黄土地区建筑结构基础设计与稳定性研究

任盛鑫
中土大地国际建筑设计有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]黄土地区因其独特的沉积环境和结构特征，在建筑工程中普遍存在地基承载性能不稳定、湿陷性显著和长期变形难以预测等问题。随着黄土地区城镇建设和基础设施规模的不断扩大，建筑结构基础设计与稳定性问题已成为工程安全控制的关键环节。文中在系统分析黄土工程地质特征的基础上，围绕黄土地区建筑结构基础设计原则、常见基础形式适用性、稳定性影响因素以及控制技术展开深入研究。研究表明，充分认识黄土物理力学特性，科学选择基础形式，并在设计、施工和运行阶段采取针对性的稳定性控制措施，是保障黄土地区建筑结构安全和长期稳定的重要途径。

[关键词]黄土地区；建筑结构；基础设计；稳定性分析；工程地质
DOI：10.33142/aem.v8i2.19031　　中图分类号：TU444　　文献标识码：A

Research on Foundation Design and Stability of Building Structures in Loess Regions

REN Shengxin
Zhongtu Dadi International Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Due to its unique sedimentary environment and structural characteristics, the loess area commonly faces problems such as unstable foundation bearing performance, significant collapsibility, and unpredictable long-term deformation in construction projects. With the continuous expansion of urban construction and infrastructure scale in loess areas, the design and stability of building structure foundations have become a key link in engineering safety control. Based on a systematic analysis of the geological characteristics of loess engineering, this article conducts in-depth research on the design principles of building structure foundations in loess areas, the applicability of common foundation forms, factors affecting stability, and control technologies. Research has shown that fully understanding the physical and mechanical properties of loess, scientifically selecting the foundation form, and adopting targeted stability control measures in the design, construction, and operation stages are important ways to ensure the safety and long-term stability of building structures in loess areas.

Keywords: loess region; building structure; basic design; stability analysis; engineering geology

引言

黄土是我国分布最广、工程影响最为显著的特殊土类之一，其湿陷性和结构性对建筑工程安全构成重要挑战。近年来，黄土地区城市化和工程建设进程不断加快，建筑规模和结构形势日趋复杂，对基础设计与地基稳定性提出了更高要求。在此背景下，系统研究黄土地区建筑结构基础设计与稳定性问题，对于提升工程安全水平和使用寿命具有重要意义。

1 黄土地区工程地质特征及其影响

1.1 黄土的成因与分布特征

黄土是一种典型的风成沉积物，其形成过程受第四纪气候变化、风力强度及沉积环境长期共同作用影响。由于沉积过程中缺乏明显的水动力分选作用，黄土颗粒级配相对单一，粉粒含量占主导地位，导致其天然结构疏松、孔隙率较高。在空间分布上，黄土层厚度和结构完整性具有显著的区域差异性，不同地区黄土的压实程度、风化程度及次生结构发育情况存在明显差别。这种成因和分布特征决定了黄土地区工程地质条件具有较强的不均匀性和复杂性，为建筑结构基础设计带来不确定风险。

1.2 黄土的物理力学性质

黄土在天然状态下往往具有一定结构强度，其抗剪强度和承载能力能够满足部分工程需求，但这种强度主要来源于颗粒间的结构胶结而非有效应力。当外界条件发生变化，尤其是水分入侵时，黄土原有结构迅速破坏，孔隙塌陷并引发明显湿陷变形，力学性能发生突变。此外，黄土还表现出较强的压缩性和长期变形特征，在持续荷载作用

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

下可能产生不可忽略的附加沉降。这些物理力学特性决定了黄土地区地基稳定性问题具有突发性和长期性并存的特点。

1.3 黄土特性对基础设计的影响

黄土工程特性的复杂性直接影响建筑基础的受力模式和变形规律。若基础设计未充分考虑黄土湿陷性和结构性的时变特征，容易在运行阶段出现沉降超限、不均匀沉降或承载性能衰减等问题。因此，黄土特性不仅应作为地基承载力计算的依据，还应贯穿于基础形式选择、埋深确定以及稳定性验算全过程，成为基础设计中的核心控制因素。

2 黄土地区建筑结构基础设计原则

2.1 安全性与适应性原则

黄土地区基础设计应坚持以安全性为首要目标，在规范要求基础上适当提高安全储备。由于黄土工程性质具有明显的不确定性，设计参数应具有一定包容度，以适应可能出现的环境变化和使用条件变化。同时，基础结构应具备良好的适应性，在地基性能发生一定变化时仍能维持整体稳定，降低结构安全风险。

2.2 整体性与协调性原则

在黄土地区复杂的地基条件下，基础、地基与上部结构之间的协同作用对建筑安全具有决定性影响。基础不仅是荷载传递的中介，更是协调结构与地基变形的重要环节。若基础局部刚度过大，容易造成荷载集中，使地基产生不均匀变形，进而诱发结构附加内力和裂缝问题。通过整体协调的设计思路，使基础刚度分布与上部结构受力特征相匹配，有助于实现荷载的均匀传递，减轻黄土地基变形差异带来的不利影响。将基础形式、结构体系和地基条件作为统一整体进行分析，可有效提升结构对不均匀沉降的适应能力。这种强调整体协同的设计理念，有助于增强建筑在长期服役过程中的安全性和耐久性，使结构在复杂地质环境中保持稳定可靠的工作状态。

2.3 经济性与可行性原则

在满足结构安全与地基稳定要求的前提下，基础设计还应兼顾工程经济性与施工可行性，以实现工程效益的整体优化。基础规模的合理控制能够避免材料和施工资源的浪费，使投资更加集中于关键受力部位。通过优化基础形式选择和施工工艺安排，可提高施工效率，减少工期风险。黄土地区地质条件复杂，若设计中过度追求安全裕度，容易导致基础形式偏重、造价过高；而简单化处理又可能埋下稳定性隐患。基于工程地质条件和建筑使用要求开展科学分析，有助于确定合理的安全储备水平。将安全性、经济性与可实施性统一考虑，使基础设计既满足长期稳定需求，又具备良好的成本控制效果，为黄土地区工程建设实现安全可靠与经济合理的协调发展。

3 黄土地区常见基础形式及适用性分析

3.1 浅基础在黄土地区的应用条件

浅基础在黄土地区的应用并非完全受限，其可行性需结合具体工程地质条件进行综合判断。黄土层厚度较小、湿陷性等级较低且地基条件较为均匀的场地，在合理控制设计参数的前提下，浅基础仍具有一定适用空间。通过适当增加基础埋深、降低基础底面接触应力，并配合换填、夯实或表层加固等地基处理措施，可有效改善基础受力条件，降低湿陷变形风险。浅基础形式结构简单、施工便捷，在满足安全要求的情况下具有一定经济优势。但其设计过程必须充分重视稳定性与变形控制，对沉降量和不均匀沉降进行严格分析与校核，避免运行阶段因地基性能变化引发不可控变形。只有在科学论证和精细设计的基础上，浅基础才能在黄土地区工程中安全、合理地应用。

3.2 桩基础的稳定性优势

桩基础通过将建筑荷载有效传递至深部较为稳定的土层或岩层，能够避开浅层湿陷性黄土对基础安全的不利影响，在黄土地区工程中展现出明显的稳定性优势。深部土层受水分和环境变化影响较小，其力学性能相对稳定，为上部结构提供可靠支撑。桩基础在受力过程中可通过端承作用和侧摩阻作用共同承担荷载，使沉降得到有效控制，并减少不均匀变形的发生。该基础形式在承载力提升方面表现突出，能够满足高层或重要建筑对安全性和变形控制的严格要求。结合合理的桩型选择与施工工艺，桩基础在复杂地质条件下仍能保持良好适应性。正因其稳定可靠、适用性强，桩基础已成为黄土地区建筑工程中应用广泛且成熟的基础形式之一。

3.3 复合地基的应用特点

复合地基通过人工加固体与天然地基协同受力，使地基体系在力学性能和经济性之间取得较好平衡。加固体能够分担上部荷载，改善应力分布状态，从而显著提高整体承载能力，并有效减小总沉降量。天然地基在约束条件改善后参与共同工作，有助于控制不均匀变形，提升基础工作的稳定性。该类地基形式施工周期相对可控，材料与设备投入适中，适用于黄土地区中等规模建筑工程。需要注意的是，复合地基对设计参数的合理取值较为敏感，桩径、间距、加固深度及加固体与土体的协同关系均会影响最终效果。施工质量控制同样关键，任何环节的偏差都可能削弱加固作用。通过严格的设计论证与规范施工管理，复合地基可在黄土地区工程中发挥良好的技术与经济优势。

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

4 黄土地区建筑基础稳定性影响因素分析

4.1 水文条件对地基稳定性的影响

水文条件变化对黄土地基稳定性具有决定性影响，是黄土地区工程设计与运行中必须重点关注的问题。当地下水位上升或地表水长期渗入时，黄土中原有的胶结结构容易遭到破坏，土体强度随之下降，湿陷变形风险显著增加。人工供水管网或排水系统发生渗漏，也可能在局部形成持续补水条件，使地基受水范围逐步扩大，诱发不均匀沉降和承载能力衰减。水分作用往往具有隐蔽性和滞后性，其不利影响可能在建筑投入使用多年后逐渐显现，对基础安全构成长期威胁。在基础设计阶段充分考虑水文条件的变化趋势，有助于合理确定防水、排水和地基处理措施，使地基工作状态更加可控。通过将水文因素纳入长期稳定性分析，可有效降低黄土湿陷对建筑安全和耐久性的不利影响。

4.2 施工扰动对稳定性的影响

在黄土地区工程建设过程中，施工活动对地基稳定性的影响尤为显著。基坑开挖会重新分配土体内部应力，原有的平衡状态被打破，黄土的结构性随之削弱。施工机械产生的振动以及临时堆载、运输荷载的变化，可能进一步加剧土体扰动，使其强度和变形特性发生不利改变。若施工组织安排不合理，支护、降水或卸载控制不到位，容易引发地基承载力下降和附加沉降问题，进而增加基础失稳和结构变形风险。针对这些特点，在施工阶段对开挖顺序、振动控制、荷载管理和支护措施进行精细化管理，有助于降低对黄土结构的不利影响。将稳定性控制贯穿施工全过程，不仅能够保障地基和基础安全，也为后续建筑物的长期稳定运行奠定可靠基础。

4.3 长期使用阶段的变形问题

在建筑物长期服役过程中，黄土地基在持续荷载作用和环境条件变化的共同影响下，往往会出现渐进性变形和力学性能退化现象。这类变化具有隐蔽性和累积性，短期内不易察觉，却可能在多年运行后逐步放大，对建筑物的正常使用和结构安全造成不利影响。温湿度变化、地下水位波动以及反复荷载作用，都会加速黄土结构的演化过程，使地基承载性能逐渐降低。若在设计阶段未对这些长期效应进行充分分析，基础变形可能超出预期控制范围，影响上部结构的耐久性和功能稳定。将长期稳定性分析纳入基础设计体系，有助于更加真实地评估地基在全寿命周期内的工作状态，为基础形式选择、参数取值和控制措施制定提供可靠依据，从而保障建筑物的长期安全与使用性能。

5 黄土地区建筑基础稳定性控制技术

5.1 地基处理与改良技术

针对黄土地区普遍存在的湿陷性强和承载力不足问题，采取科学合理的地基处理与改良技术，是提升工程安全性和稳定性的有效途径。通过改善土体结构、增强密实程度，可显著降低遇水后产生沉降的风险，使地基力学性能更加稳定。不同工程条件下，处理目标和技术路径存在差异，需要结合场地地质特征、建筑荷载要求和使用功能进行综合分析。施工过程中对工艺参数和质量细节的严格把控，有助于确保处理效果真实可靠，避免因施工偏差导致性能削弱。地基处理效果的稳定发挥，不仅能够减小基础变形，还可提高结构整体受力的均匀性。通过合理方案选择与规范实施，黄土地基的工程性能可得到有效改善，为建筑长期安全运行奠定坚实基础。

5.2 排水与防水措施的应用

在基础设计与施工阶段，完善的排水和防水措施对控制黄土湿陷性具有关键意义。黄土对水分变化高度敏感，一旦受水浸润，其原有结构容易遭到破坏，进而引发沉降和稳定性问题。通过对地表水、地下水进行有效隔离，减少水分进入地基范围，可在较大程度上保持黄土的天然结构特征。合理设置排水沟、盲沟及防渗层，有助于改善场地排水条件，降低长期积水风险。施工过程中对用水管理的重视，也能避免人为因素加剧湿陷隐患。排水与防水措施的系统实施，使地基受水条件更加可控，为提高基础承载能力和整体稳定性提供了重要保障，有利于建筑结构的安全与耐久运行。

5.3 监测与维护措施的实施

在建筑物投入使用后，运行阶段的安全管理同样具有重要意义。通过布设长期监测系统，对地基变形、沉降发展以及结构受力状态进行持续观测，可全面掌握建筑在服役过程中的实际工作状态。监测数据能够反映环境变化、荷载调整和材料性能演化对结构的影响，使潜在风险在早期得到识别。基于监测结果开展分析，有助于判断变形趋势和受力变化是否处于安全范围之内。将监测信息与维护策略相结合，可为加固措施的制定提供科学依据，使干预更加精准有效。运行阶段监测与动态管理的结合，使结构安全由被动应对转向主动防控，为建筑物的长期稳定运行和使用安全提供可靠保障。

6 结论

本文围绕黄土地区建筑结构基础设计与稳定性问题展开系统分析，从工程地质条件、黄土物理力学特性、基础设计思路、常见基础形式及关键影响因素等方面进

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

行了深入论述。研究结果表明，黄土具有结构性强、湿陷性显著和长期变形明显等特点，基础设计若忽视其特殊性，易引发不均匀沉降和稳定性问题。工程实践中，应结合场地条件与建筑特征，合理选择基础形式，并配合有效的处理与控制技术，以提高结构安全性和使用可靠性。面向未来，有必要进一步深化黄土长期变形机理及稳定性演化过程的研究，通过理论分析与工程监测相结合，提升设计参数的科学性与适用性，为黄土地区建筑工程的安全建设和可持续发展提供了更加坚实的理论依据。

[参考文献]

[1]张建民,李广信.黄土地区工程地质特性及其工程应用研究[J].岩土工程学报,2019,41(6):1021-1030.
[2]刘新荣,王立军.黄土湿陷性及地基处理技术研究[J].土木工程学报,2020,53(8):89-97.
[3]陈国兴,周小平.黄土地区建筑基础设计与稳定性分析[J].建筑结构学报,2021,42(5):56-64.

作者简介：任盛鑫（1984.12—），男，汉族，毕业院校：石家庄铁道大学，现就职单位：中土大地国际建筑设计有限公司。

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.