报告编号：GM-2019-017

广东惠州平潭机场

# 跑道（553-683 板块）病害调查报告

上海圭目机器人有限公司

二〇一九年十月

特别声明：

1、本报告未加盖本公司检测专用章无效；

2、本报告无项目负责、编写、校核、审批人签字无效；

3、本报告涂改、错页、换页、漏页无效；

4、本报告未经本公司书面批准不得部分复制；

5、对本报告如有异议，应于收到报告之日起十五日内向本公司书面提出，逾期不予办理。

| | |
|---|---|
| 项 目 负 责 人 | 刘斐 |
| 编　　写 | 刘斐 |
| 校　　核 | 胡冬平 |
| 审　　批 | 邓勇军 |
| 检　　测 | 刘斐、覃帅 |
| 编 制 单 位 | 上海圭目机器人有限公司 |
| 编 制 日 期 | 2019 年 10 月 17 日 |

地　址：上海市杨浦区中山北二路 1121 号同济科技大厦 110 室

电　话：021-55896690

# 目 录

**第一章 项目概述** 2

**1.1 项目概况** 2

**1.2 调查范围及内容** 2

1.2.1 调查范围 2

1.2.2 调查内容 3

**1.3 调查依据** 3

**第二章 调查设备** 5

**第三章 调查方法** 7

**3.1 资料调研** 7

**3.2 数据采集方法** 7

3.2.1 局部坐标系的建立 7

3.3.2 数据采集 7

**3.3 评价方法** 8

3.3.1 实景建模 8

3.3.2 病害分析 8

**第四章 调查结果与分析** 10

**4.1 调查区域整体建模** 10

**4.2 结构病害调查结果** 11

**4.3 病害三维模型** 15

**第五章 结论与建议** 16

# 第一章 项目概述

## 1.1 项目概况

广东惠州平潭机场（以下简称平潭机场）始建于上世纪50年代，起初为军用机场。2014年对机场进行改扩建，2015年民用航空通航。目前拥有一条2400米长的跑道，飞行区等级为4C级。

平潭机场在日常巡查过程中发现部分板块断裂，影响航空器安全。为了弄清断板原因，出具整治方案，特委托我司对断板区域进行病害调查。接到委托后，我司工程师携设备于2019年9月25号到达现场进行勘察、采集数据。

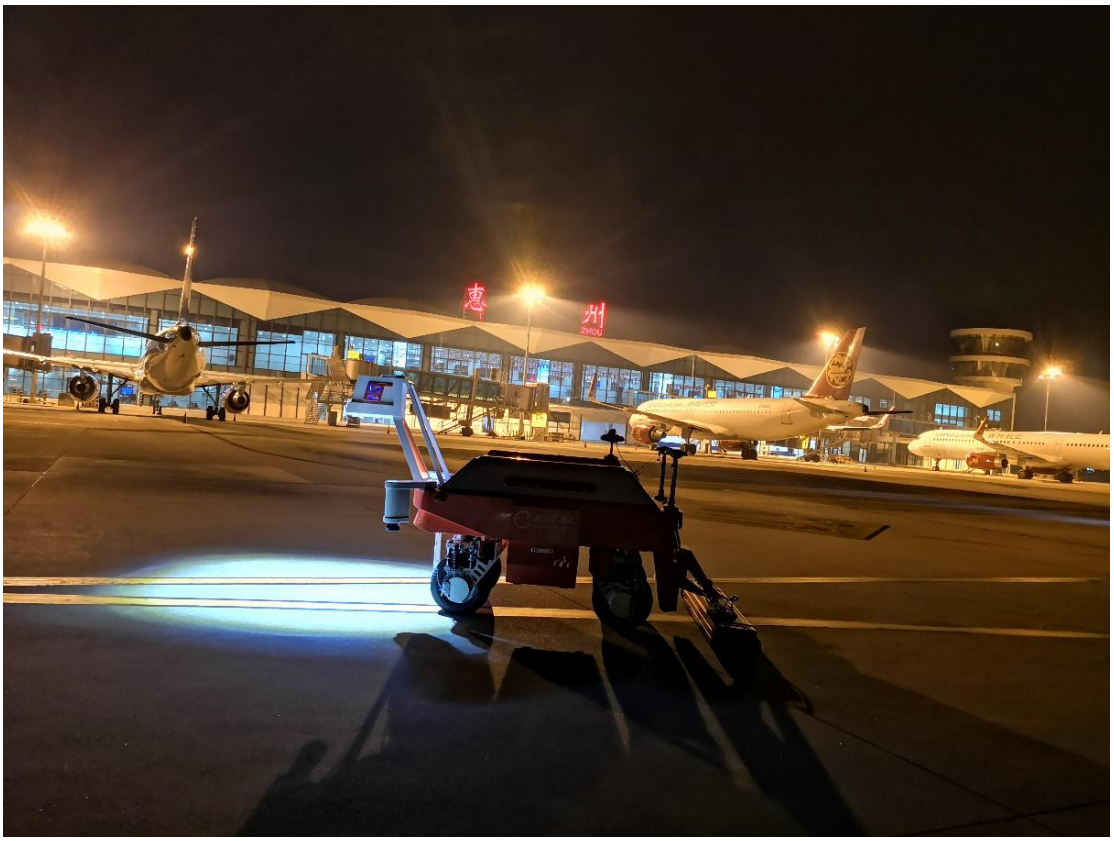


图1 检测现场照片

## 1.2 调查范围及内容

### 1.2.1 调查范围

根据机场管理人员指引，选取了产生贯穿裂缝的板块块作为检测区域，检测起点位于跑道西端距起点 310 米处，长度为 430 米，检测宽度覆盖中线左侧 3 块板，右侧 2 块板，共计 5 块板，实际宽度 20 米，检测总面积为 8600 余平方米，检测板块覆盖 553-683 板块。

图2 调查区域卫星图

### 1.2.2 调查内容

本次主要调查了断板区域的内部结构病害情况，进行表观及内部数据的整体拼接，形成了调查区域全面数字模型。

## 1.3 调查依据

（1）《民用机场道面评价管理技术规范》（MH/T5024-2009），中国民用航空局，2009年9月；

（2）《民用机场飞行区技术标准》（MH5001-2006），中国民用航空总局，2006年6月；

（3）《民用机场道面现场测试规程》（MH/T5110-2015），中国民用航空总局，2015年3月；

（4）《机场道面维护程序指南》（AC：150/5380-6），美国联邦航空局；

（5）《国际民用航空公约附件十四——机场》，国际民航组织(ICAO)，2009年7月；

（6）《机场道面设计和评价》(AC：150/5320-6D)，美国联邦航空局；

（7）《城市工程地球物理探测规范》（CJJ T 7-2007）；

国家、行业的其他有关规范、标准。

# 第二章 调查设备

本次病害调查采用圭目机器人研制生产的道面健康机器人自动检测系统，通过机器人自主定位导航、道面损坏调查、三维探地雷达探测、数据同步采集、数据分析等技术，实现对结构质量状况的全面评估。道面健康机器人自动检测系统包括机器人本体、无损检测工艺模块、定位基站、任务规划器、远程监控辅助系统，如图4。

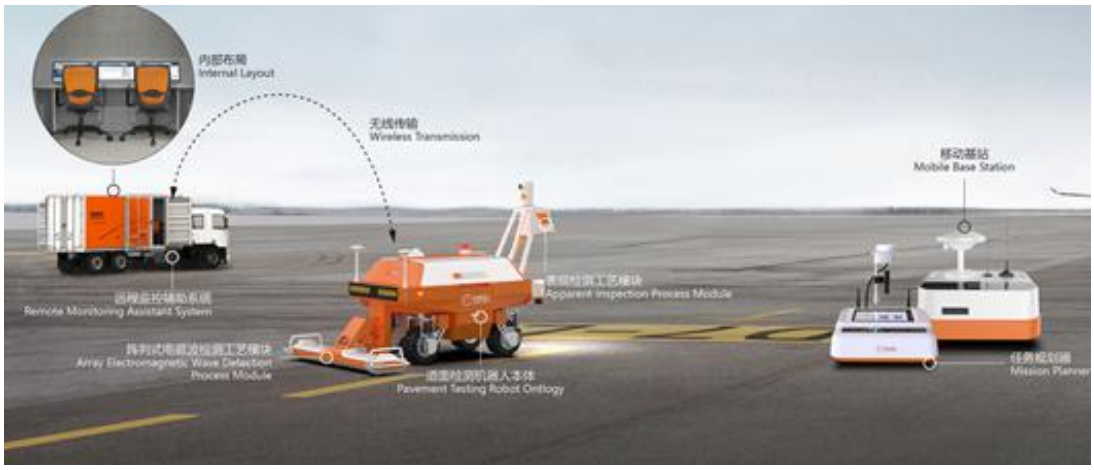


图3 道面健康机器人自动检测系统组成

尺寸：1700mm×1250mm×2500mm

重量：500kg

行走速度：0-20km/h

爬坡能力：10°

定位精度：3-5cm

作业动作：前进、后退、平移、原地转向

供电方式：电池供电

连续工作时间： 6h

单次检测宽度： 1m

适应路面：

各种非金属路面

道面结构损坏：

损坏类型：脱空、空洞、沉降、疏松、富含水、裂缝等

穿透性：可穿透单层15cm×15cm的钢筋网

探深：1.2m左右。

# 第三章 调查方法

## 3.1 资料调研

基础资料收集是结构病害调查中重要步骤，本次主要是通过访谈的方式咨询了管理方相关的历史。

## 3.2 数据采集方法

### 3.2.1 局部坐标系的建立

本设备在采集数据时先建立一个局部坐标系，在这个坐标系下，建立任务，设备根据任务大小自动规划路径，自动采集数据。

本次检测以P-G-680、P-G681、P-H680、P-H681四块板块交点为原点，纵向为板块编号递减的方向，横向为P-G板块到P-F方向。任务建立如下：纵向以原点往编号递增板块方向15米为起点，任务长度430米，横向以原点为中心左边3块板12米，右边2块板8米，覆盖5米板块18块，3米板块113块。

### 3.3.2 数据采集

本次病害调查采用视觉系统记录所调查区域表观损坏情况，采用三维探地雷达法调查区域内部隐形病害。病害调查设备为圭目机器人公司自主研发生产的道面健康机器人自动检测系统，该系统具有图像自动采集功能和三维探地雷达数据自动采集功能。道面健康机器人自动采集系统对道面进行连续拍照，以拍摄的照片为素材，自动建立结构表观模型。图4为现场作业流程图。

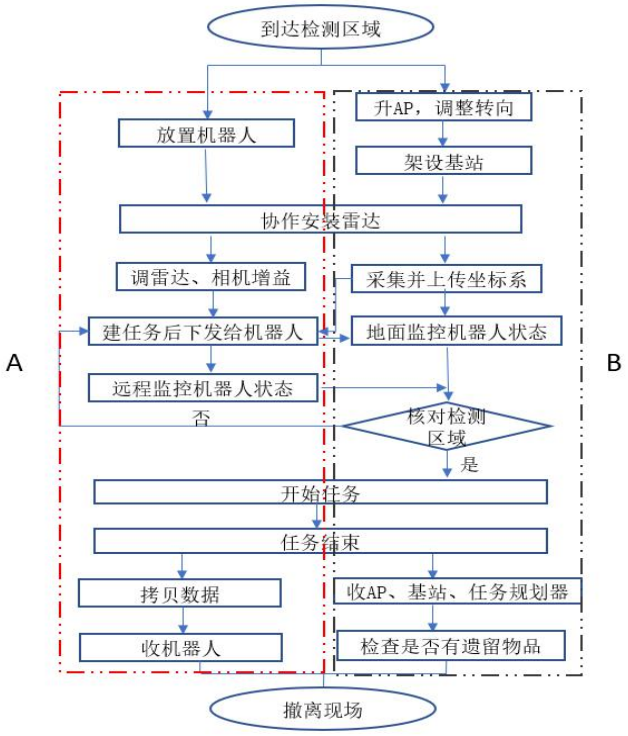


图4 现场作业流程图

## 3.3 评价方法

### 3.3.1 实景建模

将采集的图像及雷达数据整理归档，使用《圭目·智检检测数据处理系统》的图像拼接模块一键生成检测区域全景图片。

### 3.3.2 病害分析

（1）表观病害分析

因跑道橡胶泥太多，影响了表观病害的分析，对整体表观病害没有分析和展示，仅提供表观数据模型。

（2）结构病害分析

基于探地雷达波特征的地下病害的识别方法一般是根据正演规律推断某些病害特征的波形、振幅、相位与频率的变化等，然后根据现场探测得到的波来反演道路内部型态，辅以水平切片的直观型态，对结构病害做精确、详尽的判断，常见结构病害探地雷达波波形见表3-1。

表3-1 结构病害分析方法

| 结构病害 | 波组形态 | 振幅 | 相位与频率 |
|---|---|---|---|
| 路面脱空 | 脱空顶部一般形成连续的同向性反射波组，多次波发育，两侧绕射波发育明显 | 振幅强<br>雷达波衰减很慢 | 顶部反射波与入射波同向，底部反射波与入射波反向；频率高于背景场 |
| 空洞 | 近似球形空洞反射波组表现为倒悬双曲线；近似方形空洞反射波表现为正向连续平板状双曲线，曲线顶部形态与空洞洞顶形态相似；多次波发育，两侧存在明显绕射波 | 振幅强<br>雷达波衰减很慢 | 顶部反射与入射波同向，底部反射波与入射波反向；空洞的频率高于背景场的频率 |
| 严重疏松 | 顶部形成连续的同向性反射波组，波组形态由顶部形态决定；多次波发育明显，两侧存在绕射波；严重疏松体内部波形结构很杂乱，波形同相轴很不连续 | 振幅强<br>衰减很慢 | 顶部反射波与入射波同向，底部反射与入射波反向；病害的频率高于背景场的频率 |
| 中等疏松 | 顶部形成较连续的同向性反射波组，波组形态由顶部形态决定；多次波发育，两侧存在绕射波；中等疏松体内部波形结构杂乱，波形同相轴不连续 | 振幅较强<br>衰减慢 | 顶部反射波与入射波同向，底部反射波与入射波反向；病害的频率高于背景场的频率 |
| 轻微疏松 | 顶部形成连续的同向性反射波组，波组形态由 顶部形态决定；多次波发育不明显；轻微疏松体内部波形结构较杂乱，波形同相轴，较不连续 | 振幅较强<br>衰减较慢 | 顶部反射波与入射波同向，底部反射波与入射波反向；病害的频率高于背景场的频率 |
| 严重富水 | 顶部形成连续的同向性反射波组，波组形态由顶部形态决定，两侧绕射波和底部反射波不明显；多次波不发育 | 振幅强<br>衰减很快 | 顶部反射波与入射波反向，底部反射波与入射波同向；病害的频率低于背 景场的频率 |
| 一般富水 | 顶部形成较连续的同向性反射波组，波组形态由顶部形态决定，两侧绕射波和底部反射波不明显；多次波不发育 | 振幅较强<br>衰减很快 | 顶部反射波与入射波反向，底部反射波与入射波 同向；病害的频率低于背景场的频率 |

# 第四章 调查结果与分析

## 4.1 调查区域整体建模

平潭机场调查区域整体建模见附件一，内部病害绘制在模型上，可以方便业主或维修保养单位现场定位病害。

表观发现板块P-H 673-671有一条贯穿裂缝，贯穿3块板块，已经做修补处理，裂缝见图5。P-H 671-668处有细微裂缝，未贯穿。P-F-650-655处有几条贯穿裂缝，覆盖5块板块，已经做修补处理，裂缝见图6.

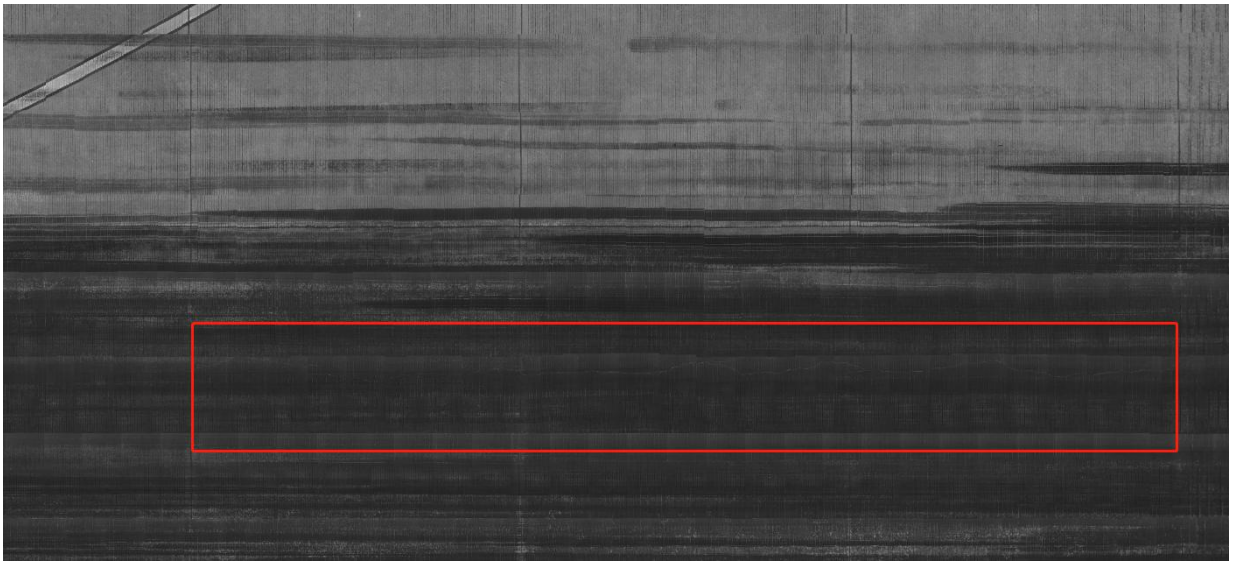

图5 贯穿裂缝一区位图

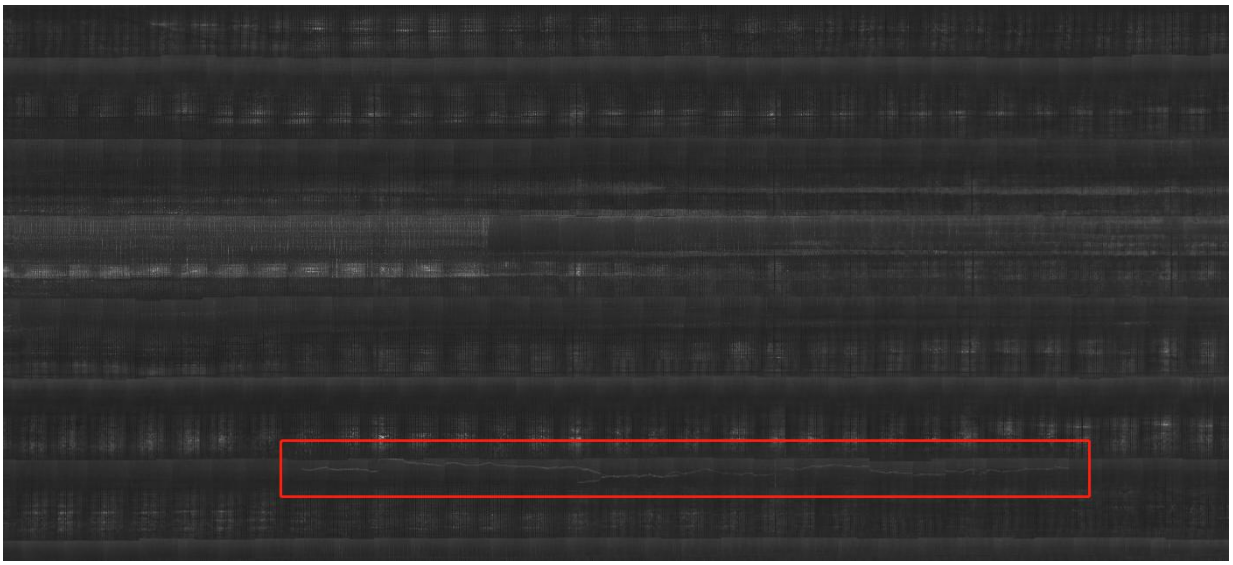

图6 贯穿裂缝二区位图

## 4.2 结构病害调查结果

结构病害名称规则如下，以G-J-1为例，G代表脱落病害，其他病害类型简化见表4-1，J代表基层，其他层次简化见表4-2，1 为病害顺序码。对病害的描述中中心位置X为表观模型左下角为原点往右的宽度，中心位置Y为表观模型左下角为原点往Y轴增大方向的长度。经纬度是正常的大地坐标经度和纬度值，根据表观模型，辅以病害信息数据可以精准的在现场定位到病害信息，方便现场维修和整治。

表4-3为调查区域结构病害统计表。

附件二为调查区域的雷达病害详细图谱，附件三为调查区域约10cm深度处水平切片图，可以清晰的看到并识别拉力杆位置和数量，附件四为调查区域面层板底约25cm深度切片图，可以直观的识别病害分布。

表4--1 病害类型简化符号

| 病害类型 | 层离 | 脱空 | 富含水 | 疏松 | 沉陷 | 裂缝（管道） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 简化符号 | D | G | W | L | S | C |

表4-2 病害类型简化符号

| 结构层次 | 面层 | 基层 | 底基层 | 土基 |
|---|---|---|---|---|
| 简化符号 | M | J | D | T |

表4-3调查区域结构病害详细列表

| 名字 | 病害类型 | 中心位置 X/m | 中心位置 Y/m | 纬度 | 经度 | 面积/$m^2$ | 深度/m | 病害强度 | 病害层次 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G-M-1 | 脱空 | -10.33 | 1.988 | 23.04828751 | 114.5918099 | 9.307 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-2 | 脱空 | -10.23 | 9.482 | 23.04829326 | 114.5918779 | 1.519 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-3 | 脱空 | 5.174 | 38.022 | 23.04816643 | 114.5921614 | 4.896 | 0.258 | 一般 | 面层 |
| G-M-4 | 脱空 | 3.77 | 44.615 | 23.04818297 | 114.592222 | 1.629 | 0.256 | 严重 | 面层 |
| G-M-5 | 脱空 | 4.796 | 49.838 | 23.04817381 | 114.5922735 | 3.878 | 0.256 | 严重 | 面层 |
| G-M-6 | 脱空 | -10.933 | 55.05 | 23.04831483 | 114.5923213 | 2.669 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-7 | 脱空 | -5.993 | 72.458 | 23.04826566 | 114.5924844 | 9.219 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-8 | 脱空 | -2.138 | 81.167 | 23.04824441 | 114.5925711 | 2.102 | 0.256 | 严重 | 面层 |
| G-M-9 | 脱空 | -1.948 | 85.694 | 23.04824471 | 114.5926199 | 4.45 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-10 | 脱空 | -2.37 | 91.906 | 23.04824781 | 114.5926588 | 13.68 | 0.256 | 严重 | 面层 |
| G-M-11 | 脱空 | -10.679 | 95.748 | 23.04832826 | 114.5927163 | 1.546 | 0.256 | 严重 | 面层 |
| G-M-12 | 脱空 | -2.193 | 101.893 | 23.04825222 | 114.5927758 | 1.745 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-13 | 脱空 | 5.087 | 104.243 | 23.04818916 | 114.5928018 | 2.971 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-14 | 脱空 | -1.774 | 105.138 | 23.04825916 | 114.5928123 | 3.116 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-15 | 脱空 | -2.165 | 107.813 | 23.04825602 | 114.5928342 | 1.895 | 0.256 | 严重 | 面层 |
| G-M-16 | 脱空 | -2.174 | 114.098 | 23.04825687 | 114.5928977 | 3.843 | 0.256 | 严重 | 面层 |
| G-M-17 | 脱空 | -2.406 | 116.957 | 23.04825467 | 114.5929222 | 3.091 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-18 | 脱空 | -2.74 | 120.405 | 23.04826645 | 114.5929629 | 4.465 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-19 | 脱空 | -7.802 | 125.965 | 23.04831251 | 114.5930103 | 1.052 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-20 | 脱空 | 4.218 | 128.814 | 23.04820387 | 114.5930436 | 2.211 | 0.256 | 一般 | 面层 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G-M-21 | 脱空 | -2.969 | 128.939 | 23.04827582 | 114.5930655 | 9.796 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-22 | 脱空 | -2.731 | 146.786 | 23.04827526 | 114.5932169 | 2.038 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-23 | 脱空 | -6.275 | 154.107 | 23.04830871 | 114.593284 | 5.235 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-24 | 脱空 | 5.022 | 158.088 | 23.04821324 | 114.5933313 | 3.38 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-25 | 脱空 | -10.109 | 179.733 | 23.04835557 | 114.5935401 | 5.249 | 0.256 | 严重 | 面层 |
| G-M-26 | 脱空 | 3.797 | 182.383 | 23.04823723 | 114.5935674 | 7.194 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-27 | 脱空 | 4.559 | 197.736 | 23.04823105 | 114.5937172 | 1.115 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-28 | 脱空 | 2.869 | 198.873 | 23.04824354 | 114.5937331 | 4.342 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-29 | 脱空 | -2.869 | 209.966 | 23.0482922 | 114.5938288 | 8.618 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-30 | 脱空 | -2.501 | 218.949 | 23.04829156 | 114.5939362 | 48.166 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-31 | 脱空 | -10.311 | 222.071 | 23.0483728 | 114.5939495 | 5.395 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-32 | 脱空 | -0.888 | 236.799 | 23.04829525 | 114.5940972 | 3.108 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-33 | 脱空 | 2.098 | 238.755 | 23.04825741 | 114.5941182 | 6.403 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-34 | 脱空 | 5.087 | 249.354 | 23.04823499 | 114.5942158 | 3.091 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-35 | 脱空 | -1.046 | 254.972 | 23.0482924 | 114.5942687 | 3.054 | 0.256 | 严重 | 面层 |
| G-M-36 | 脱空 | -7.902 | 257.832 | 23.04836236 | 114.5943019 | 1.593 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-37 | 脱空 | -7.059 | 269.86 | 23.04836766 | 114.5944189 | 3.19 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-38 | 脱空 | -1.753 | 278.956 | 23.04831694 | 114.5945015 | 1.607 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-J-39 | 脱空 | -7.592 | 280.886 | 23.04837096 | 114.5945261 | 2.048 | 0.504 | 一般 | 基层 |
| G-M-40 | 脱空 | -2.284 | 287.914 | 23.0483211 | 114.5945892 | 2.017 | 0.256 | 严重 | 面层 |
| G-M-41 | 脱空 | -5.777 | 301.395 | 23.0483625 | 114.5947212 | 1.763 | 0.256 | 严重 | 面层 |
| G-M-42 | 脱空 | -2.899 | 312.527 | 23.04832748 | 114.5948184 | 13.947 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-43 | 脱空 | -2.403 | 317.641 | 23.04833317 | 114.5948808 | 2.555 | 0.256 | 一般 | 面层 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G-M-44 | 脱空 | -2.097 | 341.805 | 23.04834188 | 114.5951156 | 2.119 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-45 | 脱空 | 4.918 | 343.219 | 23.04827862 | 114.5951367 | 3.385 | 0.289 | 一般 | 面层 |
| G-M-46 | 脱空 | -10.027 | 347.705 | 23.04841768 | 114.5951732 | 1.732 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-47 | 脱空 | 2.727 | 349.001 | 23.04830427 | 114.5951857 | 9.536 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-48 | 脱空 | -1.842 | 350.453 | 23.04833936 | 114.5951938 | 9.385 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-49 | 脱空 | -2.033 | 356.738 | 23.04834558 | 114.5952326 | 4.276 | 0.256 | 严重 | 面层 |
| G-M-50 | 脱空 | -2.708 | 366.829 | 23.04834878 | 114.5953594 | 13.68 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-51 | 脱空 | 5.253 | 368.651 | 23.04828377 | 114.5953757 | 2.443 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-52 | 脱空 | -2.033 | 371.48 | 23.04834833 | 114.5954082 | 6.492 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-53 | 脱空 | -2.426 | 377.429 | 23.04835497 | 114.5954617 | 1.72 | 0.256 | 严重 | 面层 |
| G-M-54 | 脱空 | -2.817 | 384.036 | 23.04836765 | 114.5955223 | 15.575 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-55 | 脱空 | -6.961 | 385.451 | 23.04839818 | 114.5955359 | 6.593 | 0.256 | 严重 | 面层 |
| G-M-56 | 脱空 | -2.101 | 389.567 | 23.04835811 | 114.5955845 | 5.713 | 0.256 | 严重 | 面层 |
| G-M-57 | 脱空 | -10.24 | 389.904 | 23.04843653 | 114.5955873 | 4.348 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-58 | 脱空 | -7.066 | 395.993 | 23.04839541 | 114.5956474 | 36.047 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-59 | 脱空 | -5.947 | 404.082 | 23.04840823 | 114.595716 | 130.359 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-60 | 脱空 | -8.623 | 412.252 | 23.0484298 | 114.595806 | 4.712 | 0.256 | 一般 | 面层 |
| G-M-61 | 脱空 | -1.968 | 413.2 | 23.04835765 | 114.595819 | 3.802 | 0.256 | 一般 | 面层 |

## 4.3 病害三维模型

机器人系统可以将病害信息与地理信息系统结合，生成调查区域三维病害显示模型，该模型直观的将表观模型和内部病害模型结合，且在长度、宽度和深度三个方向上描述病害信息，有利于设计和维护单位定位病害和设计维修，三维模型见下图：

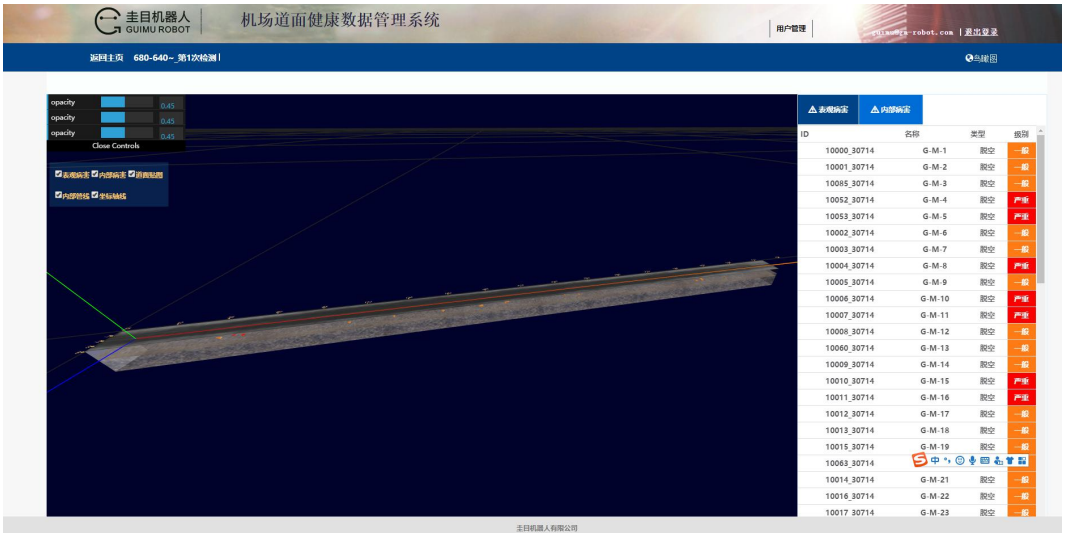


图7 调查区域在道面健康数据管理系统中的病害三维模型

# 第五章 结论与建议

从调查区域病害结果显示，两处区域P-H(671，672,673)和P-F（650,651,652,653,654））共计8块板，出现较为严重的贯穿裂缝且已出现部分交叉裂缝。P-F（650,651,652,653,654）道面周围下方256mm处存在1至2cm的脱空情况，但未出现错台及沉降情况，如不做处理，有引起混凝土掉块和错台沉降的风险。

从调查区域病害结果显示，三处区域P-H(661-670)和P-F（643-649、655-660）共计23块板，出现轻微裂缝和部分贯穿裂缝但未发现交叉裂缝的情况，且裂缝宽度不足5mm以及三维雷达探测图像未呈现道面脱空情况。根据检测结果结合现场勘察情况，本次检测给出如下建议

1、建议将 P-H(671，672,673)和 P-F（650,651,652,653,654）8 块板做换板处理，换板时应做配筋等加强处理；

2、建议 P-H(661-670)和 P-F（643-649、655-660）以及周边板块加强观察裂缝发育情况，建议在飞行区道面综合评价中重点关注平整度和承载力检测，期间如出现进一步恶化情况，则必须再次进行检测；

3、建议加大对嵌缝料的排查和更换频率，防止雨水进入下层进一步恶化道面。