降,使建筑物出现倾斜、开裂等现象。第二,地基湿陷性反弹。湿陷性黄土地区高层建筑地基处理方法不当,可能会引起地基土层在荷载作用下出现湿陷性反弹,从而导致建筑物沉降。第三,地基压缩变形。湿陷性黄土地区地基处理后,地基土层在建筑物荷载作用下可能发生压缩变形,导致建筑物沉降。第四,地基稳定性问题。湿陷性黄土地区地基处理后,若地基稳定性不足,可能导致建筑物在荷载作用下发生失稳现象,如滑动、倾覆等。

## 3 湿陷性黄土地区高层建筑地基处理方法

针对湿陷性黄土地区高层建筑地基处理的施工管理风险、建筑沉降风险,本文提出重锤夯实法、DDC桩法、高级化学法、换填垫层法等地基处理方法,希冀规避工程风险,促进相关建筑项目顺利完工。

### 3.1 重锤夯实法

重锤夯实法是一种处理湿陷性黄土地区高层建筑地基的方法,通过使用起重设备将重锤(80~400kg)起吊到10~40m高处,然后使重锤自由落下,对黄土地基进行强力夯击,以减少其湿陷性,减少压缩变形,并增加地基硬度。重锤夯实方法适合于对地下水位以上饱和度 $S_r < 60\%$ 的高湿陷量的黄土地面进行部分或全片处理,可处理的深度在3~12m,具有施工简单、成本低等优势。施工人员在使用重锤夯实法时应注意土的天然含水率对处理效果的影响。天然含水率小于百分之十的土壤粒间摩擦力较大、表面较坚硬,使得细土粒很难被全面填满。这引致夯击表层土壤松散、夯点能量损耗于表面土壤,难以有效夯实深层土壤,无法提升消除表面湿陷黄土岩石的作用效果,导致夯填质量无法达到理想设计效果。此外,施工人员在应用湿陷性黄土地区高层建筑基础处理技术时,应当综合考虑地貌环境、建筑物荷载、基础处理深度、施工要求等原因,选用最适宜的基础处理技术,将重锤式地基技术应用于合适的施工条件下,以确保地基处理效果满足建筑物的安全性和稳定性要求。

### 3.2 DDC桩法

DDC桩法是一种动态有机夯实桩法,通过锤击或振动将预制的有机材料桩打入地基中,使地基土层得到夯实和改良,具有承载力强、沉降小等优点。一方面,在湿陷性黄土地区,DDC桩法可有效地提高高层建筑地基抗湿陷性能力。一般而言,湿陷性黄土地区的地基土具有较强湿陷性,对建筑物荷载的承载力偏低,易导致建筑物沉降、倾斜等问题。DDC桩法通过有机材料桩的锤击或振动沉入,使桩间土体受到夯实,提高了地基土的承载力和抗湿陷性能力。另一方面,施工人员利用DDC桩法进行湿陷性黄土地区高层建筑地基处理,能够利用振冲加固地基,依托施工机



具简单、操作方便、施工速度较快等优势，提升地基承载力，保证建筑物的安全稳定。

相比于强夯法，DDC法的夯击作业在湿陷性黄土地区高层建筑地基处理过程中以特制重锤开展。由于桩锤直径较小，DDC法可产生高压强动能达数千 $\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}^2$ ，在相同夯锤重和落距条件下，其单位面积夯击能量远超强夯法。DDC法施工时在孔内由深及浅进行分层填料，因而可发挥高压强、高动能、强挤密功能。DDC法基于自下而上地基均匀加固的形式，可直接固化深层的软弱下卧层，其有效深度为30m，超过强夯法可达的最大深度（10m）。此外，DDC法的桩锤有橄榄形和尖锥杆状两种，夯击效果远优于平面锤。DDC法作业过程中采取夯、砸、压密行为处理下层填料，利用动力夯、砸、劈裂和强制侧向挤压活动改良上层新填料，并通过动力夯击产生锤侧面上的动态被动土压力，以强制挤出填料周边，进而实现强力挤密性桩间土加固。也就是说，DDC法处理湿陷性黄土地区高层建筑地基可实现自上而下加固，达均匀密实状态。强夯法处理的湿陷性黄土地区高层建筑地基上强下弱，容易导致地基加固目的无法在软弱下卧层条件下加固。总之，DDC法湿陷性黄土地区高层建筑地基处理具有密实性、均匀性优势，可通过较高的夯击能量，实现更大深度加固；桩锤重量小于强夯锤的事实，有利于降低机具要求、公害，进而有效提升湿陷性黄土地区高层建筑地基处理质量。

### 3.3 高级化学法

在湿陷性黄土地区高层建筑地基处理中，引进高级化学法可以有效地提高地基的承载力和抗湿陷性，保证建筑物的安全稳定。高级化学法适用于各种类型的湿陷性黄土地区，具有较好的处理效果。该方法通过使用石灰、水泥等材料与黄土进行反应，生成具有较高强度和抗侵蚀性的结石体，从而改善地基土的工程性质。在实际湿陷性黄土地区高层建筑地基处理中，施工人员能够将高级化学法与其他地基处理方法相结合，如重锤夯实法、DOC桩法等，以提高地基处理效果。具体而言，施工人员利用高级化学法可改善地基土性质，即通过化学反应生成结石体，提高地基土的强度和承载力，降低湿陷性对建筑物的影响。当化学浆液流入时，会部分溶解黄土粘胶粒、碳酸钙，引起湿陷性黄土附加形变。与浸水相比，化学灌浆在开始会具有部分附加形变，但在短时间内会因凝结而迅速停止。另外，黄土孔隙通常具有一定抗水性，是以凝胶体填充的形式出现的。由于凝胶体对孔隙进行了修补，可强化黄土结构强度；黄土湿陷性是水导致的，而凝胶体可发挥抗水功能。故而，利用化学反应可填充凝胶体，修补黄土湿陷性，有效提升湿陷性黄土地区高层建筑地基处理质量。

### 3.4 换填垫层法

换填垫层法是一种处理湿陷性黄土地区高层建筑地基的方法，通过挖去湿陷性黄土，然后填充强度较高的材

料（如三七灰土等）形成垫层，以提高地基承载力和抗湿陷性。换填垫层法适用于较浅层的地基，同样具有施工简便、成本低等优点。一方面，换填法施工工艺简单，易于掌握，且工程周期较短，有利于缩短整个湿陷性黄土地区高层建筑地基项目建设周期，降低工程成本。另一方面，施工人员通过换填，可以将地基换成强度较高、承载力较强的材料，如碎石、砂石等，从而提高湿陷性黄土地区高层建筑地基的承载力，满足建筑物对地基强度和稳定性的要求。此外，换填垫层法适用于多种类型的地基，如软弱地基、不均匀地基、湿陷性黄土地基等，使得工程人员在处理融合地基问题时具有较高的灵活性，可提升湿陷性黄土地区高层建筑地基稳定性。同时，换填垫层法适用于较浅层的地基，对环境影响较小，符合环保要求。

## 4 结语

本文针对湿陷性黄土地区的特点，研究了高层建筑地基处理的多种方法，并分析了各自的优缺点及适用范围。研究表明，湿陷性黄土地区高层建筑地基处理方法主要包括重锤夯实法、DDC桩法、高级化学法和换填垫层法等。这些方法在一定程度上可以提高地基承载力和抗湿陷性能力，保证建筑物的安全稳定。然而，在实际工程中，需根据地基土特性、建筑物荷载、施工条件等因素综合选择合适的处理方法。同时，为了确保地基处理效果满足建筑物的安全性和稳定性要求，还需要对处理后的地基进行严格的检测和评估。总之，本文为湿陷性黄土地区高层建筑地基处理提供了一定的理论依据和技术指导，但实际工程中还需根据具体情况选择合适的处理方法，并进行严格的检测和评估。在今后的研究中，可以进一步探讨各种地基处理方法之间的组合和优化，以提高湿陷性黄土地区高层建筑地基的处理效果和工程性能。

### 参考文献：

- [1] 李敏, 李华伟, 崔莹. 孔内深层超强夯工法在湿陷性黄土地区高层建筑地基处理中的应用[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(28): 55-58.
- [2] 王怀玉. SDDC桩在湿陷性黄土地区建筑地基加固处理中的应用[J]. 四川建材, 2023, 49(02): 75-77.
- [3] 张玉. 湿陷性黄土场地高层建筑地基处理方案研究——以某高层办公楼地基基础处理实践为例[J]. 房地产世界, 2022, (20): 129-131.
- [4] 郑磊. 浅析湿陷性黄土地区建筑地基处理对策[J]. 居舍, 2022(13): 67-69.
- [5] 辛爱华. 湿陷性黄土地区高层建筑地基基础设计分析[J]. 砖瓦, 2022(02): 67-68.

### 作者简介：

刘进文（1983.10.02—），男，汉，乌兰察布市人，大学本科，呼和浩特市建设工程施工图审查中心有限公司高级工程师，研究方向：建筑工程。