

北京市老城区深基坑施工探索

周靓坤 孟庆丰 高永坡 周 宇

北京中兵岩土工程有限公司 北京 100053

【摘 要】：随着城市的发展，机动车数量日益剧增，北京老城区内人口密度大，停车位不足的矛盾越发突出，老百姓停车难的问题急需解决，为此北京市西城区人民政府制定了一系列缓解交通拥堵的措施，其中就有加快推进某地下停车库项目建设的计划，以此为试点为发展老城区内地下多层停车系统积累经验。该项目基坑支护因为其周边环境复杂、施工难度较大，风险系数较高，成为该项目的重难点，现通过该项目实施全过程经验进行总结，给以后类似项目提供参考。

【关键词】：北京老城区；深基坑施工；防空洞；监测

Exploration of Deep Foundation Pit Construction in the Old City of Beijing

Jingkun Zhou, Qingfeng Meng, Yongpo Gao, Yu Zhou

Beijing Zhongbing Geotechnical Engineering Co., Ltd. Beijing 100053

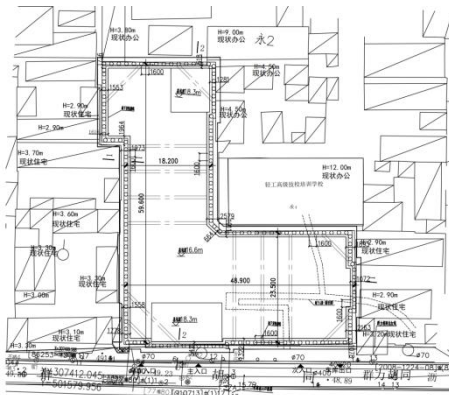
Abstract: With the development of the city, the increasing number of motor vehicles, Beijing old city population density, the contradiction of insufficient parking space more prominent, people parking problems need to solve, for the Beijing Xicheng district people's government formulated a series of measures to ease traffic congestion, including accelerate the construction of an underground parking garage project plan, as a pilot for the development of the old city underground multilayer parking system accumulated experience. The foundation pit support of the project has become the key and difficult point of the project because of its complex surrounding environment, difficult construction and high risk coefficient. Now, the experience of the whole process of the project implementation is summarized to provide reference for similar projects in the future.

Keywords: Beijing old city; Deep foundation pit construction; Bomb shelter; Monitoring

1 工程概况

1.1 项目概况

该项目拟建建筑物地上为1~2层的四合院式仿古建筑，地下为5层地下车库，建成后可提供172个停车位，基坑开挖深度16.1m至17.8m，基坑南北长59.6m，东西宽48.9m，为L形基坑，基坑周边除南侧紧邻胡同，其余三侧均紧邻一至二层民房，地下结构距离民房约1.5m，民房建设年代久远，多为砖木结构，基坑东北方向紧邻一栋四层建筑，砖混结构，无地下室，条形基础，基坑内部有旧地下人防，项目建成后地下室北侧东侧外墙开门与人防联通。



基坑总平面图

1.2 水文地质概况

浅表层分布一般厚度为3.10~4.40m的人工堆积层及房渣土①层（老城区定义为房渣土，堆填年代久远以暗灰色的碎瓦块、炉渣及腐殖质组成，含有古旧瓷片等，具有一定的强度）以下为第四纪沉积。具体地层参数见下表：

地层岩性统计表

成因年代	土层编号	岩性	粘聚力 c	内摩擦角 ϕ	
人工堆积层		房渣土	0	10	
	①	粉质粘土素填土、粘质粉土素填土	8	8	
第四纪沉积	②	粘质粉土、砂质粉土	20	25	
	②1	重粉质粘土、粉质粘土	60	11	
	③	粉质粘土、粘质粉土	32	6	

层	④	卵石、圆砾	0	36
	④1	细砂	0	32
	⑤	粉质粘土、重粉质粘土	50	11
	⑤1	粘土	60	10
	⑤2	粘质粉土	20	25
	⑥	卵石、圆砾	0	40
	⑥1	细砂	0	33
	⑦	卵石	0	42
地下水类型为潜水，实测的稳定地下水位标高为 22.28~22.86m（水位埋深 27.10~27.70m）。				

（注：上接地层岩性统计表）

2 老城区基坑支护施工中可能遇到的难点及解决方案

在老城区内进行基坑支护施工具有一定的特殊性，通常周边环境复杂，施工场地狭小，现总结以下施工中可能遇到的问题：

（1）老城区内为了做到地下面积最大化通常基坑紧挨周边建筑物，而周边建筑通常年代久远，结构性差，抗震动、抗变形能力差，对基坑的整体刚度及施工过程控制要求高；现场周边建筑物及周边道路情况见下图。



周边环境照片（周边建筑、周边道路）

（2）老城区施工对施工机械要求严格，施工道路狭窄，大型机械设备无法进入施工现场，或施工场地狭小，无法同时停放多台大型设备，施工过程中对施工噪音控制、环保要求严格，城区内实行交通管制，混凝土浇筑无法连续作业，早晚高峰混凝土车辆无法通行，夜间扰民无法施工。

（3）老城区施工不可控因素多，经常遇到地下防空洞，影响基坑支护结构施工，需要对人防进行处理；老城区排水系统较差，周边水管渗漏严重，浅层地表水可能对基坑造成影响。

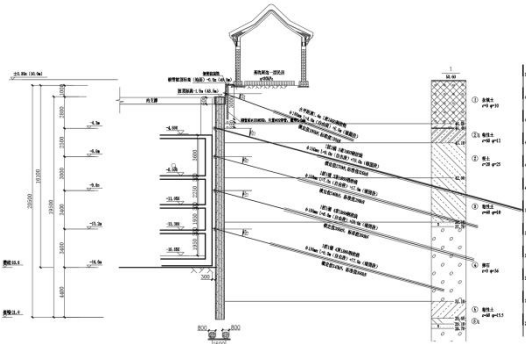
2.1 解决方案

2.1.1 支护方案选择与施工工艺选型

由于基坑较深、距离周边建筑物较近，需要保证基坑支护体系具有良好的刚度和控制变形的能力，该项目采用护坡桩+预应力锚杆+内支撑的支护方式。

护坡桩成孔常用的采用长螺旋钻机成孔或旋挖钻机成孔，旋挖钻机泥浆护壁施工工艺距离周边民房较近对民房基础有影响，且钻机施工过程中噪音较大，长螺旋成孔需要混凝土连续供应，钻机钻出的土会直接挤压周边建筑物外墙，采用机械成孔场地内需要有吊车和加工好的钢筋笼随时吊放，场地小太小无法同时施工。本项目最终选用人工挖孔桩成桩工艺，该工艺可以避免机械施工过程中对周边建筑物造成的影响，也可以在施工场地比较狭小的区域连续施工，将整个基坑的桩分成单双号进行施工，分批次吊装钢筋笼，浇筑混凝土，还可以避免机械成孔需要保证混凝土连续供应的问题。

顶部设置钢支撑，控制周边建筑物变形。下部设置锚杆，可以加快结构施工速度，降低施工造价。锚杆施工采用螺旋成孔与套管钻机成孔，配合二次劈裂注浆工艺，将锚杆施工对地层的影响降到最低，避免由于锚杆施工引起周边建筑物沉降，在此施工过程中需要注意老城区的地面排水不畅通，污水管线年久失修容易渗漏，第一层锚杆要隔孔施工，锚杆施工时及时注浆补浆，如果发现渗漏严重的部位要查找渗漏源头进行处理。



基坑支护剖面图

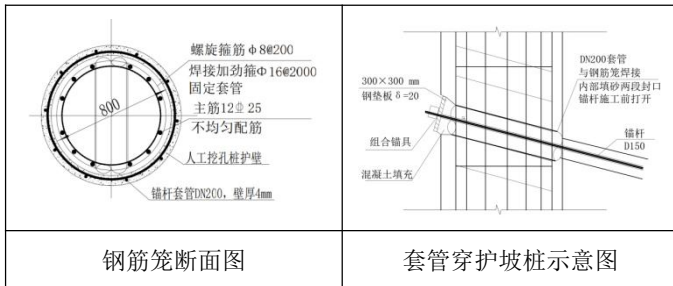


现场照片

现场照片

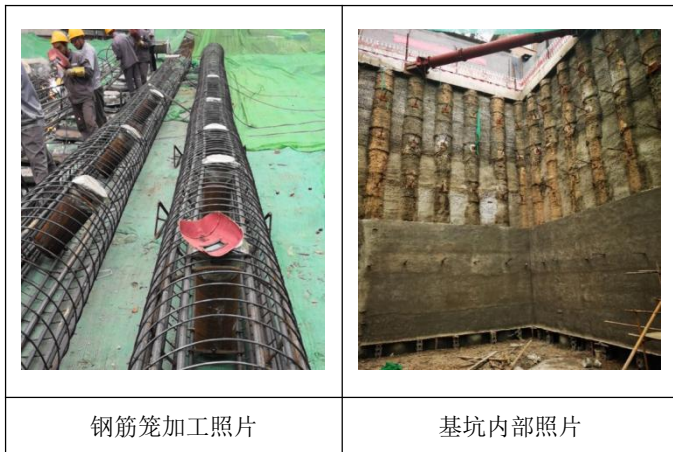
2.1.2 为保证地下室面积最大化采取的方案

为了保证地下室面积最大化的应对措施，可以取消钢腰梁，将锚杆直接锁定到护坡桩上，地下结构施工不留施工肥槽，采用砌筑砖墙外贴防水施工，将锚头直接砌筑到砖墙内，取消钢腰梁，使基坑支护体系长期处于正常工作状态，在一定程度上作为永久支护使用。需要注意的是在钢筋笼制作时按照锚杆施工角度固定钢套管，用于后期打锚杆使用，需要固定牢固，防止浇筑混凝土或吊装钢筋笼时脱落，另外还需要注意基坑阴角处的钢筋笼安装时，需要结合锚杆钻机施工作业面要求，调整钢套管水平向角度。



钢筋笼断面图

套管穿护坡桩示意图

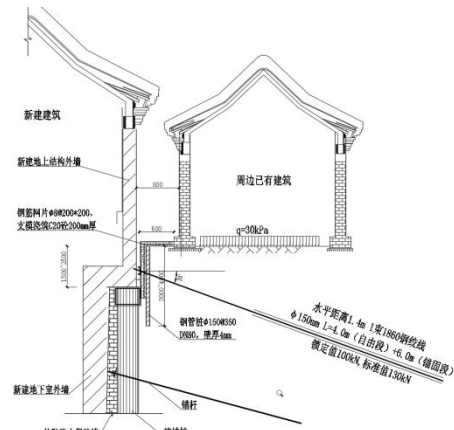


钢筋笼加工照片

基坑内部照片

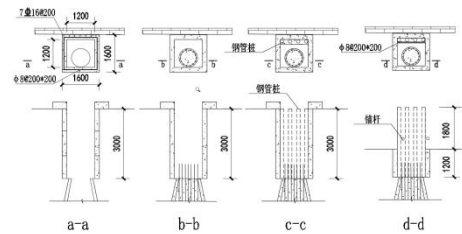
2.1.3 为保证地上建筑面积最大化采取的方案

为了做到地上新建建筑面积最大化，地上结构与周边房屋通常距离很近，地上建筑外墙较地下结构外墙进行了外扩，但周边老房子基础埋深很浅不能紧贴着开挖，遇到这种情况可以降低地下室的护坡桩桩顶标高，再单独对周边建筑的基础进行保护。可以在护坡桩后先施工一排微型钢管桩对周边民房进行保护，高差比较大的可以增加一道预应力锚杆，微型桩支护高度在设计时还要考虑下部护坡桩施工冠梁时冠梁的高度，钢管桩外侧绑钢筋支模浇筑混凝土做防护，因为老城区施工速度通常较慢，从深基坑开挖到结构施工出地面通常需要二到三年的时间，浇筑的混凝土比喷射的混凝土强度和耐久度都更好。



微型钢管桩支护剖面图

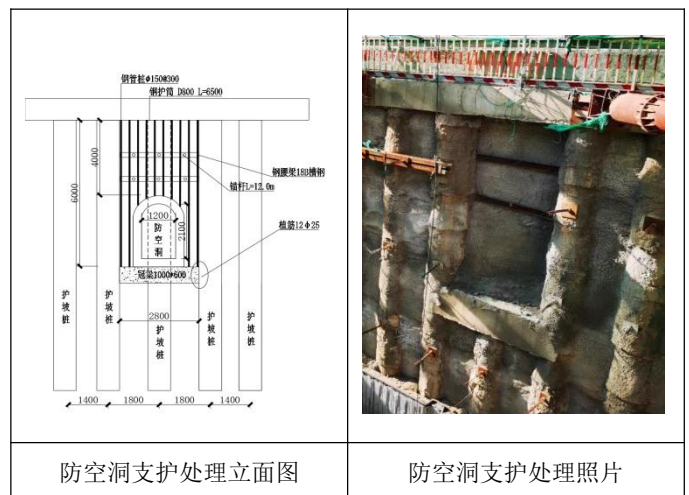
还有一种极端的情况，钢管桩需要紧贴周边建筑物施工，锚杆钻机无法贴近成孔，人工洛阳铲因为下部填土也无法成孔。可以采用人工挖孔上部方孔，下部做成圆孔，方桩内插入钢管桩，绑扎钢筋，支模板，浇筑混凝土。



方孔桩解决钢管桩无法成孔施工顺序图

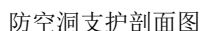
2.1.4 施工遇到防空洞的处理方案

老城区地下防空洞较多，基坑支护遇到防空洞要到人防部门报备，根据处理意见对防空洞进行封堵。可以采用砌筑多道砖墙并码放沙袋的方式，防止雨季防空洞灌入地表水流入基坑。本项目防空洞需要保护，后续地下室与防空洞打通继续使用。防空洞处护坡桩从地面施工，防空洞上部采用钢护筒至防空洞顶部，后人工在防空洞顶部开孔，继续向下施工护坡桩。防空洞顶部及两侧采用钢管桩+预应力锚杆支护。



防空洞支护处理立面图

防空洞支护处理照片



基坑开挖完成变形稳定后，最终各项监测结果均满足设计与规范要求。具体变形结果见下表：

序号	监测项目	监测数量	变形范围	说明
1	桩顶水平位移	20 个点	-4.7~7.2mm	“-”号表示向基坑外移动 不带“-”表示向基坑内移动
2	桩顶竖向位移	20 个点	0.1~3.1mm	“-”表示点位下降
3	周边建筑物	113 个点	-10.2~7.0mm	“-”表示点位下降 不带“-”表示点位上升
4	锚杆轴力	24 个点	-45.5~68.5kN	“-”表示轴力变小
5	深层水平位移	6 个点	-14.9~14.6mm	“-”表示向基坑外移动

参考文献:

- [1] 唱伟.超深基坑若干问题的研究及工程实践[D].长春:吉林大学,2014.
- [2] 刘国彬,王卫东.基坑工程手册[M].2版.北京:中国建筑工业出版社,2018.

Figure 10 consists of two line graphs. The left graph plots internal force (kN) on the y-axis (0 to 900) against temperature (°C) on the x-axis (6.3 to 7). It shows three data series: 早晨 (Early Morning, blue line with circles), 中午 (Noon, red line with circles), and 傍晚 (Evening, green line with circles). The right graph plots internal force (kN) on the y-axis (0 to 900) against temperature (°C) on the x-axis (15 to 35). It shows a single data series representing temperature fluctuations throughout the day, with internal force values ranging from approximately 250 kN to 850 kN.

4 结论

- (1) 在老城区施工涉及深基坑项目的要在结构设计初期开始基坑支护设计, 基坑支护设计与结构设计紧密结合共同设计。
- (2) 基坑支护设计要充分考虑周边环境因素、施工工艺的可行性和施工过程可能对周边环境的影响, 制定专项控制措施。
- (3) 施工前要详细调查周边环境, 如到周边每户走访调查周边建筑物情况, 有无私挖的地下室、渗水井等, 以及调查场地内是否有人防等特殊障碍物。
- (4) 施工过程中要选择合适的施工工艺, 确定合理的施工工序, 严格控制施工过程对周边环境的影响。
- 老城区深基坑施工, 需要岩土工程师因地制宜, 采取各种措施解决现场的实际情况, 最终在保证周边建筑物安全, 不影响周边百姓正常生活的情况下, 安全顺利地完