

# 深基坑工程技术讲座(1)

沈保汉

(北京市建筑工程研究院)

**编者按:**随着高层建筑和地下构筑物的发展,深基坑工程施工技术越来越受工程界的关注,为此,我们特邀北京市建筑工程研究院地基所所长沈保汉高级工程师,以专题讲座形式介绍有关深基坑工程施工技术发展情况,并自本期起连续刊载。

## 第一讲 概 述

### 1.1 深基坑工程现状

深基坑工程是集岩土工程和结构工程等专业于一体的系统工程,亦即将挡土、支护、防水、降水、挖土、监测和信息化施工等作为一个系统工程,针对工程安全、环境保护、施工队伍与作业时空关系进行周密的施工组织与设计,实行分级审批和施工监控。

近十多年来,我国各地深基坑工程盛行,目前开挖深度,在北京地区最深已接近 30m,在上海地区已超过 15m,宝钢热轧厂铁皮坑的挖深已达 32.2m。深基坑的发展基于以下背景:

(1)八十年代以来,我国各地高层建筑、超高层建筑大量出现,总数已超过 6000 幢,随之而来基础埋深也不断增加。

(2)随着建设的发展,当前城市地窄人稠、地价上涨,地上可用面积越来越少,向地下发展又渐成趋势。为提高地下空间利用率,地下停车场、地下商场及机房、仓库等有关服务设施,日渐增多。

(3)人防设置的要求。

(4)城市地铁尤其是多层地铁车站的兴建。

(5)地下竖井或工作井的兴建。

(6)地下储槽以及污水处理厂抽水站兴建。

### 1.2 深基坑工程特点

(1)基坑开挖是土力学与基础工程施工中的一个古老的传统课题,它涉及土力学中典型的强度与稳定问题,又涉及变形问题,还涉及土与挡土支护的共同作用问题。总之,它是一项综合性的岩土工程难题。加之,基坑深度愈来愈

深,基坑开挖面积大,长度与宽度有的达百余米,更突出了这一课题的难度。

(2)随着旧城改造工程的推进,高层建筑大量兴起,对深基坑开挖技术提出了更严格的要求,不仅要确保挡土支护结构的强度要求和边坡的稳定,还要满足变形控制的要求,以确保基坑周围的已有建筑物、地下管线及道路等的安全。

(3)深基坑工程的造价,在整个工程造价中占有相当高的比例,深基坑工程的成败是整个工程能否顺利完成的关键。据统计,高层建筑的基础工程造价一般为建筑物总造价的  $1/4 \sim 1/3$ ,工期约占总工期的  $1/3$ ;而深基坑工程造价可占工程总造价的 10% 以上。

(4)深基坑工程的施工对象是自然土,其性质千变万化,不易控制,施工及设计人员必须对基坑开挖的各种施工技术有了基本认识与了解之后,方能适应现场各种状况,做到运用自如。

(5)深基坑工程包含挡土、支护、防水、降水和挖土等五个紧密相连的环节,其中某一环节失效将会导致整个工程的失败。根据调查表明,深基坑支护体系失效或部分失效导致的安全问题和环境问题约占工程总量的 10%~15%,高地下水位软土地区可达 20%。过大位移并导致相邻建筑物倾斜、道路陷裂、管道断裂错位的实例颇多,在一些省市也相继发生了多起深基坑支护结构倒塌破坏事故。

(6)深基坑支护结构(单支点、多支点和悬臂式)与一般挡土墙受力机理不同,其土压力计

算、强度计算及稳定验算等计算理论、方法还不完善、不成熟,因此原位测试技术和信息施工法即显得更为重要。

(7)十多年来,在我国深基坑工程综合施工技术已取得重大进展,深基坑挡土支护技术不仅在类型和品种上有发展和创新,而且得到了综合应用,不少大中城市均形成了具有本地区特色的深基坑挡土支护新技术。

(8)深基坑工程除保证安全外,还要考虑工期、造价等综合因素。

### 1.3 深基坑工程的困难点

(1)各地区主要高层、超高层建筑都集中在市区,而市区的建筑密度大、人口密集、交通拥挤、施工场地狭小,深基坑工程施工的条件均很差。

#### (2)地质条件不良

1)以上海为代表的沿江、沿海地区,表层为沉积的饱和软粘土,其地基土强度很低,渗透系数很小(一般为  $6 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ )、透水性较低,属高压缩性土;

2)砂卵石层浅,如成都和北京西郊地区,地表下 5、6m 埋藏砂卵石层,挡土结构进入砂卵石层有较大难度;

3)基岩较浅而其上层为淤泥质土层,如青岛等沿海地区,在这种情况下,要使挡土支护结构既能防渗、又能挡土嵌岩,施工难度较大。

(3)有的地区,地下原水位高,常见水位在地表下 1m 左右,给深基坑工程的设计与施工造成诸多不利影响。

(4)深基坑开挖所引起的挡土结构的变形是不可避免的,对周围环境势必有所影响。要减小这一影响,尤其对软土地区深基坑施工来说,是一个很大的难题。不仅要考虑对邻近建筑物的影响,还要考虑对周围地下的煤气、电缆、电讯、上水和下水等管线的影响。深基坑工程与周围环境的关系应辩证地对待,应采取切合实际的措施将影响降低到允许限度以内。

#### (5)社会环保公害意识增强

近几年来,在深基坑工程进行中,往往由于事前估计不足,轻则造成邻近建筑开裂,重则造

成邻近建筑倒塌,发生这种事故,被迫停工、上訴法院之事屡见不鲜。

(6)鉴于深基坑工程的复杂性和不确定性,可以说迄今对深基坑挡土支护还没有一个成熟的理论和计算模式,这对深基坑工程的设计和施工来说,也是一个最大的难题。

(7)随着竞争机制的出现,业主对降低深基坑工程的造价、加快工程进度和确保工程质量的要求也越来越高,相应地增大了施工单位的难度。由于业主恶性压价而造成深基坑工程事故也不在少数。

(8)岩土性质千变万化,地质埋藏条件和水文地质条件的复杂性,往往造成勘察所得的数据离散性大,且往往难以代表土层的总体情况,给深基坑工程的设计和施工增大了难度。

(9)我国至今尚未有指导深基坑开挖与支护的技术规范,无法可依,也给目前深基坑工程增加难度。但可喜的是《上海地区深基础施工指南》和《武汉地区深基坑工程技术指南》均已出版,深圳及冶金工业部的有关规范正在编制中。国家级有关规范正着手编制。

### 1.4 深基坑挡土支护结构

#### 1.4.1 挡土支护结构分类

挡土支护结构是指在现场条件下不允许基坑维持其自然坡度情况下用于保持基坑开挖面稳定的结构物,其作用是,在挖土过程中使土壁保持稳定。挡土支护结构可按下列规定分类:

(1)重力式挡土支护结构和柔性挡土支护结构

重力式挡土支护结构(其厚度与基坑深度为同一数量级)是以其自身重力来维持在侧压力作用下的自身稳定。深层搅拌水泥土桩挡墙及高压旋喷桩帷幕墙等均属于此种结构类型。

柔性挡土支护结构又称非重力式挡土支护结构,其厚度远远小于长度和高度。这种结构除自立(悬臂)式结构外,常与锚拉或支撑杆件相结合,以维持在侧压力作用下的自身稳定。钢板桩、H 型钢桩、钢筋混凝土板桩和钻孔灌注桩等挡墙以及地下连续墙等均属于此种结构类型。

(2)悬臂式、单支点和多支点挡土支护结构

悬臂式(自式立)挡土支护结构完全依靠嵌入土内的足够深度来维持其稳定性,故嵌入深度是关键。这种结构对于土的性质、荷载大小等非常敏感。当采用这种结构时,对于软土地区,基坑深度一般不大于 4m;对属于一般粘性土地区且地下水位较深的地区(东北、华北及西北的大部分地区),基坑深度一般不大于 10m;否则就不经济。

当基坑深度超过悬臂式挡土结构的合理的基坑深度时,就必须增设横向支点(锚杆型、锚定板型和内撑型支点)。根据基坑深度和地层土质等条件,设置单支点及多支点(含两支点),但设置条件,各地区差别较大。北京地区,通常的做法是:基坑深度  $h < 10\text{m}$ ,采用悬臂桩; $h = 10 \sim 15\text{m}$ ,采用一层锚杆; $h > 15\text{m}$ ,则采用多层锚杆。天津地区的通常做法是: $h < 6\text{m}$ ,采用悬臂桩; $h = 6 \sim 9\text{m}$ ,采用一层锚杆; $h > 9\text{m}$ ,则采用多层锚杆。

### (3)被动制约机制挡土支护结构和主动制约机制挡土支护结构

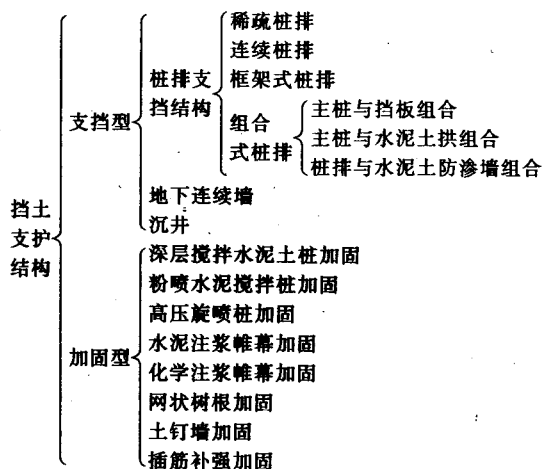
锚拉式、内撑式和悬臂式等挡土支护结构,均以挡土支护结构承受其后的侧压力,防止土体整体稳定性破坏,属于被动制约稳定机制。

土钉墙技术,则在土体内放置一定长度和分布密度的土钉体,同时增设钢筋网喷射混凝土面层,与土共同作用,构成复合土体,以弥补土体自身强度的不足,增强边坡土体自身稳定性,属于主动制约稳定机制。插筋补强等技术,也属于这一机制。

### (4)支挡型挡土支护结构和加固型挡土支护结构,其分类如下。

#### 1.4.2 几点说明

当边坡土质较好且地下水位较低时,可利用土拱作用,以稀疏桩排支挡边坡;钢板桩(U型、Z型、一字型、H型和组合型截面)连续桩排,在软土地区中打设方便,有一定的挡水能力,当基坑深度不太时往往是考虑的方案之一;密排的钻孔灌注桩,止水效果往往不理想,但在相邻的钻孔桩之间增设止水桩,则可形成既挡



土又止水的简易连续墙;双排桩具有整体刚度大、水平位移小和受力合理的特点,因此,在对基坑支护结构的位移有限制要求时,双排桩是一种有应用价值的类型;当主桩为稀疏桩排时,采用与挡板组合,既可挡住桩间土同时也具有一定的防渗作用;在地下水位高的软土地区,采用稀疏桩排挡土,深层搅拌水泥土桩或高压旋喷桩防渗的组合结构是经济有效的一种挡土支护结构;地下连续墙具有对周围环境影响小、对地层条件适应性强、防渗性能好、抗弯刚度大和整体性好等优点,已成为深基坑的主要挡土支护结构之一,但如果将其单纯作为挡土支护结构,则费用较高,如施工后成为地下结构的组成部分就较为理想;深层搅拌水泥土桩、粉喷水泥搅拌桩和高压旋喷桩等既可挡土又可形成隔水帷幕,对于平面呈任何形状、开挖深度不很深的基坑(目前上海地区深层搅拌水泥土桩已用于 10.5m 深的基坑)皆可用作挡土支护结构,也比较经济;注浆加固法的基本原理是用气压、液压或电化学方法,将水泥浆或化学溶液注入土体孔隙中,达到加固土体和防渗的目的;土钉墙和插筋补强加固均属于主动制约稳定机制,具有施工设备简单、造价低和便于推广等优点,目前,北京地区土钉墙和插筋补强加固应用于基坑开挖深度分别可达 17m 和 12m;上述支挡型挡土支护结构均可与内支撑或锚杆等组合应用,使其具有更大的适应性。(待续)