



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高校土木工程专业规划教材

地基处理 (第三版)

叶观宝 编
同济大学
高彦斌 主审
叶书麟

D I J I C H U L I

中国建筑工业出版社



日本経済産業省 国土交通省 文部科学省
建設省 国土院 国土交通省 国土院 国土交通省

国土院 国土交通省 国土院 国土交通省

国土院 国土交通省
国土院 国土交通省
国土院 国土交通省



国土院 国土交通省

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高校土木工程专业规划教材

地 基 处 理

(第三版)

同济大学	叶观宝	编
	高彦斌	
	叶书麟	主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地基处理/叶观宝, 高彦斌编. —3 版. —北京:
中国建筑工业出版社, 2009
普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高校
土木工程专业规划教材
ISBN 978-7-112-10802-2

I. 地… II. ①叶…②高… III. 地基处理-高等学校-教材 IV. TU472

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 033501 号

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材, 其内容结合《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002) 的技术要求, 详细介绍了当前国内外各种地基处理技术的概念、加固机理、设计计算、施工工艺和质量检验等内容。这些地基处理方法包括: 砂 (或砂石、碎石) 垫层、素土 (或灰土、二灰) 垫层、粉煤灰垫层、干渣垫层、加筋垫层、轻质材料垫层 (EPS 垫层)、强夯和强夯置换、碎 (砂) 石桩、石灰桩、土 (或灰土、双灰) 桩、水泥粉煤灰碎石桩、堆载预压、真空预压、灌浆、水泥土搅拌桩、高压喷射注浆、土工合成材料、加筋土挡墙。书中还对复合地基的理论和设计进行了系统的阐述。

本书可作为土木工程、地质工程、港口与航道工程等专业学生的教材, 也可供以上专业从事勘察、设计、施工、监理的技术人员作参考资料。

* * *

责任编辑: 王 跃 吉万旺

责任设计: 崔兰萍

责任校对: 孟 楠 关 健

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高校土木工程专业规划教材

地 基 处 理

(第三版)

同济大学 叶观宝 编
高彦斌

叶书麟 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15 $\frac{3}{4}$ 字数: 385 千字

2009 年 6 月第三版 2009 年 6 月第十七次印刷

定价: 26.00 元

ISBN 978-7-112-10802-2

(18052)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

第三版前言

本书第三版是在第二版的基础上进行再版编写的，并作了以下补充和修改：

1. 第二版按照地基处理的原理安排章节内容，第三版中各种地基处理方法独立成章。
2. 考虑到最近几年地基处理技术的发展，绪言中增加了对一些新的地基处理方法，包括组合式地基处理工法、新的地基处理桩型和新的地基处理施工技术的介绍。
3. 各章中增加了对一些新的地基处理施工方法的介绍，如冲击碾压法、长螺旋钻孔管内泵压成桩法、降水联合低能量强夯法等。
4. 适当增加对一些地基处理方法的设计计算方法介绍，如强夯置换法设计、排水预压法设计和加筋土挡墙设计等。
5. 增加一章“复合地基理论和设计”，系统地介绍复合地基的概念、分类、特性以及设计计算方法。
6. 增加了地基处理设计案例，有助于提高该课程的教学效果。

本书共分 14 章，由叶观宝教授和高彦斌副教授共同编写，由叶书麟教授主审。研究生荆婷婷、梁振宁和郭聪灵参与了本书的有关编辑和校对工作。

本书编写过程中引用了很多单位和个人的科研成果及技术总结，再次谨向这些单位和个人致以衷心的感谢。限于作者水平，谬误之处，敬请读者批评指正。

编者

2008 年 12 月

第 二 版 前 言

自第一版《地基处理》问世以来，已有 7 年之久。在这 7 年中，我国经济建设突飞猛进，因而如何选择既满足工程要求，又节省建设资金的地基处理方法，成为广大工程技术人员所关注的重大技术问题。

本书再版编写的原则是：

1. 当前我国再版的《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002) 已正式颁布。为此，本书编写时是根据该规范技术要求和符号进行编写的，以使读者在参考和应用其他技术资料时较为方便。

2. 考虑土工合成材料这一领域在全国各地蓬勃兴起，又鉴于我国颁布了《土工合成材料应用技术规范》(GB 50290—98)，本书对土工合成材料这一新内容结合新规范作了修改和加深；另外，在加筋一章内又增加了树根桩这一节新内容，使读者能了解树根桩这一新技术在国内外的应用和进展。

3. 自第一版出版后，在我国很多大专院校将它作为必修课、选修课或研究生教材，也作为科技人员的培训教材。为此，编写过程中更为着重阐明加固机理、对各种地基处理方法的相互比较和综合分析。

本书共分六章，第一、二、六章由叶书麟编写；第三、四、五章由叶观宝编写。

本书编写过程中引用了很多单位的科研成果和技术总结，再次谨向这些单位和原作者致以衷心的感谢。限于作者水平，谬误之处，敬请读者批评指正。

叶书麟 叶观宝

2004 年 4 月

第一版前言

我国地域辽阔、幅员广大、自然地理环境不同、土质各异、地基条件区域性较强；随着当前经济建设的蓬勃发展，不仅事先要选择在地质条件良好的场地从事建设，而且有时也不得不在地质条件不好的地方进行修建，因此就需对天然的软弱地基进行处理。

地基处理的主要目的是指提高软弱地基的强度、保证地基的稳定；降低软弱地基的压缩性、减少基础的沉降和不均匀沉降；防止地震时地基土的振动液化；消除特殊土的湿陷性、胀缩性和冻胀性。

目前国内外地基处理方法众多，很多方法还在不断发展和完善中。每一种地基处理方法都有它的适用范围和局限性，因而选用某一种地基处理方法时，一定要根据地基土质条件、工程要求、工期、造价、料源、施工机械设备条件等因素综合分析后确定。

本教材是根据建筑工程专业教学计划进行编写的；结合过去的地下建筑工程、工程地质和水文地质、岩土工程三专业所需要的内容，自 1978 年来在以上三专业试用铅印教材后，于 1988 年 8 月正式出版《地基处理》（建筑施工工程师技术丛书）（中国建筑工业出版社）。此后，积极搜集资料，并广泛征求多数院校的意见，吸收国内外比较成熟的新内容，以适应我国基本建设中现代化的需要和教学需要，改编成本教材。

本教材的编写有以下特点：

1. 当前我国《建筑地基处理技术规范》（JGJ 79—91）已正式颁布。为此，本书编写时是根据该规范要求 and 符号进行编写的，以使学员在今后工作中参考使用时较为方便；
2. 鉴于当前地基处理技术发展情况，为反映国内外最新技术成果，对原《地基处理》内各章进行了补充和加深，力求使本教材全面反映先进性和完整性；
3. 本书遵照全国土力学基础工程学会下“土力学基础工程名词委员会”编制的《土力学及基础工程名词》（汉英及英汉对照）（中国建筑工业出版社出版，1983）一书统一全书专业技术名词，有的地基处理技术名词还注出英语原文，并简要阐明其术语定义。
4. 本书各章节安排乃按地基处理的作用机理进行分章列节，作者认为可体现各种地基方法的主要特点和将某些地基处理方法的共性归纳入同一章内，以示科学性。但考虑学员阅读各章节时保持各章节的独立性，因而个别章节内容上不免有极少部分的搭接。
5. 鉴于《地基处理》问世后，除了有很多大专院校将它作为必修课和选修课教材外，还有作为成人教学的培训教材。因此，编写过程中根据作者对本门“地基处理”教学的多年实践经验，对各种地基处理方法阐明其加固机理，设计、施工和质量检验，每章尽可能结合实践附以工程实例、算例、思考题与习题，并对各种地基处理方法进行比较和综合考虑。

本书共分六章，第一、二、六章由叶书麟编写；第三、四、五章由叶观宝编写，全书由叶书麟担任主编，由赵志缙教授担任主审。

本书编写过程中引用了许多科研单位和工程单位的一些科研成果和技术总结，谨向这些单位和同志致以衷心的感谢。

限于作者水平，本书不足和错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

1997 年 1 月

目 录

1 绪言	1
1.1 地基处理的定义	1
1.1.1 场地	1
1.1.2 地基	1
1.1.3 基础	2
1.1.4 地基处理	2
1.2 地基处理的对象及其特征	2
1.2.1 软弱地基	3
1.2.2 特殊土地基	3
1.3 地基处理的目的	5
1.4 地基处理方法的分类、原理及适用范围	5
1.4.1 地基处理方法的分类	5
1.4.2 各种地基处理方法原理简介	7
1.4.3 各种地基处理方法的适用范围和加固效果	10
1.5 一些新的地基处理方法	11
1.6 地基处理方案确定	14
1.6.1 地基处理方案确定需考虑的因素	14
1.6.2 地基处理方案确定步骤	15
1.7 地基处理施工、监测和检验	16
1.8 地基处理技术发展历史	17
思考题与习题	18
2 换填	19
2.1 概述	19
2.2 压实原理	20
2.3 垫层设计	21
2.3.1 砂（或砂石、碎石）垫层设计	22
2.3.2 素土（或灰土、二灰）垫层设计	24
2.3.3 粉煤灰垫层设计	25
2.3.4 干渣垫层设计	28
2.3.5 其他垫层	30
2.4 垫层施工	32
2.4.1 按密实方法分类	32
2.4.2 按垫层材料分类	35

2.5	质量检验	38
	思考题与习题	38
3	强夯和强夯置换	40
3.1	概述	40
3.2	加固机理	40
3.2.1	动力密实	41
3.2.2	动力固结	42
3.2.3	动力置换	44
3.3	设计计算	44
3.3.1	强夯法设计要点	44
3.3.2	强夯置换法设计要点	48
3.3.3	降水联合低能级强夯法设计要点	48
3.4	施工方法	50
3.4.1	施工机械	50
3.4.2	施工步骤	50
3.5	现场观测与质量检验	51
3.5.1	现场观测	51
3.5.2	质量检验	53
	思考题与习题	54
4	碎(砂) 石桩法	55
4.1	概述	55
4.2	加固原理	56
4.2.1	对松散砂土加固原理	56
4.2.2	对黏性土加固机理	57
4.3	设计计算	58
4.3.1	一般设计原则	58
4.3.2	用于砂性土的设计计算	59
4.3.3	用于黏性土的设计计算	61
4.4	施工方法	66
4.4.1	振冲法	66
4.4.2	沉管法	69
4.5	质量检验	73
	思考题与习题	73
5	石灰桩	74
5.1	概述	74
5.2	加固机理	74
5.3	设计计算	75
5.4	施工方法	76
5.5	质量检验	78

思考题与习题	79
6 土(或灰土) 桩	80
6.1 概述	80
6.2 加固机理	80
6.3 设计计算	81
6.4 施工方法	83
6.5 质量检验	85
思考题与习题	85
7 水泥粉煤灰碎石桩	86
7.1 概述	86
7.2 加固机理	87
7.3 设计计算	89
7.4 施工方法	91
7.5 质量检验	93
思考题与习题	94
8 排水固结	95
8.1 概述	95
8.2 加固机理	96
8.2.1 排水固结法原理	96
8.2.2 堆载预压法原理	97
8.2.3 真空预压法原理	97
8.2.4 降低地下水位法原理	99
8.2.5 电渗法原理	99
8.3 设计计算	101
8.3.1 沉降计算	101
8.3.2 承载力计算	103
8.3.3 砂井地基固结度计算	103
8.3.4 堆载预压法设计	108
8.3.5 真空预压法设计	111
8.4 施工方法	112
8.4.1 排水系统	112
8.4.2 预压荷载	117
8.5 现场观测及堆载速率控制	122
8.5.1 现场观测	122
8.5.2 加荷速率控制	123
思考题与习题	125
9 灌浆法	127
9.1 概述	127
9.2 浆液材料	128

9.2.1	浆液性质评价	128
9.2.2	浆液材料分类及特性	129
9.3	灌浆理论	132
9.4	设计计算	134
9.5	施工方法	139
9.5.1	灌浆施工方法的分类	139
9.5.2	注浆施工的机械设备	143
9.5.3	灌浆	144
9.6	质量检验	145
	思考题与习题	146
10	水泥土搅拌法	147
10.1	概述	147
10.2	加固机理	148
10.3	水泥加固土的工程特性	150
10.3.1	水泥土的室内配合比试验	150
10.3.2	水泥土的物理性质	151
10.3.3	水泥土的力学性质	152
10.3.4	水泥土抗冻性能	156
10.4	设计计算	156
10.4.1	水泥土搅拌桩的设计	156
10.4.2	水泥土搅拌桩的计算	157
10.5	施工工艺	164
10.5.1	水泥浆搅拌法	164
10.5.2	粉体喷射搅拌法	170
10.6	质量检验	172
	思考题与习题	174
11	高压喷射注浆法	175
11.1	概述	175
11.2	加固机理	180
11.3	设计计算	184
11.4	施工方法	190
11.5	质量检验	193
	思考题与习题	194
12	土工合成材料	195
12.1	概述	195
12.2	土工合成材料的分类	195
12.3	土工合成材料的特性指标	198
12.4	土工合成材料的主要功能	201
12.4.1	土工合成材料的工程应用	201

12.4.2 常见土工合成材料产品的用途	205
12.5 设计计算	206
12.5.1 作为滤层时的设计	206
12.5.2 加筋土垫层设计	207
12.5.3 加筋土边坡设计	209
12.6 施工技术	211
思考题与习题	212
13 加筋土挡墙	213
13.1 概述	213
13.2 加固机理	213
13.3 设计计算	216
13.4 施工技术	223
思考题与习题	224
14 复合地基理论与设计	225
14.1 复合地基的概念及分类	225
14.2 复合地基性状	226
14.2.1 复合地基作用机理	226
14.2.2 复合地基中桩体破坏模式	227
14.2.3 复合地基应力特性	228
14.2.4 复合地基动力特性	230
14.3 复合地基承载力计算	230
14.3.1 复合地基承载力概念	230
14.3.2 复合地基承载力计算方法	231
14.3.3 规范中两种计算方法的应用	232
14.4 复合地基变形计算	232
14.4.1 复合地基变形计算步骤	233
14.4.2 复合地基固结度计算	233
14.5 单桩和复合地基载荷试验	234
思考题与习题	237
参考文献	238

1 绪 言

1.1 地基处理的定义

1.1.1 场地

场地 (Site) 是指工程建设所直接占有并直接使用的有限面积的土地。场地范围内及其邻近的地质环境都会直接影响着场地的稳定性。场地的概念是宏观的, 它不仅代表着所划定的土地范围, 还应扩大到涉及某种地质现象或工程地质问题所概括的地区。所以场地的概念不能机械地理解为建筑占地面积, 在地质条件复杂的地区, 还应包括该面积在内的某个微地貌、地形和地质单元。场地的评价对工程的总体规划具有深远的实际意义, 关系到工程的安全性和工程造价。

1.1.2 地基

地基 (Foundation, Subgrade) 是指受工程直接影响的这一部分范围很小的场地。建筑物的地基所面临的问题概括起来有以下四方面:

一、强度及稳定性问题

当地基的抗剪强度不足以支承上部结构的自重及外荷载时, 地基就会产生局部或整体剪切破坏。它会影响建 (构) 筑物的正常使用, 甚至引起开裂或破坏。承载力较低的地基容易产生地基承载力不足问题而导致工程事故。

土的抗剪强度不足除了会引起建筑物地基失效的问题外, 还会引起其他一系列的岩土工程稳定问题, 如边坡失稳、基坑失稳、挡土墙失稳、堤坝垮塌、隧道塌方等。

二、变形问题

当地基在上部结构的自重及外界荷载的作用下产生过大的变形时, 会影响建 (构) 筑物的正常使用; 当超过建筑物所能容许的不均匀沉降时, 结构可能开裂。

高压压缩性土的地基容易产生变形问题。一些特殊土地基在大气环境改变时, 由于自身物理力学特性的变化而往往会在上部结构荷载不变的情况下产生一些附加变形, 如湿陷性黄土遇水湿陷、膨胀土的遇水膨胀和失水干缩、冻土的冻胀和融沉、软土的扰动变形等。这些变形对建 (构) 筑物的安全都是不利的。

三、渗漏问题

渗漏是由于地基中地下水运动产生的问题。渗漏问题包括两方面: 水量流失和渗透变形。

水量流失是由于地基土的抗渗性能不足而造成水量损失, 从而影响工程的储水或防水性能, 或者造成施工不便, 如堤坝防水性能不足会降低堤坝的性能, 垃圾填埋场中地基防渗性能不足会引起污染物随地下水的扩散和迁移, 地下水位以下地下结构 (隧道、基坑等) 施工中的防水问题不足会引起施工不便等。

渗透变形是指渗透水流将土体的细颗粒冲走、带走或局部土体产生移动, 导致土体变

形。渗透变形又分为流土和管涌。流土是在渗流作用下，局部土体表面隆起，或某一范围内土粒群同时发生移动的现象。管涌是在渗流作用下，无黏性土中的细小颗粒通过较大颗粒的孔隙，发生移动并被带出的现象。在堤坝工程和地下结构（隧道、基坑等）施工过程中，经常会发生由于渗透变形造成的工程事故。

四、液化问题

在动力荷载（地震、机器以及车辆、爆破和波浪）作用下，会引起饱和松散砂土（包括部分粉土）产生液化，它是使土体失去抗剪强度近似液体特性的一种动力现象，并会造成地基失稳和震陷。

1.1.3 基础

基础（Foundation, Footing）是指建筑物向地基传递荷载的下部结构，它具有承上启下的作用。它处于上部结构的荷载及地基反力的相互作用下，承受由此而产生的内力（轴力、剪力和弯矩）。另外，基础底面的反力反过来又作为地基上的荷载，使地基土产生应力和变形。地基和基础的设计往往是不可截然分割的，基础设计时，除需保证基础结构本身具有足够刚度和强度外，同时还需选择合理的基础尺寸和布置方案，使地基的承载力和变形满足规范的要求。

需要指出的是，对于一些建（构）筑物并没有一个明确的基础，如堤坝和隧道，在这些工程中，基础和地基的概念是不作区分的。

1.1.4 地基处理

凡是基础直接建造在未经加固的天然土层上时，这种地基称之为天然地基。若天然地基很软弱，不能满足地基强度和变形等要求，则事先要经过人工处理后再建造基础，这种地基加固称为地基处理（Ground Treatment, Ground Improvement）。

我国地域辽阔，从沿海到内地，由山区到平原，分布着多种多样的地基土，其抗剪强度、压缩性以及透水性等因土的种类不同而可能有很大的差别，地基条件区域性较强。一些软弱地基或特殊土地基往往需要进行地基处理才可使用。另外，随着结构物的荷载日益增大，对变形的要求也越来越严，因而原来一般可被评价为良好的地基，也可能在特定条件下需要进行地基处理。

地基处理的方法多种多样，加固原理和适用范围也不尽相同。因此，对某一具体工程来讲，在选择处理方法时需要综合地质条件、上部结构要求、周围环境条件、材料来源、施工工期、施工队伍技术素质与施工技术条件、设备状况和经济指标等，科学制定地基处理方案，必要时可进行现场试验以确定设计、施工参数。不仅如此，由于地基处理工程属于隐蔽工程，在施工过程中，还应该通过可靠的检测、监测和其他质量控制程序严格控制施工质量。地基处理工程验收时，还需进行一些必要的检测工作。

1.2 地基处理的对象及其特征

地基处理的对象是软弱地基（Soft Foundation）和特殊土地基（Special Ground）。我国《建筑地基基础设计规范》（GB 50007—2002）中规定：“软弱地基系指主要由淤泥、

淤泥质土、冲填土、杂填土或其他高压缩性土层构成的地基”。特殊土地基大部分带有地区特点，它包括软土、湿陷性黄土、膨胀土、红黏土、冻土和岩溶等。

1.2.1 软弱地基

一、软土

软土（Soft Soil）是淤泥（Muck）和淤泥质土（Mucky Soil）的总称。它是在静水或非常缓慢的流水环境中沉积，经生物化学作用形成的。

软土的特性有天然含水量高、天然孔隙比大、抗剪强度低、压缩系数高、渗透系数小。在外荷载作用下地基承载力低、地基变形大，不均匀变形也大，且变形稳定历时较长，在比较深厚的软土层上，建筑物基础的沉降往往持续数年乃至数十年之久。

设计时宜利用其上覆较好的土层作为持力层；应考虑上部结构和地基的共同作用；对建筑体形、荷载情况、结构类型和地质条件等进行综合分析，再确定建筑和结构措施及地基处理方法。

施工时应注意对软土基槽底面的保护，减少扰动；对荷载差异较大的建筑物，宜先建重、高部分，后建轻、低部分。

对活荷载较大如料仓和油罐等构筑物或构筑物群，使用初期应根据沉降情况控制加载速率，掌握加载间隔时间或调整活荷载分布，避免过大不均匀沉降。

二、冲填土

冲填土（Hydraulic Fill）是指整治和疏浚江河航道时，用挖泥船通过泥浆泵将泥砂夹大量水分吹到江河两岸而形成的沉积土，南方地区称吹填土。

如以黏性土为主的冲填土，因吹到两岸的土中含有大量水分且难于排出而呈流动状态，这类土是属于强度低和压缩性高的欠固结土。如以砂性土或其他粗颗粒土所组成的冲填土，其性质基本上和粉细砂相类似而不属于软弱土范畴。

冲填土是否需要处理和采用何种处理方法，取决于冲填土的工程性质中颗粒组成、土层厚度、均匀性和排水固结条件。

三、杂填土

杂填土（Miscellaneous Fill）是指由人类活动而任意堆填的建筑垃圾、工业废料和生活垃圾而形成的土。

杂填土的成因很不规律，组成的物质杂乱，分布极不均匀，结构松散。因而强度低、压缩性高和均匀性差，一般还具有浸水湿陷性。即使在同一建筑场地的不同位置，其地基承载力和压缩性也有较大差异。

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，未经处理不应作为持力层。

四、其他高压缩性土

主要指饱和松散粉细砂和部分粉土，在动力荷载（机械振动、地震等）重复作用下将产生液化；在基坑开挖时也会产生管涌。

1.2.2 特殊土地基

一、湿陷性黄土

凡天然黄土在上覆土的自重应力作用下，或在上覆土自重应力和附加应力作用下，受

水浸润后土的结构迅速破坏而发生显著附加下沉的黄土，称为湿陷性黄土（Collapsible Loess）。

我国湿陷性黄土广泛分布在甘肃、陕西、黑龙江、吉林、辽宁、内蒙、山东、河北、河南、陕西、山西、甘肃、宁夏、青海和新疆等地区。由于黄土的浸水湿陷而引起建筑物的不均匀沉降是造成黄土地区事故的主要原因，设计时首先要判断是否具有湿陷性，再考虑如何进行地基处理。

二、膨胀土

膨胀土（Expansive Soil）是指黏粒成分主要由亲水性黏土矿物组成的黏性土。它是一种吸水膨胀和失水收缩、具有较大的胀缩变形性能且是变形往复的高塑性黏土。利用膨胀土作为建筑物地基时，如果不进行地基处理，常会对建筑物造成危害。

我国膨胀土分布范围很广。在广西、云南、湖北、河南、安徽、四川、河北、山东、陕西、江苏、贵州和广东等地均有不同范围的分布。

三、红黏土

红黏土（Red Clay）是指石灰岩和白云岩等碳酸盐类岩石在亚热带温湿气候条件下，经风化作用所形成的褐红色黏性土。通常红黏土是较好的地基土，但由于下卧岩面起伏及存在软弱土层，一般容易引起地基不均匀沉降。

我国红黏土主要分布在云南、贵州、广西等地。

四、季节性冻土

冻土（Frozen Soil）是指气候在负温条件下，其中含有冰的各种土。季节性冻土（Seasonally Frozen Ground）是指在冬季冻结，而夏季融化的土层。多年冻土或永冻土（Permafrost）是指冻结状态持续三年以上的土层。

季节性冻土因其周期性的冻结和融化，因而对地基的不均匀沉降和地基的稳定性影响较大。季节性冻土在我国东北、华北和西北广大地区均有分布，占中国领土面积一半以上，其南界西从云南章凤，向东经昆明、贵阳，绕四川盆地北缘，到长沙、安庆、杭州一带。多年冻土分布在东北大、小兴安岭，西部阿尔泰山、天山、祁连山及青藏高原等地，总面积为全国领土面积的 1/5 强。

五、岩溶

岩溶（或称喀斯特 Karst）主要出现在碳酸类岩石地区。其基本特性是地基主要受力层范围内受水的化学和机械作用而形成溶洞、溶沟、溶槽、落水洞以及土洞等。建造在岩溶地基上的建筑物，要慎重考虑可能会造成底面变形和地基陷落。

我国岩溶地基广泛分布在贵州和广西两省区。岩溶是以岩溶水的溶蚀为主，由潜蚀和机械塌陷作用而造成的。溶洞的大小不一，且沿水平方向延伸，有的溶洞已经干涸或被泥砂填实；有的有经常性水流。

土洞存在于溶沟发育、地下水在基岩上下频繁活动的岩溶地区，有的土洞已停止发育，有的在地下水丰富地区还可能发展，大量抽取地下水会加速土洞的发育，严重时可引起地面大量塌陷。