

J I K E N G G O N G C H E N G S H I G U  
F E N X I Y U C H U L I

# 基坑工程 事故分析 与处理

唐业清 李启民 崔江余 编著

J  
I  
K  
E  
N  
G  
G  
O  
N  
G  
C  
H  
E  
N  
G  
S  
H  
I  
G  
U  
F  
E  
N

X 中国建筑工业出版社



U  
L  
I

TU46

428734

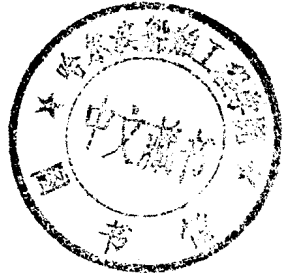
T37

# 基坑工程事故分 析与处理

唐业清 李启民 崔江余 编著



00428734



2

中国建筑工业出版社

(京) 新登字 035 号

图书在版编目 (CIP) 数据

基坑工程事故分析与处理/唐业清等编著. —北京: 中国  
建筑工业出版社, 1999

ISBN 7-112-03768-9

I. 基… II. 唐… III. ①基坑-建筑工程-事故分析  
②基坑-建筑工程-工程事故-处理 N. TU46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 04303 号

2002/05

## 基坑工程事故分析与处理

唐业清 李启民 崔江余 编著

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市兴顺印刷厂印刷

\*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 17<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 插页: 12 字数: 465 千字

1999 年 4 月第一版 1999 年 4 月第一次印刷

印数: 1—4500 册 定价: 29.00 元

ISBN 7-112-03768-9

TU·2912 (8985)

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)

本书是在大量调查国内基坑事故的基础上，对其进行分析总结，提出对基坑工程事故的预防措施、处理对策。该书精选一百六十余例基坑工程事故，分别介绍其施工背景，分析事故发生的原因，给出处理措施，本书还介绍了十五例成功的基坑工程实例、建筑基坑工程设计与施工要点及新技术、新进展，并附有大量的基坑工程事故和成功实例照片。

该书对从事建筑工程设计、施工及岩土工程技术人员都有一定的参考价值。

\* \* \*

责任编辑 王 跃

# 序

由于中国经济持续不断的发展,建设工程不仅数量日益增加,而且难度越来越大,特别是中国城市化发展进程的逐渐加速,同时为了节约用地,充分利用空间,在一定条件下,发展建造高层建筑和地下建筑也将势在必行。而由此也带来了许多新的问题,其中如何因地制宜,因工程制宜地解决好深基础、深基坑的设计、施工问题是其中一个重要方面。

随着地下建筑物的大量修建,深基坑工程数量迅速增多,基坑的隔水、降水、开挖、监测和保护周边建筑物及地下设施的安全等项目都十分重要。出了问题轻者会使整个基坑支护结构内倾、变形,严重时会导致整个基坑支护结构的倒塌损坏,不仅影响工期,耗费大量抢救资金,甚至发生人员伤亡,并使与基坑相邻的周边建筑物或地下设施开裂、倾斜甚至倒塌。

中国许多高层建筑都建在沿海城市交通繁忙的建筑密集区,施工环境十分严峻,稍有不慎就会造成严重的工程事故,况且深基坑工程又是施工开挖与结构工程、岩土工程、环境工程等诸多因素交叉,是一项涉及范围广泛且又具有时空效应的综合性工程。在基坑工程中,目前还是边实践边摸索,缺乏成熟技术规范和指导,不少从业者也是边干边学习,仍然是靠半理论半经验的办法去解决问题。

由于以上诸多因素的影响,这些年,深基坑工程事故时有发生,一般的发生率约占基坑工程数量的20%左右,有的城市甚至占30%左右,基坑工程事故的频频发生,造成了重大的损失和严重后果。已是制约中国建设事业,引起了各方面严重关切的重要问题。

唐业清教授及其助手们经过五年多的调查积累、研究和分析,

对中国深基坑工程事故做了大量的工作，据此他们编著成这本颇具特色的书，我认为此书具有以下一些特点：

1. 本书中共提出 168 个基坑事故的实例，对其中 68 个实例进行较为详细的介绍与分析。广大读者可以从中得到许多经验教训与借鉴。

2. 作者还从设计、施工、勘察、监理、管理等许多方面，分析了基坑发生事故带有一定的规律性和共同性，从而使读者进一步认识到基坑工程是一项综合技术，不管哪个环节，哪个部门出了问题，都会造成严重的后果。

3. 为了减少基坑工程事故造成的损失和防止这类事故的重复发生，作者根据广泛的工程实践，在书中介绍了基坑事故处理措施和预防方法。

4. 本书作者还根据近期正式颁布执行的《建筑基坑工程技术规范》的内容，编写了基坑工程设计施工概要（第五章），供从事基坑工程的技术人员应用和参阅。

5. 本书作者还将其近年的基坑工程最新进展的新技术成果，专门列为一章（第六章）向读者介绍。

本书重点是以二、三、四章的基坑工程事故分析、处理和预防等为主要内容，同时也对设计和新技术的发展都作了详实的介绍。本书内容充实，资料丰富，图文并茂，新颖实用，对从事基坑工程设计、施工、教学、科研等部门技术人员是一本很有价值的参考书。

本书作者唐业清教授这些年还编写了《建筑基坑工程的设计与施工》、《深基坑工程学》、《基坑工程的事故分析》等书，并且在各地为从事基坑工程技术的同行们作过多次讲学，他还是《建筑基坑工程技术规范》三位主编之一。他对基坑工程技术的发展作了许多工作，这本书就是在他上述工作的基础上写成的。

我和唐业清教授相识多年，他 40 多年来一直从事土力学基础工程方面的教学、科研和工程方面的工作，唐业清教授在深基坑工程方面和建筑物改造与病害处理方面、在建筑地基处理等方面

都做了大量的工作，取得了突出的成绩，他是我国第一部行业标准《铁路房屋增层纠倾技术规范》(TB10114—97)的主编。他还是《建筑地基处理技术规范》(JGJ79—91)和《既有建筑物地基基础加固技术规范》等规范的主要编写人。总之，唐教授的贡献是多方面的。

我相信本书的出版，从一个侧面丰富了我国建筑基坑技术的宝库，读者能从此书中得到许多的启迪。这本书的出版也是对建国五十周年的献礼。

许溶烈

1998年12月

# 目 录

第一章 概 述.....	1
一、基坑工程的发展简述.....	1
二、我国基坑工程的现状.....	3
三、基坑工程的特点 .....	12
四、基坑工程的若干问题 .....	13
第二章 基坑工程事故实例 .....	19
第一节 基坑工程事故分析 .....	20
一、昆仑饭店基坑工程事故分析 .....	20
二、某建筑基坑工程事故分析 .....	24
三、“银都中心”基坑工程事故分析.....	27
四、百盛大厦基坑工程事故分析 .....	29
五、某购物中心基坑工程事故分析 .....	30
六、某“广场”基坑工程事故分析 .....	34
七、某高层住宅基坑工程事故分析 .....	35
八、无缝钢管总厂某基坑工程事故分析 .....	37
九、大豆油库深基坑工程事故分析 .....	39
十、新世界广场基坑工程事故分析 .....	41
十一、某国航大厦基坑工程事故分析 .....	43
十二、某综合楼基坑工程事故分析 .....	46
十三、某建行营业大厦基坑工程事故分析 .....	48
十四、某消防水池基坑工程事故分析 .....	50
十五、某大厦基坑工程事故分析 .....	52
十六、亚细亚商业大厦基坑工程事故分析 .....	55



十七、膨胀土渠道滑坡的监测和分析 .....	59
十八、汉口某高层住宅楼基坑工程事故分析 .....	64
十九、某办公楼基坑工程事故分析 .....	68
二十、泰合大厦基坑工程事故分析 .....	72
二十一、华联大厦基坑工程事故分析 .....	77
二十二、宫华大酒店基坑工程事故分析 .....	80
二十三、某财政厅大楼基坑工程事故分析 .....	85
二十四、“银都大世界”基坑工程事故分析 .....	88
二十五、某综合楼基坑工程事故分析 .....	90
二十六、红城湖大厦基坑工程事故分析 .....	94
二十七、“某国际信托中心”基坑工程事故分析 .....	97
二十八、某宿舍楼基坑工程事故分析 .....	98
二十九、某大厦基坑工程事故分析 .....	102
三十、国贸中心大楼基坑工程事故分析 .....	104
三十一、“交通银行”基坑工程事故分析 .....	108
三十二、人民商场改建一期工程基坑工程事故分析 .....	111
三十三、进香河农贸市场大楼基坑事故分析 .....	113
三十四、吉祥大厦基坑工程事故分析 .....	116
三十五、德辉广场基坑工程事故分析 .....	119
三十六、某大楼基坑工程事故分析 .....	122
三十七、某泵站基坑工程事故分析 .....	126
三十八、某路槽滑塌事故的分析 .....	130
三十九、某基坑工程事故分析 .....	140
四十、凯旋门大厦基坑工程事故分析 .....	146
四十一、某综合楼基坑工程事故分析 .....	153
四十二、某车库基坑工程事故分析 .....	155
四十三、某综合大楼基坑工程事故分析 .....	156
四十四、某大楼基坑工程事故分析 .....	157
四十五、某大厦基坑工程事故分析 .....	159
四十六、康南花园大厦基坑工程事故分析 .....	160

四十七、某基坑工程事故分析·····	163
四十八、某基坑工程事故分析·····	164
四十九、“祖国广场”基坑工程事故分析·····	165
五十、某渔委商住楼基坑工程事故分析·····	167
五十一、“半球太新广场”基坑工程事故分析·····	169
五十二、金环大厦基坑工程事故分析·····	171
五十三、某大厦基坑工程事故分析·····	173
五十四、某基坑工程事故分析·····	177
五十五、某大厦基坑工程事故分析·····	181
五十六、“京光广场”基坑工程事故分析·····	185
五十七、某大厦基坑工程事故分析·····	186
五十八、宇海宾馆基坑工程事故分析·····	187
五十九、中行某综合楼基坑工程事故分析·····	190
六十、某批发市场基坑工程事故分析·····	193
六十一、某大厦基坑工程事故分析·····	194
六十二、某大厦基坑工程事故分析·····	195
六十三、中山大厦基坑工程事故分析·····	199
六十四、某基坑工程事故分析·····	203
六十五、某大楼基坑工程事故分析·····	204
六十六、某基坑工程事故分析·····	205
六十七、某大厦基坑工程事故分析·····	206
六十八、某市政厅基坑工程事故分析·····	209
第二节 基坑工程事故简表·····	211
<b>第三章 基坑工程事故综合分析·····</b>	<b>229</b>
第一节 建设单位管理问题·····	230
第二节 基坑勘察问题·····	231
第三节 基坑设计问题·····	232
第四节 基坑施工问题·····	244
第五节 基坑监理问题·····	251

第六节	基坑工程事故的其他原因	252
<b>第四章</b>	<b>基坑工程事故预防与处理</b>	<b>254</b>
第一节	基坑支护结构的正确选择	254
第二节	基坑工程的优化设计	268
第三节	信息化施工	296
第四节	改善基坑工程现状的其它措施	303
第五节	基坑工程病害事故处理	306
<b>第五章</b>	<b>基坑工程设计与施工概要</b>	<b>310</b>
第一节	概述	310
第二节	基坑工程的设计与计算	320
第三节	围护结构的设计与施工	351
第四节	撑锚结构的设计与施工	370
第五节	基坑工程典型实例	385
一、	我国最大最深的基坑工程——上海金茂大厦 基坑工程	386
二、	北京特深基坑——东方广场基坑工程	396
三、	位于广州闹市区的荔湾广场深基坑工程	402
四、	具有五层地下室的广东工商行业务大楼 基坑工程	409
五、	广州市超深基坑——金汇大厦基坑工程	416
六、	平面格构式拱撑环支护结构——澳东大厦 基坑工程	421
七、	护坡排桩兼作地下室外墙承重结构基坑工程	425
八、	钢支撑体系结构——北京国贸中心二期深 基坑工程	428
九、	环梁内支撑结构——北京某综合楼深基坑工程	432
十、	锚拉护坡桩综合支护结构——王府停车楼深 基坑工程	439

十一、超大环梁支护结构——吉祥大厦深基坑工程·····	444
十二、钢筋混凝土内支撑结构——佛山某基坑工程·····	449
十三、插筋补强支护结构——某 17.7m 深基坑工程 ···	453
十四、钢混地下连续墙围护的天津云翔大厦 基坑工程·····	456
十五、地下连续墙正逆施工法——天津百货大楼 基坑工程·····	461
<b>第六章 基坑工程技术新进展·····</b>	<b>465</b>
一、空间非线性共同作用理论与计算·····	465
二、土坡稳定分析·····	467
三、挡墙土压力探讨·····	472
四、基坑开挖时空效应规律·····	478
五、挤扩支护桩·····	481
六、人工地层冻结技术·····	483
七、土层可拆锚杆技术·····	485
八、基坑工程的概念设计·····	487
九、基坑工程计算机模拟·····	492
十、拱圈支护技术·····	494
十一、基坑工程中的稳定分析·····	497
十二、非圆形大断面灌注桩·····	499
十三、带桩腿地下连续墙·····	501
十四、花管注浆软托换技术·····	504
十五、基坑工程综合技术及方案优化·····	506
<b>第七章 基坑工程简表·····</b>	<b>511</b>
参考文献·····	542
附录：基坑工程事故和典型支护实例照片	

# 第一章 概 述

## 一、基坑工程的发展简述

20世纪以来,人类历史进入了前所未有的发展阶段,并在全球产生了三种影响深远的变化:即人口膨胀,科技发展,环境污染和生态破坏。从1950年至1996年的46年间,世界人口由25亿增加到58亿,其中中国人口由4亿增加到12亿,同时,人均粮食作物面积减少了一半。据权威预测,如果世界人口增长率保持目前水平,人均占有粮食作物耕地面积到2030年将只剩下0.08公顷。耕地面积减少的主要原因是城市化水平的快速提高,即城市数量增加和城市规模扩大。根据预测,到2010年,中国城市总数将从目前的640个增加到1000个。

城市化的快速发展,正在中国城市中形成“城市综合症”,主要表现为城市人口超饱和、建筑空间拥挤和城市绿化地减少。按照国际标准,城市人口密度大于每平方公里2万人属于拥挤情况,我国上海城区人口平均密度为每平方公里4万人,局部地区每平方公里16万人,北京城4个区人口平均密度为每平方公里2.7万人,均处于超饱和状态,位于世界人口高密度之首。

改革开放以来,为充分利用土地,我国的高层建筑如雨后春笋,拔地而起。据不完全统计,1980年至1989年的10年间,我国新建高层建筑1000余栋;1990年至1991年的两年间,新建高层建筑1000余栋;1992年一年就新建高层建筑1000余栋;而1993年新开工的高层建筑就达2000余栋。迄今为止,我国已建成10层以上的高层建筑累计超过1.3亿 $m^2$ ,高度超过100m的超高层建筑已超过200栋,高度超过200m的超高层建筑达20余栋。

其中：广州中天广场，建筑面积 30.6 万  $m^2$ ，主楼地下 2 层，地上 80 层，高 322m，加塔楼总高度为 389.9m；深圳地王大厦，81 层，高 325m，桅杆标高 384m；上海金茂大厦，建筑面积 29 万  $m^2$ ，地下 3 层，地上 88 层，建筑高度 360m，塔尖标高 420.5m。它们已跻身于世界百座超级巨厦之列，分别名列第 13、第 12 和第 3 位。从发展的趋势看，我国正在建设的高层建筑越来越高，体量也越来越大。但是，1990 年的统计数字表明，我国城市人均绿地面积仅为 3.9 $m^2$ ，上海市人均绿地面积只有 0.9 $m^2$ ，距 2000 年人均绿地 7 $m^2$  的规划指标还有相当大的差距，与发达国家相比，差距就更大了。

1992 年联合国环境与发展大会通过了《21 世纪议程》，提出将可持续发展的模式，作为未来长期的共同发展战略。在建设可持续发展城市的过程中，城市地下空间的开发利用有着非常重要的作用，它既是调节城市土地利用结构、扩充城市空间容量的重要手段，也是建立现代化城市综合交通体系、防灾救灾综合空间体系的重要途径，同时也是城市基础设施现代化建设的主要方法。可以说，没有城市地下空间的开发利用就没有城市的可持续发展。

近年来，我国的地下空间开发工程也有了长足的进展，相继建成了一批地下铁路，地铁车站（其中，上海徐家汇地铁车站为亚洲最大的地铁车站，开挖宽度 23m，长 660m），地下娱乐城，地下宾馆，地下影剧院，地下商业街（如北京王府井 3 层大型地下商业街，长 780m，宽 40m），地下立交过街道，地下停车场（如上海人民广场地下车库和商场，其建筑面积达 5 万  $m^2$ ），地下粮库，地下通信枢纽，地下发电厂等，高层及超高层建筑的储藏库、停车场、设备层等也都置于地下。常见的地下室为 1~3 层，有的高层建筑地下室达 4~5 层。据估计，我国已开发利用的地下空间约 5000 万  $m^3$ 。可见，地下空间的开发利用已成为当前城市建设中的一项重要课题。

由上述可见，我国人口众多，为了节约土地，必然大量兴建高层建筑和要充分利用城市地下空间，这样就带来了大规模基坑

工程的开挖与支护,为地下工程建筑提供必要和安全的环境条件。同时,建筑基坑工程的重要性和复杂性也日益显示出来。

## 二、我国基坑工程的现状

基坑的深度主要取决于地下室层数,一层地下室的基坑深度大致为 $-(4\sim 6)$  m,二层地下室的基坑深度为 $-(8\sim 9)$  m,三层地下室的基坑深度为 $-(11\sim 12)$  m,四层地下室的基坑深度为 $-(14\sim 16)$  m。底板厚度一般为 $1\sim 3$  m。在此,简要介绍一下我国几个基坑工程量最多、最为复杂的典型城市基坑工程的现状,就可以体现我国基坑工程当前的技术水平和现状。

### 1 北京

#### 1.1 地质特征

北京市位于北京平原。北京平原区第四纪堆积物按其成因类型,在山麓地带分布有残积、坡积、洪积物,平原区以洪积、冲积物为主,并有零星分布的湖沼堆积物和风积物。目前,北京的基坑工程多集中在城区,一般基坑工程常遇到的地层是:(1)填土层,厚度 $1\sim 8$  m;(2)粉质粘土、粘质粉土或粉土互层,厚度 $5\sim 10$  m;(3)砂、砾、卵石层;(4)粘土层。从分布来看,东部一般以填土和粘土为主,西部以填土和砂、砾、卵石层为主,中间夹有粘土层。相对而言,土层条件较好,有利于基坑工程施工。

基坑工程常碰到的地下水主要有三层,即上层滞水、潜水和承压水。上层滞水埋藏于填土、粉土及粉质粘土层中,主要分布于东北部及南部;潜水埋藏于砂、砾、卵石层中,水位一般在自然地表以下 $15$  m左右;承压水亦埋藏于砂、砾、卵石层中,埋深多在 $20$  m以下。

#### 1.2 基坑开挖的主要形式

(1) 无支护开挖:北京土质条件较好,不少基坑垂直开挖深度达 $5\sim 6$  m,有些土质好的地区基坑放坡开挖深度达 $15$  m左右。

(2) 钻孔灌注桩护坡开挖:钻孔灌注桩护坡是最广泛采用的

支护形式，深度在 $-10\sim-12\text{m}$ 以内的基坑一般采用悬臂式单排或双排桩支护，也有的采用拉结形式支护。深度在 $-12\sim-15\text{m}$ 的基坑一般采用直径 $\phi 800\text{mm}$ 的灌注桩加一层锚杆支护，上面 $2\sim 4\text{m}$ 砌砖墙。深度超过 $-15\text{m}$ 的基坑，一般采用灌注桩加多层锚杆支护，锚杆长度为 $15\sim 25\text{m}$ 。经贸委综合业务楼基坑深度为 $-26.6\text{m}$ ，采用灌注桩加多层锚杆支护，旋喷桩止水。

(3) 钢桩护坡开挖：型钢悬臂支护时，基坑开挖深度有限，一般与锚杆联合支护或桩顶拉锚。如京城大厦，地上52层，地下4层，高度为 $183\text{m}$ ，基坑开挖深度 $-23.5\text{m}$ ，支护桩采用H型钢( $488\text{mm}\times 300\text{mm}$ )，桩长 $27\text{m}$ 、 $24\text{m}$ 及 $18\text{m}$ ，间距 $1.1\text{m}$ ，三道锚杆( $-5\text{m}$ ， $-12\text{m}$ ， $-18\text{m}$ )，基坑施工时间为1986年。

(4) 地下连续墙护坡开挖：北京大深度的基坑有的采用地下连续墙支护，如中银大厦，基坑深度为 $-24.0\text{m}$ ，采用地下连续墙加锚杆支护，

(5) 土钉墙或喷锚支护开挖：早些年，插筋补强支护多用于 $6\text{m}$ 以内的基坑，近来，土钉墙与喷锚支护混用范围不断扩大，尤其适用于土质较好，地下水位较低的场地，造价可节省 $10\%$ 。北京庄胜广场基坑深 $-14.8\sim-16.2\text{m}$ ，已应用 $1$ 万多 $\text{m}^2$ ，钉径 $\phi 28\text{mm}$ ，钉长 $10\sim 15\text{m}$ ，按 $1.5\text{m}\times 1.5\text{m}$ 布置。北京西客站用土钉墙支护 $-17\text{m}$ 的深基坑。

### 1.3 地下水的治理

北京城区东部地下水位较高，基坑工程经常采用明排降水、井点抽降、自渗降水和止水帷幕防渗等。

## 2 上海

### 2.1 地质特征

上海是世界上三大软土地基城市之一，地处长江三角洲，覆盖层厚达 $150\sim 400\text{m}$ ，其中埋有很深厚的软弱淤泥质粘性土。从地质成因上看，上海属于长江三角洲相和河口滨海相沉积，在 $20$ 余米深度内，主要土层为淤泥质粉质粘土和淤泥质粘土层，含水量一般在 $37\%\sim 50\%$ ，孔隙比一般在 $1.05\sim 1.37$ 之间，土体的压



缩量，压缩系数在  $0.72 \sim 1.24 \text{MPa}^{-1}$  之间，抗剪强度低，渗透系数很小，一般为  $6 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 。在外荷载作用下，地基承载能力低，变形大，不均匀沉降大。

## 2.2 基坑开挖的主要形式

(1) 板桩支护开挖：上海的浅基坑开挖多用钢板桩、预制钢筋混凝土板桩等。板桩刚度较低，打桩和压桩的垂直度不高，噪声大，但是，它有着造价低、施工方便等优点。另外，拉锚板桩和支撑板桩的发展，扩大了板桩的适用范围。

(2) 地下连续墙支护开挖：上海的深基坑工程中，地下连续墙已成为主要支护方法之一，它的主要形式有：悬臂式地下连续墙，内支撑地下连续墙，斜支撑地下连续墙，地下连续墙加锚杆支撑等。上海徐家汇地铁站，地下3层，基坑深17m，采用地下连续墙支护开挖；上海宝钢热轧厂铁皮坑，内径27.3m，基坑开挖深度31.4m，采用1.2m厚的地下连续墙支护，墙深49.9m，嵌固深度18.5m；上海银冠大厦，地下4层，基坑深度为-15.1~-19.6m，基坑开挖面积7900m<sup>2</sup>，开挖土方13万m<sup>3</sup>，基坑支护采用1.0m厚的地下连续墙加对撑、角撑和拱结构相互结合的平面刚架支撑，地下连续墙长度364m。同时，许多大型建筑采用“一墙二用”，即钢筋混凝土地下连续墙既作深基坑支护结构，又作为永久性的地下室承重外墙，并且采用逆作法施工。

另外，预制地下墙在上海明天广场基坑支护中，深度可达30m。

(3) 重力式水泥土挡墙支护开挖：上海博物馆基坑深度-9.8m，采用重力式水泥土挡墙挡土止水。

(4) 钢筋混凝土灌注桩加内支撑开挖：内支撑体系在上海得到了很大的发展，有钢管内支撑、钢筋混凝土内支撑等，有对撑、角撑、排架撑及环梁支撑等。上海世贸商场，建筑面积22万m<sup>2</sup>，基坑深度-10.7~-13m，采用 $\phi 1000 \text{mm}$ 钻孔灌注桩支护，钢筋混凝土内支撑。上海万都大厦，主楼54层，2层地下车库，基坑深度-12.8~-14.6m，采用 $\phi 850$ 、 $\phi 950$ 、 $\phi 1050 \text{mm}$ 灌注桩支护，