

建筑地基基础施工中不良地质处理技术研究

文 / 牛志杰 浙江昊仁建设有限公司

摘要：建筑地基基础施工质量对建筑整体安全与稳定意义重大，而不良地质条件常给施工带来诸多难题。常见不良地质类型包括软土地基、湿陷性黄土、膨胀土和岩溶地区等，这些不良地质具有压缩性高、强度低、遇水变形等特性，会严重影响地基承载能力，进而威胁建筑安全。为解决这些问题，可采用置换法、夯实法、排水固结法、加筋法和灌浆法等处理技术。置换法能改善地基土物理力学性质；夯实法可提高地基密实度；排水固结法适用于饱和软黏土；加筋法增强土体稳定性；灌浆法提高地基强度和抗渗性。合理运用这些技术，能有效应对不良地质挑战，保障建筑工程质量。

关键词：建筑地基基础施工；不良地质；处理技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.14.031

引言

在建筑工程里，地基基础作为建筑的支撑结构，其施工质量直接决定了建筑的安全性与耐久性。然而，不同地区广泛存在着各种不良地质状况，如软土、湿陷性黄土等。这些不良地质若未得到妥善处理，可能引发建筑物不均匀沉降、开裂甚至倒塌等严重后果，给人们的生命财产安全造成巨大威胁。因此，探讨不良地质处理技术，对于提高建筑工程质量、降低工程风险具有重要的现实意义。

一、建筑地基基础施工在工程中的重要性

（一）安全保障的根本

建筑地基基础是整个建筑结构的根基，其施工质量直接关系到建筑物的安全性。地基承担着建筑物的全部荷载，基础则是将这些荷载均匀、稳定地传递给地基的关键结构。如果地基基础施工不达标，就如同在沙滩上建房子，建筑物会面临极大的安全隐患。在地震、台风等自然灾害来临时，质量良好的地基基础能有效增强建筑物的抗灾能力，减少人员伤亡和财产损失，为人们的生命安全提供可靠保障。

（二）稳定使用的前提

稳定是建筑物正常使用的基本要求，而地基基础施工质量是实现这一要求的前提。施工过程中若出现问题，极易导致建筑物出现不均匀沉降。不均匀沉降会使建筑物的结构受到破坏，墙体、楼板等出现裂缝，影响建筑物的外观和使用功能。严重时，建筑物可能发生倾斜，甚至有倒塌的危险。只有保证地基基础施工质量，才能使建筑物在长期使用过程中保持稳定，满足人们的使用需求。

（三）持久耐用的基础

地基基础的耐久性直接影响着建筑物的使用寿命。优质的地基基础施工能够抵抗地下水的侵蚀、土壤的化学作用等不利因素，保证建筑物在长期使用过程中不会因为地基基础的损坏而提前报废。相反，如果地基基础施工质量差，可能在短时间内就出现各种问题，需要进行大规模的维修和加固，增加了使用成本和维护难度。

（四）后期补救的困难

地基基础工程属于隐蔽工程，一旦施工完成后发现质量问题，后期的补救工作将非常困难且成本高昂。修复地基基础问题往往需要对建筑物进行大规模的改造，甚至可能影响到周边的建筑物和环境。而且，即使进行了修复，也难以完全恢复到原设计的安全和稳定状态。因此，在工程建设中，必须从源头抓起，高度重视地基基础施工质量，确保其满足建筑物的长期使用要求。

二、常见不良地质类型及其危害

（一）软土地基的成因、特性与危害

软土地基通常是在静水或缓慢流水环境中沉积形成的，主要由淤泥、淤泥质土等组成。其特性表现为含水量高、孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低等。由于软土地基的承载能力较低，在建筑物荷载作用下容易产生较大的沉降和不均匀沉降，导致建筑物墙体开裂、基础下沉，影响建筑物的正常使用，甚至可能使建筑物结构遭到破坏^[1]。

（二）湿陷性黄土的分布、特征与影响

湿陷性黄土主要分布在我国中西部地区，如陕西、甘肃、宁夏等地。它具有大孔隙、垂直节理发育等特征，在天然状态下具有较高的强度和较低的压缩性，但受水浸湿后，土的结构迅速破坏，产生显著的附加下沉。这种湿陷性会导致建筑物基础下沉、墙体开裂，对建筑物的稳定性造成严重威胁。

（三）膨胀土的性质、变化规律及工程危害

膨胀土是一种富含亲水性黏土矿物的特殊土，具有吸水膨胀、失水收缩的特性。其膨胀和收缩变形具有反复性和长期潜在性，会随着环境湿度的变化而不断发生。在膨胀土地区进行建筑施工时，土体的膨胀和收缩会对建筑物基础产生向上的膨胀力和向下的收缩力，导致建筑物基础隆起、开裂，影响建筑物的安全使用。

（四）岩溶地区的地质现象、发育特点及对工程的威胁

岩溶地区主要的地质现象包括溶洞、溶蚀裂隙、石芽等。岩溶发育与地质构造、岩石性质、地下水活动等

因素密切相关。在岩溶地区进行工程建设时，溶洞和溶蚀裂隙可能导致地基不均匀沉降、塌陷等问题，威胁建筑物的安全。

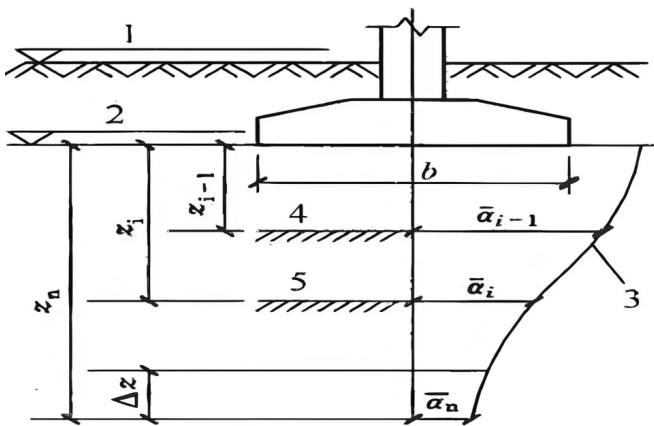
(五) 其他特殊不良地质的情况与风险

除了上述几种常见的不良地质类型外，还有一些其他特殊的不良地质，如多年冻土、盐渍土等。多年冻土在温度变化时会发生冻胀和融沉现象，对建筑物基础造成破坏；盐渍土中含有大量的可溶性盐，会对建筑材料产生腐蚀作用，降低建筑物的耐久性。

三、不良地质处理技术的理论基础

(一) 土力学原理在处理技术中的应用

土力学是研究土体在力的作用下的应力、变形、强度和稳定性等问题的学科，为不良地质处理技术提供了重要的理论依据。在地基沉降计算方面，根据土力学中的压缩性原理，通过室内土工试验测定土的压缩系数等参数，运用分层总和法或规范推荐的方法计算地基的沉降量。在处理软土地基时，通过排水固结法加速土体的排水固结过程，减少后期沉降。通过设置砂井、塑料排水板等排水通道，增加排水途径，缩短排水距离，从而加速土体的固结，提高地基的承载能力。在地基承载力确定方面，土力学中的极限平衡理论用于分析土体在极限状态下的应力条件，以此确定地基的极限承载力。在处理湿陷性黄土地基时，根据土的抗剪强度指标，结合地基的破坏模式，采用合适的公式计算地基的承载力^[2]。



建筑地基基础设计规范

(二) 工程地质学对处理方案的指导作用

工程地质学主要研究人类工程活动与地质环境之间的相互作用，为不良地质处理方案的选择提供了地质依据。通过工程地质勘察，查明不良地质的分布范围、成因、类型、工程性质等特征。对于岩溶地区，工程地质勘察可以确定溶洞的大小、位置、埋深等信息，以及岩溶发育的规律和趋势。根据这些勘察结果，判断岩溶对工程的影响程度，从而选择合适的处理方案。如果溶洞较小且埋深较浅，可以采用回填、灌浆等方法进行处理。对于存在滑坡隐患的地区，通过分析滑坡的成因、滑动面的位置和力学性质等，制定相应的防治措施，如设置

抗滑桩、挡土墙等支挡结构，或者采用排水、削坡等方法改善滑坡体的稳定性。

(三) 材料力学与处理技术中材料选择的关联

材料力学研究材料在外力作用下的变形和破坏规律，在不良地质处理技术中，材料力学原理对于材料的选择至关重要。在选择加固地基的材料时，需要考虑材料的强度、变形性能等力学指标。例如，在灌浆法中，选择合适的灌浆材料，如水泥浆、化学浆液等。水泥浆具有较高的强度和较好的耐久性，但流动性相对较差；化学浆液流动性好，但强度和耐久性可能不如水泥浆。根据工程的具体要求和地质条件，综合考虑材料的力学性能，选择合适的灌浆材料。对于钢桩，需要考虑钢材的屈服强度、韧性等力学性能，确保钢桩在施工和使用过程中不会发生破坏。

四、不良地质处理技术分类及原理

(一) 物理处理技术

置换法原理：置换法是将地基中一定范围内的不良土挖出，然后回填强度较高、压缩性较低的材料，如砂、碎石、灰土等，形成良好的持力层。其原理在于通过置换不良土，改善地基土的物理力学性质，提高地基的承载能力，减少沉降。例如在处理软土地基时，由于软土的强度低、压缩性高，采用砂垫层置换软土后，砂的透水性好，能加速软土的排水固结，同时砂垫层本身具有较高的强度，可将上部荷载扩散到更广泛的区域，降低地基土所承受的压力。夯实法原理：夯实法是利用重锤自由下落产生的冲击能来夯实地基土，使土颗粒重新排列，孔隙减小，密实度提高。强夯法是典型的夯实法，通过强大的夯击能，在地基中产生强烈的冲击波和动应力，使土体产生压缩变形，从而提高地基的强度和压缩模量。挤密法原理：挤密法是通过在地基中设置桩体或采用振冲等方式，使桩间土被挤密，从而提高地基的整体密实度和承载能力。例如土桩和灰土桩挤密法，在成孔过程中，桩孔内的土被挤向周围，使桩间土的孔隙比减小，干密度和内摩擦角增大。然后在桩孔内分层填入素土或灰土并夯实，形成土桩或灰土桩，与挤密后的桩间土共同组成复合地基，提高地基的承载能力。

(二) 化学处理技术

灌浆法作用机制：灌浆法是将具有流动性和胶凝性的浆液，通过钻孔压入地基土的孔隙、裂隙或空洞中，浆液在土体中凝固后，填充土体的空隙，增加土体的强度和抗渗性。对于岩溶地区的地基处理，可采用水泥灌浆填充溶洞和溶蚀裂隙，将松散的土体或岩体胶结成整体，提高地基的稳定性。化学灌浆还可以通过化学反应改变土体的性质，如在砂土地基中注入水玻璃等化学浆液，浆液与砂土发生化学反应，生成胶凝物质，使砂土胶结，提高其强度和抗液化能力。固化法作用机制：固

化法是向地基土中加入固化剂,如水泥、石灰等,使固化剂与土颗粒发生一系列物理化学反应,形成具有一定强度和稳定性的固化体。在处理软土地基时,水泥搅拌桩就是利用水泥作为固化剂,通过深层搅拌机械将水泥浆与软土强制搅拌,水泥与软土中的水分发生水解和水化反应,生成各种水化物,这些水化物再与土颗粒发生离子交换、团粒化作用等,使软土逐渐硬结,提高地基的承载能力。

(三) 综合处理技术

综合处理技术是针对不良地质复杂情况,将物理与化学处理技术优势结合,协同解决问题。以深厚软土地基处理为例,能清晰展现其协同原理。对于深厚软土地基,先采用排水固结法预压处理。该物理方法通过在地基中设置排水通道,如砂井、塑料排水板等,结合堆载预压或真空预压,使软土中的孔隙水排出,降低土体含水量。随着水分排出,土体孔隙减小,有效应力增加,进而提高土体的强度和稳定性。在排水固结法处理后,再设置水泥搅拌桩。这属于化学处理技术,利用深层搅拌机械将水泥浆与软土强制搅拌,水泥与土发生一系列物理化学反应,形成具有一定强度和整体性的桩体。水泥搅拌桩与周围经过排水固结处理的土体共同作用,形成复合地基,大大提高了地基的整体承载能力和抗变形能力。排水固结法为水泥搅拌桩施工提供了较好的土体条件,便于搅拌桩施工且能保证桩体质量;而水泥搅拌桩进一步强化了已处理地基的性能。二者相互协作、优势互补,能更高效地解决深厚软土地基问题,提升地基处理效果^[3]。

五、处理技术的应用流程与质量控制

(一) 地质勘察与数据收集分析

地质勘察是不良地质处理的首要环节,为后续处理方案的制定提供基础依据。勘察工作应全面、细致,采用多种勘察手段,如钻探、原位测试、室内土工试验等。通过钻探获取不同深度的土样,分析其物理力学性质,包括土的颗粒组成、含水量、密度、压缩性、抗剪强度等。原位测试可以测定地基土的承载力、变形模量等参数,如静力触探、标准贯入试验等。室内土工试验则对土样进行更精确的分析,确定土的液塑限、压缩系数等指标。收集完勘察数据后,需要进行系统的分析。根据地质条件的复杂性和工程要求,绘制地质剖面图、柱状图等,准确反映不良地质的分布范围、厚度、性质等特征。对数据进行统计分析,确定各项参数的代表性值,评估不良地质对工程的影响程度,为处理方案的设计提供可靠的数据支持。

(二) 处理方案的设计与比选

在地质勘察和数据分析的基础上,结合工程的特点和要求,设计多种可能的处理方案。处理方案应充分考

虑不良地质的类型、工程规模、施工条件、经济成本等因素。例如,对于软土地基,可以设计排水固结法、水泥搅拌桩法、换填法等不同方案;对于湿陷性黄土地基,可考虑强夯法、灰土挤密桩法等。经济合理性则比较各方案的工程造价,包括材料费用、施工费用等;工期长短也是重要的考虑因素,对于工期紧张的工程,应选择施工速度快的方案。通过全面比较,选择最优的处理方案^[4]。

(三) 施工过程中的工艺要求与操作规范

施工过程是将处理方案付诸实践的关键阶段,必须严格按照工艺要求和操作规范进行。不同的处理技术有不同的施工工艺,例如在采用水泥搅拌桩处理地基时,要控制好水泥的用量、水灰比、搅拌速度和深度等参数。搅拌头的提升速度应均匀,确保水泥与土充分搅拌混合,形成均匀的桩体。在施工过程中,要加强现场管理,做好施工记录。施工人员应严格遵守操作规程,确保施工质量。

(四) 质量检测与验收标准

质量检测是确保不良地质处理效果的重要手段。在施工过程中,应进行阶段性的质量检测,及时发现问题并进行整改。检测方法包括原位测试、室内试验、无损检测等。例如,对于水泥搅拌桩,可以采用钻芯取样检测桩身的强度和完整性;对于夯实后的地基,可以采用静力触探检测地基的密实度和承载力。工程完工后,要按照相关的验收标准进行全面验收。验收内容包括地基的承载能力、沉降量、处理范围等是否满足设计要求。验收标准应严格执行国家和地方的相关规范和标准,确保工程质量符合要求。

结语

建筑地基基础施工中,不良地质处理是保障工程质量的关键环节。不同类型的不良地质需采用相应的处理技术,每种技术都有其独特的原理和适用范围,合理运用处理技术,有效解决地基基础施工难题,确保建筑地基的稳定性和可靠性,为建筑工程的长期安全使用奠定坚实基础,推动建筑行业在复杂地质条件下持续健康发展。

参考文献

- [1] 何建翰. 建筑工程地基基础及桩基础施工技术[J]. 中国建筑金属结构, 2021(12): 91-92.
- [2] 王瑞军. 现代房屋建筑工程地基基础工程施工技术[J]. 工程技术研究, 2020, 5(07): 60-61.
- [3] 谢文焕. 高层建筑地基基础施工质量控制研究[J]. 绿色环保建材, 2020(09): 167-168.
- [4] 王庆忠. 高层建筑地基基础和桩基础土建施工技术要点[J]. 工程技术研究, 2020, 5(05): 43-44.