

关于高速铁路接触网施工机械化水平提升技术研究

张其星

中铁十二局集团电气化工程有限公司

摘要：高速铁路接触网采用机械化施工不仅能提升施工效率，而且能够有效减少高空作业人员的使用，从而节约成本，并减少接触网施工安全隐患，本文将根据接触网施工面临的施工机械水平及施工效率仍然偏低的情况，结合多年的现场施工经验，提出相关解决方案，实现隧道外接触网支柱、金具、腕臂机械安装，隧道内附加导线架设、吊柱及金具机械安装，且多项施工同步完成，大幅提升施工效率，减少安全隐患。

关键词：接触网；机械化；隧道；附加导线；金具安装；腕臂；吊柱；支柱

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.12.038

一、引言

目前高速铁路接触网施工机械主要为轨道行驶机械，这要求轨道铺设完成后才能使用，但高速铁路施工往往要求接触网与站前土建专业及其他四电专业同步开通，工期十分紧张。因此在高速铁路在铺轨之前，需尽量完成接触网隧道内外附加导线金具安装、补偿装置安装、腕臂安装、附加导线架设、隧道内吊柱安装等施工内容，待站前单位铺设轨道后可直接进入接触网最后的承导线架设及调整阶段，但目前以上施工内容主要通过人工登高作业及梯车配合完成安装，机械化水平及施工效率偏低。

二、目前高速铁路接触网施工现状分析

在高速铁路施工中，当站前单位完成隧道外接触网基础浇筑及隧道内槽道预埋后，四电施工单位在不影响站前施工的情况下可首先进行隧道外支柱组立及隧道内吊柱安装，支柱一般通过汽车吊车进行安装，隧道内吊

柱主要通过梯车及人工进行安装；然后进行金具安装，其中隧道外由高空作业人员上杆进行附加导线金具安装、补偿装置安装、腕臂底座及绝缘子安装等，隧道内作业人员主要通过梯车进行附加导线吊柱、绝缘子安装、补偿装置安装，基本无任何机械配合作业；然后便可进行附加导线架设，也主要由人工完成架设及安装；接下来便展开腕臂安装，一般先测量采集腕臂计算参数，通过专业计算软件完成计算，并由工厂化预配车间完成预配，将成品转运至现场进行安装，腕臂预配目前已实现工厂化、自动化，但腕臂安装目前主要由高空作业人员上杆完成安装，目前相关自动化安装设备效率仍然偏低，且设备成本高；最后进行承导线架设及调整，根据高铁接触网施工要求，为确保承导线架设质量，必须采用放线车恒张力进行架设，但必须钢轨铺设完成后进行。

以上可以看出，目前高速铁路接触网支柱组立、腕臂预配、承导线架设基本实现机械化施工，但金具安装、隧道吊柱安装、腕臂安装、补偿装置安装、附加导线架设等其余施工内容主要通过人工上杆作业及梯车作业完成，施工效率低、安全隐患大、机械化水平低。

三、进一步提升接触网施工机械化水平的解决方案

针对目前接触网施工现状，结合多年的现场施工经验，现分别对隧道外和隧道内施工提出两种机械化施工方案，具体如下：

（一）隧道外支柱、金具、腕臂安装同步施工流水线作业平台

通过改变以往先支柱组立再进行金具、腕臂安装的施工工序，先将接触网附加导线金具、补偿装置、腕臂

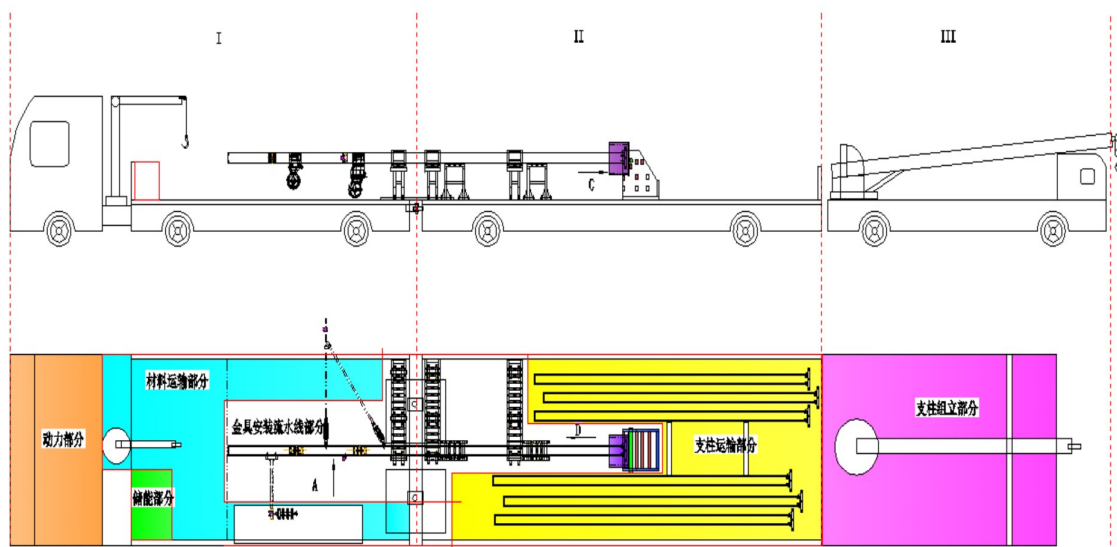


图1：隧道外支柱、金具、腕臂安装同步施工作业平台

等在地面作业平台安装于支柱上，然后再将支柱吊装组立，按照此施工方案设计出一种隧道外支柱、金具、腕臂安装同步完成作业平台，实现了接触网金具、腕臂及支柱组立的流水线作业，且无须进行高空作业，安全风险将大大降低、施工效率可显著提升，接触网施工直接进入附加导线架设及承导线架设阶段，机械作业平台见图1。

该作业平台由支柱运输部分、金具安装部分、材料运输部分、储能部分、动力部分及支柱组立部分，共计6部分组成。材料到货、站前接触网支柱基础完成、基础数据采集完成、支柱腕臂计算及预配完成后，便可展开现场施工，首先按照每日需完成区段的支柱组立顺序，将支柱按顺序码放于支柱运输部分，先组立支柱码放于上层，后组立支柱码放于下层，一般可码放三层；金具、腕臂、补偿及绝缘子等材料码放于材料运输部分，材料码放时应尽量考虑流水线安装工人的取用方便，不得影响金具安装，合理布局。

到达现场后，支柱组立部分的吊车/机械臂（智能机械臂能自动完成支柱安装，相比于吊车组立更有发展

前景，但目前施工效率仍然偏低，因此该平台的支柱组立部分可根据现场情况选择搭配），先将即将组立的支柱吊装于安装平台，然后进行金具安装，斜腕臂与绝缘子连接时也需穿入销钉，双腕臂时将两腕臂交叉捆绑，单腕臂向同一方向固定，避免支柱吊柱时发生斜腕臂脱落及摆动，也避免支柱组立后承导线安装前腕臂随风摆动；正馈线绝缘子下端采用尼龙细绳牵引固定与支柱，避免正馈线绝缘子摆动，确保施工安全；所有螺栓尽量采用电动力矩扳手进行紧固，提高效率，平台配套储能装置，便于现场电动工具取电充电。

(二) 隧道内附加导线架设及吊柱金具安装机械平台

隧道内吊柱、金具、附加导线等均安装于隧道顶部，距轨面高约9米，传统施工一般采用梯车登高作业完成安装，较隧道外上杆作业难度更大，安全隐患更高，为实现隧道内金具、吊柱、腕臂安装及附加导线架设机械化作业，设计出一种隧道内接触网施工机械平台，详见图2：

当附加导线架设时，机械平台由作业车及放线车组

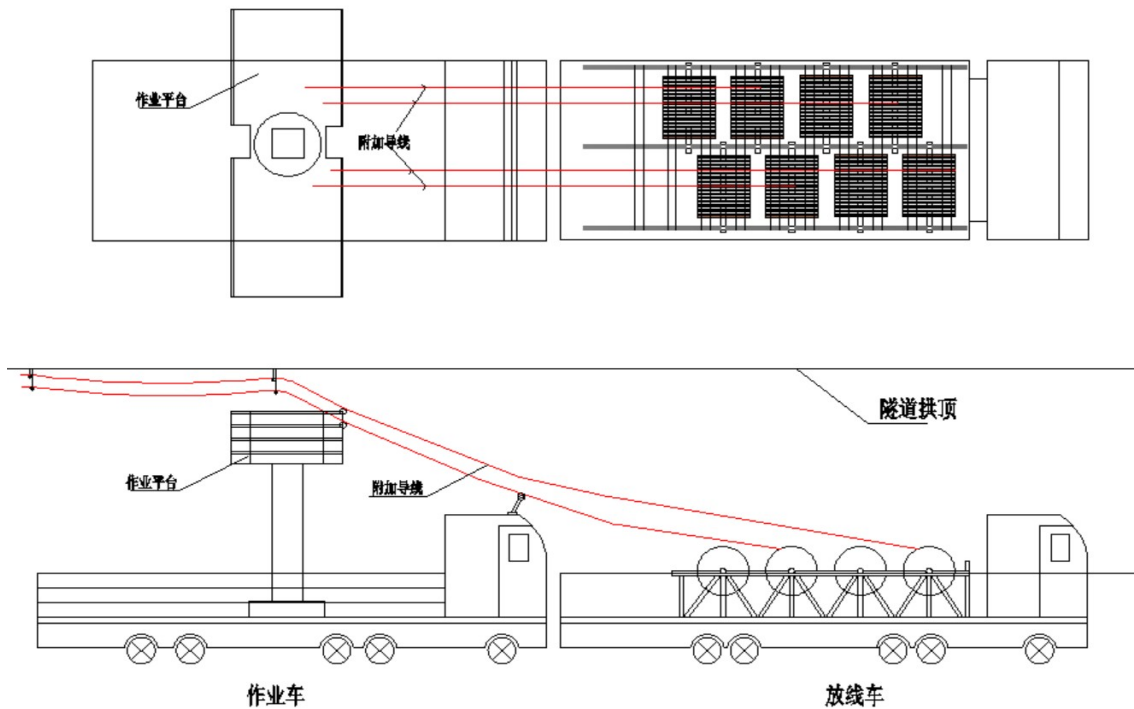


图2：隧道内附加导线架设及吊柱金具安装机械平台

合而成，当进行金具及吊柱安装时可单独使用作业车进行作业，放线车采用至少4组张力放线架，一般可按8个放线架设置，减少更换线盘的时间，提高施工效率。

为最大程度发挥该隧道内机械作业平台的作用，改变以往先吊柱安装、再附加导线架设、然后再进行腕臂安装的施工工序。首先架设附加导线，由于隧道内上下行4根附加导线均位于隧道拱顶中心区域，可实现上下行4根附加导线同时架设，大大提高附加导线架设施工效率，同时采用附加导线张力架设，可避免线材着地、磨损，附加导线先采用放线滑轮固定于预留滑槽；然后

通过作业车平台进行吊柱、附加线金具、腕臂、补偿装置等安装内容，金具安装完成后，将附加导线进行安装固定，实现一次完成隧道拱顶所有施工内容（必须附加导线先架设才能实现），避免人员多次登高作业，减小安全隐患。

作业车空闲区域用于运输材料及工具，作业平台设置吊柱、金具等材料抬升装置，将材料自动抬升至作业平台，且由于吊柱笨重无法人工搬运困难，吊柱搬运应配备机械臂或吊臂，同时作业平台可以配合完成吊柱的平移及抬升，然后配合车辆的行驶及平台自身的旋转，

从而实现吊柱安装于设计位置，无须人工搬运；其余金具重量较轻，可人工进行安装；腕臂底座应提前安装于吊柱上，待吊柱安装调整完成且隧道拱顶施工全部完成后，平台下降至腕臂安装位置进行腕臂及绝缘子安装，从而完成所有隧道金具、吊柱及腕臂等安装内容。平台的螺栓紧固同样采用电动力矩扳手进行，提高施工效率。

四、其他相关说明

1. 因隧道内空间密闭，空气流通差，为尽量减少尾气排放，机械作业平台应尽量采用储能电池等新能源提供动力，但也需考虑如何实现每日充电等问题。

2. 以上两种机械平台应尽量在站前进行轨道板施工前进行使用，如轨道板施工完成或轨道铺设完成后采用该机型作业平台，作业平台也可根据轨道板宽度或按轨

道行驶设计加工，但此时行驶受限较多，施工效率将有所降低。

3. 以往腕臂均须隧道内吊柱或隧道外支柱安装调整完成后再测量采集腕臂计算数据，然后进行腕臂预配及安装，本文中的两种机械平台均实现腕臂与支柱及吊柱同步安装，因此必须提前进行腕臂数据采集，腕臂计算参数通过对接触网支柱基础测量获得，必须提前准确测量支柱侧面限界及支柱底部高程。站前单位完成基础浇筑后，先将支柱底部各调节螺母调平，减少测量误差，其中支柱底部高程只需测量底部螺栓上表面高程即可，此高程即为支柱底部高程，支柱侧面限界先测量基础线路侧中间的地脚螺栓中心距线路中心的距离，然后加上该地脚螺栓距离支柱线路侧表面的距离，即为该支柱的侧面限界，详见图3。

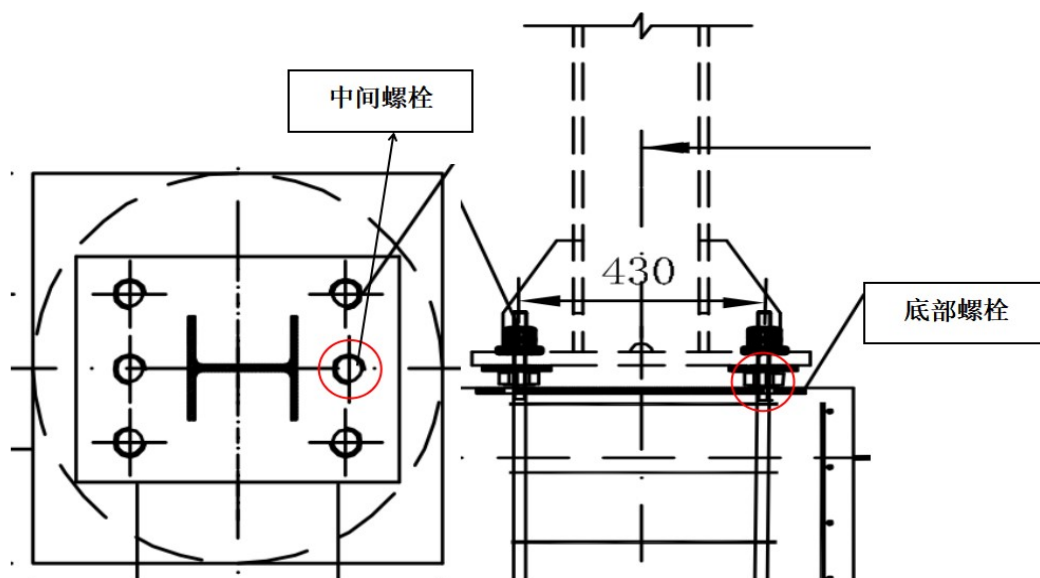


图3: 腕臂计算及安装数据测量示意图

隧道内吊柱为滑槽安装，可按设计限界进行计算，只需安装时控制好吊柱限界误差即可。支柱及吊柱斜率均按标准进行调整，控制好施工误差即可；定位管预配应待承力索架设后重新测量高度再进行计算预配，提高预配精度，确保定位管施工工艺。

4. 为方便作业人员进行金具安装，需根据接触网平面图及安装图编制作业施工表，将所有施工内容、材料型号及安装位置进行汇总，然后由技术人员对所有工人上岗前进行技术、工艺及安全培训，熟练掌握施工顺序、要点及安全注意事项，培训合格后方可上岗作业。

5. 以上所有施工均建立在所有施工所需材料已全部到位的前提下，因此物质必须提前到位，满足现场施工需要。

五、结语

以上隧道内、外两种机械施工平台再加上现有的轨道放线车、轨道作业车及轨道吊车，基本实现接触网从支柱组立至承导线架设的全过程机械化施工，从而大幅

提升接触网的机械作业水平，并有效降低接触网施工的安全隐患；同时通过调整各项施工流程，基本实现支柱、吊柱及金具安装一次完成，大幅提升机械作业的施工效率，从而节约成本。同时机械化也将进一步向自动化、智能化发展，这需要各相关行业进行配套研究实现。

参考文献

[1] 费兆华. 高速电气化铁路接触网施工技术要点[J]. 中国设备工程. 2021, 04.
 [2] 陈世敏. 营业线铁路接触网基础机械化施工设备开发及试验[J]. 工程建设与设计. 2021, 08.
 [3] 陈圣喜. 高速铁路接触网支柱组立智能装备研究[J]. 中国设备工程. 2022, 06.
 [4] 于迪. 高速铁路接触网附近线双线同步架设技术[J]. 电气化铁道. 2020, 1(S2).
 [5] 张裔. 高速铁路接触网腕臂自动化装配生产线研究及应用[J]. 电气化铁道. 2020, 31(04).