

岩土工程设计计算与施工丛书 3

锚固工程设计计算与施工

主编
编者



中国地质大学出版社

岩土工程设计计算与施工丛书 3

锚固工程设计计算与施工

主编 彭振斌

编者 陈昌富

中国地质大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

锚固工程设计计算与施工/彭振斌主编;陈昌富编. —武汉:中国地质大学出版社, 1997. 8

(岩土工程设计计算与施工丛书 3)

ISBN 7-5625-1172-1

I. 锚…

II. ①彭…②陈…

III. ①锚固工程-设计计算②锚固工程-施工监测

IV. TU473

出版发行 中国地质大学出版社(武汉市喻家山·邮政编码 430074)

责任编辑 贾晓青 责任校对 熊华珍

印 刷 中国地质大学出版社印刷厂

经 销 湖北省新华书店

开本 850×1168 1/32 印张 5.125 插页 1 字数 140 千字

1997 年 8 月第 1 版 1997 年 8 月第 1 次印刷 印数 1—5 000 册

定价:8.00 元

岩土工程设计计算与施工丛书编写委员会

主 编：彭振斌

副主编：张可能 陈昌富

委 员：彭振斌 张可能 陈昌富 隆 威
王殿江 许宏武 胡焕校

编 者 的 话

近几年来,随着国民经济的高速增长,建筑工程、铁路公路工程、水利水电工程、桥涵码头工程等建设项目如雨后春笋般蓬勃兴起,迅速发展。岩土工程作为各种建设工程的前期和基础性工作,经过广大科技工作者和工程人员进行理论上的探讨、设计方面的创新、先进技术的推广和应用、施工经验的总结等,从勘察、设计到施工、监理和监测技术均已达到一个新的水平,工程质量也不断提高。但由于我们国家地域辽阔,地质条件复杂,建设工程多、分布面积广,施工队伍的素质、技术参差不齐,以及岩土工程本身具有多样性的特点,在工程实践中,仍然存在不少技术和质量问题,有的甚至造成了重大事故。因此,如何更好地总结已有的科研成果、总结施工经验、推广先进技术、提高工程质量,仍是摆在岩土工程工作者面前的一项艰巨任务。为此我们组织编写了岩土工程设计计算与施工丛书。

该丛书主要读者对象是从事岩土工程勘察、设计、施工、监理和监测的工程技术人员,也可作为相近专业人员和有关院校师生的参考书。

岩土工程设计计算与施工丛书共分六册,包括《灌注桩工程设计计算与施工》、《托换工程设计计算与施工》、《锚固工程设计计算与施工》、《深基坑开挖与支护工程设计计算与施工》、《注浆工程设计计算与施工》、《地基处理工程设计计算与施工》。其中:《灌注桩工程设计计算与施工》和《托换工程设计计算与施工》由中南工业

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 锚固工程概述	(1)
第二节 锚固工程应用	(2)
第三节 锚固工程发展概况	(7)
第二章 岩土工程中常用锚杆及锚固原理	(10)
第一节 锚杆的含义	(10)
第二节 锚杆的锚固原理	(11)
一、悬吊作用原理	(12)
二、组合梁作用原理	(12)
三、挤压加固作用原理	(13)
第三节 岩土锚杆种类及其特点	(14)
第四节 常用锚杆的锚固力	(15)
一、粘结型锚杆	(15)
二、楔缝式锚杆	(21)
三、涨壳式锚杆	(22)
四、缝管式锚杆	(22)
第三章 锚固工程设计计算	(24)
第一节 锚固工程设计的一般原则和方法	(24)
第二节 岩土边坡锚固工程设计与计算	(25)
一、岩土边坡工程勘察	(25)
二、边坡稳定性分析和加固力计算	(27)
三、边坡锚固工程设计	(32)
第三节 深基坑开挖锚固工程设计与计算	(48)

一、作用于桩墙上的土压力	(49)
二、锚拉支挡结构锚固工程设计计算	(51)
第四节 斜坡挡土墙锚固工程设计计算	(58)
一、斜坡挡土墙的锚固结构形式	(59)
二、斜坡挡土墙土压力计算	(59)
三、斜坡上锚固挡土墙加固力设计计算	(63)
四、斜坡挡土墙锚固工程锚杆设计	(69)
五、斜坡挡土墙锚固工程挡土墙设计	(69)
第五节 混凝土坝锚固工程设计计算	(70)
一、概述	(70)
二、混凝土坝锚固工程设计	(71)
第六节 地下结构锚固工程设计计算	(75)
一、概述	(75)
二、锚喷支护设计的基本原则和方法	(76)
三、地下结构工程锚喷支护结构工程类比设计	(77)
四、地下结构工程锚喷支护理论设计法	(87)
第七节 其他锚固工程设计	(97)
一、锚固基础工程设计	(97)
二、抗浮锚固工程设计	(101)
三、现场试验加载装置的锚固	(103)
第四章 锚固工程施工	(105)
第一节 施工准备	(105)
一、施工前的调查	(105)
二、施工设计	(106)
第二节 钻孔	(109)
一、钻孔机械设备	(109)
二、锚固孔施工技术及工艺	(114)
第三节 锚杆杆体的组装与安放	(119)

一、锚杆(索)的制作	(119)
二、锚杆(索)的安放	(124)
第四节 锚杆的注浆	(124)
一、注浆设备的选择	(125)
二、注浆材料的选配	(125)
三、注浆	(127)
第五节 锚杆的张拉与锁定	(128)
一、外锚头施工方法	(128)
二、张拉锁定设备选择	(133)
三、张拉与锁定施工方法	(134)
第六节 锚固工程验收	(136)
第五章 锚固工程试验与监测	(139)
第一节 锚固工程试验	(139)
一、锚固工程试验的一般要求	(139)
二、基本试验	(140)
三、验收试验	(144)
四、蠕变试验	(146)
第二节 锚杆预应力的长期监测	(147)
一、影响锚杆预应力变化的因素	(148)
二、锚杆预应力长期监测仪器	(149)
三、锚杆预应力长期监测要求	(151)
主要参考文献	(153)

第一章 绪 论

第一节 锚固工程概述

岩土工程所面临的对象是复杂的地质体。这些复杂的地质体在漫长的地质年代里，由于经历了地质构造运动、自然风化和人类活动的作用，其中包含大量诸如层理、节理、断层、软弱夹层、溶沟、溶槽等各种地质缺陷。它们在一定的时间内和一定的条件下，可能处于相对稳定的平衡状态。但如果条件改变，原来的平衡状态就有可能遭到破坏，比如在岩土工程开挖与施工过程中，其原有应力场会重新分布，从而使岩土体发生变形，进而产生坍塌、塌陷、岩崩、滑坡、地面沉降等地质灾害。为预防和治理此类地质灾害，工程上常将一种受拉杆件埋入岩土体，用以调动和提高岩土体的自身强度和自稳能力。这种受拉杆件工程上称为锚杆，它所起的作用就是锚固，应用数学、力学和工程材料等科学知识来解决岩土工程中的锚固设计、计算、施工和监测等方面问题的技术和工艺就称为锚固工程。

为满足不同地质条件、不同岩土性质和不同工况条件下的工程结构的需要，人们研制了各种各样的锚杆，于是衍生出了各种类型的锚固技术和方法。工程上常按如下方法归类：

- (1) 按应用对象划分，有岩石锚杆、土层锚杆；

- (2) 按是否预先施加应力划分, 有预应力锚杆、非预应力锚杆;
- (3) 按锚固机理划分, 有粘结式锚杆、摩擦式锚杆、端头锚固式锚杆和混合式锚杆;
- (4) 按锚固体传力方式划分, 有压力式锚杆、拉力式锚杆和剪力式锚杆;
- (5) 按锚固体形态划分, 有圆柱型锚杆、端部扩大型锚杆和连续球型锚杆。

第二节 锚固工程应用

随着锚固技术的拓宽和发展, 锚固工程几乎遍及土木建筑领域的各个方面, 目前国内外广泛采用锚固技术加固临时和永久性建筑

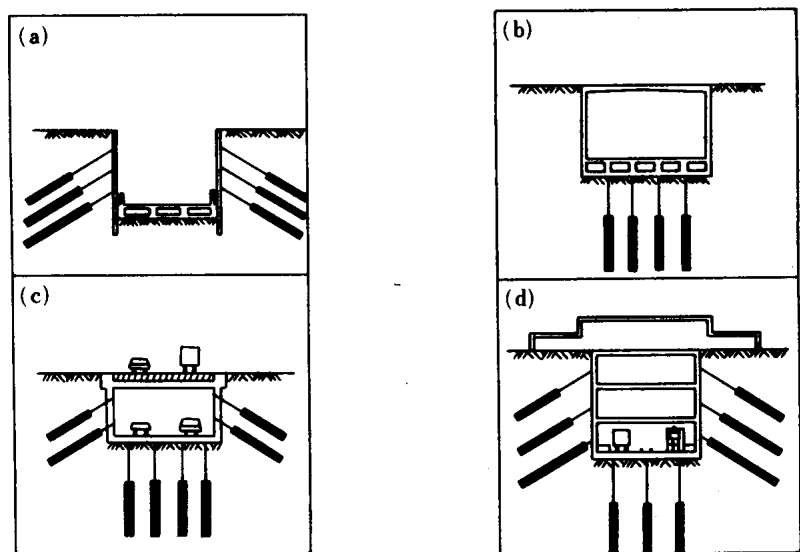


图 1-1 锚固技术在深基础工程中的应用

(a) 深基坑支护; (b) 地下室抗浮; (c) 地下停车场; (d) 地下铁道或地下街

物结构，且其应用正在日益扩大，概括起来锚固工程主要有以下几个方面的用途：

(1) 深基础和地下结构工程支护 主要用在深基坑支挡〔图 1-1 (a)〕、高层建筑地下室抗浮〔图 1-1 (b)〕、地下结构工程支护与加固，如地下停车场〔图 1-1 (c)〕、地下铁道或地下街〔图 1-1 (d)〕、地下商场、地下工业用厂房等；

(2) 边坡稳固工程 主要有边坡加固〔图 1-2 (a)〕、斜坡挡土〔图 1-2 (b)〕、锚固挡墙〔图 1-2 (c)〕和滑坡防治〔图 1-2 (d)〕；

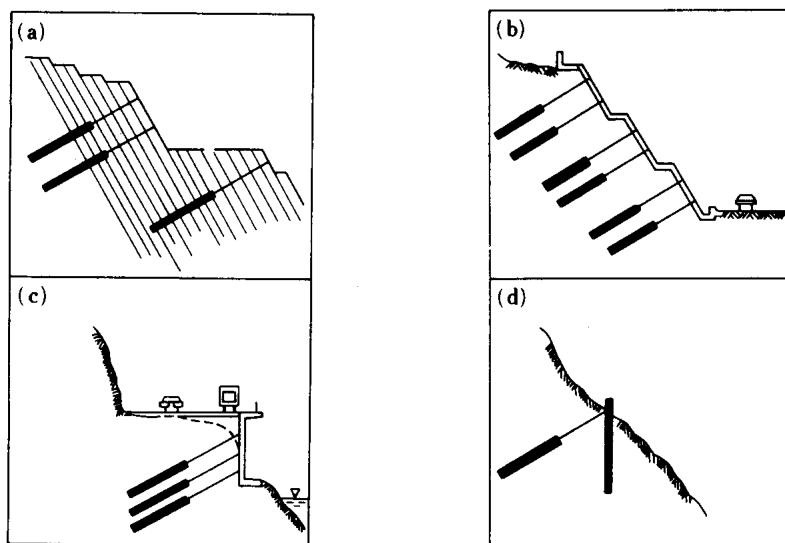


图 1-2 锚固技术在边坡稳定工程中的应用

(a) 边坡加固；(b) 斜坡挡土；(c) 锚固挡墙；(d) 滑坡防治

(3) 结构抗倾覆应用 如防止高塔倾倒〔图 1-3 (a)〕、防止高架桥倾倒〔图 1-3 (b)〕、防止坝体倾倒〔图 1-3 (c)〕、防止挡土墙倾覆〔图 1-3 (d)〕；

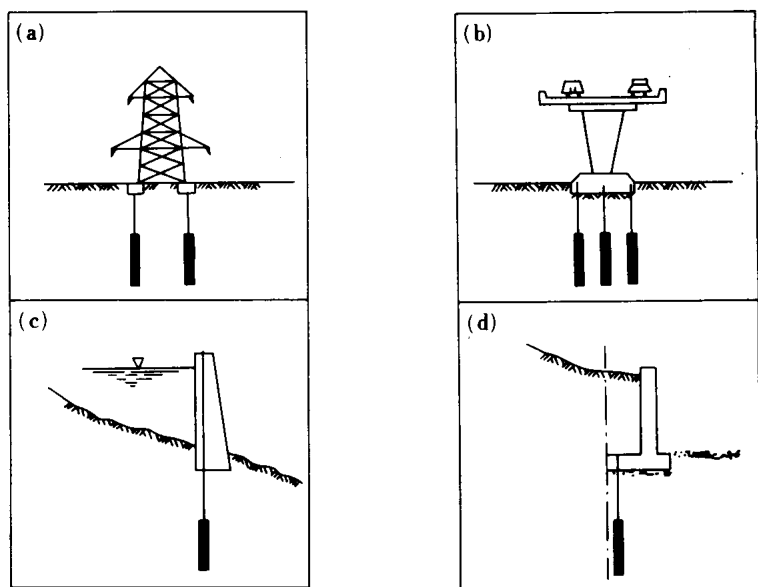


图 1-3 锚固技术在结构抗倾覆工程中的应用

(a) 防止高塔倾倒；(b) 防止高架桥倾倒；(c) 防止坝体倾倒；(d) 防止挡土墙倾覆

(4) 在加压装置中的应用 如桩的静荷载试验装置〔图 1-4 (a)〕、沉箱下沉加重〔图 1-4 (b)〕；

(5) 井巷及隧道工程支护 主要是用来防止隧道（井巷）坍塌〔图 1-5 (a)〕和控制隧道（井、巷）围岩变形〔图 1-5 (b)〕；

(6) 道桥基础加固 如防止桥墩基础滑动〔图 1-6 (a)〕、悬臂桥锚固〔图 1-6 (b)〕、吊桥桥墩锚固〔图 1-6 (c)〕，大跨度拱形结构物稳固〔图 1-6 (d)〕；

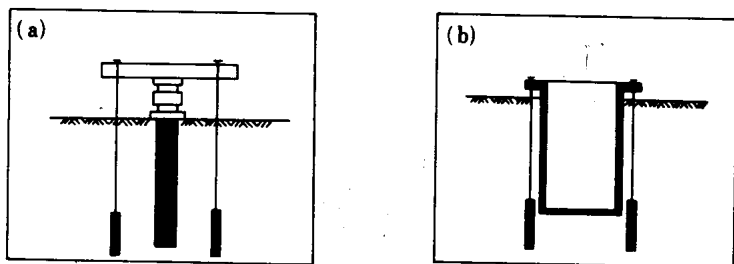


图 1-4 锚固技术在加压装置中的应用

(a) 桩的静荷载试验；(b) 沉箱下沉加重

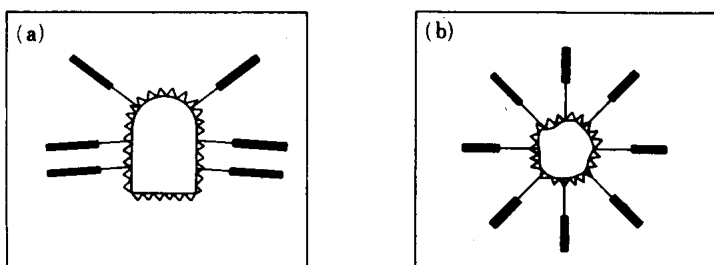


图 1-5 锚固技术在井巷及隧道围岩支护工程中的应用

(a) 防止隧洞塌坍；(b) 控制隧洞（竖井）围岩变形

(7) 现有结构物补强与加固 主要是指利用锚固技术对已产生裂缝、变形和滑移等破坏的现有结构物进行加固治理；

(8) 其他工程方面的应用 如在水坝下游冲击区〔图 1-7 (a)〕和排洪隧洞冲击区实施锚固保护〔图 1-7 (b)〕等。

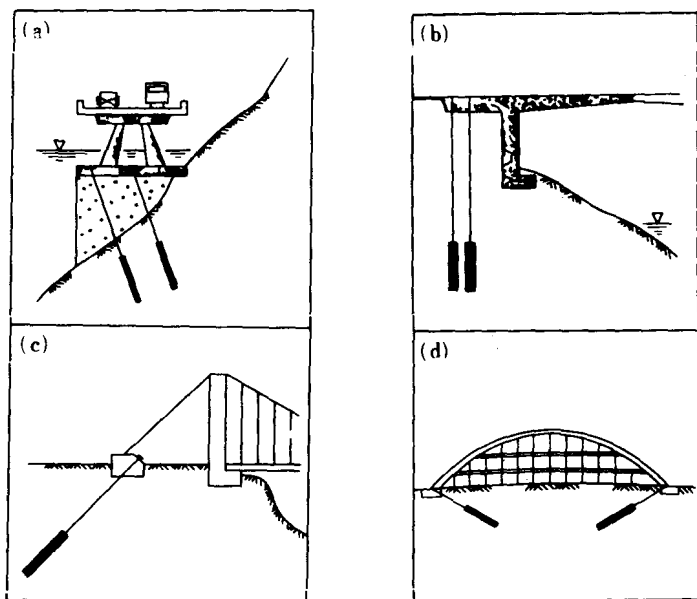


图 1-6 锚固技术在道桥基础加固工程中的应用

(a) 防止桥墩基础滑动；(b) 悬臂桥锚固；(c) 吊桥桥墩锚固；
 (d) 大跨度拱形结构物稳定

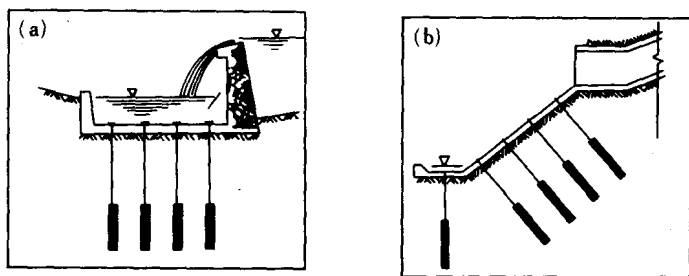


图 1-7 锚固技术在冲击区抗浮与防护工程中的应用

(a) 水坝下游冲击区保护；(b) 排洪隧洞冲击区保护

第三节 锚固工程发展概况

在各种土木建筑工程使用锚固技术距今已有 80 多年的历史。据记载,美国于 1912 年首先在阿伯施莱辛 (Aberschlesin) 的弗里登斯 (Friedens) 煤矿使用锚杆支护顶板,1915 年至 1920 年在金属矿山也开始使用锚杆,并有所发展和推广。从 1934 年阿尔及利亚的舍尔法坝加高工程使用预应力锚杆及 1957 年前西德 Bauer 公司在深基坑中使用土层锚杆至今,锚固技术在世界各地都得到了广泛应用。与此同时,锚固技术的理论研究也引起了人们的重视。1952 年路易斯·帕内科 (Louis Panek) 等提出了悬吊作用理论,雅可比 (Jacobio) 等提出了合成梁作用理论。1955 年由拉布希威兹 (Rabcewicz) 提出,后由兰氏 (Lang) 等人发展得出拱形压缩带作用理论。后者成为块状岩体围岩隧道锚杆支护机理的经典理论。目前,国外仅各类岩石锚杆就已达 600 余种,每年使用的锚杆量达 2.5 亿根。日本土锚的用量逐年成倍增加。德国、奥地利的地下开挖工程,已把锚杆作为施工的重要手段,无论硬土层或软土层,几乎没有不使用锚杆的。

50 年代后期,我国先后在京西矿务局安淮煤矿、河北龙烟铁矿、湖南湘潭锰矿等单位开始使用楔缝式岩石锚杆支护矿山巷道。进入 60 年代,普通砂浆锚杆与喷射混凝土支护开始在矿山巷道、铁路隧道和边坡整治等工程中大量应用。1964 年,梅山水库的坝基加固采用了预应力锚索。70 年代,北京国际信托大厦等基坑工程采用土层锚杆支护。近十余年来,随着我国改革开放后工程建设项目不断增加,岩土锚固技术也得到了突飞猛进的发展。高应力、大变形、大跨度、遇水膨胀等复杂情况下的地下工程建造技术有了新的突破。目前国内规模最大的云南漫湾水电站左岸边坡加固工程,采用了 2 300 多根 1 000~6 000kN 级预应力锚索,与锚固洞、锚固桩相结合,使滑

坡得到了有效的控制。锚杆结构与工艺不断提高,用于水电站坝基稳定的预应力锚索最长达90m,最大张拉载荷达6000kN。新型的锚固施工机具和锚固材料不断出现,如马鞍山矿山研究院等单位研制出了砂浆锚杆钻装机,使锚固成孔、注浆、插杆作业连续进行,速度快、工效高;冶金部建筑研究总院研制的风动型自进式缝管锚杆安装机,重14.5kg,高45cm,解决了低矮工作面缝管锚杆的安装问题;冶金部建筑研究总院与广西柳州建筑机械总厂、地质矿产部机械电子研究所与赤峰钻探机械厂,分别联合研制了YTM87型和土星-881型系列全液压多功能钻机。此外,理论研究也取得了一定的进展,国内不少单位采用理论分析、模型试验、现场测试等方法,研究岩土工程锚杆的作用机理、加固效果以及相应的设计计算方法,为复杂地层中的锚杆设计与施工提供理论依据。与此同时,国家和有关部门颁布了相应的锚杆设计与施工规范。所有这些都表明我国岩土锚固技术正稳步向量化、科学化和规范化方向迈进。

毋庸置疑,锚固技术将以其独特的效应、简便的工艺、广泛的用途、经济的造价在岩土工程中显示出重要的地位。为进一步满足各类岩土锚固工程的需要,锚固技术应着重开展以下几个方面的工作:

(1) 加大力度研制适合我国国情、优质高效、功能齐全的综合配套锚固施工机具,以便满足各种工况条件下的锚固施工需要;

(2) 在完善已有锚杆的同时,继续开发锚杆新品种、新工艺,以提高锚杆在各种岩土介质下的适应性和有效性;

(3) 开展永久性锚固工程中锚杆本身的可靠性和稳定性研究,主要是指锚杆的力学稳定性和化学稳定性。力学稳定性主要研究预应力锚杆的应力损失规律,并提出控制措施,化学稳定性主要研究锚杆的腐蚀性和防腐措施;

(4) 大力研制锚固工程检测仪表,为施工质量控制和工程可靠性检测提供可靠的手段;

(5) 紧密结合工程实际,大胆应用非确定性数学、非线性力学、人工智能等现代科学理论和技术,采用系统和优化的观点开展锚固设计计算和施工方面的理论研究,为工程实践提供可靠的理论依据;

(6) 大力推广现有锚固工程规范,并在实施过程中不断发展和完善,力争做到锚固工程设计与施工规范有序而科学合理。