

# 北京中元国际改扩建工程复杂场地深基坑设计与施工

王建庆

(山东正元建设工程有限责任公司, 山东 济南 250101)

**摘要:**以北京中元国际工程设计研究院办公楼改扩建工程基坑支护为例,以解决实际问题为主线,从针对周边建筑物的支护设计优化、施工管理和地下管线障碍物的处理等 3 方面,就复杂场地内如何有效地利用场地条件和场地空间来满足地下结构的施工要求进行了论述。

**关键词:**深基坑;支护;设计优化;复杂场地;锚杆

**中图分类号:**TU473.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)04-0060-05

**Design and Construction of Deep Foundation Pit for Reconstruction and Expansion Program in Complex Site of Beijing/WANG Jian-qing** (Shandong Zhenyuan Construction Engineering Co., Ltd., Jinan Shandong 250101, China)

**Abstract:** With the case of a reconstruction and expansion program for an office building in Beijing, focusing at the optimization of support design for the surrounding buildings, the construction management and the handling of obstructions of the underground pipeline, this paper discusses how to effectively make use of the site conditions and space to meet the construction requirements of underground structures in the complex site.

**Key words:** deep foundation pit; support; design optimization; complex site; bolt

深基坑工程多位于城市市区内,施工管线错综复杂,周边多临近建筑物<sup>[1]</sup>。而随着基础埋深的不断加大,给深基坑支护工程提出了更加严格、复杂的技术要求。北京中元国际工程研究院办公楼改扩建工程基坑紧临交通主干道、既有建筑和多条地下管线,施工条件复杂,通过优化设计和改进施工工艺,严格把关施工的各个环节,加强施工管理和控制,解决了复杂场地对基坑支护造成的不利影响,确保了基坑周边环境的安全。

## 1 工程概况

### 1.1 基坑基本情况

中元国际基坑南北长约 55 m,东西宽约 50 m,基坑占地面积约为 2120 m<sup>2</sup>,主要建筑物由地下 4 层、地上 12 层组成(不含设备层),结构总高度为 44.70 m,局部高度为 53.50 m。地下为停车库、职工厨房、餐厅及机电设备用房,地上主要为办公室、会议用房,局部设有展厅。

本工程±0.000 m 为绝对标高 52.600 m,场地地面平均标高 52.300 m,基底标高为 33.800 m,基坑开挖深度 18.35 m(局部 19.5 m,集水坑不影响

支护)。采用桩锚支护形式(一桩一锚,根据周边承载情况锚杆层数为 3、4、5 道)。基坑侧壁安全等级为一级,本基坑为临时支护,设计使用年限为一年。

复杂环境中深基坑一般采用灌注桩支护<sup>[2]</sup>。本基坑采用桩锚形式支护,按周边环境不同设计分 8 个剖面,护坡桩采用人工挖孔形式,锚杆采用全套管钻进,桩间土采用挂网喷射混凝土固定。

### 1.2 基坑周边环境

#### 1.2.1 基坑地面环境

中元国际工程设计研究院办公楼改扩建工程的地下室轮廓线北侧距中元公司院围墙 1.20 m,距北京电视台办公楼建筑物南墙约 8.9 m(埋深约 11 m),距中元 3 号办公楼(独立基础,4 层结构,1 层地下室)2.10 m;东侧距中元公司主大门 38.5 m,距 2 号办公楼(独立基础,4 层结构 1 层地下室,护坡桩紧贴独立基础施工)约 3.6 m,距西三环辅路 50.5 m;南侧紧邻中元公司 1 号办公楼(12 层结构,部分 2 层地下室,基础埋深 6.5 m),东南侧距离为 2.30 m,西南侧 0.8 m;西侧紧邻中元公司院内立体停车场,停车场的一钢结构柱位于施工护坡桩之上(参见图 1)。

收稿日期:2018-01-24; 修回日期:2018-03-29

作者简介:王建庆,男,汉族,1966 年生,工程师,岩土工程专业,从事岩土工程施工工作,山东省济南市高新区颖秀路 3366 号,www82828@163.com。

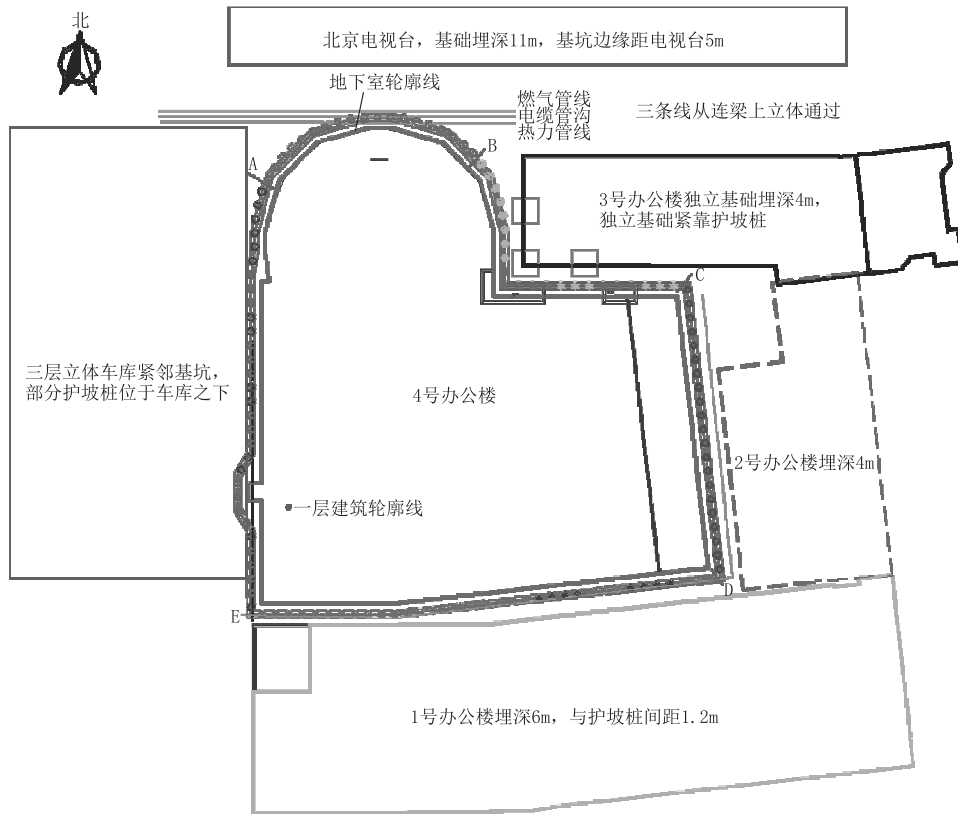


图 1 基坑周边环境示意

### 1.2.2 基坑地下环境

本工程为改扩建工程,地下原有管线均需改造。其中改造污水管线一条。需进行临时改造及最终改造,最终改造污水管线位于护坡桩连梁之上。电缆沟一条,燃气管线一条,暖气管线两条,三条线路要同时通过基坑北侧的连梁之上。

### 1.2.3 基坑交通环境

本项目基坑位于西三环北路 5 号,紧邻西三环,南侧为厂洼路,车辆出入只能从三环路通行。

### 1.3 地质水文情况

根据岩土工程勘察的勘探深度范围内(最深 40.00 m)的地层,按照成因类型、沉积年代划分为人工填土层、一般第四纪沉积层两大类 5 亚层。①人工填土层:房渣土层,杂色,稍密—中密,稍湿—湿,土质不均匀,以碎砖块、灰渣为主。②粉质粘土层:褐黄色,可塑,湿—很湿,此层层厚 0.70~3.30 m。③细砂层:褐黄色,密实,稍湿—湿,砂质纯净在该层顶部和底部局部相变为粉砂和中砂,层底深度 10.70~13.20 m。④卵石层:杂色,密实,稍湿,一般粒径为 20~50 mm,最大粒径为 100 mm,磨圆度较好,多呈亚圆形,粒径 > 20 mm 的颗粒约占全重的

65%,中粗砂充填,级配良好。此层层厚 7.40~11.50 m,层底深度 19.50~22.50 m。⑤卵石层:杂色,密实,稍湿,一般粒径为 30~60 mm,最大粒径为 100 mm,磨圆度较好,多呈亚圆形,粒径 > 20 mm 的颗粒约占全重的 70%,中粗砂充填,级配良好。该层未贯穿,最大揭露厚度 28.70 m,最大揭露深度 40.00 m,最低揭露标高 12.270 m。

在勘察深度范围内,测得初见水位埋深为 36.40~36.50 m,相应标高为 15.770~15.910 m;地下水类型为潜水。

## 2 优化设计解决工程施工难点

### 2.1 调整冠梁刚度,满足稳定性需求

基坑北侧距北京电视台结构仅 8.3 m,而北京电视台的基础埋深 11 m,在 10 m 深度内不能设计预应力锚杆。

基坑支护结构上的土压力计算是深基坑支护工程设计的必要步骤<sup>[3]</sup>,经过土体压力分析、理正设计调整,通过调整护坡桩和连梁刚度,即将原设计护坡桩的直径由 800 mm 调整为 1000 mm,冠梁截面积由 800 mm×600 mm 增加到 1200 mm×1000 mm,

并将锚杆下倾角度由通常的 15°调整至 30°,最终使得锚杆位置位于桩顶 8.3 m 处,在距北京电视台基

础垂直距离仅 1 m 处安全通过,从而满足了基坑稳定性的要求。支护结构如图 2 所示。

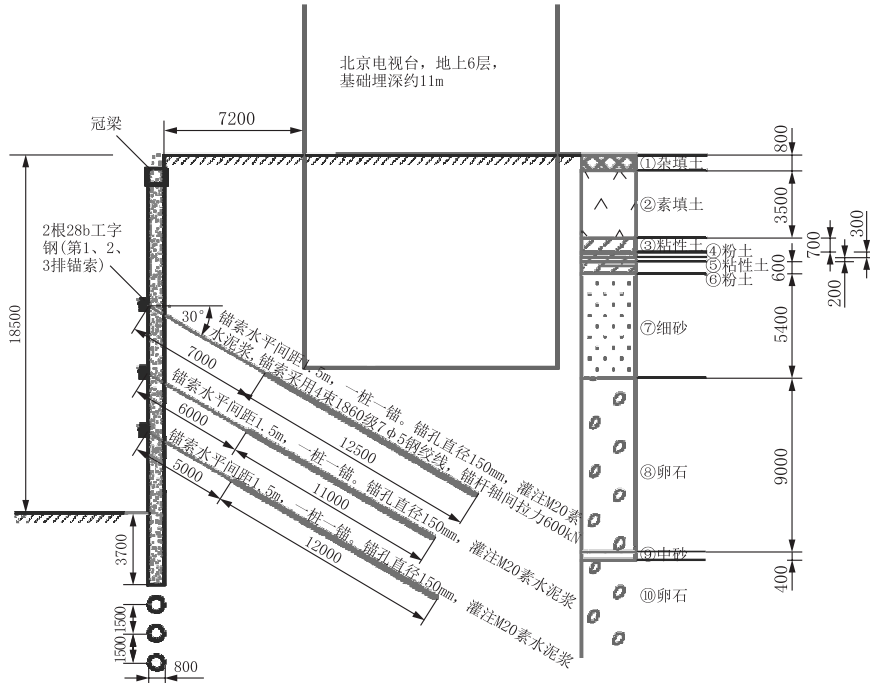


图 2 支护结构示意图

### 2.2 暗挖托撑加固,保证钢结构安全

基坑南侧有一个 4 层钢结构立体车库,车库钢结构柱经测量正好位于原设计护坡桩桩位之上。钢构柱为高杯口基础,钢柱设计支撑力 780 kN。业主方不同意更改支撑位置,最终选择了托撑加固措施(参见图 3)。



图 3 托撑加固现场

托撑加固方案如下:将钢构柱主次梁分别用两根直径 300 mm 的无缝钢管支撑,钢管下部作用于 12 m 的方形钢板之上。从杯口基础两侧进行人工挖孔,护坡桩灌注完成后,在两侧护坡桩之上设置 1000 mm×1000 mm 混凝土钢梁一根,为保证与高杯口的安全结合,灌注采用微膨胀混凝土,并对桩帽

进行了加固处理。施工过程中,对钢结构停车楼进行了实时监控,没有发生位移。

### 2.3 控制锚杆标高,保证施工安全

中元国际公司 3 号楼为独立基础,埋深 4 m。为了有效地利用地下空间,地下结构基础形式不能更改,所以在其南侧施工护坡桩时须穿越部分独立基础,并基本不留肥槽,借用地铁施工经验,防水也要做于桩护壁之上。据此条件设计时,将锚杆标高控制在每层地下室层顶标高 500~700 mm 处,然后再进行锚杆设计与优化(参见图 4)。在后期主体施工过程中,采用单面模板,并且在每浇筑一层地下室

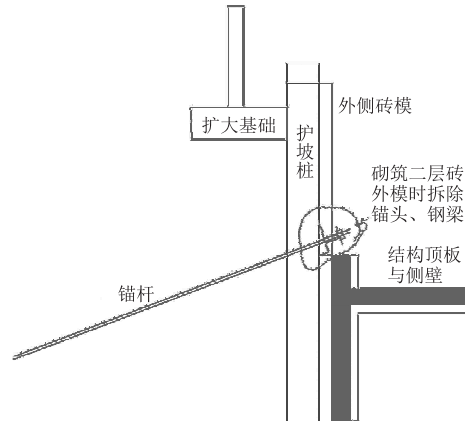


图 4 锚杆设计与优化示意

拆除一层锚杆,既有效地利用了有限的空间又保证了施工的安全。

#### 2.4 锚杆加入灌浆剂,缩短锚杆张拉时间

为增快施工进度,在锚杆灰浆中加入灌浆剂(一种铁路高强灌浆剂,通过灌浆剂配制的浆体具有优异的流动性和浆体稳定性,具有非常高的充盈度,凝结时间可调,微膨胀,抗折强度高,有阻锈性,能对预应力钢绞线钢筋进行保护),与水泥的比例为:水泥:外加剂=8:2。经 3 d 张拉试验,当张拉试验拉力达到设计拉力值的 140% 时,稳定后没有观察到锚杆发生蠕变与破坏,这样使得 7 d 张拉等待时间缩短到 3 d。提高了施工效率,缩短了工期。

#### 2.5 利用加长臂挖掘机,加快土方收坡作业

因场地狭窄,不能设置外坡道,在收坡过程中,只能采用 3 台挖掘机联合倒土方式,将坡道收到 -8000 m 位置,此时坡道剩余土方量约 2772 m<sup>3</sup>。然后在基坑下方用挖掘机把基坑内的土方全部倒运至基坑的西南角,在基坑西南角坡顶上面设一台加长臂(27 m 加长臂)挖掘机(作业深度 18 m),由加长臂负责装车,待到土方挖至设计深度时,再用 200 t 吊车将挖掘机和装载机吊出基坑。避免了因吊运时间缓慢造成的工期滞后。

### 3 施工周边障碍物的处理

#### 3.1 立体布置三种管线,解决场地复杂问题

因施工场地小,护坡桩东侧距 1 号办公楼最小距离为零,护坡桩连梁上须布置改线的污水管线,其他 3 条管线(天然气管线、电缆、暖气管线)只能从西侧连梁之上通过。燃气管线已改造完毕,为了避免因基坑位移影响天然气管线的安全,管线采取可移动措施支撑于连梁之上;为了避免电缆的静电效应,燃气管沟采用钢板做顶板。暖气管线设置于结构柱之上,结构柱偏心支撑于连梁之上。

#### 3.2 桩内布置柔性管线,保证空调正常使用

在护坡桩施工过程中,发现在护坡桩桩中部位存在一根管线,经确认是空调冷凝管。鉴于当时已进入 6 月,天气炎热,为保证空调的正常运行,采用桩内布置软管桩间横挖孔洞通过的方式,使空调冷凝水能够顺利排到污水井内。

#### 3.3 采用柔性污水管,避免位移变形影响

因建设单位已将施工主体最大化,施工基坑外部没有可用场地,原有污水管线必须设置在南侧连

梁之上。为避免因桩体顶部的侧向位移使管道发生侧漏,改移的管道采用 HDPE 双壁加强型污水管线。铺设管线过程中,在连梁上设置坡度找平层,找平层上铺设褥垫滑移层。管道接口采用双倍长度接口、双密封套圈,没有使用水泥包封,而采用了软连接包封,从而进一步保证了基坑产生位移后管道不发生泄漏。

#### 3.4 钢筋笼孔内成型,解决空间位置问题

部分护坡桩处于基坑南侧钢结构车库之下,因空间有限无法下放完整钢筋笼,为了充分保证基坑的安全性,同时避免因分段过多造成钢筋笼质量的问题,采用了单根主筋和螺旋圆盘在地面加工成型直接入孔的方法,主筋采用直螺纹连接,避免孔内焊接产生危险。然后在孔内绑扎连接,保证了钢筋笼的整体品质,从而保证护坡桩的施工质量(参见图 5)。



图 5 钢筋笼制作与下放现场

### 4 质量管理

#### 4.1 质量保证体系

建立规范的质量保证体系,并根据岗位职责,对人员进行了详细的分工,技术负责人对班组长在施工前进行技术交底,保证了施工质量的可控性。

#### 4.2 物资管理

施工用物资材料由物资部统一安排管理,物资部根据施工方案设计及施工进度安排,制定了详细可行的物资采购、进场计划,物资部同技术质量部一起把好质量关,由专职质检人员作好质量检测记录。同时根据现行规范规定,对进场材料砂、石料、钢筋、水泥等见证取样送检和进行试验。

### 4.3 施工管理

施工过程中各分项工程开工前,对该分项的工艺流程、质量要求等作详细交底,对重点、难点部位实施工程质量动态管理,并进行施工检查。各工序实行严格的“三检”,上道工序不合格,不准进入下道工序,确保各道工序的工程质量。

建立严格的隐蔽工程签证制度,凡属隐蔽工程的项目,首先由班、组、项目部逐级进行自检,自检合格后,会同业主驻现场代表或监理单位一起复检,检查结果填写验收表格,由双方签字并签发隐蔽工程验收证明书。

### 4.4 测量监测

建立了完整的监测体系,进行动态信息化管理,给施工作业和基坑的安全提供了有力保证<sup>[14]</sup>。

## 5 结语

复杂场地深基坑边坡支护方案设计必须有针对性的进行。<sup>[4]</sup>本次施工过程中,通过有效的利用现场条件和严格的施工质量管理,成功解决了复杂场地对基坑支护造成的不利影响,确保基坑周边环境的安全。

基坑工程监测数据表明,基坑变形均小于设计报警值,基坑一直处于安全可控状态<sup>[15]</sup>。由此可见,通过优化设计改进施工工艺,不仅加快了施工进度,而且能够避免很多不得已的变更造成的费用增加。

本项目提前顺利的完成,取得了良好的经济效益,也得到了业主的认可。

### 参考文献:

- [1] 龚晓南,高有潮.深基坑工程设计施工手册[M]北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [2] 王建中,钱健.复杂环境高层建筑深基坑施工技术处理研究[J].工程技术,2016,(12).
- [3] S.J. Boone, A.M. Crawford. Braced excavations: temperature, elastic modulus, and strut loads[J]. Journal of Geotechnical and Geo environmental Engineering,2012,(10):870-881.
- [4] 刘柱.复杂场地深基坑的边坡支护设计与施工管理[J].岩土工程,2016,(8).
- [5] 欧阳剑清.高层建筑深基坑支护施工技术探讨[J].中国新技术新产品,2012,(2):187.
- [6] 李超.高层建筑工程中深基坑中支护施工技术研究[J].江西建材,2015,(13):55-56.
- [7] 曹雄伟.试分析建筑工程施工中深基坑支护的施工技术管理[J].绿色环保建材,2016,(9):86.
- [8] 曹友杰,贾述望,肖光庆.郑州郑东新区某深基坑桩锚支护施工与监测[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(1):53-56.
- [9] 石玉龙.深基坑支护技术在建筑工程施工中的应用分析[J].军民两用技术与产品,2014,(7):202-203.
- [10] 解杉杉.深基坑支护施工技术在建筑工程中的应用分析[J].绿色环保建材,2017,(1).
- [11] 黄全海,梁宁.联合支护技术在深基坑支护中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(7):72-77.
- [12] DB 11/489-2016,建筑基坑支护技术规程[S].
- [13] JGJ 120-2012,建筑基坑支护技术规程[S].
- [14] 肖合胜.边坡综合性支护在深基坑施工中的应用[J].建筑技术开发,2011,(7).
- [15] 杨更平,刘铁.深基坑支护设计与施工方法探讨[J].宁波工程学院学报,2011,(1).
- [16] 吴荣良.基坑开挖对周边建筑物的安全性能影响与评定方法研究[D].重庆:重庆大学,2012.
- [17] 陈雪梅.紧邻河道等复杂环境条件下的深基坑变形控制技术[J].建筑施工,2015,(5).

### · 更正 ·

本刊2018年第2期第5页右栏“5.1 环境保护措施”下面的:

(1)钻场、生活区挖掘废液池,收集钻探机械水泥砂浆硬化,厚度>15 cm,池内壁作混凝土砖砌筑防渗处理,保证废液、废液、废冲洗液、生活污水。废液池及泥浆循环槽底用废浆不渗漏污染地下水体。

因改版时发生文字错乱现象,现更正如下:

(1)钻场、生活区挖掘废液池,收集钻探机械废液、废冲洗液、生活污水。废液池及泥浆循环槽底用水泥砂浆硬化,厚度>15 cm,池内壁作混凝土砖砌筑防渗处理,保证废液、废浆不渗漏污染地下水体。

在此向作者、读者致歉!