

● 中国建筑工业出版社

土钉支护设计与施工手册

曾宪明 黄久松 王作民 等编著

TUDINGZHIHUSHEJUYUSHIGONGSHOUCE

TU4/2.77-62

2000754

土钉支护设计与施工手册

曾宪明 黄久松 王作民 宋红民等 编著



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土钉支护设计与施工手册/曾宪明等编著. —北京:

中国建筑工业出版社, 2000. 8

ISBN 7-112-04292-5

I. 土… II. 曾… III. ①土钉支护-建筑设计-技术手册②土钉支护-工程施工-技术手册

N. TU472.99-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 27374 号

本书以岩土高边坡和深基坑边壁破坏模式为主线, 以当代国内外最新研究成果和编著者多年研究与实践所得为依据, 全面、系统地阐述了岩土边壁 (坡) 的各种经典和流行的稳定性分析方法, 以及各种岩土和复杂环境条件下, 具有优越经济技术效果的土钉支护技术的作用机理、设计方法、施工方法及监控方法等, 是城建、交通、水电、铁道、冶金、煤炭、民防、军工系统的勘察、设计、施工、建管、监理、质检工程技术人员及作业人员必备的工具书。

* * *

责任编辑: 丁洪良

土钉支护设计与施工手册

曾宪明 黄久松 王作民 宋红民等 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

北京市彩桥印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 22 $\frac{3}{4}$ 字数: 568 千字

2000 年 8 月第一版 2000 年 8 月第一次印刷

印数: 1—3,500 册 定价: 38.00 元

ISBN 7-112-04292-5

TU · 3714 (9747)

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)

序

这是继土钉支护设计施工技术“指南”、“条例”和“规程”之后出版的又一本技术应用类著作。

这本著作的面世,使得有关土钉支护设计与施工技术的著述更加全面。

土钉支护法在我国 20 世纪 90 年代初被称为“岩土基坑喷锚网支护法”。为了同国际接轨,其后曾称为土钉技术。1996~1997 年,在编制相关技术条例和规程期间,清华大学陈肇元院士和总参工程兵科研三所周丰峻院士与本书作者等,建议将这种方法定名为土钉支护法较宜,以区别于国外的土钉墙方法。这反映了产生于中国 20 世纪 80 年代以来大规模基本建设的土钉支护方法,具有中国特色,较为符合这种方法的理论与实际应用状况。

从作用机理上讲,锚杆包括锚索主要为锚固机制,土钉墙主要为加固机制,而土钉支护则为加固基础上的锚固机制。它们各具特色。对设计者来说,理解这一点是至关重要的。

土钉支护的应用范围,目前已涉及到的有岩土高边坡、深基坑边壁、铁路公路隧道、地铁、桥墩、桥涵、铁塔、港口、路基、堤坝、机场和人防等工程。它所支护的除一般土层外,尚有流砂、软土、厚杂填土、强膨胀土和砂砾石等不良地层。

土钉支护法在不良土层中的良好适用性与较优越的经济技术效果,是该方法的重要特点之一。

土钉支护方法自问世 10 年来,发展较快,并在逐步走向成熟,但仍存在理论落后于实践的问题。非方法本身原因所造成的某些工程事故险情应引起人们重视。这反映了该方法具有一定的设计和施工难度,设计和施工技术人员应该重视和具体掌握。

本书编著者根据自己的研究所得和 10 年来所积累的实际经验,结合国内外先进研究成果,较全面、系统地对土钉支护方法进行了总结和介绍。这对于进一步促进土钉支护方法的深入研究及其在建筑市场上的规范化应用将是很有益的。预期它会受到广大工程技术人员的青睐。

中国工程院院士



2000 年 1 月 27 日 于北京

本书编著委员会与分工

主任委员：曾宪明，博士、副总工程师、高级工程师，负责前言、第1、2、3章和第5、7、13章部分内容的编写，并负责全书策划与统稿。

副主任委员：黄久松，副研究员，负责全书策划与统稿。

王作民，副研究员，负责第4、10、12章及第5章部分内容的编写。

宋红民，高级工程师，负责全书策划与统稿等。

委 员：陈德兴，硕士、高级工程师，负责第9章的编写。

刘瑞朝，博士、高级工程师，负责第8章及第7章部分内容的编写。

曾荣生，副研究员，负责第11章的编写。

成竹刚，副研究员，负责第6章部分内容的编写。

李茂生，研究员，负责第6章部分内容的编写。

易 平，助理研究员，负责第13章部分内容的编写等。

张晓忠，助理研究员，负责第13章部分内容的编写等。

前言

1. 土钉支护近 10 年的应用与发展

我国土钉支护首例工程为深圳市建材集团公司投资兴建的文锦广场大厦基坑边壁工程(1992 年)。土钉支护法在当时被称为岩土深基坑喷锚网支护法。

自那时以来,土钉支护的应用在全国已遍地开花。即便在工程围护难度较大的上海软土地区,也已成功地建造了数十例工程。至目前为止,采用土钉支护技术建造的工程,在全国约有千例之数。其中深度及影响均较大的工程有:广州 065 工程(深 18.0m,1994 年建造)、广州海洋馆基坑边坡工程(深 18.13m,1996 年建造)和烟台浅海深围堰边壁加固工程(深 20.5m,1999 建造)。这些工程的成功建造表明,随着土钉支护技术的推广应用,相应的设计水平和施工水平已有了较大提高。

土钉支护有关技术标准的编制,有力地促进了土钉支护技术的应用与发展。受建设部科技委和中国标准化协会委托,清华大学和总参工程兵科研三所主编并完成了《土钉支护设计与施工技术条例》(1996)和《基坑土钉支护技术规程》(1997)的编写。这两个技术标准的制定,使土钉支护技术在建筑市场的应用更加规范。特别是,在这两个技术标准中,在总结实际工程经验的基础上,提出将土钉支护基坑边壁(坡)的深度从 13m 提高到 18m 的大胆作法,以及复合土钉概念的建立等,不仅在实际工程中有较重要意义,而且在技术上也有一定突破。

围绕土钉支护技术所开展的科研与教学工作,对推动土钉支护在我国建筑市场的应用,也是很重要的。为了进行规范设计,业已编制出若干土钉支护设计计算软件投入使用,并开展了某些研究攻关工作。1996 年 9 月 4 日至 6 日在北京召开的“深基坑开挖的土钉支护技术研究会”(建设部科技委主办,清华大学和总参工程兵科研三所承办),和 1997 年 6 月在洛阳举办的“全国首届土钉支护设计施工研修班”(建设部科技委和总参工程兵科研三所共同主办),是对上述实践经验和研究工作的较集中检阅。研修班主要使用了下列三种教材:

(1) 土钉(喷锚网)支护设计与施工,张胜民、曾宪明、任辉启主编,1996 年 6 月出版。

(2) 岩土深基坑喷锚网支护法原理、设计、施工技术指南,曾宪明、曾荣生、陈德兴、王作民编著,同济大学出版社,1997 年 1 月出版。

(3) 土钉支护在基坑工程中的应用,陈肇元、崔京浩主编,中国建筑工业出版社,1997 年 8 月出版。

2. 土钉支护获得广泛应用的原因

土钉支护技术的应用,近 10 年来发展非常迅速。究其原因,主要有以下几点:

(1) 各级建设主管部门的重视与支持是土钉支护走向建筑市场的关键原因

没有深圳建设局的重视与支持,深圳不可能成为土钉支护技术的发祥地,首例文锦广场土钉支护工程不可能一炮打响,并向周边、内地很快辐射开来。没有广东、广州、北京、武汉等地建设主管部门重视与支持,土钉支护技术不可能在这些地区开展得如火如荼。没有全国各地建设主管部门的重视,土钉支护技术也许就很难推广应用到这些地区。从 1995

年开始,建设部科技委,根据土钉支护技术在各地的应用情况,适时委托组织了对土钉支护技术指南、条例、规程等的编写,主办了各种全国性研讨会、研修班和现场会。这些工作,极大地促进了土钉支护技术的应用与发展,并使之逐步走向规范化起了很好的作用。

(2) 专家、学者的倡导和支持是土钉支护技术方法不断完善提高的重要原因

土钉支护技术在深圳文锦广场工程中得以采用及在该市的推广,首先得力于深圳的黎克强、那玉玺、支国祯等为代表的工程专家的支持和引荐。在建设部科技委主持召开的北京庄胜广场大厦和万福大厦基坑土钉支护现场会上,郑哲敏、陈肇元、李国洋、周丰峻等对这种方法的力学原理和开发潜力给予了高度评价和肯定。陈肇元还在《地下空间》发表文章,并著书立说,全面介绍这一技术方法及国外相关技术,同时领导了有关技术条例和技术规程的编写。钱七虎、林润德、孙均、林皋、郑鸿泰、杨秀敏、梁炯璠、沈祖炎、程良奎、葛修润、黄久松等不仅对该技术的发展给予了密切关注,而且对某些重大工程项目和若干科研攻关项目给予了具体指导和有力支持。

另有更多的工程专家群体自身就是这一技术方法推广应用的参与者和实践者。专家、学者的倡导、支持和参与,是土钉支护获得广泛应用的很重要原因之一。

(3) 土钉支护优越的经济技术效果,是它在优胜劣汰的建筑市场上具有较强竞争力的最根本原因

建筑投资者对工法的选择,可以有多项参数指标。但归纳起来,最要紧的就是一条:综合经济目标,即对工程总造价的权衡。人们可以从土钉支护方法在建筑市场的单价走势,看出它巨大的社会效益和经济效益。最初在深圳、广州地区,土钉支护基坑边壁的单价约为 $1000\sim 2000$ 元/ m^2 ,个别特殊工程可达到 3000 元/ m^2 以上,后来下降到 $600\sim 800$ 元/ m^2 。现在仅有 $400\sim 500$ 元/ m^2 ,甚至更低。北京地区最初土钉支护单价在 $700\sim 900$ 元/ m^2 ,后来仅为 $300\sim 500$ 元/ m^2 ,甚至更低。上海地区的单价从 1000 元/ m^2 左右一路下滑,目前较浅工程也只有 400 元/ m^2 上下或更低。

上述单价走势既反映了土钉支护技术的发展在走向成熟,管理水平已有所提高,也存在竞争中互相压价或投资方盲目压价的问题。但无论如何,土钉支护优越的经济技术效果,是受到建筑投资者亲睐的最根本原因。

土钉支护得到广泛应用,并已取得令人瞩目的成果。但这绝不等于说它不存在问题。相反,它存在的问题同样是不容忽视的。

3. 土钉支护在研究与应用方面存在的问题

(1) 研究方面的问题

土钉支护与岩土介质特别是软弱岩土介质相互作用机理的研究还较欠缺;对某些机理的认识更多的还停留在定性描述方面;缺少定量描述的结果,致使设计理论更多地不得不建立在工程类比法的基础之上。

(2) 土钉支护临空面的深度上限问题

这既是一个涉及设计理论的问题,也是一个实际工程问题。总的说来,目前土钉支护临空面的深度还不大,对于一般岩土介质,目前已达 20.5m ;对于软土介质,目前仅为 10.0m 。准确回答土钉支护临空面特别是直立临空面的深度上限问题,目前尚有困难。

(3) 临空面临界变形速率及其与土钉支护参数的关系问题

我们知道,由不同介质构成的临空面稳定性不取决于变形的大小,而是取决于变形速

率的大小,因而,它们分别存在着不同的临界变形速率。迄今为止,我们只能对很少的几种岩土介质的临空面临界变形速率提出相应的判断准则,而对更多的岩土介质尚处于未知状态。这是一个问题。我们知道,在支护条件下,临空面的变形速率的大小,与土钉支护参数的强弱相关。但这种关系的定量描述,目前仍在研究中。这是另一个问题。

(4) 施工机械设备问题

土钉支护施工的机械设备目前还很落后,基本上还处在半机械半人工的水平。在某些砾石层中,钻孔问题非常棘手;软土中锚管的有效注浆问题,也还需进一步探讨解决;垂直锚管的施工效率还较低,等等。

(5) 施工队伍素质和施工质量问题

一般而言,土钉支护施工队伍素质尚不高。其中有相当部分施工队伍,素质很差。施工队伍素质低下带来的直接后果,就是工程质量得不到保证。采用土钉支护方法,把工程做垮的事时有发生,常常是这种原因造成的。

4. 本手册的编著目的

从1997年开始,根据建设部科技委有关专家建议,即着手组织编著本手册。本手册旨在全面总结近10年来有关土钉支护的科研成果和大量的实际工程经验,包括反面经验,配合土钉支护设计与施工技术指南、条例和规程,进一步指导、促进土钉支护技术的健康应用。

土钉支护方法不能简单地看成一种工法。它涉及到勘察、设计、施工、监测、监理、质检等各个方面的工作,涉及到破坏模式的选定,不同岩土介质的不同稳定分析方法的使用,不同设计计算理论的运用,等等。为了便于读者使用,本手册以岩土高边坡和深基坑边壁破坏模式为主线,以国内外最新研究成果和编著者多年研究与实践所得为依据,较全面、系统地阐述了岩土边壁(坡)的各种经典和流行的破坏模式、稳定性分析方法,以及土钉支护的作用机理、设计方法、施工方法、监测方法和质检方法等。编著者衷心期待这一编著目的能够实现。

本手册编著历时三载,七易其稿,编著者虽耗费了大量心血,但谬误之处仍在所难免,欢迎读者海涵并指正(来信请寄:河南省洛阳市中国黄河水利技术研究所,邮编471023,电话0379-5981195)。

5. 鸣谢

编著者十分感谢本手册各章后所列参考文献的中外作者。其中特别应该提到的是总参工程兵科研三所高级工程师范保太同志。他默默无闻地参与了许多工程的监测与预报,获取了大量宝贵的科学数据。这些数据,由编著者进行了整理,并将其中相当部分纳入了本书有关章节中。但范保太已永远不知道这些了,他已于1997年因患病与世长辞。人们不会忘记他所做的工作和贡献。

在本书编著过程中,还得到了钱七虎院士、林润德教授、陈肇元院士、林皋院士等的指导和支持,在此一并致谢。

编著者还非常感谢钱七虎先生为本书作序。

编 著 者

2000年1月2日

目 录

第一章 绪论	1
1.1 90年代我国岩土深基坑（防空地下室）围护现状	1
1.2 岩土深基坑围护方法分类	2
1.3 传统方法的特点	3
1.4 改良方法的特点	6
1.5 岩土深基坑土钉支护法的特点	7
1.6 锚钉墙法的特点.....	11
1.7 岩土深基坑（防空地下室）围护方法发展趋势.....	13
第二章 岩土深基坑高边坡破坏模式概论	14
2.1 概述.....	14
2.2 破坏模式的研究方法与分类.....	15
2.3 破坏模式的多样性和有限适用性.....	16
2.4 破坏模式对稳定分析、方案设计及工法的决定作用.....	17
2.5 常用破坏模式简介.....	18
2.6 小结.....	33
本章参考文献	34
第三章 土钉支护原理与方案设计概则	36
3.1 土钉支护原理.....	36
3.2 方案设计的必要条件.....	39
3.3 设计的基本程序.....	40
3.4 设计修改.....	41
3.5 基坑边壁支护设计基本程序框图.....	41
3.6 设计注意事项.....	42
第四章 一般土质边壁（坡）稳定性分析方法	46
4.1 极限平衡分析法.....	46
4.2 应力-应变分析法	59
4.3 概率分析法.....	63
本章参考文献	77
第五章 岩石边壁（坡）稳定性分析方法	78
5.1 概述.....	78
5.2 赤平极射投影的原理和作图方法.....	79
5.3 实体比例投影的原理和作图方法.....	87
5.4 岩石边壁（坡）稳定性分析.....	92
5.5 块体转移稳定分析	103
5.6 全空间赤平极射投影及其在岩石边壁（坡）稳定性分析中的应用	119

本章参考文献.....	129
第六章 一般土质边壁（坡）土钉支护设计与施工	130
6.1 一般土质边壁（坡）的基本定义	130
6.2 一般土质边壁（坡）的变形破坏特征	132
6.3 一般粘土边壁（坡）破坏形态	132
6.4 一般粘土边壁（坡）土钉支护设计	133
6.5 一般粘土边壁（坡）土钉支护的施工	144
本章参考文献.....	154
第七章 软土边壁（坡）土钉支护设计与施工	155
7.1 概述	155
7.2 软土的基本特征及变形破坏特征	155
7.3 软土边壁（坡）土钉支护设计与施工	156
7.4 软土边壁（坡）土钉支护实例分析	159
7.5 软土边壁（坡）土钉支护失事实例分析	177
本章参考文献.....	181
第八章 不良地层中边壁（坡）土钉支护设计与施工	183
8.1 膨胀性岩土边壁（坡）土钉支护设计与施工	183
8.2 杂填土边壁（坡）支护设计与施工	187
8.3 砂砾石边壁（坡）土钉支护设计与施工	189
8.4 砂土边壁（坡）土钉支护设计与施工	193
本章参考文献.....	201
第九章 边坡（壁）滑坍处理设计与施工	202
9.1 概述	202
9.2 护壁桩滑塌处理设计与施工	202
9.3 土钉支护变形不收敛原因判断及处理	209
本章参考文献.....	219
第十章 监测仪器及其使用方法	220
10.1 监测的必要性.....	220
10.2 监测的主要内容.....	220
10.3 监测的主要仪器.....	221
10.4 监测的一般方法.....	235
10.5 数据整理及反馈设计.....	237
本章参考文献.....	237
第十一章 土钉支护工程的检测与验收	238
11.1 检测的主要技术参数.....	238
11.2 检测的基本方法.....	238
11.3 工程验收.....	242
本章参考文献.....	242

第十二章 土钉支护主要施工设备与机具.....	243
12.1 钻孔机具.....	243
12.2 空气压缩机.....	250
12.3 混凝土喷射机.....	251
12.4 注浆泵.....	252
12.5 混凝土搅拌机.....	254
12.6 张拉设备.....	255
本章参考文献.....	258
附录1 岩土介质物理力学特性的多元坐标分析法	259
附录2 各地岩石介质物理力学参数指标试验值	263
附录3 各地土层介质物理力学参数指标试验值	288
附录部分参考文献.....	353

第一章 绪 论

【本章提要】 本章讨论了 20 世纪 90 年代我国岩土深基坑的围护现状,指出主要具有深、差、密、多、低等特点。对诸多深基坑围护方法,主要从其演变发展过程进行了分类;结合工程实例对目前 4 类主要方法——传统法、改良法、土钉(喷锚网)支护法及锚钉墙法的特点分别作了扼要评述,并对其在建筑工程市场上的采用概率和发展趋势给予了预测。

1.1 90 年代我国岩土深基坑(防空地下室)围护现状

进入 20 世纪 90 年代以来,岩土深基坑(防空地下室)围护问题已经和正在成为我国建筑工程界的热点问题之一,总的说来具有以下特点:

深: 基坑越挖越深。或为了使用方便,或因为地皮金贵,或为了符合建管规定及人防需要,建筑投资者不得不向地下和地上发展。过去地下建 1~2 层地下室,即使在大城市也不普遍,中等城市更为少见。现在在大城市、沿海城市尤其是特区,地下 3~4 层已很寻常,5~6 层也有。因此基坑深度多在 10~16m 间,在 20m 左右的也为数不少。

差: 工程地质条件越来越差。这一点在某些沿海经济开发区较为突出。某些开发区位于填海、填湖、淤河、泥塘或沼泽地,工程地质条件十分复杂。

密: 基坑四周已建或在建高大建筑物密集或紧靠重要市政公路。复杂的环境对基坑边坡变形提出了更高的要求。

多: 围护基坑方法多。诸如人工挖孔桩,机械钻孔桩,预制桩,深层搅拌桩,钢板桩,地下连续墙,钢支撑,木支撑,砂袋堆撑,拉锚,抗滑桩,注浆,土钉(喷锚网)支护法,各种桩、板、墙、管、撑同锚杆(索)联合支护法,此外还有锚钉墙法,应有尽有,各显神通。

低: 基坑工程的成功率较低。此问题目前在建筑工程界显得异常突出,以至很难举出哪个地区、哪个大城市或特区已建基坑工程近年来未出毛病的例子。无论是地质条件较好的地区(如北京),还是地质条件差的地区(如上海、海口、惠州等),也不管是浅坑或深坑,均有出事故的例子。最说明问题最典型的是,有的地区基坑工程成功率大体仅为 1/3,另有 2/3 是出了工程事故的或多少有点毛病的。其结果是,给国家造成巨大经济损失,影响居民安定生活,造成市政交通堵塞,危及四邻安全,使有关勘察、设计、施工、监理单位工程技术人员及质检、建管部门压力如山。

综上所述,尽管基坑围护经费在整个建筑工程投资上所占份额极小,基坑在人们的心理天平上仍出现了小头沉现象。这既反映了人们对基坑围护工程的重视,也反映了基坑问题的严酷现实。这即是 20 世纪 90 年代以来我国基坑围护的现状。

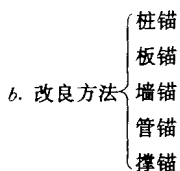
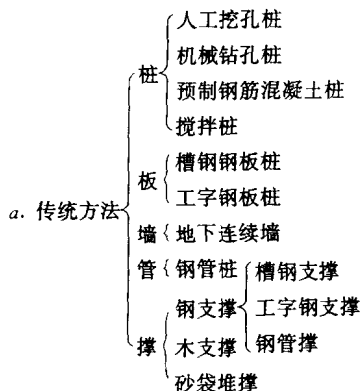
1.2 岩土深基坑围护方法分类

基坑围护方法繁多,各有其特点。粗略地给予分类可使问题简化,便于研究和应用。分类可有各种不同的分法。可从结构形式上进行分类,例如人工挖孔桩,钢板桩等是一种悬臂式结构,钢撑则是一种顶撑结构。也可从受力特点不同进行分类,例如桩、板、墙、管、撑具有被动受力特点,土钉(喷锚网)支护法则具有主动受力特点。从各种方法的演变发展过程作大致归类则更为简便、合理。大家知道,在上述众多的方法中,人工挖孔桩已有100余年历史了。逐步发展演化才出现了机械钻孔桩、钢板桩、预制钢筋混凝土桩、地下连续墙,以及深层搅拌桩和各种支撑等。其中深层搅拌桩在我国基坑工程中应用历史不长,在某些场合有其独特的优越效果,却也脱不开一个“桩”字。因此,上述方法可归入我国基坑围护传统方法类。

20世纪70年代以来,世界各国在上述传统方法中大量引入锚固技术,出现了桩锚、板锚、墙锚、管锚、撑锚等联合围护结构形式,获得了广泛的应用。在国际上著名的美国西雅图Columbia大厦基坑(1984),在国内,北京地铁西直门车站基坑(1976),都是采用工字钢板加锚杆建造成功的。这种联合围护方法,是对传统桩、板、墙、管、撑的改良,姑且称为改良传统方法或改良法。

90年代初期,岩土深基坑喷锚网支护法即土钉支护法打入建筑市场,并以异乎寻常的速度在全国推广应用,在建筑工程界引起极大震动和关注。此外,尚有人十分关注、在国外享誉很高、特别值得一提的锚钉墙方法等。由于注浆法、拉锚法等往往都不能单独使用,且为土钉(喷锚网)支护法及锚钉墙法所包容,故不作单独分类。

总之,从岩土深基坑围护方法的发展演变过程,并适当考虑其结构受力特点,工作原理及其在我国基坑围护工程中的地位与作用,试将目前我国基坑围护方法(除自然放坡外)粗略地分为以下四类:



c. 喷锚网支护法(包容注浆、拉锚)即土钉支护法

d. 锚钉墙法(钻孔注浆土钉等包容注浆法)

1.3 传统方法的特点

传统方法（桩、板、墙、管、撑等），曾经对我国城市建设做出过重要贡献，且至今仍在发挥一定作用。它受力明确，易于设计，设备简单，便于操作，工序简化，易于施作，其中人工挖孔桩造价较低，故工程采用概率较高。在工程地质条件较好，或基坑较浅（4~9m）时，仍常见这类方法的应用（图 1-1、图 1-2）。但是，随着国家经济建设的发展和基坑工程新特点的出现，它与基坑的不相适应性日见突出。



图 1-1 典型的传统方法：人工挖孔桩

例如，当基坑沿建筑红线竖向向下挖（这种情况越来越多）时，无论是搅拌桩还是人工挖孔桩，或是机械钻孔均无法施作；基坑位于住宅区或办公楼近旁，则钢板桩或预制桩或机械钻孔桩施工时的有害噪声对居民及上班族滋扰严重，往往引起强烈反响；基坑过深（如 $>15\text{m}$ ），土层自稳时间过短（如半小时或为零），则地下连续墙或难以施作，或肥厚不经济；此时采用钢板桩，预制桩或其他桩，都基本不可能，或极其困难；各类支撑则更是施作困难，开挖不便，拆除费事，少慢差费。

特别是由于传统方法（除搅拌桩群外），基本都可简化为悬臂式支挡结构类型，其受力性能欠佳，开挖过程中坑壁易产生较大变形，甚至失稳破坏，危及施工人员安全及邻近建筑物稳定（图 1-3）。事实上，勿庸讳言，许多失稳破坏的基坑，大都是采用传统方法施作的。1992~1994 年间，编著者有幸参与了若干基坑（表 1-1）事故原因分析和后期处理。从表 1-1 显见，除广州 065 工程和地王大厦基坑外，其余 8 例均采用传统方法围护。人们在分析上述工程事故原因时，无一不是从勘察、设计、施工、监理、质检，以及技术方案选择

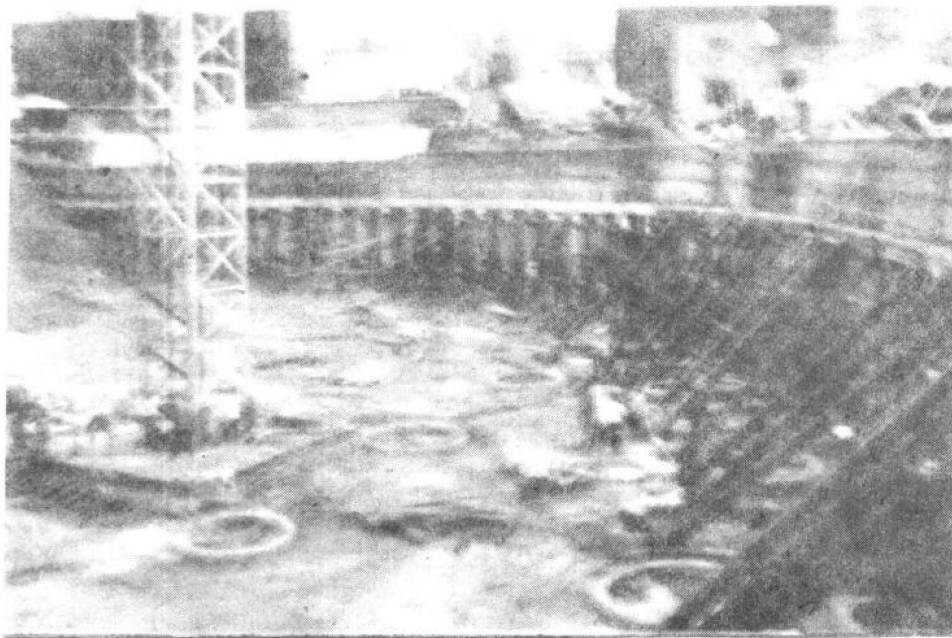


图 1-2 典型的传统方法：钢管撑



图 1-3 深圳新世界大厦基坑失稳情景

这几方面进行的。这自然有一定道理，尤其是施工质量问题正在引起人们高度重视，但无疑忽视了传统方法本身存在的悬臂式被动受力支挡结构的不合理性，及其与 90 年代深基坑，特别是不良工程地质条件下深基坑显著的不相适应性等重要因素。

采用传统方法基坑失稳的例子

表 1-1

序号	工程名称	基坑主要地层	基坑深度 (m)	基坑围护方法	失稳特点
1	深圳新世界宾馆大厦基坑	人工填土层, 植物层, 粉质粘土层, 细砂层, 残积粘土层	8~14.0	φ1200mm 人工挖孔桩+压顶梁	部分桩折断, 梁倒塌
2	深圳中山花苑大厦基坑	杂填土、粉质粘土层, 残积粘土层	7~14.0	人工挖孔桩+压顶梁	深坑地段边坡出现较大变形, 危及邻近已建住宅楼
3	深圳卫生防疫站办公大楼基坑	杂填土、粉土和粉砂层	7~13.0	φ40mm 预制钢筋混凝土桩	大部分桩倾斜倒塌, 危及邻近已建住宅
4	广州国际妇女儿童活动中心大厦基坑	杂填土、淤泥质土层, 流砂层	7.70	人工挖孔桩	一侧桩全部倾斜倒塌
5	深圳上步大厦基坑	人工填土, 植物层及埋藏植物层, 残积粘土层	10.0	地下连续墙	一侧墙全部倒塌
6	广州 065 工程基坑	人工填土层、淤泥质亚粘土层、粘土层、亚粘土层, 粉砂质泥岩和泥灰岩之强风化带、中风化带、微风化带	18	人工挖孔桩+预应力锚杆	东面围护结构全部失效, 三栋小楼倒入坑底
7	烟台海关大楼基坑	杂填土, 粗砾砂, 砾碎石, 粉质粘土	一般 10.8 局部 11.8	φ800mm 人工挖孔桩	部分桩倒塌
8	日本雄谷组地王大厦基坑 (深圳)	人工填土层; 第四纪残积层 (Qd+d 和 Qd), 含水量 10%~40%; 粗粒花岗岩之强、中、微风化层	最深 15	φ1000mm 人工挖孔桩+预应力锚杆	壁面开裂, 多数桩产生变形和大变形
9	深圳梅沙宾馆	亚粘土、细砂层	3.30~10	人工挖孔桩	桩长未达到设计要求, 山坡连同坑壁产生较大变形
10	深圳金丰大厦基坑	松散人工填土层, 粘土层, 砾质粘土层	7~10	φ800~1000mm 人工挖孔桩+压顶梁	四周护壁桩大部分倒塌, 折断或倾斜

1.4 改良方法的特点

改良方法（桩锚、板锚、墙锚、管锚、撑锚）是当今国内外较流行的方法，在基坑围护工程中占有主导地位（图 1-4、图 1-5）。改良方法的最大优点是安全度较高，且其设计方法已基本形成，施工工艺亦趋完善，故近年来发展较快。即以深圳、广州为例，目前较重要一点的工程，大多是采用桩锚、墙锚或板锚法建造的。为了减少工程事故，有的城建管理部门还硬性规定，在某个深度以下，如采用人工挖孔桩护壁，则必须加设锚杆或锚索，即采用桩锚法。这一作法客观上促进了该方法的推广应用。

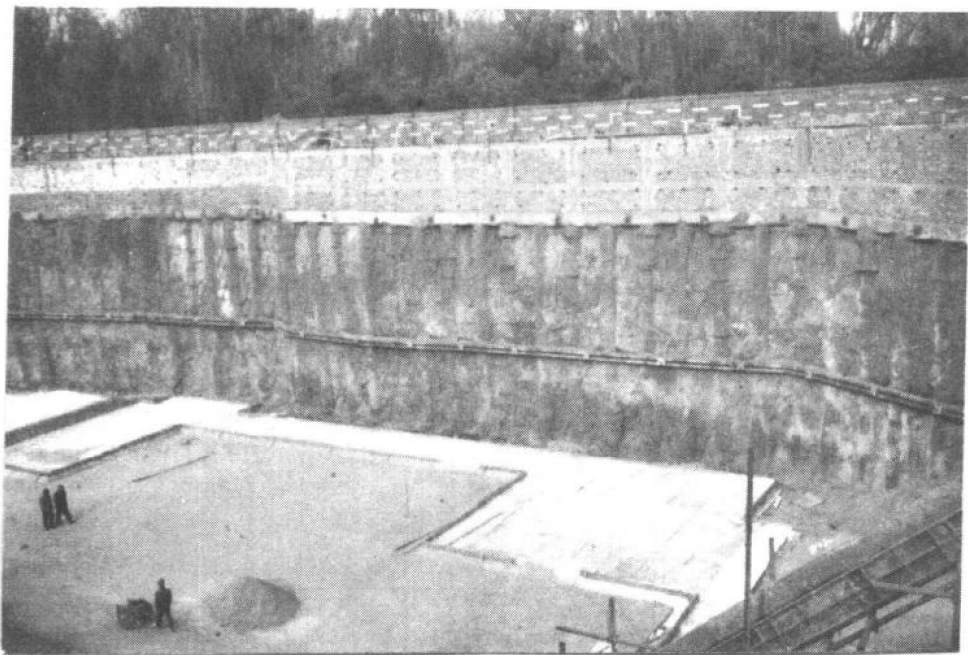


图 1-4 典型改良法：桩锚法

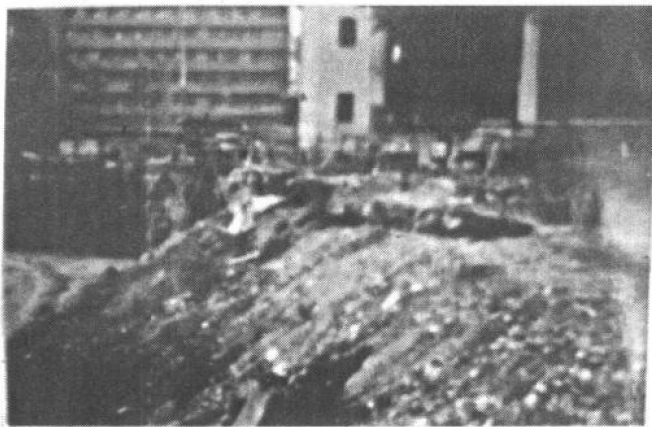


图 1-5 广州 065 工程桩锚法失事情景