

既有线接触网杯型基础支柱快速整正技术研究与应用

王永乐 朱兴东

中铁二十局集团电气化工程有限公司 陕西西安 710100

摘要：本文针对既有铁路天窗点内接触网杯型基础混凝土支柱组立与整正作业的效率难题，提出了一种基于预置角撑的接触网混凝土支柱快速整正技术。该技术核心在于，通过精确的预先测量与计算，确定支柱在杯型基础中的理想空间姿态，并据此提前加工特定厚度的木质角撑。在支柱吊入杯基的同时，将角撑楔入支柱与基础之间的四个面部，使其一次性达到设计的斜率与限界要求，避免了传统反复调整环节。工程实践表明，该技术将单根支柱组立整正时间从常规25-30分钟缩短至10-15分钟，安装精度满足技术标准要求，为既有铁路天窗点内接触网杯型基础混凝土支柱组立与整正提供了高效、安全的解决方案。

关键词：既有线；杯型基础；木质角撑；快速整正

引言

在既有铁路上进行接触网改造施工，最大的施工难点在于所有的作业都必须在不影响铁路正常运营的“天窗点”内完成。这段时间通常非常短暂，一般每天仅有120-180分钟的施工时间，这对施工效率与精度提出了极高要求。

传统混凝土支柱整正方法主要依赖正反扣整杆器进行调整，存在作业周期长、精度控制难、对行车安全影响大等缺点。特别是在既有线车站环境下，由于设备密集、空间受限，整杆器的使用往往受到限制，甚至在某些区段被明令禁止，亟需开发更为高效、精准的整正技术。

杯型基础作为一种常见的支柱基础形式，具有结构稳定、施工简便等优点，但其整正过程往往需要多次调整才能达到规范要求。针对上述问题，本文研究了一种基于木质角撑预定位的接触网混凝土支柱快速整正技术，通过精确测量、预先计算、定制角撑的技术路径，实现支柱吊装后的快速定位与固定，显著提升天窗点内的作业效率，为类似工程提供技术参考。

一、技术难点分析

1. 天窗时间限制

既有电气化铁路接触网支柱组立、整正面临的最严峻挑战是极端有限的施工时间。根据规定，既有电气化铁路改造项目中，一般施工天窗时间仅为120-180分钟，扣除接触网停电施工无法压缩的安全防护等刚性程序，前后占用时间20-30分钟，有效施工时间只有100-

150分钟。而采用传统整正方法，组立与整正一根接触网混凝土支柱需要约25-30分钟，这意味着每个天窗点仅能完成4-5根支柱的整正工作。对于大型既有电气化铁路改造工程，这样的施工效率将直接导致工期延长，显著增加了工程成本和对铁路运输的影响。因此，缩短单根支柱组立、整正时间成为提高工程施工效率的关键因素。

2. 精度控制要求

根据《铁路电力牵引供电工程施工质量验收标准》(TB 10421-2018)规定，支柱侧面限界、倾斜率等均有严格的毫米级精度要求，必须在一次作业中精准达标。

混凝土支柱倾斜允许偏差

项目	允许偏差
支柱顺线路方向直立（从地面或基础面）	± 0.5%
锚柱顺线路方向端部向拉线侧倾斜	≤ 1%
软横跨支柱顺线路方向均应直立（从地面或基础面）	± 0.5%
曲线外侧和直线腕臂柱横线路方向向受力反侧倾斜（从地面或基础面）	0~0.5%
曲线内侧腕臂柱横线路方向应直立，向受力反侧倾斜	0~0.5%
两侧式悬挂支柱、安装隔离开关的支柱横线路方向均应直立	± 0.5%

传统整正方法通过反复测量、逐步调整的方式调整支柱位置，不仅耗时耗力，且精度受操作人员经验影响较大。在时间紧迫的天窗点内，很难通过这种方法达到高精度标准，迫切需要一种能够一次定位、精准固定的技术方案。

3.安全风险管控

在既有电气化铁路上进行支柱组立、整正作业，安全保障是首要考虑因素。传统整正方法使用整杆器固定在钢轨上进行作业，存在以下安全隐患：一是可能影响线路几何状态；二是工具材料可能侵入行车限界；三是在调整过程中支柱稳定性不足，可能突然倾倒危及行车安全。

特别是在车站区域，设备密集、电缆纵横交错，施工过程中必须确保这些设备不受损坏。因此，新的整正技术必须在不依赖钢轨作为支撑的情况下，提供足够的稳定性和安全性。

二、快速整正技术设计与流程

1.精确测量与角撑厚度计算

精确测量是整个技术成功的前提，其关键在于获取杯基数据与支柱数据，并通过计算转换为角撑加工尺寸。

(1)基础数据采集

杯型基础限界(C基)：利用封锁点外使用全站仪等精密仪器，精确测量杯型基础靠近线路侧内壁至线路中心线的水平距离。

杯口尺寸：测量杯型基础顶口的实际长(L杯)、宽(W杯)尺寸。

杯口位置支柱尺寸：测量混凝土支柱在杯口位置的断面实际长(L柱)、宽(W柱)尺寸。

(2)核心计算逻辑

①确定支柱设计限界(C设)与斜率：根据设计文件，确定支柱的标称侧面限界以及倾斜率(允许偏差满足规范要求)。

②计算线路侧角撑厚度(D1)：这是计算的起点。考虑支柱的设计斜率，线路侧角撑的厚度并非简单的C基-C设，而应引入斜率带来的修正值。可建立如下计算公式：

$$D1 = (C_{基} - C_{设}) + k \times H$$

其中，k为支柱设计斜率，H为杯口至支柱计算基准点的高度。

③计算田野侧角撑厚度(D2)：已知线路侧角撑厚度D1，根据杯口尺寸与支柱对应位置尺寸的差值，即可建立如下计算公式： $D2 = L_{杯} - L_{柱} - D1$

④计算顺线路两侧角撑厚度(D3、D4)：一般支柱顺线路方向应该直立，锚柱应考虑向拉线侧倾斜率，具体计算公式：

$$\text{直立柱：} D3(D4) = (W_{杯} - W_{柱}) / 2$$

$$\text{锚柱：} D3_{拉} = (W_{杯} - W_{柱}) / 2 - k \times H$$

$$D4 = W_{杯} - W_{柱} - D3_{拉}$$

2.木质角撑的加工与制备

(1)材料选择：宜选用硬质木材，其具备足够的抗压强度和韧性，不易在楔入时劈裂。

(2)加工造型：角撑应制作成斜面体，其薄端厚度约为3-5mm，厚端大于计算厚度30-50mm。根据计算出的厚度值用红线划出标记，作为楔入深度的终止标准。

(3)标准化管理：将计算数据与角撑编号对应，制成表格，施工时按表取用，防止混淆。

3.标准化组立流程

基于木质角撑的快速整正技术核心在于标准化、流程化的作业程序，作业必须如流水线般高效、准确。具体流程包括施工准备、吊装组立、微调固定三个阶段。

(1)施工准备阶段

①测量杯型基础几何尺寸，记录关键参数；

②计算各支柱角撑厚度，制作角撑并编号；

③人员、机具、角撑就位，确认角撑编号与基础编号对应无误；

④复核数据，清理杯型基础内部，确保无杂物、积水；

⑤杯心混凝土制作准备。

(2)吊装组立阶段

①轨道吊车对位、支腿，将支柱缓缓起吊，保持平稳；

②对准杯型基础中心，缓慢下放，过程中使用缆风绳控制支柱姿态，避免与基础碰撞；

③支柱就位后在四个面楔入对应角撑，直至角撑上标记线与杯口平齐；

④检查支柱倾斜度与限界。

(3)微调固定阶段

①支柱就位后，使用电子经纬仪检测支柱垂直度；

②如有微小偏差，可通过轻敲角撑进行微调；

③确认精度合格后，迅速用混凝土浇筑至角撑底部位置；

④确保支柱稳定后，拆除角撑进行杯芯二次浇筑。

三、应用效果分析

1.工程应用案例

本研究提出的快速整正技术在川黔线阁老坝车站接触网改造项目中进行了应用验证。该车站需在天窗点内完成30根横腹杆式混凝土接触网支柱的整正工作，平均每个天窗点仅有120分钟作业时间，且施工期间必须保证铁路正常运营。

应用快速整正技术后，施工团队成功在限定时间内

完成了全部支柱整正任务。具体作业数据如下：单根支柱平均整正时间12分钟，比传统方法缩短40%；整正精度方面，支柱斜率偏差控制在0.3%以内，限界偏差控制在50mm，均符合标准要求。

2. 精度与安全性评价

在精度控制方面，对采用快速整正技术的支柱进行了3周跟踪测量，结果显示：

垂直度控制：所有支柱垂直度偏差小于0.5%，满足标准要求的0.5%限值，其中80%的支柱垂直度偏差控制在0.3%以内；

横向位置精度：支柱侧面限界偏差平均为+57mm，优于标准要求的+100mm；

在安全性方面，快速整正技术避免了对钢轨的依赖，消除了传统整杆器可能影响行车安全的隐患。施工过程中未发生任何安全事故，木质角撑的使用还避免了金属工具可能造成的短路风险，特别适合在电气化铁路环境中使用。

3. 综合效益分析

快速整正技术的综合效益主要体现在直接经济效益和间接社会效益两个方面。

直接经济效益：主要包括人工费、机械使用费的节约以及工期缩短带来的成本降低。根据实际数据统计，采用快速整正技术后，组立30根支柱直接成本节约近20万元。此外，节约天窗点3个带来的管理费、设备租赁费等间接费用约5万元。

间接社会效益：主要体现在对铁路运营影响的减少方面。传统整正技术需要占用更多的天窗数量，对铁路正常运营影响较大；而快速整正技术减少了天窗使用数量，降低了对运输的干扰。

四、结论与展望

1. 研究结论

本文针对既有线车站接触网横腹杆式混凝土支柱杯型基础的组立、整正技术难题，研究并提出了一套基于木质角撑计算加工的快速整正技术，通过理论分析计算、角撑设计制作和工程验证，得出以下结论：

(1) 木质角撑精确计算加工技术通过精确测量与预先计算的方法，实现了支柱组立后的快速定位，将传统整正作业中的反复调整环节简化为一次性定位，单根支柱整正时间从25-30分钟缩短至10-15分钟，效率提升

50%-60%。

(2) 标准化施工流程通过精细化管理和工序优化，将天窗点内的作业时间压缩到最低限度，显著降低了施工对铁路运营的干扰，为既有线改造工程提供了有力的技术支撑。

(3) 木质角撑材料易于加工、成本低廉，且不损伤杯型基础表面，具有经济性好、适用性广的特点，特别适合在既有线施工环境中推广使用。

(4) 工程应用表明，快速整正技术能够显著降低施工成本，同时提高施工安全性和精度稳定性，综合效益显著。

2. 技术展望

随着铁路技术的不断发展，接触网支柱整正技术仍需要进一步研究和完善。未来可在以下方向继续深入研究：

一是智能化角撑系统，通过引入数字孪生技术，开发能够自动适应基础尺寸变化的可调节角撑，进一步提高技术的适用性和精度。

二是集成化作业平台，研发集测量、计算、角撑加工、杯心浇筑于一体的移动工作设备，实现现场测量、现场加工、现场安装浇筑的一体化作业，进一步提升作业效率。

三是标准化技术规范，将木质角撑精确计算加工技术纳入铁路施工规范体系，制定统一的技术标准和质量控制要求，推动技术的规范化应用。

结束语

基于木质角撑精确计算加工技术的接触网混凝土支柱快速整正技术，有效解决了既有线天窗点内支柱整正的效率、精度和安全难题，为我国铁路既有线改造提供了可靠的技术支撑，具有广泛的推广价值和应用前景。

参考文献

- [1] 陈再红. 复线电气化铁路改造中接触网施工关键技术研究[D]. 湖南：湖南大学，2013.
- [2] 于小四. 电气化铁道接触网实用技术指南[M]. 北京：中国铁道出版社，2009.
- [3] TB/T 2286-2020. 电气化铁路接触网预应力混凝土支柱[S].