

# 深基坑滑降式快速预支撑体系施工工艺研究及应用

徐辰春

上海隧道工程有限公司，上海

收稿日期：2021年9月14日；录用日期：2021年9月28日；发布日期：2021年10月13日

---

## 摘要

随着城市经济的发展，交通系统的压力与日俱增，土地资源日趋紧张，对地下空间的开发成为大势所趋。随着开发深度不断增加，控制软土地区密集城区中的环境变形，成为地下工程一个迫切而重要的研究课题。在上海轨道交通市域线机场联络线华泾站车站基坑施工中，创新性地引入了滑降式快速预支撑体系，成功将基坑开挖阶段围护结构变形减小了20%。文章将对该体系的原理和施工工艺进行详细介绍，以期对后续类似工程起到借鉴引导作用。

## 关键词

深基坑，滑降式，快速预支撑

---

# Research and Application on Construction Technology of Sliding Type Rapid Pre-Support System for Deep Foundation Pit

Chenchun Xu

Shanghai Tunnel Engineering Co., Ltd., Shanghai

Received: Sep. 14<sup>th</sup>, 2021; accepted: Sep. 28<sup>th</sup>, 2021; published: Oct. 13<sup>th</sup>, 2021

---

## Abstract

With the development of urban economy, the pressure of transportation system is increasing day by day, and the land resources are becoming increasingly tight, so the development of underground space has become the general trend. With the development depth increasing, it is an ur-

gent and important research topic to control the environmental deformation in dense urban areas in soft soil area. In the foundation pit construction of Huajing station of Shanghai rail transit airport connection line, the sliding type rapid pre-support system was innovatively introduced, which successfully reduced the deformation of retaining structure by 20% in the stage of foundation pit excavation. This paper will introduce the principle and construction technology of the system in detail, in order to play a role of reference and guidance for the subsequent similar projects.

## Keywords

Deep Foundation Pit, Glide Type, Rapid Pre-Support

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着城市地下空间开发利用日益深化，地下工程对地面环境的影响也逐渐显现。其中，隧道工程机械化程度较高，对环境的影响尚且可控，深基坑工程因构造复杂大部分工序需人工操作，且涉及地下水的抽排，施工期间对环境的影响较为显著。根据以往深基坑工程研究和施工经验，围护结构变形与周边环境之间有正相关的关系，而围护结构变形主要发生在开挖阶段。因此，在开挖期间通过设置临时支撑对围护结构变形进行控制是行之有效的。本文提出了一种支撑效果更佳、可循环使用、多用途的深基坑支撑体系，并依托工程实际对其使用效果进行了介绍。

## 2. 项目概况

上海市轨道交通市域线机场联络线全长 68.6 公里，途径闵行、徐汇、浦东三区，全线设站 9 座，计划于 2024 年建成投运。线路大致为东西走向，华泾站为自西向东第 3 站。

华泾站为地下四层侧式站台车站，车站主体规模 563 m × 34.5 m，开挖深度 37.5~44 m 不等，其中，西、东端头井作为盾构接收、始发井，开挖深度分别为 42.95 m、44 m。车站三维模型图见图 1。

因西端头井与运营中的地铁 15 号线最近距离约 60 m，对环境保护要求较高，特引入深基坑滑降式快速预支撑体系。西端头井平面尺寸 27.6 m × 25.1 m，围护结构采用 107.5 m 深 1.2 m 厚地下连续墙，内设 9 道钢筋混凝土支撑。

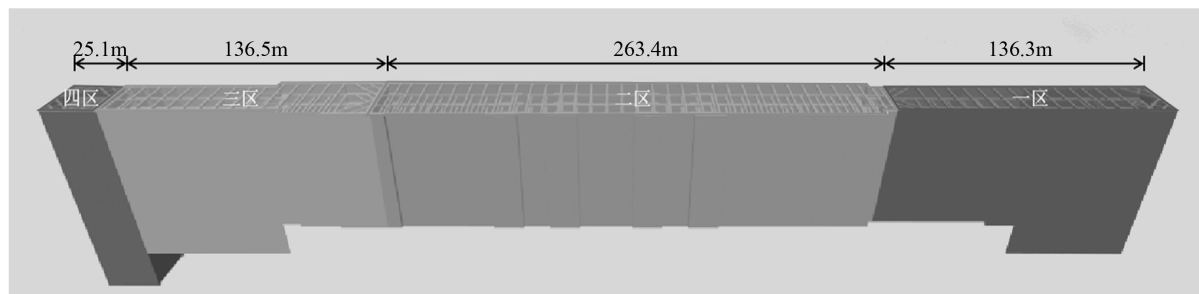


Figure 1. Three-dimensional model of foundation pit of Huajing Station

图 1. 华泾站基坑三维模型图

### 3. 深基坑滑降式快速预支撑体系原理介绍

#### 3.1. 传统基坑支撑体系局限

传统的深基坑工程控制围护结构变形主要采用钢筋混凝土支撑体系或钢支撑体系。

钢筋混凝土支撑体系轴力大、刚度大、压缩变形小，但由于自身材料特性，开挖到支撑完毕时间过长，无法做到随挖随撑。钢筋混凝土支撑体系从施工到形成强度一般需要 10 天以上的时间。

钢支撑体系具有安装快速、立即发挥支撑作用的优势，在一般基坑工程中应用广泛，但在超深基坑工程中，钢支撑体系因其轴力小、刚度小、易失稳等缺点较少采用，普通钢支撑在加力前后，会因支撑安装不密贴等因素而产生三重应力损失，在分级施加预应力之后，轴力损失率在 49%~67%。此外钢支撑安拆施工的风险系数较高。

#### 3.2. 滑降式快速预支撑体系原理

为解决轴力损失问题，钢支撑轴力伺服系统[1]应运而生。钢支撑轴力伺服系统将深基坑钢支撑由被动受压和松弛变形状态转变为主动加压调控变形，能很好地控制基坑开挖过程中围护结构变形的发展趋势，减小基坑开挖对周边环境的影响。

华泾站引入的滑降式快速预支撑体系借鉴了基坑施工领域的伺服钢支撑技术和建筑施工领域的滑模[2]技术，并将两者进行创新融合，初步实现基坑开挖临时支撑机械流水化作业。

该体系由 4 大模块组成，分别为钢框架支撑模块、千斤顶液压伺服系统模块、竖向滑降系统模块及控制监测模块，体系平面示意图见图 2。

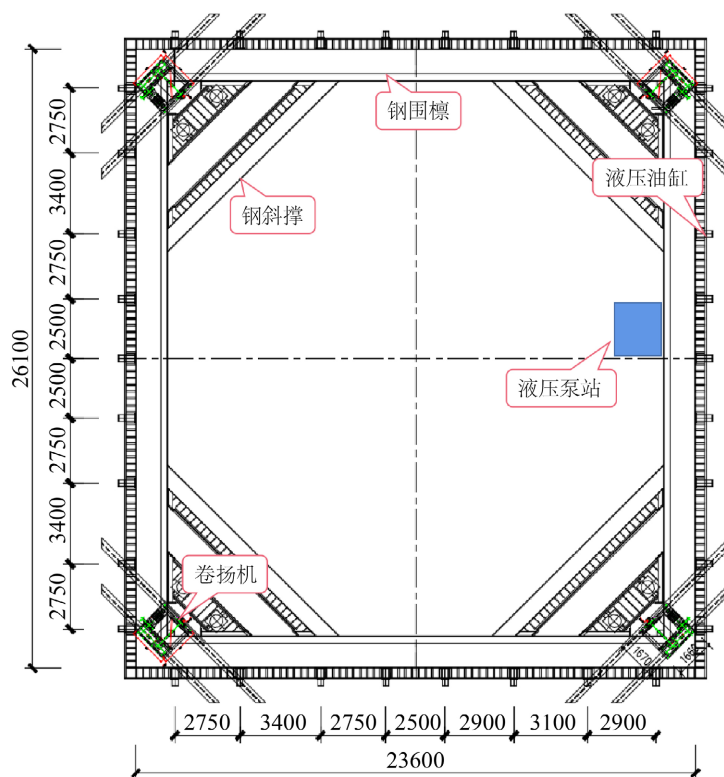


Figure 2. Plane diagram of sliding type rapid pre-support system for deep foundation pit

图 2. 深基坑滑降式快速预支撑体系平面示意图

通过与混凝土支撑平面形式相同的钢框架支撑模块(包括钢围檩和斜撑,截面形式为矩形箱梁),配合千斤顶液压伺服系统模块(包括液压泵站、液压油缸、油管和液压控制系统)实现主动支撑,有效控制或减缓混凝土支撑施工期间的基坑变形。

同时,将钢框架支撑模块用作混凝土支撑底模,省去了普通素砼底模的工作量和养护时间,提高施工速度。通过在钢框架外侧设置翼板和斜撑,可以适应不同截面尺寸的钢筋混凝土支撑施工需要,控制钢框架支撑总重。

通过竖向滑降系统模块(包括卷扬机[3]、卷扬机固定梁和卷扬机控制系统)可以在混凝土支撑形成强度后,将钢框架支撑模块快速下放至下一层开挖作业面,尽可能减少基坑无支撑暴露时间。

通过体系的控制监测模块,控制预加顶力在钢筋混凝土支撑最大轴力的百分比,达到最优支撑效果。同时,实现体系滑降过程中超过规定限值时报警自锁,防止滑降过速、坠落等风险发生。体系各模块示意图见图3。



Figure 3. Schematic diagram of sliding fast pre-support system module for deep foundation pit

图3. 深基坑滑降式快速预支撑体系模块示意图

## 4. 深基坑滑降式快速预支撑体系施工工艺介绍

### 4.1. 工艺流程

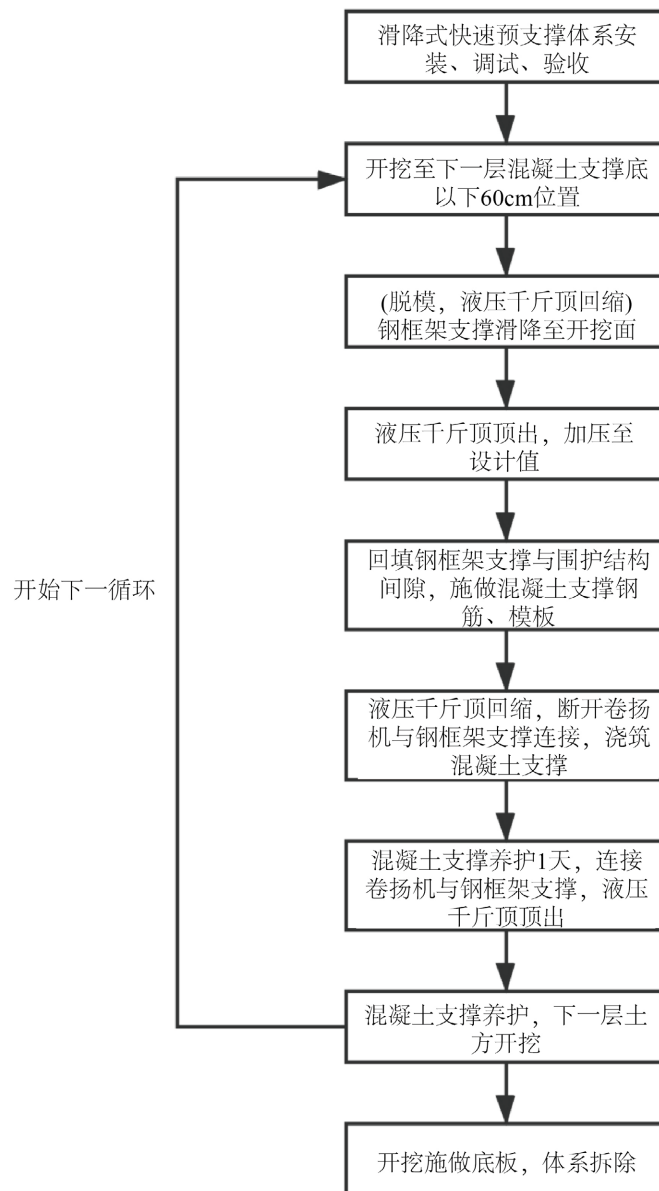
深基坑滑降式快速预支撑体系施工工艺流程如图4所示。

### 4.2. 施工措施

滑降式快速预支撑体系运作主要分解为以下几个动作:①体系使用前准备;②体系滑降;③液压千斤顶顶出、回缩;④体系充当底模;⑤体系监控。各动作操作要点如下:

#### 4.2.1. 体系使用前准备

1) 操作者应通过培训,熟悉体系性能、结构和操作方法;



**Figure 4.** Construction process flow chart of sliding type rapid pre-support system for deep foundation pit

**图 4.** 深基坑升降式快速预支撑体系施工工艺流程图

- 2) 检查开挖标高、地墙凿毛深度是否满足滑降要求, 钢框架支撑与地墙间垫块、塞填砂袋、水泥浆等是否清理完毕;
- 3) 检查升降式快速预支撑体系电源、线路及管路是否完好;
- 4) 检查卷扬机、千斤顶液压伺服系统、控制监测系统是否正常工作, 各开关、按钮是否有效;
- 5) 检查无关人员是否已离场, 安全监护人员到位;
- 6) 卷扬机、千斤顶液压伺服系统观测人员到位。

#### 4.2.2. 体系滑降

- 1) 滑降前, 确认钢框架支撑模块是否与混凝土面脱开以及 4 台卷扬机读数。若钢框架支撑模块与混

凝土面未完全脱开,采用单边千斤顶加压的方式进行脱离,注意控制千斤顶加压速度及卷扬机读数;

2) 通过控制单台卷扬机钢丝绳收放使 4 台卷扬机受力均衡,控制 4 台卷扬机缓慢同步下放,下放速度不大于 0.3 m/min;

3) 如液压千斤顶回缩、钢框架支撑模块与混凝土支撑脱离后,钢框架支撑模块与地墙间隙塞填物未全部掉落,应先将钢框架支撑模块下放 1.5 m 左右悬停,安排作业人员立于钢框上将剩余塞填物清除;

4) 清理完毕后,将钢框架支撑模块继续缓慢下放至设计标高,通过液压千斤顶调整钢框架支撑模块平面位置。

#### 4.2.3. 液压千斤顶顶出、回缩

1) 液压千斤顶顶出前,应测量千斤顶顶出面至地墙间隙,千斤顶总行程为 300 mm,间隙过大的需加装垫块;

2) 用遥控器将液压千斤顶加压,共 34 只液压千斤顶分为 4 组,每侧边为 1 组,遥控器上 1#对应东侧千斤顶,2#对应南侧,3#对应西侧,4#对应北侧;

3) 采用先靠再对称加压的方式,先将 2#、4#千斤顶靠上地墙油压表读数在 4 MPa 左右,停止加压,再依次将 1#、3#千斤顶靠上地墙油压表读数在 4 MPa 左右,停止加压;

4) 千斤顶靠上地墙后进行分组逐级加压,加压顺序:2#、4#,1#、3#,每次加压 1 MPa,至千斤顶压力在 11 MPa 左右停止加压;

5) 加压完成后,将卷扬机钢丝绳与钢框架支撑连接解除,滑轮提升至上一道支撑处。

6) 液压千斤顶回缩前,恢复卷扬机与钢框架支撑间连接,4 台卷扬机钢丝绳收紧,单个卷扬机载重控制在 35 t 左右,不超过 40 t,切断混凝土支撑与钢框架支撑模块之间的连接吊筋;

7) 采用先松后收的方式对称收回,首先控制 2#、4#千斤顶回缩至垫板松动,再控制 1#和 3#千斤顶回缩至垫板松动,最后将全部千斤顶收回;

8) 千斤顶回缩过程中注意观察卷扬机读数是否超载。

#### 4.2.4. 体系充当底模

1) 钢筋绑扎前,将钢框架支撑模块与地墙之间间隙用砂袋填实,缝隙黄沙灌满,水泥砂浆抹平,液压千斤顶除顶出面外,四周设置保护。钢框架支撑与混凝土支撑接触面涂刷脱模剂方便脱模;

2) 钢筋、模板安装过程中,保持液压千斤顶加压状态;

3) 浇筑混凝土前,为防止油缸切向受力,应将液压千斤顶卸压,使油缸与地墙墙面略微脱离,此时因液压千斤顶被塞填物遮挡,无法直接观测,可依据液压千斤顶垫块松动情况判断油缸是否缩回;

4) 当混凝土支撑养护 1 天后,液压千斤顶重新施加顶力,连接卷扬机钢丝绳与钢框架支撑模块,保持钢丝绳张紧状态,焊接混凝土支撑与钢框架支撑模块间的连接吊筋;

5) 开挖下一层土方。

#### 4.2.5. 体系监控

使用过程中,应实时监控钢框架支撑模块的受力、位移情况,卷扬机钢丝绳受力情况以及液压千斤顶压力情况。

## 5. 结论

通过滑降式快速预支撑体系在华泾站中的应用,西端头井开挖阶段围护结构变形成功减小了 20%,达到了预期的效果。同时,通过支撑体系工具化,避免了钢支撑体系的频繁装拆,通过提前主动支护,有效利用混凝土支撑的养护时间进行开挖作业,提高施工工效,对基坑施工有很大意义。目前受限于钢

框架支撑模块的体量，该体系仅适用于端头井，但随着科学技术的日益进步，适用于不同平面形式基坑的工具式支撑体系必将登上历史舞台。

### 参考文献

- [1] 娄寅, 薛双. 基坑施工过程中的钢支撑轴力伺服系统的应用与管理[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2020, 190(10): 327-330.
- [2] 叶良友. 浅析滑模施工技术的优势及技术要点[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2016, 6(7): 102.
- [3] 耿浩杰, 耿宇翔. 一种用于四吊点同步起吊的固定卷扬机: 中国, CN213865162U [P]. 2021-08-03.