

建筑与边坡事故 警示录

JIKENGYUBIANPOSHIGUJINGSHILU

曾宪明 林润德 易平 编著



中国建筑工业出版社

基坑与边坡事故 警示录

曾宪明 林润德 易 平 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

基坑与边坡事故警示录/曾宪明等编者. - 北京:中国建筑工程工业出版社,1999

ISBN 7-112-03939-8

I. 基… II. 曾… III. ①基坑-建筑工程-工程事故-事故分析
②边坡-建筑工程-工程事故-事故分析 IV. TU753

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 36311 号

全书共分四篇 16 章,对近年来发生在国内外的具有重大或较大影响、业已造成重大人员伤亡或不同程度经济损失的 243 例基坑边坡事故及险情的过程、原因和处理结果,进行了清晰论述和科学探讨。事故分析与结论均出自工程院院士、著名学者、知名专家以及长期工作在岩土工程勘察、设计、施工、监理、建管第一线的国内外工程技术人员手笔。书中结合失事工程案例,全面阐述了岩土深基坑高边坡破坏模式决定论,边壁(坡)加固支护方法分类法、破坏模式分类法,系统介绍了当今流行的数十个边壁(坡)破坏模式及其使用方法,以及软土边壁(坡)流鼓破坏模式的研究成果,不失为一本警示录,值得岩土工程勘察、设计、施工、监理、检测、建管工程技术人员参考。

* * *

责任编辑: 沈元勤 丁洪良

基坑与边坡事故警示录

曾宪明 林润德 易 平 编著

*

中国建筑工程出版社出版、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: 19¼ 字数: 464 千字

1999 年 9 月第一版 1999 年 9 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 25.00 元

ISBN 7-112-03939-8

TU·3074(9322)

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 言

读了曾宪明博士等编著的《基坑与边坡事故警示录》一书后,感到十分高兴。这是一本很吸引人的著作,也是一本极有实用价值的著作。

自 80 年代以来,基坑围护问题一直是我国建筑工程界的热点问题之一。由于建筑场地工程地质条件的不确定性,有时还十分复杂,基坑又越来越深,而基坑围护的设计方法还不十分成熟,施工管理往往不够规范,因此基坑工程出事故的时有所闻。这给国家造成巨大经济损失,影响四邻安全。鉴于此,作者收集了大量的工程事故实例;对造成事故的原因进行了分门别类的分析,这对于工作在工程第一线的工程技术人员具有重要的参考作用,也是一本难得的教材。

作者十几年来的辛勤工作已在基坑围护和边坡稳定方面取得了一系列的研究成果,积累了许多工程经验。这些成果和经验也在这本著作中得到了反映。例如:在第 1 章的岩土深基坑边壁围护方法的分类及特点中,显示了作者自己的观点和经验;第 4 篇“研究篇”则更是作者多年理论和实验研究成果的体现。这些内容对于进一步完善基坑围护设计方法将起到重要的指导作用。

我十分希望《基坑与边坡事故警示录》一书能早日与读者见面,使它能在工程实践中起到良好的指导作用。

沈祖炎

1999 年 4 月

前言

工程安全是人类永恒的话题。

谈工程安全可以谈正面的经验,也可以谈反面教训。

这是一本谈反面教训并如何把教训变为经验的书。

这也是一本集中了许多人的经验和智慧、一个或几个人甚难写出的书。

这本书的编著出版,说起来起因于几年前的“土钉支护技术设计与施工研讨会”。

这是一次全国性的学术交流会。会议于1996年9月4日至6日在北京召开。会议由建设部科技委主办,清华大学和总参工程兵科研三所承办。由总参工程兵科研三所研究提出的“岩土深基坑喷锚网支护法”,自1992年首次在深圳特区文锦广场应用以来,已在全国各地取得若干成果,同时也发现了一些非方法本身原因造成的问题。会议旨在讨论、修改并通过“土钉支护设计与施工技术条例”。会上对喷锚网支护法即土钉支护法在全国的应用情况,进行了广泛的学术交流。这次会议的召开,将使这一新支护方法的推广应用进一步走向规范化,是很有意义的。代表们交流的主要是正面经验。实际上,采用这一方法失事的例子也时有所闻,不过会上交流甚少。联系到当时采用各种围护方法出现的许多令人心惊的工程事故,不少学者、专家,如陈肇元、李国洋、程良奎、田裕甲、陈祥福等都感到是一个严重问题,希望多提出一些解剖事故、取得教训的文章。编著者甚至还设想过解剖事故的专题研讨会。毕竟出事的频率太高了。人们关心、思考这一问题,是出于工程技术人员的良心,难能可贵无可厚非的。然而仔细一琢磨,这种研讨会开起来甚难。其原因是有些非技术问题不便讨论,容易引起责任纠纷。编著者在第2章事故统计分析一览表内,所列243项失事例子中,大多数工程名称便是以“某工程”或“某某大厦基坑”出现的,想来其原因主要与此有关罢。于是这事只得暂且打住了。但它一直还在困扰着编著者。使编著者有明确想法,要编出这本书的是前年土钉支护研修班上碰到的一件事。

1997年6月中下旬,总参工程兵科研三所和建设部科技委在洛阳共同举办了“全国首届喷锚网(土钉)支护技术设计施工研修班”。为此专门编了一本教材(由张胜民、曾宪明、任辉启主编)。不过教材中也都是正面阐述各类问题。授课时,有几位专家结合教材介绍了几个在国内较有影响的工程事故发生过程、原因及处理经过和结果。没想到激起了研修班一百数十名学员的极大兴趣,纷纷要求多介绍一些这方面的例子。他们或是设计、施工第一线的工程技术人员,或是某一方面的行家里手,其中不乏博士、硕士、工程师和高级工程师。在他们中,那些头痛棘手的失事工程也许见到过、听说过,甚至经历过。因而十分关心,产生了共鸣。特别是重大事故的警示作用比正面经验的示范作用来得更直接、更强烈、更撼人心弦发人深省而久久难忘。既然事故研讨会难开成,开个笔会还是可能的。

近年来,不少专家、学者和工程技术人员,怀着强烈的责任感,在各种专业期刊、手册、国内外相关学术会议上,陆续发表了一些涉及工程事故原因分析及治理经验的宝贵文章。尽管在某一书刊或某次会议上这类文章寥若晨星,但集中起来数量仍相当可观,足以就此作一

番分析。

于是,编著者进行了大量收集资料的工作。在3个月时间里,收集相关资料达数百万言之多。经分门别类整理、筛选、为编著目的所作必要删减、修改和润色;加上编著者研究所得(第1篇、第4篇等),三易其稿,历时一年,遂成此书。非编著者撰写的原失事工程实例之精彩部分作了保留。但为节省书稿篇幅,并使精彩部分更为突出,除一短例外,编著者斗胆压缩了原材料10%~40%的篇幅;对某些印错的文、图作了订正;对少量因故不甚清晰的材料作了负责任的改写,并对大部分实例,根据编著者经验写了注评,以期引起读者注意。在收集资料期间,刘春华工程师的工作特别值得一提,他从浩繁的专著、期刊中搜集了三十余个失事工程实例,其中相当部分为编著者所采纳。

这里坦言编著者构思此书经过及所做工作,别无他想,只想敬告读者,特别是许多失事工程实例的撰写者,编著者既无王婆卖瓜之意,也无掠人之美之心,唯愿这些惨痛教训能使人们警醒,并恳请他们理解、支持、鉴谅。在他们中既有著名学者和专家,也有工作在工程第一线经验丰富的技术人员。从他们撰写的失事工程实例中,编著者有幸学到了不少知识。他们的名字被列在失事工程一览表的“资料来源”中及相应的章节下面。勿庸讳言,没有广大失事工程实例撰写者的善良愿望、良知和心血,这本书是难以面世的;从这个意义上讲,她是世纪之交中国工程技术人员共同的劳动成果。编著者谨向他们表示敬意和感谢,并欢迎他们及读者诸君批评斧正。来信请寄河南省洛阳市总参工程兵科研三所,邮编471023,电话(0379)5981195。

陈宗基高足郑鸿泰教授说:“凡悟师”,又说:“今否昨,明否今”,言简意赅实高论。没有不断的自我否定,我们便无法进步。工程事故天灾人祸曾使人类蒙受惨重损失,记取教训警钟长鸣将使我们赢得宝贵财富。这是编著者心愿,期与读者共勉。

编著者非常感谢建设部科技委办公室副研究员黄久松先生,中国建筑工业出版社主任编辑沈元勤先生、责任编辑丁洪良先生及出版社全体同志对这一编著工作的关心、支持、指导和在编辑过程中所倾注的大量心血。

承蒙同济大学沈祖炎教授于百忙中审阅了全部文稿,并为该书撰写了序言。对此,编著者谨致衷心谢意。

同济大学郑元标副研究员对本书初稿提出了若干有益的修改意见;总参工程兵科研三所一室田志敏研究员,陈德兴副研究员及一室全体同志对编著者给予了大力支持和帮助,在此一并致谢。

总参工程兵三所王仁立所长,王学礼先生,张启玉高级工程师,任辉启研究员,张福民高级工程师,刘新房副研究员,张守保研究员,顾金才研究员,王振忠副研究员及广大科研人员对编辑、出版本书给予了很大关注和多方指导,编著者谨向他们致谢。

最后,编著者对王桂月女士、冉莉玮女士的鼎力支持表示感激。

目 录

第1篇 绪 论 篇

第1章 基坑边壁(坡)围护现状、围护方法分类及特点	1
1.1 90年代我国深基坑边壁(坡)围护现状	1
1.2 岩土深基坑围护方法分类	1
1.3 传统方法的特点	3
1.4 改良方法的特点	5
1.5 岩土深基坑喷锚网支护法特点	6
1.6 土钉墙法的特点	9
1.7 岩土深基坑围护方法发展趋势	12
第2章 基坑边坡工程事故原因统计分析	13
2.1 假设条件分析	13
2.2 工程失事实例来源及说明	15
2.3 工程失事实例一览	16
2.4 工程失事原因统计分析	24
2.5 失事工程围护结构类型统计分析	26
2.6 失事工程处理措施统计分析	27
2.7 结语	29

第2篇 基 坑 篇

第3章 勘察因素造成工程失事	31
3.1 某办公楼工程事故分析与托换处理	31
3.2 广州某工程详勘不细教训	34
3.3 青岛某基坑险情原因分析及加固处理	35
第4章 设计因素引起工程事故(险情)	38
4.1 某大型地下贮水池深基坑边坡支护事故处理设计及施工	38
4.2 某基坑围护事故探析及处置方案讨论	39
4.3 全长粘结型锚杆在某工程中的成败分析	41
4.4 一起深基坑支护事故分析	45
4.5 天津某工程锚拉不当倾侧教训	47
4.6 新世界大厦基坑边壁坍塌及险情处理	48
4.7 国航大厦深基坑护坡桩倾覆事故原因及处理	52
4.8 深基坑支护工程事故实例	53
4.9 银都大世界基坑失事原因分析	55
4.10 上海某工程方案不妥教训	58

4.11	上海某工程管涌事故分析	58
4.12	某区人防办公大楼基坑严重塌陷事故原因	59
4.13	裕丰大厦基坑塌方事故原因分析	60
4.14	某大厦工程盲目压价教训	60
第5章	施工因素引发工程事故(险情)	62
5.1	深层搅拌桩在砂层中加固失效的实例分析	62
5.2	高层建筑深基坑开挖中的边坡支护问题	66
5.3	成都锦绣花园工程深基坑边壁坍方处理	67
5.4	成都人民商场营业楼基坑事故原因分析	70
5.5	武汉泰合广场深基坑支护工程的教训	72
5.6	地下围护结构事故原因及处理措施	74
5.7	镇江德辉广场基坑涌砂险情及其处理	77
5.8	临时性软土边坡滑动原因及处理措施	79
5.9	灌注桩偏斜事故分析及其处理	84
5.10	攀钢热电鼓风机站滑坡治理	86
5.11	广州海洋馆基坑流砂治理	89
5.12	护壁帷幕漏水险情及抢险技术	92
5.13	某软土基坑边坡大变形原因及处理	94
5.14	某深基坑负坡险情及处理	96
5.15	厦门某深基坑滑坡事故原因分析	99
第6章	设计与施工因素导致工程事故(险情)	102
6.1	液化土层中基坑事故与险情原因分析	102
6.2	某深基坑工程滑坡处理与施工	107
6.3	某深基坑事故分析和设计修改建议	113
6.4	某软土基坑水泥挡土墙滑坍原因分析	115
6.5	某基坑土钉支护滑坡原因分析	117
6.6	某深基坑工程路面大范围沉陷事故分析	120
6.7	交通银行大楼基坑重大事故原因分析	124
6.8	某深基坑流砂事故分析及其治理	125
6.9	某高层建筑基坑事故原因及其治理	127
6.10	海关大楼基坑失事原因及加固处理	130
第7章	忽视孔壁支护、振动荷载影响、地下管线损坏等教训	134
7.1	人工挖孔桩施工时发生坍方的处理实例	134
7.2	淤泥基坑中预制支承桩倾斜事故及其防治	135
7.3	地下管线断裂事故原因分析及建议	138
第8章	开挖降水对邻近建筑物的不良影响分析	141
8.1	镇海广播电视大楼基坑开挖对邻近楼房影响	141
8.2	某基坑开挖造成邻近楼房倾斜险情分析	143
8.3	某基坑开挖造成邻近电影院破损分析	145
8.4	基坑施工对周围环境的影响及其保护措施	148
8.5	护坡桩工程桩严重位移事故原因分析	150
8.6	某油库基坑事故对邻近厂房的影响	152

8.7 农贸市场大楼工程殃及池鱼事故	153
第9章 水患	155
9.1 降水不当造成基坑失稳事故探析	155
9.2 某膨胀土基坑滑塌事故与处理	157
9.3 某工程引起相邻建筑物沉降变形分析	159
9.4 某大厦基坑涌水坍塌事故原因分析与处理	163
9.5 泰合大厦基坑涌水涌砂事故分析	165
9.6 财政厅大楼深基坑滑坡原因及其治理	166
9.7 海口“梦幻园”某裙楼基础上浮事故教训	168
9.8 海口某大酒店基坑事故原因分析	168
9.9 人民商场改建工程管渗事故分析	169
第10章 综合因素影响	170
10.1 深基坑支护工程失事原因分析	170
10.2 软土基坑掘支事故与险情分析	176
10.3 某基坑支护失效事故分析	178
10.4 吉祥大厦深基坑抢险及流砂控制技术	180
10.5 华联大厦深基坑断桩事故分析	182
10.6 振动沉管灌注桩事故分析和处理	184
10.7 软土深基坑和桩基础事故原因分析	186
10.8 基础工程环境效应及防治对策	188
10.9 深基坑工程事故诸多原因探讨	191
10.10 沿海沙滩高层建筑基坑险情治理	193
10.11 泰安大厦基坑等10项工程失事教训	196
10.12 深基坑支护现状及事故原因分析	197
10.13 软土基坑事故(险情)分析处理	199

第3篇 边坡篇

第11章 水电、铁路高边坡滑塌及处理	203
11.1 滑坡的经济损失	203
11.2 某电站70m高边坡滑塌机制与治理分析	207
11.3 某电站厂房下包山滑坡及其处理	218
11.4 某洞脸边坡险情及其预应力锚索加固处理	223
11.5 某铁路病害高边坡的整治	226
第12章 路基坍陷、山岭边坡滑塌及处理	230
12.1 京广线石灰岩溶路基坍陷加固整治	230
12.2 宁台温高速公路黄土岭滑坡分析	232
12.3 某挡土墙倒塌原因分析及重建措施	234
12.4 某重力式挡土墙倒塌事故及其修复	235
12.5 山区地基滑坡事故及其治理	237

第4篇 研究篇

第13章 岩土深基坑高边坡破坏模式概述	245
---------------------------	-----

13.1	边壁(坡)破坏模式问题研究的历史回顾	245
13.2	破坏模式的研究方法与分类	246
13.3	破坏模式的多样性和有限适用性	247
13.4	破坏模式对稳定分析、方案设计及工法的决定作用	248
13.5	常用破坏模式简介	249
13.6	结语	262
第 14 章	软土基坑边壁(坡)破坏形态与机理有限元分析	264
14.1	概述	264
14.2	介质本构关系	264
14.3	强度条件	266
14.4	节点平衡方程及其解法	267
14.5	计算模型与参数	268
14.6	计算结果与分析	269
14.7	结语	272
第 15 章	软土边壁(坡)流鼓破坏模式研究	274
15.1	相似法则的建立	274
15.2	相似模型设计	276
15.3	相似法则的验证	278
15.4	软土边壁变形破坏形态	280
15.5	基础隆起特性	286
15.6	软土边壁(坡)流鼓破坏模式	286
15.7	结语	287
第 16 章	土钉支护软土边壁(坡)机理相似模型实验研究	288
16.1	概述	288
16.2	钢板面层支护及其受力变形特性与支护效果	288
16.3	土钉支护特性及效果	293
16.4	结语	296

第 1 篇 绪 论 篇

第 1 章 基坑边壁(坡)围护现状、围护方法分类及特点

1.1 90 年代我国深基坑边壁(坡)围护现状

进入 90 年代以来,防空地下室或基坑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。

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,喷锚网支护法,各种桩、板、墙、管、撑同锚杆联合支护法,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。地质条件差的地区(如上海、海口、惠州等)比地质条件较好的地区(如北京)更容易出事故;坑深的比坑浅的更容易出事故。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、监理工程技术人员及质检、建管部门受到很大的压力。

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秤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 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,可谓五花八门。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,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。桩、板、墙、管+撑是对这类方法的改善。

本世纪 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 Columoia 大厦基坑(1984 年),在国内,北京地铁西直门车站基坑(1976 年),都是采用工字钢板加锚杆成功建造的。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。在桩锚、板锚、管锚、撑锚基础上再加喷网,以解决桩、板、管、撑间土的封闭、防止风化、渗漏、剥落和流失问题,是这类方法的进一步发展和完善。

90 年代初期,岩土深基坑喷锚网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、拉锚等往往都不能单独使用,且为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:



(4) 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和人类文明做出过重要贡献,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 及图 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。

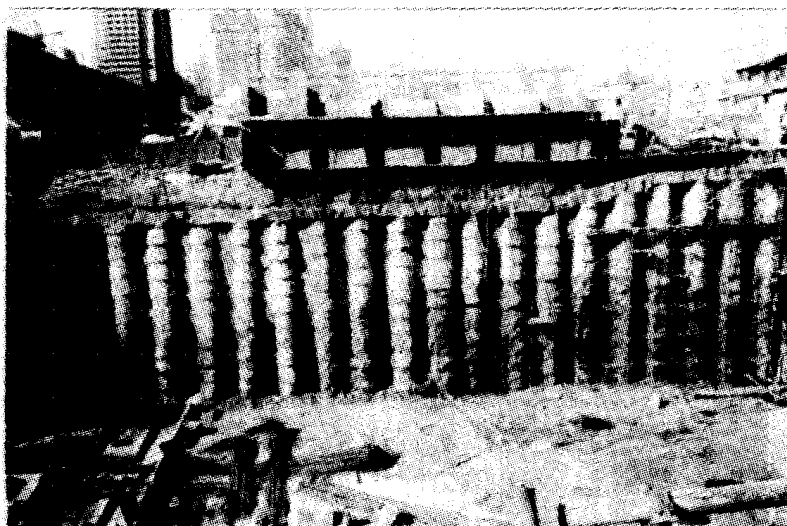


图 1-1 典型的传统方法:人工挖孔桩



图 1-2 典型的传统方法:钢管撑

例如,当基坑沿建筑红线垂直下挖(这种情况越来越多)时,无论是搅拌桩还是人工挖孔桩,或是机械钻孔桩均无法施作;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(如大于 15m),

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,预制桩或其它桩,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

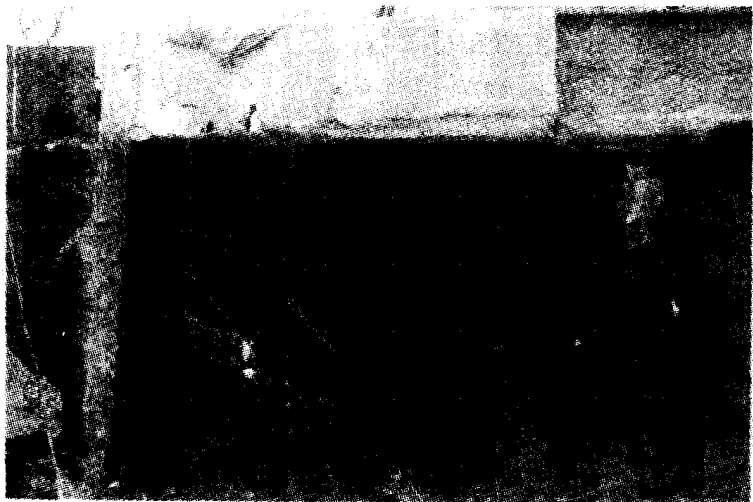


图 1-3 烟台海关大厦基坑失稳情景

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	φ1200 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	深坑地段边壁出现较大变形,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	φ40 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	杂填土层,淤泥质土层,流砂层	7.70	人工挖孔桩	一侧桩全部倾斜倒塌

续表

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
5	深圳上步大厦基坑	人工植土、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	φ800 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、微风化层亚	最深 15	φ1000 人工挖孔桩 + 预锚	壁面开裂,多数桩产生变形和大变形
9	深圳梅沙宾馆	粘土、细沙层	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—1000 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。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。以深圳、广州为例,目前较重要一点的工程,大都是采用桩锚、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,即采用桩锚法。这一作法客观上促进了该方法的推广应用。

工程实践表明,采用改良法围护基坑,失败的概率确实很低。同传统法相比,这正是改良法的先进之处,实质上这是在引入先进的锚固技术后,传统的桩、板、墙、管、撑法,变成了桩锚、板锚、墙锚、管锚、撑锚法,受力性能大为改善的结果。就挡土而言,在悬臂结构上端附近加一排或一排以上锚杆或拉锚,即可简化为简支(外伸)梁或超静定(外伸)梁,挡土效果显然不同,土体变形将得到有效限制。

由上可见,改良方法是对传统方法部分否定的结果,业已形成为一类在全世界广泛应用且行之有效的基坑围护方法,这无疑是一种了不起的技术进步和社会进步。然而,令人遗憾的是,采用改良方法建造的工程造价太高,工期过长,噪声仍大,综合经济效益甚差。例如深圳某广场大厦基坑围护工程公开向社会招标,采用撑法报价约 1000 万元,采用桩锚法报价

约 1300 万元,采用喷锚网支护法报价仅 790 万元。三种方案报价比约为 1:1.3:0.79,最大相差 40%。究其原因,是由于采用传统方法的护壁费原本就不低,加设锚杆后,安全度提高了,但同时又增加了锚固工程费,从而大大提高了工程总造价。由此可见,改良方法难以做到既安全又经济,两全其美。

总之,改良方法的历史和现实的作用与地位不容低估,它在人类的生产活动中,已经或正在并将继续在主导地位上发挥巨大作用。但除了较好的安全性之外,它几乎原封不动地保留了传统方法的全部特点,因而其局限性显然。

1.5 岩土深基坑喷锚网支护法特点

喷锚网支护是喷混凝土、各类锚杆(管、索、栓)和钢筋网联合支护的简称。随着新奥法在全世界风靡和某些陈旧理论归于沉寂,经过各国科研人员长期艰苦探索和实践,使得该技术在国内外岩土高边坡,大坝和山体,桥墩和塔座,地下电站厂房,机库和油库,铁路、公路隧道及矿山巷道,人防与国防工程中已获得广泛而成功的应用。实际上,如前所述,锚固工程早已渗透到了深基坑围护工程,它与传统方法结合,形成了改良法。

岩土深基坑喷锚网支护法,是针对不同工程地质条件尤其是特殊不良地质,如淤泥、流砂、软土及强膨胀土和建筑设计要求所提出的一整套喷锚网支护参数设计计算方法和建造方法的总称。它是总参工程兵科研三所获得国家人防委([1992]7号文件)科技进步一等获的科研项目《土中喷锚网支护设计方法的研究》成果的核心部分,并于 1992 年首次在深圳文锦广场大厦基坑中应用成功(图 1-4)。1993 年,总参工程兵科研三所又以《岩土深基坑喷锚网支护法》开题,对该方法作进一步完善,并组织在全国推广应用,对日本、香港、澳门、台湾建筑工程界产生良好影响,并波及到中东。1995 年 8 月,第十届亚洲土力学与基础工程会议在北京召开。其间国内外 200 多名专家对北京西客站南广场地铁区间隧道工程的 16m 深回填砂夹石和砂粘土边坡支护表示出极大兴趣。该工程即是采用喷锚网支护法施作的(该工程由北京城建集团总承包)。

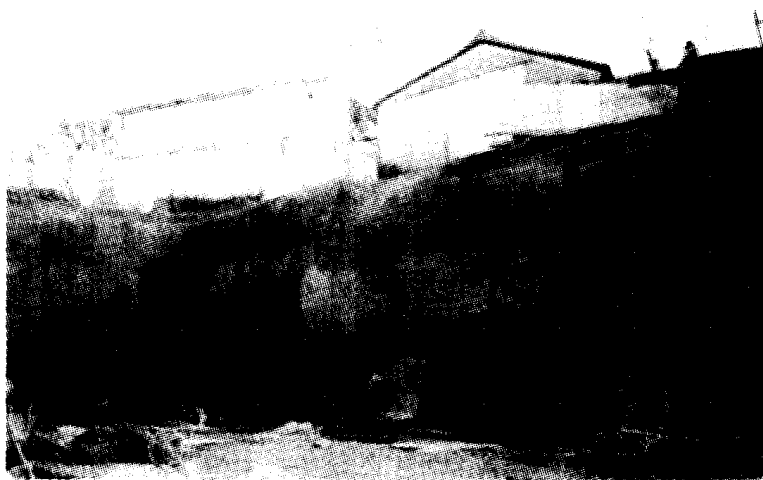


图 1-4 喷锚网支护法应用首例:深圳文锦广场基坑围护

采用喷锚网支护法围护岩土深基坑,不要一根柱,一块板,一堵墙,一根管,一根撑,完全摒弃了传统法及其被动支挡概念。它一经应用,就显示出了强大的市场竞争能力,无可比拟的技术先进性,显著的综合性社会、经济效益和广阔的应用前景。从1992年以来,在短短三年多时间里,在设计规范尚未制定,施工规程尚未编写的情况下,该方法恰如一股强劲旋风,从特区刮到一般地区,从沿海刮向内地,迅猛异常,势不可挡。目前正由总参工程兵科研三所在深圳、广州、海口、惠州、东莞、珠海、海南、北京、杭州、成都、武汉、福州、烟台、济南、郑州、南京、长沙、南宁、嵊州、上海、洛阳等20多个省市轰轰烈烈推广应用,其中数深圳、广州、武汉、北京最为红火(图1-5)。

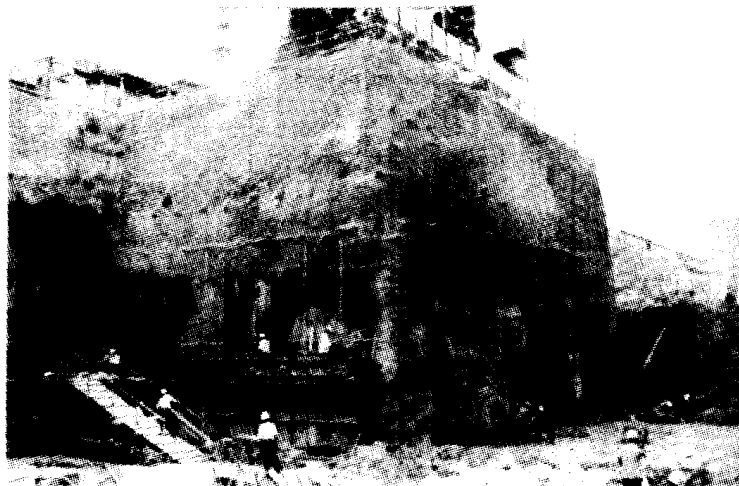


图1-5 北京庄胜城基坑支护:喷锚网支护法

深基坑喷锚网支护法,以尽可能保持、显著提高、最大限度地利用基坑边壁土体固有力学强度、变土体荷载为支护结构体系的一部分为其基本原理。喷射混凝土在高压空气作用下高速喷向土层表面,先期骨料嵌入表土层内,并为后继料流所充填包裹,在喷层与土层间产生“嵌固层效应”,并随开挖逐步形成全封闭支护系统;喷层与嵌固层具有保护和加固表土层,使之避免风化和雨水冲刷、浅层坍塌、局部剥落,以及隔水防渗诸作用。锚杆(索、管等)内锚固段深固于滑动面之外的土体内部,其外锚固端同喷网联为一体,可把边壁不稳定体“危机”转移到内锚固段及其附近并消除于无形。钢筋网可使喷层具有更好的整体性和柔性,能有效地调整喷层与锚杆内应力分布。喷锚网主动支护土体,并与土体共同工作,具有施工简便,快速,及时,机动,灵活,适用性强,随挖随支,挖完支完,安全经济等特点。其工期一般比传统法短30~60d以上(省下全部打桩、筑墙等的时间),工程造价低10%~30%。支护最大垂直坑深,目前已达20.5m,建成淤泥(局部少量杂填土)基坑深达10m。表1-2列出了采用喷锚网支护法所建造基坑的部分例子。由表1-2显见,喷锚网支护法不仅能有效地用于一般岩土深基坑工程(例8,9,12~15)支护,而且能有效地用于支护流砂、淤泥、厚杂填土、饱和土、软土等不良地质条件下的深基坑(例1~7,10,11,16)。此外,它还能快速、可靠、经济地对采用传统法或改良法施作的将要或已经失稳的基坑工程进行抢险加固或滑塌处理。如表1-1所列全部工程。

岩土深基坑喷锚网支护法又称为土钉支护法,它不同于土钉墙法。