

# 钢支撑轴力自动补偿系统技术应用研究

欧祝明

宏润建设集团股份有限公司, 浙江 宁波 315000

[摘要]为有效控制地铁车站深基坑开挖过程中周边土体的变形,保护临近基坑处民房,在宁波轨道交通4号线金达南路站引进钢支撑轴力自动补偿系统。文中对钢支撑轴力自动补偿系统的运行数据和基坑监测数据进行分析,总结概括了钢支撑轴力自动补偿系统的运行情况和应用效果,并结合实际工程提出了几点建议和改进措施,以期为今后钢支撑轴力自动补偿系统在宁波软土地区的应用提供经验。

[关键词]软土地区;基坑变形控制;轴力自动补偿系统;钢支撑

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14751

中图分类号: TU753.3

文献标识码: A

## Application Research on Steel Support Axial Force Automatic Compensation System Technology

OU Zhuming

Hongrun Construction Group Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315000, China

**Abstract:** In order to effectively control the deformation of the surrounding soil during the excavation process of the deep foundation pit of the subway station and protect the houses near the foundation pit, a steel support axial force automatic compensation system has been introduced at Jinda South Road Station of Ningbo Metro Line 4. The article analyzes the operation data and foundation pit monitoring data of the steel support axial force automatic compensation system, summarizes the operation and application effects of the steel support axial force automatic compensation system, and proposes several suggestions and improvement measures based on actual engineering, in order to provide experience for the future application of the steel support axial force automatic compensation system in soft soil areas of Ningbo.

**Keywords:** soft soil areas; deformation control of foundation pit; axial force automatic compensation system; steel support

### 1 工程概况

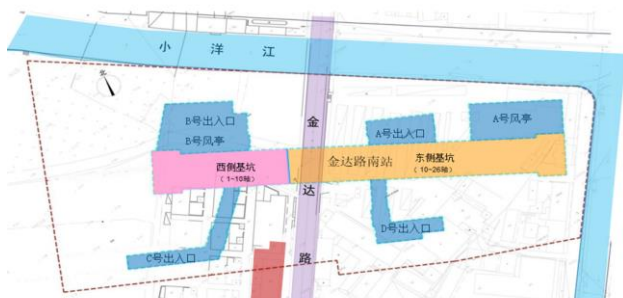


图1 金达南路站平面布置图

金达南路站为宁波市轨道交通4号线的第23座车站,位于宁波市鄞州区规划首南路与金达路交叉路口,沿规划首南路东西向布设于道路下方。除主体结构外,车站共设置4个出入口和2组风亭。其中车站主体为地下2层钢筋混凝土箱型结构,车站主体长207.6m,标准段宽19.7m,采用明挖法施工,标准段开挖深度达15.5m。车站主体围护结构采用800mm厚、锁口管连接的地下连续墙,主体基坑支撑体系采用1道混凝土支撑+4道钢支撑+1道钢换撑的形式。

受地面交通的影响,金达南路站主体基坑分两期施工,一期施工西侧主体基坑(1~10轴),二期施工东侧主体

基坑(10~26轴)。在西侧基坑开挖过程中靠近封堵墙处7~10轴采用轴力自动补偿系统钢支撑。

### 2 重难点分析

宁波属典型的软土地区,广泛分布厚层状软土,水系发达,河流众多,具有“地下水位高,土层含水率高,压缩性高,强度低,灵敏度高,透水性低”等特点,在基坑施工过程中周边土体极易产生变形。

金达南路西侧主体基坑7~10轴南侧7.5m处有一幢未拆迁民房(如图1所示)。该民房为2层框架结构,基础类型为浅埋条形基础。紧邻基坑的民房对基坑变形控制极为不利,而基坑变形过大又会造成民房的破坏。此外,基坑北侧紧靠小洋江,东侧紧邻金达南路,车流量较大、常有重载车辆经过,在基坑开挖过程中更是增加了基坑变形控制的难度。

### 3 轴力自动补偿系统钢支撑

为保护未拆迁民房,防止主体基坑施工过程中因基坑周边土体变形造成对民房的破坏,原设计单位将基坑7~10轴南侧变形控制保护等级调整为1级(地面最大沉降量 $\leq 0.1\%H$ ;围护结构最大水平位移 $\leq 0.14\%H$ ),并在7~9轴处第2~4道钢支撑使用轴力自动补偿系统,每道5根,共15根(如图2)。其中第2道为 $\phi 609$ 钢支撑,设计预加轴力为100T;第3、4道为 $\phi 800$ 钢支撑,设计预加轴力分别为100T和120T。钢支撑立面布置见图3,其

中轴力自动补偿系统钢支撑编号中带“(s)”。

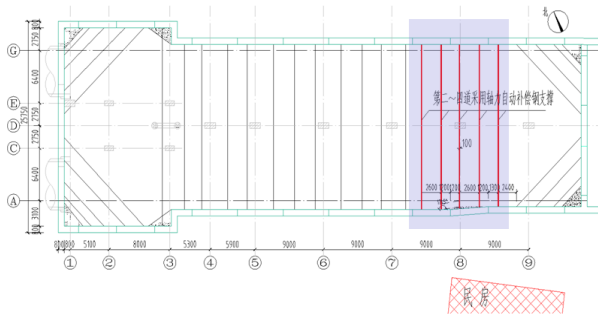


图2 金达南路站钢支撑平面布置图

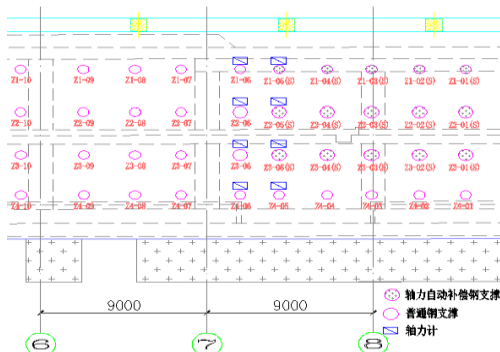


图3 6~9轴钢支撑立面布置图

钢支撑轴力自动补偿系统主要分为4部分：PC人机交互系统，控制系统，油压泵压力系统和钢支撑系统(见图4)。

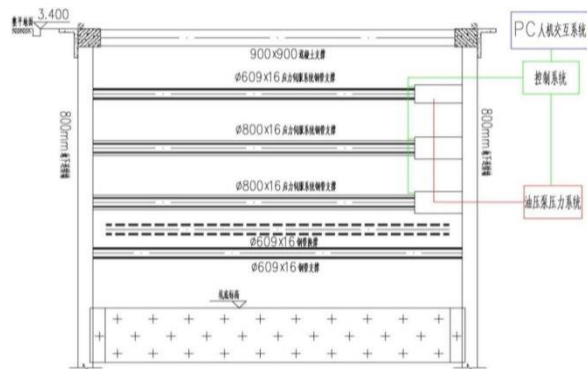


图4 轴力自动补偿系统工作示意图

其中控制系统将数据反映至 PC，显示给监测人员；控制油压泵开启和关闭，增压保压；接收钢支撑端部千斤顶轴力数据，与设定数据进行比较。从 PC 系统输入设定轴力上限值和下限值，转换成视觉可操作平面，油压泵提供支撑轴力支持，支撑直接进行压力输出，同时通过传感器将实时轴力数据反馈给控制系统。当反馈数据低于设定轴力数据范围时，控制系统输出信号驱动油压泵系统开启工作，油压泵不断输送给钢支撑千斤顶压力，待传感器传回数据在一段时间稳定在设定数据之上时，控制系统输出信号关闭油压泵，油压泵停止工作；当反馈数据在设定数据范围内，一切正常，继续运行；当反馈数据高于设定数据范围最大值，控制系统发出报警，进行降压处理。本工程中控制应力补偿

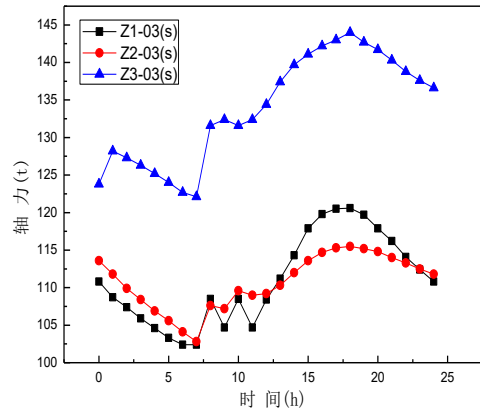
系统钢支撑轴力下限值为设计预加轴力，轴力上限值比下限值大10t。在轴力自动补偿系统运行过程中设定对支撑轴力值每小时采集一次并由系统进行自动保存。

## 4 数据分析

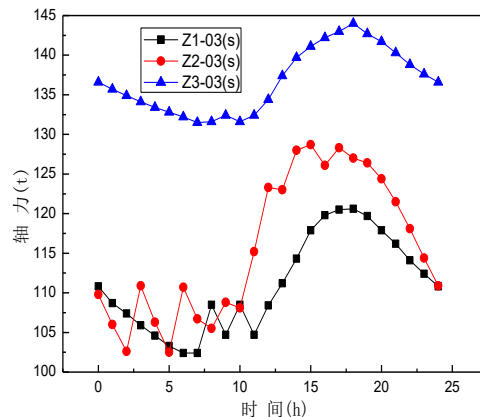
### 4.1 轴力自动补偿系统运行状况

为测试轴力自动补偿系统钢支撑的轴力控制效果，对轴力自动补偿系统当日的轴力控制情况进行数据分析。图5给出了4月11日和25日Z1-03(s)、Z2-03(s)和Z3-03(s)三根轴力自动补偿系统钢支撑的轴力变化情况。

Z1-03(s)、Z2-03(s)和Z3-03(s)三根钢支撑的轴力下限值分别为95t、95t和120t，可以看出一天内钢支撑的轴力值都控制在轴力下限值以上，轴力变化曲线在24小时当中呈波浪形，其中0~8时和18~24时钢支撑轴力呈下降趋势，8~18时钢支撑轴力呈上升趋势。4月11日7~11时轴力变化曲线产生明显的波动，这是由于在该段时间内正在进行底层土方开挖作业。至4月25日，7~10轴主体底板已浇筑完成，该段基坑的变形和受力情况趋于平稳，但当日轴力变化曲线仍呈波浪形，支撑轴力在夜间会有所降低，而在白天则有所增长，这与钢支撑自身的温度应变而引发的轴力变化有关，相关资料显示<sup>[1]</sup>当温差在10℃时钢支撑内温度应力可达15~40T。



(a) 4月11日



(b) 4月25日

图5 轴力自动补偿系统钢支撑日数据变化

#### 4.2 轴力计数据与自动补偿系统数据对比分析

为探究轴力计与自动补偿系统的数据采集的一致性,选取一段日期内 Z1-05 (s)、Z3-05 (s) 钢支撑在上午 9 时的自动补偿系统轴力显示值与轴力计量测的轴力值进行对比,如图 6 所示。从图中可以观察到以下几个现象:

(1) 轴力自动补偿系统显示轴力值在不同日期有所波动,但都稳定在轴力自动补偿系统设定的轴力下限值之上;

(2) 同一时段轴力自动补偿系统显示的轴力值较轴力计量测的轴力值高 5~15T。

这说明自动补偿系统和轴力计在数据采集方面存在一定差异。轴力自动补偿系统所得数据来源于自动节中的油泵压力,轴力计量测的数据是通过设定在钢支撑固定端的单弦轴力计所得。一方面,钢支撑标准节之间通过高强螺栓连接,轴力从油泵传至固定端的过程中存在一定的轴力损失;另一方面,安装时的偏心情况也会对单弦轴力计数据采集的准确性产生影响。

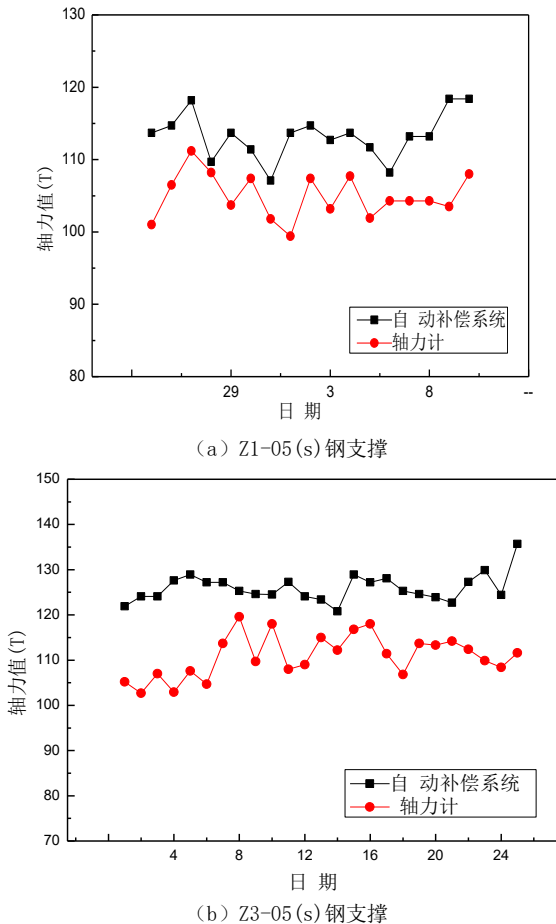


图 6 轴力计数据与自动补偿系统数据对比

#### 4.3 自动补偿钢支撑与普通钢支撑对比分析

为探究轴力自动补偿系统钢支撑与普通钢支撑轴力的变化差异,选取某段时间内 Z1-05 (s) 与 Z1-06、Z3-05 (s) 与 Z3-06 两组钢支撑的数值进行对比,如图 7 所示。为使

数据更具可比性,轴力自动补偿钢支撑与普通钢支撑的轴力值均来自于轴力计。

从图中可以观察到, Z1-05 (s) 与 Z1-06、Z3-05 (s) 与 Z3-06 两对钢支撑虽然两两相互临近,但支撑轴力值却存在较大差异。普通钢支撑轴力值波动较大,且个别天数存在轴力突变的情况;轴力自动补偿系统钢支撑轴力曲线较为平缓,轴力值稳定在一定值上下。普通钢支撑轴力值的波动主要由施工现场作业情况、周边交通等原因引起,这表明轴力自动补偿系统钢支撑能够有效降低外界环境变化对轴力值的影响,起到稳定钢支撑轴力值的作用。

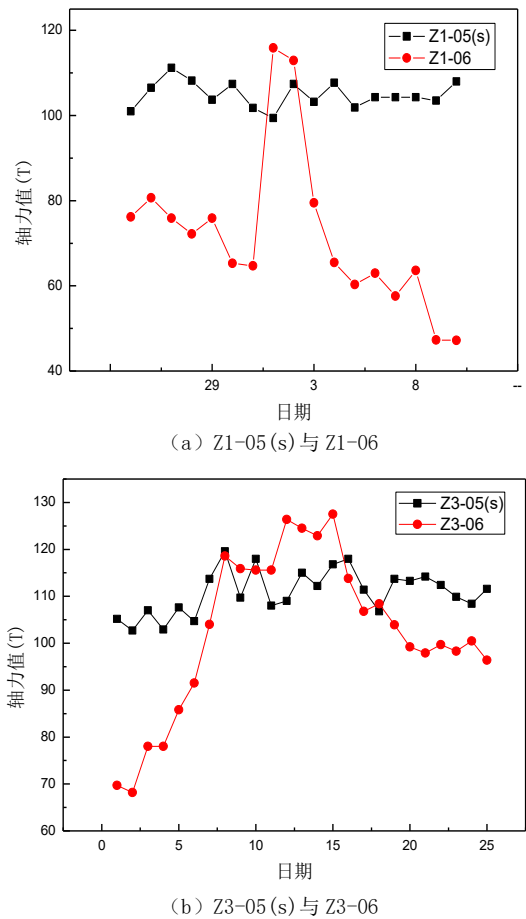


图 7 自动补偿系统钢支撑与普通钢支撑数据对比

#### 4.4 主体围护结构变形分析

围护结构墙体测斜值是反映基坑开挖过程中基坑变形的主要参数之一。取 4 月 25 日(此时底板已浇筑完成,基坑变形趋于稳定)基坑周边 8 个测斜点的累计变形曲线进行分析,以验证轴力自动补偿系统在控制基坑变形方面的效果。其中, CX-04、CX-18 和 CX-21 三个测斜点均位于轴力自动补偿系统钢支撑应用区域。

考虑主体基坑的几何形状和支撑设置情况,对比组按照以下原则进行设置:(1) 基坑南侧长边方向三个测斜值进行对比,北侧长边方向三个测斜值进行对比;(2) 封堵

墙与端头井处测斜值进行对比。

可以看出,在基坑北侧和南侧的测斜点中,CX-04和CX-18两个测斜点的变形值都相对最小,且封堵墙处测斜值(CX-21)也明显低于端头井处侧斜值(CX-01)。CX-04、CX-18、CX-21三个测斜点的墙体最大位移值分别为41.8mm、62.9mm和47.1mm,与同组墙体最大变形值91.3mm(CX-02)、103.9mm(CX-19)和95.6mm(CX-01)相比,自动补偿系统钢支撑控制区域内的围护结构墙体倾斜得到了明显的控制。需要说明的是,从现场实际条件来说,轴力自动补偿系统钢支撑所在区域南侧紧邻民房,东侧紧挨金达南路,且与基坑开挖过程中的内驳土方堆置点也仅仅相距20多米,其具有更多不利于控制基坑变形的因素。

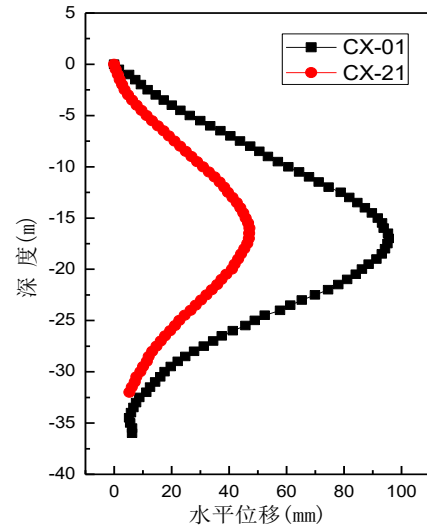
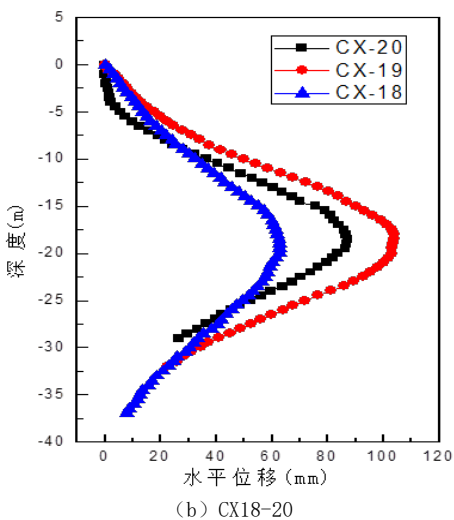
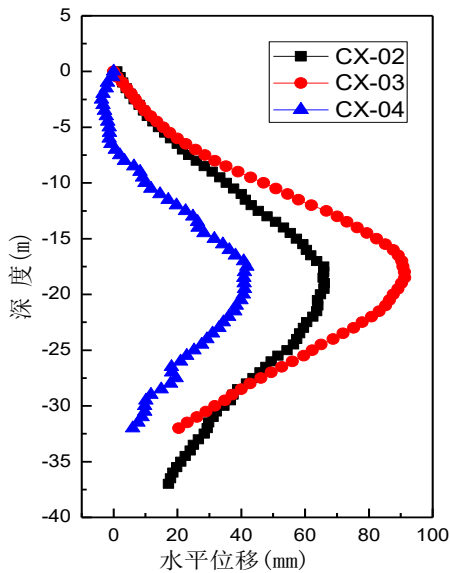


图8 围护结构墙体测斜对比

## 5 结论

对轴力自动补偿系统钢支撑的运行数据进行采集,对自动补偿系统运行效果、自动补偿系统与监测轴力计间的误差、自动补偿钢支撑与普通钢支撑间的差异和自动补偿系统对主体围护结构变形控制进行了研究,并得到以下几个结论:

(1) 轴力自动补偿系统钢支撑的轴力在一天内呈波浪形波动,但轴力最小值仍高于支撑轴力控制下限值;

(2) 轴力自动补偿系统所得轴力数据曲线形态与轴力计所得曲线形态一致,但相同时段轴力自动补偿系统显示的轴力值较轴力计高;

(3) 与普通钢支撑相比,轴力自动补偿系统钢支撑能够有效降低外界环境变化对轴力值的影响,起到稳定钢支撑轴力值的作用;

(4) 自动补偿系统钢支撑控制区域内的围护结构墙体倾斜得到了明显的控制。

### [参考文献]

[1] 惠渊峰. 某地铁车站深基坑钢支撑温度应力计算与分析[J]. 建筑科学, 2012, 28(9): 11-12.

[2] 耿涛涛, 张建平, 苏胜晖, 等. 智能钢支撑轴力补偿及基坑变形监控系统[J]. 工程机械, 2016, 47(2): 1-7.

[3] 王雪晨. 钢支撑轴力自适应实时补偿与监控系统在世纪大都会东方汇广场项目的应用[J]. 工程建设, 2017, 49(4): 16-18.

作者简介: 欧祝明(1970.6—), 毕业院校: 西南科技大学, 所学专业: 土木工程专业, 当前就职单位: 宏润建设集团股份有限公司, 职务: 项目经理, 职称级别: 副高级工程师。