

铁路路基智能化填筑施工指南
(征求意见稿)
编制说明

标准起草组

2026年1月

一、标准编制的依据、目的、背景和意义

（一）编制依据

国能包神铁路集团有限责任公司和中铁十一局集团有限公司作为主编单位，主持《铁路路基智能化填筑施工指南》编制工作。

文件提出单位：中国技术市场协会。

归口管理单位：中国技术市场协会。

本标准编制起止时间为 2025.11~2026.6。

（二）编制目的

本《指南》旨在提升基础设施施工工艺和工装设备的技术水平，推进设备数字化与施工智能化，发展智慧工地等智能建造技术，将信息化与智能化技术和传统铁路路基填筑技术融合，以提升我国铁路路基填筑水平。

通过深入认识与路基智能化填筑施工有关的已有规范、规程及标准，以中铁十一局集团有限公司在建的雄商与西延等项目的高速铁路路基为具体依托工程，在保留已有技术条例的基础上，以沉降变形与边坡稳定的智能监测等为内容增量，集成、创新编制本《指南》（团体标准）以高效指导铁路路基的智能化填筑施工。

本《指南》是实现铁路路基填筑施工标准化、信息化、智能化的重要工具。本《指南》的应用，可统一路基填筑在新技术、新设备和新工艺上的智能填筑技术要求，并为铁路路基填筑质量提供保障和依据。

（三）编制背景和意义

交通强国、铁路先行，随着我国老龄化程度加剧，在铁路基础设施

建设中推行无人工地技术集成应用是发展趋势。《“十四五”铁路科技创新规划》指出要面向国家重大需求，推进铁路领域战略高技术、装备和系统集成攻关。但铁路基础设施为长大线状工程，工程环境复杂多变、建造要素多类耦联、作业模式复杂多样，开展无人工地技术集成应用难度大，研究尚处起步阶段。随科技的不断发展，智能化技术在各行各业的应用越来越广泛。智能化填筑施工是实现铁路建设可持续发展的重要手段之一。在铁路路基填筑施工中引入智能化技术，不仅是对传统施工方式的革新，更是对技术进步的有力推动。智能化填筑施工通过引入先进的自动化设备和系统，能够实现对路基填筑过程的实时监控和精准控制，从而减少人工操作、提高施工效率，不仅可以缩短工期，降低施工成本，还能减少人为因素对施工质量的影响。

为促进铁路基础设施智能装备、远程控制技术和智能化施工技术的发展，大幅提升智能建造能力和水平，打造铁路基础设施建造“新标杆”，支撑交通强国建设，国家重点研发计划《无人工地技术集成及示范应用》发展铁路基础设施无人工地多要素耦合下智能施工组织多目标优化理论和集群装备协同作业时空调度与控制理论，形成人机料法等生产要素和施工组织动态调控、智能装备高精度定位与导航、障碍物精准识别与自主避障和远程遥控等技术，形成具备“施工状况感知-装备作业参数调控”互馈机制的智能装备，构建集群智能装备集中控制中心和铁路基础设施无人施工智能管控平台，并开展无人工地技术集成与应用。

《铁路路基智能化填筑施工指南》旨在规范铁路路基智能化填筑施工的流程和方法，确保施工过程中的各个环节都能够按照标准化的要求

进行操作，有助于降低施工风险，提高施工效率和质量。该指南的发布和实施，旨在推广智能化技术在铁路路基填筑施工中的应用。通过宣传和推广，可以让更多的施工单位了解并掌握智能化施工技术和方法，提高行业的智能化水平。同时有助于推动铁路建设向绿色、环保、高效的方向发展，促进铁路建设向更高质量、更高效益发展，为我国的交通运输事业做出更大的贡献。

二、编制单位组成情况和工作基础

（一）编制单位组成

起草单位：国能包神铁路集团有限责任公司、中铁十一局集团有限公司、中铁第一勘察设计院集团有限公司、华东交通大学、中国铁建重工集团股份有限公司等，后续规程编制过程中，根据工作需求，可再增加若干参编单位。

（二）现有工作基础

（1）通过对现有国内外铁路路基填筑施工技术标准的调研，掌握现有标准的适用范围、标准内容、标准深度。对现有的相关标准进行了全面梳理和汇总，国内现行相关标准与规范共计24部，国外相关规范与指南共计16部。现有标准规范从路基材料、设计、填筑、施工、监测、验收与养护等方面分别提出了相关要求，但均为指导性条款。结合现有工程调研发现铁路路基填筑施工智能化及路基风险源识别问题尚未通过规范得到系统解决。但现有标准规范结构体系完整，可以支撑本标准的编制。

(2) 国内已建成投入运营路基填筑的应用现状及存在的问题，包括公路、铁路、轨道交通等领域。从国内外相关标准调研情况来看，绝大部分标准对路基填筑的材料、方法、设备、验收等做了较为详细的规定，但在其涉及智能化施工、监控量测、风险源识别的规定尚不够详细，尤其在风险源识别方面，由于铁路路基往往穿越复杂地貌，其填筑是设计中需要十分关注的重点之一。所调研的国内外规范、标准中虽有智能化施工做了相关的定性规定，但并未对具体的设计细节展开阐述，为此，进一步研究铁路路基风险源识别与智能化填筑是非常有必要。

(3) 调研分析智能自适应控制方法的核心在于确定振动压路机的关键参数。通过对这些参数的实时精确控制，可以实现模块化管理和精确压力补偿，从而确保高速铁路路基填筑压实的效率和质量。具体来说，这些关键参数包括振动频率、振幅、碾压速度等。

在实际施工过程中，智能自适应控制程序会根据实时采集的施工数据，如路基的压实度、沉降量等，不断调整振动压路机的关键参数。例如，如果检测到某一区域的压实度不足，程序会自动增加振动频率或振幅，以提高压实效果；如果压实度已经达到要求，程序则会适当降低参数数值，以避免过度压实。

综上，本次申报中交协团体标准将围绕《铁路路基智能化填筑施工指南》编制标准大纲，并结合现有新技术，解决以上问题进行细化和补充。本标准的编制，对于提升铁路路基填筑的智能化施工水平、规范市场竞争，推动技术进度与城市高质量发展，建设绿色环保安全的工程具有非常重大的意义。

三、前期筹备工作

(一) 本标准的定位与编制形式

本技术规范编制的目的是规范和指导铁路路基智能化填筑施工的技术应用，基本原则是基于《铁路路基智能化填筑施工指南》，参照行业标准及相关地方标准，针对铁路路基填筑的风险源识别，智能化填筑，监控量测等方面提出的具体要求。本规范主要规定了铁路路基智能化填筑施工的术语和定义、风险源识别、施工、机械设备、监控量测以及检测与验收等内容。

(二) 国内外相关标准

1. 《路基填筑智能压实施工规范》（DB42 / T 1950-2023）
2. 《铁路工程土工试验规程》（TB 10102-2023）
3. 《铁路路基填筑工程连续压实控制技术规程》（Q/CR 9210-2015）
4. 《铁路路基工程施工质量验收标准》（TB 10414-2018）
5. 《高速铁路路基工程施工质量验收标准》（TB 10751-2018）
6. 《基于北斗的路基智能压实技术规范》（DB13T 5579-2022）
7. 《公路路基填筑工程连续压实控制系统技术条件》（JT/T 1127-2017）
8. 《公路路基智能压实控制技术规程》（DB13T 2572-2017）
9. 《公路路基路面智能化施工质量管控技术规程》（DB13T 5577-2022）
10. 《公路路基与基层智能压实控制技术规范》（DB23T 2940-2021）

四、章节结构与主要内容

1 范围

1.1 主要内容

1.2 适用范围

1.3 不适用范围

2 规范性引用文件

3 术语和定义

4 总则

4.1 目的与目标

4.2 基本原则

4.3 智能化填筑施工体系框架概述

5 施工准备

5.1 技术准备

5.2 设备与系统准备

5.3 材料准备

5.4 人员与组织

6 智能化填筑施工过程控制

6.1 基底处理与验收

6.2 填料运输与调度

6.3 摊铺作业

6.4 碾压压实作业

6.5 含水量智能控制

6.6 层间处理与检验

7 施工质量检验与评估

7.1 过程检验

7.2 竣工检验

7.3 质量评估与决策支持

8 数据管理、系统集成与决策支持

8.1 数据采集与传输标准

8.2 中心数据平台功能要求

8.3 数字孪生模型构建与施工过程动态映射

8.4 施工进度、质量、成本的集成分析与看板展示

8.5 智能决策支持

9 施工安全与环境保护

9.1 智能化施工安全监控

9.2 设备自身安全防护与应急机制

9.3 基于智能系统的环保监控

10 系统维护与故障处理

10.1 智能化设备与系统的日常维护

10.2 常见故障诊断与排除流程

10.3 数据备份与系统恢复

附录A

附录B

附录C

附录D

五、主要试验（验证）分析、技术经济论证与预期经济效果

（一）主要试验（验证）分析

为系统验证智能化填筑施工技术的工程适用性、可靠性及稳定性，编制组将以雄商高铁、西延高铁等在建项目的路基工程为依托，开展多层次、多阶段的现场试验与仿真验证，具体包括：

1. 智能压实工艺试验

参数标定试验：针对不同填料类型（A/B组填料、改良土等），开展振动频率（20-40 Hz）、振幅（0.8-2.0 mm）、碾压速度（2-6 km/h）等多参数组合试验，建立“填料—压实参数—压实质量”映射数据库。

实时反馈控制验证：在碾压过程中通过安装在压路机上的压实度传感器、北斗高精度定位模块实时采集压实轨迹与压实指标，验证智能压实系统能否根据压实度变异情况实时调整碾压参数，实现“欠压补压、过压报警”。

2. 边坡与沉降智能监测系统验证

传感器组网测试：在试验段布置光纤光栅应变传感器、测斜仪、沉降墩等设备，构建边坡稳定性与路基沉降的实时监测网络，验证其在复杂气候与地质条件下的数据稳定性与传输可靠性。

预警机制验证：通过模拟边坡局部加载、水位变化等工况，测试系统能否依据监测数据实现变形预警、滑动趋势分析，并推送预警信息至施工管控平台。

3. 无人施工装备协同作业试验

集群调度测试：在封闭试验场开展3台以上智能压路机、摊铺机、

运输车的协同作业试验，测试集中控制中心的任务分配、路径规划、冲突消解能力。

人机交互与安全避障验证：验证基于激光雷达与视觉融合的障碍物识别系统在施工作业中的响应时间与避障策略有效性。

4. 施工数据平台与决策支持系统验证

数字孪生模型精度验证：将实际施工过程中的填料参数、碾压轨迹、监测数据同步导入数字孪生模型，对比模型预测沉降与实际监测结果的偏差，迭代优化模型参数。

智能决策模块测试：在施工过程中模拟质量异常、进度滞后等场景，验证系统能否自动生成调整建议（如补压区域、机械调度方案）。

（二）技术经济论证

1. 技术成熟度与集成可行性

关键技术储备：智能压实、物联网监测、北斗定位、数字孪生等技术已在公路、机场、市政等领域得到应用。铁路路基施工具有线性连续、作业面广、重复工序多的特点，适合开展标准化、可复制的智能化集成。

系统兼容性：本指南提出的系统框架采用模块化设计，支持与现有施工管理系统、BIM平台及铁路工程信息平台对接，降低集成门槛。

2. 全生命周期经济性分析

初期投入构成：主要包括智能施工装备改造/采购、传感监测网络部署、数据中心与管控平台建设、人员培训等。

长期收益来源：

效率提升：通过智能调度与自动化作业，减少机械闲置与工序衔接

时间，提升整体施工效率约 15%-30%。

质量成本降低：通过实时质量控制与预警，降低返工率与后期沉降治理成本，预计节约质量风险成本 10%-20%。

人力节约：减少现场操作、记录、巡检等岗位人员需求，长期可降低人力成本 25%-35%。

投资回收期估算：在中等规模铁路路基项目中（路基长度 ≥ 10 km），预计智能建造系统的投资回收期为 3-5 年。

3. 风险与应对策略

技术风险：部分智能设备在复杂地质条件下适应性不足。应对：开展梯度推广，先在条件较好区段试点，逐步扩展至复杂区段。

管理风险：传统施工队伍对智能化系统接受度与操作能力有限。应对：编制配套培训手册、视频教程，并设立现场技术支持岗。

数据安全风险：施工数据涉及工程安全与商业秘密。应对：建立本地化部署+云备份混合架构，实施访问权限控制与数据加密。

（三）预期经济、社会与环境效果

1. 经济效益

（1）直接经济收益：

工期缩短带来的间接成本节约（管理费、租赁费、资金利息等）；

提高一次验收合格率，减少整改与复检费用；

通过精细化材料控制，降低填料损耗约 5%-10%。

（2）长期价值：

积累的施工过程数据可用于工程保险定价、养护决策支持，延长工

程使用寿命；

推动施工单位向技术密集型、数据驱动型企业转型，提升市场竞争力。

2. 社会效益

(1) 推动行业升级：为铁路工程智能建造提供可复制、可推广的技术标准与应用范式；

(2) 提升安全水平：通过实时监控与预警，降低边坡坍塌、机械伤害等事故发生率；

(3) 促进就业结构优化：引导产业工人向设备操作、数据监控、系统维护等技能型岗位转型。

3. 环境效益

(1) 节能减排：通过优化机械调度与作业参数，降低柴油消耗与碳排放，预计减少能耗 10%-15%；

(2) 生态保护：采用智能控制避免过度压实与边坡破坏，减少对沿线植被与水土的扰动；

(3) 资源循环：依托数据分析实现填料利用率最大化，支持建筑垃圾再生料在路基中的智能化应用。

六、尚需调查研究的问题

智能施工装备参数的确定。

七、编制组成员工作分工

为保证编制工作进行顺利，要求各参编单位固定上报人员。如中途必须换人，应及时与负责单位联系，更新人员及联络方式。

表 1 编制组成员分工

序号	姓名	单位	职务	承担工作
1	王希云	国能包神铁路集团有限责任公司	国能包神铁路集团有限责任公司副总工程师	编制总负责人
2	徐浩然	中铁十一局集团有限公司	中铁十一局集团二公司副总经理、总工程师	技术指导
3	唐达昆	中铁十一局集团有限公司	中铁十一局集团公司技术中心部长、首席资深专家	编制负责人
4	罗文俊	华东交通大学	华东交通大学党委委员、副校长	技术指导
5	朱碧堂	华东交通大学	华东交通大学特聘教授、博导	技术指导
6	孙建强	中铁十一局集团有限公司	新建川藏铁路 7 标二工区副总工程师	编制
7	赵文聘	中铁第一勘察设计院集团有限公司	中铁第一勘察设计院集团有限公司副院长	编制
8	欧阳辉来	中铁第一勘察设计院集团有限公司	中铁第一勘察设计院集团有限公司桥隧院副总工程师	编制
9	黄超生	中国铁建重工集团股份有限公司	铁建重工电子技术研究所所长	编制

八、标准编制经费落实情况

本项目资金来源为单位自筹。

各参编单位共同筹措资金，用于调研、试验检测、规范编制、标准审查等各环节所需费用。

九、工作进度计划

标准的编制过程将分成三个阶段，依次产生（1）征求意见稿、（2）送审稿和（3）报批稿。具体计划如下表所示。

表 2 编制进度计划

时间	阶段	主要工作内容
2025年10月	大纲	完成大纲和草案。
2025年11月		审查、修改、通过征求意见稿。
2026年1月	(1) 起草与征求意见	起草
2026年3月		挂网征求意见。
2026年4月	(2) 技术审查	针对反馈意见，提出处理办法。
2026年5月		专家审查会：审查、修改、通过送审稿。
2026年6月	(3) 审批、发布和备案	完成报批稿，上报审批，及后续相关工作。
注：若遇特殊情况，随时调整安排，并及时通报编制组成员。		