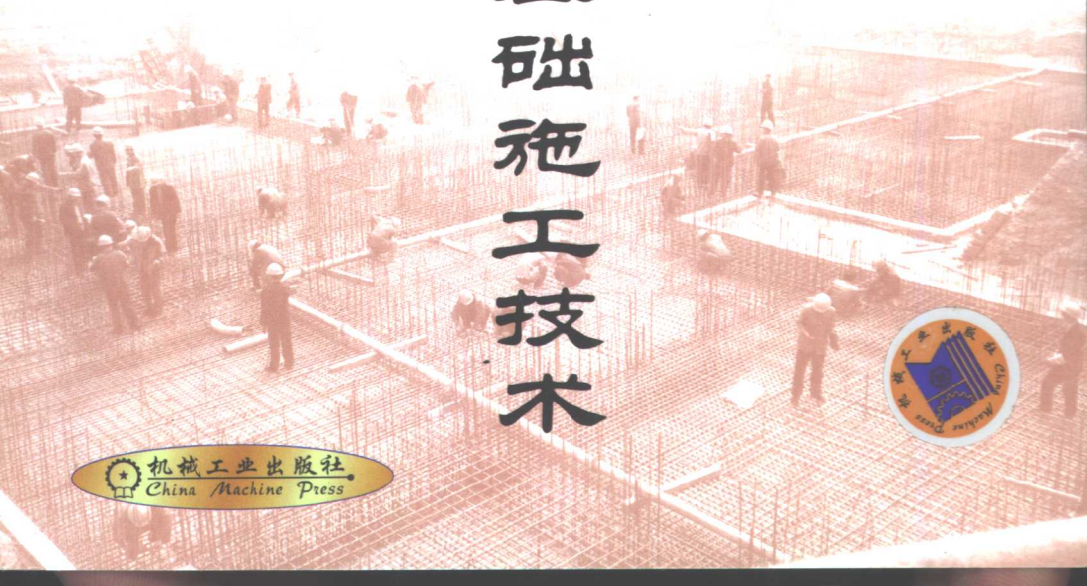


看图学技术丛书

看图学

建筑施工类 本丛书编委会 编

地基与基础施工技术



机械工业出版社
China Machine Press

看图学技术丛书——建筑施工类

看图学地基与基础施工技术

本丛书编委会 编

12月25日 74



机械工业出版社

本书分为六章,主要包括地基岩石和土的分类、浅基础施工技术、深基础施工技术、桩基础施工技术、基坑施工技术和地基处理技术。

本书系初级普及型读本,力求简洁明了,注重针对性、实用性和易学性,采用大量的线条图、立体图和表现图,图文并茂,便于读者在现代快节奏的工作和生活中获取知识和技能。

本书可供初学者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

看图学地基与基础施工技术/本书编委会编. —北京:机械工业出版社, 2002.10

(看图学技术丛书·建筑施工类)

ISBN 7-111-10316-5

I. 看… II. 看… III. ①地基—工程施工—施工技术
②基础(工程)—工程施工—施工技术 IV. TU753

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 035081 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 边 萌 版式设计: 冉晓华 责任校对: 樊钟英
王英杰

封面设计: 姚 毅 责任印制: 路 琳

北京市樱花印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002年7月第1版·第1次印刷

890mm×1240mm A5·11.25印张·332千字

0001-4000册

定价: 20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527
封面无防伪标均为盗版

《看图学技术丛书——建筑施工类》

编审委员会名单

主 任：章克凌 张金城

副 主 任：曾玉生 齐占伟 陈晓波

编 委：(以姓氏笔划为序)

王朝阳	王益高	王淑萍	王 波	刘 军
张树勳	张卫兵	李纪三	李本平	李国胜
李卧东	李天河	李 锐	李永红	吴 波
吴 澜	汪新红	姚 惠	段成君	徐大志
秦根杰	高义章	蔡 洁	谭延平	

本书主编：章克凌

本书参编：李纪三 李本平 蔡 洁

本书主审：张树勳

前 言

我国正处于经济高速增长时期，建筑产业作为国民经济重要增长点和支柱产业，正迅猛发展。劳动密集、资金密集和技术密集是建筑业区别于其他现代化工业的最大特点。提高广大建筑施工人员的技术水平和专业技能是提高建筑产品质量和劳动生产效益的根本途径。21世纪的生活节奏正在不断加快，知识化进程明显加快，繁忙的现代人很难有时间坐下来阅读“大部头”的施工技术类书籍。为此，我们特编写“看图学技术丛书——建筑施工类”系列，以飨读者。

该套建筑施工类系列丛书的编写，旨在通过大量的线条图、立体图和表现图等图形的表达方式，使读者能在短时间内轻松地学习并掌握所需建筑施工方面的技术和知识。在内容的编排上，以初级工为主要读者对象，注重解析实际的施工运用技术，免去繁琐的理论叙述。对施工设备知识缺乏的读者，也可通过大量的插图，从中掌握基本的施工方法、手段和技术。在结构处理上考虑建筑施工的不同工种，分项单独成册，以满足不同读者的要求。以丛书的形式推出，又不失其系统性。

全套建筑施工类系列丛书共10本：《看图学暖通工程安装技术》、《看图学给排水系统安装技术》、《看图学建筑电气系统安装技术》、《看图学施工测量技术》、《看图学地基与基础施工技术》、《看图学砌体施工技术》、《看图学建筑装饰工程施工技术》、《看图学楼面与地面施工技术》、《看图学地下防水堵漏技术》、《看图学施工设备检修技术》。

本书是“看图学技术——建筑施工类”系列丛书之五，由章克凌担任主编，李纪三、李本平、蔡洁任参编，其中李纪三编写第一章，蔡洁编写第二、三章，李本平编写第四、五章，章克凌编写第六章，张树勋担任主审。

本书供建筑施工的各类施工人员使用，也可供有关专业教学人员

参考。

由于编写时间仓促，加之编写经验不足，书中难免会有不足之处，希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 地基岩石和土的分类	1
第一节 地基与基础的概念	1
第二节 岩石地基	3
第三节 山区地基	19
第四节 土层地基	25
第二章 浅基础	60
第一节 单独基础	60
第二节 条形基础	75
第三节 独立基础	78
第四节 筏板基础	80
第五节 箱形基础	83
第六节 降水	88
第三章 深基础	95
第一节 地下连续墙	95
第二节 沉井基础	121
第四章 桩基础	142
第一节 预制钢筋混凝土桩	142
第二节 预应力混凝土管桩	150
第三节 钢桩	157
第四节 沉管灌注桩	170
第五节 成孔灌注桩	174

第五章	基坑施工	197
第一节	基坑土方开挖施工	197
第二节	基坑围护结构	209
第三节	止水降水与排水	255
第六章	地基处理	269
第一节	压密固结法	269
第二节	换填垫层法	295
第三节	化学加固法	305
第四节	托换技术	330
第五节	地基纠偏	343

第一章 地基岩石和土的分类

依据国家标准《岩土工程勘察规范》(GB50021—1994)、《土的分类标准》(GBJ145—1990)、《建筑地基基础设计规范》(GBJ7—1989)、《工业与民用建筑工程地质勘察规范》(TJ21—1977)中的规定和最新研究成果,作为建筑物的地基介质可以分为岩石地基和土层地基。

第一节 地基与基础的概念

地面建筑物的基础,不是修建在岩体表部就是修建在土体表部。岩体、土体受到建筑物的荷载作用以后,其内部原有的应力状态就会发生变化。工程上把受建筑物影响其应力发生变化而引起物理、力学性质发生可感变化的那部分岩体或土体称为地基,即承担建筑物传来荷载的岩土体;基础是指建筑物向地基传递荷载的下部结构。因此,建筑物的基础是位于上部结构和地基之间,起着把上部结构的荷载分布开来传递到地基中去的作用。当地基由两层以上岩土层组成时,通常将直接与基础接触的岩土层称为持力层,其下的土层称为下卧层。地基与基础实录如图 1-1 所示,上部结构、基础与地基的相互关系如图 1-2 所示。

天然岩土层可以作为建筑物地基的,称为天然地基;需经人工加固处理后才能作为建筑物地基的称为人工地基。基础有多种形式,通常把相对埋深(基础埋深与基础宽度之比)不大,采用一般方法与设备施工的基础称为浅基础,如单独基础、条形基础、片筏基础、箱形基础、壳体基

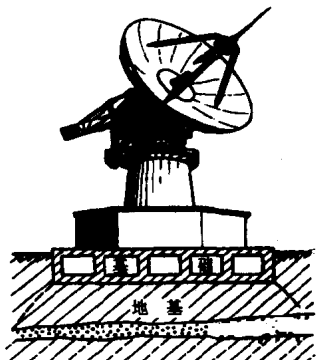


图 1-1 地基与基础实录

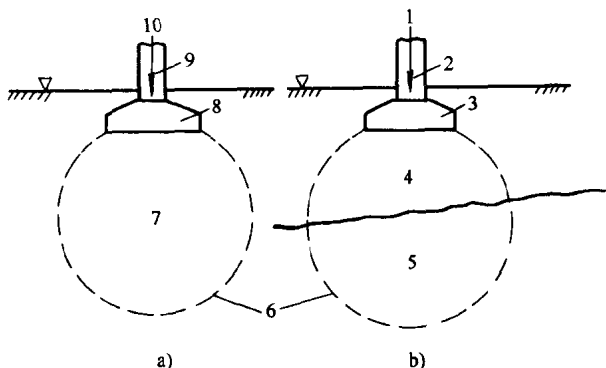


图 1-2 上部结构、基础和地基示意图

1、10—上部荷载 2、9—上部结构 3、8—基础

4—持力层 5—下卧层 6—应力影响区 7—地基

础等；而把基础埋深超过某一值，且需借助于特殊的施工方法才能将建筑物荷载传递到地表以下较深岩土层的基础称为深基础，如桩基础、墩基础、沉井基础及地下连续墙等。建筑物的上部结构与基础、地基三部分虽然功能各异，却构成了一个既相互制约又共同工作的整体。因此，为了保证建筑物的正常使用，地基基础设计需满足两个基本条件：

(1) 强度条件 即要求作用于地基上的荷载不超过地基承载力，以保证地基在防止整体失稳方面有足够的安全储备。

(2) 变形条件 即控制基础沉降使之不超过容许值。

组成地壳的岩石或土是自然地质作用的产物，它的形成过程、物质成分、工程地质特性及其所处的自然环境极为复杂多变。因此，在建筑物设计、施工之前，必须进行建筑物的地基勘察，充分了解、研究地基岩土层的成因及构造、物理力学性质、地下水情况以及是否存在（或可能发生）影响场地稳定性的不良地质现象（如滑坡、岩溶、地震等），从而对场地的工程地质条件作出正确的评估与合理利用。这是做好地基基础设计与施工的先决条件。

由于岩土的形成年代、生成环境及成分的不同，所以地基的性质是复杂多样的。例如，有的岩石强度特别大，可以远远满足建筑物的需要。又如，沿海及内陆地区的软土，西北、华北和东北等地区的黄

土，高寒地区的永冻土以及分布在各地区的红粘土、膨胀土和杂填土等，都具有不同的性质，不经过处理很难满足建筑物的需要造成地基的剪切破坏，地基常见的破坏形式，见图 1-3。因此，设计之前必须对场地进行工程地质勘察，提交工程地质报告，然后根据上部结构荷载、房屋使用及构造上的要求，对地基进行强度、变形及稳定性分析。

要求作用在地基上的压应力不超过地基的承载力，地基的计算变形量不超过地基变形的容许值。对经常受水平荷载作用的高层建筑和高耸结构，以及建在斜坡上的建筑物和构筑物，均应验算其稳定性。

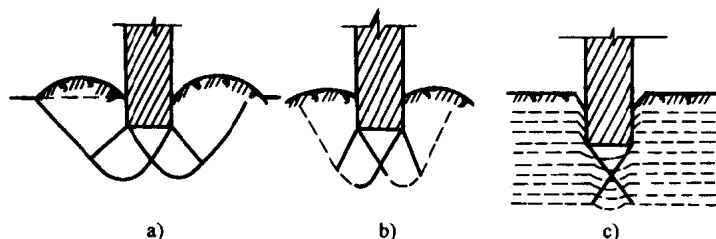


图 1-3 地基常见的破坏形式

a) 整体剪切破坏 b) 局部剪切破坏 c) 冲剪破坏

第二节 岩石地基

岩石是指颗粒间牢固连结，是具有整体性强或节理、裂隙的岩体。它作为建筑场地和建筑地基应该重视对以下内容的研究。

一、岩石地基的承载力与压缩性

岩石地基的承载力除取决于岩石类别外，还与其风化程度有较大关系。微风化硬质岩石强度较高，单轴极限抗压强度为 $30 \sim 100\text{MPa}$ ，其容许承载力一般按单轴极限抗压强度的 $1/6 \sim 1/8$ 计算；微风化软质岩石单轴极限抗压强度一般在 $5 \sim 30\text{MPa}$ 之间；中等风化及强风化硬质岩石的容许承载力由于不易取得完整岩石试样作单轴极限抗压强度试验，一般是通过载荷试验在 $p-s$ 曲线上（图 1-4）按比例界限压力确定（注：相应于 a 点的荷载即为比例界限压力值）。

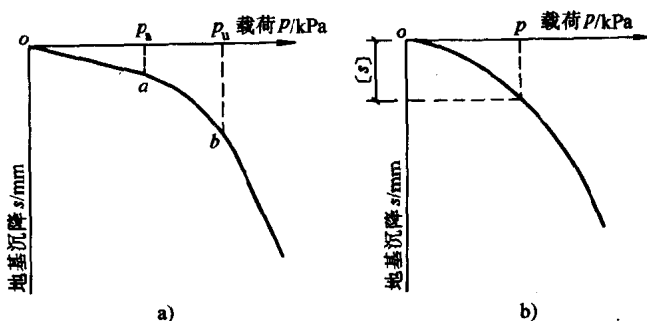


图 1-4 荷载试验的典型 $p-s$ 曲线

a) 有明显的 p_a 、 p_u 值 b) p_a 、 p_u 值不明显

a —比例界限点 b —临界荷载点

当无试验资料时，岩石地基的容许承载力可参考表 1-1 选用确定。

表 1-1 岩石地基的容许承载力 (单位: MPa)

岩石类型	风化程度		
	强风化	中等风化	微风化
硬质岩	0.5~1	1.5~2.5	≥ 4
软质岩	0.2~0.5	0.7~1.2	1.5~2

未风化及微风化岩石的压缩性很小，实际上可以认为是不可压缩的。随着风化程度的增加，压缩性有所增高。但由于工业与民用建筑物基底压力都不大，所以，对中等风化岩石地基的变形量仍可忽视不计。某些强风化岩石的压缩性较高，如有的粘土岩加荷到 0.6~0.7MPa 时，变形量可达 2~30cm。总的说来，岩石作为工业与民用建筑物的天然地基，其承载力和压缩性是不成问题的。

二、岩石地基的工程分类

- 1) 按成因分为岩浆岩、沉积岩和变质岩。
- 2) 坚硬程度分为硬质岩石和软质岩石 (表 1-2)。
- 3) 根据岩石的单层厚度可以划分为表 1-3 中的几种情况。
- 4) 根据风化程度分为微风化、中等风化和强风化 (表 1-4)。
- 5) 按软化系数 K_R 分为软化岩石和不软化岩石， K_R 为饱和状态

与风干状态的岩石单轴极限抗压强度之比, $K_R \leq 0.75$ 为软化岩石, $K_R > 0.75$ 为不软化岩石。

表 1-2 岩石的强度分类表

序号	名称	定性鉴定	代表性岩石
硬质岩	1 极坚硬岩: $R_c \geq 60\text{MPa}$	锤击声清脆, 有回弹, 震手, 难击碎; 浸水后大多无吸水反应	未风化—微风化的花岗岩、正长岩、闪长岩、辉绿岩、安山岩、片麻岩、石英片岩、硅质板岩、石英岩、硅质砾岩、石英砂岩、硅质石灰岩等
	2 较坚硬岩: $R_c = 60 \sim 30\text{MPa}$	锤击声较清脆, 有轻微回弹, 稍震手, 较难击碎; 浸水后有轻微吸水反应	1. 未风化的坚硬岩 2. 未风化—微风化的熔结凝灰岩、大理岩、板岩、白云岩、石灰岩、钙质砂岩等
软质岩	3 较软岩: $R_c = 30 \sim 15\text{MPa}$	锤击声不清脆, 无回弹, 较易击碎; 浸水后指甲可刻出印痕	1. 风化的坚硬岩 2. 弱风化的较坚硬岩 3. 未风化—微风化的凝灰岩、千枚岩、砂质泥岩、泥灰岩、泥质砂岩、粉砂岩、页岩等
	4 软岩: $R_c = 15 \sim 5\text{MPa}$	锤击声哑, 无回弹, 有凹痕, 易击碎; 浸水后手可掰开	1. 强风化的坚硬岩 2. 风化—强风化的软坚硬岩 3. 风化—微风化的较软岩 4. 未风化的泥岩等
	5 极软岩: $R_c < 5\text{MPa}$	锤击声哑, 无回弹, 有较深凹痕, 手可捏碎; 浸水后可捏成团	1. 全风化的各种岩石 2. 各种半成岩石

注: R_c 系指未风化岩石的单轴饱和和极限抗压强度。

表 1-3 岩层厚度划分表

层厚分类	单层厚度/m	层厚分类	单层厚度/m
巨厚层	>1.0	中厚层	0.5~0.1
厚层	1.0~0.5	薄层	≤0.1

表 1-4 岩石风化程度分类

岩石类别	风化程度	野外特征	风化程度参数指标		
			压缩波速度 $v_p / (\text{m/s})$	波速比 K_v	风化系数 K_f
硬 质 岩 石	未风化	岩质新鲜, 未见风化痕迹	>5000	0.9~1.0	0.9~1.0
	微风化	组织结构基本未变, 仅节理面有铁锰质渲染或矿物略有变色。有少量风化裂隙	4000~5000	0.8~0.9	0.8~0.9
	中等风化	组织结构部分破坏, 矿物成分基本未变化, 仅沿节理面出现次生矿物。风化裂隙发育, 岩体被切割成 20~50cm 的岩块。锤击声脆, 且不易击碎; 不能用镐挖掘, 用岩芯钻方可钻进	2000~4000	0.6~0.8	0.4~0.8
	强风化	组织结构已大部分破坏, 矿物成分已显著变化。长石、云母已风化成次生矿物。裂隙很发育, 岩体破碎。岩体被切割成 2~20cm 的岩块, 可用手折断。用镐可挖掘, 干钻不易钻进	1000~2000	0.4~0.6	<0.4
	全风化	组织结构已基本破坏, 但尚可辨认, 并且有微弱残余结构强度, 可用镐挖, 干钻可钻进	500~1000	0.2~0.4	—
残积土		组织结构已全部破坏。矿物成分除石英外, 大部分已风化成土状; 锹镐易挖掘, 干钻易钻进, 具可塑性	<500	<0.2	—

(续)

岩石类别	风化程度	野外特征	风化程度参数指标		
			压缩波速度 $v_p / (m/s)$	波速比 K_v	风化系数 K_f
软质岩石	未风化	岩质新鲜, 未见风化痕迹	>4000	0.9~1.0	0.9~1.0
	微风化	组织结构基本未变, 仅节理面有铁锰质渲染或矿物略有变色。有少量风化裂隙	3000~4000	0.8~0.9	0.8~0.9
	中等风化	组织结构部分破坏。矿物成分发生变化, 节理面附近的矿物已风化成土状。风化裂隙发育。岩体被切割成 20~50cm 的岩块, 锤击易碎, 用镐难挖掘。用岩芯钻方可钻进	1500~3000	0.5~0.8	0.3~0.8
	强风化	组织结构已大部分破坏, 矿物成分已显著变化, 含大量粘土质粘土矿物。风化裂隙很发育, 岩体被切割成碎块, 干时可用手折断或捏碎, 浸水或干湿交替时可较迅速地软化或崩解。用镐或锹可挖掘, 干钻可钻进	700~1500	0.3~0.5	<0.3
	全风化	组织结构已基本破坏, 但尚可辨认, 并且有微弱残余结构强度, 可用镐挖, 干钻可钻进	300~700	0.1~0.3	—
	残积土	组织结构已全部破坏。矿物成分已全部改变并已风化成土状; 锹镐易挖掘, 干钻易钻进, 具可塑性	<300	<0.1	—

注: 1. 波速比 K_v 为风化岩石与新鲜岩石压缩波速度之比。

2. 风化系数 K_f 为风化岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压强度之比。

3. 岩石风化程度, 除按表列野外特征和定量指标划分外, 亦可根据地区经验按点荷载试验资料划分。

4. 花岗岩类的强风化与全风化、全风化与残积土的划分, 宜采用标准贯入试验, 其划分标准 $N \geq 50$ 为强风化; $50 > N \geq 30$ 为全风化; $N < 30$ 为残积土。

三、岩石地基的合理利用

岩石地基的特点是：整体性强，下部支承可靠，强度大（有的高于一般混凝土的强度），压缩性小。但要注意节理、裂隙、风化等的影响，特别是场地稳定问题。因此，设计与施工时应结合现场工程地质条件，全面加以考虑。

当岩层整体性较好，裂隙较少时，可省去基础，把荷载通过墙、柱直接传给岩石上。如对预制钢筋混凝土柱，可把岩石凿成杯口，将柱插入，然后用 200 号细石混凝土将柱的周围填实，使与岩层联成整体。杯口深要满足柱内钢筋的锚固要求。如岩层整体性较差，则一般仍要做混凝土基础，但杯口底部厚度可适当减少到 8~10cm。

对捣制的钢筋混凝土柱，如为中心受压或小偏心受压，可将柱子钢筋直接插入基岩作锚桩，如图 1-5a 所示，如为大偏心受压柱为了承受拉力，当岩层强度较低时，可作大放脚，以便布置较多的锚桩，如图 1-5b 所示。对某些设备基础，也有把地脚螺栓直接埋设在岩石中，利用岩层作为设备的基础。

大型地下构筑物（如水泵房、大型设备基础）坐落在基岩上时，如浇筑在一起，地下构筑物被岩石嵌固，当水泥水化热温升很高时，温度收缩变形受到地基的约束而引起较大的拉应力，而使结构物产生裂缝，此时应在混凝土构筑物与岩石地基之间设置隔离层（即放松约束层），如在混凝土垫层上浇（或刷）二遍沥青胶、撒铺砂子（总厚 5mm），底板标高变化的垂直面用沥青胶贴沥青刨花板隔离，以降低约束，避免出现较大温度应力，可预防裂缝见图 1-6。

坚实完整的基岩，在基岩上钻孔插锚筋，灌 1:1:1~1:1.5:2（水、水泥、砂的重量比）水泥砂浆作锚桩，上作杯口安装柱子或在基岩上直接凿杯口安装柱子，进行灌浆，见图 1-7。对现浇中心受压或小偏心受压柱，可在基岩上钻孔，将柱子钢筋直接插入基岩作锚桩；对大偏心受压桩，如基岩强度较低，可作大放脚，在底部配置一定数量的锚筋，见图 1-8。

对外形简单的设备基础，直接在基岩上地脚螺栓位置钻孔，安地脚螺栓灌水泥砂浆或灌环氧砂浆锚固在岩石中，再在表面浇筑一层 10~20cm 厚的混凝土，以代替大块混凝土基础，见图 1-9。

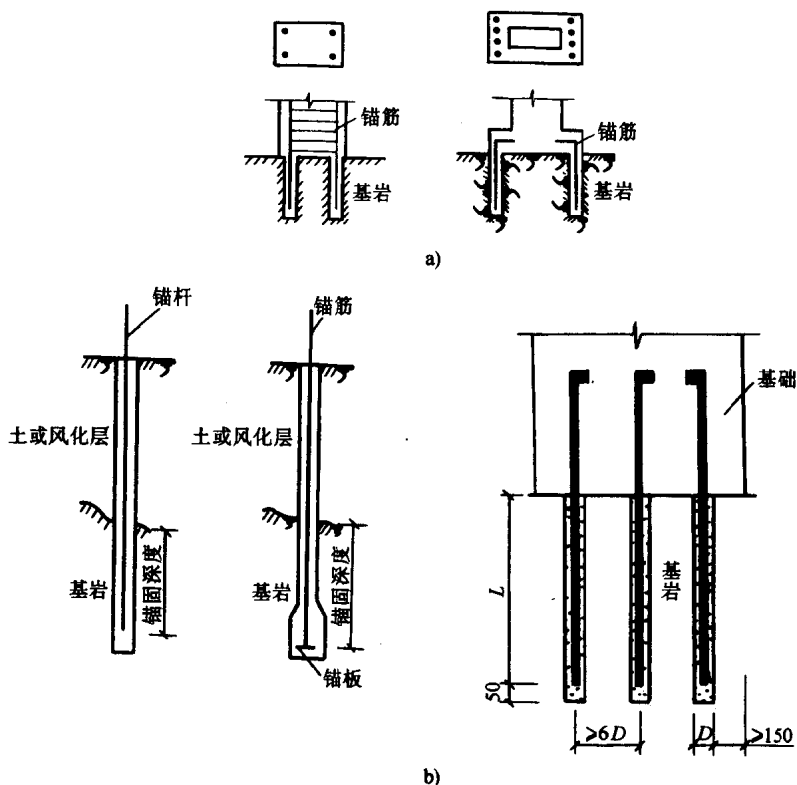


图 1-5 岩石地基与基础的联接

a) 钢筋混凝土柱联接 b) 锚桩联接

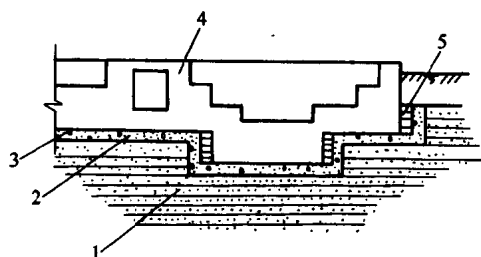


图 1-6 岩石地基隔离层的设置

1—基岩 2—混凝土土层 3—沥青胶铺砂 4—大型设备基础 5—沥青刨花板