

高速公路路基路面智能化施工质量管控 技术规程

1 范围

本文件规定了高速公路路基路面智能化施工管控技术的相关术语、定义、符号、材料参数、管控设备、施工工艺、质量控制与评价。

本文件适用于采用智能化监测技术进行高速公路路基路面材料运输、摊铺、碾压施工的过程控制和质量控制。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JTG 3450 公路路基路面现场测试规程

JTG E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程

JTG 3430 公路土工试验规程

JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTG/T3610 公路路基施工技术规范

DB13/T 2470 公路路面骨架密实型水泥稳定碎石基层振动拌合施工技术规范

JTG F40 公路沥青路面施工技术规范

JTG F80 公路工程质量检验评定标准

DB13/T 2572 公路路基智能压实控制技术规程

3 术语和定义

JTG 3450、JTG/T3610、JTG E51、JTG F40、JT/T1127界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 智能化施工 intelligent construction

采用相关质量管控设备和系统，施工过程中进行数据实时采集、传输和处理，可生成施工质量检测报告，实现施工质量可视化管控。

3.2 智能运输 intelligent transportation

运输车辆装有GNSS定位模块、温度传感器、湿度传感器等设备，可实时定位、参数采集。

3.3 智能摊铺 intelligent pavement

摊铺机装有GNSS定位模块、温度传感器、加速度传感器、高清摄像头等设备，可实时定位、摊铺参数采集。

3.4 智能压实 intelligent compaction

压路机装有GNSS定位模块、压实度传感器、温度传感器等设备，可实时定位、碾压参数及智能压实指标采集。

3.5 智能控温 intelligent temperature control

使用智能化施工中的管理系统与温度传感器结合，对沥青混合料运输、摊铺、碾压全过程进行温度监控。

3.6 智能压实指标 intelligent compaction measurement value

采用智能压实方法，利用压实度传感器采集钢轮振动响应信号，经过谐波比计算，用于连续压实质量评价的压实质量控制指标。

3.7 智能管控系统 intelligent management system

具有储存、处理智能化施工过程中的各种数据，生成施工质量可视化图像，生成施工质量报告等功能的用于施工过程控制和质量管控的软件系统平台。

4 符号与缩略语

ICMV：智能压实测量指标。

R^2 ：决定系数。

GNSS：全球导航卫星系统

5 路基路面材料参数采集

5.1 一般规定

路基路面材料参数采集试验方法应按照《公路路基路面现场测试规程》（JTG 3450）、《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTG E51）、《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）、《公路土工试验规程》（JTG 3430）规定执行。

5.2 路基

5.2.1 施工前，每公里对路基填土至少取 2 个采样点。

5.2.2 采集填土粒径、含水率、最大干密度，记录于表 A.1。

5.3 水泥稳定碎石（底）基层

5.3.1 施工前，采集拌合级配、水胶比、含湿量、初凝时间，记录于表 A.2。

5.3.2 运输、摊铺过程中，记录实时含湿量。

5.4 沥青面层

5.4.1 施工前，采集拌合集料粒度、沥青软化点、沥青针入度，记录于表 A.3。

5.4.2 运输、摊铺、碾压过程中，记录实时温度。

6 智能化施工质量管控设备

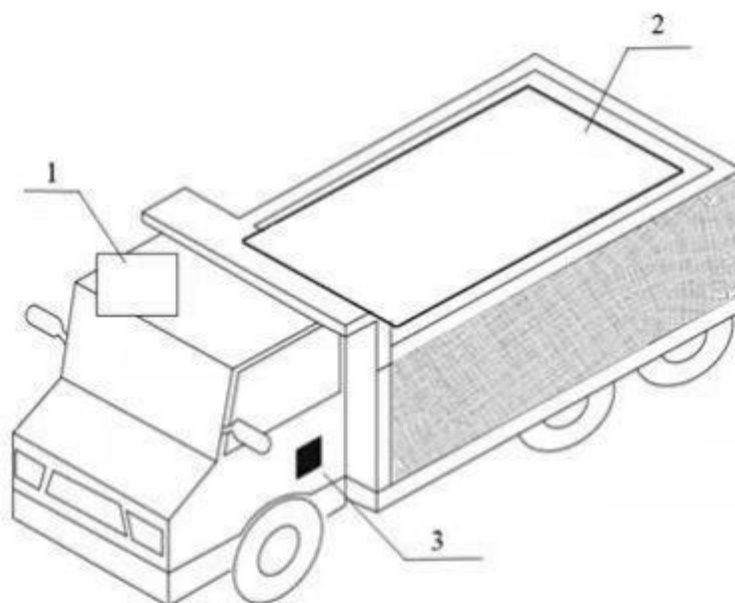
6.1 一般规定

对路基路面施工运料车、摊铺机、压路机增设质量管控设备，各设备之间通讯协议可兼容。

6.2 设备要求

6.2.1 运料车应满足以下要求：

- a) 设有 GNSS 定位模块；
- b) 水泥稳定碎石料运料车装有湿度传感器；
- c) 沥青混合料运料车装有温度传感器；
- d) 智能检测设备宜按图 1 安装；
- e) 设置身份识别码；
- f) 以上信息通过无线通讯方式传输。



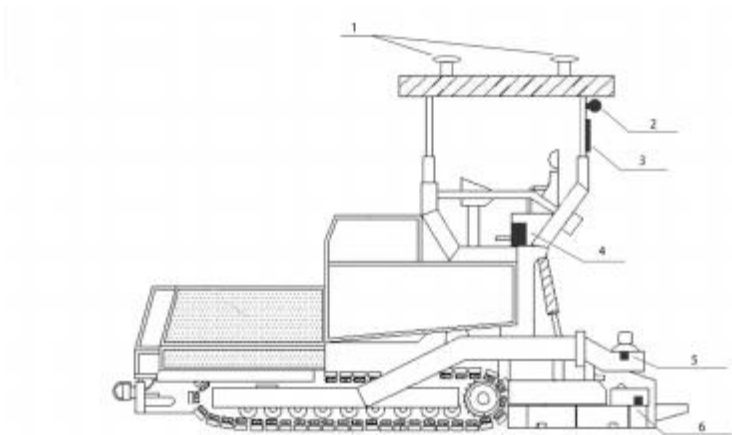
- 注： 1——GNSS定位模块
 2——温度/湿度传感器
 3——身份识别码

图1 运输车智能感知设备安装

6.2.2 摊铺机应满足以下要求：

- a) 装有 GNSS 定位模块；
- b) 装有加速度传感器；
- c) 沥青面层摊铺装有温度传感器；
- d) 装有摊铺高程采集模块；
- e) 装有高清摄像头；

- f) 装有显示终端、蜂鸣警报器；
- g) 装有数据采集传输模块；
- h) 摊铺机为智能摊铺管控设备提供用电接口；
- i) 以上信息通过无线通讯方式传输。
- j) 摊铺机智能检测设备宜按图 2 安装。



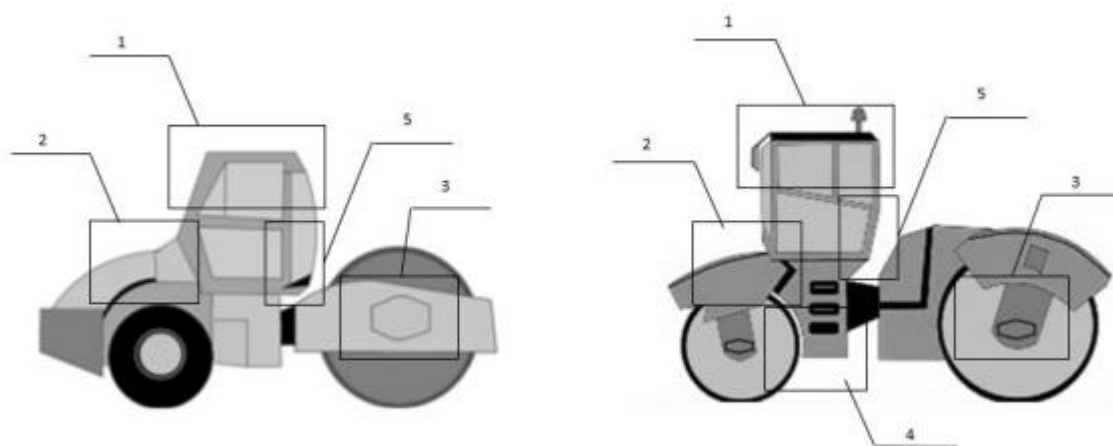
注:

- 1——GNSS 天线
- 2——高清摄像头
- 3——显示终端
- 4——数据采集模块
- 5——温度传感器
- 6——加速度传感器

图2 摊铺机智能感知设备安装

6.2.3 压路机应满足以下要求:

- a) 装有 GNSS 定位模块;
- b) 装有压实度传感器;
- c) 沥青面层压实压路机装有温度传感器;
- d) 装有显示终端、蜂鸣警报器;
- e) 装有数据采集传输集成模块;
- f) 压路机为智能压实管控设备提供用电接口;
- g) 以上信息通过无线通讯方式传输;
- h) 压路机智能检测设备宜按图 3 安装。



- 注： 1——GNSS定位模块
 2——数据采集传输集成模块
 3——压实度传感器
 4——温度传感器
 5——显示终端

图3 压路机智能感知设备安装

6.3 设备指标

6.3.1 运料车

- a) 采用 GNSS 定位，动态测量精度不小于 5m；
- b) 温度传感器测量精度不小于 0.1℃。

6.3.2 摊铺机

- a) 采用 GNSS 定位，动态测量水平精度为 3cm，高程精度为 5cm；
- b) 温度传感器测量精度不低于 0.1℃；
- c) 加速度传感器灵敏度不低于 1mg，量程不小于±10g，频率响应为 300Hz-1000Hz；
- d) 摄像头不低于 200 万像素，具备云台功能。

6.3.3 压路机

- a) 采用高精度 GNSS 定位，水平精度为 3cm，高程精度为 5cm；

- b) 温度传感器测量精度不低于 0.1°C ;
- c) 压实度传感器灵敏度不低于 10mV/g , 量程不小于 10g , 频率响应为 $500\text{Hz}-5000\text{Hz}$;
- d) 数据采集传输模块的模/数转换位数不小于 16 位, 采样频率不小于 500Hz 。

6.4 数据管理系统

6.4.1 智能化施工数据管理系统具备数据储存处理、工况可视化、质量报告生成等功能。

6.4.2 运输过程

- a) GNSS 定位模块记录运料车实时位置、行驶速度、运输路径、运输时间等；
- b) 湿度传感器记录水泥稳定碎石料实时含湿量；
- c) 温度传感器记录沥青混合料实时温度；
- d) 身份识别码包括车辆信息、载重量及以上实时数据。

6.4.3 摊铺过程

- a) GNSS 定位模块记录摊铺机实时位置、摊铺速度、摊铺轨迹等；
- b) 温度传感器记录沥青混合料松铺温度；
- c) 通过加速度传感器计算熨平板夯实震级；
- d) 通过高清视频监控查看现场施工情况；
- e) 摊铺机显示终端显示实时温度、有效震级、速度。

6.4.4 碾压过程：

- a) GNSS 定位模块记录压路机实时位置、碾压轨迹、碾压遍数、行驶速度、行驶方向等；
- b) 压实度传感器记录振动频率及振动响应信号；
- c) 温度传感器记录沥青面层碾压实时温度；
- d) 通过振动响应信号计算实时智能压实指标 ICMV；
- e) 压路机显示终端显示实时压实质量；
- f) 蜂鸣警报器警示不当碾压控制参数，规范施工工艺。

7 施工工艺流程

7.1 一般规定

高速公路路基路面智能化施工前，应对工作人员进行管控设备安装及使用培训。

7.2 运输过程

- 7.2.1 依据设备组成要求安装智能化质量管控设备。
- 7.2.2 根据实时位置和含湿量信息管控水泥稳定碎石料运输过程。
- 7.2.3 根据实时位置和温度信息管控沥青混合料运输过程。

7.3 摊铺过程

- 7.3.1 依据设备组成要求安装智能化质量管控设备。
- 7.3.2 根据混合料类型管控摊铺速度、温度、熨平板夯实震级。
- 7.3.3 选取试验段进行智能摊铺设备检验与校正。
- 7.3.4 试验段采集智能摊铺数据包括：
 - a) 水泥稳定碎石（底）基层摊铺应记录摊铺机行驶速度，行驶方向，有效震动等级；
 - b) 沥青面层摊铺应记录摊铺机行进速度、行驶方向、表面松铺温度，实测内部温度并记录测温时间和位置；
 - c) 通过内部温度修正表面松铺温度。

7.3.5 关于试验段有以下规定：

- a) 依据设定采样频率连续采集试验段全域智能摊铺数据；
- b) 试验段抽检样本点不少于 20 个/100m，且均匀分布。

7.3.6 施工前试验段摊铺数据应满足控制速度和温度上限要求。

7.3.7 显示终端实时监测温度、有效震级、速度，指导施工人员针对问题及时处理。

7.3.8 施工完成后，通过智能管控系统验收摊铺质量。

7.4 压实过程

7.4.1 依据设备组成要求安装智能化质量管控设备。

7.4.2 选取试验段进行智能碾压设备检验及模型校正。

7.4.3 试验段需采集智能碾压数据包括：

- a) 路基碾压应记录碾压遍数、行驶速度、行驶方向、振动频率、ICMV；
- b) 水泥稳定碎石（底）基层碾压应记录碾压遍数、行驶速度、行驶方向、振动频率、ICMV；
- c) 沥青面层碾压应记录温度、碾压遍数、行驶速度、行驶方向、振动频率、ICMV。

7.4.4 关于试验段有以下规定：

- a) 依据设定采样频率连续采集试验段全域智能碾压数据；
- b) 试验段抽检样本点不少于 20 个，且均匀分布。

7.4.5 施工前对试验段样本点质量验收指标与 ICMV 进行相关性校验。

7.4.6 在碾压过程中，通过显示终端监测实时压实质量，指导施工人员针对问题区域及时处理。

7.4.7 施工完成后，通过智能管控系统验收压实质量。

8 质量控制与评价

8.1 运输过程

8.1.1 运料车应按照预设路线行驶，保证在预设时间内到达施工现场。

8.1.2 水泥稳定碎石料运输预设时间小于该材料初凝时间。

8.1.3 在沥青混合料运输预设时间内保证该材料不发生温度离析。

8.1.4 根据实时数据情况采取合理措施：

- a) 如运料车偏离预定路线，管理人员应及时提醒；
- b) 如等候时间过长，管理人员应及时协调。

8.2 摊铺过程

- 8.2.1 有效摊铺过程中实时监控行进速度，控制范围按照预设要求摊铺行进。
- 8.2.2 有效摊铺过程中不应发生停机待料情况。
- 8.2.3 有效摊铺过程中熨平板夯实震级不小于控制下限。
- 8.2.4 经过环境修正后的松铺温度不低于施工控制下限。
- 8.2.5 通过摊铺机显示终端可视化摊铺过程并实时显示相关参数，如图 4 所示。
- 8.2.6 摊铺质量信息记录于表 B.1。

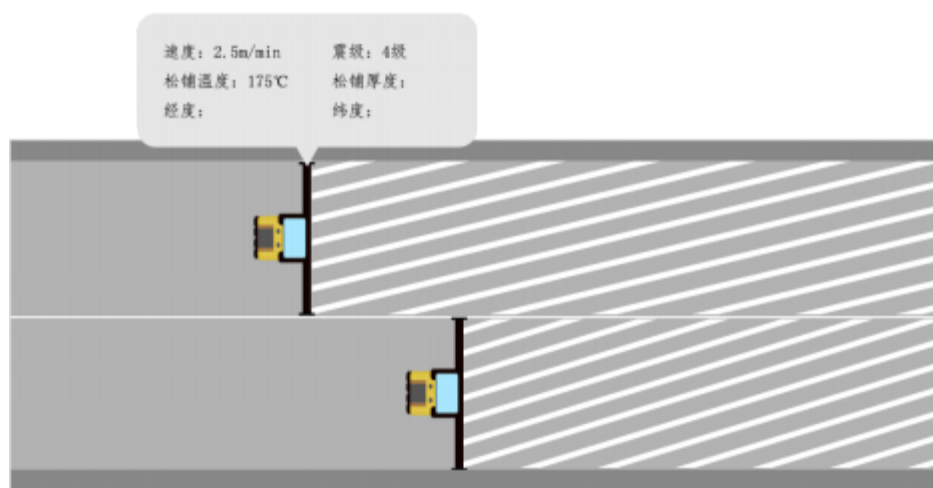


图4 摊铺过程可视化示意图

8.3 压实过程

8.3.1 智能化评价方法应包括压实质量验收指标、ICMV 和相关性模型三部分。

8.3.2 相关性模型具体要求如下：

- a) 相关性模型包括线性回归模型和人工神经网络模型；
- b) 线性回归模型以 ICMV 作为自变量，得到压实质量验收指标计算值；
- c) 人工神经网络模型结构示意图见图 5；
- d) 各施工段碾压前都应保证试验段模型相关系数达标，线性回归模型 $R^2 \geq 0.5$ ，人工神经网络模型 $R^2 \geq 0.65$ 。模型 R^2 分析结果见图 6。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/655121003320012004>