

建筑工程情报资料

第8308号

内部资料

出国参观考察报告

西德、奥地利深基础技术

中国建筑科学研究院建筑情报研究所

一九八三年十二月

出版说明

原国家建筑工程总局派出中国深基础技术考察团（团长许溶烈同志，付团长叶政青同志，团员桂业琨、王承德、丁庆云、许家骊同志共六人）于1981年12月6日至1982年1月10日到西德和奥地利进行了专业考察，并与两国专业人员进行了多次技术座谈；在西德期间，许溶烈同志做了题为“关于中国建筑技术的简要介绍”的报告，叶政青同志做了题为“上海基础工程公司工程活动概况介绍”的报告，从而使双方的技术交流活动显得比较活跃和更具有针对性。现将我考察团在两国考察和交流所得，整理成这份资料，以供有关单位的同志们参阅，不妥之处请大家指正。

中国深基础技术考察团

1982年12月1日

(SS)	(总论) 支护与支护工程 二
.....	支护工程 三
.....	支护工程 四
.....	支护工程 五

目 录

第一章 考察概况

一、工程技术特色	(1)
二、科研工作情况	(3)
三、几点体会和建议	(4)

第二章 大直径套管式钻孔灌注桩(Benoto Pile)与防渗薄膜墙

一、大直径套管式钻孔灌注桩	(5)
二、防渗薄膜墙	(8)

第三章 土锚

一、土锚在地下工程中的应用	(10)
二、锚杆的分类	(12)
三、土锚的构造	(12)
四、土锚的制作	(15)
五、几点体会	(21)

第四章 深基础、深坑、支护结构的工程技术

一、喷射混凝土加土锚的支护结构	(22)
-----------------------	------

二、钢柱加木板的支护结构（柏林法）	（ 22 ）
三、钢柱加喷射混凝土支护	（ 22 ）
四、排桩墙	（ 23 ）
五、混合支护结构	（ 23 ）

第五章 地下通道的施工

一、用连续沉箱法施工地下通道	（ 24 ）
二、冻结法施工地下通道	（ 24 ）
三、明挖法施工地下通道	（ 27 ）
四、新奥地利法施工地下通道	（ 28 ）
五、逆作法施工地下通道	（ 30 ）

第六章 基础托换技术

一、概述	（ 31 ）
二、基础托换的实施步骤及注意事项	（ 32 ）
三、地下工程施工时建筑物的允许沉降及倾斜度	（ 35 ）
四、基础托换的几种方法	（ 36 ）
五、基础托换过程中的监测	（ 39 ）
六、介绍若干典型的基础托换实例	（ 39 ）
附录一：在开挖建造基础和托换范围内建筑物的加固DIN 4123	（ 47 ）
附录二：土石锚DIN 4125	（ 51 ）

西德、奥地利深基础技术

第一章 考察概况

国家建工总局深基础技术考察团一行六人，于一九八一年十二月五日至一九八二年一月十五日起西德、奥地利进行了深基础技术考察。考察期间参观了14个工地（其中西德9个，奥地利5个），6个不同类型的科研单位（其中西德5个，奥地利1个），多次与外国同行进行了技术座谈，还搜集了一批技术资料。

在西德参观的9个工地是：（1）法兰克福的德古萨公司办公楼工地，基础采用直径750毫米套管式灌注桩，基坑深10米左右，面积达6000余平米（100×60米），四周根据地质条件和周围原有建筑物的情况，采用混凝土灌注排桩、工字型钢板桩插木挡板、工字型钢板桩间加钢筋网喷射混凝土以及锚杆等综合技术措施；（2）法兰克福第三段地下铁道工程，采用盾构法全断面开挖，分段浇注300号钢纤维混凝土，衬砌厚度为20厘米；（3）杜塞尔道夫地下铁道ES段工地，该段地铁是在十二层大楼和8层银行大厦的下面通过，深十几米，为了不影响这两座建筑物的正常使用，而采用了大型基础托换技术。车站部分采用了抓斗成槽的地下连续墙和锚杆综合技术措施；（4）汉堡污水排放管道顶管工程，该段管道总长度1100米，埋深20米，18米圆形钢筋混凝土顶管工作井，采用气压沉箱施工，目前正在施工工作井，计划1982年3月份开始顶管；（5）汉堡易北河支流公路桥工程，基础采用混凝土打入桩和钢板桩，桥梁采用钢绞线预应力混凝土结构，移动式挂篮模板施工，该桥最大跨度为102米；（6）埃森地下铁道两个工地，一个正在进行隧道施工，断面高度9.73米，宽度15.36米，采用大型挖掘、机，全断

面开挖。另一个工地正在开挖长60米，宽20米的竖坑，用抓斗装载机配合汽车运土。在埃森还看了另外一个工地，正用螺旋钻机施工混凝土套管式灌注桩；（7）纽伦堡地下铁道工程，采用新奥地利法施工，一处用挖掘机全断面开挖，一处正在喷锚支护。5个科研单位是：（1）德意志联邦住宅建筑研究联合组织；（2）霍尔茨曼公司试验中心；（3）纽伦堡巴依尔州州立专门试验研究院基础工程研究所；（4）亚琛大学建筑机械与建筑管理研究所和建筑施工研究所。

在奥地利参观的5个工地是：（1）格伦菲斯特水电站工程，正在采用改变河道的办法进行干法施工，坝基防渗采用地下连续墙，施工现场周围采用连续窄墙（或叫薄膜墙）防渗；（2）梅尔克水电站工程，坝基采用了连续墙防渗，施工现场周围用连续窄墙防渗，目前大坝工程已完，正在安装水轮机；（3）综合医院扩建工程，基础采用了厚度80厘米，深28米抓斗成槽的地下连续墙、直径900毫米的套管灌注桩，以及钢板桩和锚杆；（4）高层住宅建筑工地，正在进行直径900毫米套管灌注桩施工；（5）国防部大楼工地，基础采用厚度80厘米，深24米抓斗成槽的地下连续墙，并作为基础永久结构的一部分。此外，还参观了奥地利联邦阿斯那地质技术研究所。

通过深基础技术考察，使我们大大开阔了眼界，开拓了技术思路，获益非浅。现就有关技术概况综合如下：

一、工程技术特色

德、奥两国在世界上是工业较发达的国家，西德的工业水平在欧洲更是居于前列。通过对两国深基础技术的考察，总的印象是水平较高，从设计、科研到施工有不少地方是值得借鉴的。概括起来有下面一些特色：

1、工程规模较大

我们所参观的工程，规模都很大。如奥地利维也纳综合医院工程，建成后将是世界上最大的医院之一，居奥地利之首，基础部份面积为 31000m^2 ，中央塔楼下的土方约 570000m^3 ，该塔楼的基础，中间部份是独立式柱基，其下是直径 $1.2\sim 1.5\text{m}$ ，长 30m 的桩，共计桩数为1200根，周围一圈边柱下是宽度为 80cm ，深度 30m 的地下连续墙，由桩基础和地下连续墙两部份共同承受上部结构荷载，据称采用这种基础型式，差异沉降可控在 1cm 之内。

工程规模不仅可以从工程量上看出，从所采用的施工方法上亦反映出工程的规模。如西德杜塞尔多夫（Düsseldorf）某地铁线，通过一幢12层的民房和一幢8层银行大楼，在对该二幢房屋所进行的基础托换工程中，使用了化学加固、地下连续墙、排桩墙、小孔径钻孔桩（ $\phi 20\sim 25\text{cm}$ ），土锚等综合施工方法，整个工程历时三年，在高楼底下挖出一个 $20\times 15\times 11\text{m}$ 的空间，而且二年后才能回填，规模实为壮观。又如法兰克福（Frankfurt）的Degussa公司办公楼工地，基坑面积约 6000m^2 ，深 10m ，其周围的支护结构采用 75cm 直径的排桩、钢桩（ $2\text{C}350$ ）插木板，钢桩（ $2\text{C}350$ ）间喷射砼等三种支护结构。基坑宽敞开阔、土方开挖时用挖土机、倾卸卡车下坑操作，不受支撑结构的影响。

2、施工技术难度较高

德、奥两国的城市建设已发展到相当规模，一些大城市中房屋建筑鳞次栉比，在这种条件下新建工程建筑物、几乎是紧靠原有建筑物施工。而且在一般情况下，临近的建筑物都不拆迁、照常使用，居民或办公人员的正常生活和活动，很少受到施工的影响，这样就增加了施工技术难度。

我们看到的奥地利综合医院的施工基坑，开挖深度 17m ，距离临近建筑 5m ，施

工过程中不时有人检查临近建筑物的下沉和损坏情况（一般在承包契约中都列有承包人员负责临近建筑物正常使用的条款），据了解，在地面下结构部份基本完成时，该建筑物沉降为 -2cm （抬高）。法兰克福的Degussa公司办公楼，其基坑几乎就紧挨着邻近建筑。

基础托换技术的难度亦是很大的。如上述杜塞尔道夫的地铁线托换工程，在该段范围内，同时托挖三幢建筑物和一座桥梁，建筑物底下被挖空后，在临时的托换结构上要维持二年、实是一项既大胆又细致的工程实践。基础托换在西德建筑地下通道时差不多都会遇到，因而已形成了一整套方法。托换的建筑物有近代的钢筋砼结构，亦有数百年历史的砖石、砖木结构和某些具有历史性意义的建筑，都取得了成功。经过托换后，被托换的建筑物一般沉降多在 1cm 以内，大部份是 $4\sim 5\text{mm}$ 。在地铁施工中，如法兰克福地铁3号线遇到了相当复杂的地质情况。通道断面的上下都是砂质粘土、中间夹一层岩石，给施工造成了很大困难，我们参观时，工地上正在用挖土设备很艰难地进行土方全断面开挖。

3、施工进度较快。

施工进度快可促使工程早日竣工，在一定程度上也反映了工程的经济性，因此承包人对施工进度是考虑得较多的。一般从组织施工队伍进场就开始考虑如何加快进度，如临时设施（办公室、工具间、仓库、配电间）都采用预制集装箱，进场时只需把一只只集装箱运入工地，在工地组装成单层的、双层的，三层的临时建筑供施工使用、有些还装有卫生设备，使用很方便，这样就毋需化很多精力去搞临时设施，又可周转使用，人员一进场就可以进行正式工程的施工。如图1—1是集装箱做成的办公室一例。

在施工过程中，他们尽量运用先进的方法及设备以加快施工进度。如地下通道施工

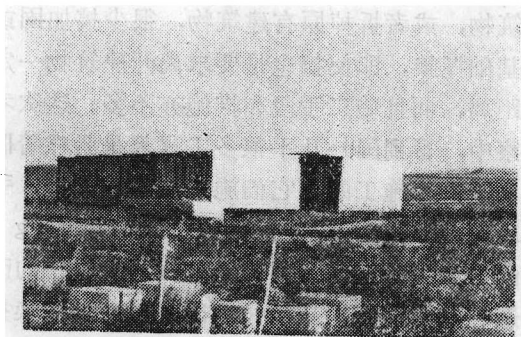


图 1-1

中,在地质土层允许情况下,几乎都是全断面开挖。大型挖土机进通道,直接在开挖面上挖土,皮带机或电瓶矿车运土。有些工程运用新奥地利法,平均日进尺为10m(直径约6m)。地下连续墙成槽采用重10吨的抓斗,深度可做到30m,每星期(五个工作天)可完成地下连续墙300~400m²。薄膜墙施工工艺,运用了高频高效震动锤,一星期可完成2000m²。如果土质软容易施工时甚至可完成3000m²。

施工中加强管理也是保证施工速度的一项措施。特别是施工监测用于各个施工环节。如冻结法施工时的温度控制,基础托换施工中建筑物和地面的沉降,倾斜观测、新奥地利法施工时,应力、应变观测,土锚施工中的锚固力控制等。这些监测工作在施工过程中指导施工,确保工程正常进行,工程完工后又积聚了大量实测资料。此外,对于有些占用公共场地的工程,要求尽量缩短工期,以便尽早撤场,使占用的场地恢复原状。如有些地下通道施工时,要占用路面,为使地面交通尽早复原,往往采用逆作法施工,一俟地下空间形成,足以保证施工设备入内进行下层的开挖施工时,就将敞开部分复盖,施工设备均进入地下施工,地面交通很快得到恢复,这种方法在德、奥是屡见不鲜的。

二、科研工作情况

这次考察过程中,有机会参观了6个科研机构,时间虽然不长,印象却很深,启发

很大,主要有下面几个方面:

1、为生产服务的思想比较明确。

课题都是从生产中提出来的,如西德霍尔茨曼公司的试验中心,他们根据承担伊拉克工程的需要,研究利用伊拉克当地的砂石配制混凝土,解决就地取材问题。根据工程修复的需要,研究以环氧树脂为主要成分的材料以及为输送天然气管线所需要的密实性混凝土。为了研究材料抗风化的性能,他们在试验室里创造了人工风化条件。纽伦堡的基础工程研究还直接参与了工程实践,为某段地铁工程最困难之处作了顾问咨询。

2、在科研选题上考虑比较细致充分。

亚琛大学建筑机械与建筑管理研究所,在确定小直径地下管道自动顶管课题前,分析了西德城市建设的趋势,正如下图1~2所示。亦即房屋建筑发展将是逐步下降,而市政公用设施的建设将是逐渐上升的趋势。同时又剖析了市政公用设施建设的现状,得出了小直径地下管道敷设是一项需解决而尚未解决的课题。经过两年多的探索和准备工作,果断地提出了一个直径小于900mm的地下自动顶管研究课题。经过一年多的研究,已取得初步成果,预计再用一年时间就可应用于工程实践,开始时顶进200米,以后准备顶进1000米。

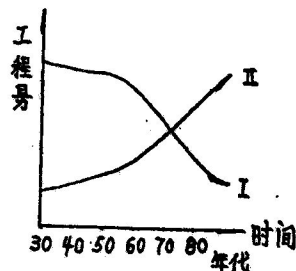


图 1-2 近年来市政、房屋建筑发展情况

注: I 房屋建筑 II 市政公用设施

3、研究根据需要并结合国情

霍尔茨曼公司的试验中心,在研究预应力桥梁的预应力张拉锚固技术时,对«KA»系统(粗钢筋分层组锚)和«LH»系统

(钢绞线楔形组锚)进行了反复研究和多方比较,特别是根据西德劳动力贵的情况,他们得出了要大力发展«LH»系统的结论,因为«LH»系统要比«KA»系统节省用工三分之二左右。

4、研究工作重视配套

如奥地利联邦阿斯那研究院地质技术研究所,在道路工程研究方面,从岩土力学,砂石沥青材料检验、材料配比、道路磨损试验、道路工程质量检验(包括检验仪器和方法)到制订技术标准等方面,进行了系统配套研究,以利于科研成果推广应用。

5、科研工作采用最新最先进的设备

亚琛大学建筑材料研究所对建筑材料的研究已进入了微观分析阶段即所谓“*imagine analysis*”,在电子显微镜下,某种建筑材料的微观结构清楚地被显示出来。以探索材料的微观结构,研制出适用的经济的建筑材料。再如结合地质问题的土动力学试验研究亦具有相当的水平,测定土的各项参数如土的固有周期,动力剪切模量等都用最先进的仪器来整理和分析成果。此外,他们对需长时间观测的试验,都是用照相机按照预定的时间自动地把成果摄录下来,无需人员值班观测。

三、几点体会和建议

1、结合城市改造,要切实掌握托换技术。

像上海、北京、天津等大城市、目前市区房屋密集、人群拥挤、马路狭窄、从发展前景看,这些城市必然要进行改造。在改造过程中。由于建筑条件的限制和建筑施工的影响,必将遇到原有建筑物如改建、加建,以及拆掉新建等情况。同时,为发展城市交通及公用工程必将有地下铁道、地下通道、地下管沟等贯穿通过城市中旧建筑物等问题。这样就需对邻近原建筑物或被地下道通过的建筑物基础进行加固处理或者搞基础托换。过去国内遇到这类问题、往往是避开建

筑物,或者拆掉原有建筑物,很少搞加固或基础托换,即使搞也是要求离开建筑物一定距离,而且施工手段和措施亦不多。这次考察中,看到国外几乎很多工程都是紧靠着旧房子进行施工的,它们施工技术较先进,手段亦较多。至于基础托换(*underpinning*)的方法更是五花八门。结合我国大城市的改造、从当前特别是从长远出发,基础托换技术的实施,在今后必将会越来越多地遇到。因此从现在起就应该重视试验研究,切实掌握这方面的技术,有条件的话也可试搞几个工程、以积累一定经验。我们感到对上海、天津这种沿海大城市、掌握这门技术更是迫在眉睫。

2、采取有效措施,逐步发展地下空间,改善行人交通条件和试搞地下通道。

当前许多大城市的交通已发展到饱和状态、由于马路狭窄,房屋林立,地面交通与人流互相干扰,以致常使车辆堵塞,行人拥挤、很容易发生交通事故。目前如开辟新的地面交通亦无较多可供使用的空地,这是城市市政设施方面一个十分紧迫的问题。国外在一些交通很拥挤的地方、如车站、商场等闹处都设置地下通道,基本实行人车分开。我国在当前的情况下,大城市内普遍建造立体交叉道因多种原因似无可能,在一些闹处适宜于修建一些人行地下通道。如果地下通道埋置较浅,施工时可采用顶管法逐段推进,不致影响地面交通。如入口处选点恰当,亦不致影响马路边的原有建筑物。

由于城市人口不断增多、国外在开拓地下空间方面如商场、车站等已相当普遍。从长远看,我国一些国际交往密切的大城市如北京、上海、天津等,也将会随着经济的发展、逐步地开拓地下空间,以适应城市建设发展的需要。我们认为对于这方面的技术与装备问题也是应该及早考虑的。

3、加强施工管理、提高施工技术水平。

德、奥两国的深基础施工技术，除了设备先进，方法多样，讲究实效外，施工中的管理工作给我们留下了极深刻的印象。我们每到一个工地、一般都能拿出一套介绍施工方案的铅印资料，给人看了一目了然。施工过程中监测手段很多，通过监测给施工员源源不断地提供各种数据，施工人员可据此进行正确的施工作业，保证了工程的质量与安全。“undercrossing and underpinning”一书，收集了75个基础托换的工程实例。每个实例都有详细的施工过程，关键工序、施工期限、成本、建筑物沉降情况和损坏情况等，对指导基础托换工作有很大的实用价值。很明显，如果没有科学的施工管理工作，是收集不到这么多的资料的。另外，施工监测已成了现代化施工必不可少的手段。有些难度较大的施工技术如新奥地利法、冻结法以及基础托换技术都规定要有监测手段。通过监测资料来确定隧道内衬砌厚度和肋的间距，控制冻结温度和防止土体过多的膨胀，补偿支承结构的变形和控制托换建筑物的变形等，为了不断提高我国深基础和地下构筑物的施工技术水平，今后在施工过程中应采取各种行之有效的施工监测，是十分必要的，这是实现科学化的施工管理的一项重要主要内容。

4、适当引进国外部份先进的样机。

为了缩短消化吸收和试验研究过程中的时间，少走弯路、建议引进国外少量先进的样机和关键设备部件，如西德土层锚杆成孔机，大直径套管式钻孔灌注桩机和深层地下连续墙的主要部件抓斗等，并建议这些引进样机由上海市基础工程公司负责试用并仿制。

第二章 大直径套管式钻孔灌注桩 (Benoto pile) 与防渗薄膜墙

一、大直径套管式钻孔灌注桩

德、奥两国普遍采用大直径套管式钻孔

灌注桩，而打入式钢筋混凝土预制桩用得很少。这可能是受两国地理与土质条件所限制。这两国（奥地利尤甚）很少有像我国东南沿海那样的厚软土层、土质一般都很硬，打入桩很难施工。当然大直径套管式灌注桩还有其本身的优点：没有打入式桩那样的有噪音；没有震动、没有挤土影响；施工不影响邻近建筑物，用了套管护壁后，不需要泥浆，无泥浆公害，也无泥浆处理问题；桩机配有冲击头或牙轮钻头，迁到硬土或岩石亦能把套管打入，贯入性能好，工程适应性强，承载力大等。下面就大口径灌注桩作些介绍：

1、设备（图2—1）大直径套管式钻孔灌注桩的施工设备由主机，液压套管转动器、套管、抓斗或钻头组成、其各部份功能如下：

（1）主机：一台特制的履带式牵引车或履带吊，主要用途是使套管转动器就位、拆装套管、抓土、吊放钻头（当需要时）及浇注混凝土时吊放钢筋笼和混凝土料斗。如用特制的履带牵引车尚能拖运液压套管转动器。

（2）液压套管转动器：这是用液压来操作的一套特殊装置，主要部份如图2—2所示，操作时由夹持器藉液压将套管夹住，夹持器旁两只水平向放置的油缸一伸一缩，产生转矩，将套管转动以减少套管周围与土之间的摩阻力。操作时转动的角度为 $\pm 12^\circ$ 且能在垂直向倾斜，可打1：4的斜桩。施工时套管依靠本身及转动器的自重逐渐随管内抓土下沉（需要时还可依靠两只垂直油缸加力下沉）。该装置的作用除了使套管转动下沉外，在浇注混凝土时，还可依靠两侧垂直放置的二只油缸将套管向上顶升，可逐段将套管拔出。该装置的动力可来自主机，如主机没有足够的动力或没有安装所需的动力，则可另行配置一套油泵，专供该装置使用，这样就可完全脱离主机而操作。

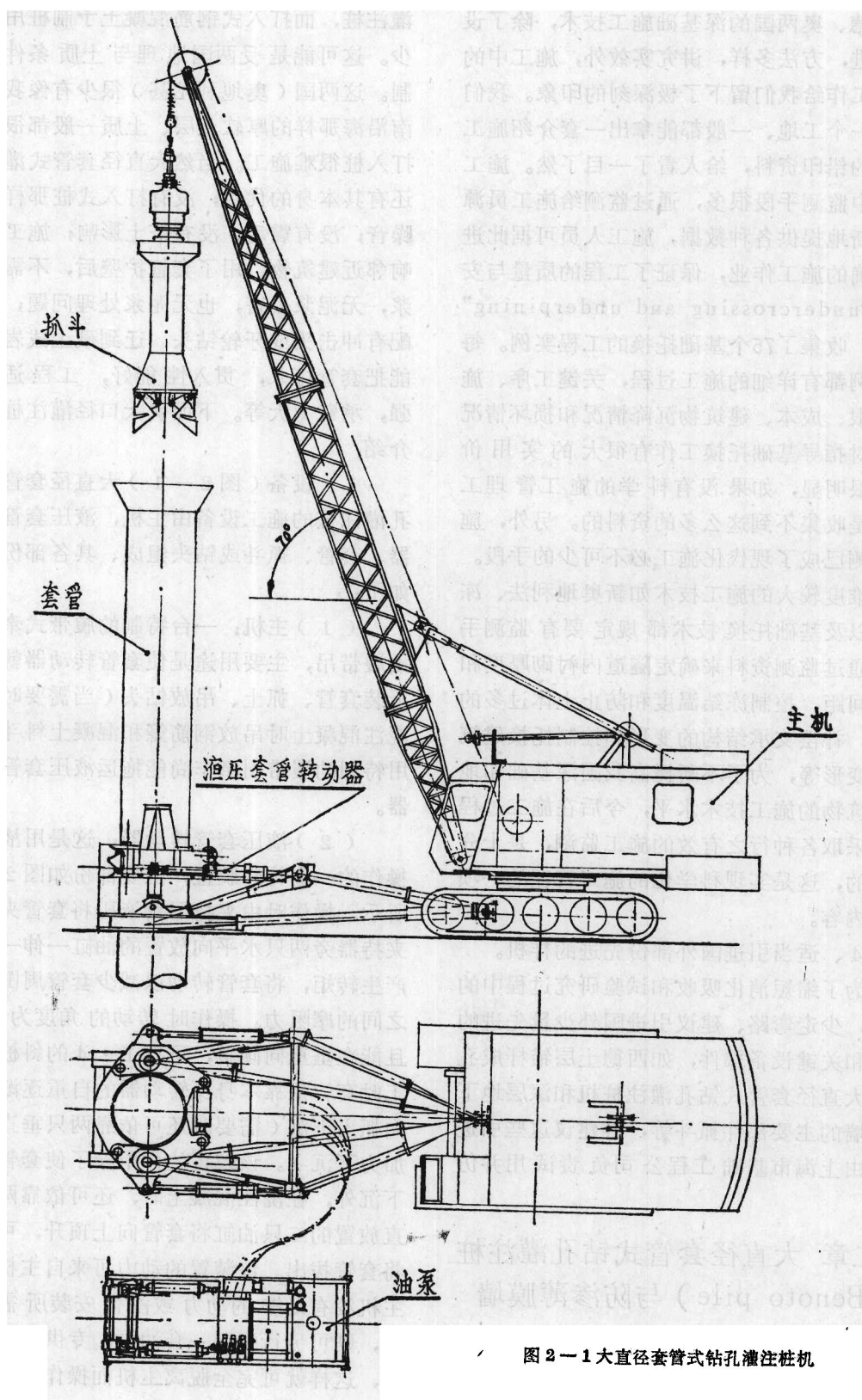
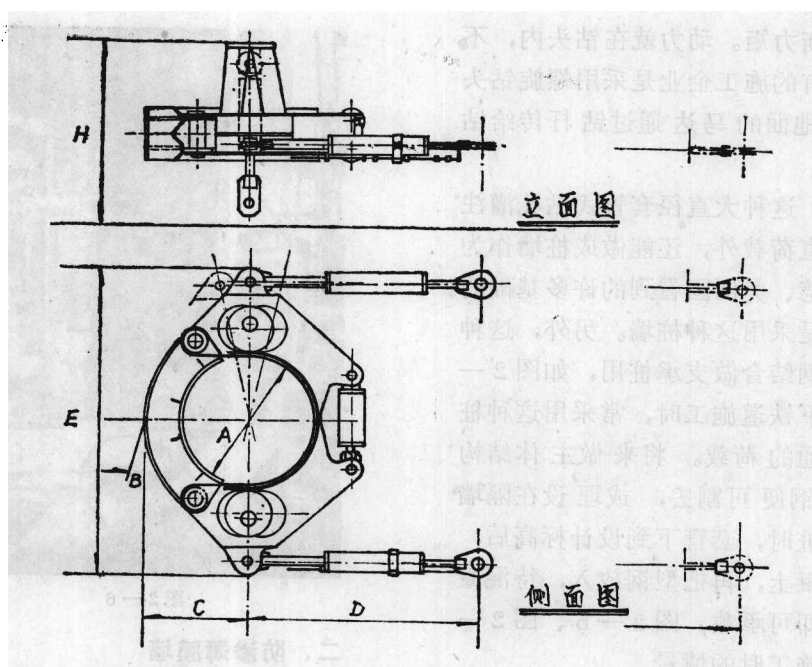


图 2—1 大直径套管式钻孔灌注桩机



型号	直径	转矩	拉力 T	压力 T	B mm	C mm	D mm	E mm	H mm
VR 60	600	25	2x25	2x15	285	595	1650	2150	1600
VR 80	800	30	2x25	2x15	305	705	1650	2500	1600
VR 100	1000	60	2x50	2x30	370	870	2300	2710	1850
VR 125	1250	100	2x75	2x45	370	995	2620	3120	2125
VR 150	1500	120	2x75	2x45	430	1180	2620	3500	2125
VR 180	1800	200	4x50	4x30	450	1350	3350	4100	2200
VR 200	2000	250	4x75	4x45	490	1460	3350	4400	2350
VR 250	2500	300	4x75	4x45	500	1750	3350	4600	2350

图 2—2 渣管式灌注桩机基本数据

(3) 套管：套管的外径如图 2—2 中表列数值，长度约 4~5 m 一节，壁厚 3~5 cm。上下节套管间的连接采用螺丝连接，据称这种连接是快速的，操作很方便。

(4) 抓斗：如图 2—3 所示，抓土与套管下沉是互相配合的，即抓一部份土后，套管就跟着下沉。一般抓土要超前一些，这样套管底部的正面阻力小，便于下沉。

(5) 钻头：当迁到硬土或岩石，抓斗不能抓起土时，便使用钻头将土或岩石冲碎或磨碎后，再用抓斗抓出。一般用十字形冲击钻头，也有采用牙轮钻头的。施工时把该钻头用钢丝绳吊住，放入套管内，藉液压装置把钻头固定在套管内壁上（实际是撑在内壁

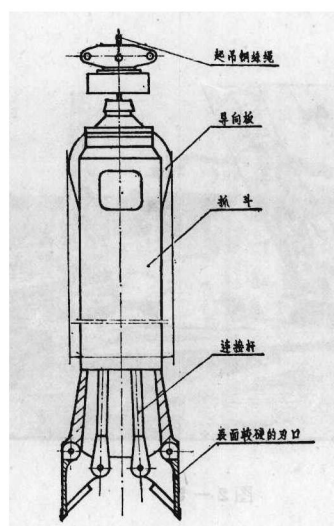


图 2—3 抓斗简图

上)，以便平衡力矩。动力就在钻头内，不需要钻杆。也有的施工企业是采用螺旋钻头出土，动力由地面的马达通过钻杆传给钻头。

2、用途：这种大直径套管式钻孔灌注桩除了承受垂直荷载外，还能做成桩墙作为挡土墙用。在德、奥两国看到的许多基础的挡土结构，都是采用这种桩墙。另外，这种桩还可与大型钢结合做支承桩用，如图2—4所示。在地下铁道施工时，常采用这种桩以支承地面交通的荷载。将来做主体结构时，这部份型钢便可割去，或埋设在隔墙中。施工这种桩时，套管下到设计标高后，在管内浇注混凝土，再把型钢放入，待混凝土到达强度后即可承载。图2—5、图2—6是这种设备施工时的情景。

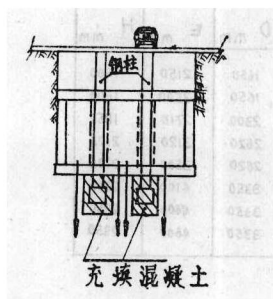


图2—4 套管式灌注桩的运用

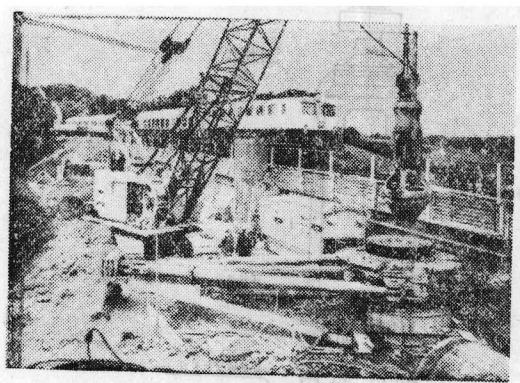


图2—5



图2—6

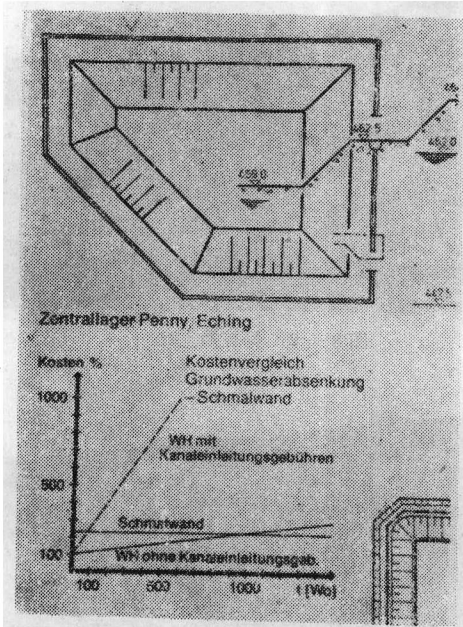
二、防渗薄膜墙

薄膜墙（Schmalwand）亦称窄墙，广泛用于水库的防渗、基坑开挖时的止水。墙体本身的抗渗性能很好，经试验可达 $K = 10^{-7} \sim 10^{-8} \text{ cm/Sec}$ ；墙体做到不透水层后，水库或基坑基本上不渗水；对于 $K = 10^{-1} \sim 10^{-3} \text{ cm/Sec}$ 的砂层或卵石层，防渗效果亦佳。图2—7的上面为一基坑使用薄膜墙止水的实例。

薄膜墙穿过渗水量很大的砂卵石层（ $K = 7 \times 10^{-1} \text{ cm/Sec}$ ），层厚15m，由于地层中没有不透水层，在墙底标高处，进行了压浆形成一不透水层，这一不透水层与周围一圈薄膜墙隔断了地下水使基坑内的地下水位很容易被降到基坑底面以下。图2—7下面为成本比较，从图可看出薄膜墙是很经济的，且随着时间的增加，其经济性更突出。

薄膜墙的施工设备比较简单，主要有：吊车、钢桩（特制的厚壁工字钢，旁边有压浆管），震动打拔桩机（功率：400~600 KVA），压浆管路和压浆装置。施工时用震动打桩机将工字钢打到所需标高，压浆管也随工字钢一起进入土层，再将工字钢徐徐往上拔起，同时将浆液压入土层，形成一道

连续窄墙（其宽度一般是与工字钢的腹板厚度相等，约4~5cm）。所用的浆液是石粉，膨润土和水泥的混合物，根据不同配比其强度可达 $0.5\text{kg/cm}^2 \sim 15\text{kg/cm}^2$ 。浆液的凝固期约7天。图2—8为正在施工薄膜墙，图2—9为震动锤正在拔起工字钢。



图中：
Kosten成本
Schmalwand薄膜墙
WHmit
Kahaleinleitungsgebühren 带有管沟排水
WHohne Kanaleinleitungsgeb 不带管沟排水
图2—7

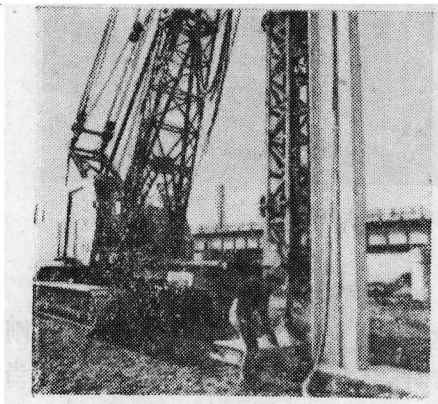


图2—8

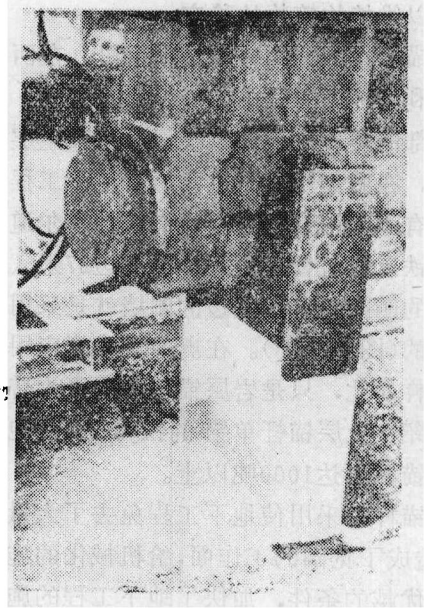


图2—9

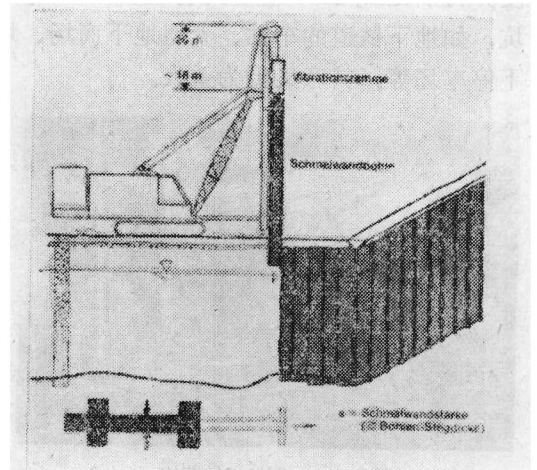


图2—10

图2—10为施工流程。这种工艺一般是一段紧跟一段连续做的，如果停歇较长时间后再进行施工时，应搭接1M，以保证防渗效果。目前利用这种设备最深可做到30m左右，一星期约可完成 2000m^2 ，最高工效一星期可完成 3000m^2 。

第三章 土 锚

锚杆是地下工程中一种常用的受拉杆件。它的一端与构筑物联结，将构筑物受到的外力通过钢拉杆传给远离构筑物的土层或岩

层，以维持构筑物的稳定。

锚杆作为施的一种辅助手段，在西德和奥地利的地下工程中应用是很普遍的。从西德南部的埃森到北部的汉堡，从硬土层到软土层，在我们所考察过的所有地下工程中几乎没有不采用锚杆的。我们在杜塞尔道夫参观地铁工程时曾见到一个深度达27米、宽度40米的明挖基坑，两边的侧墙就是采用锚杆稳定的(图3—1)。在奥地利锚杆应用的情况同样如此，只是岩层锚杆用得更为普遍。据介绍，土层锚杆单锚的拉力达150吨，而岩层锚杆可达1000吨以上。

锚杆的采用使地下工程免去了大量的支撑，造成了宽阔的工作面，给机械化的施工带来了优越的条件，加快了地下工程的施工进度。特别是对难以采用支撑的大面积深基坑，如地下铁道的车站、大型地下商场、地下停车场等，其意义更为重大。

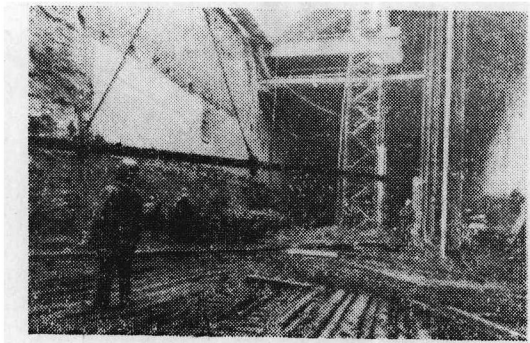


图3—1 明挖地铁基坑

近几年来，我国应用岩层锚杆技术已有相当经验。但是对土层锚杆尚停留在试验应用阶段，特别是软土锚杆更缺少经验，因此土层锚杆就成了我们考察的重点之一。下面着重介绍土层锚杆(以下简称土锚)的制作及其在地下工程中的应用。

一、土锚在地下工程中的应用

1、深基坑挡土墙

这是土锚应用最广泛的方面。根据不同形式的挡土墙，锚杆与墙体的连结，锚杆的布置都有所不同。

(1) 排桩挡土墙

这种挡土墙的特点是刚度大。锚杆设置在桩间的连结部位，设混凝土支座，不设围令。桩顶有设置帽梁的，但也有不设帽梁的。(图3—2)

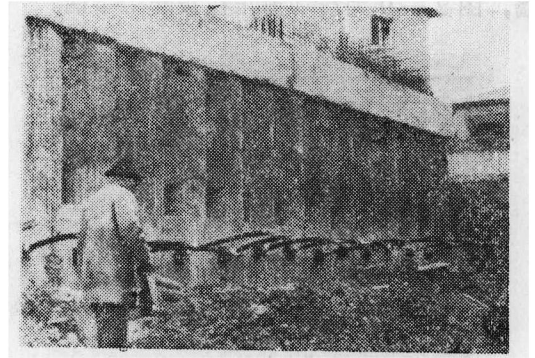
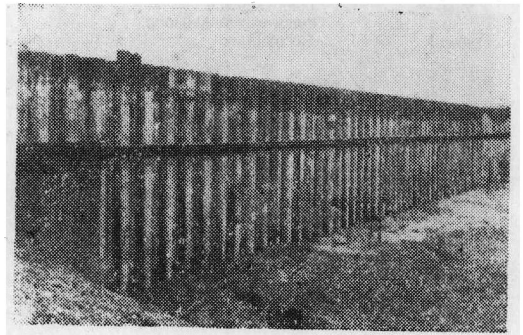


图3—2 排桩挡土墙



(a)

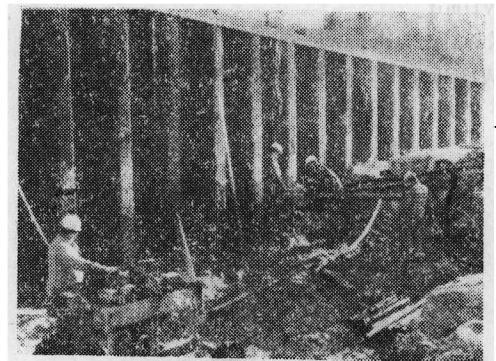


图3—3 钢板桩挡土墙

(a)有围令 (b)无围令

(2) 钢板桩挡土墙

这种挡土墙的特点是墙体柔性大。刚度小。锚杆通过型钢围令与钢板桩联合。当锚杆较多、较密时，也有不采用围令的。在这

种情况, 锚杆直接与每根钢板桩连结。(图 3—3)

(3) 桩板式挡土墙

这种挡土墙的特点是不但刚度小, 而且整体性差。锚杆与墙体的连结部位一般设置型钢围令。作用在墙体上的土压力先传给钢立柱, 再通过围令传给锚杆。但也有不采用围令的, 这种情况, 锚杆直接与钢立柱连结, 钢立柱之间在立柱平面内设置带钢, 两端与立柱焊接, 以保持立柱间的相对距离。

(图 3—4)

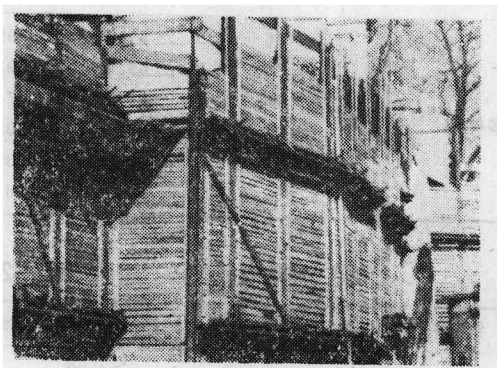


图 3—4 桩板式挡土墙

(4) 地下连续墙挡土墙

连续墙挡土墙刚度大整体性好, 因此不需要任何形式的围令。墙体施工时, 设置预留孔, 锚杆通过预留孔与墙体连结。(图 3—5)

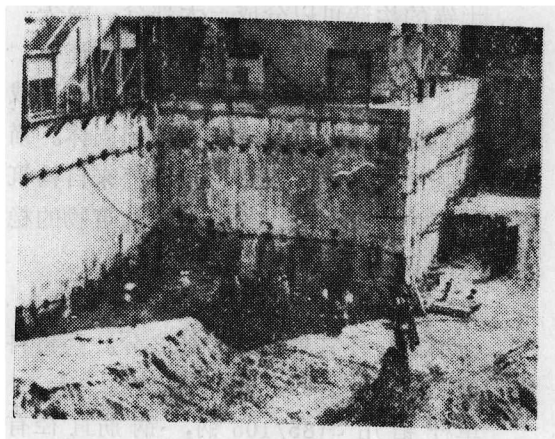


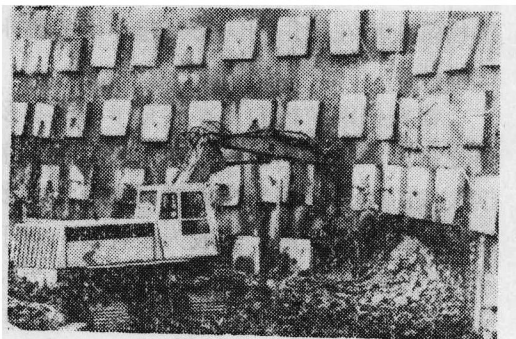
图 3—5 地下连续墙挡土墙

2、稳定土坡

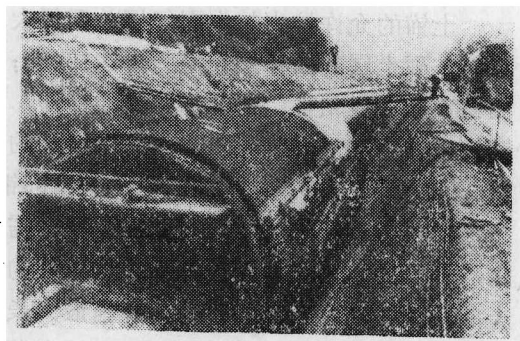
在放坡明挖的基坑中, 如采用锚杆技术, 可以大量减少土方开挖。

用锚杆稳定的土坡, 其坡面需要经过一定的处理, 在开挖的坡面上先铺设钢筋网片, 再在其上面喷射水泥砂浆, 以形成加筋混凝土表层, 然后上面设置锚杆。

锚杆与坡面之间的连结有两种形式: 一种是加筋混凝土预制板, 既起土锚的支座作用, 又起扩大支承面的作用; 另一种是增加坡面锚结点混凝土的厚度, 但效果不如前者, 用这种方法施工的边坡, 坡度一般在 60° 以下。而采用钢筋混凝土预制板的边坡, 坡度可达 85° , 几乎成垂直状态。(图 3—6)



(a)



(b)

图 3—6 锚杆稳定的明挖基坑

(a) 用预制板 (b) 喷锚支护

3、底板抗浮

处于地下水位下的基坑, 其底板所承受的地下水压力是相当大的, 因此底板厚度较大。跨度较大时, 矛盾更为突出。但采用锚杆后, 厚度可以减少, 并能增加抗浮稳定。

4、隧道临时支护

采用新奥地利法施工隧道时，其中有一道工序是用锚杆将铺有钢丝网片和喷射混凝土的临时支护锚固在隧道四周的土层。所以锚杆又是新奥法施工的一个重要环节。

总而言之，锚杆的应用是很广泛的，就土锚而言，主要是以上四种。

二、锚杆的分类

锚杆按锚固地层不同可分为两类：锚固在土层的锚杆称为土层锚杆；锚固在岩层的锚杆称为岩层锚杆。后者锚固力较大。

锚杆按作用分，也可分为两类：仅在施工过程中起作用的称临时性锚杆，使用时间较短；不仅在施工中要起作用，而且在地下建筑物筑成后在使用期间仍要起作用的称永久性锚杆。

锚杆按钢拉杆的多寡又有单杆锚和多杆锚之分。钢拉杆的材料可为钢筋、钢丝束和钢绞线。对于岩层锚杆因锚固力较大，多采用钢绞线或钢丝束，一般为多杆锚。对于土锚，则常采用施工较为方便的以钢筋为拉杆的单杆锚或数量不超过四根的多杆锚，但也有以钢绞线为拉杆的。

土锚的允许拉力与土层好坏关系很大。锚固在硬土层的锚杆最大拉力可达150吨；而而设置在一般粘性土或非粘性土的锚杆，单锚拉力约为30~60吨(见表1)。钢拉杆的材料一般为预应力钢筋。单杆锚用St85/105钢；多杆锚用St135/150钢。土锚长度根据需要定，一般要求锚固体置于滑动土体以外的好土层，通常长度为15~25米。单杆锚最大长度不超过30米。多杆锚则不受限制，已经有做到90米的，拉杆以钢绞线居多。锚固体长度一般为5米左右，多数采用压力注浆。压力大小根据土岩的具体情况而定，一般为4kg/cm²，但也有大到20kg/cm²的。锚杆的角度一般与水平面成15°~25°的倾斜角。

西德和奥地利在锚杆施工方面有丰富经

验，并建立了各自的规范。在西德锚杆施工按DIN4125的要求进行。

临时性土锚 表—1

类型	钢 号 (kpm/m ²)	钢拉杆 直径 (mm)	锚的允许拉力		每米钢拉杆 的弹性延伸 (mm/Mp)
			主动压力 (Mp)	静止土压 力(Mp)	
单杆锚	st85/105	26.5	26.8	33.1	0.0863
		32.0	39.1	48.2	0.0592
		36.0	49.4	61.1	0.0467
单杆锚	st110/125	26.5	34.7	39.4	0.0863
		32.0	50.5	57.4	0.0592
		36.0	64.0	72.7	0.0467
多杆锚	st135/150	8×16	64.5	51.7	0.0790
		4×16	62.0	68.9	0.0592
		5×16	77.5	86.1	0.0474
		6×16	93.0	103.4	0.0395
		7×16	108.6	120.6	0.0338
		9×16	139.6	155.1	0.0263

土锚的典型长度 表—2

钢拉杆自由长度L _{st} (米)	钢拉杆粘着长度L _v (米)
≤10.00	≥4.00
≤11.25	≥4.50
≤12.50	≥5.00
≤13.75	≥5.50
≤15.00	≥6.00
≤16.25	≥6.50
≤17.50	≥7.00

三、土锚的构造

土锚的构造可以分成三大部分：锚头、钢拉杆和锚固体。锚头与地下构筑物连接，承受，来自地下构筑物的土压力。这一荷载再由钢拉杆传递给远离构筑物的锚固体。锚固体紧紧地嵌固在土层中，最后将来自构筑物的拉力扩散开来，以维持地下构筑物的稳定。(图3—7)

1、钢拉杆

土锚钢拉杆有单杆和多杆之分。其材料均为预应力钢筋。

单杆锚用St85/105钢，钢筋直径有φ26.5^{mm}和φ32^{mm}两种，两侧全部轧有螺纹

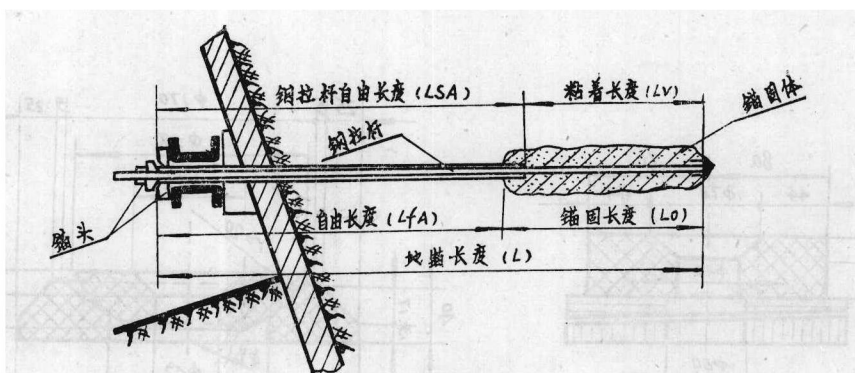


图 3—7 土锚示意图

形肋，可以直接配螺母当螺杆使用。

多杆锚用 St135/150 钢，钢筋直径均为 $\phi 16^{\text{mm}}$ ，一般为 2~4 根。每根钢筋的两侧均轧有双头螺纹形肋，也可当螺纹使用。但也有采用普通螺纹钢筋的。（图 3—8）

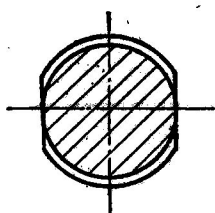


图 3—8 螺纹形肋示意

钢拉杆与锚固体的粘着部份称为钢拉杆的粘着长度。其余部份为自由长度，其四周无摩擦阻力，仅起传递拉力的作用。

为了保证钢拉杆自由长度段真正处于自由状态，每根钢拉杆在自由长度部分套有一根空心塑料管。

为了防腐的目的，钢拉杆的上端，位于塑料套管与锚头螺母之间要涂防腐油漆（Inertol—Poxitar）。对于永久性锚杆，钢拉杆表面需经特殊的防锈处理。自由长度段也有塑料套管，不同的是该套管是压注成型的。

2、锚头

锚头主要有以下两种：

（1）螺母锚头

这是钢拉杆张紧后用六角螺母固定的一种锚头。它由六角螺母和垫板（或球座）组

成，六角螺母的挤压端呈球形，垫板孔呈锥形，以补偿钢拉杆与支承面在较小角度范围内的垂直偏差。

单杆锚（ $\phi 26.5^{\text{mm}}$ 和 $\phi 32^{\text{mm}}$ 的锚头（图 3—9）在垫板下面加衬二块楔形垫圈，允许相对转动（达 7.5° ）以补偿钢拉杆与支承面的垂直偏差，保证在任何情况下锚体内的应力都能得到稳定。（b）作用在六角螺母上的力通过球头、球座传到支承面。钢拉杆与支承面的垂直偏差可以在两对接触面之间得到补偿。

多杆锚的锚头如图 3—10，根据钢拉杆作多寡，在垫板上开有相应数量的孔，孔与六角螺母接触部分呈锥形。钢拉杆与支承面之间的垂直偏差也采用二块楔形垫圈加以调整。

（2）锚具锚头

这是一种类似于用于预应力混凝土中的锚头，它由垫板、锚圈和锚塞组成。对于采用 $\phi 16$ 预应力螺纹钢或 0.6" 钢绞线作为钢拉杆的 2—4 根的多杆锚，在西德采用 LH 系统的锚具。（图 3—11）

3、锚固体

锚固体是由水泥浆在压力浇注下形成的。浇注压力的大小根据土质的具体情况而定，目的是使锚固体与土体挤压紧密，在一定范围内扩大锚固体。部分水泥浆渗入四周土体，达到与土体紧密嵌固和增加摩擦力的目的。