



T/CECSXXXX-202X

中国工程建设标准化协会标准

接触网智能测量系统(SCP4)与施工控制网 (CPⅣ)施工标准

Technical specification for intelligent measurement system(SCP4) and
construction control network (CPⅣ)of overhead contact line

(征求意见稿)

XXXX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

接触网智能测量系统(SCP4)与施工控制网 (CPⅣ)施工标准

Technical specification for intelligent measurement system(SCP4) and
construction control network (CPⅣ)of overhead contact line

T/CECS XXX—202X

(征求意见稿)

主编单位： 中铁第四勘察设计院集团有限公司

批准单位： 中国工程建设标准化协会

执行日期： 202X 年 XX 月 XX 日

× × × × 出版社

20×× 北京

中国工程建设标准化协会公告

第 XXX 号

关于发布《接触网智能测量系统(SCP4)与施工控制网(CPIV)施工标准》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2023 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》(建标协字〔2023〕10 号),由中铁第四勘察设计院集团有限公司等单位编制的《接触网智能测量系统(SCP4)与施工控制网(CPIV)施工标准》,经协会铁路分会组织审查,现批准发布,编号为 T/CECS XXXX-202X,自 202X 年 X 月 X 日起施行。

中国工程建设标准化协会

二〇二X年X月X日

前言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2023 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2023〕10 号）的要求，标准编制组在深入调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外现行标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本文件。

本文件共分为 4 章，主要技术内容包括：总则、术语和缩略语、接触网智能测量系统（SCPIV）、接触网施工控制网（SCPIV-0）等。

本文件由中国工程建设标准化协会铁道分会归口管理，由中铁第四勘察设计院集团有限公司负责具体技术内容的解释。本文件在使用过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄往解释单位（地址：湖北省武汉市武昌杨园和平大道 745 号，邮政编码：430063），并抄送归口管理单位（地址：北京市海淀区北蜂窝路乙 29 号，邮政编码：100038）以供修订时参考。

主 编 单 位： 中铁第四勘察设计院集团有限公司

参 编 单 位： 中国铁路经济规划研究院有限公司

中国铁建电气化局集团有限公司

武汉纵横天地空间信息技术有限公司

武汉中巍科技有限公司

主要起草人： 戚广枫、李红梅、方志国、赵航、闵阳、刘冰洋、汪晶、夏炎、刘诗慧、姜森浩、李凯、韩超、张兵涛、贾亮、上刘春雨、程曦、李成建、陈巍

主要审查人：

目 次

目 次.....	I
1 总则.....	1
2 术语和缩略语	2
2.1 术语.....	2
2.2 缩略语.....	2
3 接触网智能测量系统（SCPIV）	3
3.1 一般规定.....	3
3.2 系统构成.....	3
3.3 测量流程与数据流转	5
3.4 技术性能要求.....	6
3.5 数据接口标准与传输协议	8
3.6 网络环境要求.....	9
4 接触网施工控制网（SCPIV-0）	10
4.1 一般规定.....	10
4.2 测量准备.....	10
4.3 测量设站与设桩.....	11
4.4 SCPIV-0 布设建网测量.....	13
4.5 桩点坐标成果.....	17
附录 A：SCPIV-0 布设建网测量记录模板	18
附录 B：通用测量仪器的技术要求	20
附录 C：桩点及标识	21
本规程用词说明	25
引用标准名录	26

Contents

1 General.....	1
2 Terms and Symbols	2
2.1 Terminology	2
2.2 Symbols	2
3 Smart Measurement System (SCPIV) of Overhead Contact Line	3
3.1 General Provisions	3
3.2 System Composition	3
3.3 Measurement Process and Data Transmission	5
3.4 Technical Performance Requirements	6
3.5 Data Interface Regulations and Transmission Protocols	8
3.6 Network Environment Requirements	9
4 Construction Control Network (SCPIV-O) of Overhead Contact Line.....	10
4.1 General Provisions	10
4.2 Measurement Preparation	10
4.3 Measurement Stationing and Piling	11
4.4 SCPIV-O Establishing Measurement	13
4.5 Coordinates of Piles	17
Appendix A: SCPIV-O Establishing Measurement Record Template	18
Appendix B: Technical Requirements for Common Measuring Instruments.....	20
Appendix C: Piles and Marks.....	21
Explanation of Terms Used in This Specification	25
List of Referenced Standards.....	26

1 总则

1.0.1 为规范电气化铁路接触网施工、维修中智能测量技术的应用，做到技术先进、保证质量、安全适用、经济合理，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建和改建铁路接触网工程智能测量。

1.0.3 接触网工程智能测量坐标系统应采用铁路工程的“精密测量控制网”，并具备“线路平面控制网”和“轨道控制网”的条件。

1.0.4 接触网工程智能建造技术的整体应用中应采用接触网智能测量系统，创建并运用接触网施工控制网。接触网施工控制网可作为接触网工程智能建造技术的一部分独立使用。

1.0.5 测量精度要求应根据不同设计速度等级的铁路工程施工质量验收标准，结合接触网施工相关重要工序和施工工艺的要求，按照本标准中给出的建议值和具体工程项目的设计要求分别制定。

1.0.6 测量记录、计算成果和图表，应书写清晰、签署完整并妥善保管。各测量记录、传输和保存方式应符合铁路工程智能建造 BIM 信息数据格式与精度要求。各测量桩点设置、标识应统一并满足建设过程相关工序使用要求和运营管理的安全要求。

1.0.7 接触网工程智能建造的施工测量宜采用接触网智能测量系统（SCPIV）进行。

1.0.8 工程前期施工测量的布点、精度和设桩方案宜结合工程项目的首件工程评估要求（如有），在接触网腕臂、吊弦的预配放样和安装工序阶段进行复核、检算或抽检，评估。

1.0.9 测量工作中采用本规程未涉及的其他新技术或手段时，其测量精度指标不应低于本规程要求。

1.0.10 接触网智能测量系统与施工控制网的施工应用除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行的中国工程建设标准化协会的规定。

2 术语和缩略语

2.1 术语

2.1.1 接触网智能测量系统 (SCPIV) intelligent measurement system for overhead contact line (SCPIV)

基于加载有接触网作业队&工班系统等应用软件的智能终端机(包括但不限于全站仪、局域网和智能手机、PC 主机等硬件设备),根据智能建造过程的数据流转和测量业务特点定制开发的接触网施工控制网坐标专用测量系统。

该系统借助卫星定位和全站仪自动测站等技术手段,主动引导人工操作或智能终端获取设站点坐标、靶点或 CP-O 桩坐标,并按约定数据格式与路径自动存储、传输测量数据。

2.1.2 接触网施工控制网 smart construction control network for overhead contact line (SCPIV-O)

在接触网智能测量系统中,沿线路布设的三维控制网,用作接触网高效、高精度施工过程或轨道工程完工前进行接触网立柱(包括吊柱)、腕臂和吊弦定位精确测量与放样的基准和绝对坐标系,其他专业也可参考应用。一般情况下该三维控制网的平面和高程起闭于铁路工程测量的轨道控制网(CPIII);部分轨道交通应用领域不具备 CPIII条件的,平面可起闭于线路平面控制网(CP II),高程起闭于线路水平基点。

2.1.3 轨道控制网 (CPIII) track control network (CPIII)

铁路工程中沿线路布设的三维控制网,平面起闭于基础平面控制网(CP I)或线路平面控制网(CP II),高程起闭于线路水准基点控制网,是轨道施工和运营维护的基准。

2.2 缩略语

SPM 作业队生产执行系统

STM 智能测量工班系统

3 接触网智能测量系统（SCPIV）

3.1 一般规定

3.1.1 接触网智能测量系统（SCPIV）应具备以下特点：

- 1 基于数据驱动；
- 2 基于全站仪的免置平设站等先进测量技术手段；
- 3 各生产应用或执行系统间数据应自动交互流转；
- 4 满足接触网设计、施工、运营维护等特定应用场景的需求。

【条文说明】

架空接触网的空间位置通常均以轨面的带状曲面为参照面通过二维相对坐标关系来表达，同样也可以利用工程独立坐标系的三维绝对坐标即以测量获得的接触网施工控制网 CP IV 进行换算后得到。通过全站仪免置平设站技术、可提高坐标测量或关系换算的测量效率，实现与其他生产过程的应用系统间高效数据交互。

3.1.2 接触网智能测量系统（SCPIV）的应用应符合下列规定：

- 1 可高效地建立作为接触网设计施工现场放样和生产过程工作参照的基准坐标系；
- 2 接触网测量、安装和调整等工序可依托该绝对或相对坐标系进行后续的腕臂吊弦的预配仿真计算与加工生产、安装等步骤；
- 3 延长有效作业工期，改善施工组织计划。

【条文说明】

接触网专业工程相对坐标系，指以线路中线为曲线长度（里程） z 轴，轨道里程上的垂直断面为 (x,y) 轴的接触网工程相对坐标系，可在接触网施工控制网绝对坐标系（代号 CP IV）之间进行二者坐标系统的切换，获得可使接触网施工工序依托该绝对或相对坐标系基准，直接进行后续的腕臂吊弦的预配仿真计算与加工生产、安装等工序，一定程度上脱离轨道铺架工程施工进度制约或未完工状态的精度对接触网工程的工期、质量和效率的不利影响。

3.2 系统构成

3.2.1 智能测量 SCPIV 系统应由测量设备和工班级的生产操作系统（STM）等构成。工班级的生产操作系统应包括测量专用计算分析软件和测量场景应用操作软件等。

3.2.2 测量专用计算分析软件宜基于测量设备的载体特点配置进行定制开发；测量场景应用操作软件宜结合生产管理和作业要求定制开发。

3.2.3 工班级的生产操作系统（STM）应能与外部数据终端或相关生产作业执行系统联动，其主要功能至少应包括以下内容：

- 1 现场测量与数据的自动流转和分析；
- 2 测量工班操作和现场管理；
- 3 约定测量工作流程中的数据交互和关联操作；
- 4 完成给定的测量任务。

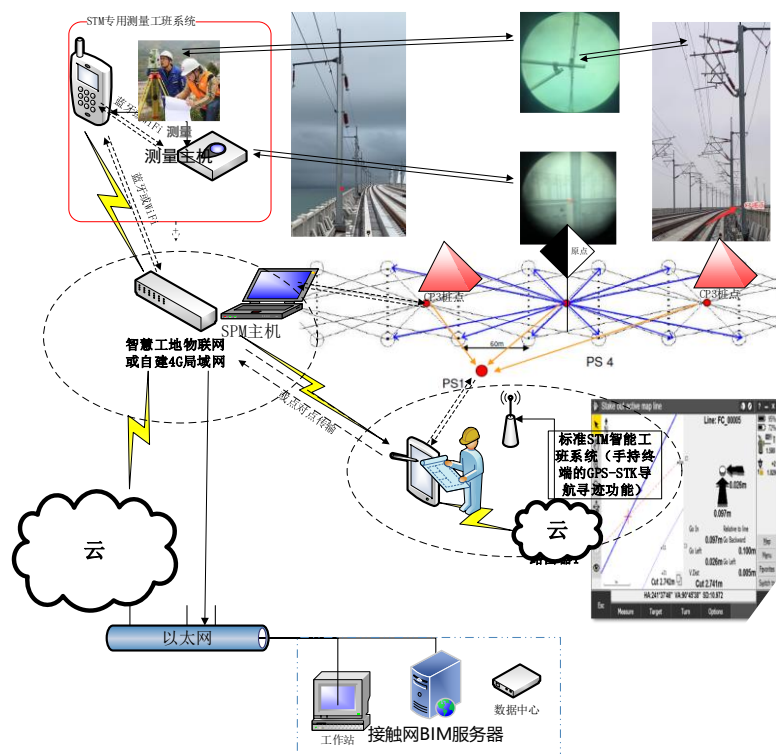
3.2.4 工班级的测量任务应通过上级的作业队操作系统或管理系统（SPM）下达，测量结果应上传至上级的作业队操作系统或管理系统。

【条文说明】

基于硬件设备载体特点配置开发的、基于规定流程和功能定制开发的测量专用软件 and 操作系统，可通过约定的数据接口关系后构建“测量主机”、“STM 智能测量工班系统”专用测量功能子系统，并可通过既有智慧工地系统或自建工业局域网，与外部数据终端或云端数据中心或与来自 SCP IV 系统外的 SPM 作业队生产执行系统等上级 MES 系统一起联动，实现测量主机、STM 智能测量工班系统、SPM 作业队管理系统等多个生产执行系统之间在约定测量业工作流程下的数据交互和关联操作，以完成当日作业工单下达的或上级给定的测量任务。

作业队级操作系统是测量工班系统的上级系统，均为生产执行系统。

系统架构的典型应用方式，示意如说明图 3.2.4：



说明图 3.2.4 系统架构示意图

3.3 测量流程与数据流转

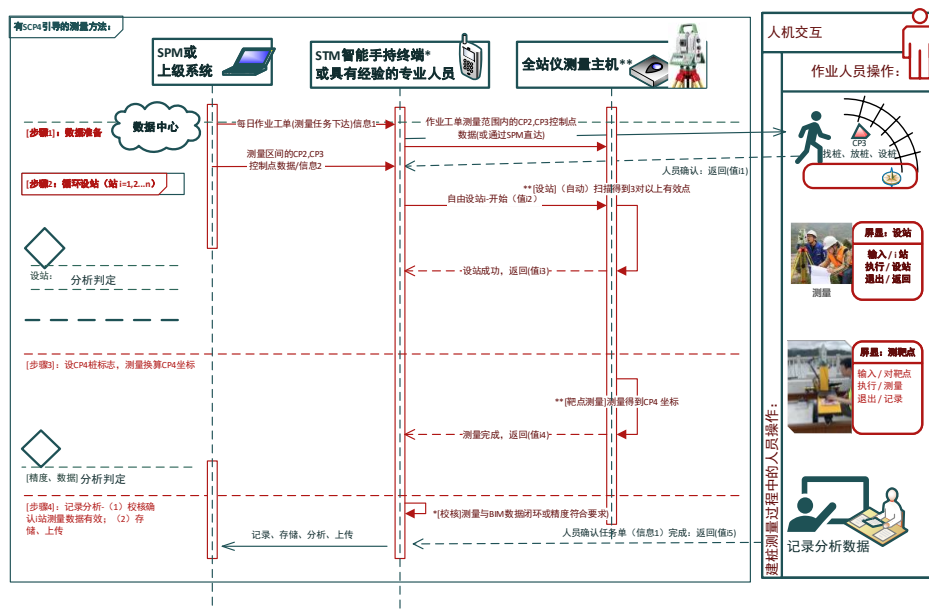
3.3.1 智能测量的工序流程应包括：测量前数据准备（STM 接收 SPM 系统的测量任务等）→STM 下达分解任务至测量设备→寻迹找基桩→智能设站→定测施工控制网 SCPIV-0 基桩和（或）靶点→巡迹测量目标点→坐标换算→测量信息（包括数据、图形或视频等）记录→测量信息分析并上传 STM→STM 校核测量信息合格确认→批量测量后测量信息和测量日志等流转上传给 SPM。

3.3.2 智能测量工序流程的信息记录还应包括操作过程中的主要流程执行信息 and 人机交互信息。

3.3.3 智能测量 SCPIV 系统内安装 STM 系统的智能手持终端、全站仪测量主机与上级 SPM 系统之间的数据信息流的方向和承转关系应明确并定义。

【条文说明】

典型数据流的路径示例如说明图 3.3.3 所示。



说明图 3.3.3 SCP IV 系统设备间及人机交互数据流转径路

3.3.4 智能测量工序流程与方式宜根据环境和条件予以调整 and 规定，在隧道内和隧道外宜采用不同的 SCP IV 桩点标定方式进行施工控制网（SCP IV-0）的建立，其方式应符合本规程第 4.4 节的有关规定。

3.3.5 采用智能测量系统 SCP IV 时，测量人员可采用智能手持机终端 STM 进行整个测量过程的信息流转引导，按照手持机终端 STM 的步骤指引完成各测量任务的操作相关与测量信息的获取、分析、校核、存储和上传。

3.3.6 采用智能测量系统 SCP IV 时，当采用的全站仪等测量设备不能与 STM 进行自动信息交互时，测量人员可按照测量任务清单查阅接触网 BIM 设计成果资料，人工记录并实时在 STM 系统中录入以上相应测量过程的测量数据，在当日测量完成后或利用后台终端（PC）辅助进行换算、计算和存储、全站仪数据图片下载上传校核等功能。

3.4 技术性能要求

3.4.1 应用 SCP IV 系统宜基于已定义的数据关系，采用人机交互指定待测点的方法完成测量。智能测量系统的全站仪测量设备（子）系统可接收并按照 STM 智能工班系统导引信息完成测量。引导信息应包含测点消息，测量待测点坐标以及其相关的指令信息。

3.4.2 智能测量系统宜采用影像获取功能的全站仪，该测量设备主机宜配备 SCP IV

应用系统，并应具有自动设站、自动靶点位置照准、自动测量、自动记录、数据分析和日志记录等功能。在配备有 SCPIV 应用系统时，宜能与 STM 进行实时交互，实现测量流程中信息的自动下载、上传。

3.4.3 当测量系统配置有带影像获取功能的全站仪的，可利用其影像获取待测位置并拍照，对测点进行标注并绘制在获取的照片上，通过电脑触摸或者鼠标等方式对多个测点进行调整。当测量系统配置不带影像获取功能的全站仪时，在自动对准测点后，可通过人工观察全站仪目镜内的图像，并做出微调以使得十字丝对准待测的测点。

3.4.4 测量系统标定精度应满足本规程 3.4.6 条的相关规定。测量成果的精度应满足本规程 4.4.3 条的相关规定。

【条文说明】

由于配置有带影像获取功能的全站仪，可下达指令逐个对测点进行观测，无需多次人工对准可以一次性处理大量数据，并且操作简单，故而可提高测量总效率；有条件的，推荐采用该应用系统和批量快速测量方式。

3.4.5 智能测量系统 SCPIV 的作业时间应满足下列要求：

- 1 新设站或更换坐标点后的重新置镜时间不大于 5min，其中基于移动设备辅助找 CPIII 桩点的时间平均 $\leq 90s$ ；
- 2 单点定位标定时间 $\leq 10s$ ；
- 3 测距系统具有系统全自动、设备半自动和手动模式切换功能，其自动测量节拍时间 ≤ 20 秒，半自动人工测量节拍平均 $\leq 90s$ 。

【条文说明】

自动距离测量的节拍时间指：自动测量情况下，全站仪架设好后，从测量系统找棱镜、测量距离、到开始传输测量数据的累计节拍时间。一般应 ≤ 20 秒。

3.4.6 测量系统的设备标称测量精度应满足下列要求：

- 1 方向测量误差不大于 1”；
- 2 测距中误差不大于 $1mm+2\times 10^{-6}D$ 。

【条文说明】

全站仪自动目标搜索、自动照准、自动测量时，标称精度也应达到不低于 1”、 $1mm+2\times 10^{-6}D$ 的精度要求(本系统测量桩点的平面坐标精度等同 CPIII 平面网距离观测技术要求，参 TB10101 P31：表 3.9.4.-3)。

置镜后开始自动测量期间,目标靶点的移动速度 $\leq 2\text{m/s}$ 且量程位于100m范围内时测量精度不低于 $\pm 10\text{mm}$;静止靶点情况下,定位测量精度不低于 $\pm 5\text{mm}$;可重复测量精度不低于 $\pm 5\text{mm}$ 。

测量量程通常在50m~300m可视距离范围内选择。

3.4.7 测量设备（包括配套主机和网络设备）应满足下列要求：

- 1 测量设备应方便架设于轨道附近,可单人携带或搬运,便于沿铁路方向行走;
- 2 应满足户外使用条件,具有防晒、防雨、防尘、防风和温度监测功能;
- 3 系统主机和辅助自动装置应具有过流、过压保护。当外部电源电压在 $\pm 10\%$ 范围内波动时,系统应能正常工作。

【条文说明】

为满足单人携带或搬运沿铁路方向行走要求,便携式测量主机重量不宜大于10kg,测量系统(含全站仪等光学设备和系统主机及辅助电源系统)不宜大于30kg。移动小车(选配,如有)负载能力 $\geq 110\text{kg}$,轨道走行速度5km~10km/h。

3.5 数据接口标准与传输协议

3.5.1 根据各自功能与应用场景需要,测量系统的各设备或系统间,可采用webAPI、关系数据库或excel文件传输方式。

3.5.2 测量系统内部或系统与智能施工作业机械或其他智能终端之间,应具备应用级数据交互条件。

3.5.3 测量系统的数据接口应符合以下规定：

- 1 测量系统与上级或外部的大数据中心的数据接口,宜优先采用基于数据库文件的导入方式,可采用二进制流方式或http文件协议。关系数据表格式需结合具体项目BIM数据标准,在应用前进行确认或重新定义;

- 2 对测量系统内的其他子系统,宜采用基于网络WebAPI服务方式(Json数据编码统一为UTF-8),可参照外部接口数据传输方式进行交互;

- 3 对系统间通过人工交互方式进行数据交换的,应采用Excel等约定的标准格式记录(仅限于临时离线状态下使用)并需通过相应管理系统进行实时操作前的确认。

3.5.4 测量系统与生产监控管理系统等非应用系统或上级系统的数据交换,可采用非实时交互方式。传输协议标准与方式可由相关方协商确定。

【条文说明】

本系统默认以工班为单位进行相对集中的现场管理,数据采集与分析管理功能通常集成在 STM 智能手持终端内,与外部系统如 SPM 等上级系统或劳动作业生产监控系统之间不直接关联。但可非实时地向上述系统传输本测量系统终端记录的相关信息;此时的传输协议标准与方式不予限定。或采用基于网络 WebAPI 服务方式(控制协议为 Json 格式,数据编码统一为 UTF-8,视频或大数据流采用二进制编码方式),或采用安全监控等上级主系统要求的约定格式(限于项目合同中对此有强制性管理要求的情形)。

3.6 网络环境要求

3.6.1 智能测量系统的应用应采用网络进行数据交互,测量设备之间应采用无线方式连接。

3.6.2 智能测量系统的网络环境,应结合智慧工地建设的网络环境要求进行合理配置。具备良好公网通讯条件的施工现场,或有自构建网络的智慧工地网络覆盖范围内等环境条件下,可利用既有网络完成系统内部或与外部系统之间的数据交互。不具备稳定的外部网络条件下,不应进行应用级数据交互与传输。

3.6.3 网络覆盖范围应满足测量有效作业范围。测量系统内部的各设备或子系统间可采用设备自带的蓝牙连接方式进行数据信息交换,设备间的可靠传输距离不大于 3m;测量设备与操作人员的信息交互不应大于操作人员的可视距离。

【条文说明】

无线网络应实现作业范围的全覆盖。具备良好公网通讯条件的,测量作业的数据交互范围可等同于一个作业队工作范围的每个作业面局部(理论上可以实现全覆盖)。实际测量中,最小覆盖范围应至少按照一个作业工班的作业面范围进行网络布设。

举例:测量系统内,可通过设置固化于 SPM 主机中的自构建网络系统实现智能工地局域网创建,以连接各作业面范围内的其他智能施工机械和班组管理系统 STM 进行数据传输和控制。

3.6.4 在不具备公网通讯条件时,宜自构建网络覆盖作业范围的网路条件,可增设点对点的网络基站桥接加 Wi-Fi 覆盖的方式,或自建 4G 局域网。

【条文说明】

自创建网络方案在测量工序中属于非必要方式,且网络方案多样,其具体构成属于通用技术标准范畴,本专业技术条件不作具体方案要求或限制;但如果自建网络,应满足:一个路由器的无线传输的覆盖半径 $\geq 50\text{m}$,即至少大于一个普通班组作业面工作范围(如有特殊需求,可通过网关连接多个路由器的方式扩展覆盖范围)。

4 接触网施工控制网（SCPIV-0）

4.1 一般规定

4.1.1 接触网施工控制网 SCPIV-0 应在具备线路轨道等 CPIII 施工控制网或铁路 CP II 控制网的条件下区段性地建立。

4.1.2 接触网施工控制网 SCPIV-0 应能实现 BIM 建造过程中实时信息数据与工程现场在地理坐标上的对应和结合，并能快速确认接触网实体间相互空间关系。

4.1.3 接触网施工控制网 SCPIV-0 建立时，应合理选择施工过程测量范围和施测时机，宜结合轨道等限制性土建工程和接触网专业施工组织设计进行建立。

【条文说明】

建立接触网施工控制网需结合土建施工计划，结合自身专业工程的施工放样、立杆、腕臂安装等工序计划和质量要求，有序开展施测和建桩过程。建议以同一工期的轨道施工分段所对应线路区段为最小单位，兼顾隧道区段测量特殊要求（不宜小于 4km，同 CPIII 的隧道平面测量范围选择，P79。），必要时可独立进行隧道（群）区段的分段测量（参 CPIII 分段测量：P33 第9条）。

4.1.4 平面控制测量的主要测量方法和技术要求比照铁路 CPIII 控制网相关要求。

【条文说明】

平面控制测量的主要测量方法和技术要求参照 CPIII 控制网（TB 10601-2009 的表 3.1.2-3 和 3.5.14-2 要求）。

4.2 测量准备

4.2.1 实施接触网施工控制网测量前，工程项目应满足下列条件：

- 1 线路和轨道工程应已完成三维控制网 CPIII 的布设，并提供有效坐标控制点成果表文件；
- 2 相关工程专业应提供测点所在区段的线路平纵断面设计参数、曲线超高、隧道中心偏移量等信息数据；
- 3 获得测点所在区段接触网设计与施工过程中的拟合参数等数据文件；
- 4 拟使用的全站仪和手持式测量终端应进行功能校验、计量校验，并确认测量精度符合要求。手持式测量终端应预装测量相关应用软件。

4.2.2 接触网施工控制网的布设建立宜采用 SCPIV 智能测量系统进行建桩或放样

测量。

4.2.3 应用 SCPIV 智能测量系统时，应满足以下要求：

- 1 确认测量系统与物联网其他相关设备间的数据通讯和传输路径处于连接、有效状态；
- 2 实时 BIM 信息包括相关拟合参数已预先录入或可实时传输至 STM 测量工班系统或工地物联网系统。

【条文说明】

“有效坐标控制点成果表文件”，指经过复测确认或线路拟合后的坐标控制点成果表文件资料，该成果文件宜采用或转换为 mdb 等数据库格式存储或传输。如该成果需再次拟合或修正，还需获得偏差修正值。

所有数据文件已录入 STM 测量工班系统或已形成可供测量人员查阅的可视化文档。“实时 BIM 信息包括相关拟合参数”指，可通过施工现场物联网实时获得测点所在区段接触网平面图和腕臂、吊弦安装图预配计算仿真拟合参数，和相关线路平纵断面设计参数和曲线超高等实时参数。

4.3 测量设站与设桩

4.3.1 接触网施工控制网宜按照接触网跨距或其倍数进行测量自由设站，SCPIV-0 桩基标宜布设在每一接触网支柱或吊柱所在线路里程附近。

4.3.2 测量设站与建桩标识方式宜结合接触网相关技术特征，分隧道内和隧道外两种方式。

4.3.3 建桩时宜采用 CPIII 建站传递到 SCPIV-0 的方式测定 SCPIV-0 的基桩点。SCP IV-0 桩点坐标系统宜采用与 CPIII，CP II 坐标系统相同的椭球参数。

4.3.4 隧道外设站间隔不宜超过 350 m。隧道内设站间隔不宜大于 50 m，隧道内设站作业要求应满足本规程第 4.4.5 条的规定。

【条文说明】

标准接触网跨距一般为 35~65m，在隧道外区间正线通常采用约 50m~60m 的平均跨距、隧道内通常采用 35~45m 的平均跨距。每一条正线接触网悬挂对应的支柱（或吊柱）所在位置均宜设置 CP IV 桩。

可以参照接触网平面布置的跨距值或跨距值的倍数进行设站间隔设计。考虑到曲线段支柱或腕臂等遮挡因素，隧道外每设一站的前后方向视距范围内通常取 $\pm 300\text{m}$ (min)，直线区段可适当延长；隧道内，设站间隔不宜大于接触网跨距 (max 50m)。

SCP IV 桩点坐标系统采用的椭球参数示例，如：

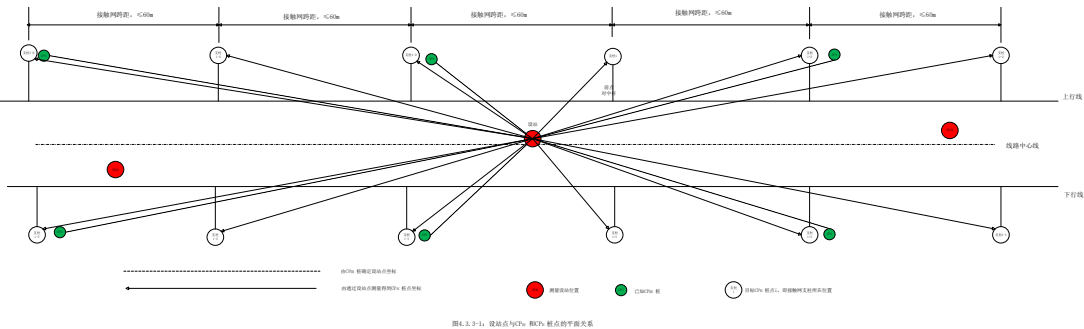
椭球参数:CGCS2000

中央子午线:119°05′ 00″

投影面大地高:15 米

高程异常值:10 米

(隧道外) 测量自由测站与 CPⅢ、SCPⅣ桩点关系示例如说明图 4.3.4。



说明图 4.3.4 自由测站与 CPⅢ、SCPⅣ桩点的设置关系

4.3.5 桩点编号原则应便于理解使用和索引相关工程数据信息。SCPⅣ-0 桩点可采用 9 位 (###+####+###+##) 字符组合表达, 桩点内容应包含控制网专业类别或铁路线名称、公里标、所对应支柱或吊柱信息和线路左右侧信息, 具体示例与详细说明见附录 B。

【条文说明】

四类编码最多共 9 位组合的含义可解析为: 线别或 04 (两位数##, 或线别替代字样“04” (代表“CPⅣ”)) + 公里标 (三位数###) + 支柱编号 (三位数###) + 左或右侧标识 (面对大里程方向或测量顺序方向的 L 或 R);

对于隧道外的编码, 因为区间或站场接触网支柱编号的唯一性以及不存在需通过对称标识位置识别垂直对中线关系的专业测量需求, 可省略左右侧标记 L 或 R 字样。

附近同时可能存在其他专业桩点标识的场合, 或点号标识处面积受限的 (如接触网支柱上), 宜采用“04”标记代替线别标记字符。

4.3.6 SCPⅣ-0 标识应满足以下要求:

- 1 标识应就近设置在 SCPⅣ-0 桩点旁, 且应清晰、明显。
- 2 相邻桩的标识点和/或隧道内左右对称标识点应相互通视。
- 3 桩点所标识内容中, 应包括桩点编号信息。

隧道外接触网 SCPⅣ-0 桩点标识宜设置在每一根支柱的底座之上约 1.2m 处。
隧道内接触网 SCPⅣ-0 桩点标识宜设置在上行或下行的某一吊柱所在的里程断

面的隧道两侧电缆沟盖板之上约 1.2m 处。隧道内接触网 CPIV-0 桩点标识应设置两个标识点并对称布置。

【条文说明】

为便于观察和使用，CPIV 桩和点号标识原则上应在每一根接触网支柱上或隧道内每一吊柱所在的里程断面（隧道侧壁上）设置。

对于双线隧道，因上下行接触网吊柱相邻里程距离较近（保持固定的 2m~2.5m 差距关系），可仅标志其中一条线路的如上行或下行接触网吊柱所在的里程断面。单线隧道则需对应每一处吊柱里程所在断面。考虑到接触网放样测量或桩点测量建桩过程中均可能需通过对称标识位置垂直识别线路中心线或对中线关系，应在隧道内的两侧侧壁上对称标识对应某吊柱里程的点号标识（即在隧道内两侧电缆沟盖板之上的 1.2m 处对称布置同一里程垂直断面投影线上的左右标识点）。

4.3.7 桩点标识宜采用统一字模，具体要求应满足本规程附录 B 的规定。标识字样和编号分隧道内外两种基本方式，具体要求应满足本规程附录 C 的规定。

4.3.8 SCPIV-0 控制点的测量用标识应满足以下要求：

- 1 测量用标识应具有强制对中功能。
- 2 测量用标识可由预埋件、棱镜连接件和棱镜组成。测量用棱镜宜采用与 CPIII 兼容的标准棱镜组件，安装精度应小于 $\pm 0.5\text{mm}$ ；有条件时可采用精密棱镜。
- 3 在同一阶段测量中，棱镜规格应统一。
- 4 所选棱镜规格应适应预埋件的标准孔径和深度条件。
- 5 SCPIV-0 标识的预埋件要求应满足附录 C2.1 和 C2.2 的规定。

【条文说明】与 CPIII 兼容的标准棱镜组件，要求安装精度 $\leq 0.4\text{mm}$ ，例如 GMP104 等型号；有条件的，也可采用 Leica GPR121 等精密棱镜。

本款中的预埋件指预埋套筒、预埋孔或预定位置的夹持件。对于利用支柱上预埋孔的或与利用支柱基础面以上 1.2m 高度位置标志线进行临时夹持的棱镜连接件（如有），其孔外夹持方式或与利用预留孔固定方式的其棱镜常数及差异宜保持一致并应作为测量参数信息内容予以记录、校准。

4.4 SCPIV-0 布设建网测量

4.4.1 隧道外 SCPIV-0 布设建网测量内容和工序应包括：测量前准备→全站仪设站与连接→全站仪拍照→交互指定测点→全站仪自动照准测点→测点坐标测量→测量信息处理并上传 STM→测量后处理信息至 SPM。

4.4.2 系统设站宜通过已知真实坐标得到 3 对以上的全站仪坐标和 CPIII 坐标系下的坐标点完成。全站仪坐标系统 C_s 和世界坐标系 C_w 之间的转换关系宜在系统设站完成后获得。CPⅣ坐标点信息或给定靶点的坐标可按以上步骤测量获得。获取 CPⅣ-0 桩信息后应记录、校正，确认无误后应及时进行标识。

4.4.3 设站间隔宜根据环境条件选择，测站位置宜选取在线路或桥梁中心线左右且附近无遮挡的较高位置。

4.4.4 测量仪器可采用全站仪和辅助测量用棱镜或对中杆等通用仪器设备，其技术要求应符合本规程附录 B 的有关规定。对于采用 SCPIV 系统进行测量的，其设备技术要求应符合本规程 3.2.1 条的有关规定。

【条文说明】

一般测量步骤，如图 4。测量步骤中系统内部仪器或终端间的数据内容与传输路径，见第 3.3.1 节的图 2。

（隧道外）连续测量的设站间隔，参见图 3；隧道内测量设站间隔，参见图 5，测量步骤和内容参见图 6。

通过以上测量步骤和已知真实坐标的棱镜坐标，得到 3 对以上的全站仪坐标和 CPIII 坐标系下的坐标点，对系统设站完成后，即建立了全站仪坐标系统 C_s 和世界坐标系 C_w 之间的转换关系。设站后，按以上步骤测量即可完成从 CPIII 坐标获得 CPⅣ坐标点信息或靶点测量坐标信息。

4.4.5 CPⅣ-0 坐标建桩的测量精度要求应同 CPIII 精测网测量要求等同，误差范围应符合以下要求：

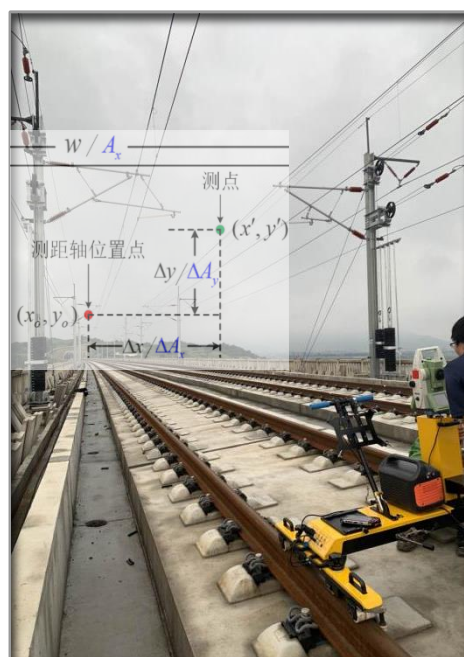
- 1 测距中误差不大于 $1\text{mm}+2\times 10^{-6}D$ ，高程误差不大于 5mm；
- 2 靶点测量误差，应符合安装允许误差和专业工程质量管理要求，满足 350m 视距范围内测距中误差不大于 20mm。
- 3 针对有考核值的靶点（如竣工测量时的吊弦点高度），高程测量误差不大于 5mm；针对暂无考核值要求的靶点施工过程中间值（如腕臂预配相关的承力索座高度测量等），高程测量误差可按不大于 10mm 要求或按照施工过程质量管理要求控制。

【条文说明】

原则上，SCPⅣ坐标建桩测距精度要求同 CPIII 轨道施工控制网测量要求，即测距中误差 $\nless 1\text{mm}+2\times 10^{-6}D$ ，高程误差 $\nless 5\text{mm}$ 。详参线路“中线测量”相关内容。

对获得测值进行分析时，需区分测量误差和安装误差。针对有施工质量考核指标要求的靶点，其竣工测量值的偏差中应包含测量误差和安装误差，并应满足相关施工技术规程和质量验收要求。例如：针对基于 CP IV 坐标测站获得接触网部件实体靶点坐标或相对轨面参考值，以作为供后续预配、安装调试等施工工艺使用的（允许误差），当测值出现安装误差（指实时 BIM 状态误差即当前实际值距离设想目标值的偏差，包含测量误差），实际可能有部分允许偏差（如吊弦预配前的承力索座测量值等非考核验收指标可能允许 20mm、30mm 高程或水平值偏差），可结合多级工艺工序过程的逐级误差控制方法在后续阶段而不是当前阶段进行适当弥补或纠偏；或按满足 BIM 应用的精度要求（如有）。每当测量结果显示有上述超范围偏差时，需评估可否可能影响施工质量，以评估结果作为是否接受本次工序安装误差的限值。根据工程经验，即使承力索座 (x,y,z) 或吊弦里程坐标 z 的中间偏差值达到高程或水平 30mm 且部分情形下即使更大（如 50mm），通过后续工序纠偏，最终也可实现不影响竣工验收质量，其前提是：如工序管理评估后认为本阶段此值暂不纠偏，予以记录并提交逐点的误差值作为下一步工序作为校正叠加到施工调整或预配加工工序的输入条件（修订 BIM 状态值）。

具体验收质量相关的专业工程总允许误差要求，可参照接触网质量验收规范要求制定。现场测量示范见说明图 4.4.5。



说明图 4.4.5 现场测量示范

4.4.6 隧道内 SCPIV-0 布设建网测量宜采用中线轴法建立隧道内接触网施工独立坐标系。典型的测量内容及工序应包括：测量前准备→确定测量用线路中心线或平行导线→确定目标里程的隧道垂直横断面（投影）→对称标识 SCPIV-0 桩点位置→设桩安装标识→测量获得坐标→桩点标记→测量信息处理并上传 STM→测

量后处理信息至 SPM。

【条文说明】

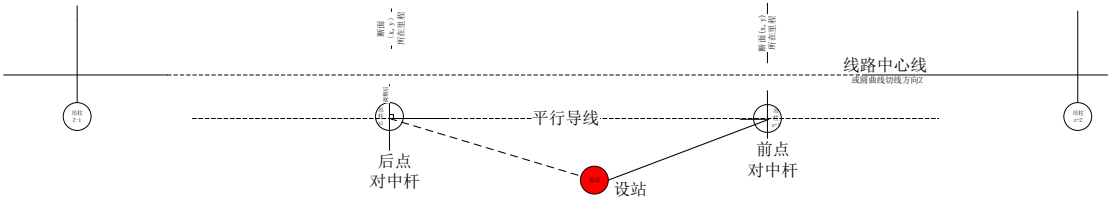
隧道内原则上具备 CPⅢ坐标桩点信息等基础条件，以此作为建立 CPⅣ坐标和接触网施工控制网的前提。当条件有限时，可采用隧道洞内 CPⅡ成果表信息作为补充。

建立中线轴法施工独立坐标系，指：以隧道中心线或线路中心线（双线隧道可根据条件，任意选取上下行之一的线路中心线或曲线段的切线/平行线设为 z 方向）为中心坐标轴 z 的假定坐标系 (x,y,z) ，原点纵坐标值（ z ）宜与修正后的设计里程或 BIM 里程一致。当 CPⅣ的 z 里程的选取应与接触网平面布置图的接触网吊柱所在垂直面对应一致，线路方向上的横向垂面 (x,y) 在隧道壁两侧的交点（投影线）成对标记，以便施工过程中使用。如此得到的断面里程，与隧道控制网平面坐标系 (x,y,z) 中的 z 值一致。

4.4.7 隧道内测量时可采用全站仪、全断面扫描仪，配合标线仪等测距、靶点（光标）导引设备进行联合测量。控制网布点设站间隔不宜大于 50m。

【条文说明】

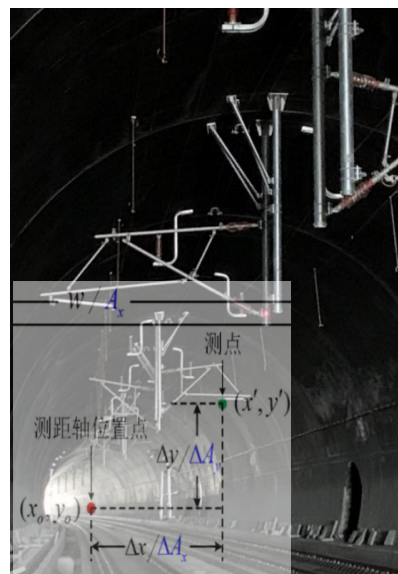
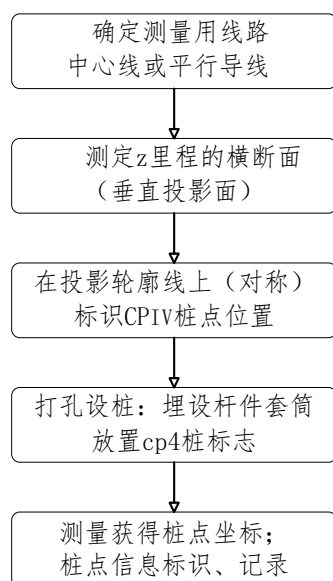
测站、辅助激光标线导引与设桩的控制网布点技术方案，示意如说明图 4.4.7-1。



说明图 4.4.7-1 设站点与对中杆（含激光标线仪）辅助测量点位的平面关系

说明：隧道内的接触网跨距通常 $\geq 60\text{m}$ ，以设站位置为中心，则在前后约 30m 范围内设辅助打线定位用的激光水平垂直多线仪（配对中杆三脚架）时，可较为准确地对其吊柱位置所在里程，且里程方向的光斑聚集较为集中，容易观测或准确地测距（对应 z 方向测量误差允许 20mm）。当受照明条件限制，导则线路里程方向测量视觉距离有限时，需加强或增加照明条件，辅助以靶点的激光标线导引指示、反光标志材料等可视化措施。

相应的典型测量工序，如说明图 4.4.7-2。



说明图 4.4.7-2 隧道内典型建桩测量工序

4.4.8 安装设计或施工过程中将设计数据与地理位置拟合、放样时，放样与符合性测量可采用基于 SCPIV-0 坐标的靶点测量方法。该方法也可适用接触网悬挂安装静态验收质量评价用竣工测量。

4.4.9 在线路轨道工程铺架前或过程中，针对接触网立杆等工序中支柱基础或隧道内吊柱就位时对平面相对位置精度要求不高的，隧道外可采用 GNSS、RTK 等其他测量方法进行辅助放样。获得坐标后结合 BIM 信息的符合性分析时，可结合测量应用系统条件，在现场测量过程中实时完成或作为内业工作由后台于当日测量工作之后及时完成。

【条文说明】

对获得的测值进行实时分析时，需区分测量误差和安装误差。针对有考核指标的靶点，其竣工测量值的偏差中应包含测量误差和安装误差，并应满足相关施工技术规程和质量验收要求。

4.5 桩点坐标成果

4.5.1 原始记录和计算成果应记录真实、准确，具备可复核性。电子成果应与纸质成果内容保持一致性并符合 BIM 格式（如有）记录要求。

4.5.2 接触网 SCPIV-0 控制点成果应包括但不限于：控制点成果表（点位说明、设站信息）、控制网示意图、实际误差评估及其调整成果。

4.5.3 技术成果应包括输入条件和基础测量条件的分析与说明。对于放样与符合性测量用途的，宜针对性地提出允许误差范围和校正、消除环节误差积累的建议。

附录 A SCPIV-0 布设建网测量记录模板

A. 0. 1 接触网控制网 SCPIV-0 建桩记录和变更版本日志格式宜按表 A. 0. 1-1 和表 A. 0. 1-2 的规定执行。

表 A. 0. 1-1 CPIV-0 建桩记录表

版本	日期	说明	测量任务计划
1	【举例】20220517	【举例】莆田段 SCP4 建网	【举例】JP202205
2	【举例】20220601	【举例】DK86 复测	【举例】JP202206

表 A. 0. 1-2 CPIV-0 桩坐标更新清单表

版本	【举例】2	说明	测量后变化
日期	【举例】20220601		
变化明细			
序号	桩	变更	工单号
1	【举例】JCW86190	变更	【举例】JCWM-PT-20220601
2	【举例】JCW86220	变更	

A. 0. 2 接触网 SCPIV 桩点及控制点成果表格式宜按表 A. 0. 2 的规定执行。

A. 0. 2 接触网 SCPIV 桩点及控制点成果表

桩点编号	线路编号	X(m)	Y(m)	棱镜中心高程	连接杆高差	连接杆里程差	里程	线路左右侧	水平方位角	杆号	位置	版本	备注
086887	左线	2806265.6399	497803.9150	27.6529	0	0.081	0.061	DK86+631	左	170.315	887	莆田站	1
086888	右线	2806269.7798	497795.7075	27.4747	0	0.081	0.061	DK86+631	右	170.315	888		2
086889	左线	2806207.3260	497774.2614	27.3690	0	0.081	0.061	DK86+697		170.315	889		1
086890	左线	2806211.5215	497766.0518	27.1886	0	0.081	0.061	DK86+697	左	170.315	890		1
086891	右线	2806149.0488	497744.5890	27.1904	0	0.081	0.061	DK86+762	右	170.315	891		1

注：表头栏内的内容和名称属于本规程定义，表中所有数据均为示例，仅供参考。

【条文说明】表头栏中的内容和名称含义如下：

例，表头栏中的“桩点编号”（示例如表 A.2 中）：086887~086891 为五个 CPIV 桩点信息。

“线路编号”示例：桩点可建立 SCP4 局部坐标原点所在线路，也是桩上设备主要服务的线路桩点坐标 X, Y，棱镜中心高程为实测大地坐标，4 位小数。见表中第 1 行。

“连接杆高差”：棱镜中心点与支柱上安装点高程差，若水平安装，此高差为0。

“连接杆里程差”：棱镜中心点与支柱中心的里程差，一般是安装孔至支柱中心的里程差。此差值在同型号支柱上为固定值，符号使用测站里程和测量支柱腹板里程来判定。里程为根据线路交点和断链的线路计算值；

线路左右侧，指桩点（支柱）在线路的左右侧水平方向为桩点到线路的垂直方向；

“杆号”：桩点所在的支柱编号

“位置”：桩点所在的建筑物位置

“版本”：桩点测量时，数据的版本号，如第一次批量测量为1，第二次局部测量为2

“备注”：用户自定义描述。

附录 B 通用测量仪器的技术要求

B.0.1 全站仪技术要求，可按照 TB10101-2018 附录 A 《全站仪技术要求》和 TB10601-2009 《高速铁路工程测量规范》附录 B 的“光电测距仪、全站仪技术要求”的 B.0.4 款，应采用有效检定期内的测距设备，并在每个项目作业前进行相关项目精度检验。对于建桩测量的，应选用 1”级及以下精度的仪器；对于接触网预配安装使用或验收测量用途的靶点测量用仪器，也可选用 2”~6”级的仪器。光线对点器的对中误差不应大于 1mm。

B.0.2 对中杆技术要求，可参照 TB10101-2018 中附录 B “光电测距仪、全站仪技术要求”第 6、第 7 款：对于与光电测距仪配套的辅助工具校验，按 B.0.5 款要求，如：选用测尺频率的校正精度高于 1×10^{-6} ；对于所选用光学对中器或安置反射器的对中杆，先后标定的两点应重合，对中误差不应大于 1mm。

【条文说明】

全站仪技术要求，可按照 TB10101-2018 附录 A 第 3.94 款规定和 TB10601-2009 《高速铁路工程测量规范》的 B.0.4 款（第 130 页）。对中杆技术要求，可参照 TB10101-2018 中附录 B “光电测距仪、全站仪技术要求”第 6、第 7 款

B.0.3 所选用的棱镜等光学对中器，先后标定的两点应重合，对中误差不应大于 1mm。

【条文说明】

同 TB10601-2009 第 B.0.5 款要求

B.0.4 激光标线仪应具备水平激光线、垂直激光线功能，无照明干扰的条件下的投影距离不小于 30m（此时线宽 $\leq 10\text{mm}$ ），并满足 JB/T 11655-2013 《激光标线仪》准确度 3 等及其以下的精度要求。校准时还可参照 JJF2002-2022 《激光标线仪校准规范》技术要求。

附录 C 桩点及标识

C.1 编码与标识要求

C.1.1 按照 4.3.3 款的编号原则，桩点的标识信息应包含：“线别”或 04（两位字符数##），“公里标”（三位数###），“支柱编号”（三位数###）和（隧道内分）左右侧标识符“L 或 R”（一位数#）。

C.1.2 标识字样和编号分隧道内外两种基本方式，点标识的面朝向线路侧。点号标识用字符，宜采用统一字模，字高为 50mm 的正楷字体；宜采用白色油漆抹底（可选）、深蓝色油漆喷写点号。

隧道外标识于支柱上预埋孔或夹具固定划线位置处附近，采用有二维码方式表达时，点号标识规格为 75mm×85mm，其中二维码尺寸 30×30mm。其中的 10mm 宽水平标志带三角点，将作为夹持安装的柱上参考点“+”。如图 C.1.2-1。

隧道外区间支柱侧面或隧道内边墙上采用无二维码标识符表达时，点号标识规格为 100mm×300mm 白底蓝字表面标识，字高为 50mm。其中 100mm 白底宽度的 1/2 处与左侧交点，可兼做作为夹持安装的柱上参考点“+”。如图 C.1.2-2。

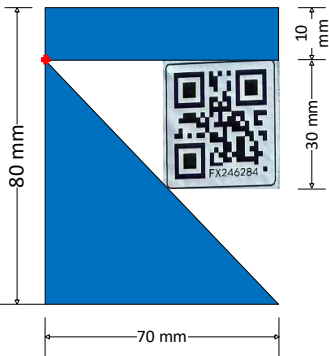


图 C.1.2-1 带二维码的点号标识

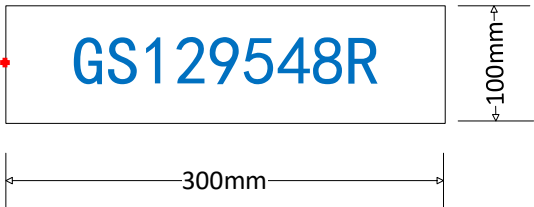


图 C.1.2-2 无二维码的点号标识

【条文说明】示例与说明如下：

如，“广汕铁路”线别“GS”，K129 附近的第 548 接触网隧道内吊柱处，右侧标记（取 R），记为：GS129548R 或 04129548R。

如，“福厦铁路”线别“FX”，区间线路的 K246 附近的第 284 接触网支柱处，记为：FX246284 或 04246284。

点号标识用字符采用字高为 50mm 的正楷字体，白色油漆抹底、深蓝色油漆喷写点号。效果如说明图 C.1.2 所示。



说明图 C.1.2 点号标识实际效果

C.2 控制点标识的预埋与固定

C.2.1 在 H 钢柱上的 CPIV 桩标识安装孔位时，需在支柱上预留开孔（仅适用接触网 H 型钢柱）。对于其他类型接触网支柱，宜采用 C2.2 的点号标识（油漆喷涂方式）。宜采购阶段或在支柱生产制造过程中，按照设计施工的预埋要求设置预留孔供测量和定位使用。孔径 12mm (+1, -0)，贯穿翼板。为便于安装，宜在对角方向翼板上各贯穿一孔，孔中心距离边缘 30mm、距离 H 支柱底板面 1200mm。如图 C.2.1。

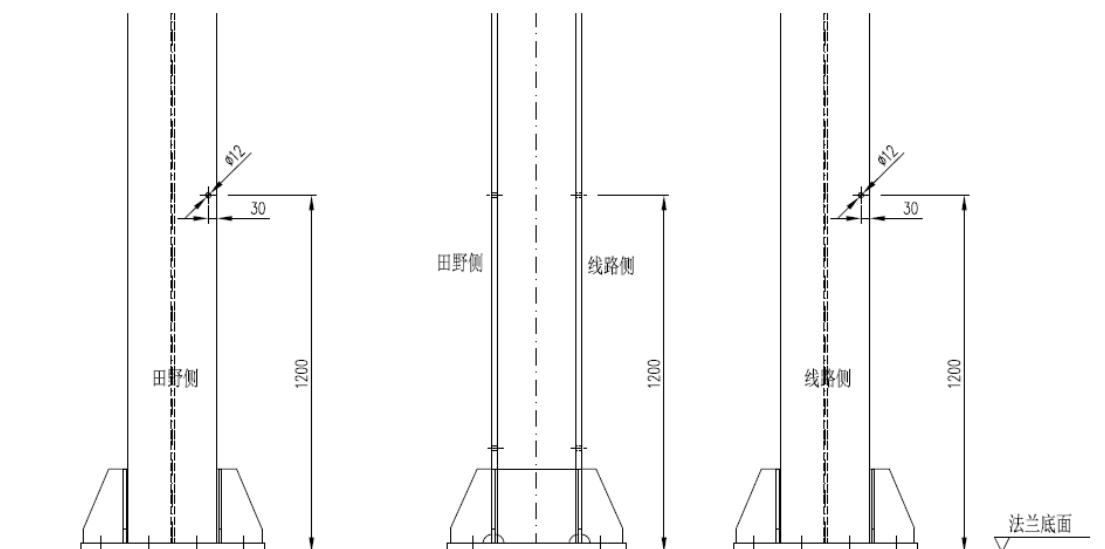
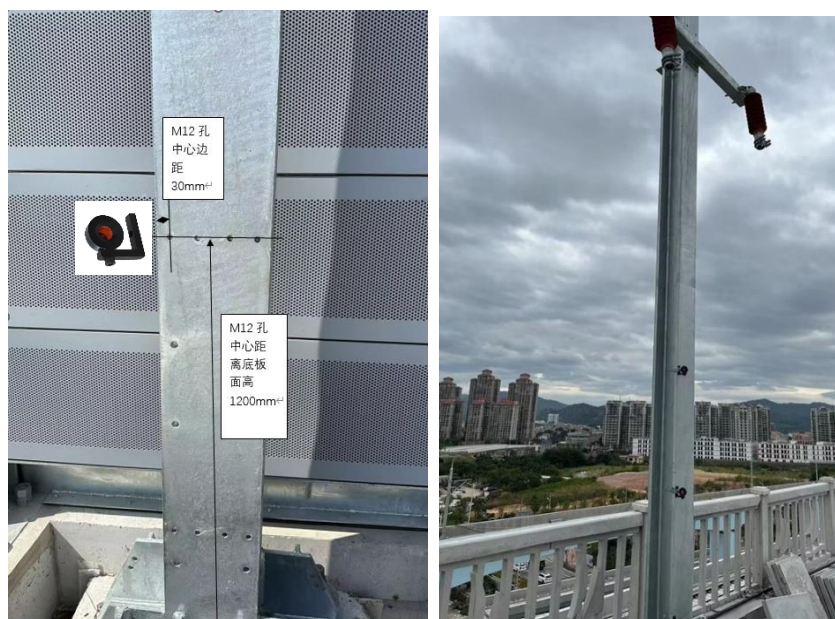


图 C.2.1 H 钢柱上的预留 CPIV 桩标识安装孔位

【条文说明】在H支柱上，采用GMP104小棱镜和水平连接件固定时，棱镜中心距离H支柱线路侧立面约60mm。棱镜安装效果如说明图C.2.1所示。



说明图C.2.1 棱镜安装效果图

C.2.2 对于无预留安装孔的接触网支柱，可利用支柱类型对应的夹持金具水平连接棱镜与支柱。利用夹持金具在H支柱或其他类型支柱上固定棱镜的测量标识时，需统一或固定标识的棱镜中心与标识参考点之间的换算关系。每个工程项目或同一批次测段，应采用同一类型夹持金具。

【条文说明】

统一或固定标识换算关系，指夹具和棱镜组合（根据所选配套棱镜规格）安装后的控制点位置与夹持安装的柱上参考点之间（标识中说明的“+”点），应为固定距离关系并保持足够精度（重复安装偏差 $\leq 0.2\text{mm}$ ）。此时，宜以点号标识的参考点为水平标志线，以此线底端衡量与支柱底盘上表面的距离（保持约1200mm的高度并记录该值）。

例如，在H支柱上，采用GMP104小棱镜时，油漆喷涂的点号标识100mm带宽的下边缘线（标识参考点）对齐棱镜L型连接件的底端（便于定位计量和使用）时，带二维码的点号标识的底边距离支柱底盘约 $1200-45=1155\text{mm}$ 。安装效果如说明图C.2.2所示。



说明图 C.2.2 棱镜夹持安装效果图

C.2.3 在隧道侧壁预留 CPIV 测量用的预埋套筒，宜采用与 CPIII 连接件兼容的 M12 套筒预埋件元器件尺寸：总长度 $\geq 80\text{mm}$ 、内孔深度 48mm 的内孔套筒，可适配 M12 螺纹或光滑圆连接杆。隧道内，需要牢固地固定预埋件（满足轨旁运营设备强度和风压要求），宜采用化学植筋胶固定。

【条文说明】

预埋件元器件制作尺寸可参考 TB10101 的图 B.4.1-1。

本规程用词说明

1 本规程执行严格程度的用词，采用下列写法：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 表示很严格，在正常情况下均应这样做的词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

- 1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”；
- 2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《××××××》×××的有关规定”；
- 3) 当引用本规程中的其他规定时，表述为“应符合本规程第×章的有关规定”、“应符合本规程第×.×节的有关规定”、“应符合本规程第×.×.×条的有关规定”或“应按本规程第×.×.×条的有关规定执行”。

引用标准名录

《铁路工程测量规范》(TB 10101-2018)。

《高速铁路工程测量规范》(TB 10601-2009)