

建筑工程基坑支护施工技术应用研究

李家宝

德邻联合工程有限公司

摘要：随着我国经济的快速发展及建设规模的不断扩大，基坑支护的重要作用也日渐凸显出来。为了提高基坑支护施工质量，本文结合当前基坑支护实际情况，对基坑支护出现的各种问题加以分析，并围绕常规的基坑支护施工技术加以论述，以确保基坑支护质量达到预定的目标，从而为工程的后续建设打下了坚实的基础。

关键词：建筑工程；作业特征；影响因素；基坑支护技术应用；措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.10.018

引言

在构建建筑工程基坑支护体系的过程中，安全性和稳定性是保证基坑工程质量的重要性指标，在确保基坑安全性、稳定性的同时，还应对基坑支护进行经济性分析，做到经济合理。在选择合理选择支护技术的基础上，精心施工，以达到最优的支护效果。

一、基坑支护作业特征

（一）施工难度大

在城市建设进程中，大型商业建筑和高层建筑往往通过地下空间的有效利用来实现对土地资源的进一步开发，导致基坑规模增大，从而使支护技术要求越来越高，导致施工作业难度越来越大。

（二）作业环境复杂多变

我国幅员辽阔，地质结构极为复杂，对于相同支护技术而言，在不同地区由于工程地质不同会取得不同程度的应用成效；此外，城市化进程的不断推进，给排水管道、输气管道、通信及输电线路等设施使得城市地下环境愈加复杂，这就在一定程度上增加了基坑支护作业难度。由此可见，基坑支护受工程地质、地下环境的影响较大，必须针对实际情况，采取相应的支护技术。

二、建筑工程基坑支护影响因素

（一）基坑土体方面

通过对大量的基坑安全事故分析，土体条件是基坑稳定的主要因素，软硬相间，并有软化、泥化或易分化夹层工程地质，最易造成基坑土体失稳。故在基坑支护施工过程中，应明确支护范围的岩土土质的分类情况，特别对于软土及杂填土在支护过程中，应引起足够的重视，以及应注意砂土在土层中容易引起管涌现象等，制定一定的应急措施。

（二）地下水处理方面

地下水是影响基坑边坡稳定最活跃的外在因素，绝大多数基坑坍塌均与地下水的活动有关，故在建筑基坑土方开挖、支护施工过程中，应做好基坑排水、降水工作，同时对于基坑开挖与支护施工中可能发现的渗水、涌水、流砂等现象，需做好应急准备与响应措施，以保证工程的顺利进行。

（三）勘察设计方面

工程设计人员需要根据收集到的地质资料、地区环境资料及建筑工程的要求进行工程设计，这其中也包括基坑支护的设计，首先应根据现场实际地质环境资料，严格按照国家设计规范进行设计，并采取合理的支护方式，以保持基坑的安全及稳定性，但由于地质环境的复杂性，勘探人员的技术水平差异，以及在进行地质勘探时，地层深处的水层、软质层可能不能全部勘探到位，导致基坑支护设计存在缺陷；另一方面由于设计人员的疏忽或专业水平问题，造成基坑支护设计存在问题。

（四）施工方面

由于基坑支护需与基坑开挖密切配合，故在基坑分层开挖过程中，施工单位应做好土方开挖及基坑支护方案，并合理安排好开挖及支护顺序，以保基坑施工的顺利进行；若基坑支护与基坑开挖未做到协同推进，则会出现边坡坍塌现象。

当前基坑土方开挖，均采用机械化施工，施工过程中不仅要严格按照开挖顺序进行施工，同时应严格按照操作规程进行开挖，以免对土体边坡及支护结构产生影响，造成基坑坍塌事故。

三、建筑工程基坑支护技术应用

（一）浅基坑的支护

对于深度小于5米，且宽度不大的浅基坑（槽），常采用以下几种：

（1）斜柱支撑斜撑沿基坑边沿设定柱桩，柱桩里侧钉挡土板，两侧靠斜撑现浇板，斜撑底端靠桩支撑，压实挡土板里侧回填土。这一支护合适挖深度小大型基坑。

（2）锚拉支撑最先沿基坑边沿设定支撑桩，支撑桩里侧设定挡土板。桩上方用支撑杆绷紧，夯实挡土板里侧回填土。该适用适用于发掘深度比较小的大中型基坑，及其机械设备发掘安装不了斜撑的现象。

（3）短桩横隔板支撑根据沿基坑边沿打进短桩，一部分打下葬中，一部分外露路面，内钉水准挡土板，压实后边回填土支撑。该支护合适基坑开挖比较宽的基坑，局部地区倾斜度不足时使用。

（4）临时挡土墙支撑根据沿基坑坡角堆积砖、石或成袋沙石支撑此支撑，维持坡角平稳。适用发掘总宽比较大的基坑，适合于部分地区下边倾斜度太小时。

（5）叠袋式挡土墙支撑选用坡角500mm厚石基支撑，底端总宽为1500-2000m²。砂砾石（河卵石或土）包装袋或草袋子砌重力式挡土墙，顶宽500-1200m²，表层用水泥砂浆维护。适用一般黏性土、大规模、基坑开挖深度5m以下的浅基坑支护。

（二）深基坑支护

深基坑深度超过或低于5m，但场所地理条件和周围

环境繁杂。

深基坑支护设计和施工过程中，充分考虑工程地质和水文地质条件、种类、基坑开挖深度、降雨和排水管道标准、周围环境对基坑外壁偏移的需求、基坑附近荷载、工程施工时节、支护构造使用寿命等多种因素，因时制宜、设计方案有效、精心施工、严格监控。

(1) 灌注桩排桩支护

一般由支撑桩、支撑（或土锚）和防潮帘构成。依据支护标准，桩可分为悬壁支护构造、拉锚支护构造、内部结构支撑构造和外部支撑-拉锚混和支护构造。如以上支护方法不适合，可采取双排桩。

可用标准：基坑外壁安全级别为一级、二级、三级；有降雨或防潮帘的基坑。

a、基础打桩应使用打桩施工次序，并间隔成桩。浇筑完混凝土桩与邻近桩之间的距离不可低于桩径的4倍，或间距施工工期不可低于36h。

b、灌注桩桩顶应充分泛浆，高度不小于500mm，水下灌注砼时，砼强度应比设计桩身砼强度提高一个等级配制。

c、灌注桩外止水帷幕宜采用单轴、双轴或三轴水泥石土搅拌站。止水帷幕与灌注桩之间的净距宜小于200mm；采用高压旋喷桩时，应先施工灌注桩，再施工高压旋喷止水帷幕。

(2) 地下连续墙支护

它具有较高的弯曲刚度、高韧性、挡土、承载能力、防渗漏、耐用性好、形变小等特点。可以和内部结构支撑点组成应用，与主体工程组成应用（双壁一身型）别的支撑点方式，如正、逆、半逆法。

a、浇筑混凝土结构导墙。混凝土的强度级别不低于C20，薄厚不低于200mm，导墙顶部高出路面100mm，高压地下水位不低于0.5m，导墙底端高出原状土200mm，导墙相对高度不低于1.2m，导墙内间距比地连墙设计方案薄厚40mm。

b、地连墙企业槽长4-6m，槽体泥面不可小于引流墙壁0.3m，并应高过地下水位0.5m上面。

c、水下混凝土应使用导管法持续注浆。软管水淮间距不宜超过3m，与槽底之间的距离不可超过1.5m。软管底至槽底之间的距离应是300-500mm。灌注桩到位后，需及时浇灌混凝土，间距不能超过4钟头；当场混凝土塌落度为20020，强度等级应大于设计方案抗压强度一级。现浇混凝土面应高过建筑标高300-500。

d、水泥混凝土做到设计方案抗压强度后，即可进行墙底灌浆。袖阀管选用无缝钢管，企业槽体不得少于2根。槽做到6m左右时，请提升浇筑管。灌浆管下方需从槽底延伸到200-500mm。灌浆压力控制在2MPa之内，灌浆总产量必须符合设计要点，或灌浆量超过80%之上。当工作压力超过2MPa时，能够中断灌浆。

(3) 土钉墙

基坑环节中，土钉墙选用密集排列的土钉墙（长细建筑钢筋、打孔镀锌管）放入原点砂土或灌浆，向边坡喷涌混凝土结构。根据土钉墙、砂土和水泥稳定土表层的联合作用，产生复合型土。有单一土钉墙、锚索复合

型土钉墙、混凝土土桩复合型土钉墙、微型桩复合型土钉墙。按土钉墙要求开展基坑总体抗滑稳定性检算钉墙与挡水条序幕融合时，应按规定开展地表水渗入可靠性检算，并测算以上土钉墙的承载能力。

可用标准：深基坑外壁安全级别为二、三级非软基处理地域，地下水位相对较低的黏土、砂、粉土地资源基，土钉墙基坑深度不能超过12m。

土钉墙的构造要求：

a、土钉长度。一般非饱和土，土钉长度L与开挖深度H之比为 $L/H=0.6-1.2$ ，对于密实砂土及干硬性黏土取小值；对于饱和软土，由于土体抗剪能力较低，土钉内力因水压作用增加，设计时L/H取1为宜。

b、土钉间距。土钉间距的大小影响土体的整体作用效果，水平间距和垂直间距一般宜为1-2m。

c、土钉倾角。宜为 $5^{\circ}-20^{\circ}$ ，研究表明，倾角越小，支护变形越小，但注浆质量较难控制，倾角越大，支护变形越大，但有利于土钉插入下层土体。

d、成孔注浆型钢筋土钉成孔直径宜为70-120mm；土钉钢筋宜选用HRB400、HRB500钢筋，直径16-32mm；土钉孔注浆材料可选用水泥浆（0.4-0.5）或水泥砂浆（1:2-1:3），强度不低于20Ma。

e、支护面层。土钉墙高度不大于12m时，喷射砼面层要求有：厚度80-100mm，设计强度等级不低于C20；应配置钢筋网和通长的加强钢筋，宜采用HPB300钢筋，钢筋直径6-10mm，间距150-250mm，加强钢筋用14-20mm，土钉与加强钢筋宜采用焊接连接。

土钉的施工要求：

a、基坑挖土分层厚度应与土钉竖向间距协调同步，逐层开挖并施工土钉，禁止超挖。

b、每层土钉施工后，应按要求抽查土钉的抗拔力。

c、开挖后应及时封闭临空面，应在24h内完成土钉安放和喷射砼面层，在淤泥质土层开挖时，应在12h内完成土钉安放和喷射砼面层。

d、上一层土钉完成注浆48h后，方可开挖下层土方。

e、成孔注浆型钢筋土钉应采用两次注浆工艺。第一次注浆应为水泥砂浆，注浆量不应钻孔体积的1.2倍，第一次注浆初凝后，方可进行第二次注浆，第二次注浆为纯水泥浆，注浆量为第一次注浆量的30%-40%，注浆压力为0.4-0.6MPa。

f、钢筋网应在喷射一层砼后铺设，若为双层钢筋网，第二层钢筋网应在第一层钢筋网被工覆盖后铺设。喷射砼骨料最大粒径不大于15mm，作业分段分片进行，同一分段内应自上而下，一次喷射厚度不得大于120mm；土钉钢筋体砼保护层不小于25mm。

(4) 咬合桩围护墙

适用条件：适用于基坑侧壁安全等级为一、二、三级。适用于较深的基坑，可同时用于截水。

a、咬合桩分I、II两序跳孔施工，II序桩施工时利用成孔机械切割I序桩身，形成连续咬合的桩墙。

b、咬合切割分为软切割和硬切割。软切割应采用

全套管钻孔咬合桩机、旋挖桩机施工，硬切割应采用全回转全套管钻机施工。

c、采用软切割工艺的桩，I序桩终凝前完成II序桩的施工，I序桩应采用超缓凝砼，缓凝时间不小于60h，砼3天强度不宜大于3MPa，软切割II序桩及硬切割I、II序桩应采用普通砼。

d、分段施工时，应在施工段端头设置一个用砂灌注的II序桩，可用于围护桩的闭合处理。

(5) 型钢水泥土搅拌墙

适用条件：基坑侧壁安全等级为一、二、三级。适用于黏性土、粉土、砂土、砂砾土等较深的基坑，深度不宜大于12m。

a、型钢砼搅拌墙宜采用三轴搅拌桩机施工，可采用跳打方式、单侧挤压方式等施工顺序；桩与桩的搭接时间间隔不宜大于24h。

b、拟拔出回收的型钢，应先干燥除锈，后涂刷减摩擦材料，型钢拔出后的空隙应及时注浆填充。

c、基坑开挖前应先检验水泥土搅拌墙的强度。

(6) 板桩围护墙

板桩包括砼板桩、钢板桩，结合内支撑（以钢支撑为主）使用，具有截水的作用。适用条件同上述(5)。

a、宜采用振动锤打设。邻近有建（构）物，地下管线时，应采用静压法施工。

b、钢板桩身接头在同一标高处不应大于50%。

c、砼板桩吊运时，砼强度应达到70%，施打时应达到100%。

d、板桩回收应基坑回填土完成后进行，拔出后的桩应及时注浆填实。

(7) 水泥土重力式围护墙

适用条件：基坑侧壁安全等级为二、三级；适用于淤泥质土、淤泥基坑，深度不宜大于7m。

a、可采用单轴、双轴、三轴搅拌机施工，围护墙应采取连续搭接的施工方法。

b、围护墙顶部应设置钢筋砼压顶板，并与水泥土加固体用钢筋连接。

c、钢管、钢筋等插入时应采取可靠的定位措施，并应在成桩后16h内完成。

d、基坑开挖前宜采用钻取桩芯的方法检验桩长和桩身强度，深度大于5m的基坑应采用制作水泥土试块的方法检验桩身强度。

(8) 内支撑

内支撑包括钢筋支撑和钢支撑，施工要求如下：

a、支撑系统的施工与拆除顺序应支撑结构的设计工况一致，严格执行先撑后挖的原则。立柱穿过结构底板以及穿越的地下室外墙应有止水构造措施。

b、钢筋砼支撑拆除，可采用机械拆除、爆破拆除，爆破应预留到位，爆破前应先切割支撑与围檩或主体结构连接部位。

c、支撑结构爆破拆除前，应对永久结构及周边环境采取隔离防护措施。

(9) 锚杆（索）

a、施工前应通过试成锚验证设计指标和施工工艺。

b、锚固段强度大于15MPa并达到设计强度的75%方可张拉。

c、锚杆正式张拉前，对锚杆预张拉1-2次，正式张拉时，锚杆张拉1.05-1.10设计拉力时，岩层、砂土层应保持10min，黏土层应保持15min，然后卸荷至设计锁定值。

四、加强建筑工程基坑支护的措施

(一) 合理选择基坑支护技术

为了提高基坑支护效果，设计人员应根据项目所在地的工程地质条件、地下水、周边环境及项目结构自身的要求，合理选择一种或多种基坑支护技术，以提高基坑支护质量，在保证经济性的同时确保基坑安全，从而确保工程的顺利进行。

(二) 加强基坑开挖与基坑支护相衔接

基坑开挖前应先编制土方开挖方案，采取分区分段、分段分层开挖方式进行开挖，并与基坑支护紧密结合、相互衔接到位，应遵从“开槽支撑，先撑后挖，分层开挖，严禁超挖”原则，做到支护与挖土相配合，从而保证在基坑土方施工过程中保证基坑的安全、稳定。

(三) 做好基坑降水防水工作

在工程项目基坑支护作业过程中，极易受地下水及地表水影响，为了避免此类问题的出现，在地下工程施工过程中，应做好降水、排水及一定范围内的防水工作，并做好应急预案，以避免因地下水和降水出现管涌及流沙，甚至出现的基坑坍塌现象。

(四) 加强基坑监测

基坑监测是地下工程施工过程中的一个重要环节，首先在设置监测点位的基础上，加强基坑监测，保证监测数据的真实、有效；再之，根据现场基坑的实际情况，通过加大监测频率，以便及时发现基坑隐患并及时报警，以采取相应措施保障基坑安全；最后，及时将观测数据进行分析整理，提供给设计及施工，从而实现信息化施工。

结束语

综上所述，随着社会发展和科技进步，建筑的地下工程规模日益扩大，基坑支护成为建设中的重要一环，只有加强基坑支护技术应用研究，并在工程项目中加以实施，才能保证基坑的安全性及稳定性，从而保证工程的顺利进行。

参考文献

[1] 贾冬艳. 建筑工程中的深基坑支护施工关键技术分析[J]. 百科论坛电子杂志. 2019, (21). 632.

[2] 建筑基坑支护技术规程(JGJ120-1999)[S]. 中国建筑工业出版社

[3] 常大江. 房屋建筑基坑支护工程设计[J]. 建筑技术开发, 2021, 48(12): 161-162.

[4] 李福祥. 建筑工程施工中深基坑支护施工技术管理分析[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2021(03): 146-147.