

# 土木工程设计中上部结构与地基基础加固技术的运用分析

文 / 兰丽娜 西北综合勘察设计院

**摘要：**结构与地基作为土木工程的核心关键构成部分，其稳固性与安全性对整个工程的质量和服役寿命起着决定性作用。本文围绕结构与地基加固技术展开深入剖析，不仅详尽阐释了其在土木工程中所具备的保障工程稳定安全、延长使用寿命、节约资源、保护环境等显著优势，还全面介绍了混凝土结构加固、置换法修复、喷射法或注浆法处理地基等常用方法。同时，结合实际应用案例，对加大截面法、置换法、灌浆法等多种加固技术的具体运用进行了细致分析，旨在为土木工程设计人员提供实用参考，助力提升工程质量与安全，推动行业可持续发展。

**关键词：**土木工程；结构；地基；加固；不均匀沉降

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.10.098

## 引言

在当今社会，土木工程作为国家基础设施建设的重要基石，广泛涵盖了房屋建筑、桥梁、道路、隧道等众多领域。它对于满足人们的生产生活需求、促进经济发展以及提升城市形象都具有不可替代的重要意义。然而，在土木工程的建设与使用过程中，结构与地基面临着诸多挑战。地质条件的极端复杂性、设计与施工环节的不合理因素、使用期间的荷载动态变化以及自然灾害的潜在威胁等，都可能导致结构与地基出现诸如变形、裂缝、沉降等问题。这些问题若不及时妥善处理，不仅会严重影响工程的正常使用功能，更会对人们的生命财产安全构成严重威胁。因此，深入研究和合理运用结构与地基加固技术，在土木工程设计中显得尤为重要和迫切。

### 一、土木工程设计中结构与地基加固技术的优势

#### （一）保障工程的稳定性和安全性

结构与地基加固技术可有效强化结构与地基的承载性能，强化其抵抗外部荷载以及变形的能力。通过对结构与地基进行加固，可对已有损伤、缺陷进行修复和强化，以防问题进一步恶化，保障工程在施工期间的安全性、稳定性。例如，在地震多发地区，通过对建筑物结构、地基进行加固，可有效提升建筑物整体的抗震能力，降低地震对建筑物的破坏和影响<sup>[1]</sup>。

#### （二）延长工程的使用寿命

随着时间不断推移，土木工程结构与地基会受到各类自然因素、人为因素的影响，逐渐产生损坏和老化。结构和地基加固技术可对老化、损坏部门进行加强和修复，延缓结构与地基的老化过程，延长项目工程的整体使用寿命。

#### （三）节约资源

在土木工程建设中，如若不采取有效的加固措施，一旦结构或地基出现问题，可能需要将工程拆除重建，导致大量人财物等资源被浪费。而通过结构与地基加固技术，可在不拆除原有结构的基础上，对其进行强化和修复，有效节约了建筑材料、人力等资源。例如，通过对老旧建筑物进行加固改造，相比拆除重建能节约大量的水泥、钢材等建筑材料。

## （四）保护环境

土木工程结构拆除重建会生成大量的建筑垃圾，对自然环境造成一定的污染。而结构与地基加固技术能有效减少建筑垃圾产生，减少对环境的负面影响。同时，加固改造后的建筑物可继续使用，减少新建工程的建设量，可节约更多的土地资源，保护生态环境。

### 二、土木工程设计中结构与地基加固技术的常用方法

#### （一）混凝土结构的加固技术

##### 1. 粘贴钢板加固法

粘贴钢板加固施工时，需现将混凝土表面进行清理，将结构表面上原有的油污、疏松层等清除，将其打磨至裸露出坚实的骨料面，保持表面的平整度。对于钢板，应先进行除锈、打磨处理，使其表面呈现一定的粗糙度，以强化与结构胶之间的黏结力。之后按照说明书要求配置结构胶，将其在混凝土和钢板表面上均匀涂抹，胶层厚度控制在2-3mm。将钢板粘贴在预定位置，使用加压设备对钢板施加一定的压力，让结构胶充分填充至钢板和混凝土之间的空隙内，确保黏结足够紧密。在常温条件下，养护24h的结构胶基本可固化，72h之后可达到设计强度。通过合理的施工，粘贴钢板加固法可让混凝土梁抗弯承载力提升30%-50%。

##### 2. 粘贴碳纤维布加固法

粘贴碳纤维布加固法施工时，需现将进行混凝土基层处理，包括清洁、修复缺陷等，保持基层表面的平整度和干燥性。碳纤维布裁剪时，需根据加固部位尺寸标准精准下料，以免造成资源浪费。配置碳纤维浸渍胶，将浸渍胶均匀涂抹在混凝土表面上，之后粘贴碳纤维布，使用滚筒沿着纤维方向反复滚压，挤出内部的气泡，使浸渍胶充分浸入到碳纤维布种。通常碳纤维布采用多层粘贴，需要在底层碳纤维布表面指触干燥后尽快进行下一层粘贴。完成粘贴工作后，自然养护7-14d，期间应避免对其扰动<sup>[2]</sup>。

##### 3. 外包钢加固法

外包钢加固法施工时，需去除混凝土构件表面的浮浆、油污等杂质，修补不平整处。型钢加工期间，需严格按照尺寸标准进行焊接、切割，保证型钢几何尺寸与形状精度。将完成加工的型钢安装至混凝土构件表面，

通过化学锚栓、对穿螺栓、焊接等方法将型钢和混凝土牢固连接。在型钢和混凝土之间的缝隙处灌注结构胶，使二者共同作业，从而强化整体结构的强度。

## （二）置换法对混凝土进行修复

置换法适用于因混凝土强度不足导致承载能力下降的构件，合理使用置换法修复，可让其承载能力恢复到设计要求的90%以上。

使用置换法对混凝土修复，需要先确定混凝土的置换范围，通过检测评估确定需要剔除的混凝土部位。通过机械或人工的方式将已经受损的混凝土剔除，期间应注意不能破坏周边完好的混凝土。完成剔除工作后清理基层表面，裸露处坚实的混凝土表面，通过凿毛处理以强化新老混凝土的黏结性能。配置比原混凝土强度等级高一级的混凝土或其他合适的新型材料，如高延性混凝土。新混凝土浇筑前，需现在基层表面涂刷一层界面剂。浇筑混凝土期间，正确使用振捣设备以保障混凝土的密实度，必要时可采用微膨胀混凝土减少收缩裂缝。

## （三）喷射法或注浆法对地基进行处理

### 1. 喷射法

施工前，根据地质勘察报告和设计标准确定喷射参数，包括喷射压力、喷射角度、喷射速度等。进行定位钻孔，确保钻孔位置精准度，孔径满足设计要求。钻孔后使用高压水枪清孔，保持孔内清洁性，以免影响施工质量。在喷射期间，高压喷射浆液与地基土充分混合，形成水泥土桩或连续墙等加固体，从而起到地基强化作用。通过实际工程监测可知，采用喷射法处理的地基，其承载力强度相比处理前可提升1-2倍<sup>[3]</sup>。

### 2. 注浆法

注浆法可分为静压注浆、高压注浆两种方法。其中，静压注浆时，先钻孔至预定深度，之后将注浆管插入到孔内，从孔底处开始注浆，期间需缓慢上提注浆管，严控注浆压力和注浆量，确保浆液能均匀填充至地基土的孔隙内。高压注浆则是采用高压泵将浆液以较高的压力注入地基土中，高压可让地基土产生劈裂、挤压、置换的作用，较为适用于软土地基处理项目。合理使用注浆法，可让地基沉降量减少60%以上，有效强化了地基的稳定性。

## 三、土木工程结构中结构与地基加固技术的应用

### （一）结构加固方法

#### 1. 增大截面法

增大截面法是指通过增加原结构构件的截面面积以及配筋量，从而提升其承载性能、刚度、稳定性的一种加固方法。在实际应用中，该技术常用于梁、板、柱基础等构件加固。通常采用增大截面法后，构件抗弯承载力可提升40-60%。

以梁加固为例，正式施工前，需对原梁进行详细检查，包括混凝土强度、配筋情况、裂缝分布等。首先对梁表面进行凿毛，凿毛深度一般要超过6mm，以强化新老混凝土间的黏结力。之后根据设计标准植入新的钢筋，钢筋植入深度应满足规范标准，通常不小于15d（d为钢筋

直径）。新增钢筋和原结构钢筋通过机械连接或焊接连接，应确保连接足够牢固。在模板安装中，应保证其具有足够的强度、刚度、稳定性，以承受新浇筑混凝土的重量、侧压力。模板和原梁表面应紧密贴合，以防出现漏浆问题。混凝土浇筑应采用比原梁混凝土强度高一级的细石混凝土，浇筑期间做好振捣工作，振捣棒“快插慢拔”保持振捣密实度，以免出现麻面、蜂窝等形象。养护期间，应保持混凝土表面的湿润度，养护周期不少于28d<sup>[4]</sup>。

#### 2. 置换法加固

置换法加固主要用于处理混凝土结构中存在严重缺陷或强度不足的部位。例如，实际混凝土强度等级低于设计强度等问题，且对结构安全有一定的影响时，可通过置换法对其修复。使用置换法修复的混凝土柱，其承载性能可恢复至原设计标准的95%左右，修复效果明显。

在施工期间，需要对置换部位进行精准划定，使用无损检测技术（如超声波检测等）确定其缺陷范围。之后通过机械或人工的方法将已损坏部位混凝土剔除，期间应避免破坏到周围的完好混凝土。对钢筋检查和修复，如若发现锈蚀钢筋则要先除锈处理，必要时补焊钢筋。在浇筑新混凝土前，需对置换部位的界面进行处理，可涂刷界面剂以强化新老混凝土的黏结性。新混凝土应采用微膨胀细石混凝土，用于补偿收缩，降低混凝土裂缝生成量和生成概率。新混凝土采用分层浇筑法，每层浇筑厚度控制在300-500mm，并使用振捣棒振捣密实。

#### 3. 灌浆修复

针对混凝土结构的裂缝，可采用低压灌浆法进行修复。先对混凝土结构裂缝进行表面处理，将裂缝两侧的灰尘、杂物等清理干净。沿着裂缝设置灌浆嘴，设置间距根据裂缝宽度和深度确定，通常在200-500mm之间。使用环氧树脂等灌浆材料，通过压力将浆液注入裂缝内，使其填充裂缝并黏结混凝土。正确使用灌浆法修复裂缝，可让其封闭率达到98%以上，可有效防止水分以及其他有害介质侵入<sup>[5]</sup>。

#### 4. 预应力加固法

预应力加固法是指对结构构件施加预应力，从而改变其受力状态的一种方法，旨在提升结构构件的承载性能以及抗裂性能。该方法常用于混凝土梁、板等受弯构件加固。

如图1所示，以梁预应力加固为例，施工时现将梁表面安装预应力筋的锚固装置和转向装置。预应力筋可用高强钢丝或钢绞线，预穿入预留孔洞到（根据设计标准设置），使用千斤顶对其张拉。期间严控张拉控制力，不得超出标准范围，一般为预应力筋抗拉强度额定值的0.6-0.75倍。张拉期间应保持缓速、均匀，避免出现局部应力集中情况。完成张拉工作后，及时对其锚固，以防预应力损失<sup>[6]</sup>。对锚固段进行防护处理，采用封锚混凝土或防腐涂料，以防预应力筋遭受锈蚀。通过实际项目施工表明，在框架梁施加预应力后，梁的裂缝宽度可平均减小70%左右，跨中挠度明显降低，可有效提高梁的承载性能以及正常使用性能。

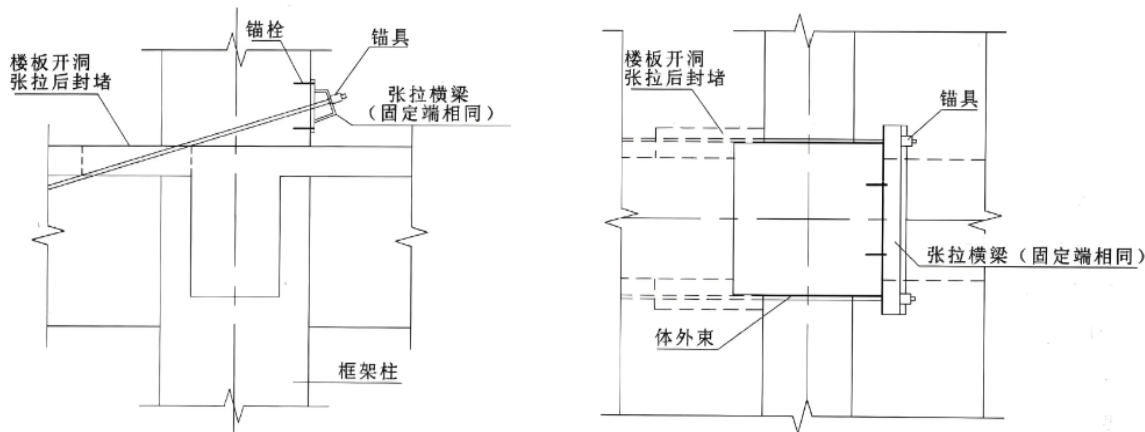


图1 框架梁预应力加固施工示意图

## (二) 地基基础加固方法

### 1. 静压托换桩方法

静压托换桩方法是一种地基基础加固处理技术，常用于既有建筑物基础的加固和纠偏。在施工过程中，它利用建筑物上部结构的自重作为反力，通过静压设备将预制桩分段压入地基土中。一般先在基础周边或基础下开挖压桩孔，压桩孔的尺寸需根据桩的规格合理确定。静压托换桩具有诸多优点。施工时无振动、无噪声，对周边环境影响小，这对于在城市中心或对噪声振动敏感区域的建筑物加固极为重要。同时，能实时监测压桩力和桩的入土深度，便于控制施工质量。由于借助建筑物自重，无需额外设置庞大的反力装置，节省了施工成本和场地空间。在实际应用中，需先对建筑物的结构状况和地基条件进行详细勘察分析，精心设计桩的数量、尺寸和布置方案。施工过程中，严格按照操作规程进行，确保压入的桩能有效承担建筑物的荷载，达到预期的加固和纠偏效果。

### 2. 增设支点加固法

增设支点加固法是在结构的适当位置增设支撑点，从而减小构件的计算跨度，降低构件的内力，提升构件整体的承载性能。增设支点后，屋面梁的最大弯矩可降低40%左右，变形得到明显改善。同时，对原结构进行了必要的加固处理，以适应新增支点带来的内力变化。确保加固后的屋面梁满足了现行规范和使用要求。

特别是对于大跨度的工程项目中，由于屋面梁的跨度较大，且在长期使用期间会出现变形、裂缝。对此，可在屋面梁的中间处增设钢支撑柱，从而减小梁的跨度。在施工期间，据结构承载需求和变形情况，精确计算支点间距。一般来说，对于民用建筑的梁，支点间距宜控制在3-5m，以有效分担荷载。确保支点基础有足够的承载力。基础埋深应根据地质条件确定，一般不小于1.5m。安装过程中，保证支点与原结构连接紧密，垂直度偏差不得超过1/1000。逐步进行荷载转移，控制每阶段荷载增加量不超过总荷载的20%，实时监测结构变形，变形速率不应超过0.05mm/h。施工完成后，对支点的承载力、变形等指标进行检测，确保加固效果符合设计要求<sup>[7]</sup>。

### 3. 注浆加固法

地基加固方面，主要应对软土地基、湿陷性黄土地

基等，如若不采取有效的处理方法，可能会造成地基不均匀沉降。在施工中，可采用静压注浆或高压喷射注浆等方法。静压注浆时，先在地基内钻孔，之后将注浆管插入到孔内（与孔底保持30cm左右的间距），从孔底开始注浆。根据地基土的性质、加固要求确定注浆压力，一般控制在0.2-0.5MPa之间。通过浆液填充与挤密的作用，能有效提高地基土的密实度、承载力。

软土地基通过灌浆加固后，地基承载力可有效提升60-100kPa，地基沉降量可减少60%，能有效保障地基的承载性能。

## 结语

综上所述，结构与地基加固技术在土木工程设计中具有重要的作用，合理运用这些技术可以保障工程的稳定性和安全性，延长工程的使用寿命，节约资源和保护环境。在土木工程设计中，设计人员应根据工程的具体情况，综合考虑各种因素，选择合适的结构与地基加固技术，确保工程的质量和安。同时，随着科技的不断发展，新的结构与地基加固技术也在不断涌现，土木工程设计人员应不断学习和掌握这些新技术，为土木工程的发展做出更大的贡献。未来，结构与地基加固技术将朝着更加高效、环保、智能化的方向发展，为土木工程行业带来更多的机遇和挑战。

## 参考文献

- [1] 封坤. 探析土木工程建设中结构与地基加固技术的运用[J]. 陶瓷, 2024(8): 221-223.
- [2] 张雷, 王玉从. 土木工程建设中结构与地基加固技术的运用[J]. 建筑与装饰, 2024(13): 181-183.
- [3] 赖彩玲. 结构与地基加固技术在土木工程设计中的实践运用[J]. 越野世界, 2023(3): 109-111.
- [4] 王小玲. 土木工程建设中结构与地基加固技术的运用[J]. 建筑工程技术与设计, 2021(12): 89-90.
- [5] 周康. 土木工程结构设计与地基加固技术认识[J]. 商品与质量, 2021(20): 118-119.
- [6] 吴刚. 土木工程设计中结构与地基加固技术的应用分析[J]. 工程技术研究, 2020, 5(8): 26-28.
- [7] 杨光, 李缓. 土木工程建设中结构与地基加固技术的运用[J]. 居舍, 2020(10): 70+112-70+112.