 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i5.10305

Research on Construction Technology of Underground Deep Foundation Pit Excavation in High-speed Railway Station

Changmin Jiang

Shanghai Jianke Engineering Consulting Co., Ltd., Shanghai, 200000, China

Abstract

This study investigates the construction techniques for deep foundation pit excavation in high-speed railway stations, integrating engineering practice with theoretical analysis. By examining key aspects including pit characteristics, support system selection, coordinated excavation-support methods, and monitoring technology applications, the research proposes a comprehensive technical framework tailored for such projects. The findings demonstrate that this system effectively controls pit deformation, ensures environmental safety, and provides technical support for underground space development in high-speed railway stations.

Keywords

high-speed railway station; deep foundation pit; excavation; support; monitoring

高铁站地下深基坑开挖施工技术研究

蒋昌敏

上海建科工程咨询有限公司，中国·上海 200000

摘　要

针对以高铁站地下深基坑工程为研究对象，结合工程实践与理论分析，系统探讨了深基坑开挖的施工技术要点。通过分析高铁站深基坑的特点、支护方案选择、开挖与支护的协同施工方法、监测技术应用等关键环节，提出了一套适用于高铁站地下深基坑的开挖与支护技术体系。研究表明，该技术体系能有效控制基坑变形，确保周边环境安全，为高铁站地下空间开发提供技术支撑。

关键词

高铁站；深基坑；开挖；支护；监测

1 引言

随着我国高铁网络的快速发展，高铁站作为综合交通枢纽，其地下空间开发需求日益增长。深基坑工程是高铁站地下结构施工的关键环节，其施工质量直接关系到工程安全、进度及成本。然而，深基坑工程具有开挖深度大、周边环境复杂、地质条件多变等特点，施工过程中易引发基坑失稳、周边建筑物沉降等问题。因此，研究高铁站地下深基坑开挖施工技术，对保障工程安全、提高施工效率具有重要意义。

2 高铁站深基坑工程特点

高铁站地下深基坑工程通常具有以下特点：

开挖深度大：高铁站地下结构通常包括地下层、地下二层及局部夹层，开挖深度可达 20m 以上，甚至超过 30m。

周边环境复杂：高铁站多位于城市中心或交通枢纽，周边存在密集的建筑物、地下管线及交通设施，对基坑变形控制要求严格。

地质条件多变：高铁站场地地质条件复杂，可能涉及软土、砂层、岩层等多种地层，地下水丰富，易引发渗漏、管涌等问题。

施工周期长：深基坑工程通常需经历降水、开挖、支护、结构施工等多个阶段，施工周期长，易受天气、交通等因素影响。

3 深基坑支护方案选择

3.1 支护结构类型

高铁站深基坑支护结构需根据地质条件、周边环境及施工要求综合选择，常见支护形式包括：

【作者简介】蒋昌敏（1981–），男，中国江西上饶人，本科，工程师，从事工程咨询研究。

地下连续墙：适用于软土、砂层等易变形地层，具有良好的挡土、止水性能，但施工成本较高。

钻孔灌注桩+内支撑：适用于中等深度基坑，施工灵活，可结合内支撑体系控制变形。

3.2 支护方案优化

3.2.1 工程概况

上海高铁站地下工程为例[1]，基坑深度为 19.5~24.17m，上海东站站位于上海东站站房 B2 层，本站站型为双岛 4 线岛式车站。捷运预留工程车站站中心处轨面标高为 -12.697(吴淞高程，绝对标高)。远期相关线路接入预留工程车站站中心处轨面标高为 -12.630(吴淞高程，绝对标高)。

预留工程基坑包括捷运预留工程车站与附属、远期相关线路接入预留工程车站基坑。两站基坑平面总面积约 28900m2，长 624mx 宽 83.4mx 深 8.9~24.2m，其中：中间 528 米与地下空间合建，简称合建段；南北两侧分别有 40 米、55 米与地下空间分建，简称分建段。

3.2.2 标高系统

本工程站场区 (图示蓝色部分)，采用国家 85 高程系统；其相对标高 +0.00 为绝对高程 +3.10(国家 85 高程):

本工程捷运线 (图示绿色部分)，采用吴淞高程系统；其相对标高 ±0.00 为绝对高程 +4.776(吴淞高程);

高程换算：

85 国家高程系 = 吴淞高程系 -1.676m 例：捷运图纸上标注标高为 -6.124（绝对标高），换算为国家 85 高程（相对标高）为：-6.124-1.676-3.100=-10.90

3.2.3 围护概况

捷运线 A 区位于中心岛区域；

捷运线 B 区位于南北侧留土区；

北 C 区 (北端头井)、南 C 区 (南端头井) 位于站场区以外。

北侧基坑 A/B 区：基坑深度约 9.5/11.6m，采用 ∅ 1000@1200 钻孔灌注桩；设 TRD 墙做悬挂式止水帷幕。

南侧基坑 A/B 区：基坑深度约 8.9/10.7m，采用 ∅ 1000@1200 钻孔灌注桩；设 TRD 墙做悬挂式止水帷幕。

北侧基坑 C 区：基坑深度约 20.27~24.17m，采用 1000mm 地墙，按照复合墙设计；墙底部设构造加长做悬挂式止水帷幕。

南侧基坑 C 区：基坑深度约 19.0~20.66m，采用 1000mm 地墙，按照复合墙设计；墙底部设构造加长做悬挂式止水帷幕。

3.2.4 支撑概况

捷运线 A 区位于中心岛区域；

捷运线 B 区位于南北侧留土区；

北 C 区 (北端头井)、南 C 区 (南端头井) 位于站场区以外。

北侧基坑 A/B 区：基坑深度约 9.5/11.6m，采用 ∅ 1000@1200 钻孔灌注桩；设 TRD 墙做悬挂式止水帷幕。

南侧基坑 A/B 区：基坑深度约 8.9/10.7m，采用 ∅ 1000@1200 钻孔灌注桩；设 TRD 墙做悬挂式止水帷幕。

北侧基坑 C 区：基坑深度约 20.27~24.17m，采用 1000mm 地墙，按照复合墙设计；墙底部设构造加长做悬挂式止水帷幕。

南侧基坑 C 区：基坑深度约 19.0~20.66m，采用 1000mm 地墙，按照复合墙设计；墙底部设构造加长做悬挂式止水帷幕。

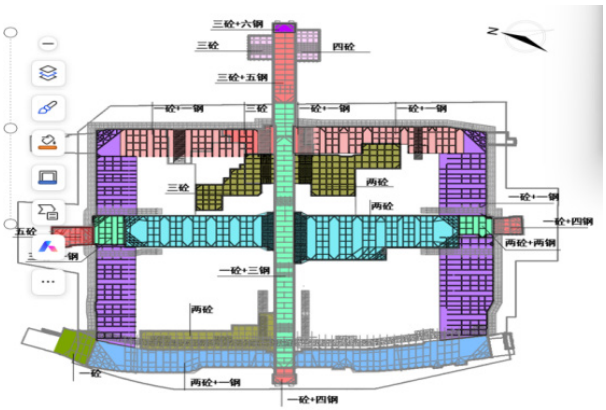
捷运支撑概况

捷运 A 区支撑为 2 道混凝土支撑

捷运 B 区：南 B 为 3 道混凝土支撑 +1 道钢支撑 北 B 为 2 道混凝土支撑 +2 道钢支撑

捷运 C 区：南 C 为 1 道混凝土支撑 +3(4) 道钢支撑 北 C 为 3 道混凝土支撑 +1 道钢支撑

捷运线均有临边承台短撑；



4 设计工况

4.1 开挖设计工况——21# 线影响工况[2]

捷运线与 21# 线交接处，捷运线（-11m 以下）两侧至少 40m 长度区域需待 21# 线顶板（-10m）完成后方可向下开挖。

4.2 开挖设计工况——站场区底板影响

捷运线（-11m 以下）需待其周圈中心岛底板完成并达到设计强度要求后方可开挖。

捷运线（-11m 以下）临边落深承台需待其周圈捷运底板及短撑完成

并达到设计强度要求后方可开挖。

4.3 开挖设计工况——与相邻航空模块关系

中心岛北侧航空模块 K1 落深坑与捷运线基坑间距为 8 米，先开挖该范围捷运线基坑，待该范围捷运线底板完成后再开挖中心岛北侧航空模块落深坑，航空模块开挖过程中，需保留捷运线对应范围支撑，以保证有效传力。

5 平面工况

5.1 开挖工况——捷运线 A 区范围开挖

捷运线 A 区落深坑开挖土方开挖条件：

首道支撑以及捷运线两侧主站房底板养护完成；

此区域土方总量 23 万 m³，计划日出土量为 1 万 m³。

此区域土方开挖采用分层分块开挖，21# 线两侧留土的形式。采用小挖机下坑驳运、长臂挖机坑外取土。

捷运线 A 区落深坑开挖平面布置图（此阶段南北下坑栈桥尚未接通）：

土方车由 2# 大门入场经由坑外栈桥分别驶入捷运线东侧南北的取土点，

南区土方车从 3# 大门钢便桥出场，北区土方车从 5# 大门钢便桥出场。

5.2 捷运线 A 区落深坑开挖平面布置图（此阶段南北下坑栈桥尚未接通）：

开挖工况——捷运线 A 区范围首道撑下第一皮土方开挖（以南区为例

5.3 开挖工况——捷运线 A 区范围二道撑下第二皮土方开挖（以南区为例）

开挖工况——捷运线 A 区范围临边落深承台土方开挖（以南区为例）

5.4 底板浇捣工况——捷运线 A 区范围

混凝土浇捣跟随土方开挖顺序，每块区域底板垫层随挖随浇，待垫层强度形成后，进行钢筋绑扎施工；

侧墙下落深承台待第三道短撑达到设计强度后开挖并按土方开挖顺序浇捣；

5.5 开挖工况——捷运线 A 区范围开挖

捷运线 A 区落深坑开挖平面布置图（此阶段南北下坑栈桥尚未接通）：

土方车由 2# 大门入场经由坑外栈桥分别驶入捷运线东侧南北的取土点，

南区土方车从 3# 大门钢便桥出场，北区土方车从 5# 大门钢便桥出场。

5.6 开挖工况——捷运线 A 区范围开挖

开挖工况——捷运线 A 区范围首道撑下第一皮土方开挖（以南区为例）

开挖工况——捷运线 A 区范围二道撑下第二皮土方开挖（以南区为例）

开挖工况——捷运线 A 区范围临边落深承台土方开挖（以南区为例）

5.7 底板浇捣工况——捷运线 A 区范围

混凝土浇捣跟随土方开挖顺序，每块区域底板垫层随挖随浇，待垫层强度形成后，进行钢筋绑扎施工；

侧墙下落深承台待第三道短撑达到设计强度后开挖并按土方开挖顺序浇捣；

5.8 开挖工况——捷运线 B 区（南北侧留土区）开挖

开挖工况——捷运线 B 区（南北侧留土区）开挖

5.9 底板浇捣工况——捷运线 B 区范围

混凝土浇捣跟随土方开挖顺序，每块区域底板垫层随挖随浇，待垫层强度形成后，进行钢筋绑扎施工；

侧墙下落深承台待第三道短撑达到设计强度后开挖并按土方开挖顺序浇捣；

分块	面积（㎡）	混凝土量（m³）	机械配置	浇筑时间
北 B 区 JB-N	1988	3181	2 台泵车	20 小时
南 B 区 JB-S	1466	2346	2 台泵车	15 小时
合计	5527m³			

6 剖面流程

6.1 捷运线 A 区剖面工况

第一阶段：场地平整，整体卸土 2m，桩基和围护结构施工；

第二阶段：逐级放坡开挖至站场区普遍区底板面标高，完成捷运线两侧各两跨 B1 层底板；捷运线开挖至第一道支撑底标高，施工第一道混凝土支撑；

6.2 捷运线 A 区剖面工况

第三阶段：待第一道支撑达到设计强度 80% 后，开挖至第二道支撑底，施工第二道混凝土支撑；

第四阶段：开挖至普遍区域（即除两侧侧墙下的承台区域以外的区域）基坑底面标高以上 0.2 ~ 0.3m 时，采用人工开挖至基坑底，施工普遍区域基础底板（包含车站基坑中部的承台及牛腿）；

6.3 捷运线 A 区剖面工况

第五阶段：待普遍区域基础底板及牛腿到达设计强度后，施工第三道砼短撑；

第六阶段：砼短撑到达设计强度后开挖至两侧侧墙下的承台落深基坑底，施工垫层及两侧侧墙下的承台和底板，与普遍区域基础底板连成整体。

6.4 捷运线 A 区剖面工况

第七阶段：待基础底板整体形成且到达设计强度后，拆除第三、第二道砼支撑。向上回筑结构至首道砼支撑下 0.5m;

第八阶段：待结构到达设计强度后施工钢换撑和斜抛撑；拆除首道砼支撑，继续向上回筑结构；

6.5 捷运线 A 区剖面工况

第九阶段：待整体形成且到达设计强度后，肥槽回填并压实至钢换撑底，拆除钢换撑和斜抛撑，继续回填肥槽直至完成。

第十阶段：继续向上回筑 B1M 及 B0 层结构。

6.6 捷运 A、B、C 区开挖剖面流程图

第一阶段：场地平整，整体卸土 2m，桩基和围护结构施工；

第二阶段：逐级放坡开挖至站场区普遍区底板面标高，

完成 21 号线、捷运线两侧各两跨 B1 层底板；21 号线、中心岛捷运、端头井开挖至第一道支撑底标高，施工第一道混凝土支撑；

6.7 捷运 A、B、C 区开挖剖面流程图

第三阶段 :21 号线依次开挖至第二、三道钢支撑底标高，依次施工第二、三道钢支撑；中心岛捷运、端头井开挖至第二道支撑底标高，施工第二道混凝土支撑；捷运线紧邻 21 号线两侧一定范围内留土后挖；

第四阶段 :21 号线依次开挖至第四道钢支撑底及基底标高，依次施工第四道钢支撑、垫层；中心岛捷运开挖至垫层底标高，施工垫层；端头井依次开挖至第三道、第四、第五道支撑底面以下 0 .5 米，及时施作 300 厚早强混凝土临时垫层，依次架设各道支撑；捷运线紧邻 21 号线两侧一定范围内留土后挖；

6.8 捷运 A、B、C 区开挖剖面流程图

第五阶段 :21 号线、端头井、中心岛捷运浇筑底板；捷运线紧邻 21 号线两侧一定范围内留土后挖；

第六阶段 :21 号线拆除第四道钢支撑，结构回筑至钢换撑上侧，强度达到要求后进行钢换撑施工，进而进行 21 号线 B2 层施工；中心岛捷运底板设置短撑，待砼短撑到达设计强度后开挖至两侧侧墙下的承台落深基坑底，施工垫层及两侧侧墙下的承台和底板，与普遍区域基础底板连成整体；端头井局部落深区施工第六道混凝土短撑并开挖至两侧侧墙下的承台区域基坑底 , 施工垫层及两侧侧墙下的承台和底板 , 与普遍区域基础底板连成整体，位于基础底板范围内的第六道混凝土短撑浇筑在基础底板内；捷运线紧邻 21 号线两侧一定范围内留土后挖；

6.9 捷运 A、B、C 区开挖剖面流程图

第七阶段 :21 号线 B2 层强度达到设计强度后，拆除钢换撑及第二道、第一道支撑，施工 B1 层；中心岛捷运待基础底板整体形成且到达设计强度后，拆除第砼短撑及第二道砼支撑，向上回筑结构至首道砼支撑下 0.5m, 捷运线紧邻 21 号线两侧一定范围内留土区待 21 号线 B1 层施工完并达到设计强度后开挖并进行地下结构施工；端头井待底板及承台整体的达到设计强度后 , 拆除第五道支撑，浇筑侧墙、中柱至第四道支撑下，待达到设计强度后施工钢换撑并拆除第四、第三道支撑；

第八阶段 : 中心岛捷运待结构到达设计强度后施工钢换撑和斜抛撑 , 拆除首道砼支撑，继续回筑 B1 层结构；端头井继续向上回筑至 B1 层结构，待达到设计强度后拆除第二道支撑；

6.10 捷运 A、B、C 区开挖剖面流程图

第九阶段 : 中心岛捷运肥槽回填并压实至钢换撑底，拆除钢换撑和斜抛撑，继续回填肥槽直至完成 , 结构回筑至 B1M 层；端头井第一道支撑拆除，继续向上回筑，待达到设计强度后拆除钢换撑；边坡留土区依次开挖至首道及二道支撑底标高并进行支撑施工；

第十阶段 : 中心岛捷运继续结构回筑至 B0 层；边坡留土区依次开挖至第三、四、五道支撑底标高并进行支撑及底板；

6.11 捷运 A、B、C 区开挖剖面流程图

第十一阶段 : 边坡留土区待底板及承台整体的达到设计强度后 , 拆除第四、五道支撑，浇筑侧墙、中柱至第三道支撑下，待达到设计强度后施工钢换撑并拆除第三道支撑；

第十二阶段 : 边坡留土区第一、二道支撑拆除，继续向上回筑，待达到设计强度后拆除钢换撑 , 结构衔接，中隔墙凿除；

7 开挖条件验收

捷运线开挖验收条件。

8 工期计划及工作量统计

捷运钢筋砼工程量合计

序号	区域	钢筋（万吨）	砼（万 m3）	备注
1	支撑	0.14	1.55	含第一道支撑
2	结构	1.71	9.9	仅捷运范围
3	合计	1.85	11.45	

9 深基坑开挖与支护的协同施工方法

9.1 开挖原则

深基坑开挖需遵循“时空效应”理论，即通过控制开挖时间与空间，减少基坑暴露时间，降低变形风险。具体原则包括：

分层开挖：根据基坑深度，将开挖过程分为多个层次，每层开挖深度控制在 3m 以内。

分块开挖：将基坑划分为多个区块，分块开挖，避免大面积暴露。

先撑后挖：每层开挖完成后，及时安装支撑体系，确保支护结构及时受力。

对称开挖：在高铁站对称结构中，采用对称开挖方式，减少基坑不对称变形。

9.2 开挖与支护的协同施工

以某高铁站地下工程为例，开挖过程分为 5 个阶段：

第一层开挖：开挖至冠梁底，安装第一道支撑。

第二层开挖：分层开挖至第二道支撑底，安装第二道支撑。

第三层开挖：分层开挖至第三道支撑底，安装第三道支撑。

第四层开挖：分层开挖至第四道支撑底，安装第四道支撑。

第五层开挖：分层开挖至坑底，进行基底加固。

每层开挖完成后，通过监测数据反馈，及时调整开挖速度与支撑安装时间，确保基坑变形控制在允许范围内。

10 深基坑监测技术应用

10.1 监测内容

深基坑工程需对支护结构、周边环境及地下水进行全方位监测，包括：

支护结构变形：监测地下连续墙、支撑体系的位移、沉降及倾斜。

周边环境变形：监测周边建筑物、地下管线的沉降与倾斜。

地下水变化：监测地下水位、孔隙水压力及渗流量。

10.2 监测方法

自动化监测：采用全站仪、测斜仪、静力水准仪等设备，实现实时数据采集与传输。

人工监测：对关键部位进行人工巡查，及时发现异常情况。

数据分析：通过监测数据与预警值对比，判断基坑变形趋势，采取应急措施。

11 结论

本文通过理论分析与工程实践[3]，系统研究了高铁站地下深基坑开挖施工技术[4]，得出以下结论：

高铁站深基坑工程具有开挖深度大、周边环境复杂、地质条件多变等特点，需根据工程实际选择合理的支护方案。

深基坑开挖需遵循“时空效应”理论，通过分层、分块、先撑后挖、对称开挖等方式，控制基坑变形。

深基坑监测技术是保障工程安全的重要手段，通过自动化监测与人工监测相结合，可实现基坑变形的实时控制。

未来研究可进一步探索深基坑开挖与支护的智能化施工技术，提高施工效率与安全性。

参考文献

[1] 金志刚，上海东站地下工程站场区主体结构完工 [J].新民晚报地方级

[2] 缪建杨，机场卫星厅含捷运通道与行李机房的不规则形状基坑开挖施工技术 [J].安徽建筑 . 2019 ,26 (01) : 118-119+158

[3] 廖军，深基坑工程施工技术与安全控制的新思路探讨[J].山西建筑 . 2025 ,51 (21) : 89-92

[4] 丁韬，深基坑支护施工技术在建筑工程施工中的应用研究[J].石材 . 2025 (10) : 77-79