沉降区段 CRTSIII 无砟轨道 CPIII 测量及精调技术

李亚军

中铁十四局集团第四工程有限公司　山东　济南　250004

摘　要：为解决高铁沉降区段无砟轨道平顺性及精度管控问题，保障轨道运营安全稳定。本文阐述高速铁路CPIII轨道控制网的定义、作用、布设原则、精度要求及建立方法，针对沉降区段 CRTSIII 无砟轨道，详述 CPIII 测量前期准备、平面与高程测量、数据处理流程，介绍轨道平面、高程精调工艺及精调后质量检测内容，明确了沉降区段无砟轨道测量与精调整套技术流程，可为相关高铁运维施工提供技术参考。

关键词：沉降区段；CRTSIII 无砟轨道；CPIII 测量；精调技术

引言

高铁无砟轨道易出现沉降病害，会造成轨道几何参数偏差，影响列车运行安全与平顺性，而 CPIII 控制网是轨道测量与精调的核心基准。为有效处置沉降区段轨道病害，规范轨道施工与运维精度，本文基于 CPIII 控制网技术体系，系统阐述其基础参数与搭建方法，探究沉降区段 CRTSIII 无砟轨道的测量、数据处理及轨道精调技术，总结配套质量检测方法，为同类高铁轨道养护施工提供技术参考。

工程概况

本文以津潍高铁 BWZH-2 标项目为依托，线路长 36.218 公里，途经广饶县、寿光市多个乡镇，以桥梁为主。该段地处黄河三角洲冲积平原，表层分布厚层软塑状粉质黏土，地基压缩性高、固结沉降周期长，地质以海相沉积层为主，软土层最大厚度 18 米，工后沉降风险显著，是全线沉降防控重点区段，也是全线 CPIII 测量精度管控难度最高的区段之一。为保障轨道施工精度，该段共布设 CPIII 控制点 1198 个，平面测量精度控制在 0.8mm 以内，高程测量精度控制在 0.4mm 以内，为沉降区段轨道精调作业提供了可靠测量基准，其无砟轨道测量与精调质量直接决定全线运营安全性与平顺性。本文研究的沉降区段 CRTSIII 无砟轨道 CPIII 测量及精调技术，针对该类冲积平原软土地质区段施工难点提出了系统性技术方案，可为津潍高铁东营、寿光段的轨道施工与后续运维提供技术支撑。

1 CPIII 控制网概述

1.1 CPIII 控制网的定义与作用

CPIII 控制网全称为轨道控制网三级网，是高速铁路轨道施工与运营维护阶段的核心高精度三维测量控制网，在线路基础施工完成后，以线路中线为基准沿线路两侧布设。在高铁工程建设与后期运维中，CPIII 控制网可作为基础性基准，为轨道铺设、精调提供统一高精度空间测量基准，同时承担运营阶段轨道变形监测的基准支撑工作。依托该控制网的高精度参数，可保障高铁轨道平顺性与结构稳定性，规范铺设精度，消除轨道偏差，满足高速列车运行的安全与舒适性要求，是高铁工程质量管控和长期运维监测的重要基础保障。

1.2 CPIII 控制网的布设原则

（（1）沿线路方向均匀布设，CPIII 点位顺线路走向布置，常规间距控制在 60m 左右，桥梁、隧道等特殊地段可结合工况调整间距，保障全线测量控制连续性均匀性，稳定轨道铺设与精调精度。（2）与线路中线保持固定距离，所有 CPIII 点位统一布设在中线两侧，标准距离约 9.2m，可规避控制点损毁，便利现场测量作业，保障测量工作推进。（3）贴合现场地形地质条件布设，点位布设前核查现场地形地质，地势平坦地质稳定区域按常规标准布设，地势起伏大、地质复杂区域针对性调整点位位置与布设间距，确保控制点发挥测量控制作用。（4）兼顾测量作业与点位保护需求，CPIII 点位选在观测便捷、不易受损位置，避开施工干扰、交通影响及易受自然破坏区域，布设完成后落实保护措施，设置标识与防护设施，保障点位长期稳定可用。

1.3 CPIII 控制网的精度要求

CPIII 控制网对平面和高程测量设定明确精度标准，其平面坐标中误差不得大于 1mm，高程中误差不得大于 0.5mm，所有测量误差需控制在规定限值内[1]。轨道铺设、轨道精调作业均以 CPIII 控制网测量数据为实施依据，控制网测量精度直接影响轨道几何参数的采集精

度，决定轨道平面与高程位置的偏差范围。轨道几何状态参数是高速列车安全、平稳运行的核心基础，参数偏差超标会改变列车运行结构受力，加大轮轨相互作用，造成列车运行异常。CPIII 控制网既定精度指标，可管控测量工作中的系统误差与偶然误差，减少测量数据导致的轨道布设偏差，为轨道构件安装、参数精调、状态复测等后续施工工序提供精准、稳定的测量基准，确保轨道铺设质量符合高速列车运行的技术规范要求。

1.4 CPIII 控制网的建立方法

CPIII 控制网建立采用自由设站边角交会测量方法。测量作业前，需在待测线路周边筛选符合规范的基准点，作为控制网测量的基础依据。作业时采用全站仪自由设站模式，对布设完成的 CPIII 点位开展系统性观测，同步采集各点位的平面与高程测量数据。全程严格遵循工程测量规范标准开展操作，规范仪器架设、观测流程、读数记录等各环节作业行为，规避人为操作、环境干扰等因素带来的数据偏差，保障原始测量数据的真实性、准确性与完整性。外业观测工作全部完成后，统一对采集的所有测量数据进行整理与平差计算处理，修正观测过程中产生的偶然误差与系统误差，优化数据精度，最终解算得出所有 CPIII 点位的精准平面坐标和高程数据，完成 CPIII 控制网的建立工作。

2 沉降区段 CRTSIII 无砟轨道 CPIII 测量技术

2.1 测量前的准备工作

（1）资料收集与分析：收集沉降区段地质勘察、工程设计、现场施工等资料，梳理区域地质条件、轨道沉降现状、轨道结构构造等基础信息，分析后明确 CPIII 测量工作重点与技术难点，结合现场工况编制专项测量方案，为测量作业提供技术支撑。（2）测量仪器设备的检查与校准：检查校准全站仪、水准仪等核心测量设备，核验设备精度与运行状态，确保参数符合 CPIII 测量规范及作业标准，配齐棱镜、脚架、对中杆等辅助工具耗材，核查作业工具完好性，保证可正常投入现场作业[2]。（3）CPIII 点的复测与修复：复测沉降区段全部 CPIII 控制点，检查点位布设稳定性与坐标精度，排查点位偏移、变形、损坏等问题，对失效、破损点位及时修复或重新布设，完善区域 CPIII 控制网，保障控制网完整可靠，符合轨道测量作业要求。

2.2 平面测量技术

一是自由设站观测：采用自由设站边角交会法开展 CPIII 点平面测量，在视野开阔、通视良好位置设站，保证可观测足量 CPIII 点，作业中把控角度、距离测量精度，规范操作流程，减少测量误差，保证观测数据有效。二是多测回观测：为提升测量成果精度，全程执行多测回观测制度，每轮测回完成后，核查数据合规性与准确性，筛查异常数据，不合格数据及时重测，所有测回结束后，对有效数据取均值，得到初步 CPIII 点平面坐标数据。三是数据处理与分析：现场观测完成后，统一整理所有原始平面测量数据，采用适配平差方法完成平差计算，消除系统误差与偶然误差，核验平差成果及 CPIII 点平面坐标精度，精度不达标则排查原因，落实整改复测，保障最终成果符合工程规范精度标准。

2.3 高程测量技术

第一，采用精密水准测量方法开展 CPIII 点高程测量，全程严格遵循水准测量规范标准，规范操作，管控水准路线长度与路段测站数量，把控测量精度，降低测量误差，保障基础测量数据规范。第二，采用中间法观测提升水准测量精度，各测站将水准仪安置于两把水准尺中间，保证前后视距一致，抵消 i 角误差干扰，规避系统误差造成的数据偏差，优化测量精度。第三，外业测量完成后开展数据处理与检核：统一计算所有 CPIII 点高程数据，采用往返观测或闭合环观测模式检核数据，全方位核验高程测量结果，保证数据准确可靠[3]；若测量结果超出规范限值，立即排查超限原因，及时复测，直至数据符合规范要求。

2.4 数据处理与分析

（1）数据整理与录入，统一梳理平面测量和高程测量原始数据，完成数据系统化整理与入库，建立专属测量数据库。数据录入过程中逐项核查，校验数据的准确性与完整性，排查数据遗漏、错录等问题，杜绝数据录入错误，确保入库原始数据真实、规范、统一。（2）平差计算，利用专业测量平差软件对入库测量数据进行系统化平差计算，解算全部 CPIII 点的最终平面坐标与高程数据。结合现场施工工况及工程规范，选用适配的平差模型与参数，严格规范计算流程，保证平差计算合规，成果准确有效，符合工程测量规范标准。（3）精度评定与分析，对平差成果开展精度评定和数据分析，测算各 CPIII 点坐标与高程中误差，核对成果精度是否满足项目要求，梳理测量误差来源及影响因素，结合现场实际情况制定整改及优化措施，总结测量工作经验，为后续同类测量作业提供数据支撑与技术参考。

3 沉降区段 CRTSIII 无砟轨道精调技术

3.1 精调前的准备工作

一是开展轨道状态检查，对沉降区段轨道开展全方

位核查，核查内容涵盖轨道几何尺寸、轨道结构完整性、扣件运行状态等内容，精准排查轨道现存的各类偏差与故障问题，梳理轨道现存隐患，为后续轨道精调作业开展、方案实施提供基础依据。二是做好测量数据准备，对 CPIII 测量采集的原始数据进行统一处理、整合与分析，明确轨道实时运行状态及各项参数偏差情况，结合实测数据梳理轨道偏差问题，据此编制专项精调方案与作业计划，明确精调作业的核心目标、技术标准及各项施工要求[4]。三是落实精调工具和材料准备，配齐轨道调整器、扳手、道尺、垫板等精调作业所需工具与耗材，对所有作业工具进行全面检查、调试与校准，排查工具性能故障，确保各类工具设备工况良好、运行正常，可满足现场精调作业施工需求。

3.2 轨道平面精调技术

（1）轨道中线调整：依托 CPIII 测量获取的轨道中线偏差数据，采用轨道调整器开展中线调整作业，作业遵循先整体后局部的作业原则，优先整改大范围方向偏差，再修正局部细微偏差，调整全程实时监测轨道中线位置，保障轨道中线参数符合工程设计标准。（2）轨道方向调整：该工序主要通过调整轨道扣件完成，结合实测轨道方向偏差数据，明确扣件调整位置与具体调整量，采用扳手等专用工具对扣件进行调试作业，作业过程中严控轨道平顺状态，杜绝轨道出现折角、突变等问题，确保轨道方向达标[4]。（3）轨距调整：作为轨道平面精调关键工序，作业人员使用道尺测量轨距参数，对比设计标准确定调整方案，通过调节扣件螺栓扭矩或更换对应规格轨距挡板的方式调整轨距，逐一校准轨道轨距数值，保证全线轨距符合规范标准，完成轨道平面整体精调作业。

3.3 轨道高程精调技术

第一为轨道高低调整，依托 CPIII 测量获取的轨道高低偏差数据，采用轨道调整器开展轨道高低调整作业，作业遵循先调整高程偏差较大地段、后调整偏差较小地段的顺序开展，调整全程实时检测轨道高程，保障轨道高程参数符合设计标准。第二为轨面平顺性调整，该项作业用于保障列车运行安全与乘坐舒适性，在完成轨道高低调整作业的同步，需把控轨面平顺状态，杜绝轨面出现波浪形磨耗、轨道不平顺等问题，可采用弦线工具检测轨面状态，依据实测检测数据，针对性开展轨面打磨与轨道微调作业，修正轨面缺陷。第三为轨道水平调整，主要用于修正左右两股轨道的高程差，使其满足设计规范，作业中利用水准仪测量两股轨道高程，结合设计参数开展水平调整，通过调节扣件螺栓扭矩、更换不同厚度垫板的方式修正轨道水平偏差，确保最终水平偏差数值处于规范允许范围之内，完成轨道高程整体精调作业。

3.4 精调后的质量检测

（1）轨道几何尺寸检测：采用轨道检测仪设备，对精调完成的轨道开展全方位几何尺寸检测，检测项目包含轨道中线、轨道方向、轨距、高低、水平等核心参数，逐一核对各项参数指标，确认所有轨道几何尺寸符合工程设计要求及现行相关规范标准。（2）轨道平顺性检测：采用弦线检测法或惯性基准法检测轨道平顺性，重点排查轨面波浪形磨耗、轨道接头不平顺等病害问题，针对检测出的轨道不平顺区域，开展二次调整与整改处理，保障整体轨道平顺性达标[5]。（3）扣件状态检查：全面排查精调后轨道扣件的整体状态，核查扣件安装牢固程度、螺栓扭矩数值、零部件完整情况，对松动、扭矩不达标、配件缺失损坏的扣件，及时进行紧固、更换处理，保证所有扣件安装状态合规、使用性能稳定。

结语

综上所述，高铁沉降区段无砟轨道施工中，CPIII 控制网测量与轨道精调是保障轨道运营质量的关键工序。规范落实控制网布设、精准测量、数据处理等各项工序，可有效把控轨道平面与高程精度，修正轨道沉降产生的各类偏差。标准化的精调作业与完工检测流程，能够切实提升轨道平顺性与结构稳定性，规避列车运行安全隐患。整套技术流程可有效解决沉降区段轨道施工难题，为高铁轨道施工质量管控及后期安全运维提供可靠的技术保障。

参考文献

[1] 秦丛勇, 张虎, 江浩, 等. 分级测量控制技术在无砟轨道精密施工中的应用 [J]. 安装,2026,(8):48-51.

[2] 曹娟华. 基于精度与效率的无砟轨道精调测量技术研究 [J]. 科技创新与应用,2025,15(35):53-56.

[3] 姚丙生. 高铁测量控制网及无砟轨道精调施工研究 [J]. 工程机械与维修,2024,(1):56-58.

[4] 周明厚. 客运专线无砟轨道精调施工控制关键技术 [J]. 产业与科技论坛,2022,21(6):49-50.

[5] 李路遥, 谭社会, 李传勇. 基于信息化的 CRTSIII 型板式无砟轨道几何形位控制技术[J]. 铁道标准设计,2022,66(9):58-62.