

深基坑施工技术在建筑工程中的应用研究

王文丽

甘肃中南工程质量检测有限公司 甘肃 兰州 730000

摘要: 深基坑施工技术是建筑工程地下结构建设的核心环节。排桩、咬合桩、地下连续墙、土钉墙以及组合式内支撑,构成了主要的支护技术体系,配套的还有截水止水、分层开挖、基底处理这些专项工艺。技术选型要综合考虑岩土条件、变形限值和资源条件。当前施工还存在几个问题:土体扰动大,地下水管控破坏了原生结构,复杂工况下的适配性也不够。通过低扰动模块化支护、节水回灌式降水、数字化智能施工这些优化策略,可以有效提升深基坑施工的安全性和精细化水平。

关键词: 深基坑; 支护施工; 排桩支护; 土方开挖

引言: 深基坑施工是建筑工程地下结构建设的关键环节,技术水平直接关系到工程安全和周边环境的稳定。目前常用的支护技术包括排桩、咬合桩、地下连续墙、土钉墙以及组合式内支撑,配套的还有截水止水、分层开挖、基底处理这些专项工艺。技术选型要综合考虑岩土条件、变形限值和资源条件来做适配。不过,现有施工还存在几个问题:土体扰动大,地下水管控破坏了原生结构,复杂工况下的适配性也不够。

1 建筑工程常用深基坑支护施工技术

1.1 排桩支护施工技术

排桩支护结构靠桩体与桩间土的共同作用来抵抗基坑侧向土压力,依靠桩身嵌入坑底以下稳定土层形成的锚固力维持整体稳定。施工前要先做桩位精确放样,用泥浆护壁或全套管工艺成孔,控制好垂直度偏差。钢筋笼分段制作和吊装,保证主筋间距和保护层厚度符合要求。混凝土灌注采用导管法连续浇筑,控制拔管速度,防止断桩。核心参数包括桩径、桩间距、嵌固深度和混凝土强度,要根据土层条件调整泥浆比重和成孔速度,避免塌孔。成桩后在桩顶设置冠梁,把各桩体连接起来,增强空间刚度。

1.2 咬合桩支护施工技术

咬合桩利用相邻桩体之间的相互咬合,形成连续挡土和止水帷幕,它的受力机理是桩间剪力传递和桩后土压力重分布。分段成桩时,先施工素混凝土桩,在它初凝之前切割成孔并浇筑钢筋混凝土桩,实现紧密咬合。施工管控要点有几个:控制桩体垂直度偏差,保证相邻桩咬合厚度均匀;合理确定切割时间窗口,别切早了塌孔,也别切晚了咬合不上;实时监测泥浆性能和混凝土坍落度,保持孔壁稳定。桩顶设置导墙,引导钻机定位。成桩后要检测桩身完整性和咬合缝的渗透性。

1.3 地下连续墙支护施工技术

地下连续墙通过分段开挖槽段并浇筑钢筋混凝土形成连续墙体。槽段护壁成型采用稳定性好的泥浆悬浮护壁,防止槽壁塌掉。施工时先沿导墙开挖单元槽,控制好槽底沉渣厚度和槽壁垂直度。刷壁工艺用来清除接头处残余的泥皮,保证墙体接缝密实。水下混凝土浇筑采用多导管同步上升的方式,控制浇筑速度和液面高差,防止出现冷缝。墙体拼接的整体性控制,包括预埋接头管、刷壁次数、混凝土初凝时间以及浇筑连续性的协调,要保证相邻槽段能有效连接。

1.4 土钉墙支护施工技术

土钉墙靠土钉与土体之间的界面摩擦形成复合加固层,跟表层喷混凝土面层一起抵抗侧向变形。分层开挖注浆锚固的流程是:分段开挖到设计深度后修整坡面,按设计孔位成孔,清孔后把土钉钢筋插进去,用压力注浆把钉孔填满,浆液初凝后铺钢筋网、喷混凝土面层。每层施工完并达到强度之后,才能开挖下一层,别超挖,免得土体松掉。注浆压力和浆液配比要根据土层渗透性来调,保证锚固体能充分扩散,跟土体紧密结合。

1.5 组合式内支撑支护施工技术

组合式内支撑由水平撑杆、立柱和连接节点构成。选型适配的原则是:根据基坑平面形状、开挖深度和周边荷载分布,确定支撑布置形式和杆件截面。支撑体系跟围檩或排桩刚性连接,形成空间受力结构。施加预应力时,在支撑端部或节点处设千斤顶,分级张拉到设计轴力,锁定后监测轴力损失,适时补张^[1]。拆除施工按先换撑、后拆除的顺序,逐层卸载并切割支撑杆件,控制变形回弹量。施工过程中动态调整预应力值,以适应土压力变化,防止支撑失稳或基坑变形过大。

2 深基坑配套专项施工工艺

2.1 基坑地下水管控施工技术

截水止水施工工艺,是在基坑外围或底部设置连续的防渗屏障,把流向基坑的地下水通道切断。常用的工艺有两种:一种是高压喷射注浆,形成摆喷或旋喷桩墙;另一种是水泥土搅拌桩,构建连续搭接的止水帷幕。施工过程中要严格控制桩体的垂直度和搭接长度,保证相邻桩体之间没有渗漏通道。注浆压力和提升速度要根据地层渗透系数来调,确保浆液扩散半径能达到设计要求。分层可控降水施工工艺,是根据基坑内不同深度含水层的分布特点,设置多层降水井,分别控制各层的抽水量。通过水位监测系统实时反馈各层水位降深,按需要开启或关闭对应层位的抽水设备,实现按深度、按区域的分级降水。

2.2 基坑土方开挖施工技术

分层分区开挖施工原则,是把基坑整体划分成若干水平层和竖向区块,按顺序一层一层、一块一块地挖。分层厚度要根据支护结构的设计工况来定,每层开挖深度不能超过该层支护能承受的土压力范围。分区开挖,是利用还没挖的土体当临时支撑,控制基坑变形的时间效应和空间效应。施工过程中要保持对称开挖,别让单侧卸载太大,导致支护结构受力偏了。开挖速率跟边坡变形的管控,核心是挖掘进度要跟监测数据联动。边坡水平位移或沉降速率超过预警值时,就马上减慢或暂停那一块的开挖。每层挖完之后要及时做支护施工,等土体应力重新分布稳定了,再进下一层作业,让开挖速率跟土体蠕变特性匹配上。

2.3 基坑基底处理施工技术

软弱基底注浆加固工艺,是针对坑底土层承载力不够或者渗透性太强的问题。通过钻孔往基底土体里注入水泥基或化学浆液,浆液在压力作用下把土体孔隙填满,把周围颗粒胶结起来,提高基底的刚度和抗渗能力。注浆孔按网格状布置,施工顺序先外围后内部,防止浆液往外跑。注浆压力和浆液凝结时间要根据土性参数动态调整,保证浆液扩散半径和搭接效果能满足要求^[2]。基坑基底抗浮封闭施工,关键是抵抗地下水浮力把底板往上顶。施工时先在基底铺垫层并整平,然后设抗浮锚杆或抗拔桩,跟底板钢筋连起来。锚杆的锚固段要进到稳定的持力层里。底板混凝土一次性连续浇筑,形成整体封闭结构,靠底板自重和抗浮构件一起承担水浮力。

3 深基坑施工技术选型适配体系

3.1 施工技术选型核心考量维度

场地岩土条件适配,主要依据土层分布、土体强度、地下水赋存状态以及有没有软弱夹层等情况,来确

定支护技术方向。以粘性土为主的地层,土钉墙或排桩支护比较适用;砂卵石层或高渗透性地层,需要优先选带止水功能的咬合桩或地下连续墙。岩土条件在空间上会有变化,所以同一基坑的不同区段,支护措施也可以不一样。基坑变形限值适配,是根据基坑周边环境对沉降和水平位移的敏感程度,来设定控制标准。变形要求严的地方,用刚度大的地下连续墙加内支撑;变形要求宽松一些的,可以用排桩或土钉墙。变形限值还决定了支撑的道数、预应力施加的水平,以及施工监测的频率。施工工期与资源适配,要综合考虑成桩或成墙设备的进场条件、混凝土养护时间、支撑体系安装拆除的周期,以及施工队伍的专业能力。工期紧的时候,优先选工艺成熟、设备通用性强的排桩支护,别碰养护周期长或工序复杂的工艺^[3]。资源投入这块,包括材料供应能不能连续、设备台班够不够、现场作业面协调能力行不行,要保证选的技术在实际资源条件下能稳定实施。

3.2 不同工况支护技术组合应用方式

高含水土体基坑组合支护方案,基本思路是上部截水、下部排水。基坑上部用咬合桩或地下连续墙,形成连续封闭的止水帷幕,把侧向地下水流入通道堵住。基坑底部根据承压水头大小设减压井或疏干井,主动把坑内水压力降下来。支护结构本身选排桩加内支撑,桩间用高压旋喷桩把空隙填上,让挡土和止水功能配合起来。对于含水量极高的流塑状土层,开挖前还要对坑底做注浆加固,提高基底承载力和抗渗稳定性。大深度异形基坑组合支护方案,针对转角、凹凸轮廓、坑中坑这些特殊部位,采用刚度渐变和节点加强的适配措施。主支护体系选地下连续墙加多层预应力内支撑,保证整体抗侧力能力。异形转角处增加墙体内配筋率或增设斜支撑,改善应力集中区域的受力状态。坑中坑区域,外围墙体做完之后,再挖内部二级基坑,用较浅的排桩或土钉墙当临时支护。不同支护形式的衔接部位要设过渡段,通过长度渐变和刚度平滑过渡,别让刚度突变导致变形不协调。支撑布置要根据异形平面形状调整杆件角度和节点连接方式,保证力能有效传过去。

4 深基坑施工技术现存问题及优化策略

4.1 现有施工技术应用现存问题

传统施工对土体扰动的管控能力不足,主要体现在成孔、成桩及支护结构安装过程中。机械振动和冲击荷载会让桩周土体产生超静孔隙水压力,压力消散后土体体积收缩、结构强度也跟着衰减。排桩和咬合桩施工时,多次连续钻进使相邻桩之间的土体被反复挤压,原状土的结构性被破坏,抗剪参数降下来。扰动效应还有

滞后性,基坑开挖到中后期,土体蠕变量超出预期,支护结构的变形控制难度大大增加。地下水管控容易破坏原生土体结构,主要表现在降水井抽水导致地下水位下降后,土体中有效应力上升,地层被压密。降水过程中,细颗粒土随水流移动,出现管涌或流土现象,土层内部形成渗流通道,原有的透水特性就变了。长时间降水还会引起坑外土体固结沉降,而且这种沉降往往不均匀,给支护结构带来附加弯矩,严重的会导致止水帷幕开裂失效^[4]。传统工艺在复杂基坑中的适配能力有限。异形平面、阳角阴角、坑中坑这些区域,常规排桩很难实现刚度平滑过渡。咬合桩在曲线段施工时,垂直度偏差积累下来,会导致咬合厚度不够或者钢筋笼下不去。地下连续墙在转折处槽段划分困难,接头管起拔时间不好统一,成墙质量波动大。组合式内支撑在非规则基坑里,杆件空间交错,节点连接复杂,施加预应力时容易出现应力集中或传力路径中断。

4.2 深基坑施工技术优化策略

低扰动模块化支护工艺优化,技术路径包括用静压植入式桩体替代传统振动沉桩,靠液压静力把预制构件压进土里,把振动对周边土体的影响消除掉。模块化钢支撑系统由标准长度杆件和可调节节点组成,现场拼装成支撑骨架,不需要湿作业养护。拆的时候用机械把连接件松开,不用爆破或破碎,避免产生二次扰动。在支护结构和土体接触面之间设置滑动层或缓冲垫,把施工荷载的集中作用分散开。节水无害化地下水管控技术改良,核心内容是建一个封闭式地下水循环系统。在基坑外围施做深搅桩或高压喷射注浆帷幕,把坑内外的水力联系阻断。坑内设集水明沟和小型降水井组合,只抽开挖层里的重力水。抽出来的地下水经过多级沉淀和过滤处理后,通过回灌井重新注入坑外含水层,让地下水位保持相对稳定。废弃泥浆用压滤设备脱水处理,滤饼集

中外运,分离出来的水回用到制浆系统,实现零排放。数字化智能化施工工艺升级,重点是全过程感知和闭环调控^[5]。在支护结构里埋分布式光纤和振弦式传感器,连续采集应变、温度、振动数据,通过无线网络上传到管理平台,平台自动判断异常数据并发出分级预警。成槽设备装惯性导航系统和自动纠偏装置,实时显示槽壁三维姿态,自动调整铣削参数。注浆作业采用流量压力联动控制系统,根据地层吸浆量自动调节注浆速率和浆液配比,保证填充密实。降水井群用变频调控技术,根据水位降深反馈自动调整抽水流量,实现按需降水的精细管理。

结束语:深基坑施工技术已经形成了排桩、咬合桩、地下连续墙、土钉墙、组合内支撑等多元支护体系,配套的有截水止水、分层开挖、基底处理这些专项工艺。技术选型要综合考虑岩土条件、变形限值和资源投入来做适配。当前施工还面临几个挑战:土体扰动控制不住,地下水管控破坏了原生结构,复杂工况下的适配性也不够。低扰动模块化支护、节水回灌式降水、数字化智能施工这些策略,为技术升级指明了方向,有助于提升深基坑工程的安全性和精细化管理水平。

参考文献

- [1]李志伟.深基坑施工技术在建筑工程中的应用研究[J].建筑与装饰,2025(14):136-138.
- [2]张卓.深基坑支护施工技术在建筑工程中的应用研究[J].工程建设与设计,2026(6):152-154.
- [3]石静忠.深基坑支护施工技术在建筑工程施工中的应用研究[J].石油化工建设,2026,48(1):113-115.
- [4]李强.高层建筑工程深基坑喷锚支护施工技术的应用研究[J].砖瓦世界,2026(1):19-21.
- [5]赵海英.建筑工程中的深基坑支护施工关键技术的应用研究[J].砖瓦世界,2026(6):91-93.