

深基坑支护方案特点的研究

唐兰远

(福建地矿建设集团公司,福建 福州 350003)

摘 要 结合工程实例叙述了多种深基坑支护方案(包括地下连续墙结合内支撑、地下连续墙结合拉锚支护、地下连续墙结合楼层梁板支护、连排桩结合拉锚、连排桩结合内支撑、放坡插板结合钢(管)梁内支撑)的技术要求、原理和特点。

关键词 深基坑 支护 地下连续墙 连排桩 放坡插板桩

中图分类号 TU473.2 **文献标识码** B **文章编号** 1672-7428(2004)09-0014-04

由于城市土地资源的有限性,随着项目建设的发展,基坑开挖越来越普遍,且开挖的深度也越来越深。深基坑(地下 2~5 层)的出现,必须研究和设计确保深基坑开挖安全稳定和科学合理的支护方案。深基坑支护是一个立体的空间课题,深基坑的面积和深度是支护方案的重中之重;深基坑的形状也是影响支护设计的因素。成功的支护方案不胜枚举,失败的支护方案也时有发生。

深基坑支护方案设计依据场地工程地质条件、大厦功能要求、周边环境情况及施工技术等因素而定。采用科学、经济、可靠、对环境不破坏的支护方案,是设计人员追求的目标。衡量成功的支护方案标准是保证深基坑开挖时不出现渗、漏、涌水现象;保证邻近建筑物、交通及地下管线的正常使用;保证深基坑边坡和底板的稳定。

笔者从事深基坑工作多年,参与了多种深基坑方案的研究与施工,本文拟对如下几种深基坑支护方案的特点进行研究分析。

1 地下连续墙支护方案

1.1 地下连续墙结合内支撑方案

1.1.1 技术要求

地下连续墙墙厚 0.6~0.8 m,墙深 16~24 m,墙体砼(水下) C30、S12,墙体配筋 110 kg/m³,采用刚性接头。

内支撑形状因场地条件而定,可采用多种形状:单圆、双圆、椭圆、网状……。

1.1.2 原理

以地下连续墙挡土止水的围护功能形成坑内降

水,坑外不降水的施工环境。在基坑场地内按一定形状有计划地增设(或利用工程桩)一定数量的钢格构柱(方形或圆形),承受每层水平方向内支撑梁(砼或钢),从上而下逐层开挖并完成每层的内支撑体系。基坑地板完成之后,从下而上拆除每层内支撑体系。可适用于深基坑支护(地下 2~4 层结构)。

1.1.3 实例

天津亚太大厦于 1998 年 10 月开工,1999 年 1 月竣工,地上 30 层、地下 3 层,采用地下连续墙结合内支撑方案,地下连续墙作为“二合一墙”。墙厚 0.6 m,墙深 16 m,墙体砼(水下) C30、S12,采用公母刚性接头,上下两层单圆砼梁(800 mm×800 mm),以 450 mm×450 mm 钢格构柱形成圆形的内支撑体系。底板完成后,利用静态爆破方法逐层自下而上拆除。每天定期 2 次专人观测,开挖后基坑土体位移控制在允许范围内,保证基坑两边主干道(南京路)和基坑周边建筑物的稳定,墙体平整,不出现渗、漏水等现象。

1.1.4 特点

- (1) 内支撑方案能有效地控制土体位移;
- (2) 地下连续墙作为地下结构墙,可在边界红线上施工,能较大面积地占有土地,增加地下结构物面积;
- (3) 内支撑体系完成之后又从下而上逐层拆除,利用爆破方法,浪费资源,对环境造成影响,同时工程费用增加;
- (4) 地下连续墙采用刚性接头止水效果佳,形成良好的施工环境;
- (5) 因建造和拆除内支撑体系而增加施工周

收稿日期 2004-07-28

作者简介:唐兰远(1961-),男(汉族),福建人,福建地矿建设集团公司副总经理、高级工程师,探矿工程专业,从事基础工程、水文水井及地热井施工、工程监理与管理工作,福建省福州市五四路 285 号,(0591)87710319,fjdkjt@fjjs.gov.cn。

期。

1.2 地下连续墙结合拉锚支护方案

1.2.1 技术要求

地下连续墙墙厚 0.6~0.8 m,墙深 18~26 m,墙体砼(水下) C30、S12,墙体配筋 120 kg/m³,采用刚性或柔性接头(见表 1)。

表 1 锚杆参数表						
排	深度 /m	间距 /m	角度 /(°)	长度 /m	灌浆段长度 /m	直径 /mm
1	3.7	2	25	25	18	150
2	7.0	2	20	25	15	150
3	10.5	2	15	20	15	150

注 锚索采用 4012.7 mm 钢丝绳。

1.2.2 原理

利用地下连续墙挡土止水功能,形成坑内降水、坑外不降水的施工环境;以地下连续墙作围护的基坑自上而下逐层开挖并逐排锚固,利用地下连续墙刚性大的特点,每层开挖到最大悬臂高度,以利锚固施工,为保证拉锚不出红线,基坑面积必须缩小;以地下连续墙刚性大,结合锚杆基本保证土体位移在允许的范围内,少影响周边环境,开挖全过程进行专人定期观测,到基底后须做内衬防水墙。适用于地下 2~5 层结构深基坑支护。

1.2.3 实例

北京中银大厦于 1996 年 3 月开工,同年 8 月竣工,地上 16 层,地下 5 层,采用地下连续墙结合拉锚支护方案,地下连续墙采用“二合一墙”,墙深 24 m,厚 0.8 m,局部(墙垛) 1.2~1.8 m,水下砼 C45、S12,共计 480 延长米,锚杆参数如表 2。开挖后利用地下连续墙刚性大,每层多挖 1.5 m,以便拉锚浇灌。经专人定期观测(2 次/日),土体位移控制在允许范围内,周边主干道(西长安街和西单大街)、建筑和管线能正常使用,墙面平整,但接头处和锚杆预留孔处局部渗水,经防水内衬墙处理后,效果较佳。

表 2 北京中银大厦基坑支护锚杆参数表								
位置 /m	水平力 /(kN·m ⁻¹)	倾角 /(°)	钢绞线根数/根	水平间距 /m	安全系数	锚固段长度 /m	锚杆总长 /m	锚杆直径 /mm
-4.875	123.57	18	3	2	1.8	9.9	18	150
-10.05	227.89	16	4	2	1.6	10.73	18	150
-14.10	421.27	20	6	2	1.4	13.3	20	150
-18.15	335.03	18	6	2	1.6	17.96	16	150

1.2.4 特点

(1)利用地下连续墙刚性大的特点,保证墙体整体的稳定性;

(2)对周边锚固距离内的地下结构物或地下管线有影响,若锚固长度不出红线,地下结构物面积小,浪费土地资源;

(3)锚杆拉结弹性大,土体位移大,危及周围建筑物和交通干道,必须专人做定期的观测(一日 2 次以上);

(4)地下连续墙作为“二合一墙”,除止水挡土墙外,具有局部承重功能,但必须做地下结构防水内衬墙,费用增加;

(5)施工周期因不需拆除内支撑,可适当缩短时间;

(6)锚固预埋处易出现渗漏水现象,但不影响基坑开挖环境。

1.3 地下连续墙结合楼层梁板支护方案

1.3.1 技术要求

地下连续墙墙厚 0.6~0.8 m,墙深 16~22 m,墙体砼(水下) C30、S12,墙体配筋 100 kg/m³,采用刚性接头,地下梁板按结构设计要求施工。

1.3.2 原理

以地下连续墙挡土止水及承重功能形成坑内降水的施工环境。利用工程桩引上的格构柱(个别增设)支撑地下楼层的梁板作为每层水平内支撑体系,降低了地下连续墙悬臂高度,且具有较大刚度,切实保证墙体土位移在允许范围内,从而使邻近建筑物、交通干道和地下管道的安全得到充分保证,减少了临时支撑体系,既经济又不破坏环境。第一层梁板支撑完成之后,整个结构物可同时上下施工(即上部土建和下部土方同时施工)。派专人定期观测(2 次/日),及时反馈。可适用于地下 2~6 层结构深基坑支护。

1.3.3 实例

北京王府井百货大楼工程,于 1997 年 1 月开工,同年 5 月竣工,地上 12 层,地下 5 层,开挖深度 19 m,采用地下连续墙结合 450 mm×450 mm 方形钢格构柱支撑楼层梁板全逆法施工,墙厚 0.6~0.8 m,墙深 25.5~27.5 m,共 780 延长米,地下连续墙为“三合一墙”,利用十字刚性接头止水效果好、传递应力强的功能,保证墙体稳定,减少内衬结构墙。该工程地质条件复杂,地层为细中砂及卵石层,施工难度大,成槽速度慢,易偏斜。专人定期观测(3 次/日),位移均在允许范围内,开挖后对老百货大楼(离新百货大楼仅 0.3 m)和王府井大街主干道没有影响,地下一层墙体上部个别处因混浆未处理干净出现少许渗水,但没有影响施工环境。

1.3.4 特点

- (1) 地下连续墙结合梁板支护是永久结构,减少内支撑体系,降低成本;
- (2) 地下连续墙结合刚性接头可直接作为地下室结构墙不必做内衬墙,降低成本;
- (3) 上下部结构可同时施工(缩短施工周期);
- (4) 充分占据规划红线,增加地下室容积(最近建筑物 0.2 m 处施工);
- (5) 地下连续墙作为“三合一墙”可适当减少工程桩(地下连续墙采用矩形结构);
- (6) 自身支护成本比排桩高,但综合效益佳,是目前国内外深基坑支护综合方案之首选。

2 连排桩支护方案

2.1 连排桩结合拉锚方案

2.1.1 技术要求

连排桩 $\varnothing 800 \sim 900$ mm, 桩中心距 900 ~ 1000 mm, 桩身砼(水下) C30, 桩深 20 ~ 25 m, 配筋量 70 ~ 80 kg/m³, 800 mm $\times$ (1000 ~ 1100) mm 桩顶锁口梁。

双排深搅防水帷幕 14 ~ 16 m, 双 $\varnothing 500$ mm, 水灰比 0.5。拉锚结构参照地下连续拉锚方案中的指标, 仅将拉锚间距改为 0.9 ~ 1 m。

2.1.2 原理

锁口梁作用是调节各桩的受力状态, 防止雨水、地表水和地层渗水流到基坑内, 影响开挖环境。做完桩顶锁口梁后自上而下逐层开挖并按要求锚固好, 同时派专人定期(一日 3 次以上)观测土体位移情况。然后再进行下一层施工工序。施工到基坑底板后, 须做结构防水墙到正负零标高。适用于地下 2 ~ 3 层结构施工。

2.1.3 特点

- (1) 土体位移变形大, 严重时会影响交通干道;
- (2) 易出现渗、漏水现象(须备有处理预案), 比地下连续墙拉锚方案渗漏水严重, 且处理难度大;
- (3) 拉锚有限距离内对周边建筑物和地下管线有影响;
- (4) 浪费土地资源, 地下容积小;
- (5) 支护是临时结构, 需做防水结构墙;
- (6) 单体成本比地下连续墙拉锚方案略低, 施工周期相差不多。

2.2 连排桩结合内支撑方案

2.2.1 技术要求

连排桩 $\varnothing 800 \sim 900$ mm, 桩中心距 900 ~ 1000

mm, 桩身砼(水下) C30, 配筋量 80 ~ 90 kg/m³, 桩深可比拉锚方案浅 2 m 以上, 桩顶锁口梁 800 mm $\times$ (1000 ~ 1100) mm。

2.2.2 原理

做完桩顶锁口梁后逐层开挖, 派专人定期观测(2 次/日), 做好按一定形状事前预留下的格构柱(方形或圆形)构成的每层内支撑体系, 直至最底层。然后自下而上逐层拆除内支撑体系, 须做结构防水墙。适用于地下 2 ~ 3 层结构施工。

2.2.3 实例

天津云顶花园工程于 1996 年 7 月开工, 同年 11 月竣工, 占地面积 14000 m², 地上 41 层钢结构大厦, 地下 3 层, 基坑开挖深度 14.2 m, 用连排桩结合单圆内支撑支护方案, 桩径 900 mm, 桩间距 1000 mm, 桩长 29 m, 共计 430 根; 双排 $\varnothing 500$ mm 深 16 m, 水灰比 0.5, 共计 920 根, 桩顶锁口梁 900 mm $\times$ 1100 mm 砼, 离友谊路 2.5 m、湛江路 2 m, 最近建筑物 4 m, 逐层开挖后结合 450 mm $\times$ 450 mm 方形钢格构柱形成的圆形内支撑, 当完成两道单圆内支撑到基坑底板后, 经专人定期(3 次/日)观测, 基坑旁主干道因动载荷影响, 加上内支撑变形出现位移达到临界点, 同时, 局部出现涌砂和漏水现象, 采用事先准备好的处理预案及时进行坑内堆土、坑外注浆的补救方案, 经 10 多小时的及时处理, 除友谊北路路面下沉 10 多厘米约 2 m² 的小坑外, 没有留下遗憾之处。底板完成后, 自下而上施工结构防水墙, 并利用爆破方法拆除单圆内支撑到正负为零。

2.2.4 特点

- (1) 止水效果差;
- (2) 地下结构容积小(与地下连续墙内支撑方案相比), 但比拉锚方案大;
- (3) 支撑体系变形, 对交通干道及周边环境有一定的影响;
- (4) 建造内支撑体系, 之后又要拆除, 成本加大;
- (5) 支护是临时性, 须增加内衬结构防水墙;
- (6) 因搅拌桩设备能力所限, 无法在更深的基坑止水应用, 不适合在含水层施工底板。

3 放坡插板桩结合钢管(梁)内支撑方案

3.1 技术要求

可按 1: 0.6 ~ 1: 1.5 放坡, 插板桩 450 mm 左右, 外用单排或双排 $\varnothing 500$ mm 深层搅拌桩, 深 6 ~ 8 m, 水灰比 0.5, 用插板桩锁口钢梁联接各板桩。

3.2 原理

按比例开挖放坡到一定的深度,进行斜坡的拉网喷锚(或素喷),然后施工插板桩,结合事先以一定形状预留下的工程桩(或增加的桩)引上的格构柱(圆形或方形)构成内支撑体系,自上而下逐层开挖施工,派专人定期对土体位移进行观测(一日 3 次以上),同时备有处理预案,到基坑底板筑好结构防水墙,逐层拆除内支撑体系后拔出插板桩。该方案适用于软土地层,不适于卵石层厚而大且无水的硬地层 适用于 2 层以内的地下结构施工。

3.3 特点

(1)板桩等材料可回收,且能重复使用,降低成

- 本;
- (2)受地层影响较大;
 - (3)板桩刚性较差,变形大,适用于场地开阔、周边环境不因位移大而影响正常使用的工程;
 - (4)施工周期较短;
 - (5)易出现渗、漏水现象(须备有处理预案);
 - (6)地下结构容积较小。

4 结语

经对各种支护方案特点的比较(见表 3),可以得出以下结论:

表 3 各种支护方案特点的比较表													
序号	支护名称	支撑形式	施工条件	联接形式	开挖后渗、漏水现象	观测情况	边坡稳定性	施工后占据面积	自身成本	自身工期	地下结构综合工期	综合效益	
1	地下连续墙	内支撑	邻近建筑物 1 m 以上	墙锁口梁刚性接头	好	定期 2 次/日	好	大	最高	最长	长	中上	
2	地下连续墙	拉锚	邻近建筑物最少 15 m 左右	墙锁口梁刚(柔)性接头	较好	定期 3 次/日	一般	小	较高	较长	长	中下	
3	地下连续墙	楼层梁板	邻近建筑物 0.2 m	墙锁口梁刚性接头	好	定期 2 次/日	佳	最大	高	中	短	佳	
4	连排桩	内支撑	邻近建筑物 3 m	桩顶锁口梁双深搅帷幕	一般	定期 2 ~ 4 次/日	一般	中	中	中	长	中	
5	连排桩	拉锚	邻近建筑物 20 m 以上	桩顶锁口梁双深搅帷幕	较差	定期 3 ~ 4 次/日	较差	最小	中	中	长	中	
6	放坡插板(管)桩	钢管(梁)内支撑	邻近建筑物 10 m 以上	拉网喷锚钢锁口梁单(双)深搅帷幕	较差	定期 2 次/日	差	一般	中	中	中	中	

- (1)采用地下连续墙支护方案与采用连排桩方案同等支撑体系下可增加地下结构面积和容积,同比周边可同时增加 3 m。
- (2)采用地下连续墙支护方案(除拉锚外)可最大限度靠近周边建筑物施工(最近 0.2 m 处),充分利用土地资源。
- (3)采用永久性支护或临时支护,尽管自身类型的造价有高有低,但对整个地下工程而言,综合成本不一定由自身成本决定,如永久性支护方案自身成本高但综合效益最佳。
- (4)以‘三合一墙’的地下连续墙支护结合地下

- 每层的梁板为内支撑采用全逆施法或半逆施法的开挖方案,比连排桩双排防水帷幕(内衬墙)内支撑(或拉锚)系统的综合经济效益佳,是科学合理、可安全操作的深基坑支护方案之首选。
- (5)地下连续墙结合楼层梁板内支撑方案在建筑物整体地下结构施工中工期最短,即综合工期最短。
- (6)任何支护方案都必须做好锁口梁工作和每日 2 次以上的专人定期观测,及时反馈信息,并备有处理预案。



北京地铁 4 号和 10 号线获得审批

《北京娱乐信报》消息 北京市发改委透露,国务院已批准北京地铁 4 号线、10 号线一期(含奥运支线)可行性研究报告。按照计划,这两项批复工程将于 2007 年底竣工投入运营。

北京地铁 4 号线批复工程估算总投资 151.27 亿元。线路由马家堡西路至龙背村,全长 28.65 km,设车站 24 座。

北京地铁 10 号线一期(含奥运支线)批复工程估算总投资 159.94 亿元。其中 10 号线一期工程由万柳站至劲松站,线路长 24.59 km,设车站 22 座。奥运支线由熊猫环岛向北至森林公园,线路长 5.91 km,设车站 4 座。熊猫环岛站为两线换乘车站。