

ICS 93.080.01

CCS P 66

团 体 标 准

T/JSJTQX 19—2021

高速公路路面 3D 摊铺施工技术规范

Technical specification for 3D paving construction of
Expressway Pavement

2021-07-06 发布

2021-08-01 实施

江苏省交通企业协会

发布

目 次

目 次.....	I
前 言.....	II
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和定义.....	3
4 符号.....	4
5 基本规定.....	4
5.1 一般规定.....	4
5.2 系统组成.....	5
5.3 施工条件.....	5
6 技术要求.....	5
6.1 3D 摊铺设备.....	5
6.2 3D 摊铺辅助软件.....	6
6.3 3D 摊铺设备布设与安装.....	6
7 工艺流程.....	7
8 现场操作.....	7
9 过程控制.....	8
10 质量验证与处治.....	8
10.1 一般规定.....	8
10.2 3D 摊铺稳定性分析.....	8
10.3 3D 摊铺质量报告.....	8
附 录 A（规范性） 跟踪机器人与检测机器人布设示意图.....	9
附 录 B（规范性） 3D 摊铺稳定性分析.....	10
附 录 C（资料性附录） 3D 摊铺质量报告.....	13

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省交通企业协会提出并归口。

本文件起草单位：中交二公局第三工程有限公司、南京工业大学、常州交通建设管理有限公司、无锡交通建设工程集团有限公司、南京市公共工程建设中心、苏交科检测认证有限公司、江苏省交通技师学院、江苏润通项目管理有限公司、扬州华建交通工程咨询监理有限公司。

本文件主要起草人：邹文军、俞科峰、侯曙光、雷松、白伟华、薛华、顾江鸣、蒋小旦、邢世玲、黄建科、陈光林、汤勤、邴辉忠、谢国春、郑步君、欧定福、冯桔根、彭云平、武加恒、彭韦、翟存林、姜云、崔艳、焦敏峰、高峰、高渊、张玮、王磊、李岩、张占宇、吴旻、史瑞文、王崇瑞、姚向明、谷蒙川、杨永豆、刘强、曹妍、王晖、朱中文、金瑞、邵玉月、王芮文。

本文件由南京工业大学教授侯曙光、南京工业大学硕士研究生校外导师王芮文审定。

高速公路路面 3D 摊铺施工技术规程

1 范围

本文件规定了高速公路路面3D摊铺施工技术的基本规定、技术要求、工艺流程、现场操作、过程控制和质量验证与处治。

本文件适用于高速公路路面的3D摊铺施工和过程控制，其他等级的公路工程可参照使用。

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/T F20 公路路面基层施工技术细则

JTG F40 公路沥青路面施工技术规范

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

3D 摊铺施工技术 three dimensions paving technology

使用 3D 数字化智能控制技术，通过现场三维空间定位、数据采集建模、自动施工控制等步骤来实现摊铺施工的一种技术方式。

3.2

测量机器人 measuring robot

具有自动目标识别、自动照准、自动测角与测距、自动目标跟踪、自动记录于一体的测量仪器，包括跟踪机器人和检测机器人。

3.3

设计高程 designed elevation

工程设计中对某点所要求达到的高程。

3.4

单机摊铺 paving with single paver

3D 摊铺施工过程中，采用 1 台摊铺机进行摊铺。

3.5

双机联铺 paving with double pavers

3D 摊铺施工过程中，采用 2 台摊铺机进行联合摊铺。

4 符号

下列符号适用于本文件。

$\sigma_{\Delta g}$ ——纵断高程差值标准差；

Δg_i ——每一检测断面的实测纵断高程与设计纵断高程差值；

$\overline{\Delta g}$ ——检测断面的实测纵断高程与设计纵断高程差值的平均值；

$[\sigma_{\Delta g}]$ ——纵断高程差值标准差允许值；

$\sigma_{\Delta h}$ ——摊铺厚度差值标准差；

Δh_i ——每一检测点的实测摊铺厚度与设计摊铺厚度差值；

$\overline{\Delta h}$ ——检测点的实测摊铺厚度与设计摊铺厚度差值的平均值；

$[\sigma_{\Delta h}]$ ——摊铺厚度标准差允许值；

$\sigma_{\Delta k}$ ——摊铺宽度差值标准差；

Δk_i ——每一检测断面的实测摊铺宽度与设计摊铺宽度差值；

$\overline{\Delta k}$ ——检测断面的实测摊铺宽度与设计摊铺宽度差值的平均值；

$[\sigma_{\Delta k}]$ ——摊铺宽度标准差允许值；

$\sigma_{\Delta p}$ ——路拱横坡度差值标准差；

Δp_i ——每一检测断面的实测路拱横坡度与设计路拱横坡度差值；

$\overline{\Delta p}$ ——检测断面的实测路拱横坡度与设计路拱横坡度差值的平均值；

$[\sigma_{\Delta p}]$ ——路拱横坡度标准差允许值；

\bar{r} ——检测单元平整度均值；

$[\bar{r}]$ ——平整度均值允许值。

5 基本规定

5.1 一般规定

5.1.1 3D 摊铺施工应结合项目所在区域地形地貌、公路等级、施工方案、施工机械组合等具体情况，选择代表性路段，通过试验段工程，对 3D 摊铺的检测值与常规质量验收指标进行相关性校验，确定 3D 摊铺过程质量控制参数。

5.1.2 3D 摊铺工艺按 JTG/T F20、JTG F40 执行，摊铺质量检测按 JTG F80/1 执行。

5.1.3 3D 摊铺施工技术人员应经过专业培训，做到规范操作。

5.1.4 3D 摊铺设备的具体安装位置与连接方式宜根据不同摊铺机类型做合理调整。

5.2 系统组成

高速公路路面 3D 摊铺系统由测量机器人、360° 棱镜、倾角传感器、通讯电台、主控制器和摊铺辅助软件等组成。

5.3 施工条件

5.3.1 不宜在雾天使用。

5.3.2 不宜在旁边有高压线、变电站等强电磁场环境下使用。

5.3.3 3D 摊铺系统的量测及控制器件在使用前应进行检查并校准，应符合 6.1 的规定。

5.3.4 3D 摊铺前应检查确认下承层的质量，下承层质量符合要求时方可进行 3D 摊铺。

5.3.5 根据摊铺工况配套足够的 3D 摊铺系统，对重要的 3D 摊铺器件应配备一定量的备件。

6 技术要求

6.1 3D 摊铺设备

6.1.1 测量机器人

用于 3D 摊铺的测量机器人应满足如下要求：

a) 单机摊铺时跟踪机器人不应少于 2 台、检测机器人不应少于 1 台。双机联铺时跟踪机器人不应少于 3 台、检测机器人不应少于 1 台；

b) 测量机器人应内置马达，并具有抗高温和耐磨损要求，换面速度快而稳定；

c) 测量机器人测角精度 1" 以上，测距范围不小于 1500m，测距精度 1mm+1.5ppm 以内，导向光工作范围 150m 以上；

d) 测量机器人具有 RS232、蓝牙和 USB 等多种接口。

6.1.2 360° 棱镜

用于 3D 摊铺的 360° 棱镜应满足如下要求：

a) 棱镜保证不变形，能正确反射不同方向入射的光信号，满足动态测量要求；

b) 水平方向可反射入射角范围 0~360°，垂直方向可反射入射角范围 -50° ~ +50°；

c) 纵横方向的定位精度在 5mm 以内；

d) 自动识别和锁定状态的测程不小于 600m。

6.1.3 倾角传感器

用于 3D 摊铺的倾角传感器应满足如下要求：

- a) 防护等级 IP65 以上；
- b) 量程范围不小于 $\pm 10^\circ$ ，分辨率不低于 0.02%，零点稳定性不低于 0.2%，线性度幅度在 $\pm 0.2\%$

以内；

- c) 防震级别应满足摊铺机振动状态下的测量精度要求。

6.1.4 通讯电台

用于 3D 摊铺的通讯电台应满足如下要求：

- a) 防护等级 IP65 以上；
- b) 数据传输模式具有 RS232 模式和蓝牙模式；
- c) 天线的带宽、增益、频率和功率应满足测距范围内数据的高速与稳定传输。

6.1.5 主控制器

用于 3D 摊铺的主控制器应满足如下要求：

- a) 防护等级 IP65 以上；
- b) 具有高亮度、高分辨率显示功能，能在背光及强光条件下清晰显示；
- c) 允许电压波动在 $\pm 10\%$ 以内；
- d) 串口应能适应不同摊铺机串口接入标准，并具有可写入功能。

6.2 3D摊铺辅助软件

6.2.1 具有录入设计数据、里程桩坐标的功能，应能进行 3D 建模，并输出里程桩坐标文件、施工线形文件、施工模型文件及检测模型文件。

6.2.2 应能够对量测信息实时采集、处理、分析，将实测高程与设计高程比对，生成高程修正信息并传输至摊铺机找平系统。

6.2.3 应能够记录、储存施工参数信息，生成摊铺质量报告。

6.3 3D摊铺设备布设与安装

6.3.1 用于捕获 360° 棱镜三维坐标的跟踪机器人应架设于摊铺机机身外两侧，用于检测摊铺质量的检测机器人应架设于摊铺机后方已摊铺面上，布设示意图参见附录 A。

6.3.2 桅杆应垂直安装于摊铺机的大臂上，且与摊铺机提升油缸间的距离控制在 30cm 之内，360° 棱镜固定于桅杆顶端。

6.3.3 横坡传感器应安装于熨平板上。

6.3.4 倾角传感器应安装于左右桅杆两侧。

6.3.5 通讯电台应安装于摊铺机顶部。

6.3.6 主控制器应安装于摊铺机便于观察和操作的合适位置。

6.3.7 集线盒应安装于摊铺机方便布线的合适位置。

7 工艺流程

高速公路路面 3D 摊铺施工工艺流程见图 1。

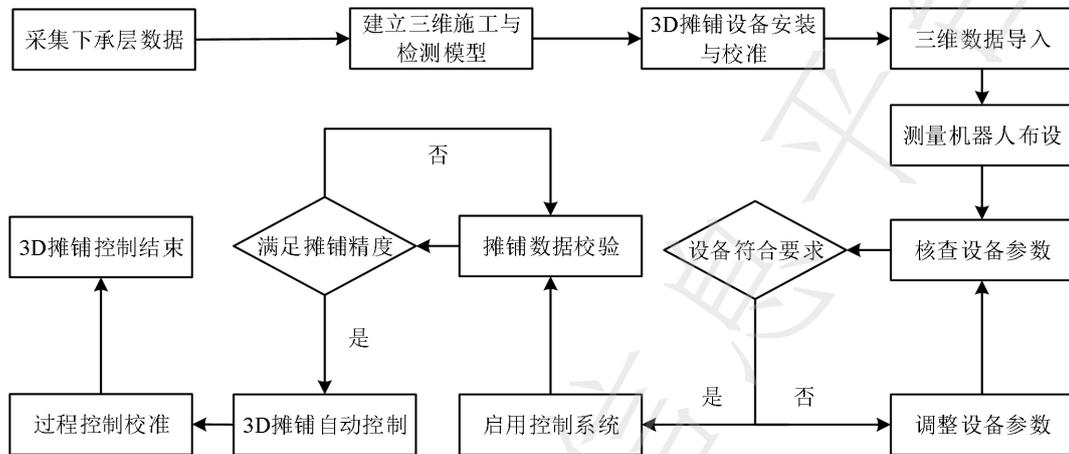


图 1 高速公路路面 3D 摊铺施工工艺流程图

8 现场操作

- 8.1 3D 摊铺施工前，应按每 10 米划分 1 个断面，每个断面应取不少于 3 个点进行下承层的标高数据采集。
- 8.2 根据下承层的测量数据及设计数据，利用 3D 摊铺辅助软件进行三维建模，生成里程桩坐标文件、施工线形文件、施工模型文件和检测模型文件。
- 8.3 3D 摊铺设备按 6.4 条要求安装并进行校准，校核结束后，将获取的摊铺机标识性部位数据输入主控制器，作为摊铺机几何尺寸保存在主控制器中。
- 8.4 摊铺机校准前水平放置，在熨平板下垫 20cm 方木以调整进料仰角，待摊铺机处于摊铺工作状态后，将左右桅杆调节至竖直状态。
- 8.5 将里程桩坐标文件、施工线形文件、施工模型文件导入跟踪机器人和主控制器，将检测模型文件导入检测机器人。
- 8.6 检查检测机器人与 360° 棱镜间的通视性，为避免施工干扰和减少换站次数，检测机器人与 360° 棱镜间的距离宜控制在 350m 以内。
- 8.7 开始摊铺作业前进行 3D 摊铺系统核查，设备参数应符合 6.1 条规定要求。
- 8.8 开启主控制器，打开模型数据文件，将跟踪机器人切换至机械控制模式，自动跟踪棱镜。
- 8.9 摊铺机行进的前 3m~5m 进行摊铺数据校验，当摊铺精度达到规定要求后进入自动控制摊铺。
- 8.10 摊铺过程进行数据校验，控制标准见本文件第 9 节。
- 8.11 摊铺结束后进行摊铺质量验证与处治，并编制摊铺质量报告，见本文件第 10 节。

9 过程控制

9.1 摊铺机、3D 摊铺设备及控制参数应与试验段所确定的参数保持一致。

9.2 单机摊铺时，用跟踪机器人追踪 360° 棱镜，结合横坡传感器，计算施工高程与设计高程偏移量，通过主控制器调整偏移量，控制 3D 摊铺系统进行施工。

9.3 双机联铺时，先行摊铺机的控制方法与单机摊铺相同，第二台摊铺机内侧以先行摊铺机工作面为基准通过接触式传感器控制高程，外侧高程通过架设于第二台摊铺机桅杆上的 360° 棱镜进行控制。

9.4 摊铺过程利用架设于摊铺机后方的检测机器人对 3D 摊铺数据进行实时检测，并将检测数据与设计数据进行比对，如不满足设计要求时，及时将检测数据传至跟踪机器人，跟踪机器人通过与主控制器数据交互，调整摊铺机熨平板摊铺高度。

9.5 转站时，在跟踪机器人自动跟踪半径 150m 范围内，利用摊铺机后方检测机器人进行交替转站。如有备用机器人，用备用机器人自动跟踪需转站一侧的 360° 棱镜，使 3D 摊铺系统自动将新站作为控制站进行不间断作业，保证摊铺的连续性。

10 质量验证与处治

10.1 一般规定

10.1.1 摊铺作业完成后应及时采集已摊铺路段数据，进行摊铺质量检测与验证。

10.1.2 摊铺质量检验评定除应符合本文件的规定外，尚应符合 JTG F80/1-2017 的规定。

10.1.3 摊铺质量检测方法及具体操作按 JTG 3450 执行。

10.1.4 分段摊铺时，每段摊铺路面均需进行摊铺质量检测，最终摊铺质量检测数据应为施工路段范围内的全部检测数据。

10.1.5 检测过程中发现质量缺陷时，应加大检测频率，必要时采取适当处理措施进行补救。

10.1.6 所有检测数据、汇总表格、质量报告如实记录并保存。

10.1.7 对采取过补救措施的部位要在检测报告中标明，不得隐匿。

10.2 3D摊铺稳定性分析

10.2.1 摊铺质量检测完成后对摊铺质量进行稳定性分析，以检测数据的波动情况反映摊铺稳定性，绘制摊铺质量差值分布图，参见附录 B。

10.2.2 绘制纵断高程、摊铺厚度、摊铺宽度及横坡度与设计值之间的差值分布图，并计算标准差，进行纵断高程、摊铺厚度、摊铺宽度及横坡度稳定性分析。

10.2.3 绘制平整度分布图，并计算平均值，进行平整度稳定性分析。

10.3 3D摊铺质量报告

摊铺质量报告应全面反映各种摊铺质量信息，包括工程信息、摊铺信息、质量检测信息及稳定性分析信息，见附录 C。

附录 A
(规范性)
跟踪机器人与检测机器人布设示意图

跟踪机器人与检测机器人布设见图 A.1。

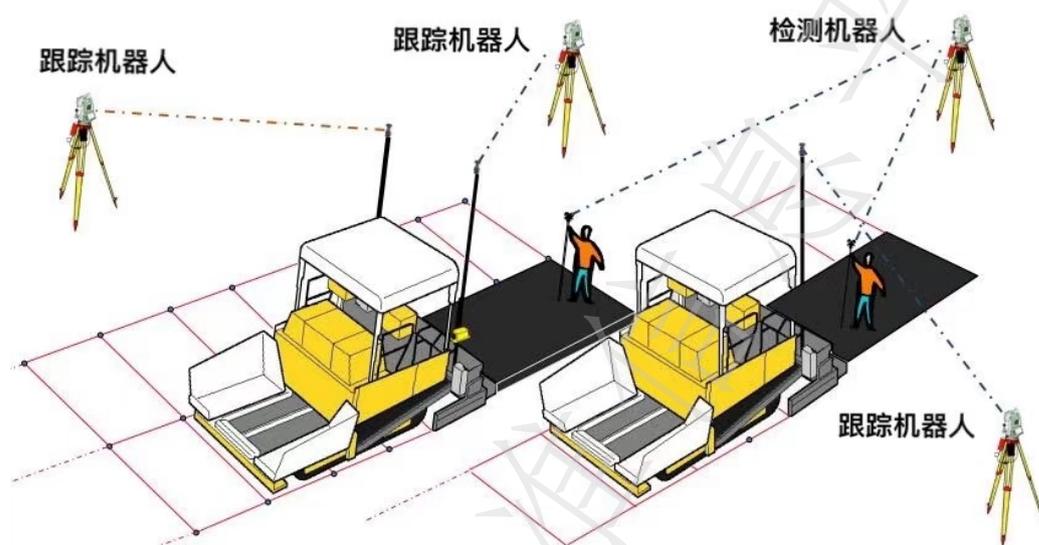


图 A.1 跟踪机器人与检测机器人布设示意图

附录 B
(规范性)
3D 摊铺稳定性分析

B.1 纵断高程稳定性分析（理论值和检测数据验证）

纵断高程稳定性应根据摊铺后路面纵断高程与设计高程之间的差值进行判定，绘制纵断高程差值分布图，按公式（B.1）计算出的标准差应小于规定允许值。

$$\sigma_{\Delta g} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\Delta g_i - \overline{\Delta g})^2} \leq [\sigma_{\Delta g}] \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

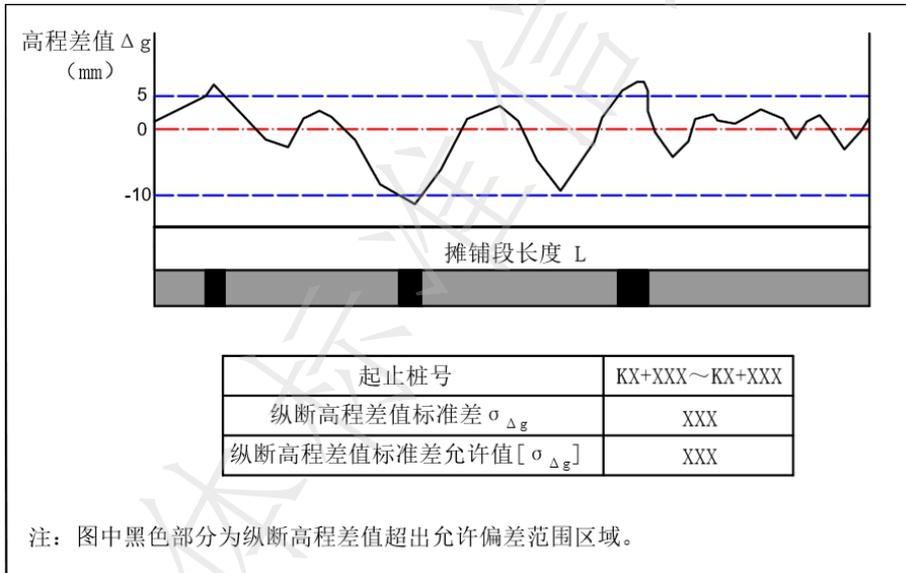


图 B.1 纵断高程稳定性分析示意图

A.2 摊铺厚度稳定性分析

摊铺厚度稳定性应将实测摊铺厚度与设计摊铺厚度比较后进行判定，绘制摊铺厚度差值分布图，按公式（B.2）计算出的标准差应小于规定允许值。

$$\sigma_{\Delta h} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\Delta h_i - \overline{\Delta h})^2} \leq [\sigma_{\Delta h}] \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

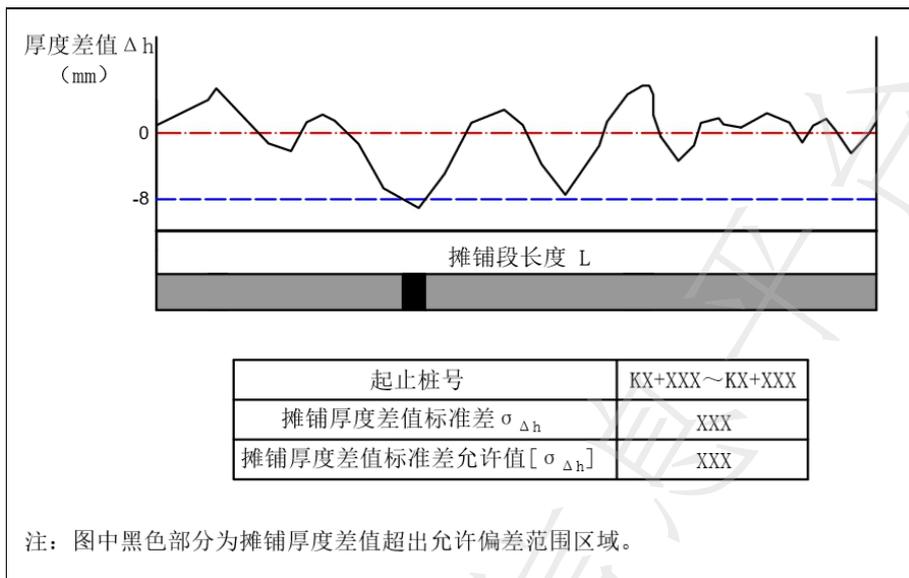


图 B.2 摊铺厚度稳定性分析示意图

A.3 摊铺宽度稳定性分析

摊铺宽度稳定性应将实测摊铺宽度与设计摊铺宽度比较后进行判定，绘制摊铺宽度差值分布图，按公式 (B.3) 计算出的标准差应小于规定允许值。

$$\sigma_{\Delta k} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\Delta k_i - \overline{\Delta k})^2} \leq [\sigma_{\Delta k}] \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

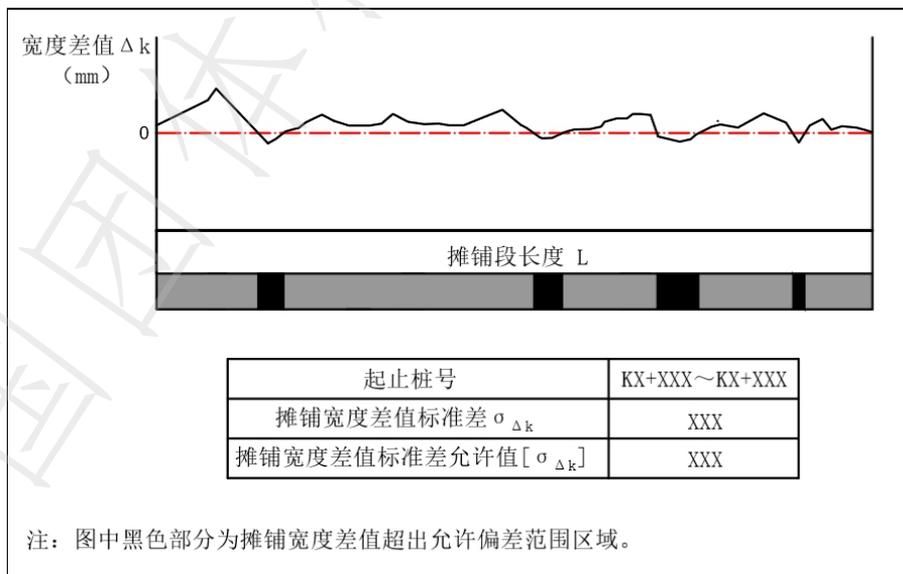


图 B.3 摊铺宽度稳定性分析示意图

A.4 横坡度稳定性分析

横坡度稳定性应将实测横坡度与设计横坡度比较后进行判定，绘制横坡度差值分布图，按公式 (B.4)

计算出的标准差应小于规定允许值。

$$\sigma_{\Delta p} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\Delta p_i - \bar{\Delta p})^2} \leq [\sigma_{\Delta p}] \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

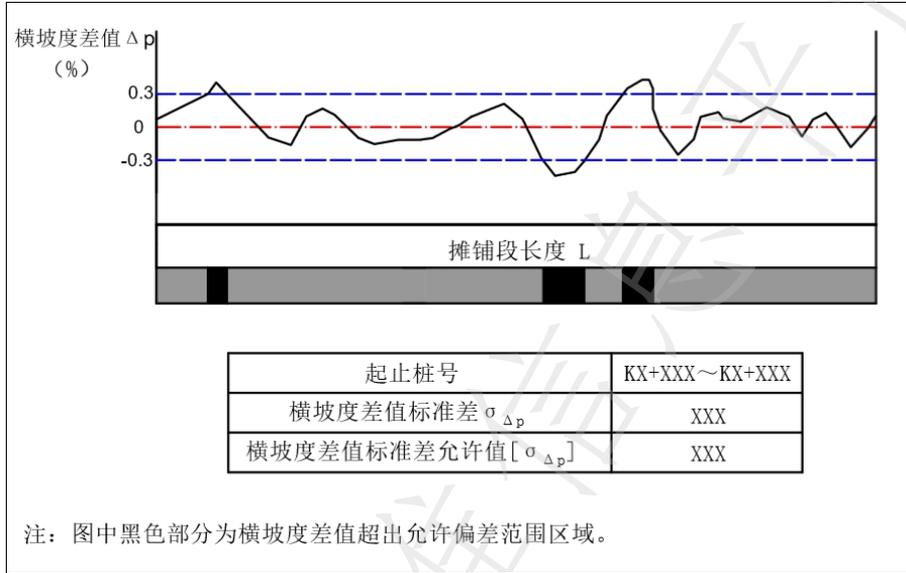


图 B.4 横坡度稳定性分析示意图

A.5 平整度稳定性分析

平整度稳定性分析应根据检测断面平整度均值判定，绘制平整度分布图，检测单元的平整度均值应小于规定允许值。

$$\bar{r} \leq [\bar{r}] \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

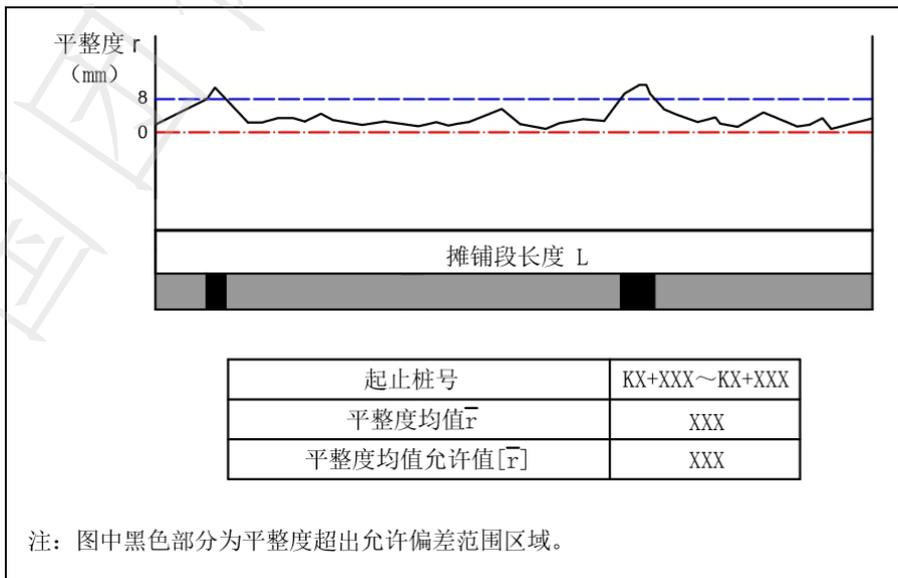


图 B.5 平整度稳定性分析示意图

附 录 C
(资料性附录)
3D 摊铺质量报告

表 C.1 摊铺质量报告

单位名称:

文件编号:

摊铺质量报告					
工程 信息	项目名称				
	施工日期 (X年X月X日)			天气 (℃)	
	起始桩号 (KX+XXX)			终止桩号 (KX+XXX)	
	摊铺层位			摊铺长度 (mm)	
	摊铺宽度 (mm)			摊铺厚度 (mm)	
摊铺 信息	摊铺机台数 (X台)			摊铺时间 (s)	
	摊铺速度 (Km/h)			摊铺温度 (℃)	
摊铺 质量 检测 信息	检测项目		检测数量 (个)	允许偏差 (mm)	合格率 (%)
	(1)	纵断高程			
	(2)	摊铺厚度			
	(3)	摊铺宽度			
	(4)	横坡度			
摊铺 稳定性 分析 信息	检测项目		检测数量 (个)	规定允许 (mm)	标准差 (mm)
	(1)	纵断高程稳定性			
	(2)	摊铺厚度稳定性			
	(3)	摊铺宽度稳定性			
	(4)	横坡度稳定性			
备注					
填表:		复核:		日期:	