

深基坑土方开挖与支护结构协同施工技术分析

孙广华

中国电子系统工程第四建设有限公司 河北 石家庄 050011

【摘要】：深基坑土方开挖会持续释放侧向土压力，支护结构则在分层卸荷、地下水变化和周边荷载扰动中完成受力转换。本文识别地层水文、周边荷载、开挖步序和支护响应的约束关系，分析围护成型、首层开挖、内支撑安装、坑内运输、降排水调节和监测反馈等协同施工要点，提出以开挖层厚、支撑闭合时间、轴力复核限值、坑边限载及异常变形处置共同约束现场工序的控制方法，使支护闭合、土方运输和监测反馈在同一施工节奏内衔接。深基坑施工只有让土方效率服从支护受力、地下水控制和周边环境保护，才能降低超挖、支撑滞后和变形累积风险。

【关键词】：深基坑；土方开挖；支护结构；协同施工；监测反馈

DOI:10.12417/2811-0528.26.20.041

城市地下空间项目常与道路、既有建筑、地下管线和狭窄场地相邻。土方开挖速度、支护闭合时间、坑边堆载、地下水位和监测反馈之间任一环节滞后，都可能把局部偏差放大为墙体位移、坑底隆起或坑外沉降。传统组织方式容易把土方、支护、降水和监测分给不同班组分别管理，现场指令缺少统一时序约束。深基坑土方开挖与支护结构协同施工，应把支护受力转换和土方卸荷作为同一工程对象处理。

1 深基坑协同施工条件识别

(1) 周边荷载与地层水文约束：场地边界决定深基坑协同施工的初始余量。坑外道路和既有建筑把附加荷载传到围护墙背后，软弱黏土降低被动区抗力，粉砂夹层和承压水改变渗流路径^[1]。施工前若只按开挖范围组织机械进场，而未把超载限值、地下水位、土层厚度和保护对象位置转化为支护复核项，开挖面暴露后容易出现墙顶位移提前发展、坑外沉降槽外扩和支撑轴力突增；靠近道路转角、管线密集带和临时堆料区时，这类响应还会叠加车辆振动和局部渗漏影响。(2) 开挖步序与支护响应关系：土方清运同时伴随坑壁应力重新分配。首层卸荷后，围护墙顶部先产生水平位移，支撑未闭合或预加轴力不足时，墙身弯矩继续向中部集中；中下层开挖削弱坑底被动区，局部超挖和坡道切入会降低反压能力。支护结构先形成闭合受力体系，开挖卸荷才能被墙体、腰梁、支撑和坑底土体共同分担；土方推进过快，则会迫使支护结构在未达到设计状态前承担侧向压力。

2 土方开挖与支护结构协同要点

(1) 围护成型与首层开挖衔接：围护结构质量决定首层开挖的安全余量。地下连续墙、灌注桩、型钢水泥土墙或钢板桩成型后，应核对墙体垂直度、接头止水、冠梁连续性和设计强度，再开放首层作业面^[2]。首层开挖厚度与第一道支撑安装标高保持可施工高差，机械不得一次下挖到支撑以下，避免墙

体悬臂段过长。冠梁和腰梁施工期间，坑边堆载、挖机路线和土方车等待区应外移，减少车辆振动与材料集中荷载叠加。

(2) 内支撑安装与分层卸荷控制：内支撑安装与土方开挖应按层位建立互锁关系。首层开挖厚度控制为1.50m，第一道支撑完成后可进入2m中层开挖；靠近坑底时层厚收紧为1.20m，减少被动区突然削弱。每一层土方开挖到支撑设计标高附近后，先完成腰梁、钢支撑或混凝土支撑安装，并在6至12h内完成闭合复核，再继续向下一层推进^[3]。若局部区域支撑滞后，邻近分区不宜盲目下挖。轴力复核限值控制在80至150kN，坑边限载控制在8至15kPa，可使土方推进受到支护闭合状态约束。支撑安装完成后还要核查端板密贴、楔块锁定和立柱沉降，避免支撑名义闭合而节点实际受力滞后。关键工序参数与处置动作见表1。

表1 深基坑开挖支护协同控制指标

控制环节	开挖层厚(m)	支撑闭合时间(h)	轴力复核限值(kN)	坑边限载(kPa)	主要处置动作
首层开挖	1.50	12	150	15	冠梁复核后分区下挖
第一道支撑	2	8	120	12	安装闭合后复测轴力
中层开挖	2	8	110	10	留土反压并限时暴露
第二道支撑	1.80	6	90	10	先撑后挖并保护节点
坑底开挖	1.20	6	80	8	分块清底并控制水位
监测复核	1.20	6	80	8	趋势稳定后续挖

表1中,坑底开挖和监测复核的层厚、闭合时间、轴力复核限值及坑边限载均处于最严控制段,说明越接近基底越需要减少卸荷幅度和外部附加荷载;第二道支撑后的控制更严,反映出下层开挖对支撑节点和墙身变形更敏感。控制环节若只管土方量而不管支撑闭合时间,表中各项指标就会失去共同约束作用。

(3) 坑内运输通道与支撑保护:坑内运输通道是土方效率与支护安全最容易冲突的部位。临时坡道贴近围护墙会增加墙后车辆荷载和局部振动,坡脚切入被动区又会削弱坑底稳定。坡道宽度、坡率、转弯半径和会车位置应与支撑平面共同确定,出土机械不得碰撞钢支撑、格构柱、腰梁和监测元件。支撑下方清土宜使用小型设备或人工配合,严禁为清理死角随意切削节点附近土体;支撑跨中下方的临时通行区还应设置限高、限速和专人指挥,防止车辆斗臂触碰支撑。

(4) 降排水调节与坑底稳定:地下水控制与开挖支护关系紧密。降水过慢会使开挖面含水率升高,造成边坡松散、坑底扰动和机械陷车;降水过快又可能引起坑外地层固结沉降,影响道路和管线。止水帷幕、降水井、集水明排和回灌措施应与开挖层位同步调整,承压水影响区还要复核坑底抗突涌稳定。围护墙、支撑、分层台阶、坡道、降水井和监测点在同一剖面内共同控制水平位移、坑底稳定和出土组织。发现渗漏夹砂、井点失效或坑底隆起迹象时,应先稳水、封堵和反压,再恢复局部土方清运。

3 协同施工监测反馈控制技术

(1) 监测数据驱动开挖节奏调整:墙顶水平位移、深层水平位移、支撑轴力、坑外沉降、地下水位和管线变形应与开挖层位同步记录。监测值接近控制值时,现场先回查开挖厚度、出土路线、支撑闭合时间和坑边堆载;支撑轴力异常增长且墙顶位移同步扩大时,暂停下一层土方开挖,复测支撑节点、腰梁连接和墙后水位^[4]。监测反馈应直接转化为停挖、减载、补撑、回填反压或调整降水的施工指令,并由技术负责人、测量人员和土方班组确认同一处置时点。协同施工剖面与工序关系见图1。

参考文献:

- [1] 程建棚.房屋建筑深基坑土方开挖施工中的安全生产技术——以T项目为例[J].河北安全生产,2026,(3):112-114.
- [2] 白卿鹏.软土地区基坑土方开挖与支护施工技术[J].四川水泥,2026,(4):135-137.
- [3] 胡碧波,田战飞,李绍辰,等.复杂地基条件下真空负压桩锚支护深基坑土方开挖稳定性数值模拟[J].真空,2026,63(1):103-108.
- [4] 肖少玲,邹德鑫,梁文锦.高边坡条件下超深基坑组合支护结构施工技术研究[J].建筑科技,2026,10(7):163-166+174.

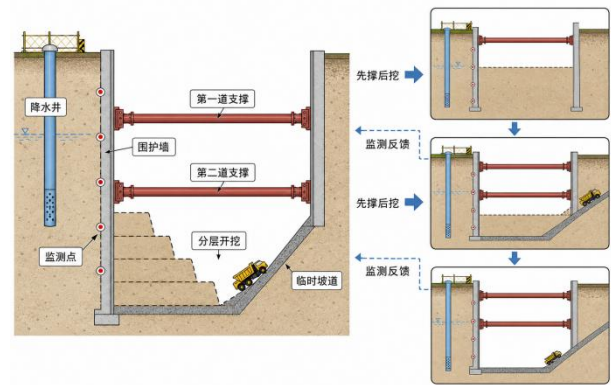


图1 深基坑开挖支护协同施工关系示意

图1中,围护墙和两道支撑控制基坑侧向变形,分层开挖台阶与临时坡道共同决定土方推进方式,降水井和监测点分别对应水位调节与变形反馈。右侧阶段框把“先撑后挖”和“监测反馈”连续表达出来,说明支护结构闭合、下一层开挖和监测复核应形成同一施工节奏。

(2) 异常变形处置与工序调整:异常变形处置强调工序调整的及时性。墙体位移持续发展时,应先停止邻近区域下挖,卸除坑边临时堆载,复核支撑轴力和节点变形;坑外沉降加速时,需检查降水曲线、止水帷幕和管线保护措施。局部超挖应及时回填反压,支撑缺陷应补焊、补撑或调整预加轴力。处置完成后不能立即恢复原开挖强度,而应在监测趋势稳定、支护节点复核合格和降水状态恢复后,按缩小分区、减小层厚、延长暴露控制时间的方式重新组织土方施工。

4 结语

深基坑土方开挖与支护结构协同施工,应把开挖卸荷、支撑闭合、坑内运输、降排水调节和监测反馈纳入同一施工节奏。前期识别周边荷载、地层水文和保护对象约束,首层开挖服务围护结构受力转换,分层开挖等待支撑安装、轴力复核和节点保护完成。坑内坡道、出土路线和机械作业半径不能削弱支撑体系及被动区稳定,地下水控制也要兼顾坑内开挖条件和坑外沉降风险。后续施工把监测值、变化速率和现场工况转化为停挖、减载、补撑、反压或调整降水的处置指令,使支护安全、土方效率和环境保护保持可核验的协同关系。