

岩土工程勘察设计与施工技术丛书

基坑工程

蒋国盛 李红民
管典志 李汉旭

中国地质大学出版社

46
6

岩土工程勘察设计与施工技术丛书

基坑工程

蒋国盛 李红民 管典志 李汉旭 编著

中国地质大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基坑工程/蒋国盛,李红民,管典志,李汉旭编著. —武汉:中国地质大学出版社,2000.11
(岩土工程勘察设计与施工技术丛书/蒋国盛,姚爱国,叶建良,汪国香,李文新主编)
ISBN7-5625-1578-6

I. 基…

II. ①蒋…②李…③管…④李…

III. 施工技术-基坑-工程

IV. TU·47

基坑工程

蒋国盛 李红民 管典志 李汉旭 编著

责任编辑:梁涤坚

责任校对:杨霖

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路31号) 邮编:430074

电话:(027)87483101 传真:87481537 E-mail:cbo@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

开本:787毫米×1092毫米 1/16

字数:250千字 印张:10.125

版次:2000年11月第1版

印次:2000年11月第1次印刷

印刷:中国地质大学印刷厂

印数:1—4000册

ISBN 7-5625-1578-6/TU·24

定价:19.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

《岩土工程勘察设计与施工技术丛书》参编单位

中国地质大学 国土资源部中国地质调查局
广东省工程勘察院 水利部长江水利委员会综合勘测局
山东省冶金勘察总局 湖北省鄂东北地质基础工程公司

《岩土工程勘察设计与施工技术丛书》编委会

主任：蒋国盛 姚爱国 叶建良

主编：蒋国盛 姚爱国 叶建良 汪国香 李文新

委员：（以下按姓氏笔画为序）

马 明 叶建良 古锐开 李文新 李红民

李汉旭 汪国香 吴 翔 赵正宏 周道崇

祝德生 姚爱国 段隆臣 韩 云 黄海兰

黄远华 赖万兴 蒋国盛 管典志

秘 书：段隆臣

此分册得到国土资源部高校青年教师基金资助

前 言

随着我国国民经济的发展, 高层和超高层建筑、水利水电、路桥、地质灾害治理等工程建设项目蒸蒸日上。岩土工程作为上述各种建设工程的前期和基础性工作, 其从业人员和单位(包括科研、教学、生产)空前增多, 技术力量日益壮大, 已成为规模庞大的产业。在国家有关部门的大力倡导和推动下, 经过广大科研和工程技术人员努力, 目前我国在勘察、设计、施工、监理、监测技术和方法方面已达到了一定水平, 并不断完善和发展。

为了进一步推动我国岩土工程事业的蓬勃发展, 中国地质大学组织有关单位及专家认真编写了《岩土工程勘察设计与施工技术丛书》。丛书共分五册:《岩土工程勘察与评价》、《岩土工程钻进原理》、《桩基工程》、《地基处理与托换技术》、《基坑工程》。该丛书较全面地介绍了岩土工程的勘察设计和施工技术, 及时总结和推广岩土工程方面的科研成果、新技术新方法和先进的工程经验。该丛书具有较高的学术价值和重要的实践意义, 特别适合于从事岩土工程勘察、设计、施工、监理和监测的工程技术人员, 也可作为相关专业科研人员和大专院校师生的参考书或教材。

编写《岩土工程勘察设计与施工技术丛书》的指导思想和丛书特色:

(1) 以我国现行的国家、行业和地区的规范、标准及规程为依据, 归纳和总结了有代表性的科研成果、新技术新方法和先进的工程经验, 如灌注桩后压浆技术、加固防渗薄壁墙技术等, 做到学术性和实用性的统一。

(2) 在内容上结合工程实际, 力求做到全面、完整、透彻、精练, 清晰地把原理、方法、工程应用融为一体, 可读性及参考性强。

(3) 丛书的总体体系和结构科学、合理。例如, 绝大多数岩土工程的建设需要通过钻进施工来完成, 而钻进施工的工艺方法很多, 并有其使用条件。丛书则将此部分内容单独编写成《岩土工程钻进原理》集中介绍, 避免了以往类似书籍在介绍此部分内容时的重复、不全面和杂乱等现象。

(4) 丛书紧密结合工程建设的科学理论与实际需要。例如, 随着基坑深度的加大及环境条件的复杂化, 对支护结构的变形控制提出了更高的要求, 当前, 支护结构设计正从维护本工程自身安全稳定的单一目标, 向按变形控制进行设计转变。分册《基坑工程》则以此为指导思想, 组织、安排全书内容, 并对按变形控制进行支护结构设计的思路和方法作了较深入探索。

该套丛书在编写过程中得到了众多专家、学者、工程技术人员及博士、硕士研究生的帮助, 同时也得到了参编单位有关部门和领导的大力支持, 中国地质大学出版社及其有关人员也为丛书的出版花费了大量心血。谨此, 丛书编委会向他们表示衷心的感谢!

分册《基坑工程》的第1章、第2章、第3章、第4章由蒋国盛同志编写, 第5章、第6章由李红民同志编写, 第7章由管典志同志编写, 李汉旭同志编写第8章。

由于作者水平有限, 丛书难免有不妥甚至错误之处, 敬请读者批评指正。

《岩土工程勘察设计与施工技术丛书》编委会

2000年7月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 基坑工程的基本概念	(1)
1.1.1 基坑工程常用术语解释	(1)
1.1.2 基坑工程分类	(3)
1.1.3 基坑支护结构类型及适用范围	(4)
1.2 基坑工程岩土勘察	(5)
1.2.1 勘探点的设置	(5)
1.2.2 岩土勘察的目的和任务	(5)
1.2.3 测试参数	(6)
1.3 基坑开挖支护设计施工技术概述	(6)
1.3.1 造成基坑工程事故的原因分析	(6)
1.3.2 基坑工程设计施工的一般原则	(8)
1.3.3 基坑变形控制设计和稳定性	(8)
1.3.4 基坑土体加固	(9)
1.3.5 地下水控制	(9)
1.3.6 施工监测	(10)
1.4 我国基坑工程的发展概况	(11)
1.4.1 工程规模	(11)
1.4.2 支护结构类型	(11)
1.4.3 逆作法施工技术	(14)
1.4.4 设计分析理论研究与应用	(15)
1.4.5 基坑开挖中的“时空效应”理论	(18)
2 支护结构上的作用荷载	(19)
2.1 土压力理论	(19)
2.1.1 土压力的类型	(19)
2.1.2 基坑土压力的分布模式	(20)
2.1.3 朗肯、库仑土压力理论	(21)
2.1.4 土压力参数 C 、 φ 值的讨论	(23)
2.2 水压力	(24)
2.2.1 地下水无渗流时的水压力	(24)
2.2.2 地下水有渗流时的水压力	(24)
2.3 静止土压力计算	(24)
2.4 超载作用下土水压力计算	(25)
2.4.1 主动土压力强度计算	(25)
2.4.2 被动土压力强度计算	(28)

2.4.3	土压力及其作用位置计算	(28)
3	基坑的变形和失稳	(30)
3.1	基坑变形的特征和特点	(30)
3.1.1	基坑开挖变形的特征与类型	(30)
3.1.2	基坑开挖变形的特点与规律	(33)
3.2	基坑的变形控制	(34)
3.2.1	基坑的变形控制标准	(34)
3.2.2	变形控制设计的基本方法	(35)
3.2.3	支护结构的变形计算	(39)
3.2.4	地面沉降估算	(59)
3.2.5	变形控制的技术措施	(61)
3.3	支护结构的稳定性验算	(63)
3.3.1	基坑的整体稳定性验算	(63)
3.3.2	水泥土墙抗倾覆和抗滑动稳定性及正截面承载力验算	(66)
3.3.3	土钉墙支护结构的稳定性验算	(67)
3.3.4	基坑抗隆起稳定性验算	(69)
3.3.5	基坑管涌验算	(71)
3.3.6	基坑底下有承压水层的基坑稳定性验算	(71)
4	桩墙式支挡结构的设计计算与施工	(72)
4.1	桩墙式支挡结构的设计计算	(72)
4.1.1	悬臂式支挡结构的设计计算	(72)
4.1.2	单支点支挡结构的设计计算	(73)
4.1.3	多支点支挡结构的设计计算	(78)
4.1.4	水泥土挡土墙的设计计算	(80)
4.1.5	围筒式支护结构的设计计算	(82)
4.2	桩墙式支挡结构的构造与施工	(82)
4.2.1	排式灌注桩支挡结构的构造与施工	(82)
4.2.2	板桩支挡结构的构造与施工	(85)
4.2.3	水泥土挡土墙支护结构的构造与施工	(86)
4.2.4	槽壁式地下连续墙的构造与施工	(87)
4.2.5	基坑工程的全逆作法施工	(91)
4.2.6	基坑工程的半逆作法施工工程实例	(93)
5	支撑和拉锚技术	(96)
5.1	拉锚技术	(96)
5.1.1	土层锚杆的构造	(96)
5.1.2	土层锚杆的类型	(98)
5.1.3	土层锚杆的承载力	(100)
5.1.4	土层锚杆的设计	(102)
5.1.5	土层锚杆施工和质量控制	(103)
5.1.6	土层锚杆的试验	(106)

5.2	支撑结构的设计与施工	(107)
5.2.1	支撑结构设计的内容及应注意的问题	(107)
5.2.2	支撑体系的结构形式和布置	(107)
5.2.3	支撑结构设计	(110)
5.2.4	支撑结构的施工	(116)
6	放坡和土钉墙支护技术	(118)
6.1	放坡设计和施工	(118)
6.2	土钉墙支护技术	(119)
6.2.1	土钉墙支护的特点及应用范围	(120)
6.2.2	土钉墙支护的构造	(121)
6.2.3	土钉墙支护设计	(123)
6.2.4	土钉墙支护施工	(125)
6.2.5	土钉试验	(126)
6.2.6	常用辅助工程措施	(127)
7	地下水控制	(128)
7.1	地下水控制概述	(128)
7.1.1	地下水的作用	(128)
7.1.2	防参与降排水	(129)
7.2	隔渗设计	(130)
7.2.1	隔渗设计的一般要求	(130)
7.2.2	竖向隔渗设计	(130)
7.2.3	水平封底隔渗设计	(131)
7.3	集水明排设计	(132)
7.4	井点降水设计与施工	(134)
7.4.1	井点降水原理	(134)
7.4.2	轻型、喷射、管井井点设计	(136)
8	基坑工程监测	(140)
8.1	概述	(140)
8.1.1	监测目的	(140)
8.1.2	监测方案	(140)
8.1.3	监测项目	(140)
8.1.4	监测范围	(140)
8.1.5	监测点的布置	(141)
8.2	支撑轴力量测	(141)
8.2.1	钢玄式测力传感器法	(142)
8.2.2	电阻应变计法	(142)
8.3	土压力量测	(142)
8.3.1	土压力盒的选择	(142)
8.3.2	布点原则	(142)
8.3.3	地下连续墙土压力盒的现场埋设	(143)

8.4 孔隙水压力量测	(143)
8.4.1 孔隙压力计的要求	(143)
8.4.2 孔隙压力计类型及特点	(144)
8.4.3 典型孔隙压力计及其应用	(144)
8.5 位移量测	(144)
8.5.1 地表沉降与水平位移量测	(144)
8.5.2 深层竖向位移量测	(145)
8.5.3 深层水平位移量测	(146)
附表 1 m 法计算系数表	(147)
附表 2 混凝土强度设计值	(148)
附表 3 钢筋强度设计值	(148)
附表 4 钢丝、钢绞线强度设计值	(149)
附表 5 钢筋弹性模量	(149)
附表 6 混凝土弹性模量 E_c	(149)
附表 7 钢筋混凝土圆形截面受弯构件正截面受弯承载力计算系数表	(150)
参考文献	(152)

1 绪 论

1.1 基坑工程的基本概念

1.1.1 基坑工程常用术语解释

1. 建筑基坑

为进行建筑物（包括构筑物）基础与地下室的施工所开挖的地面以下之空间。

2. 基坑侧壁

构成建筑物基坑围体的某一侧面。

3. 基坑周边环境

基坑开挖影响范围内包括既有建（构）筑物、道路、地下设施、地下管线、岩土体及地下水体等的总称。

4. 支护结构

为保证基坑边坡并控制其变形而设置的桩、墙、锚杆、内支撑、防渗帷幕等结构体系的总称。

5. 基坑工程

为保证基坑施工、主体地下结构的安全和周边环境不受损害而采取的支护结构、加固、降水和土方开挖与回填等工程总称，包括勘察、设计、施工、监测等。

6. 基坑支护

为保证地下室施工及周边环境的安全，对基坑侧壁及周边环境采用的支挡、加固保证措施等。

7. 排桩

以某种桩型按队列式布置组成的基坑支护结构。

8. 地下连续墙

用机械施工方法成槽浇灌钢筋混凝土形成的墙体。

9. 内支撑

用钢件或钢筋混凝土构件（在基坑内设置的水平向、斜向杆件或桁架）支撑基坑侧壁的结构体系。

10. 锚杆

由设置于钻孔内、端部伸入稳定土层或岩体中的钢筋或钢绞线与孔内注浆体组成的受拉杆体。

11. 水泥土墙

由水泥土桩相互搭接形成的格栅状、壁状等形式的重力式支护结构。

12. 土钉墙

对基坑侧壁土体采用土钉（密集的土体加筋材料，可采用钢筋、型钢、钢管或全孔注浆锚杆）或锚杆、钢筋网及混凝土护面的支护结构。

13. 冠梁

设置在支护结构顶部的钢筋混凝土连梁。

14. 腰梁

设置在支护结构顶部以下传递支护结构与锚杆或内支撑支点力的钢筋混凝土梁或钢梁。

15. 支点

锚杆或内支撑对支护结构的水平约束点。

16. 支点刚度

锚杆或内支撑对支护结构的水平作用力与其相应位移的比值。

17. 嵌固深度

桩或墙结构在基坑开挖底面以下的埋置深度。

18. 嵌固深度计算值

根据支护结构计算确定的最小嵌固深度。

19. 嵌固深度设计值

根据基坑侧壁安全等级及嵌固深度分项系数确定的支护结构嵌固深度的实际设计值。

20. 地下水控制

为保证支护结构施工、基坑挖土、地下室施工及基坑周边环境安全而采取的排水、降水、截水或回灌等措施。

21. 止水帷幕

用于阻止或减少基坑侧壁及基坑底地下水流入基坑而采取连续止水水体。

22. 止水（隔渗）

人为地采取措施以阻止地下水流入基坑内。

23. 降水

采用抽水井降低地下水位，以防止地下水对基坑的危害。

24. 疏干降水

当坑底进入含水层，需将水位降低至基坑底面以下的降水。

25. 减压降水

如坑底有一定厚度的隔水层（天然隔水岩土层或人工水平封底帷幕），通过降水后水头控制在不发生管涌的高度。

26. 流土（流砂）

在地下水渗流作用下，土体颗粒随地下水渗流而发生的移动现象。

27. 管涌

在地下水渗流作用下，土体中的细小颗粒随渗流水通过粗大土颗粒的孔隙，发生移动或被带走的现象。

28. 组合支护

排桩、地下连续墙、土钉墙、重力式挡墙或放坡等组合而成的支护结构。

29. 悬臂支护

采用桩或墙支护基坑侧壁土体，基坑底面以上无支点，仅靠嵌入段的土抗力保持平衡的

支护方式。

30. 信息化施工法

基坑工程设计时所考虑的地质情况、岩土性参数和环境条件具有一定的不确定性，因此要求施工过程中加强监测，及时反馈信息，根据监测信息对原设计进行必要的调整或修改，指导后续施工。

1.1.2 基坑工程分类

1. 按开挖深度分类

基坑工程界一般把深度等于或大于 7 m 的基坑称为深基坑。

2. 按开挖方式分类

按照土方开挖方式可以将基坑分作放坡开挖基坑和支护开挖基坑两大类。目前，在城市建设中，由于受周边环境条件所限，以支护开挖为主要形式。支护开挖包括围护结构、支撑（或锚固）系统、土体开挖、土体加固、地下水控制、工程监测、环境保护等几个主要组成部分。

3. 按功能用途分类

基坑按照其功能用途可分为：楼宇基坑、地铁站深基坑、市政工程地下设施深基坑、工业深基坑。

4. 按安全等级分类

根据基坑的开挖深度 H 、邻近建（构）筑物及管线至坑口的距离 a 、工程地质水文地质条件，按破坏后的严重程度将基坑工程分为三个安全等级，并分别对应于三个级别的重要性系数，如表 1-1、表 1-2 所示。因此，根据基坑工程的安全等级，基坑可分为一级基坑、二级基坑和三级基坑。

表 1-1 基坑侧壁安全等级及重要性系数

安全等级	重要性系数 γ_0	破坏后果	基坑分类
一级	1.10	支护结构破坏对基坑周边环境及地下结构施工影响很严重	一级基坑
二级	1.00	支护结构破坏对基坑周边环境及地下结构施工影响一般	二级基坑
三级	0.90	支护结构破坏对基坑周边环境及地下结构施工影响不严重	三级基坑

表 1-2 基坑和环境条件与基坑工程安全等级

安全等级	中华人民共和国行业标准 JGJ120-99	上海市标准 DBJ 08-61-97	广州市标准 GJB 02-98	武汉市标准 WBJ 1-7-95
一级	无规定	符合下列条件之一：(1) 支护结构作为主体结构的一部分；(2) $H \geq 10$ m；(3) $a < 2H$ 内有历史文物、近代优秀建筑、重要管线需严加保护	符合下列条件之一：(1) $H \geq 14$ m，且 $a < 3H$ 内有重要建（构）筑物、重要管线和道路等市政设施或 $a < H$ 内有非嵌岩桩基础（埋深小于基坑深度）的建筑物；(2) 基坑位于地铁、隧道等大型地下设施安全保护区范围内	符合下列条件之一：(1) $H > 10$ m；(2) $a < H$ ；(3) 邻房层数等于、高于 6 m（且为浅基础），或虽不到 6 层，但属重要建筑物
二级		除一级和三级以外		
三级		$H < 7$ m，且周围无环境特别要求	$H < 6$ m，且 $a < 3H$ 内无特殊要求保护的建（构）筑物、管线和道路等市政设施	$H < 7$ m，且 $a > 2H$ ，邻房低于 3 层且不重要

1.1.3 基坑支护结构类型及适用范围

支护结构一般由支挡结构（挡土墙）和支撑（或拉锚）两部分组成。支护结构设计必须根据基坑开挖深度、地质情况、场地条件、环境条件以及施工条件，通过多方案对比选择，确定安全可靠、技术可行、施工方便、经济合理的支护结构方案，以保证工程的顺利进行。目前广泛使用的基坑支护结构类型和适用范围见表 1-3。

表 1-3 基坑支护结构类型和适用范围

结构类型		适用范围		
		中华人民共和国行业标准 JGJ 120-99	广州市标准 GJB 02-98	湖北省地方标准 DB 42/159-1998
放坡		(1) 基坑侧壁安全等级为三级；(2) 可独立或与其他结构配合使用；(3) 当地下水高于坡脚以上时，应采取降水措施	(1) 基坑周边开阔，满足放坡条件；(2) 允许基坑土体有较大水平位移；(3) 开挖面以上一定范围内无地下水或已经降水处理；(4) 可独立或与其他结构配合使用	基坑周边开阔，相邻建（构）筑物距离较远，无地下管线或地下管线不重要，可以迁移改道。
排 桩	悬臂	(1) 基坑可开挖深度根据计算确定，悬臂式支护结构软土中不宜大于 5 m；(2) 地下水位高于基坑底面时，宜采用降水、桩间加止水帷幕或地下连续墙	开挖深度不宜大于 8 m	悬臂高度不宜超过 6 m，使用双排桩时高度可稍大，对深度大于 6 m 的基坑可结合顶下放坡使用，坑底以下软土层厚度很大时不宜采用
	桩锚		(1) 场地狭小且需要深开挖；(2) 周边环境对基坑土体的水平位移控制要求严格	可用于不同深度的基坑，支护体系不占用基坑范围内空间，但锚杆需伸入邻地，有障碍时不能设置。锚杆的锚固段不宜设在灵敏度高的淤泥层内；在软土中含承压水的粉土、粉细砂层中也要慎用
	内支撑		(1) 场地狭小且需要深开挖；(2) 周边环境对基坑土体的水平位移控制要求更严格；(3) 基坑周边不允许锚杆施工	可用于不同深度的基坑和不同土质条件，变形控制要求严格时宜选用，基坑面积较小或形状狭长时尤为适用。支护体系需占用基坑范围内空间，其布置应考虑后续施工的方便
地下连续墙	悬臂		适用于所有止水要求严格以及各类复杂土层的支护工程；适用于任何复杂周边环境的基坑支护工程	可用于多层地下室的超深基坑，宜配合逆作法施工使用，利用地下室梁板柱作为内支撑；钢筋混凝土连续墙可作为地下结构墙体
	拉锚			
	内支撑			
土钉墙		(1) 基坑侧壁安全等级为二、三级的非软土场地；(2) 开挖深度不宜大于 12 m；(3) 当地下水位高于基坑底面时，应采取降水或截水措施	(1) 允许土体有较大位移；(2) 岩土条件较好；(3) 地下水位以上为粘土、粉质粘土、粉土、砂土；(4) 已经降水或终止水处理的岩土；(5) 开挖深度不宜大于 12 m	适用于填土、粘性土，支护深度不宜超过 6 m，坡底有软弱土层影响整体稳定时慎用。不适用于深厚淤泥、淤泥质土层和地下水位以下的粉土、粉砂层
水泥土墙		(1) 基坑侧壁安全等级为二、三级；(2) 开挖深度不宜大于 6 m	(1) 开挖深度不宜大于 7 m，允许坑边土体有较大的位移；(2) 填土、可塑-流塑粘性土、粉土、粉细砂及松散的中、细砂	适用于包括软弱土层在内的多种土质，支护深度不宜超过 6 m（加扶壁可加大支护深度），可兼作隔水帷幕。基坑周边需有一定的施工场地
拱圈		(1) 基坑侧壁安全等级为二、三级；(2) 基坑侧壁拱圈矢跨比大于 1/8；(3) 基坑开挖深度视土质而定，不宜大于 12 m；(4) 地下水位高于基坑底面时，应采取降水或截水措施		基坑形状接近圆形或椭圆形，或局部有弧形拱段，可充分利用结构受力特点，径向位移小，筒壁弯矩小

1.2 基坑工程岩土勘察

建筑基坑工程的岩土勘察，应同时考虑主体结构设计和基坑工程的需要，基坑工程勘察宜与建筑地基岩土勘察同步进行，也可在建筑地基岩土勘察后，对基坑支护设计所需的重点项目进行补充岩土勘察。

1.2.1 勘探点的设置

1. 基坑工程岩土勘察范围应根据开挖深度及场地的岩土工程条件确定，一般要在开挖边界外按开挖深度的1~3倍范围内（包括基坑内）均匀布置勘探点。当开挖边界外无法布置勘探点时，应通过调查取得相应资料。对于软土，勘察范围应予扩大；对支护结构体系可能采用锚杆时，应查明锚杆施工范围内的岩土条件。

2. 勘探深度应满足基坑支护结构设计的要求，勘探深度不应小于基坑开挖深度的若干倍（广州市标准GJB 02-98和湖北省地方标准DB 42/159-1998规定为2倍，上海市标准DBJ 08-61-97规定为2.5倍），或进入基坑底以下中风化或微风化岩层一定深度。当有较厚软土层或降水设计需要时，勘探深度应穿过软土层或含水层。

3. 勘探点布置间距应根据地层复杂程度和基坑侧壁安全等级而定，每剖面一般不少于3个勘探点，地层变化较大时，应增加勘探点，以查明地层分布规律。

1.2.2 岩土勘察的目的和任务

1. 查明场地的地层结构与成因类型、岩土层性质及夹砂情况。
2. 提供各有关岩土层的物理力学性质指标及基坑支护设计施工所需要的有关参数。
3. 查明地下水的类型、埋藏条件、水位及土层的渗透性，提供基坑地下水治理设计所需的有关资料。

4. 查明基坑周边环境情况：

(1) 查明基坑四周一定范围内的建（构）筑物分布情况、层数、结构和基础类型与埋深以及使用现状和质量情况等；

(2) 查明基坑周边一定范围内的给排水、供电供气 and 通讯等管线系统的分布、走向及其与基坑边线的距离，管线系统的材质、接头类型、管内流体压力大小、埋设时间等；

(3) 查明场地周围地表和地下水体的分布、水位标高、距基坑距离、补给与排泄关系，估计其对基坑工程可能造成的影响等；

(4) 查明基坑四周道路的距离、路宽、车流量及载重情况；

(5) 查明土坡、河渠情况及其与基坑的平面位置关系。

5. 在取得勘察资料的基础上，针对基坑特点，提出解决下述问题的建议：

(1) 分析场地的地层结构和岩土的物理力学性质，提出对计算参数取值及支护方式的选型；

(2) 地下水的控制方法及计算参数；

(3) 施工中应进行的具体现场监测项目；

(4) 基坑开挖过程中应注意的问题及其防治措施。

1.2.3 测试参数

基坑工程岩土测试参数包括：

1. 土的常规物理力学试验指标；
2. 固结快剪指标 C 、 φ ；
3. 室内或原位试验测试渗透系数 k ；
4. 三轴固结不排水试验测试 C_{cu} 、 φ_{cu} ；
5. 部分地区还要求测试土体变形模量；
6. 特殊情况下，根据实际情况选择适宜的试验方法。

1.3 基坑开挖支护设计施工技术概述

基坑开挖支护包括支护结构、支撑（或锚固）系统、土体开挖、土体加固、地下水控制、工程监测、环境保护等几个主要组成部分，其基本功能包括：①提供地下工程安全施工的空间；②保证主体工程地基及桩基安全；③保证环境安全，包括相邻地铁、隧道、管线、房屋建筑、地下公用设施等安全。

1.3.1 造成基坑工程事故的原因分析

基坑工程涉及领域广，技术难度大，工程事故多，造成的损失严重。查明各种深基坑工程事故的原因，是把我国基坑开挖与支护技术提高到一个新水平的必要条件。通过对我国各地百余起深基坑事故的调查分析，造成基坑工程事故的原因可以概括为以下几个方面。

1. 支护结构选型不当

深基坑支护结构形式的选择，取决于基坑实际开挖深度、土体的物理力学性质、地下水位、周围环境、设计变形要求以及施工条件等因素。一些施工单位由于对深基坑知识知之甚少，轻率地套用一种支护结构，结果问题百出，事故隐患极大。

2. 实际的主动土压力大于设计值

土压力的计算是支护结构设计的核心，但是，实际的土压力在从基坑开挖到地下结构完工的过程中是变化的。

(1) 雨季、涨潮期、周围地下管道漏水等都会使地下水位上升，土的粘聚力和内摩擦角则降低，基坑的侧土压力增大，造成基坑支护结构严重变形甚至破坏。

(2) 由于施工场地有限，挖出的土方以及大量的钢筋、水泥等建筑材料堆放在基坑边，造成基坑周围地面严重超载，侧土压力增大，使基坑支护结构变形。

(3) 不按正确规程作业，如大型挖土机工作时离支护桩太近，并反铲挖土，使支护桩承受很大的侧向力，引起严重变形。

3. 防水、排水、降水措施不当

水是深基坑工程的大患。我国 90% 以上的深基坑工程事故是在大雨后发生的。深基坑的防水、排水和降水关系重大。

(1) 基坑开挖、支护以及地下结构施工的时间跨度大，却不作坡顶护面及坡顶排水沟，遇到大雨时，轻者冲刷桩间土，威胁周围建筑物，重则冲垮支护结构。

(2) 高水位地区的基坑开挖，未做止水帷幕，在基坑内大量降水，引起基坑周围一定范

围内的地基土随着降水漏斗曲线的形成而产生不均匀沉降，使周围建筑物、道路及地下管线等设施下沉、开裂甚至破坏。

(3) 基坑周围的地下水管年久失修，基坑的开挖很可能造成水管的渗漏，如不提前妥善处理，会给基坑工程造成很大的麻烦。

(4) 止水帷幕的设计未考虑基坑的地质条件和不同的开挖深度，采用同一长度单排水泥搅拌桩止水，并且搅拌桩未穿透粉细砂层，造成基坑内严重漏水。

4. 锚杆失效

(1) 锚杆设计的位置不当，使支护结构的抗力不足，引起支护结构大变形。

(2) 锚杆的长度不足，不能阻挡基坑的整体滑移。

(3) 由于地面排水措施不完善，大量雨水下渗；或地下水管渗漏，使地基土的粘聚力和内摩擦角下降，锚杆的锚固力降低，导致锚杆失效。

(4) 由于地基土的冻胀作用，使锚杆的锚固力下降。

(5) 由于机械振动使地基土内孔隙水压力上升，有效应力下降，从而使砂土液化，粘土产生触变，降低锚固力。

5. 支撑结构不合理

支撑式支护结构是应用较广的一种支护形式，其整个支撑体系基本呈受压状态，杆件和体系的稳定，不容忽视。

(1) 基坑平面尺寸较大时，采用钢管内支撑，由于钢管压弯变形，使支护结构产生位移。

(2) 支撑的支点数少，联结不牢固，使支撑杆下挠，产生弯曲变形，达到一定程度后，丧失支撑作用。

(3) 首道支撑位置太低，使支护结构顶部位移过大。

(4) 支撑间距过疏，使支撑杆件产生过大的弯曲变形。

6. 基坑土体稳定性不足

(1) 支护结构插入坑底土体的深度不够，被动土压力不足，使支护结构的稳定性差，甚至基坑坡角滑动，坑底土体大面积隆起，引起整体滑动。

(2) 在饱和粉细砂场地的基坑内降水，土体会因坑底的管涌而失稳。

7. 淤泥地基发生触变

(1) 在淤泥或饱和软粘土场地，采用锤击式预制钢筋混凝土桩作为工程桩及支护桩，布桩密，锤击数多，使地基土严重扰动，孔隙水压力急剧上升，短时间内不能消散，土体产生触变，强度迅速下降，桩体挠曲，甚至断裂。

(2) 在淤泥或饱和软粘土场地，不降水开挖基坑，由于挖土、运土设备的扰动，土体抗剪强度下降，使基坑周围土体产生滑动，导致支护结构向坑内移动。

8. 设计的安全储备过小

(1) 设计时为了节约，过大地折减主动土压力，减少支护结构的配筋，在基坑周围土质发生不利变化时，导致支护结构较大的变形。

(2) 设计人员缺乏经验，许多必要的经验作法如联梁、护面等被忽略，从而埋下隐患。

9. 施工管理水平低且施工质量差

(1) 施工单位监测技术落后，或根本未进行施工监测，支护结构由小位移发展到大位移。

(2) 施工单位对监测数据分析不够，出现危情时，不能及时作出正确处理对策，采取合适的应急措施，从而招致灾难。

(3) 施工时, 随意改变设计意图, 不严格遵守施工程序, 从而造成事故。

(4) 施工质量差, 灌注桩强度达不到设计要求, 止水桩起不到止水作用, 基坑开挖后, 到处流泥漏水, 事故隐患极大。

当然, 上述每个原因, 只是造成某个深基坑事故的一个主要方面。一般来说, 每起深基坑事故都是由许多不利因素共同引发的, 这与深基坑工程的设计、施工、工程监测及工程管理密切相关。因此, 不能以简单的方式处理复杂的深基坑事故, 这是十分重要的!

1.3.2 基坑工程设计施工的一般原则

为了保证基坑工程的安全, 必须具备严谨的科学态度, 既要重视工程经验, 同时又要十分注意理论指导, 以便防患于未然。

1. 重视基本理论的指导作用

尽管土力学理论与计算方法尚远不能解决基坑工程中出现的所有问题, 也不能时常提供“精确”的计算结果, 唯有结合实际工程经验加以应用才是上策。但是, 所有成功的工程与土力学、结构力学所揭示的基本理论是一致的, 并可能是对其理论和计算的补充、完善。当前, 以研究软土流变性质与工程经验相结合的“时空效应”理论及其对工程的指导作用就是成功的例证之一。相反, 一些失败的例子, 总是在某些方面违反了基本理论所确定的规则。

2. 设计中计算分析全面, 避免“漏项”, 并且应考虑各种不利条件下的“工况”

土质指标及抗力系数的选用要把理论与当地工程经验相结合。对可能遇到的雨季等自然条件变化, 尚应考虑强度降低的可能性。对于基坑通过不同方法加固之后的计算指标, 目前只能根据试验和当地经验加以确定。

3. 做好基坑工程总体方案的选择

鉴于基坑工程的复杂性和风险性, 要求决策者掌握本地区或类似条件下成功的经验和失败的教训, 根据自身工程要求和条件综合考虑, 作出安全、可靠、经济的整体方案(包括支护结构、支护体系、土方开挖、降水、地基加固、监测和环保等)。

4. 做好地下水和地表水的控制

在地下水位高和透水性强的地层中, 务必确定可靠的隔水或降水方案。在建造隔水帷幕(或墙)时, 需要选用与土层相适应的地基加固方法, 确保形成连续的隔水帷幕。

5. 软土地区基坑开挖和支撑工作中, 应用“时空效应”的概念, 精心安排挖土和支撑方案, 对保证基坑安全, 减少位移有重要作用。

6. 认真做好施工期监测, 发现异常情况, 及时采取措施以防止恶化。而一旦出现大的变形或滑动, 应立即分析主要原因, 做出可靠的加固设计和施工方案, 使加固工作快速而有效, 防止变形或滑动继续发展。

7. 研究和应用已有的基坑工程行业的和地区性规范以及当地的工程经验。对于重大复杂的基坑工程目前国内采用专家论证的形式, 对保证工程安全、降低造价是有效和现实的一种方法。

1.3.3 基坑变形控制设计和稳定性

传统的基坑计算均以稳定性为主, 而并未研究解决在失稳之前的变形过程。但在当前的基坑工程中, 由于对周边环境保护的要求, 基坑变形控制已成为重要的设计内容。基坑的允许变形和水平、垂直位移的计算既是一个较建筑自身允许沉降和沉降计算更为复杂的课题, 又