

ICS 93.080.01

CCS P 66

团 体 标 准

T/JSJTQX 63—2024

# 公路路基智能施工 边坡整修 技术规程

Intelligent construction of highway subgrade technical regulations for  
slope renovation

2024-12-31 发布

2025-01-01 实施

江苏省交通企业协会 发布



目 次

前 言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 符号..... 2

5 基本规定..... 2

6 设备和控制系统..... 2

    6.1 主要施工设备..... 2

    6.2 挖掘引导系统..... 2

    6.3 基准站定位系统..... 3

    6.4 辅助软件..... 3

7 设备安装与校准..... 3

    7.1 设备安装..... 3

    7.2 设备校准..... 4

8 修整施工..... 4

9 质量检验..... 4

    9.1 质量要求..... 4

    9.2 质量检验..... 5

附 录 A （资料性） 边坡整修施工稳定性分析 ..... 6

    A.1 边坡高程稳定性分析（理论值和检测数据验证） ..... 6

    A.2 边坡坡度稳定性分析..... 6

    A.3 边坡断面尺寸稳定性分析 ..... 7

附 录 B （资料性附录） 3D 挖掘质量报告 ..... 8

## 前 言

本文件按照《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》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：江苏森淼工程质量检测有限公司、镇江市公路事业发展中心、中交一公局第五工程有限公司、中铁七局集团有限公司、中交第一航务工程局有限公司、江苏现代蜀宁工程建设有限公司、江苏华通工程技术有限公司、江苏省建筑垃圾循环利用工程研究中心、江苏路通装配科技有限公司、江苏省交通技师学院、江苏镇江路桥工程有限公司、江苏省交通运输综合行政执法监督局、北京中元浩业科技有限公司、常州市交通运输综合行政执法支队、江苏路通项目管理有限公司、中交一公局第二工程有限公司、中铁二十四局集团有限公司、华设设计集团股份有限公司、溧阳市交通工程建设事业发展中心、江苏通用路桥工程有限公司、扬州市金泰建设监理有限公司、常州交通建设管理有限公司。

本文件主要起草人：张世强、陈燕飞、申振森、杜志、张贻能、吕泰达、吉祥、毛安静、崔振华、刘海峰、桂零、刘云峰、李小民、顾小雨、韦立、徐德民、包旭、倪刚刚、梁德斌、施亮、苏雷成、张晓博、俞科峰、陈光林、陈云平、韩辉、张旭、吴敏捷、喻光林、邓晓多、余贵杨、王以青、吴文帅、杨磊、张瑶、贺攀、朱志光、贾世虎、路星、祁敏、王媛婕、史奇彬、颜小强、梁心普、徐正、朱伟伟、王晓俊、李煜、宋建新、王晖、王瑜、吕凡任、王芮文。

本文件由江苏大学、南京工业大学研究生校外导师、研究员级高级工程师王芮文、江苏省交通技师学院副院长陈燕飞、江苏省建筑垃圾循环利用工程研究中心、扬州市职业大学教授吕凡任主审。

# 公路路基智能施工 边坡整修技术规程

## 1 范围

本文件规定了公路路基智能施工中边坡整修技术的基本规定、设备和控制系统、设备安装与校准、修整施工工艺、质量检验等内容。

本文件适用于公路路基边坡智能施工和过程控制。

## 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。

GB / T 18316 数字测绘产品检查验收规定和质量评定

GB 50026-2020 工程测量标准

GB 50606-2010 智能建筑工程施工标准

JTG 3450 公路路基路面现场测试规程

JTG/T 3610 公路路基施工技术规范

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**智能施工** Intelligent construction

智能施工是指利用先进的信息技术、通信技术、自动化技术和智能化设备，对施工过程进行全面的监控、管理和优化，以提高施工效率、保障施工安全和质量的施工方式。

### 3.2

**挖掘引导系统** Mining guidance system

通过在铲斗、斗杆、动臂和配重上安装传感器，从而实现铲斗位置和挖掘参数在显示器上实时显示的一套可视高度和坡度的智能引导系统。

### 3.3

**基准站** reference station

基准站是对卫星导航信号进行长期连续观测，并由通信设施将观测数据实时或定时传送至数据中心的的地面观测站。

### 3.4

**旋转传感器** rotation sensor

测量挖掘机工作时的机身的旋转角度，负责对车身旋转精确角度及车身姿态的检测。

### 3.5

**主控面板** main control panel

3d 挖掘机车载控制系统的核心元器件，高亮度 LCD 显示屏具有亮度调节和多视角查看功能，具有

通用 USB 接口支持 U 盘数据传输，控制器采集动臂传感器、斗杆传感器、铲斗传感器检测到的动臂、斗杆、铲斗实时变化的角度数据，与已知机械长度进行三角函数关系计算，得到卫星定位天线和铲斗齿尖的相对尺寸关系，并显示在主控面板上，引导 3D 挖掘机进行挖掘。

## 4 符号

下列符号适用于本文件。

$\sigma_{\Delta g}$ : 边坡高程差值标准差;

$\Delta g_i$ : 每一检测断面的实测边坡高程与设计边坡高程差值, 单位 (mm);

$\overline{\Delta g}$ : 检测断面的实测边坡高程与设计边坡高程差值的平均值, 单位 (mm);

$[\sigma_{\Delta g}]$ : 边坡高程差值标准差允许值;

$\sigma_{\Delta h}$ : 边坡坡度差值标准差;

$\Delta h_i$ : 每一检测点的实测边坡坡度与设计边坡坡度差值, 单位 (%);

$\overline{\Delta h}$ : 检测点的实测边坡坡度与设计边坡坡度差值的平均值, 单位 (%);

$[\sigma_{\Delta h}]$ : 边坡坡度标准差允许值;

$\sigma_{\Delta p}$ : 边坡断面尺寸差值标准差;

$\Delta p_i$ : 每一检测断面的实测边坡断面尺寸与设计边坡断面尺寸差值, 单位 (mm);

$\overline{\Delta p}$ : 检测断面的实测边坡断面尺寸与设计边坡断面尺寸差值的平均值, 单位 (mm);

$[\sigma_{\Delta p}]$ : 坡断面尺寸标准差允许值。

## 5 基本规定

5.1 边坡修整应采用 3D 挖掘机。

5.2 使用 3D 挖掘机施工应结合项目所在区域地形地貌、环境资料、施工条件、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, 对使用 3D 挖掘机施工路段的质量检测值与常规施工质量验收指标进行相关性校验, 确定 3D 挖掘过程质量控制参数。

5.3 3D 挖掘施工工艺可按 JTG/T 3610 中对边坡施工的相关条款执行, 边坡质量检测按 JTG F80/1 执行。

5.4 3D 挖掘施工技术人员应经过专业培训, 操作规范。

5.5 3D 挖掘设备的具体安装位置与连接方式宜根据不同类型的挖掘机做合理调整。

5.6 不宜在旁边有高压线、变电站等强电磁场环境下使用 3D 挖掘施工。

5.7 3D 挖掘机的量测及控制器件在使用前应进行检查并校准。

5.8 不宜在雾天、雨天使用。

## 6 设备和控制系统

### 6.1 主要施工设备

本文件规定的边坡修整主要设备为安装有挖掘引导系统的 3D 挖掘机。

### 6.2 挖掘引导系统

6.2.1 挖掘引导系统车载设备主要包括主控制面板及底座、双天线卫星定位主机、动臂传感器、斗杆传感器、铲斗传感器、旋转传感器、通讯天线、接线盒以及连接线缆等。

6.2.2 主控面板应满足如下要求：

- a) 防护等级IP66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，实时多任务处理操作系统；
- c) 允许电压波动在 $\pm 10\%$ 以内；
- d) 串口应能适应不同挖掘机串口接入标准，并具有可写入功能。

6.2.3 动臂传感器、旋转传感器、铲斗及斗杆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) 防震级别应满足挖掘机振动状态下的测量精度要求。

### 6.3 基准站定位系统

6.3.1 3D挖掘引导系统应最少配置一台卫星定位系统基准站，为整个施工区域提供 GNSS 改正数据。给挖掘机提供精准的施工定位及用于已挖掘作业面与设计模型的差值检测。

6.3.2 用于3D挖掘的卫星定位系统基准站应满足如下要求：

- a) 使用 3D 挖掘机施工时，卫星定位系统基准站不应少于 1 台；
- b) 防护等级 IP67 以上；
- c) RTK 精度应满足水平（ $10\text{mm} + 1\text{ppm}$ ）rms、垂直（ $20\text{mm} + 1\text{ppm}$ ）rms；
- d) 卫星定位系统/RTCM 精度为 25cm（典型）。

### 6.4 辅助软件

6.4.1 界面应直观，满足无测量基础施工人员使用。

6.4.2 具有录入设计数据、里程桩坐标、CAD 制图数据的功能，应能进行 3D 建模，并输出里程桩坐标文件、挖掘断面轮廓文件、施工模型文件及检测模型文件。

6.4.3 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挖掘机找平系统。

6.4.4 软件系统应能进行现场施工管理、现场测量放样工作、现场检测及其工程机械施工引导和控制。

6.4.5 软件系统应包含测量、放样、草图、体积计算、机械控制校准、挖填方等实用工具，支持远程信息管理。

6.4.6 应能够记录、储存施工参数信息，生成挖掘质量报告。

## 7 设备安装与校准

### 7.1 设备安装

7.1.1 控制面板固定在驾驶室内安装的基座上。

7.1.2 GNSS 天线应具有坚固的设计，并可在恶劣的工况下正常使用；可用螺丝孔和螺丝两种方式安装在桅杆上。

7.1.3 动臂传感器、旋转传感器、铲斗传感器、斗杆传感器安装在挖掘机铲斗及大臂上，方便安装和拆卸。

7.1.4 应根据实际工况配套足够的 3D 挖掘引导系统，对重要的、易损坏的 3D 挖掘器件应配备一定量

的备件，器件应方便安装、更换。



图 1 3D 挖掘引导控制系统车载设备组成示意图

## 7.2 设备校准

- 7.2.1 设备安装完成后，应进行现场校准。
- 7.2.2 应对安装的传感器精度进行校准。
- 7.2.3 对主控面板、软件功能进行测试。
- 7.2.4 对通信设备进行发射和接收测试。
- 7.2.5 对量测系统进行测试。
- 7.2.6 对设备整体灵敏度、系统响应速度、软硬件兼容等进行测试。

## 8 修整施工

- 8.1 试验段应选择地质条件、边坡断面型式等具有代表性的地段，长度宜不小于 200m，试验段应取得边坡高程、边坡坡度、边坡断面尺寸标准差等质量数据。
- 8.2 边坡开挖前，应对开挖段边坡高度、坡地高程、边坡平面尺寸等数据进行采集，采集间隔宜不小于 20m 一个断面。
- 8.3 3D 挖掘设备进行校准后，将获取的挖掘机标识性部位数据输入主控面板，作为挖掘机几何尺寸保存在主控面板中。
- 8.4 将里程桩坐标文件、坡面轮廓线型文件、施工模型文件导入主控面板。
- 8.5 开始挖掘作业前进行 3D 挖掘机核查，设备参数应符合本文件规定要求。
- 8.6 开启主控面板，打开模型数据文件，自动引导 3D 挖掘机进行挖掘作业。
- 8.7 挖掘机行进 1~2 次挖掘后进行挖掘数据校验，当挖掘精度达到规定要求后进入自动引导挖掘控制施工。
- 8.8 边坡分台阶开挖时，应根据实际需要，确定台阶的宽度和高度，在边坡上采集台阶分界线位置数据，并输入主控面板，引导 3D 挖掘机进行挖掘。
- 8.9 挖掘时应先挖出第一层台阶的形状和尺寸，然后挖掘下一层台阶的形状，直到挖掘完成。
- 8.10 边坡分层开挖时，应根据要求，确定分层高度，并输入主控面板，引导 3D 挖掘机进行挖掘，挖掘时应从上到下进行施工，不应超挖。

## 9 质量检验

### 9.1 质量要求

- 9.1.1 3D挖掘设备及控制参数应与试验段所确定的参数保持一致。
- 9.1.2 挖掘作业完成后应及时采集已挖掘边坡数据，进行边坡质量检测与验证。
- 9.1.3 边坡整修质量检验评定除应符合本文件的规定外，尚应符合 JTG F80/1 的规定。
- 9.1.4 整修后边坡质量检测、监测按 GB 50330-2013 执行。
- 9.1.5 分段挖掘施工时，每段挖掘边坡均需进行整修质量检测，最终整修质量检测数据应为施工路段范围内的全部检测数据。
- 9.1.6 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。
- 9.1.7 所有检测数据、汇总表格、质量报告应如实记录并保存。
- 9.1.8 对采取过补救措施的部位要在检测报告中表明，不应隐匿。

## 9.2 质量检验

- 9.2.1 边坡整修质量检测完成后对其质量进行稳定性分析，应通过数据的波动情况分析 3D 挖掘稳定性，绘制质量差值分布图，参见附录 A。
- 9.2.2 绘制边坡高程、边坡坡度、断面尺寸与设计值之间的差值分布图，并计算标准差，进行边坡高程、边坡坡度、断面尺寸稳定性分析。
- 9.2.3 边坡整修质量报告应全面反映各种质量信息，包括工程信息、开挖信息、质量检测信息及稳定性分析信息，见附录 B。

## 附 录 A (资料性) 边坡整修施工稳定性分析

### A.1 边坡高程稳定性分析（理论值和检测数据验证）

边坡高程稳定性应根据整修后边坡高程与设计高程之间的差值进行判定，绘制边坡高程差值分布图，按公式（A.1）计算出的标准差应小于规定允许值。

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

其中：

$\sigma_{\Delta g}$ ：边坡高程差值标准差；

$\Delta g_i$ ：每一检测断面的实测边坡高程与设计边坡高程差值，单位（mm）；

$\overline{\Delta g}$ ：检测断面的实测边坡高程与设计边坡高程差值的平均值，单位（mm）；

$[\sigma_{\Delta g}]$ ：边坡高程差值标准差允许值；

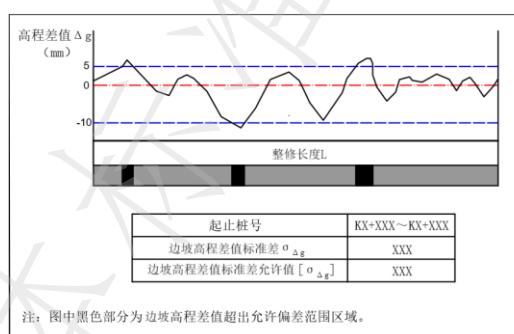


图 A.1 边坡高程稳定性分析示意图

### A.2 边坡坡度稳定性分析

经整修施工后边坡坡度稳定性应将实测边坡坡度与设计坡度比较后进行判定，绘制边坡坡度差值分布图，按公式（A.2）计算出的标准差应小于规定允许值。

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

其中：

$\sigma_{\Delta h}$ ：边坡坡度差值标准差；

$\Delta h_i$ ：每一检测点的实测边坡坡度与设计边坡坡度差值，单位（%）；

$\overline{\Delta h}$ ：检测点的实测边坡坡度与设计边坡坡度差值的平均值，单位（%）；

$[\sigma_{\Delta h}]$ ：边坡坡度标准差允许值；

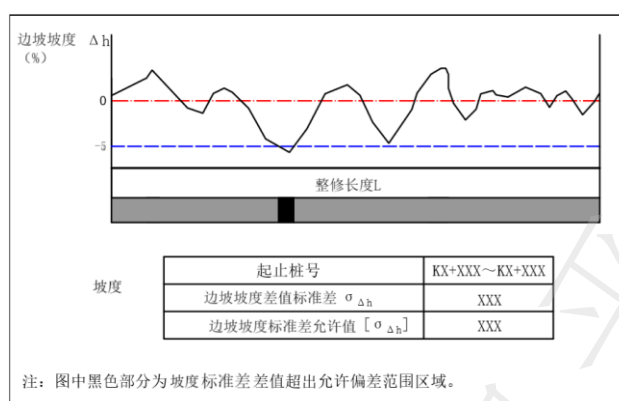


图 A.2 边坡坡度稳定性分析示意图

### A.3 边坡断面尺寸稳定性分析

边坡断面尺寸稳定性应将实测断面尺寸与设计断面尺寸比较后进行判定,绘制断面尺寸差值分布图,按公式(A.3)计算出的标准差应小于规定允许值。

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

其中:

$\sigma_{\Delta p}$ : 边坡断面尺寸差值标准差;

$\Delta p_i$ : 每一检测断面的实测边坡断面尺寸与设计边坡断面尺寸差值,单位(mm);

$\overline{\Delta p}$ : 检测断面的实测边坡断面尺寸与设计边坡断面尺寸差值的平均值,单位(mm);

$[\sigma_{\Delta p}]$ : 坡断面尺寸标准差允许值。

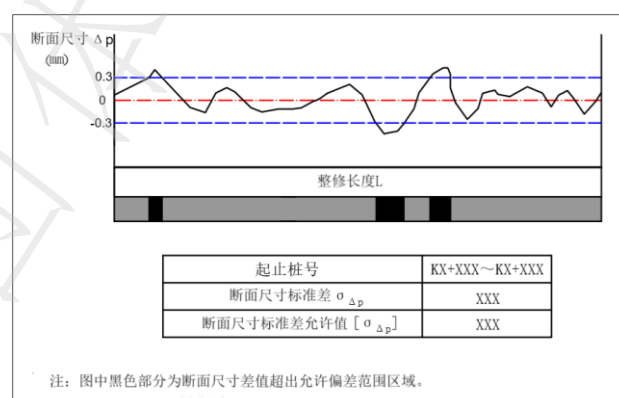


图 A.3 边坡断面尺寸稳定性分析示意图

附录 B  
(资料性附录)  
3D 挖掘质量报告

表 B.1 边坡整修质量报告

单位名称:

文件编号:

| 边坡整修质量报告                    |                       |       |             |                  |             |
|-----------------------------|-----------------------|-------|-------------|------------------|-------------|
| 工程<br>信息                    | 项目名称                  |       |             |                  |             |
|                             | 施工日期<br>(X 年 X 月 X 日) |       |             | 天气<br>(°C)       |             |
|                             | 起始桩号<br>(KX+XXX)      |       |             | 终止桩号<br>(KX+XXX) |             |
|                             | 整修层位                  |       |             | 整修长度<br>(m)      |             |
| 整修<br>信息                    | 挖掘机台数<br>(X 台)        |       |             | 整修时间<br>(s)      |             |
|                             | 整修次数<br>(次)           |       |             |                  |             |
| 边坡整修<br>质量<br>检测<br>信息      | 检测项目                  |       | 检测数量<br>(个) | 允许偏差<br>(mm)     | 合格率<br>(%)  |
|                             | (1)                   | 边坡高程  |             |                  |             |
|                             | (2)                   | 边坡坡度  |             |                  |             |
|                             | (3)                   | 边坡断面尺 |             |                  |             |
| 边坡整修<br>稳定<br>性分<br>析信<br>息 | 检测项目                  |       | 检测数量<br>(个) | 规定允许<br>(mm)     | 标准差<br>(mm) |
|                             | (1)                   | 边坡高程  |             |                  |             |
|                             | (2)                   | 边坡坡度  |             |                  |             |
|                             | (3)                   | 边坡断面尺 |             |                  |             |
| 备注                          |                       |       |             |                  |             |
| 填表:                         |                       | 复核:   |             | 日期:              |             |