



普通高等教育“十二五”规划教材  
高等职业院校重点建设专业系列教材

# 地基处理技术

主 编 杨绍平 闫 胜  
主 审 刘 宏



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

普通高等教育“十二五”规划教材  
高等职业院校重点建设专业系列教材

---

# 地基处理技术

主 编 杨绍平 闫 胜

副主编 于建华 王 键

严 容 闫宗平

牟江天

主 审 刘 宏



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

内 容 提 要

本书通过具体工程项目作为引导，分解完成该项目所需的任务，较系统地介绍了各类地基处理方法，包括换填垫层法、压实与夯实法、复合地基法、灌浆法、预压法、加筋法等地基处理方法的选用、基本原理、设计要点、施工技术、质量检验和工程实例分析。另外对山区地基处理、特殊土地基处理及坝基处理进行了介绍。本书密切结合高等职业教育培养技术技能型专业技术人才的要求，突出教材的实用性和综合性，涉及地基处理的工程设计和施工部分均依照我国现行的规范进行编写，每个项目后均附有小结和思考及习题。

本书主要作为普通高等职业院校水文与工程地质、建筑工程技术、岩土工程技术、水利施工技术等专业教学用书，亦可供其他专业师生及有关工程技术人员学习参考。

图书在版编目（C I P）数据

地基处理技术 / 杨绍平, 闫胜主编. -- 北京 : 中国水利水电出版社, 2015. 6  
普通高等教育“十二五”规划教材 高等职业院校重点建设专业系列教材  
ISBN 978-7-5170-3373-8

I. ①地… II. ①杨… ②闫… III. ①地基处理—高等职业教育—教材 IV. ①TU472

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第160457号

|      |                                                                                                                               |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 普通高等教育“十二五”规划教材<br>高等职业院校重点建设专业系列教材<br><b>地基处理技术</b>                                                                          |
| 作 者  | 主 编 杨绍平 闫胜<br>副主编 于建华 王键 严容 闫宗平 牟江天<br>主 审 刘宏                                                                                 |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)<br>网址: www.waterpub.com.cn<br>E-mail: sales@waterpub.com.cn<br>电话: (010) 68367658 (发行部) |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心(零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643、68545874<br>全国各地新华书店和相关出版物销售网点                                                  |
| 排 版  | 中国水利水电出版社微机排版中心                                                                                                               |
| 印 刷  | 北京纪元彩艺印刷有限公司                                                                                                                  |
| 规 格  | 184mm×260mm 16开本 17印张 403千字                                                                                                   |
| 版 次  | 2015年6月第1版 2015年6月第1次印刷                                                                                                       |
| 印 数  | 0001—1500册                                                                                                                    |
| 定 价  | <b>39.50元</b>                                                                                                                 |

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

# 前言

本书结合《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2012)及水利、公路、铁路等相关专业技术规范的要求,较系统地介绍了国内外常用的地基处理方法和新技术应用成果。其内容包括地基处理基本知识、换填垫层法、压实与夯实法、预压法、注浆法、加筋法、山区地基和特殊土地基处理等。

本书结合高等职业教育教学特点,为培养岩土工程施工一线的高素质、实用型建设施工人才而编写的。本书以常用的地基处理方法作为地基处理工程项目来组织编写,书中详细介绍了常用地基处理方法的加固机理、设计内容、施工方法以及质量检验方法,并结合工程案例进行讲解,旨在使读者对目前地基处理方法有一个较为全面的了解,增加地基处理的专业知识,提高解决实际工程问题的能力。

本书由四川水利职业技术学院、四川省达州市水利电力建筑勘察设计院专(兼)职老师共同编写,由四川水利职业技术学院杨绍平、闫胜任主编。四川水利职业技术学院于建华、四川省达州市水利电力建筑勘察设计院王键、四川水利职业技术学院严容、闫宗平、牟江天任副主编,由成都市勘察测绘研究院高级工程师刘宏任主审。本书在编写过程中,还得到了成都理工大学、西南交通大学、四川省水利水电勘测设计研究院、四川省地质工程勘察院、中国电建集团成都勘测设计研究院、成都市勘察测绘研究院、四川省交通运输厅勘察设计院、四川省乐山市水利电力建筑勘察设计院、四川省达州市水利电力建筑勘察设计院等单位专家的指导和审核,在此一并表示衷心的感谢。

在编写过程中,本书大量引用了有关专业文献和资料,未在书中一一注明出处,在此对有关文献的作者表示感谢。由于编者水平有限,加之时间仓促,难免存在错误和不足之处,诚恳地希望读者批评指正。

编者

2015年6月

## 前言

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 项目 1 地基处理基本知识 .....          | 1  |
| 任务 1.1 地基处理的重要性和目的 .....     | 1  |
| 任务 1.2 地基处理的对象 .....         | 2  |
| 任务 1.3 地基处理的方法和类型 .....      | 4  |
| 任务 1.4 地基处理方法选用原则和规划程序 ..... | 5  |
| 任务 1.5 地基处理工程的施工管理 .....     | 7  |
| 任务 1.6 地基处理监测方法 .....        | 7  |
| 任务 1.7 地基处理与环境保护 .....       | 8  |
| 任务 1.8 地基处理发展展望 .....        | 9  |
| 项目小结 .....                   | 10 |
| 思考及习题 .....                  | 10 |
| 项目 2 换填垫层 .....              | 11 |
| 任务 2.1 换填垫层法的选用 .....        | 13 |
| 任务 2.2 垫层的设计 .....           | 15 |
| 任务 2.3 垫层施工 .....            | 18 |
| 任务 2.4 质量检验 .....            | 20 |
| 案例分析 .....                   | 22 |
| 项目小结 .....                   | 23 |
| 思考及习题 .....                  | 23 |
| 项目 3 压实与夯实地基 .....           | 25 |
| 任务 3.1 压实法的选用 .....          | 26 |
| 任务 3.2 压实填土地基的施工 .....       | 29 |
| 任务 3.3 压实填土地基质量检验 .....      | 30 |
| 任务 3.4 夯实法的选用 .....          | 30 |
| 任务 3.5 夯实法施工技术 .....         | 37 |
| 任务 3.6 夯实法的质量检验 .....        | 39 |
| 案例分析 .....                   | 40 |
| 项目小结 .....                   | 43 |
| 思考及习题 .....                  | 43 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 项目 4 复合地基 .....                    | 45  |
| 任务 4.1 复合地基处理方法的选用 .....           | 45  |
| 任务 4.2 砂石桩法设计、施工及质量检验 .....        | 51  |
| 案例分析 .....                         | 68  |
| 任务 4.3 土挤密桩、灰土挤密桩法设计、施工及质量检验 ..... | 72  |
| 案例分析 .....                         | 79  |
| 任务 4.4 CFG 法设计、施工及质量检验 .....       | 80  |
| 案例分析 .....                         | 95  |
| 任务 4.5 高压喷射注浆法设计、施工及质量检验 .....     | 98  |
| 案例分析 .....                         | 110 |
| 任务 4.6 水泥土搅拌桩法设计、施工及质量检验 .....     | 116 |
| 案例分析 .....                         | 128 |
| 任务 4.7 夯实水泥土桩复合地基设计、施工及质量检验 .....  | 131 |
| 项目小结 .....                         | 136 |
| 思考及习题 .....                        | 136 |
| 项目 5 灌浆法地基处理 .....                 | 138 |
| 任务 5.1 灌浆法选用 .....                 | 138 |
| 任务 5.2 浆液材料的选用 .....               | 141 |
| 任务 5.3 灌浆设计计算 .....                | 143 |
| 任务 5.4 灌浆施工工艺 .....                | 150 |
| 任务 5.5 质量检验 .....                  | 155 |
| 案例分析 .....                         | 155 |
| 项目小结 .....                         | 162 |
| 思考及习题 .....                        | 162 |
| 项目 6 预压法地基处理 .....                 | 163 |
| 任务 6.1 预压法方法选用 .....               | 163 |
| 任务 6.2 预压法设计 .....                 | 166 |
| 任务 6.3 预压法施工 .....                 | 173 |
| 任务 6.4 预压法质量检验 .....               | 180 |
| 案例分析 .....                         | 180 |
| 项目小结 .....                         | 182 |
| 思考及习题 .....                        | 182 |
| 项目 7 加筋法处理地基 .....                 | 183 |
| 任务 7.1 加筋法选用 .....                 | 183 |
| 任务 7.2 加筋挡土墙设计、施工 .....            | 184 |
| 任务 7.3 土工聚合物设计、施工 .....            | 196 |
| 案例分析 .....                         | 204 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 任务 7.4 土钉设计、施工和质量检验 .....  | 206 |
| 案例分析 .....                 | 215 |
| 项目小结 .....                 | 217 |
| 思考及习题 .....                | 218 |
| 项目 8 其他条件地基处理方法 .....      | 219 |
| 任务 8.1 山区地基处理技术 .....      | 219 |
| 任务 8.2 特殊土地基处理技术 .....     | 226 |
| 任务 8.3 坝基处理 .....          | 237 |
| 案例分析 .....                 | 247 |
| 项目小结 .....                 | 250 |
| 思考及习题 .....                | 251 |
| 项目 9 地基处理监测与检验方法 .....     | 252 |
| 任务 9.1 地基处理监测与检验方法选用 ..... | 252 |
| 任务 9.2 地基水平位移及沉降观测 .....   | 253 |
| 任务 9.3 地基土应力测试 .....       | 255 |
| 任务 9.4 载荷试验 .....          | 257 |
| 任务 9.5 静力触探试验 .....        | 262 |
| 任务 9.6 圆锥动力触探试验 .....      | 263 |
| 项目小结 .....                 | 264 |
| 思考及习题 .....                | 264 |
| 参考文献 .....                 | 265 |

# 项目1 地基处理基本知识

## 教学目标

1. 能掌握地基处理的目的、重要性。
2. 能对原始地基资料分析，明确地基处理的对象。
3. 能根据具体的需要、地基特点和施工条件选择合适的地基处理方法。

## 任务 1.1 地基处理的重要性和目的

任何建筑物都是建造在一定的地层上的，承受建筑物荷载的地层称为地基，建筑物向地基传递荷载的下部结构称为基础。凡是基础直接建造在未经过加固处理的天然土层上时，这种地基被称为天然地基。如果天然地基很软弱，不能够满足地基强度和变形等要求，则预先要经过人工处理以后再建造基础，这种地基加固被称为地基处理。

我国地域辽阔、幅员广大，自然地理环境不同，土质各异，地基条件的区域性较强。因此，需要解决各类工程在设计及施工中出现的各种复杂的岩土工程问题，将是地基处理技术这门学科面临的课题。随着当前我国经济建设的迅猛发展，自 20 世纪 90 年代以来，我国土木工程建设发展很快，土木工程功能化、城市建设立体化、交通运输高速化，以及改善综合居住条件已成为我国现代土木工程建设特征。从事工程建设不仅事先要选择地质条件良好的场地，而且有时也不得不在地质条件不好的地方修建建（构）筑物，因此，必须要对天然的软弱地基进行处理。

各种建筑物和构筑物对地基的要求主要包括下述三个方面。

### 1. 稳定问题

稳定问题是指在建（构）筑物荷载（包括静、动荷载的各种组合）作用下，地基土体能否保持稳定。地基稳定问题有时也称为承载力问题，但两者并不完全相同。地基承载力概念在建筑领域用得较多，有时也根据变形控制。若地基稳定性不能满足要求，地基在建（构）筑物荷载作用下将会产生局部或整体剪切破坏，将影响建（构）筑物的安全与正常使用，严重的可能引起建（构）筑物的破坏。地基的稳定性，或地基承载力大小，主要与地基土体的抗剪强度有关，也与基础型式、大小和埋深等影响因素有关。

### 2. 变形问题

变形问题是指在建（构）筑物的荷载（包括静、动荷载的各种组合）作用下，地基土体产生的变形（包括沉降，或水平位移，或不均匀沉降）是否超过相应的允许值。若地基变形超过允许值，将会影响建（构）筑物的安全与正常使用，严重的可能引起建（构）筑物的破坏。地基变形主要与荷载大小和地基土体的变形特性有关，也与基础型式、基础尺寸大小等影响因素有关。



### 3. 渗透问题

渗透问题主要有两类：一类是蓄水构筑物地基渗流量是否超过其允许值。例如，水库坝基渗流量超过其允许值的后果是造成较大水量损失，甚至导致蓄水失败；另一类是地基中水力比降是否超过其允许值。地基中水力比降超过其允许值时，地基土会因潜蚀和管涌产生稳定性破坏，进而导致建（构）筑物破坏。地基渗透问题主要与地基中水力比降大小和土体的渗透性高低有关。

当建（构）筑物的天然地基存在上述问题之一或者其中几个问题时，就需要采用相应的地基处理措施，以保证建筑物的安全与正常使用。根据调查统计，世界各国的土木、水利、交通等各类工程中，地基问题常常是引起各类工程事故的主要原因。地基问题的处理恰当与否，直接关系到整个工程的质量可靠性、投资合理性及施工进度。因此，地基处理的重要性已越来越被更多的人所认识和了解。

在建筑物设计中，对地基与基础的设计应给予足够的重视，要结合建筑物的上部结构情况、运用条件及地基土的特点，选择适当的基础设计方案和地基处理措施。

地基处理的目的是采取切实有效的地基处理方法，改善地基土的工程性质，使其满足工程建设的以下几点要求：

- (1) 提高地基土的抗剪强度，以满足设计对地基承载力和稳定性的要求。
- (2) 改善地基的变形性质，防止建筑物产生过大的沉降和不均匀沉降以及侧向变形等。
- (3) 改善地基的渗透性和渗透稳定，防止渗流过大和渗透破坏等。
- (4) 提高地基土的抗震性能，防止液化，隔振和减小振动波的振幅等。
- (5) 消除黄土的失陷性，膨胀土的胀缩性等。

## 任务1.2 地基处理的对象

根据工程建筑物因地基缺陷而导致破坏或失事的情况来看，地基处理的对象包括：软弱地基、山区地基、特殊土地基和高压缩性地基及强透水地基。《建筑地基基础设计规范》（GB 50007—2011）中规定：软弱地基（soft foundation）系指主要由淤泥、淤泥质土、冲填土、杂填土或其他高压缩性土层构成的地基。建筑物不良地基有以下几种常见类型。

### 1. 软黏土

软黏土是软弱黏性土的简称。它是第四纪后期形成的海相、泻湖相、三角洲相、溺谷相和湖泊相的黏性土沉积物或河流冲积物。有的软黏土属于新近淤积物。软黏土大部分处于饱和状态，其天然含水量大于液限，孔隙比大于1.0。当天然孔隙比大于1.5时，称为淤泥；当天然孔隙比大于1.0而小于1.5时，称为淤泥质土。软黏土的特点是天然含水量高，天然孔隙比大，抗剪强度低，压缩系数高，渗透系数小。在荷载作用下，软黏土地基承载力低，地基沉降变形大，可能产生的不均匀沉降也大，而且沉降稳定历时比较长，一般需要几年，甚至几十年。软黏土地基是在工程建设中遇到最多需要进行地基处理的软弱地基，它广泛地分布在我国沿海以及内地河流中下游或湖泊附近地区。如上海、广州等地为三角洲相沉积，温州、宁波地区为滨海相沉积，闽江口平原为溺谷相沉积等。也有软黏土属于新近沉积物。常见的软黏土是淤泥质土。



## 2. 冲填土

冲填土是人为的用水力冲填方式而沉积的土。近年来多用于沿海滩涂开发及河漫滩造地。西北地区常见的水坠坝（也称冲填坝）即是冲填土堆筑的坝。冲填土形成的地基可视为天然地基的一种，它的工程性质主要取决于冲填土的性质。

以黏性土为主的冲填土往往是欠固结的，其强度低且压缩性高，一般需经过人工处理才能作为建筑物地基；以砂性土或其他颗粒为主的冲填土，其性质与砂性土相类似，是否进行地基处理要视具体情况而定。

## 3. 杂填土

杂填土是由于人类活动而任意堆填的建筑垃圾、工业废料和生活垃圾。杂填土的成因很不规律，组成物杂乱，分布极不均匀，结构松散。它的主要特性是强度低、压缩性高和均匀性差，一般还具有浸水湿陷性。对有机质含量较多的生活垃圾和对基础有侵蚀性的工业废料等杂填土，未经处理不宜作为基础的持力层。

## 4. 松散粉细砂及粉质砂土地基

这类地基若浸水饱和，在地震及机械振动等动力荷载作用下，容易产生液化流沙，从而使地基承载力骤然降低。另外，在渗透力作用下这类地基容易发生流土变形。

## 5. 砂卵石地基

对于中小型水闸、泵房等建筑物及一般的堤防、土坝工程而言，砂卵石地基的承载力通常能满足要求。但是，砂卵石地基有着极强的透水性，当挡水建筑物存在上下游水头差时，地基极易产生管涌。所谓管涌是指在渗流动水压力作用下，砂卵石地基中粉砂等微小颗粒首先被渗流带走，接着稍大的颗粒也发生流失，以致地基中的渗流通道越来越大，最后不能承受上部荷载而产生塌陷，造成严重事故。因此水利工程中的砂卵石地基包括粉细砂地基必须采取适当的防渗排水措施。

## 6. 湿陷性黄土

湿陷性黄土的主要特点是受水浸润后土的结构迅速破坏，在自重应力和上部荷载产生的附加应力的共同作用下产生显著的附加沉陷，从而引起建筑物的不均匀沉降。

## 7. 膨胀土

膨胀土是指黏粒成分主要由亲水性黏土矿物组成的黏性土。膨胀土在环境温度和湿度变化时会产生强烈的胀缩变形。利用膨胀土作为建（构）筑物地基时，如果没有采取必要的地基处理措施，膨胀土饱水膨胀、失水收缩常会给建（构）筑物造成危害。膨胀土在我国分布范围很广，根据现有的资料，广西、云南、湖北、河南、安徽、四川、河北、山东、陕西、江苏、内蒙古、贵州和广东等地均有不同范围的分布。

## 8. 盐渍土

土中含盐量超过一定数量的土称为盐渍土。盐渍土地基浸水后，土中盐溶解可能产生地基溶陷，某些盐渍土（如含硫酸钠的土）在环境温度和湿度变化时，可能产生土体体积膨胀。除此外，盐渍土中的盐溶液还会导致建筑物材料和市政设施材料的腐蚀，造成建筑物或市政设施的破坏。盐渍土主要分布在西北干旱地区地势低洼的盆地和平原中，盐渍土在我国滨海地区也有分布。



### 9. 多年冻土

多年冻土是指温度连续三年或三年以上保持在摄氏零度或零度以下，并含有冰的土层。多年冻土的强度和变形有许多特殊性。例如，冻土中因有冰和冰水存在，故在长期荷载作用下有强烈的流变性。多年冻土在人类活动影响下，可能产生融化。因此多年冻土作为建筑物地基需慎重考虑，需要采取必要的地基处理措施。

### 10. 岩溶、土洞和山区地基

岩溶或称“喀斯特”，它是石灰岩、白云岩、泥灰岩、大理石、岩盐、石膏等可溶性岩层受水的化学和机械作用而形成的溶洞、溶沟、裂隙，以及由于溶洞的顶板塌落使地表产生陷穴、洼地等现象和作用的总称。土洞是岩溶地区上覆土层被地下水冲蚀或被地下水潜蚀所形成的洞穴。岩溶和土洞对建（构）筑物的影响很大，可能造成地面变形，地基陷落，发生水的渗漏和涌水现象。在岩溶地区修建建筑物时要特别重视岩溶和土洞的影响。

山区地基地质条件比较复杂，主要表现在地基的不均匀性和场地的稳定性两方面。山区基岩表面起伏大，且可能有大块孤石，这些因素常会导致建筑物地基产生不均匀沉降。另外，在山区常有可能遇到滑坡、崩塌和泥石流等不良地质现象，给建（构）筑物造成直接的或潜在的威胁。在山区修建建（构）筑物时要重视地基的稳定性和避免过大的不均匀沉降，必要时需进行地基处理。

总之，不同性质地基的缺陷会给建筑物造成不同形式的破坏，地基处理的目的是加强地基承载力，控制地基沉降和不均匀沉降以防止地基发生渗透变形。

## 任务 1.3 地基处理的方法和类型

地基处理的方法很多，特别是近年来地基处理的技术有了较大的提高，理论水平、施工技术、施工材料均有长足的进步。对于地基处理方法的分类，不同学者有不同的见解，从地基处理的原理、地基处理的目的、地基处理的性质、地基处理的时效、动机等不同角度出发，对地基处理方法的分类结果是不同的。这里的分类是根据地基处理的加固原理，并考虑到便于对加固后地基承载力的分析而归类汇总提出的。实际对地基处理方法进行分类是无现实意义的，因为不少地基处理方法具有不同的作用。例如，振冲法既有置换作用也有挤密作用，桩土又构成复合地基。

目前工程中常用的地基处理方法和类型见表 1.1。

表 1.1 地基处理方法和类型

|       |       |           |
|-------|-------|-----------|
| 密实法   | 预压法   | 堆载预压法     |
|       |       | 真空预压法     |
|       |       | 降水预压法     |
|       |       | 电渗法       |
|       | 压实法   | 静力碾压法     |
|       |       | 振动碾压法     |
|       | 夯实法   | 重锤夯实法     |
|       |       | 强夯法、强夯置换法 |
| 换土垫层法 | 换土垫层法 | 粗颗粒土垫层    |
|       |       | 细颗粒土垫层    |



续表

|       |             |                        |
|-------|-------------|------------------------|
| 复合地基法 | 散体材料桩复合地基   | 碎石桩（振冲碎石桩、挤密碎石桩、干振碎石桩） |
|       |             | 砂桩                     |
|       |             | 渣土桩                    |
|       | 一般黏结强度桩复合地基 | 灰土桩                    |
|       |             | 石灰桩                    |
|       |             | 水泥土桩（夯实水泥土桩、深层搅拌桩、旋喷桩） |
|       | 高黏结强度桩复合地基  | CFG 桩                  |
|       |             | 素混凝土桩                  |
| 加筋法   | 土工织物        |                        |
|       | 加筋土         | 加筋土挡墙                  |
|       |             | 土钉                     |
| 灌浆法   | 灌浆法         | 渗透灌浆法                  |
|       |             | 帷幕灌浆法                  |
|       |             | 劈裂灌浆法                  |

任务 1.4 地基处理方法选用原则和规划程序

地基处理工程要做到确保工程质量、经济合理和技术先进。我国地域辽阔，工程地质条件千变万化，各地施工机械条件、技术水平、经验积累，以及建筑材料品种、价格差异很大。在选用地基处理方法时一定要因地制宜，具体工程具体分析，要充分发挥地方优势，利用地方资源。地基处理方法很多，每种处理方法都有一定的适用范围、局限性和优缺点。没有一种地基处理方法是万能的。要根据具体工程情况，因地制宜确定合适的地基处理方法。在选择方案时还应提高环保意识，注意节约能源和保护环境，尽量避免地基处理时对地面和地下水产生污染，以及振动和噪声对周边环境的不良影响等。

地基处理规划程序建议按图 1.1 所示的程序进行。

(1) 根据建（构）筑物对地基的各种要求和天然地基条件确定地基是否需要处理。若天然地基能够满足建（构）筑物对地基的要求时，应尽量采用天然地基。若天然地基不能满足建（构）筑物对地基的要求，则需要确定进行地基处理的天然地层的范围以及地基处理的要求。

当天然地基不能满足建（构）筑物对地基要求时，应将上部结构、基础和地基统一考虑。在考虑地基处理方案时，应重视上部结构、基础和地基的共同作用。不能只考虑加固地基，应同时考虑上部结构体型是否合理，整体刚度是否足够等。在确定地基处理方案时，应同时考虑只对地基进行处理的方案，或选用加强上部结构刚度和地基处理相结合的方案。否则不仅会造成不必要的浪费且可能带来不良后果。

在具体确定地基处理方案前，应根据天然地层的条件、地基处理方法的原理、过去应用的经验和机具设备、材料条件，进行地基处理方案的可行性研究，提出多种技术上可行的方案。

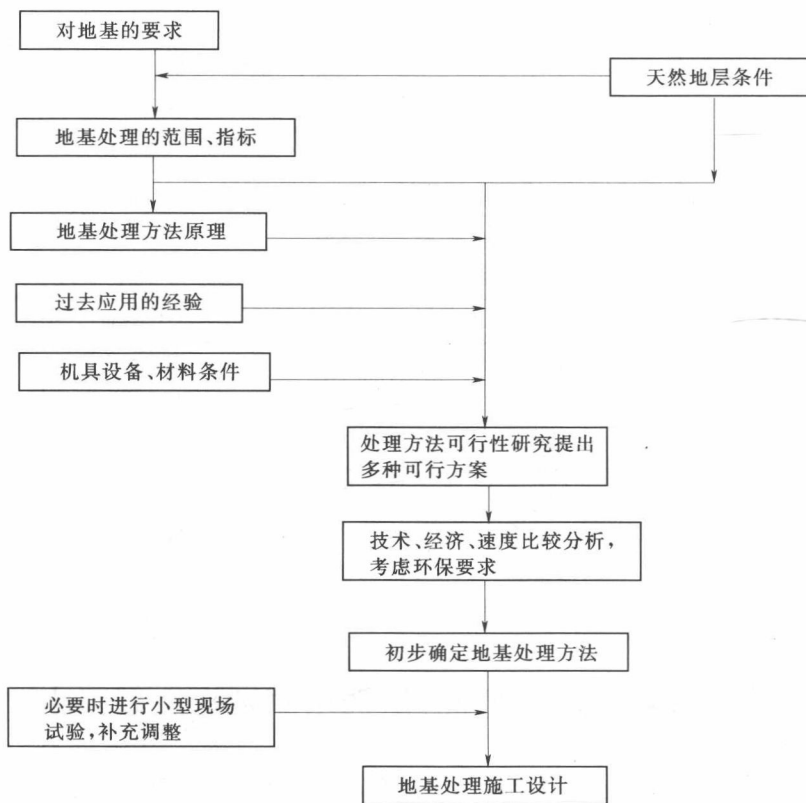


图 1.1 地基处理规划程序

(2) 对提出的多种方案进行技术、经济、进度等方面的比较分析, 并重视考虑环境保护要求, 确定采用一种或几种地基处理方法。这也是地基处理方案的优化过程。

(3) 可根据初步确定的地基处理方案, 根据需要决定是否进行小型现场试验或进行补充调查。然后进行施工设计, 再进行地基处理施工。施工过程中要进行监测、检测, 如需要还要进行反分析, 根据情况可对设计进行修改、补充。

实践表明, 图 1.1 所示程序是比较恰当的地基处理规划程序。

这里需要强调的是要重视对天然地基工程地质条件的详细了解。许多由地基问题造成的工程事故, 或地基处理达不到预期目的, 往往是由于对工程地质条件了解不够全面造成的。详细的工程地质勘察是判断天然地基能否满足建(构)筑物对地基要求的重要依据之一。如果需要进行地基处理, 详细的工程地质勘察资料也是确定合理的地基处理方法的主要基本资料之一。通过工程地质勘察, 调查建筑物场地的地形地貌, 查明地质条件: 包括岩土的性质、成因类型、地质年代、厚度和分布范围。对地基中是否存在明浜、暗浜、古河道、古井、古墓要了解清楚。对于岩层, 还应查明风化程度及地层的接触关系, 调查天然地层的地质构造, 查明水文及工程地质条件, 确定有无不良地质现象, 如滑坡、崩塌、岩溶、土洞、冲沟、泥石流、岸边冲刷及地震等。测定地基土的物理力学性质指标, 包括天然重度、相对密度、颗粒分析、塑性指数、渗透系数、压缩系数、压缩模量、抗剪强度等。最后按照要求, 对场地的稳定性和适宜性, 地基的均匀性、承载力和变形特性等进行



评价。

另外, 需要强调进行地基处理多方案比较。对一具体工程, 技术上可行的地基处理方案往往有几个, 应通过技术、经济、进度等方面综合分析, 以及对环境的影响, 进行地基处理方案优化, 以得到较好的地基处理方案。

## 任务 1.5 地基处理工程的施工管理

### 1. 地基处理工程与其他建筑工程的不同之处

地基处理工程与其他建筑工程的不同之处主要体现在三个方面: 大部分地基处理方法的加固效果不是在施工结束后就能全部发挥和体现, 一般需经过一段时间才能体现。每一项地基处理工程都有它的特殊性, 同一种方法在不同地区应用其施工工艺也不尽相同, 对每一个具体的工程往往有些特殊的要求。地基处理是隐蔽工程, 很难直接检验其加固效果。

### 2. 地基处理工程的施工管理

对于选定的地基处理方案, 在设计完成之后, 必须严格施工管理, 否则会丧失良好处理方案的优越性。施工的各个环节的质量标准要严格掌握, 施工时间要合理安排, 因为地基加固后的强度提高往往需要有一定的时间。随着时间的延长, 强度还会增加, 模量也必然会提高, 可通过调整施工速度, 确保地基的稳定性和安全性。

在地基处理施工过程中, 只让现场人员了解如何施工是不够的, 还必须使他们很好地了解所采用的地基处理方法的加固原理、技术标准和质量要求, 经常进行施工质量和处理效果的检验, 使施工符合规范要求, 以保证施工质量。一般在地基处理施工前、施工中和施工后, 都要对被加固的地基进行现场测试, 以便及时了解地基土加固效果, 修正设计方案, 调整施工进度。有时为了获得某些施工参数, 还必须于施工前在现场进行地基处理的原位试验。有时在地基加固前, 为了保对证邻近建(构)筑物的安全, 还要对邻近建(构)筑物或地下设施进行沉降和裂缝等监测。

## 任务 1.6 地基处理监测方法

目前各种地基处理方法在工程实践中得到了大量应用, 取得了显著的技术效果和经济效益。但是由于地基处理问题的复杂性, 一般还难以对每种方法进行严密的理论分析, 还不能在设计时作精确的计算与设计, 往往只能通过施工过程中的监测和施工后的质量检验来保证工程质量。因此, 地基处理现场监测和质量检验测试是地基处理工程的重要环节。

地基处理施工过程中的现场监测对某些地基处理方法来说是很重要的, 有时甚至是必不可少的。例如, 强夯处理施工时的振动监测和排水固结法施工中的孔隙水压力监测。

为有效控制地基处理的施工质量, 规范对每一种地基处理方法都规定了施工过程中的检测方法。例如, 石灰桩的施工检测可采用静力触探、动力触探试验, 检测部位为桩中心及桩间土。

对地基处理的效果检验, 应在地基处理施工结束后, 经过一定时间休止恢复后再进



行。因为地基加固后有一个时效作用，复合地基的强度和模量的提高往往需要一定的时间。效果检验的方法有：载荷试验、钻孔取样、静力触探试验、动力触探试验、标准贯入试验、取芯试验等。有时需要采用多种手段进行检验，以便综合评价地基处理效果。

现场监测主要测试内容通常为地面沉降和深层沉降，地面水平位移和深层土体侧向位移，地基土强度，地基土中孔隙水压力等。对某一具体工程，需要周密计划，根据监测目的，合理确定测试项目和监测点的数量，满足信息化施工的要求。表 1.2 所示常用现场测试方法的适用范围可作参考。

表 1.2 常用现场测试方法的适用范围

| 现场测试方法<br>地基处理方法 | 平板载<br>荷试验 | 沉降<br>观测 | 水平位<br>移观测 | 十字板<br>剪切<br>试验 | 静力<br>触探 | 动力<br>触探 | 标准贯<br>入试验 | 孔隙<br>水压力<br>测试 | 桩荷<br>载试验 | 旁压<br>试验 | 桩基<br>动力<br>测试 | 波速法 | 螺旋压<br>板试验 |
|------------------|------------|----------|------------|-----------------|----------|----------|------------|-----------------|-----------|----------|----------------|-----|------------|
| 换填垫层法            | ○          | ○        | ×          | ×               | ○        | ○        | ○          | ×               | ×         | △        | ×              | ○   | △          |
| 振冲碎石桩            | ○          | ○        | ×          | ×               | ○        | △        | ○          | ○               | △         | △        | ×              | ○   | ×          |
| 强夯置换法            | ○          | ○        | △          | ×               | ×        | ○        | ○          | △               | ×         | ×        | ×              | ×   | ×          |
| 沉管砂石桩法           | ○          | ○        | ×          | △               | ○        | △        | △          | ○               | ×         | △        | ×              | ○   | ×          |
| 石灰桩法             | ○          | ○        | △          | △               | ○        | △        | △          | ×               | △         | △        | ×              | ○   | △          |
| 堆载预压法            | ○          | ○        | △          | △               | ○        | △        | ○          | △               | ×         | △        | ×              | ○   | ○          |
| 超载预压法            | ○          | ○        | △          | △               | ○        | △        | ○          | △               | ×         | △        | ×              | ○   | ○          |
| 真空预压法            | ○          | ○        | △          | ○               | ○        | △        | ○          | ○               | ×         | ○        | ×              | ○   | ○          |
| 深层搅拌法            | ○          | ○        | ×          | ○               | ×        | ×        | ×          | ×               | △         | △        | △              | ○   | △          |
| 旋喷法              | ○          | ○        | ×          | ×               | ×        | ×        | ×          | ×               | ×         | △        | △              | △   | ×          |
| 灌浆法              | ○          | ○        | ×          | ×               | ×        | ×        | ×          | ×               | ×         | △        | ×              | △   | ×          |
| 强夯法              | ○          | ○        | ○          | ×               | ○        | △        | ○          | ○               | ×         | ○        | ×              | ○   | △          |
| 表层夯实法            | ○          | ○        | △          | ×               | ○        | △        | ○          | ×               | ×         | ×        | ×              | ○   | ○          |
| 振冲密实法            | ○          | ○        | △          | ×               | ○        | △        | ○          | ○               | △         | △        | ×              | ○   | ×          |
| 挤密砂石桩法           | ○          | ○        | △          | △               | ○        | △        | ○          | ○               | △         | △        | ×              | ○   | ×          |
| 土桩、灰土桩法          | ○          | ○        | △          | ×               | △        | △        | △          | ×               | ×         | △        | ×              | ×   | ×          |
| 加筋土法             | ○          | ○        | ○          | △               | △        | ×        | △          | ×               | ×         | △        | ×              | △   | △          |
| 冻结法              |            | ○        | ○          |                 | △        | △        |            |                 |           |          |                | ○   |            |

注 ○为一般适用；△为有时适用；×为不适用。

任务 1.7 地基处理与环境保护

随着工业的发展，环境污染问题日益严重，公民的环境保护意识也逐渐提高，在进行地基处理设计和施工中一定要注意环境保护，处理好地基处理与环境保护的关系。

与某些地基处理方法有关的环境污染问题主要是噪声、地下水水质污染、地面位移、振动、大气污染以及施工场地泥浆污水排放等。事实上，一种地基处理方法对环境的影响还



受施工工艺的影响,改进施工工艺可以减少甚至消除对周围环境的不良影响。在确定地基处理方案时,尚需结合具体情况,进一步研究分析。环保问题政策性地区性很强,一定要了解、研究、熟悉施工现场所在地环境保护的有关法令和规定,施工现场周围条件,以及了解施工工艺才能正确选用合适的地基处理方法。

## 任务 1.8 地基处理发展展望

自 20 世纪 80 年代以来,在土木工程建设中遇到需要进行加固的不良地基也越来越多,对地基提出了越来越高的要求。地基处理已成为土木工程中最活跃的领域之一,地基处理在我国得到了飞速发展。地基处理技术最新发展反映在地基处理技术的普及与提高、施工队伍的壮大、地基处理机械、材料、设计计算理论、施工工艺、现场监测技术,以及地基处理新方法的不断发展和多种地基处理方法综合应用等方面。

随着地基处理工程的实践和发展,人们在改造土的工程性质的同时,不断丰富了对土的特性研究和认识,从而又进一步推动了地基处理技术和方法的更新,因而成为土力学基础工程领域中一个较有生命力的分支。

近些年,通过引进国外先进的地基处理技术,吸收其原理和方法,再加上我国各地区根据工程实际研制的独特的技术工艺,使得我国的地基处理技术迅猛发展,并已跻身世界前列。展望地基处理技术的发展,在实际工作中主要考虑下述几个方面的问题。

### 1. 研制和引进地基处理新机械,提高各种工法的施工能力

在土木工程建设中,与国外差距较大的是施工机械能力。在地基处理领域情况也是如此。深层搅拌法、高压喷射注浆法、振冲法等工法的施工机械能力上存在较大差距。随着综合国力提高,地基处理施工机械将会有较大的发展。不仅要重视引进国外先进施工机械,也要重视研制国产先进施工机械。只有各种工法的施工机械能力有了较大提高,地基处理水平才能有较大提高。

### 2. 加强理论研究,提高设计水平

加强地基处理和复合地基理论研究,如复合地基计算理论、优化设计理论、按沉降控制设计理论等,也要加强各种工法加固地基的机理以及设计计算理论研究。

这里特别要强调优化设计理论研究。地基处理优化设计包括两个层面:一是地基处理方法的合理选用;二是某一方法的优化设计。目前在这两个层面都存在较大的差距,发展空间很大。

### 3. 发展新技术

发展地基处理新方法和复合地基新技术,还包括发展地基处理新材料,如深层搅拌专用固化剂等。

### 4. 发展测试技术

测试技术包括各种地基处理工法本身的质量检验,以及对地基处理加固效果的评价。

地基处理和复合地基领域是土木工程中非常活跃的领域,也是非常有挑战性的领域。挑战与机遇并存,可以相信在不远的将来,地基处理技术会在普及的基础上得到较大的提高,发展到一个新的水平,我国的地基处理技术会在施工工艺、计算方法、设备创新、信



息反馈、设计理论及质量检测等方面取得更大的突破。

## 项目小结

该部分把地基处理技术的基础知识列为一个项目进行介绍。首先介绍地基处理的目的和重要性；然后介绍地基处理的对象和处理方法及类型，地基处理的选用原则和规划程序，地基处理的施工管理和检测方法；最后对地基处理和环境保护的关系以及地基处理技术的发展进行评述。

## 思考及习题

1. 地基所面临的问题有哪些方面？
2. 地基处理的目的是什么？
3. 土木工程中经常遇到的不良土地基有哪些？
4. 地基处理方法可分为几大类？简述每一种地基处理方法的应用范围。
5. 地基处理方法的选用原则是什么？简述地基处理方案的确定步骤。
6. 地基处理工程的特点是什么？
7. 如何进行地基处理工程的施工管理？
8. 地基处理的最新发展表现在哪些方面？