

UDC

**MH**

中华人民共和国行业标准

P

**MH/T 5024—2019**

代替 MH/T 5024—2009

---

# 民用机场道面评价管理技术规范

**Specifications for pavement evaluation and  
management of civil airports**

2019-07-23 发布

2019-11-01 施行

---

中国民用航空局 发布

中华人民共和国行业标准

# 民用机场道面评价管理技术规范

Specifications for pavement evaluation and  
management of civil airports

MH/T 5024—2019

主编单位：同济大学

批准部门：中国民用航空局

施行日期：2019年11月1日

中国民航出版社

2019 北京

图书在版编目 (CIP) 数据

民用机场道面评价管理技术规范/同济大学主编.  
—北京: 中国民航出版社, 2019. 4  
ISBN 978-7-5128-0662-7

I. ①民… II. ①同… III. ①民用机场-飞机跑道-  
路面设计-设计规范-中国 IV. ①V351. 11-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 071780 号

中华人民共和国行业标准  
民用机场道面评价管理技术规范  
MH/T 5024—2019  
同济大学 主编

---

责任编辑 韩景峰  
出版 中国民航出版社 (010) 64279457  
地址 北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号楼 (100028)  
排版 中国民航出版社录排室  
印刷 北京金吉士印刷有限责任公司  
发行 中国民航出版社 (010) 64297307 64290477  
开本 880×1230 1/16  
印张 6.25  
字数 177 千字  
版印次 2019 年 8 月第 1 版 2019 年 8 月第 1 次印刷

---

书号 ISBN 978-7-5128-0662-7  
定价 59.00 元

官方微博 <http://weibo.com/phcaac>  
淘宝网店 <https://shop142257812.taobao.com>  
电子邮箱 [phcaac@sina.com](mailto:phcaac@sina.com)

# 中国民用航空局 公告

2019 年第 4 号

---

## 中国民用航空局关于发布 《民用机场道面评价管理技术规范》的公告

现发布《民用机场道面评价管理技术规范》（MH/T 5024—2019），自 2019 年 11 月 1 日起施行，原《民用机场道面评价管理技术规范》（MH/T 5024—2009）同时废止。

本标准由中国民用航空局机场司负责管理和解释，由中国民航出版社出版发行。

中国民用航空局

2019 年 7 月 23 日



## 前 言

《民用机场道面评价管理技术规范》(MH/T 5024—2009)自2009年9月1日发布施行以来,对于提高民用机场道面评价管理技术水平、保障机场道面安全运行发挥了重要的作用。

随着道面评价管理技术的发展和机场管理要求的提高,原规范部分内容需修订完善。根据中国民用航空局下达的《民用机场道面评价管理技术规范》修编任务书,编写组总结了原规范颁布以来的施行情况,借鉴吸收了近年来我国民航机场道面评价管理的实践经验以及国内外相关研究成果和标准,在广泛征求行业意见的基础上,完成了修订工作。本次修订的主要内容包括:

(1) 将“道面技术资料管理”变更为“道面评价管理基础资料”,将“道面调查”变更为“道面巡视检查”,并相应调整了有关规定;

(2) 以“区块”替代“单元”作为道面损坏状况评价的基本单位,并重新编制了PCI计算方法和计算程序;

(3) 调整了沥青混合料和水泥混凝土材料试验与评价的相关技术要求,并组成“面层材料性能试验与评价”一章;

(4) 修订了“道面PCN计算方法”“道面结构厚度适应性评价方法”和“道面结构剩余寿命计算方法”;增加了“道面功能性寿命概率型预估模型与方法”;

(5) 修订了“水泥混凝土道面板底脱空评价标准”和“国际平整度指数(IRI)评价标准”;增加了“波音平整度指数(BBI)评价指标和标准”;

(6) 增加了“道面结构性能测试的探地雷达方法”,删除了“道面维护管理对策与措施”的相关内容;

(7) 附录中删除了道面技术资料管理样张的相关内容,增加了波音平整度指数(BBI)评价方法和功能性剩余寿命马尔可夫预测模型构建方法及示例的内容。

本规范第1章由凌建明负责编写,第2章由涂辉招负责编写,第3章由佟岱山负责编写,第4章由刘玉红、邵道杰负责编写,第5章由杨戈、郑悦锋负责编写,

第6章由苏新、安彦卿负责编写,第7章由袁捷、西绍波、凌建明负责编写,第8章由赵鸿铎、凌建明、邵显智负责编写,第9章由杜浩、赵忠进负责编写,第10章由凌建明、佟岱山负责编写,附录A、附录B、附录D由袁捷负责编写,附录C由刘诗福负责编写,附录E由杨戈负责编写,附录F由杜浩负责编写。由袁捷负责统稿。

本规范由主编单位负责条文解释及日常管理,对本规范的相关意见请寄往同济大学交通运输工程学院(地址:上海市嘉定区曹安公路4800号;邮政编码:201804;传真:021-69583003;电话:021-69583005;电子邮箱:yuanjie@tongji.edu.cn),以供今后修订时参考。

主编单位:同济大学

参编单位:中国民航机场建设集团公司

上海同科交通科技有限公司

主 编:凌建明 袁 捷

参编人员:杨 戈 刘玉红 邵道杰 苏 新 杜 浩 赵鸿铎 西绍波  
佟岱山 涂辉招 邵显智 安彦卿 郑悦锋 赵忠进 刘诗福

主 审:姜昌山 周栋亮

参审人员:蔡良才 保卫国 廖志高 吴润华 罗 勇 柴震林 孙 强  
黄卫华 郝航程 田 波 曹 江

本规范于2009年首次发布,主编单位为同济大学,主要起草人为凌建明、刁永海、邵道杰、西绍波、李金良、袁捷、苏新、金德雄、章亚军、佟岱山、金维明、郑悦锋。本次修订为第一次修订。

## 目次

<b>1</b>	<b>总则</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>术语和符号</b>	<b>2</b>
2.1	术语	2
2.2	符号	3
<b>3</b>	<b>基础资料</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>道面巡视检查</b>	<b>6</b>
4.1	一般规定	6
4.2	道面日常巡视	6
4.3	道面徒步调查	7
4.4	道面专项调查	8
<b>5</b>	<b>道面损坏状况调查与评价</b>	<b>9</b>
5.1	一般规定	9
5.2	道面损坏状况调查	9
5.3	道面损坏等级评定	10
5.4	道面损坏状况分析	11
<b>6</b>	<b>面层材料性能试验与评价</b>	<b>13</b>
6.1	一般规定	13
6.2	沥青混合料性能试验与评价	13
6.3	水泥混凝土性能试验与评价	14
<b>7</b>	<b>道面结构性能测试与评价</b>	<b>16</b>
7.1	一般规定	16
7.2	道面结构性能测试	16
7.3	道面结构性能评价参数	17
7.4	道面结构承载能力	22
<b>8</b>	<b>道面功能性能测试与评价</b>	<b>25</b>
8.1	一般规定	25

8.2	道面抗滑性能测试与评价 .....	25
8.3	道面平整度测试与评价 .....	26
8.4	道面排水性能测试与评价 .....	28
<b>9</b>	<b>道面剩余寿命预估 .....</b>	<b>30</b>
9.1	一般规定 .....	30
9.2	道面结构性剩余寿命预估 .....	30
9.3	道面功能性寿命预估 .....	30
<b>10</b>	<b>机场道面管理系统 .....</b>	<b>33</b>
10.1	一般规定 .....	33
10.2	系统基本功能 .....	33
10.3	系统开发与应用 .....	35
<b>附录 A</b>	<b>机场道面分区推荐方法 .....</b>	<b>36</b>
A.1	道面部位划分 .....	36
A.2	道面区块划分 .....	36
<b>附录 B</b>	<b>道面损坏鉴别与 <i>PCI/SCI</i> 计算方法 .....</b>	<b>39</b>
B.1	水泥混凝土道面损坏鉴别标准及计量方法 .....	39
B.2	沥青道面损坏鉴别标准及计量方法 .....	49
B.3	道面 <i>PCI</i> 和 <i>SCI</i> 计算方法 .....	58
B.4	机场道面损坏折减曲线 .....	61
B.5	道面 <i>PCI</i> 和 <i>SCI</i> 计算程序使用说明 .....	67
<b>附录 C</b>	<b>基于 <i>FWD</i> 弯沉盆的道面结构参数反演分析方法 .....</b>	<b>70</b>
C.1	水泥混凝土道面结构参数反演分析 .....	70
C.2	沥青道面结构参数反演分析 .....	75
<b>附录 D</b>	<b>道面等级号 (<i>PCN</i>) 评价方法 .....</b>	<b>76</b>
<b>附录 E</b>	<b>波音平整度指数 (<i>BBI</i>) 评价方法 .....</b>	<b>81</b>
E.1	道面纵断面高程数据采集 .....	81
E.2	波音平整度指数计算及 <i>TJ_BBI</i> 程序使用方法 .....	81
<b>附录 F</b>	<b>功能性剩余寿命马尔可夫预测模型构建方法及示例 .....</b>	<b>84</b>
F.1	马尔可夫预测模型构建方法 .....	84
F.2	功能性剩余寿命马尔可夫预测模型示例 .....	85
	标准用词说明 .....	87
	引用标准名录 .....	88

## 1 总 则

- 1.0.1** 为规范民用机场道面评价管理工作，制定本规范。
- 1.0.2** 本规范适用于民用机场水泥混凝土道面、沥青道面、复合道面的评价与技术管理。
- 1.0.3** 机场道面评价与管理鼓励采用先进有效的新技术和新方法。应通过机场道面管理系统等信息管理平台逐步提高道面管理的数字化、精细化、智能化水平。
- 1.0.4** 机场管理机构应按照相关规定要求和道面实际使用情况定期开展道面各项使用性能的测试与评价。
- 1.0.5** 机场道面评价管理除应符合本规范规定外，尚应符合国家和行业现行相关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 道面管理 pavement management

为保证道面处于良好的使用状态而采取的管理措施,主要包括道面调查、测试、评价、决策、维护等,以及为此制定的相关管理制度、方法和系统。

#### 2.1.2 道面评价 pavement evaluation

针对道面使用性能的各项分析、判断和预测。

#### 2.1.3 道面使用性能 pavement performance

道面损坏状况、结构性能和功能性能的总称。

#### 2.1.4 道面分区 pavement division

依据道面评价管理的要求和原则对道面进行的几何划分。

#### 2.1.5 评价期 pavement life

从道面建成使用以来,能够满足适航要求的使用年限。

#### 2.1.6 道面族 pavement family

道基强度、结构组合与材料组成基本相同,荷载等级与环境因素差异较小,且使用性能衰变规律相似的一组道面。

#### 2.1.7 道面巡视检查 pavement routine inspection

机场管理机构按照管理规定定期或者不定期对道面进行的各类检查工作。

#### 2.1.8 道面状况指数 pavement condition index (PCI)

表征道面表观损坏程度的量化技术指标。

#### 2.1.9 结构状况指数 structural condition index (SCI)

表征道面结构性损坏程度的量化技术指标。

#### 2.1.10 接缝传荷系数 load transfer efficiency at joint

表征水泥混凝土道面接缝对于荷载传递能力的指标,以弯沉比传递系数  $LTE_0$  或应力比传递

系数  $LTE_{\sigma}$  表示。

### 2.1.11 道面功能性能 pavement functional condition

影响道面使用功能的表面性状，包括抗滑性能、排水性能和平整度等。

### 2.1.12 道面剩余寿命 pavement remaining life

在满足道面适航要求的前提下，机场给定航空交通量条件下能够继续使用的年限。

### 2.1.13 机场道面管理系统 airport pavement management system (APMS)

用于辅助机场道面评价与管理的计算机软件系统及其配套管理制度。

## 2.2 符 号

$ACN$  ——飞机等级号，无量纲

$BBI$  ——波音平整度指数，无量纲

$CBR$  ——道面材料加州承载比，%

$C_F$  ——沥青面层厚度损坏折减系数，无量纲

$C_R$  ——水泥混凝土道面厚度折减系数，无量纲

$E_r$  ——水泥混凝土弹性模量，MPa

$E_i$  ——沥青面层的弹性模量，MPa

$E_j$  ——水稳基层的弹性模量，MPa

$E_0$  ——道基顶面综合回弹模量，MPa

$f_r$  ——水泥混凝土弯拉强度，MPa

$f_{rm}$  ——水泥混凝土弯拉疲劳强度，MPa

$f_{sp}$  ——水泥混凝土劈裂强度，MPa

$h_e$  ——道面结构有效厚度，mm

$IRI$  ——国际平整度指数，m/km

$k$  ——水泥混凝土道面基层顶面反应模量， $MN/m^3$

$k_0$  ——道基顶面反应模量， $MN/m^3$

$LT$  ——水泥混凝土板边应力折减率，%

$LTE_{\delta}$  ——弯沉比传递系数，%

$LTE_{\sigma}$  ——应力比传递系数，%

$MS$  ——标准马歇尔稳定度，kN

$PCI$  ——道面状况指数，无量纲

$PCN$  ——道面等级号，无量纲

$SCI$  ——道面结构状况指数, 无量纲

$TSR$  ——冻融劈裂试验强度比, %

$Y_s$  ——道面剩余使用年限, 年

### 3 基础资料

**3.0.1** 基础资料应包括道基、道面结构资料，道面分区资料，航空交通量数据，以及道面病害、道面维护和改扩建历史资料等。

【条文说明】道面评价管理基础资料包括道面结构、分区等一般不变化的内容，以及航空交通量、道面病害、道面维护、改建等需要不断更新的内容。内容完备、格式规范的道面评价管理基础资料是道面评价前期资料收集的主要内容，要求持续积累、及时更新。

**3.0.2** 道面分区应按照“部位”“区块”两个层次划分，分区方法参照附录 A。

**3.0.3** 道面评价应在道面分区的基础上进行，道面结构承载能力评价应以“区块”作为基本的评价单元。

【条文说明】道面分区的目的是为了体现道面的相似性和差异性。

**3.0.4** 道面现场调查应采用机场独立坐标系统，并设置清晰的现场标识。

**3.0.5** 道面结构层组合、各结构层厚度及材料等参数应根据工程竣工资料确定，当工程竣工资料缺失时，应以道面全厚度取芯试验数据作为依据。道面结构资料应包括：

1 水泥混凝土道面：水泥面层厚度和弯拉强度、基层（垫层）类型及其总厚度、道基顶面反应模量；

2 沥青道面：沥青面层厚度、基层（垫层）类型及其总厚度、道基顶面回弹模量或者 *CBR*；

3 复合道面：旧道面资料参照 1 和 2 的要求；加铺层为水泥混凝土道面时，应包括加铺层的厚度、弯拉强度及其与旧水泥混凝土道面的结合形式；加铺层为沥青道面时，应包括沥青加铺层的厚度。

**3.0.6** 航空交通量数据应包括飞机年起降架次和机型组合的历年实际统计值和未来预测值。未来航空交通量数据宜结合机场近 5 年的航空业务量，并根据机场总体规划确定。

【条文说明】同一机场不同跑道的道面结构不尽相同，实际承担的航空交通量也有所不同，应分别统计和预测航空交通量数据。

**3.0.7** 道面病害资料应包括道面日常巡视记录、道面徒步调查记录、道面专项调查记录、道面使用性能综合评价报告等资料。

**3.0.8** 道面维护、改扩建历史资料应包括道面日常维修记录，道面大中修工程、道面改扩建项目竣工资料等。

## 4 道面巡视检查

### 4.1 一般规定

4.1.1 道面巡视检查应包括道面日常巡视、道面徒步调查、道面专项调查三种形式。

4.1.2 机场管理机构应定期对道面巡视检查的数据进行统计分析。

【条文说明】道面巡视检查的内容主要包括道面病害（类型、位置、程度、数量）、道面外来物的类型及数量、跑道摩擦系数测试结果等。

### 4.2 道面日常巡视

4.2.1 道面日常巡视应包括跑滑日常巡视和机坪日常巡视。

【条文说明】跑滑日常巡视范围应包括跑道、跑道周边的平行滑行道、跑道端联络道、旁通联络道、快速出口滑行道、垂直接络道的道面、道肩等区域；机坪日常巡视范围应包括客机坪、货机坪、机坪滑行通道、除冰坪、维修机坪等区域。

4.2.2 道面日常巡视的频率应满足机场使用手册的有关要求，宜采用统一规范的格式进行记录，宜采用数字文档的形式保存。

4.2.3 道面日常巡视内容应包括道面破损状况、道面清洁状况、道面标志线状况，跑道日常巡视还应包括跑道积胶情况、积水（雪）情况、助航灯具状况。

【条文说明】道面日常巡视的主要内容是根据多个机场的实际调研情况规定的。道面日常巡视中存在的实际问题包括：巡查中各类异常情况的平面位置难以快速确定；在计量方面缺乏明确的规定；异常情况的描述多使用文字形式，导致日常巡视中发现的问题难以规范化记录。为了更好地执行道面日常巡视，鼓励采用现场信息化采集的手段。

4.2.4 道面破损状况应记录病害类型、位置、损坏量等内容，并拍照记录。应记录的病害类型包括：

- 1 水泥混凝土道面：裂缝类、接缝破碎类、接缝位置 5 mm 以上的错台、补丁损坏等 4 种；
- 2 沥青道面：裂缝类、坑槽或松散类、推挤类、补丁损坏等 4 种。

**4.2.5** 道面损坏量应根据病害类型记录相应的内容，包括：

- 1 水泥混凝土道面裂缝类病害：裂缝长度；
- 2 水泥混凝土道面接缝破碎类和错台类病害：数量；
- 3 道面补丁损坏类病害：数量；
- 4 沥青道面裂缝类病害：长度；
- 5 沥青道面坑槽或松散类病害：面积；
- 6 沥青道面推挤类病害：数量。

**4.2.6** 道面清洁状况检查中发现异常情况时，应记录类型和位置，并拍照记录。主要异常情况包括：人员遗落物、道面碎粒、填缝料老化碎片、机具遗落物、鸟类或其他动物尸体、道面油污或其他形式的污染物。

**4.2.7** 道面标志线状况检查应包括标志线的磨损和污染情况，并记录出现磨损或污染标志线的位置。

**4.2.8** 跑道积胶情况检查应记录胶泥的面积和厚度。

**4.2.9** 助航灯具状况检查内容应包括灯具亮度是否正常、嵌入式灯具是否移位、立式灯具支架是否稳固等。

### 4.3 道面徒步调查

**4.3.1** 道面徒步调查应定期进行，应采用统一规范的格式进行记录，宜采用数字文档的形式保存。

**4.3.2** 道面徒步调查应详细检查道面上出现的各种目视可见的病害，调查时应携带必要的量测器具。

**4.3.3** 水泥混凝土道面需要记录的病害类型应包括：

- 1 裂缝类：纵向、横向和斜向裂缝，破板或交叉裂缝，角隅断裂；
- 2 接缝类：填缝料损坏、接缝破碎、板角剥落、胀裂；
- 3 竖向位移类：唧泥和板底脱空、沉陷或错台；
- 4 表层类病害：起皮、龟裂和细微裂纹，耐久性裂缝，收缩裂缝，坑洞；
- 5 修补类病害：小补丁、大补丁和开挖补块。

**4.3.4** 沥青道面需要记录的病害类型应包括：

- 1 裂缝类病害：纵向和横向裂缝、反射裂缝、滑移裂缝、龟裂、不规则裂缝；
- 2 表层类病害：松散和老化、喷气烧蚀、集料磨光、泛油、油料腐蚀；

- 3 竖向变形类病害：轮辙、沉陷、隆起、搓板、推挤；
- 4 修补类病害：补丁和开挖补块。

**4.3.5** 道面徒步调查时的病害应记录位置、类型、损坏程度、损坏量，宜拍摄现场病害照片。道面病害的类型鉴别、程度划分标准、损坏量记录等可参照附录 B 执行。

**4.3.6** 道面病害位置的快速定位宜采用便携式高精度 GPS，平面定位精度应不大于 100 mm。

【条文说明】道面徒步调查过程中，破损记录的各项要求与道面损坏状况调查的要求一致。

**4.3.7** 道面徒步调查结果可作为道面损坏状况指数 *PCI* 和 *SCI* 计算的基础数据。

【条文说明】道面徒步调查主要是详细检查道面上出现的各类破损情况，和道面日常巡视相比，道面徒步调查时对破损情况的记录要求更高，即需要详细记录破损的类型、损坏程度、损坏量及损坏位置。通过道面损坏评定程序，可以计算出所调查区域的道面 *PCI* 和 *SCI*，评定道面的损坏等级。

## 4.4 道面专项调查

**4.4.1** 遇到下列情况时，宜对道面进行专项调查：

- 1 航空交通量显著增加，机场实际航空交通量可能超过设计预期时；
- 2 道面需要进行较大规模维修，机场管理机构需要进一步掌握道面使用性能时；
- 3 出现极端天气或地质灾害，可能对机场道面产生影响时；
- 4 道面使用性能衰变速度显著增加时；
- 5 由于道面不均匀沉降或设计不合理，发生跑道曲率半径明显不满足使用要求时。

**4.4.2** 应根据不同的情况制定相应的调查测试方案，道面专项调查应满足道面决策的需要，道面专项调查通常包括：

1 水泥混凝土道面填缝料损坏普遍或者计划大面积更换时，应实施填缝料专项调查，详细调查需要更换填缝料的具体长度和位置；

2 水泥混凝土道面出现唧泥、错台等现象，且程度比较严重或分布范围较大时，应对相关区域实施板底脱空状况专项测试与评价；

3 机型组合发生显著变化时，应对关键区域进行道面结构承载能力的专项测试与评价，重新核定道面的 *PCN*；

4 道面雨后积水现象普遍时，应对积水区域及其周边进行高程测量，绘制相应区域的地势等高线图，并核查排水设施的排水能力；

5 沥青道面出现较大范围的松散、泛油、老化、集料磨光等损坏时，应对沥青混合料性能进行专项测试和评价。

## 5 道面损坏状况调查与评价

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 机场管理机构宜建立道面损坏状况数据库，作为道面损坏性能发展趋势预估的依据。

**5.1.2** 道面损坏状况调查前应对调查人员进行技术培训，确保调查的准确性和可靠性。

【条文说明】道面损坏状况调查和评价是综合反映道面使用性能的重要手段和方法，具有成本低、可操作性强、结果直观等特点。世界各国都将损坏状况调查和评价作为道面评价管理工作的重要内容，同时为规范道面损坏状况调查作业、客观评价道面损坏状况，许多国家都对道面损坏调查与评价的程序和方法作了相关规定。例如：美国 FAA 的咨询通报 AC 150/5380-6C、ASTM D 5340 等。

### 5.2 道面损坏状况调查

**5.2.1** 道面损坏状况调查应根据以下情况采取全面调查或者抽样调查的形式：

- 1 道面损坏状况专项调查时：全面调查；
- 2 旧道面改造设计时：全面调查；
- 3 掌握道面总体损坏状况时：抽样调查，宜采取随机抽样的方法，抽样率应遵照《民用机场道面现场测试规程》（MH/T 5110）的有关规定。

【条文说明】对于规模较大的飞行区，当仅了解道面损坏状况等级时，在保证抽样率的条件下采用抽样调查可节约成本。如果需要对道面（特别是跑滑区域）进行加铺改造或整治维修设计时，宜采取全面调查形式掌握道面病害发生的类型、数量和位置，以便于确定旧道面维修维护的工程量。

**5.2.2** 道面损坏状况调查时应确定损坏调查的区块，并量测调查区块的面积。区块划分应参照以下规定：

- 1 水泥混凝土道面（或上面层为水泥混凝土道面的复合道面）的最小面积宜不小于连续相邻的 20 块板块；
- 2 沥青道面（或上面层为沥青道面的复合道面）的最小面积宜不小于连续相邻 450 m<sup>2</sup>

道面。

【条文说明】上版《规范》在道面损坏状况调查时，要求按照道面“单元”内的损坏密度计算道面  $PCI/SCI$ ，由于道面“单元”在现场设置时比较麻烦，导致计算道面  $PCI/SCI$  时存在一定的困难。编写组根据国内 15 个民用机场的实际损坏数据，对两种计算方法的结果进行了对比，结果表明道面调查区块面积较大时，道面  $PCI/SCI$  计算值略小于按照道面“单元”划分情况下的计算值，平均偏差为 1.04 ( $PCI$  计算值)，对道面损坏等级的整体评价没有实质性影响。

因此，在道面损坏状况调查时，仍然鼓励在现场道面“单元”的基础上计算  $PCI/SCI$ ，也允许采用虚拟道面“单元”计算  $PCI/SCI$ ，即取消现场道面“单元”划分，在区块的基础上计算  $PCI/SCI$ 。

**5.2.3** 道面损坏状况调查中的病害宜采用移动终端设备进行定位，不具备条件时可采用现场位置标识。

【条文说明】传统道面损坏状况调查主要采用徒步目视调查、摄影摄像和纸质记录的方式，在损坏位置确定方面效率较低，随着实时高精度 GPS 和移动互联网技术的发展，基于高精度定位的移动终端方案在解决现场定位、图像和数据采集等方面具有较强的优势，应用前景广泛。

**5.2.4** 道面损坏状况调查方法应参照《民用机场道面现场测试规程》(MH/T 5110) 的有关规定执行。

## 5.3 道面损坏等级评定

**5.3.1** 道面损坏等级的评价指标应采用道面状况指数 ( $PCI$ )，并参照表 5.3.1 的标准进行评定。

表 5.3.1 道面损坏等级评定标准

道面损坏等级	优	良	中	次	差
$PCI$ 范围	$PCI \geq 85$	$70 \leq PCI < 85$	$55 \leq PCI < 70$	$40 \leq PCI < 55$	$PCI < 40$

【条文说明】道面状况指数 ( $PCI$ ) 是美国陆军工程兵团在 20 世纪 70 年代历时 4 年、组织 20 余名道面专家对全美军用机场道面病害类型、程度及影响情况进行普查、整理和分析，经反复评估、测试和修正后提出的评价指标，目前已成为国际民航组织 (ICAO) 和美国联邦航空局 (FAA) 等机构普遍采用的道面损坏状况评价指标。

根据美国 ASTM D5340 标准，道面损坏状况分为 7 个等级 (极好:  $PCI \geq 85$ ; 很好:  $70 \leq PCI < 85$ ; 好:  $55 \leq PCI < 70$ ; 中:  $40 \leq PCI < 55$ ; 差:  $25 \leq PCI < 40$ ; 很差:  $10 \leq PCI < 25$ ;

失效： $PCI < 10$ ），国内道面损坏调查发现， $PCI < 40$  的情况基本没有，主要原因是道面  $PCI$  值接近 40 之前，绝大多数机场都已经采取了工程措施进行整修。因此，规范将损坏等级评定标准中  $PCI < 40$  时的三个损坏等级合并成为一个等级，其他评定等级标准沿用。

**5.3.2** 道面结构损坏状况等级的评价指标应采用道面结构状况指数（ $SCI$ ），并参照表 5.3.2 的标准进行评定。

表 5.3.2 道面结构损坏等级评定标准

结构承载能力	满足	不满足
$SCI$ 范围	$SCI \geq 80$	$SCI < 80$

【条文说明】为了更好地评价道面的结构完好程度，在  $PCI$  的基础上，FAA 提出了道面结构状况指数（ $SCI$ ），作为道面结构性损坏的评定指标。FAA 的统计资料表明，在设计年限内道面使用性能正常衰减的情况下， $SCI$  值一般不会低于 80，如果  $SCI$  小于 80，则道面表现出比较严重的结构性损坏，需要采取结构补强或修复措施。因此，将 80 作为道面结构损坏等级评定的临界值。

**5.3.3** 道面  $PCI$  和  $SCI$  计算应参照附录 B 的有关规定执行，可采用 TJ\_  $PCI$  程序进行计算和统计分析。

【条文说明】由于道面  $PCI$  和  $SCI$  的计算过程烦琐、工作量大，因此提供了专门用于道面  $PCI$  和  $SCI$  计算的 TJ\_  $PCI$  程序。

**5.3.4** 对抽样调查得到的道面损坏等级评定结果有疑义时，应增加调查样本的数量。

## 5.4 道面损坏状况分析

**5.4.1** 道面损坏状况分析应参照以下要求统计道面损坏的类型及数量，分析道面损坏的分布特征及成因：

- 1 以道面“区块”为基本单位统计道面损坏发生的频次，分析损坏量及分布密度；
- 2 针对道面的损坏类型，应按不同损坏程度统计道面损坏的长度、面积或数量，计算道面损坏总量；
- 3 确定道面主导损坏类型，并结合机场的实际情况和工程经验分析道面损坏成因。

【条文说明】主导损坏类型是指在  $PCI$  计算过程中， $PCI$  折减值占比最高所对应的损坏类型。

**5.4.2** 水泥混凝土道面（或上面层为水泥混凝土道面的复合道面）应定期分析填缝料失效情况。

【条文说明】水泥混凝土道面填缝料失效时，一方面地表水容易渗入，并可能造成基层冲刷，导

致板底支撑不良；另一方面，道面上的硬粒容易进入接缝缝隙，引起接缝破碎，对于道面使用性能影响很大。对填缝料失效情况进行分析和描述，有利于机场定期进行更新维护，并适时开展预防性养护。填缝料失效是指填缝料出现脆裂、挤出、明显老化、与板边脱离等情况，或者存在缝内长草、填缝料不足或缺失、接缝周边唧泥等现象。

**5.4.3** 道面结构性损坏分析应结合道面结构及材料的测试结果，根据结构性损坏类型的分布特征进行分析。出现以下情况应进行道面结构性损坏分析：

1 水泥混凝土道面（或上面层为水泥混凝土道面的复合道面）出现严重的唧泥、错台等现象时，应分析板底脱空状况，判断唧泥、错台产生的原因；

2 水泥混凝土道面（或上面层为水泥混凝土道面的复合道面）出现纵向、横向和斜向裂缝，角隅断裂，破碎板或交叉裂缝等断裂类损坏，且损坏程度为“严重”时，应按照本规范 7.4 的技术要求分析评价道面的结构承载能力，分析断板成因；

3 沥青道面（或上面层为沥青道面的复合道面）出现大面积松散和老化或者裂缝时，应对沥青混合料的水稳定性、抗剥落性能、老化程度等做进一步的材料性能分析与评价；

4 沥青道面（或上面层为沥青道面的复合道面）轮迹覆盖区域出现轮辙、泛油等现象时，应进行摩擦系数的测试，并对沥青混合料的高温稳定性进行分析与评价。

【条文说明】道面损坏状况可间接反映道面结构性能，当水泥混凝土道面出现唧泥、错台、角隅断裂、各类贯穿裂缝现象时，可能存在板底脱空或其他结构性问题。因此，有必要进行结构性能状况测试和评价，以便及时进行预防和处治。

**5.4.4** 应积累道面 *PCI* 数据，建立相应的 *PCI* 历时曲线，计算 *PCI* 的变化速率，对 *PCI* 衰变规律进行分析。

【条文说明】道面损坏状况的发展一般包括平稳发展和加速发展两个阶段，应重点关注道面损坏快速发展阶段。

## 6 面层材料性能试验与评价

### 6.1 一般规定

6.1.1 以下情况应进行面层材料的性能试验与评价：

- 1 沥青道面出现大面积的松散、裂缝或者普遍出现轮辙情况时；
- 2 水泥混凝土道面出现大面积断板情况时。

6.1.2 面层材料性能试验与评价的试件应按照《民用机场道面现场测试规程》（MH/T 5110）的规定进行现场取样。

6.1.3 宜采用随机抽样的原则现场取样，每个评价区块的芯样数量宜不少于 5 个。

【条文说明】面层材料性能试验具有准确、直观的优点，但是由于现场取样对道面有损伤，对机场正常运行有影响，不宜太多。

### 6.2 沥青混合料性能试验与评价

6.2.1 沥青道面现场芯样性能试验测定的技术指标应包括沥青混合料的沥青含量、空隙率、矿料级配、冻融劈裂比、肯塔堡飞散率，以及芯样中回收沥青的 25℃ 针入度、60℃ 黏度、软化点和 15℃ 延度等。试验方法应按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）有关规定执行，各项技术指标推荐的测试方法如表 6.2.1 所示。

表 6.2.1 沥青混合料现场芯样及回收沥青的试验方法

技术指标		试验方法
沥青含量		沥青混合料中沥青含量试验（离心分离法）（T 0722）
毛体积密度	吸水率 ≤ 2%	压实沥青混合料密度试验（表干法）（T 0705）
	吸水率 > 2%	压实沥青混合料密度试验（蜡封法）（T 0707）
矿料级配		沥青混合料的矿料级配检验方法（T 0725）

续表

技术指标	试验方法
水稳定性能	沥青混合料冻融劈裂试验 (T 0729)
抗松散性能	沥青混合料肯塔堡飞散试验 (T 0733)
沥青回收	从沥青混合料中回收沥青的方法 (旋转蒸发器法) (T 0727)
回收沥青针入度	沥青针入度试验 (T 0604)
回收沥青黏度	沥青动力黏度试验 (真空减压毛细管法) (T 0620)
回收沥青软化点	沥青软化点试验 (环球法) (T 0606)
回收沥青延度	沥青延度试验 (T 0605)

注：沥青混合料空隙率的标准密度应查取施工阶段的资料，如果资料缺失可根据现场芯样重新进行马歇尔试验进行测定。

【条文说明】没有采用标准马歇尔稳定度和浸水马歇尔稳定度2项指标，主要是考虑采用冻融劈裂比能更加充分地反映沥青混合料的抗水损性能。

**6.2.2** 沥青混合料现场芯样测试中沥青含量、空隙率、级配筛分结果可作为沥青混合料组成是否合理的参考依据。

**6.2.3** 沥青混合料现场芯样测试中回收沥青的25℃针入度、60℃黏度、软化点和15℃延度测试结果可作为沥青老化程度判定的参考依据。

**6.2.4** 沥青混合料现场芯样测试中冻融劈裂试验强度比*TSR*的试验结果可作为沥青混合料水稳定性判定的参考依据。

**6.2.5** 沥青混合料现场芯样测试中肯塔堡飞散损失率的试验结果可作为沥青混合料抗剥落性能评价的参考依据。

【条文说明】旧沥青面层的沥青混合料性能评定标准，由于缺乏相关研究和数据积累，实际评价工作中宜参考设计规范的相关技术要求。

### 6.3 水泥混凝土性能试验与评价

**6.3.1** 水泥混凝土性能试验测定的技术指标应包括水泥混凝土芯样的厚度和劈裂强度。

**6.3.2** 面层厚度应采用现场水泥混凝土芯样高度的平均值，用于厚度复核的现场芯样应确认已经取芯到下一结构层顶部；芯样高度量测时应采用钢板尺或卡尺沿圆周对称的十字方向量取4个位置，取其平均值作为该点测试的高度。

**6.3.3** 水泥混凝土道面芯样劈裂强度试验可参照《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG E30) 有关规定执行。宜采用式 6.3.3 推算水泥混凝土的弯拉强度:

$$f_r = 1.868 \times f_{sp}^{0.871} \quad (6.3.3)$$

式中:  $f_r$  ——水泥混凝土道面芯样的弯拉强度 (MPa);

$f_{sp}$  ——水泥混凝土道面芯样的劈裂强度 (MPa)。

## 7 道面结构性能测试与评价

### 7.1 一般规定

7.1.1 以下情况应进行道面结构性能测试与评价：

- 1 道面损坏等级处于“中”或“中”以下，或者  $SCI \leq 80$ ；
- 2 道面实际承受的荷载等级较设计荷载发生了变化；
- 3 计划实施道面结构补强，需要掌握旧道面的补强设计参数；
- 4 需要进行机场改扩建或者制定运行策略等宏观决策。

7.1.2 道面结构性能评价应重点分析道面结构对于预测航空交通量的适应程度，包括道面结构评价参数确定和道面结构承载能力分析两方面。

【条文说明】机场水泥混凝土道面和沥青道面的损坏模式 and 设计指标不同，结构厚度计算方法也不同，因此两者的结构性能评价应采用不同的方法。复合道面应根据加铺层的形式和旧道面的性状，将其等效成为水泥混凝土道面或者沥青道面进行结构性能评价。

7.1.3 道面结构性能评价应采用 *ACN-PCN* 评价法，或者道面设计厚度复核法。

7.1.4 水泥混凝土道面应对板底脱空状况和接缝传荷能力进行评价。

【条文说明】国际民航组织 (ICAO) 推荐 *ACN-PCN* 评价法作为机场道面结构性能评价方法，用于评价道面结构能否满足不同机型的荷载要求。

道面设计厚度复核法是按照道面结构厚度的设计流程计算道面结构厚度，即按照机场的实际航空交通量、地基及道面各结构层的实测参数等进行厚度计算，通过将计算道面厚度与实际厚度进行比较，判断道面结构对于航空交通量的适应程度。

由于机场水泥混凝土道面脱空引起的板块断裂已成为我国民用机场道面结构破坏的主要模式之一，因此水泥混凝土道面板底脱空和接缝传荷能力评价是道面结构承载能力评价的重要内容。

### 7.2 道面结构性能测试

7.2.1 道面结构性能测试应选择跑道、滑行道和停机坪道面中飞机轮载主要覆盖的区域。

7.2.2 应按照《民用机场道面现场测试规程》(MH/T 5110)的有关规定,采用相应的道面结构性能测试方法进行测试:

- 1 采用重型落锤式弯沉测试设备(HWD)进行的弯沉测试可用于反演道基和道面各结构层模量,以及进行水泥混凝土道面脱空判定;
- 2 探地雷达测试可用于道面面层厚度复核,以及道面结构隐性缺陷探测;
- 3 宜根据竣工资料确定道面各结构层的强度,当资料缺失时,应采用道面有损检测确定各结构层的强度。

【条文说明】以重型落锤式弯沉仪(HWD)为代表的弯沉测试具有原位测试、速度快、不破坏道面结构等优点,是世界各国道面结构性能测试最主要的方法。由于机场道面厚度较大,弯沉测试应采用重型落锤,以确保道面结构能够得到充分的响应量。

探地雷达检测技术效率高,主要用于结构层厚度和道面结构隐性缺陷分析,探地雷达可识别的道面隐性缺陷包括:水泥混凝土道面板底脱空情况、水泥混凝土道面传力杆/拉杆及钢筋网片布设异常的情况、沥青道面层间是否存留积水的情况、基层及道基是否存在较显著的不密实情况,探地雷达测试的图谱应由有经验的工程师进行解析和判定。

钻芯测强法或者探坑法可靠性最高,但是一方面损伤道面结构,另一方面效率较低。

### 7.3 道面结构性能评价参数

7.3.1 水泥混凝土道面结构性能评价参数包括面层有效厚度 $h_e$ 、道面板弹性模量 $E_i$ 、弯拉强度 $f_r$ 、基层顶面反应模量 $k$ 、道面接缝的弯沉比传递系数 $LTE_s$ 等。

7.3.2 沥青道面结构性能评价参数包括面层有效厚度 $h_e$ 、面层弹性模量 $E_i$ 、基层(垫层)的厚度 $h_j$ 和弹性模量 $E_j$ 、道基顶面的加州承载比 $CBR$ 或者道基顶面回弹模量 $E_0$ 。

【条文说明】由于道面使用过程中产生的各种损坏降低了其结构承载能力,在道面结构性能评价中不宜直接采用道面实际厚度作为评价参数,而应考虑损坏的影响,因此借鉴了道面加铺层厚度设计中对旧道面厚度进行合理折减的思路,选择面层有效厚度 $h_e$ 作为评价参数。

7.3.3 道面结构性能评价参数应根据现场测试结果,结合已有技术资料分析,由具有工程经验的技术人员确定。通过试验确定道面结构性能评价参数时,应按照95%保证率取值。

7.3.4 水泥混凝土道面面层有效厚度 $h_e$ 可按式7.3.4计算:

$$h_e = C_R h \quad (7.3.4)$$

式中: $h_e$ ——水泥混凝土道面面层有效厚度(mm);

$C_R$ ——水泥混凝土面层厚度损坏折减系数,可根据道面损坏等级,结合技术人员的工程经验,参考表7.3.4确定;

$h$  ——水泥混凝土面层的实际厚度 (mm), 可通过竣工资料查阅、探地雷达测试或者现场钻取芯样确定。

表 7.3.4 水泥混凝土道面面层厚度损坏折减系数  $C_R$  取值范围

道面损坏等级	$PCI \geq 85$	$70 \leq PCI < 85$	$55 \leq PCI < 70$	$PCI < 55$
$C_R$ 取值范围	1.00	0.75~1.00	0.50~0.75	0.35~0.50

注: 对于各损坏等级,  $PCI$  大时  $C_R$  取高值,  $PCI$  小时  $C_R$  取低值。

【条文说明】面层厚度损坏折减系数主要参照《民用机场水泥混凝土道面设计规范》(MH/T 5004) 取值。

7.3.5 沥青道面面层的有效厚度  $h_e$  可按式 7.3.5 计算:

$$h_e = C_F h \quad (7.3.5)$$

式中:  $h_e$  ——沥青道面面层的有效厚度 (mm);

$C_F$  ——沥青道面面层厚度损坏折减系数, 可根据道面损坏等级, 结合技术人员的工程经验, 参考表 7.3.5 确定;

$h$  ——沥青道面面层的实际厚度 (mm), 可通过竣工资料查阅、探地雷达测试或者现场钻取芯样确定。

表 7.3.5 沥青道面面层厚度损坏折减系数  $C_F$  取值范围

道面状况指数	$PCI \geq 90$	$85 \leq PCI < 90$	$PCI < 85$
$C_F$ 取值范围	0.95~1.00	0.90~0.95	0.90~0.85

注: 对于各损坏等级,  $PCI$  大时  $C_F$  取高值,  $PCI$  小时  $C_F$  取低值。

7.3.6 水泥混凝土道面上加铺沥青道面的有效厚度  $h_e$  的计算应符合下列规定:

1 当沥青加铺层的厚度等于或小于旧水泥混凝土道面厚度时, 有效厚度  $h_e$  按式 7.3.6-1 进行当量换算:

$$h_e = (0.4C_F h_F + C_R h_R) / F \quad (7.3.6-1)$$

式中:  $h_e$  ——复合道面的有效厚度 (mm);

$C_F$  ——沥青道面面层厚度损坏折减系数, 按照表 7.3.5 取值;

$h_F$  ——沥青加铺层的实际厚度 (mm);

$C_R$  ——水泥混凝土道面厚度损坏折减系数, 宜根据加铺设计资料推断原水泥混凝土道面损坏等级, 按照表 7.3.4 取值;

$h_R$  ——原有水泥混凝土道面面层的实际厚度 (mm);

$F$ ——控制原道面开裂程度的系数，按式 7.3.6-2 进行确定：

$$F = (0.08534 \times n_s / 100 - 0.3594 \times k_0 + 106.2946) / 100 \quad (7.3.6-2)$$

式中： $F$ ——控制旧水泥混凝土道面开裂程度的系数；

$n_s$ ——机场各运行机型的年起飞总架次（不考虑 A 类和 B 类机型）；

$k_0$ ——旧道面道基顶面反应模量（ $\text{MN}/\text{m}^3$ ）。

2 当沥青加铺层的厚度大于旧水泥混凝土道面面层厚度时，有效厚度  $h_e$  按式 7.3.6-3 进行当量换算：

$$h_e = C_F h_F + \alpha C_R h_R \quad (7.3.6-3)$$

式中： $h_e$ ——复合道面的有效厚度（mm）；

$C_F$ ——沥青道面面层厚度损坏折减系数，按照表 7.3.5 取值；

$h_F$ ——沥青加铺层的实际厚度（mm）；

$C_R$ ——水泥混凝土道面厚度损坏折减系数，宜根据加铺设计资料推断原水泥混凝土道面损坏等级，按照表 7.3.4 取值；

$h_R$ ——原有水泥混凝土道面面层的实际厚度（mm）；

$\alpha$ ——水泥混凝土道面的材料当量厚度换算系数，建议取值为 2.0。

【条文说明】厚度换算采用了《民用机场沥青道面设计规范》（MH/T 5010）中的计算公式。

7.3.7 水泥混凝土道面上加铺水泥混凝土道面的有效厚度  $h_e$  应按式 7.3.7 进行确定：

$$h_e = \sqrt{(C_{R1} h_{R1})^2 + C_{R2} h_{R2}^2} \quad (7.3.7)$$

式中： $h_e$ ——复合道面的有效厚度（mm）；

$C_{R1}$ ——水泥混凝土加铺层厚度的损坏折减系数，按照表 7.3.4 取值；

$h_{R1}$ ——水泥混凝土加铺层的实际厚度（mm）；

$C_{R2}$ ——原有水泥混凝土道面面层厚度损坏折减系数，宜根据加铺设计资料推断原水泥混凝土道面损坏等级，按照表 7.3.4 取值，如资料缺失，建议取值为 0.75；

$h_{R2}$ ——原有水泥混凝土道面面层的实际厚度（mm）。

【条文说明】式 7.3.7 采用了《民用机场水泥混凝土道面设计规范》（MH/T 5004）中隔离式水泥混凝土道面补强设计中水泥混凝土加铺层的计算公式。为考虑损坏的影响，增加了加铺层厚度折减系数  $C_R$ ，采用隔离式水泥混凝土加铺层厚度计算公式，主要考虑在设计阶段按照部分结合式考虑的道面在运营阶段板和板之间的层间结合状况普遍偏向于隔离式的状态。无论隔离层厚薄，其厚度均不计入道面有效厚度。

7.3.8 水泥混凝土道面基层顶面的反应模量  $k$  宜根据现场测试结果，按照下列方法确定：

1 根据 HWD 弯沉盆数据反演确定，宜采用基于弯沉盆面积指数的结构参数反演方法计算水泥混凝土的弹性模量  $E_r$  和基层顶面的反应模量  $k$ 。弯沉盆面积指数法的技术要求参照附录 C，可采用与之配套的“机场道面结构参数反演分析程序”进行参数计算。

2 采用现场开挖试坑后进行原位承载板试验确定, 试验方法参照《民用机场道面现场测试规程》(MH/T 5110) 的有关规定执行。

【条文说明】弯沉盆面积指数法是美国的 Ioannides、Barenberg、Petros 等学者提出的基于变量分离思路的刚性道面结构参数反演方法, 与弯沉盆逐点拟合方法相比, 该方法更适用于水泥混凝土道面的结构参数反演分析。

**7.3.9** 水泥混凝土板的弯拉强度  $f_r$  与弹性模量  $E_r$  宜采用现场钻芯测强法确定的水泥混凝土劈裂强度进行推算, 水泥混凝土板的弯拉强度  $f_r$  可按公式 6.3.3 计算, 弹性模量  $E_r$  可按式 7.3.9 计算:

$$E_r = \frac{10f_r}{0.96 + 0.0915f_r} \quad (7.3.9)$$

式中:  $f_r$  ——水泥混凝土板的弯拉强度 (MPa);

$E_r$  ——水泥混凝土板的弹性模量 (GPa)。

**7.3.10** 水泥混凝土道面接缝的弯沉比传递系数  $LTE_\delta$  应根据 HWD 板边中点跨缝测量的结果, 按式 7.3.10 计算:

$$LTE_\delta = \frac{D_{\text{unload}}}{D_{\text{load}}} \quad (7.3.10)$$

式中:  $LTE_\delta$  ——弯沉比传递系数 (%);

$D_{\text{unload}}$  ——未受荷板距离接缝 150 mm 位置处传感器的实测弯沉 ( $\mu\text{m}$ );

$D_{\text{load}}$  ——受荷板距离接缝 150 mm 位置处传感器的实测弯沉 ( $\mu\text{m}$ )。

**7.3.11** 应按式 7.3.11-1 将弯沉比传递系数  $LTE_\delta$  换算成为应力比传递系数  $LTE_\sigma$  后, 按式 7.3.11-2 计算应力折减率  $LT$ :

$$LTE_\sigma = \frac{[10.14(a/l)]LTE_\delta - [4.3(a/l) + 3.98]LTE_\delta^2}{21.03 + [5.74(a/l) - 20.98]LTE_\delta} \quad (7.3.11-1)$$

$$LT = \frac{LTE_\sigma}{1 + LTE_\sigma} \quad (7.3.11-2)$$

式中:  $LTE_\sigma$  ——应力比传递系数;

$LT$  ——板边应力折减率;

$a$  ——测试承载板的当量正方形边长的一半, 采用  $\varphi = 300$  mm 承载板时,  $a = 132.9$  mm;

$l$  ——道面结构的相对刚度半径 (mm);

$LTE_\delta$  ——弯沉比传递系数。

【条文说明】当水泥混凝土道面板接缝的传荷能力下降时, 板边荷载应力将增大, 因此在水泥混凝土道面结构承载能力评价中应考虑接缝传荷能力。接缝传荷能力由未承受荷载板与承受荷载板边缘的荷载比、应力比或弯沉比来表征。由于弯沉便于现场测定, 因而常用于评价接缝传荷能力。式 7.3.11-1 和式 7.3.11-2 是由 Ioannides 和 Hammons 通过大量回归分析建立的。

**7.3.12** 沥青道面道基顶面加州承载比  $CBR$  可通过 HWD 弯沉盆数据推算。如果具备现场开挖试坑的条件，应通过道基顶面现场  $CBR$  试验确定，也可根据道基的土组类型进行估算。

1 应根据 HWD 弯沉盆数据，参照附录 C 或与之配套的“机场道面结构参数反演分析程序”计算道基顶面回弹模量  $E_0$ ，道基  $CBR$  值应按式 7.3.12 计算：

$$CBR = 1/\alpha \times E_0 \quad (7.3.12)$$

式中： $\alpha$ ——回归系数，取值范围 5~20，估算时可取为 10。

2 根据道基的土组类型估算  $CBR$  时，宜参照表 7.3.12 并结合技术人员的工程经验取值。

表 7.3.12 常见道基  $CBR$  取值范围

道基的土组类型	$CBR$ (%)
均匀颗粒的砾石或砾石质砂	25~50
粉质砾石，砾石—砂—粉土混合料	40~80
粘土质砾石，砾石—砂—粘土混合料；级配良好砂，砾石质砂，粉质砂，砂—粉土混合料	20~40
级配不良砂，砾石质砂	15~25
粘土质砂，砂—粘土混合料	10~20
粉土，砂质粉土，砾石质粉土，贫粘土，砂质粘土，砾石质粘土，粉质粘土	5~15
有机质粉土，贫有机质粘土，云母质粘土或硅藻土	4~8
肥有机质粘土，肥粘土	3~5

【条文说明】 $CBR$  和  $E_0$  的关系来源于荷格龙 (Heukelom) 的经验关系式，表 7.3.12 中各类材料  $CBR$  值的范围参照了《公路设计手册——路面》中的取值。

**7.3.13** 沥青道面基层和垫层的厚度应通过竣工资料查阅、探地雷达测试或现场钻取芯样确定，沥青道面基层和垫层的弹性模量可参照表 7.3.13 取值。

表 7.3.13 沥青道面基层和垫层材料弹性模量建议取值

基层材料类型	弹性模量 (MPa)
水泥稳定类基层	3000~4200
石灰粉煤灰稳定基层	2200~2800
粒料类基层	150~280
沥青稳定类基层	1000~1400
贫混凝土基层	15000~25000
碾压混凝土基层	20000~30000

**7.3.14** 沥青面层的弹性模量宜参照表 7.3.14 取值。

表 7.3.14 沥青面层材料弹性模量建议取值

类型	弹性模量 (MPa)		泊松比
	基质沥青	改性沥青	
密级配细粒式沥青混合料	1200~1600	1400~2400	0.25~0.30
密级配中粒式沥青混合料	1000~1400	1200~2200	
密级配粗粒式沥青混合料	800~1200	1000~2000	
沥青玛蹄脂碎石混合料	—	1200~1600	

## 7.4 道面结构承载能力

7.4.1 机场实际运行机型对于道面结构适应性评价应采用 *ACN-PCN* 评价法，并符合下列规定：

1 不同机型的 *ACN* 值应参照《民用机场飞行区技术标准》(MH 5001) 有关规定确定，或者参照飞机制造厂商提供的飞机手册确定；

2 道面的 *PCN* 应参照附录 D 中的经验评定法或技术评定法进行计算，运输机场应采用技术评定方法；

3 *ACN-PCN* 评价标准应按《民用机场飞行区技术标准》(MH 5001) 的有关规定执行。

【条文说明】为评估道面对于飞机荷载的结构适应性，ICAO 在 1983 年推荐了 *ACN-PCN* 方法。ICAO 对 *PCN* 值的定义是：单轮圆形均布荷载作用在给定道面结构上时，道面结构不发生破坏的最大单轮荷载的衍生量，即单轮最大容许重量（单位为  $10^3$  kg）的 2 倍。ICAO 在 *ACN-PCN* 技术评价中，允许各成员单位根据自己所采用的道面结构设计方法“自行规定”道面结构破坏的具体准则。ICAO 提供的 *PCN* 值示例计算中，对于水泥混凝土道面的破坏准则是单轮圆形均布荷载作用在板块中间时，在板底产生的荷载弯拉应力达到 2.75 MPa；对于沥青道面的破坏准则是单轮圆形均布荷载作用下，在道基顶面产生的竖向位移达到 12.7 mm。

随着道面结构设计方法的发展，各国对于道面结构破坏准则的定义已经发生了变化，导致根据不同破坏准则确定的 *PCN* 值存在差异，这一情况既是 ICAO 允许的，也是完全遵循 ICAO 对于 *PCN* 值初始定义的。FAA 在其推荐的 *PCN* 值计算方法中，采用了 FAA 道面结构设计方法 (5320-6F) 中的破坏准则。对于刚性道面，采用了在荷载反复作用下板边中点底部的弯拉应力不大于水泥混凝土的抗折疲劳强度，与 ICAO 的 1983 年版本规定相比，首先荷载应力需要计算板边位置而不是板中，其次是最大荷载应力不是 2.75 MPa，而是水泥混凝土的抗折疲劳强度。而计算水泥混凝土的疲劳强度时，则考虑了航空交通量（飞机类型以及作用次数）的影响。对于柔性道面，则采用道基顶面容许压应变和沥青层层底容许拉应变作为道面结构的破坏控制指

标，而确定破坏标准时也需要考虑航空交通量的影响。

本规范在 PCN 确定方法中，不同机型运行架次的换算采用了 FAA 在 PCN 确定方法中的推荐方法 (5335-5C)，道面破坏准则采用了我国民航道面设计规范 MH/T 5004 和 MH/T 5010 的规定。

**7.4.2** 飞行区道面应以“区块”为单位通报道面强度等级号 PCN，除通报 PCN 标准代码外，还应提供 PCN 的计算方法和有关计算参数。

**7.4.3** 以下情况宜采用道面设计厚度复核法对道面的结构厚度进行评价：

- 1 道面出现明显的结构性破坏；
- 2 道面结构状况指数  $SCI \leq 85$ ；
- 3 机场运行机型的 ACN 大于道面 PCN。

【条文说明】道面设计厚度复核法应按照《民用机场水泥混凝土道面设计规范》(MH/T 5004) 和《民用机场沥青混凝土道面设计规范》(MH/T 5010) 的技术要求进行道面结构厚度计算，分析结果可以与 PCN 计算结果相互验证。

尽管道面设计厚度复核法中道面厚度的计算流程与新建道面结构厚度设计相同，但是两者计算参数的选取方式是不同的，新建道面结构厚度设计中的结构参数和航空交通量是拟定的，而道面结构性能评价则是根据现场测试与航空交通量实际情况确定的。

根据 FAA 的技术要求，道面结构状况指数  $SCI \leq 80$  时，道面的结构承载能力完全丧失。根据实际经验，当道面结构状况指数  $SCI \leq 85$  时，道面结构性能衰减的趋势已经非常明显，因此，这一情况需对道面的结构承载能力进行评价。

**7.4.4** 水泥混凝土道面接缝传荷能力评价应以弯沉比传递系数  $LTE_0$  作为指标，评价标准按表 7.4.4 执行。

表 7.4.4 水泥混凝土道面接缝传荷能力等级评定标准 ( $LTE_0$  标准)

评定等级	好	中	次	差
$LTE_0$ (%)	>80	56~80	31~55	<31

【条文说明】评定标准参考了《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40) 的相关规定。

**7.4.5** 水泥混凝土道面板底脱空状况应采用以下方法进行判定：

1 采用 HWD 分别测试同一板块板中、板边中点和板角位置的弯沉（承载板中心点弯沉  $d_0$ ），计算“板边中点弯沉/板中弯沉”和“板角弯沉/板中弯沉”两项指标，按照表 7.4.5 判定板底脱空状况；

表 7.4.5 水泥混凝土道面板底脱空状况判定标准

接缝传荷能力	板边弯沉/板中弯沉	板角弯沉/板中弯沉
“好” 或者 “中”	2.0	3.0
“次” 或者 “差”	3.0	6.5

2 当接缝附近存在明显的唧泥、错台等现象时，可判定为道面板底脱空。

【条文说明】板底脱空状况的评定较为复杂，基于现场弯沉测试的主要评定指标包括单一弯沉值方法、弯沉比方法、最大截距方法，应用比较普遍的是弯沉比方法。理论分析表明水泥道面不同位置的弯沉比与接缝传荷能力密切相关，我国民用机场水泥混凝土道面横缝主要采用假缝形式，接缝传荷能力随着季节的变化差异很大，因此，在脱空判定标准时考虑了接缝传荷的影响。表 7.4.5 是在统计分析理论弯沉比的结果上，考虑了弯沉测试过程中误差的影响，结合 5 年来近 30 个机场水泥混凝土道面弯沉实测结果推荐的。

## 8 道面功能性能测试与评价

### 8.1 一般规定

8.1.1 道面功能性能评价应包括道面抗滑性能、排水性能和平整度等。

8.1.2 道面功能性能的评价结果应作为道面功能性整治工程的技术依据。

### 8.2 道面抗滑性能测试与评价

8.2.1 道面抗滑性能测试与评价应针对跑道和快速出口滑行道布设测线，测线应沿飞机轮迹带方向布置。

8.2.2 道面抗滑性能应采用道面摩擦系数作为评价指标，道面构造深度可作为参考依据。

8.2.3 道面摩擦系数测试应在标准湿态条件下进行，实测摩擦系数应按 100 m 分段平均，取分段平均的最低值作为抗滑性能的评价指标，评价标准应参照表 8.2.3 评定。

表 8.2.3 道面摩擦系数评价标准

测试仪器	测试轮胎		测试速度 (km/h)	抗滑性能等级		
	类型	压力 (kPa)		好	中	差
Mu 仪拖车	A	70	65	$\geq 0.52$	0.42~0.52	$\leq 0.42$
	A	70	95	$\geq 0.38$	0.26~0.38	$\leq 0.26$
滑溜仪拖车	B	210	65	$\geq 0.60$	0.50~0.60	$\leq 0.50$
	B	210	95	$\geq 0.47$	0.34~0.47	$\leq 0.34$
表面摩阻测试车	B	210	65	$\geq 0.60$	0.50~0.60	$\leq 0.50$
	B	210	95	$\geq 0.47$	0.34~0.47	$\leq 0.34$
跑道摩阻测试车	B	210	65	$\geq 0.60$	0.50~0.60	$\leq 0.50$
	B	210	95	$\geq 0.54$	0.41~0.54	$\leq 0.41$

续表

测试仪器	测试轮胎		测试速度 (km/h)	抗滑性能等级		
	类型	压力 (kPa)		好	中	差
TATRA 摩阻测试车	B	210	65	$\geq 0.57$	0.48~0.57	$\leq 0.48$
	B	210	95	$\geq 0.52$	0.42~0.52	$\leq 0.42$
抗滑测试仪拖车	C	140	65	$\geq 0.53$	0.43~0.53	$\leq 0.43$
	C	140	95	$\geq 0.36$	0.24~0.36	$\leq 0.24$

注：测试轮胎类型 A、B、C 的划分，参见《国际民用航空公约 附件 14》附录 A。

【条文说明】道面摩擦系数与测试设备有关，在评价中应首先明确测试设备，不同测试设备确定的摩擦系数进行比较时，应首先通过现场标定手段明确相互之间的经验换算关系。新建沥青道面和封层养护的沥青道面，由于沥青油膜较厚，在运行初期可能出现摩擦系数偏低的现象。

**8.2.4** 道面构造深度宜采用铺砂法，测试方法可按《民用机场道面现场测试规程》(MH/T 5110) 有关规定执行。道面构造深度以测试区域内的算术平均值表示，必要时提供标准差和变异系数。评价标准可按表 8.2.4 执行。

表 8.2.4 道面构造深度等级标准

抗滑性能等级	好	中	差
构造深度 (mm)	$\geq 1.0$	0.6~1.0	$< 0.6$

【条文说明】道面构造深度的测量方法较多，如铺砂法、填油法、立体摄影法、水流量测法等。其中，铺砂法是目前最基本也是最常用的方法。《国际民用航空组织 附件 14》和《民用机场飞行区技术标准》中建议新建跑道的表面平均构造深度应不小于 1.0 mm，我国民用机场跑道的构造深度一般情况下均大于 0.6 mm，因此条文中将 1.0 mm 和 0.6 mm 作为构造深度的等级划分标准。

## 8.3 道面平整度测试与评价

**8.3.1** 跑道和快速出口滑行道的平整度评价指标应采用波音平整度指数 (BBI) 或者国际平整度指数 (IRI)；不具备测试条件时，可采用三米直尺法进行评价。其他区域的平整度应采用三米直尺法进行评价。

【条文说明】机场道面平整度是机场道面表面相对理想平面的竖向偏差，会显著影响飞机动力特

性和行驶质量，加速飞机构件的疲劳损坏。目前国际上没有统一的机场道面平整度评价方法，波音公司基于飞机滑行的疲劳寿命建立了三级平整度评价标准；加拿大运输部建立了以行驶舒适度（*RCI*）为指标的评价方法；美国 APR 工程咨询公司提出以驾驶舱和飞机重心加速度平方和根值为指标的评价方法。我国多以国际平整度指数（*IRI*）作为评价指标。*IRI* 指标来源于标准 1/4 车模型，但飞机和汽车在速度、轮距和悬挂缓冲系统等诸多方面存在差异，两者的动力学响应特性区别较大，故波音平整指数（*BBI*）较为合理。

波音平整指数（*BBI*）和国际平整度指数（*IRI*）之间具有显著的相关性，回归参数和行驶速度有关，可根据现场实测数据进行回归标定。垂直滑行道、平行滑行道、机坪滑行通道等位置由于飞机通行速度慢，道面不平整对飞机的影响很小，不必将道面平整度作为其道面的功能性能。

**8.3.2** 用于计算波音平整度指数（*BBI*）的道面纵断面相对高程宜采用纵断面相对高程自动采集设备，数据现场采集方法及 *BBI* 计算可参照附录 E 执行，可采用本规范提供的 TJ\_ *BBI* 程序计算 *BBI*。

**8.3.3** 应以调查区域内 *BBI* 的算术平均值进行分段评价，评价标准参照图 8.3.3 执行。

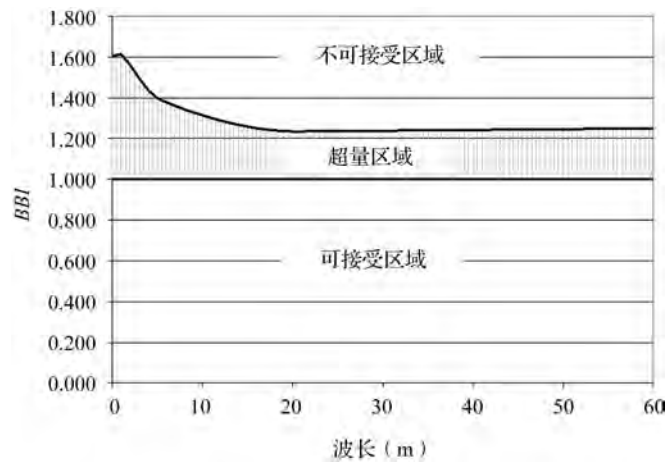


图 8.3.3 道面平整度评价标准（*BBI* 指标）

注：其中，“可接受区域”表示跑道的平整度不需要进行维护；“超量区域”表示跑道的平整度需要立即进行维护；“不可接受区域”表示跑道的平整度不能满足适航要求，应该关闭。

**8.3.4** 国际平整度指数（*IRI*）可通过激光平整度仪自动测试并计算。测试时应沿各区域的轮迹带布设测线。

**8.3.5** 应以调查区域内 *IRI* 的算术平均值进行分段评价，评价标准可按表 8.3.5 执行。

表 8.3.5 跑道和快滑道平整度等级评价标准 (IRI 指标)

评价标准	优	良	中	次
沥青道面 (m/km)	<2.3	2.3~3.5	3.5~4.3	>4.3
水泥混凝土道面 (m/km)	<2.5	2.5~3.5	3.5~4.3	>4.3

【条文说明】评价标准采用了公路养护技术规范修正后的标准。

8.3.6 三米直尺法应以 3 m 直尺下最大间隙 (R) 的平均值和最大间隙大于 5 mm 所占百分比作为评价指标；对于水泥混凝土道面还应包括邻板差的平均值和邻板差大于 5 mm 所占百分比。三米直尺法评价道面平整度的标准参照表 8.3.6 执行。

表 8.3.6 道面平整度状况等级评价标准 (三米直尺法)

评价等级	三米直尺下最大间隙 (R)		水泥混凝土道面邻板差	
	平均值 (mm)	大于 5 mm (%)	平均值 (mm)	大于 5 mm (%)
好	<3.0	<10	<2.0	<5
中	3.0~5.0	10~20	2.0~4.0	5~20
差	>5.0	>20	>4.0	>20

注：“好”和“中”等级必须所有指标全部合格，否则应判属下一等级。

8.3.7 跑道由于不均匀沉降等原因导致的纵坡变化应满足表 8.3.7 规定的标准。

表 8.3.7 道面平整度状况等级评价标准 (高程测量法)

飞行区指标 I	4	3	2	1
相邻两个纵坡的变化 (%)	1.5	1.5	2.0	2.0
变坡曲线的最小曲率半径 (m)	30 000	15 000	7 500	7 500
其曲面变率, 每 30 m 为	0.1%	0.2%	0.4%	0.4%

## 8.4 道面排水性能测试与评价

8.4.1 机场道面排水性能应通过道面坡度、积水点数量与面积、积水深度等进行评价。

8.4.2 道面坡度应通过高程测量确定，跑道与滑行道的横坡应满足表 8.4.2 的标准，停机坪的坡度宜介于 0.4%~0.8%之间。

表 8.4.2 跑道与滑行道横坡坡度标准

飞行区技术指标 II	A	B	C	D	E	F
横坡坡度 (%)	1.0~2.0	1.0~2.0	1.0~1.5	1.0~1.5	1.0~1.5	1.0~1.5

【条文说明】道面坡度的标准参照《民用机场飞行区技术标准》(MH 5001) 确定。

**8.4.3** 积水点调查的评价结果应以调查区域内积水点个数、积水深度和面积表示，宜采用高程法或目测法，并参照以下规定执行：

1 高程法是通过高程测量，绘制道面等高线图，确定积水点的坐标，计算积水面积和最大积水深度；

2 目测法应在雨后通过目测，确定积水点的位置，量测积水面积和深度。

## 9 道面剩余寿命预估

### 9.1 一般规定

9.1.1 道面大修、加铺或翻建时应进行道面剩余寿命预估。

9.1.2 应根据实际情况和技术水平选择结构性或功能性剩余寿命预估方法。

【条文说明】道面剩余寿命预估可基于结构性能衰变（如飞机荷载反复作用引起道面疲劳开裂或累积变形），也可基于表观性能衰变（如道面 *PCI* 随时间逐渐减小），因此道面结构性剩余寿命预估方法和功能性剩余寿命预估方法的模型不同，所需参数也不同。

### 9.2 道面结构性剩余寿命预估

9.2.1 道面结构性剩余寿命预估应根据 7.3 的相关条文确定道面结构评价参数。

9.2.2 结构性剩余寿命应根据《民用机场水泥混凝土道面设计规范》(MH/T 5004) 或者《民用机场沥青道面设计规范》(MH/T 5010) 的有关规定，将道面结构的有效厚度  $h_e$  作为道面设计厚度，通过迭代试算的方法分析确定道面的容许累计作用次数  $N_e$ ，转换为道面容许当量运行次数  $N_s$  后，根据机场运行架次推断道面结构剩余寿命。

【条文说明】道面结构性剩余寿命预估通常采用结构设计的逆过程，以分析得到的剩余作用次数作为结构性剩余寿命。水泥混凝土道面与沥青道面的结构设计方法不同，两者的结构剩余寿命预估方法和流程也不同。对于各种复合道面，则需做相应的简化处理。

### 9.3 道面功能性寿命预估

9.3.1 道面功能性寿命预估应根据道面 *PCI* 数据，采用确定型回归模型或概率型马尔可夫模型进行分析。模型选择时宜符合下列规定：

1 同一位置的道面，或道基强度、结构组合与材料组成基本相同，荷载特征和环境因素差异较小的一组道面，宜选择确定型回归模型；

2 不同位置的道面，或道基强度、结构组合与材料组成、荷载特征和环境因素差异较大的一组道面，宜选择马尔可夫模型。

9.3.2 道面功能性寿命确定型回归预估模型可采用式 9.3.2，道面  $PCI$  的积累数据应不少于时间跨度 5 年，历史数据应不少于 5 个：

$$PCI_c = 100 \times \{1 - e^{-\left(\frac{A}{Y_s}\right)^B}\} \quad (9.3.2)$$

式中： $PCI_c$  ——道面满足使用要求的  $PCI$  临界值（最小值），建议取值范围为 55~70；

$Y_s$  ——道面剩余寿命（年）；

$A$ 、 $B$  ——模型参数，应根据实测数据回归确定。

【条文说明】不同道面由于受结构、材料、荷载及环境等因素的影响，其性能变化规律存在差异，通常为获得较好的预估精度，需要根据道面特征进行道面族划分，所推荐的  $PCI$  衰变模型相对比较完整、形式统一、外延性较强，已在上海机场道面管理系统中得到应用。

9.3.3 道面功能性寿命确定型回归预估模型构建应按下列步骤进行：

- 1 绘制道面族的  $PCI$  衰变曲线；
- 2 延长评价区域的实测  $PCI$  曲线，使之与该区域所属道面族的  $PCI$  衰变曲线基本平行，得到该评价区域的预测曲线，示例如图 9.3.3 所示；
- 3 通过评价区域的预测曲线由  $PCI_c$  确定道面功能性剩余寿命。

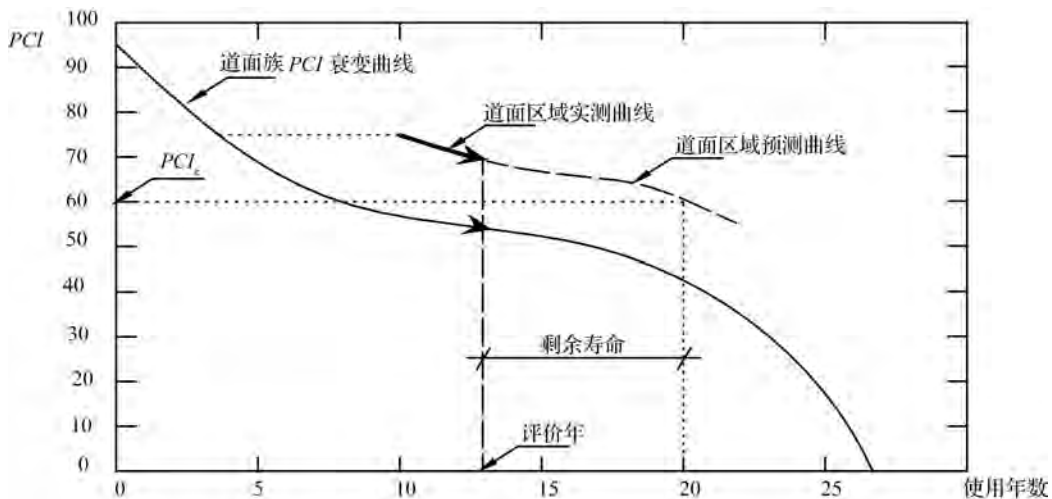


图 9.3.3 由道面族  $PCI$  衰变曲线预估道面区域的剩余寿命

【条文说明】模型构建采用了 Micro Paver 中的“平行曲线引申法”，在预估评价区域的道面剩余寿命时，假设属于同一道面族的所有道面区域损坏模型相似，损坏速率只是当前状况（ $PCI$  值）的函数，即同一时间的道面损坏速率相同。

9.3.4 采用概率型马尔可夫模型时，应以道面状况指数（ $PCI$ ）作为表征道面性能指标的预估

变量，以年作为基本时间单位。道面功能性马尔可夫预估模型的构建方法及示例参见附录 F。马尔可夫模型可表示为式 9.3.4：

$$I(t) = I(0)P^t \quad (9.3.4)$$

式中： $I(t)$ ——预测年度道面损坏状况指数（ $PCI$ ）在状态空间上的分布概率，状态空间为“优、良、中、次、差”5个状态等级；

$I(0)$ ——起始年度道面损坏状况指数（ $PCI$ ）在状态空间上的分布概率；

$P$ ——马尔可夫状态转移概率矩阵。

**9.3.5** 应根据道面结构和材料组合、荷载及环境等因素差异，采用回归分析的方法确定马尔可夫状态转移概率矩阵。

**9.3.6** 预估模型建立后应根据实测数据进行验证；实测数据更新后，应及时对预估模型及其参数进行修正。

【条文说明】应用马尔可夫模型进行概率预估时的关键是建立状态转移矩阵，可采用经验统计法、最优化法和回归法等方法。预估模型的可靠性取决于历史数据的完整性和有效性，因此随着数据的不断积累，模型参数应及时更新修正。

## 10 机场道面管理系统

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 繁忙运输机场的管理机构应建立并应用机场道面管理系统，实现道面管理的信息化、科学化。机场道面管理系统应按照统一的技术标准进行研究与开发，数字地图应满足各地机场的实际需要。

**10.1.2** 机场道面管理系统应能够有效存储和分析各类道面维护管理数据，能够辅助机场管理机构实施道面的全过程管理。

**10.1.3** 机场道面管理系统应包括信息采集硬件、道面管理软件，以及与之相适应的管理制度和人员设备。

【条文说明】依托机场道面管理系统辅助机场管理机构进行道面的维护管理是基础设施管理技术的发展趋势，我国目前处于积累经验的阶段，应该积极倡导。

### 10.2 系统基本功能

**10.2.1** 机场道面管理系统应基于 GIS 平台，应具备计算机信息管理和辅助决策支持等基本功能。

**10.2.2** 机场道面管理系统应具有数字化信息的管理功能，主要信息类型包括：

- 1 道面结构信息：道基和道面各结构层的参数；
- 2 道面平面位置信息：不同道面区域的编号、功能特征等；
- 3 航空交通量信息：机场年起降架次及机型组合；
- 4 道面日常检查信息：道面日常巡视、道面徒步调查和道面专项调查的记录等；
- 5 道面日常维护信息：道面破损维修记录、道面日常维护记录、道面大中修及改造工程记录、道面预防性养护记录等；
- 6 道面性能状况信息：道面破损状况、道面平整度状况、道面抗滑性能状况、道面结构性性能状况等，包括现场调查测试原始数据和资料，以及相应的评价结果；

7 道面性能预估信息：道面使用性能预估指标的历史数据、预估模型的参数、预估分析的结果等；

8 决策支持信息：各类统计和决策支持模型的相关参数与标准，以及基于专家经验分析的道面维护对策、措施等。

【条文说明】信息管理是机场道面管理系统的基本功能。由于机场道面具有空间分布广、信息繁杂等特点，信息管理要求较高，因此，必须对信息管理的内容与要求提出明确的规定。关于信息管理的内容与要求，主要是根据道面评价管理的技术特点，在总结上海机场道面管理系统（SHAPMS）系统设计与开发经验的基础上提出的。

**10.2.3** 机场道面管理系统的 GIS 平台应能够将道面各类信息通过 GIS 地图进行可视化管理，包括：

- 1 满足精度要求的飞行区数字地图服务及管理；
- 2 道面设施实体的空间位置、几何形状、空间拓扑关系等信息管理；
- 3 道面实体属性信息与空间信息等交互查询及统计；
- 4 道面使用性能状况评价及预测结果专题地图展示；
- 5 道面病害及维修信息的空间标注及空间统计；
- 6 道面维护计划与方案在道面地图上的可视化。

【条文说明】地理信息系统可将道面管理中各类属性数据与地图空间信息建立关系，从而实现空间可视化分析与表达。

**10.2.4** 机场道面管理系统应具有飞行区日常巡视台账和日常维护台账的数字化管理功能，包括：

- 1 日常巡视电子台账应反映巡视路径、巡视班组名单、巡视中发现的异常情况；
- 2 日常维护电子台账应反映维护方法、维护材料与机具、维护范围、维护工作完成情况、维护效果等。

**10.2.5** 机场道面管理系统应能够动态管理机场飞行区年度维护计划，并跟踪计划的执行情况，包括：

- 1 能够在系统 GIS 平台上显示飞行区维护任务的平面区域、时间安排、人员机具材料的配备等；
- 2 能够在 GIS 平台上显示维护计划的完成情况，形成进度/费用执行情况统计报表；
- 3 能够辅助相关部门根据实际情况调整完善维护计划。

**10.2.6** 机场道面管理系统应根据行业主管部门的要求，能够形成格式规范、内容准确的各类统计报表，包括：

- 1 飞行区道面年度使用性能综合状况评估；
- 2 飞行区道面年度维护费用统计；

3 飞行区道面使用性能衰变预估情况分析。

## 10.3 系统开发与应用

**10.3.1** 机场道面管理系统应采用面向服务的分布式系统架构，采用泛在接入设备，系统应用应具有可扩充性。

【条文说明】随着分布式技术的发展，管理系统的应用已经经历了单机构架—服务器—桌面客户端构架—泛在介入端—云服务器构架的转变，应用模式更加灵活。

**10.3.2** 机场道面管理系统硬件配置方面应包括服务器、具有足够精度的移动式 GPS 位置接收器及基站等；软件配置方面应包括商业数据库，分布式 GIS 管理软件，机场道面管理系统服务器端、桌面端、移动端的专业应用软件等；并应配置网络环境。

**10.3.3** 机场道面管理系统应结合各地机场道面管理的实际情况设置管理流程，并制定相应的管理制度与人员培训机制。

**10.3.4** 在道面管理系统应用过程中，应充分重视数据的积累和更新，保证数据的连续性和时效性。

## 附录 A 机场道面分区推荐方法

### A.1 道面部位划分

A.1.1 道面部位按使用功能划分，跑道、滑行道、机坪等功能区应划分为不同部位。

A.1.2 同一条跑道或滑行道应划分为一个部位，不同的跑道或滑行道应划分为不同部位。

A.1.3 停机坪面积较大时不宜划分为一个部位，可参照机场现有的机坪编号进行部位划分。宜将停机坪中用于飞机滑行的道面（机坪滑行道）单独作为一个部位，如图 A.1.3 所示。

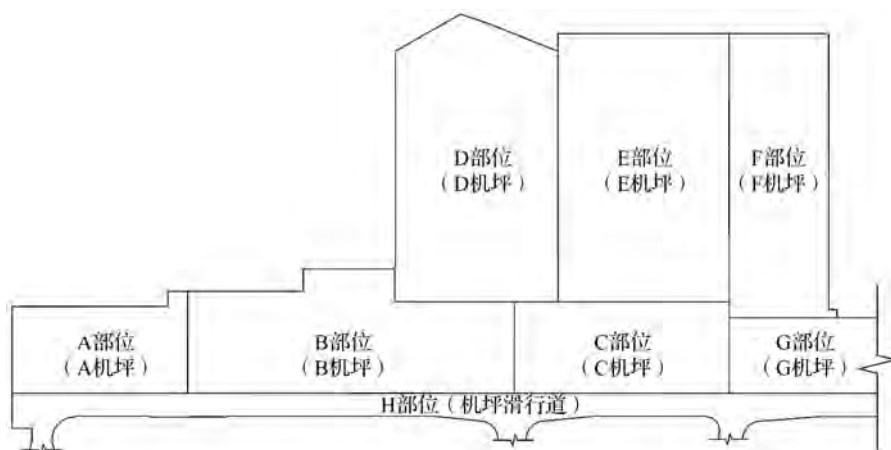


图 A.1.3 某 4E 机场停机坪部位划分示例

### A.2 道面区块划分

A.2.1 道面区块应按照道面结构的差异及飞机荷载对道面的影响程度划分。

A.2.2 同一条跑道可根据下列情况划分为多个区块：

- 1 跑道延长段或改建段应根据道面结构的差异划分为不同区块，如图 A.2.2-1 所示；

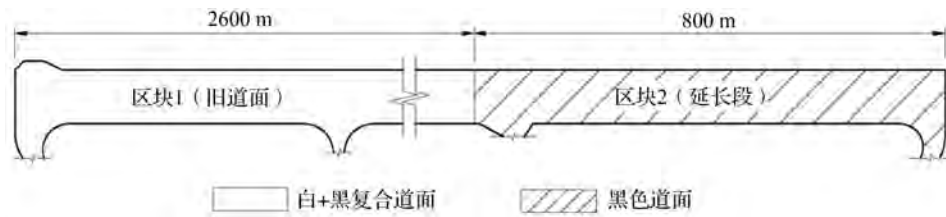


图 A. 2. 2-1 跑道旧道面与延长段的区块划分示例

2 跑道两端与中段道面（纵向）宜划分为不同的区块，可将中间减薄部分单独作为一个区块，如图 A. 2. 2-2 所示。

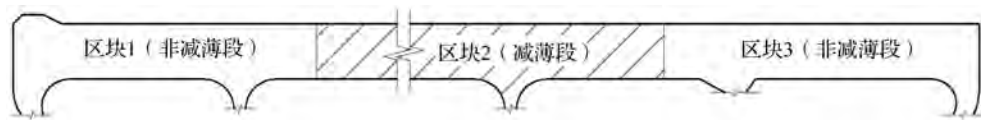


图 A. 2. 2-2 跑道中间减薄道面的区块划分示例

**A. 2. 3** 同一条滑行道宜划分为一个区块，若与跑道相接的过渡段道面结构存在较大差异，应将该过渡段单独作为一个区块，如图 A. 2. 3 所示。

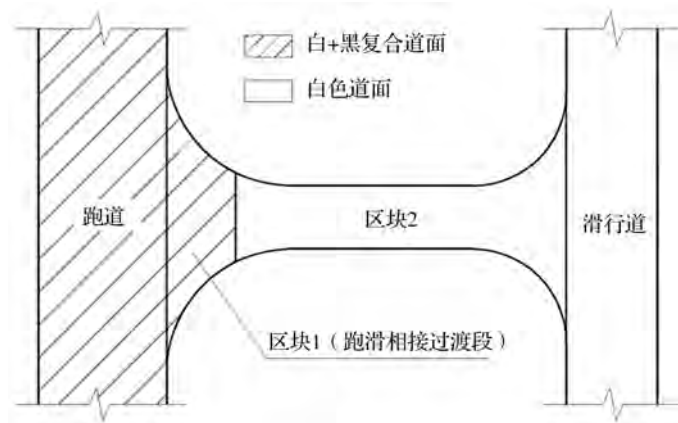


图 A. 2. 3 联络道区块划分示例

**A. 2. 4** 当机坪中一个部位面积较大时，宜将机位区与非机位区划分为不同的区块，如图 A. 2. 4 所示。

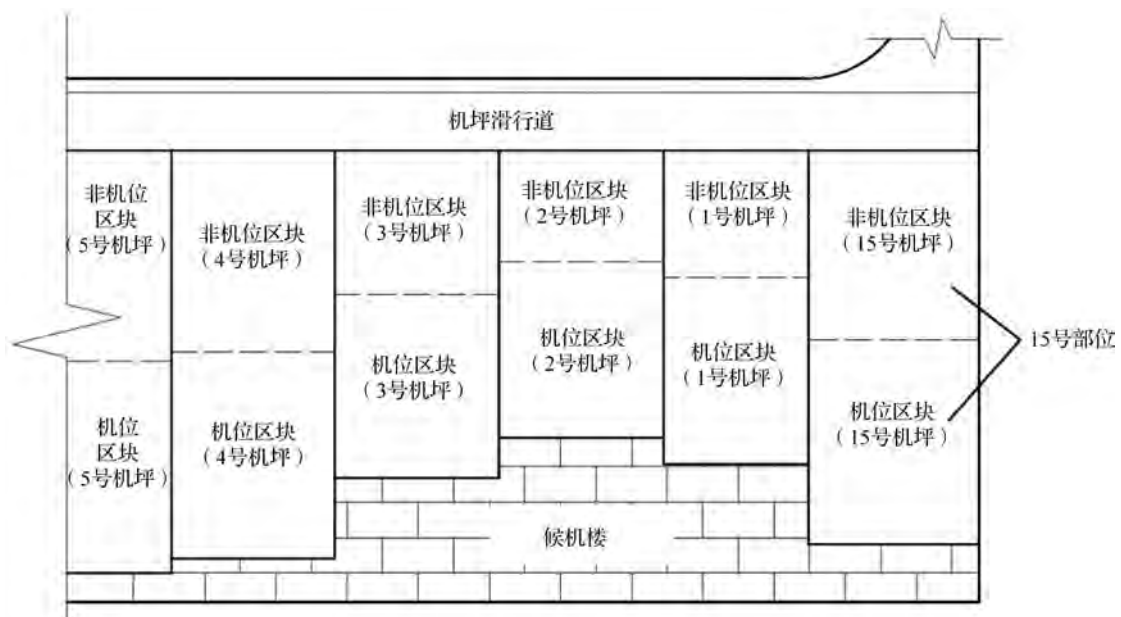


图 A. 2. 4 停机坪道面区块划分示例

## 附录 B 道面损坏鉴别与 *PCI/SCI* 计算方法

### B.1 水泥混凝土道面损坏鉴别标准及计量方法

#### B.1.1 纵向、横向和斜向裂缝

1 特征描述：由重复荷载、温度翘曲应力和温度收缩应力等综合作用引起的板块开裂，将板块分成 2~3 块。

##### 2 损坏程度判别：

1) 轻微：裂缝边缘没有或仅有轻微剥落，未产生碎块。若裂缝未被填补，其平均宽度小于 3 mm；若已被填补，则填缝料完好；或者道面板被轻微裂缝分成 3 块。

2) 中等：为以下情形之一：(1) 裂缝边缘中等程度剥落，可能产生碎块；(2) 裂缝未被填补，平均宽度在 3 mm~25 mm 之间；(3) 裂缝已被填补，裂缝边缘没有或仅有轻微剥落，但填缝料已经损坏；(4) 板块被裂缝分成 3 块，其中最少 1 条为中等裂缝。

3) 严重：为以下情形之一：(1) 裂缝边缘严重剥落，已经产生碎块；(2) 裂缝未被填补，其平均宽度大于 25 mm；(3) 板块被裂缝分成 3 块，其中最少 1 条为严重裂缝。

3 损坏量计量：记录发生损坏的板块数量，如需为裂缝填补提供依据，应记录各条裂缝的长度作为补充。

4 备注及图例：中等程度以上时可判断为结构性损坏。现场图例如图 B.1.1-1 和图 B.1.1-2 所示。



图 B.1.1-1 纵向、横向和斜向裂缝（轻微）



图 B.1.1-2 纵向、横向和斜向裂缝（中等）

### B.1.2 角隅断裂

1 特征描述：由于重复重荷载、板底支撑强度不足或者翘曲应力等综合因素的作用，在角隅处产生的与接缝斜交的裂缝。从板角到裂缝两端的距离均小于或等于板边长的一半（否则为斜向裂缝），裂缝贯穿整个板厚（否则为板角剥落）。

2 损坏程度判别：

1) 轻微：裂缝边缘没有或仅有轻微剥落，未产生碎块，且角隅断块上没有其他裂缝。如果裂缝未被填补，平均宽度小于 3 mm；如果已被填补，则填缝料完好。

2) 中等：为以下情形之一：(1) 裂缝边缘存在中等程度剥落，可能产生碎块；(2) 裂缝未被填补，平均宽度在 3 mm~25 mm 之间；(3) 裂缝已被填补，裂缝边缘没有或仅有轻微剥落，但填缝料已经损坏；(4) 角隅断块上出现其他轻微裂缝，即一条轻微程度的裂缝将角隅断块分成两块。

3) 严重：为以下情形之一：(1) 裂缝边缘严重剥落，已经产生碎块；(2) 裂缝未被填补，平均宽度大于 25 mm；(3) 角隅断块上出现中等程度以上的裂缝。

3 损坏量计量：记录发生损坏的板块数量，如需为裂缝填补提供依据，应记录各条裂缝的长度作为补充。

4 备注及图例：(1) 角隅断裂与板角剥落可以根据裂缝是否贯穿板块进行区分。如无法判断裂缝贯穿与否，则按照如下方法区别：若断块两边边长之一大于 600 mm，记为角隅断裂；否则记为板角剥落，除非能够证实裂缝贯穿板厚。(2) 如果 1 块板上有多处角隅断裂，应按照其中损坏最严重的程度记录损坏程度。(3) 如果角隅断裂处存在错台，且错台量大于 3 mm，应将损坏程度等级提高一级；如果断裂处错台量大于 13 mm，角隅断裂的损坏程度直接判定为严重。(4) 角隅断裂可判断为结构性损坏。现场图例如图 B.1.2-1 和图 B.1.2-2 所示。

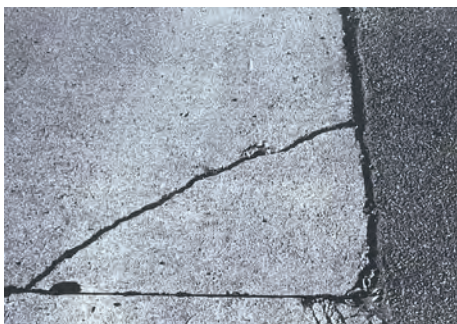


图 B.1.2-1 角隅断裂（轻微）



图 B.1.2-2 角隅断裂（中等）

### B.1.3 破碎板或交叉裂缝

1 特征描述：由道面结构承载能力不足或者严重超载引起的板块断裂，裂缝数量不小于 2 条，将板块分割成 4 块或以上。

2 损坏程度判别：

- 1) 轻微：板块被轻微的裂缝分割成 4~5 块；
- 2) 中等：为以下情形之一：(1) 板块被轻微和中等裂缝（裂缝平均宽度不大于 25 mm）分割成 4~5 块；(2) 板块被轻微裂缝（裂缝平均宽度不大于 3 mm）分割成 6 块或 6 块以上；
- 3) 严重：为以下情形之一：(1) 板块被裂缝分割成 4~5 块，其中有严重裂缝（平均宽度大于 25 mm）；(2) 板块被中等裂缝（裂缝平均宽度在 3 mm~25 mm 之间）分割成 6 块或 6 块以上。
- 3 损坏量计量：记录发生损坏的板块数量，如需为板块处治提供依据，应记录损坏所影响的面积作为补充。
- 4 备注及图例：(1) 板块出现破碎板或交叉裂缝，且程度为中等或严重时不再记录其他损坏类型；(2) 可判断为结构性损坏。现场图例如图 B. 1. 3-1 和图 B. 1. 3-2 所示。



图 B. 1. 3-1 破碎板或交叉裂缝（中等）



图 B. 1. 3-2 破碎板或交叉裂缝（严重）

#### B. 1. 4 沉陷或错台

- 1 特征描述：由地基、道基或基层的竖向永久变形引起的，在接缝或裂缝位置出现的高差。
- 2 损坏程度判别：以邻板（接缝两侧）间高差作为判断依据，判别标准如表 B. 1. 4 所示。

表 B. 1. 4 “沉陷或错台”损坏程度判别标准

损坏程度	邻板（接缝两侧）高差（mm）	
	跑道及滑行道	停机坪
轻微	<6	3~13
中等	6~13	13~25
严重	>13	>25

3 损坏量计量：按发生损坏的板块数量计，当两块板之间的接缝出现沉陷或错台时，按 1 块板记录。

4 备注及图例：(1) 由于施工质量等引起的沉陷或错台不作为损坏进行记录；(2) 由于地基、道基或基层竖向变形引起的沉陷或者错台，可判断为结构性损坏。现场图例如图 B. 1. 4-1 和

图 B. 1. 4-2 所示。



图 B. 1. 4-1 错台



图 B. 1. 4-2 沉陷

### B. 1. 5 胀裂

1 特征描述：由于接缝或者裂缝中（或者与其他构筑物相接位置）存在硬粒或者宽度不足，引起板块的翘曲、开裂或者破碎。

2 损坏程度判别：

1) 轻微：翘曲现象随着温度降低而消失，道面出现轻微的不平整，无碎裂现象；

2) 中等：翘曲现象随着温度降低而消失，道面出现中等程度的不平整，并存在出现碎裂的可能；

3) 严重：翘曲现象已无法随温度变化而改变，接缝（裂缝）附近已经出现碎裂现象。

3 损坏量计量：记录发生损坏的板块数量，胀裂发生在板块裂缝上时按 1 块板的数量记录，发生在两块板之间的接缝上时按 2 块板记录。如需为局部修补提供依据，应记录胀裂影响区域的面积作为补充。

4 备注及图例：可判断为结构性损坏；出现后应立即修复。现场图例如图 B. 1. 5 所示。

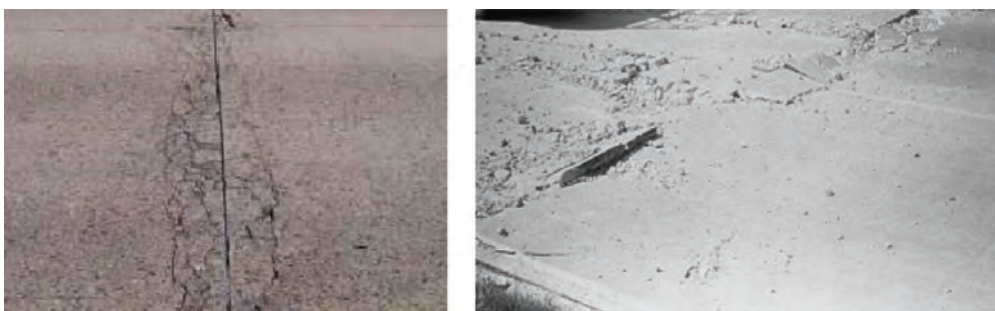


图 B. 1. 5 胀裂（严重）

### B. 1. 6 填缝料损坏

1 特征描述：环境和荷载因素的共同作用下，填缝料失去弹性和封堵的作用，无法阻止地

表水渗入和防止硬物进入接缝。

## 2 损坏程度判别：

1) 轻微：填缝料外观状况良好，无挤出、缺失、长草等现象，少数填缝料与接缝间存在微小缝隙，但仍具有一定的粘结性；

2) 中等：为以下情形之一：（1）填缝料没有缺失，且与接缝间存在不大于 3 mm 的缝隙，无法有效地防止地表水渗入；（2）接缝附近有唧泥痕迹；（3）填缝料已老化而失去弹性但未脆化；（4）植物在接缝内生长，但看得清接缝槽口；

3) 严重：为以下情形之一：（1）10%以上的填缝料存在中等程度的损坏；（2）10%以上的填缝料缺失，丧失了封堵作用。

3 损坏量计量：一般情况下无须计量损坏量，而应以道面“单元”为单位记录损坏程度，以该“单元”20%以上接缝中损坏等级高的损坏程度作为该“单元”填缝料的损坏程度。如需为填缝料更换提供依据，应记录填缝料出现损坏的接缝总长度。

4 备注及图例：可判断为非结构性损坏。现场图例如图 B. 1. 6-1 和图 B. 1. 6-2 所示。



图 B. 1. 6-1 填缝料损坏（中等）



图 B. 1. 6-2 填缝料损坏（严重）

## B. 1. 7 接缝破碎

1 特征描述：接缝两侧各 600 mm 范围内出现的裂缝，该类裂缝未完全贯穿板块，一般情况下与板边斜交，容易引起板块表层脱落等病害。

## 2 损坏程度判别：

1) 轻微：为以下情形之一：（1）接缝两侧各 600 mm 范围内的板块被轻微或者中等裂缝（裂缝宽度不大于 25 mm）分割成 3 块以下，但不易产生碎块；（2）接缝出现轻微的磨损（接缝表面宽度不大于 25 mm，而且深度不大于 13 mm），存在产生碎块的可能性；

2) 中等：为以下情形之一：（1）接缝两侧各 600 mm 范围内的板块被轻微或中等裂缝（裂缝平均宽度不大于 25 mm）分割成 3 块以上；（2）接缝两侧各 600 mm 范围内的板块被裂缝分割成 3 块以下，其中有严重裂缝（裂缝宽度大于 25 mm），接缝较易产生碎块；（3）接缝出现中等

程度的磨损（接缝外观宽度大于 25 mm，或者深度大于 13 mm），产生碎块的可能性较大；

3) 严重：为以下情形之一：(1) 接缝两侧各 600 mm 范围内的板块被裂缝分割成 3 块以上，其中有严重裂缝（裂缝宽度大于 25 mm），接缝很容易产生碎块；(2) 接缝出现严重程度的磨损，产生碎块的可能性很大。

3 损坏量计量：记录发生损坏的板块数量，如果仅接缝一侧的板块发生破碎，记录 1 块板块，如果接缝两侧的板块均发生破碎，记录 2 块板块。如需为板块修补提供依据，应记录各破碎区域的面积。

4 备注及图例：(1) 如果一块板块多条接缝处均出现接缝破碎现象，损坏程度应选择程度等级高的情况记录；(2) 如果接缝破碎长度小于 76 mm，或者发生破碎的区域已经被填缝料填补，则不作为“接缝破碎”损坏记录；(3) 可判断为非结构性损坏。现场图例如图 B. 1. 7-1 和图 B. 1. 7-2 所示。



图 B. 1. 7-1 接缝破碎（轻微）



图 B. 1. 7-2 接缝破碎（严重）

### B. 1. 8 唧泥和板底脱空

1 特征描述：在接缝或裂缝附近出现基层或道基材料沉积现象，或者飞机轮载经过接缝或裂缝附近时，板块出现活动的现象。

2 损坏程度判别：不分损坏等级。

3 损坏量计量：记录“唧泥和板底脱空”所影响到的板块数量，如图 B. 1. 8-1 所示。

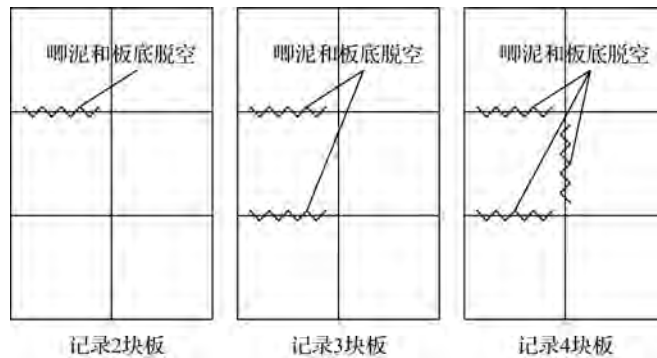


图 B. 1. 8-1 损坏量计量示例

4 备注及图例：可判断为结构性损坏，容易发生引起板块断裂；该病害出现后应及时采取基础注浆加固等措施。现场图例如图 B. 1. 8-2 所示。



图 B. 1. 8-2 唧泥

### B. 1. 9 耐久性裂缝

1 特征描述：由于环境因素（如冻融循环等）的影响，在接缝附近产生的平行于接缝的发丝状表层裂缝，裂缝周围通常呈现暗色，严重情况下，可能导致接缝周边 0.3 m~0.6 m 范围内板块的碎裂。

2 损坏程度判别：

- 1) 轻微：发生范围为 1 个板角或 1 条接缝，板块无剥落现象；
- 2) 中等：为以下情形之一：（1）发生的范围为 1 个板角或 1 条接缝，但是板块已开始出现剥落现象；（2）发生范围在 1 个板角或 1 条接缝以上，板块尚无剥落现象；
- 3) 严重：发生范围在半块板以上，板块剥落现象明显。

3 损坏量计量：按发生损坏的板块数计。如需为板块修补提供依据，应记录各破碎区域面积。

4 备注及图例：（1）如果同一板块上同时存在“耐久性裂缝”和“起皮、龟裂和细微裂纹”2 种损坏，则按“耐久性裂缝”记录后，不再记录“起皮、龟裂和细微裂纹”；（2）可判断为非结构性损坏。现场图例如图 B. 1. 9 所示。



图 B. 1. 9 耐久性裂缝（中等）

### B.1.10 收缩裂缝

1 特征描述：板块表面出现的长数厘米的细微裂缝，未完全贯穿板块，一般情况下是由水泥混凝土养生措施不当造成的；

- 2 损坏程度判别：不分损坏等级；
- 3 损坏量计量：按发生损坏的板块数计；
- 4 备注：可判断为非结构性损坏。

### B.1.11 坑洞

1 特征描述：水泥混凝土表层中的集料（或异物）从板块剥落，形成一些“小坑”。一般情况下，“小坑”的直径为 25 mm~100 mm，深度为 13 mm~50 mm。

- 2 损坏程度判别：不分损坏等级。
- 3 损坏量计量：按发生损坏的板块数计。
- 4 备注及图例：（1）当一板块上“小坑”出现的密度大于 3 个/m<sup>2</sup>时，则进行记录；（2）可判断为非结构性损坏。现场图例如图 B.1.11 所示。

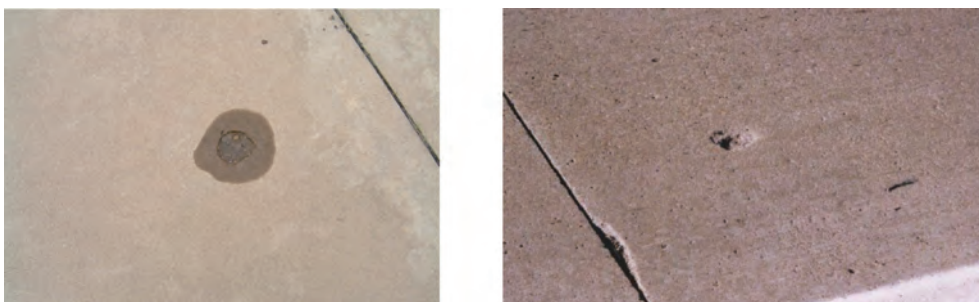


图 B.1.11 坑洞

### B.1.12 起皮、龟裂和细微裂纹

1 特征描述：道面表层掉皮或者形成网状、浅而细的发状裂纹，影响深度一般为表面以下 3 mm~13 mm，主要是由使用除冰盐、施工不当、冻融循环、碱集料反应等造成，一般出现在整块板块上（而耐久性裂缝仅出现在接缝附近）。

- 2 损坏程度判别：
  - 1) 轻微：细微裂缝可以辨别，但表面状况尚好，且无剥落迹象；
  - 2) 中等：一些区域出现剥落迹象，但面积比率不大于 5%；
  - 3) 严重：出现剥落的面积比率大于 5%，且板块很容易产生碎块。
- 3 损坏量计量：按发生损坏的板块数计。
- 4 备注及图例：（1）同一板块上同时存在“耐久性裂缝”和“起皮、龟裂和细微裂纹”2 种损坏，则按“耐久性裂缝”记录后，不再记录“起皮、龟裂和细微裂纹”；（2）可判断为非结构性损坏。现场图例如图 B.1.12 所示。



图 B.1.12 起皮、龟裂和细微裂纹

### B.1.13 板角剥落

1 特征描述：飞机轮载作用下，板角区域（距离角点距离小于 0.6 m）出现的板块开裂现象。与“角隅断裂”的不同之处在于裂缝尚未贯穿板块。

2 损坏程度判别：

1) 轻微：损坏区域被轻微裂缝（裂缝宽度小于 3 mm）分割，剥落成 2 块，或者被中等裂缝（裂缝宽度为 3 mm~25 mm）分割，剥落成 1 块，但不易产生碎块；

2) 中等：为以下情形之一：（1）损坏区域被中等裂缝（裂缝宽度为 3 mm~25 mm）分割，剥落成 2 块以上，存在松动或者集料缺失现象；（2）损坏区域内存在程度严重的裂缝（裂缝宽度大于 25 mm），且已经出现次生裂缝；（3）损坏区域内容易产生碎块；

3) 严重：为以下情形之一：（1）损坏区域被严重裂缝（裂缝宽度大于 25 mm）分割，剥落成 2 块以上，存在松动或者集料缺失现象；（2）损坏区域内破碎现象明显，已产生碎块。

3 损坏量计量：按发生损坏的板块数计。如需为板块修补提供依据，应记录各破碎区域面积。

4 备注及图例：（1）如果损坏区域的长度小于 76 mm，而且已经采用填缝料填补，则不作为“板角剥落”记录；（2）可判断为非结构性损坏。现场图例如图 B.1.13-1 和图 B.1.13-2 所示。



图 B.1.13-1 板角剥落（中等）



图 B.1.13-2 板角剥落（严重）

### B.1.14 小补丁

- 1 特征描述：板块上已经进行过局部修补，但修补区域面积不大于  $0.5 \text{ m}^2$ 。
- 2 损坏程度判别：
  - 1) 轻微：补丁区域状况良好，没有其他损坏形式出现；
  - 2) 中等：补丁区域出现损坏或中等剥落现象，较容易产生碎块；
  - 3) 严重：补丁区域再次出现损坏，且“沉陷或错台”等现象已经影响道面平整度；或严重剥落，已产生碎块。
- 3 损坏量计量：按发生损坏的板块数计。如需为板块修补提供依据，应记录补丁面积。
- 4 备注及图例：(1) 若修补裂缝的补丁宽度很小 ( $100 \text{ mm} \sim 250 \text{ mm}$ )，可不作为“小补丁”记录；(2) 可判断为非结构性损坏。现场图例如图 B.1.14-1 和图 B.1.14-2 所示。



图 B.1.14-1 小补丁 (轻微)



图 B.1.14-2 小补丁 (中等)

### B.1.15 大补丁和开挖补块

- 1 特征描述：大补丁为板块上已经进行过的局部修补，且修补区域的面积大于  $0.5 \text{ m}^2$ 。开挖补块指因增设地下管线等设施而开挖道面后形成的补块。
- 2 损坏程度判别：
  - 1) 轻微：补丁区域状况良好，没有其他损坏形式出现；
  - 2) 中等：补丁区域出现损坏或中等剥落现象，较容易产生碎块；
  - 3) 严重：补丁区域再次出现损坏，且“沉陷或错台”等现象已经影响了道面平整度；或严重剥落，已产生碎块。
- 3 损坏量计量：按照发生损坏的板块数计。如需为板块修补提供依据，应记录补丁面积。
- 4 备注及图例：(1) 道面经过局部修补，无论修补效果如何，均认为是一种损坏形式，并予以记录；(2) 可判断为非结构性损坏。现场图例如图 B.1.15 所示。



图 B.1.15 大补丁

## B.2 沥青道面损坏鉴别标准及计量方法

### B.2.1 龟裂

1 特征描述：在反复飞机轮载作用下，沥青混凝土产生的疲劳开裂现象，初期为相互平行的裂缝，随着次生裂缝的发展，逐渐形成网格状，一般裂缝长度不大于 0.6 m。

2 损坏程度判别：

1) 轻微：沿轮迹方向（纵向）产生的相互平行的细微裂缝，相互交叉的次生裂缝很少，裂缝边缘无剥落现象；

2) 中等：形成网格状裂缝，裂缝边缘存在轻微剥落，网格内沥青混凝土无松动现象；

3) 严重：网格状裂缝明显，裂缝边缘剥落现象普遍，网格内的沥青混凝土出现松动。

3 损坏量计量：记录损坏所影响的道面面积。

4 备注及图例：(1) “龟裂”只发生在飞机轮载反复作用的道面区域（一般指轮迹带）；(2) 存在“龟裂”现象的区域如果同时存在“辙辙”现象，2种损坏应分别记录；(3) 可判断为结构性损坏。现场图例如图 B.2.1-1 和图 B.2.1-2 所示。

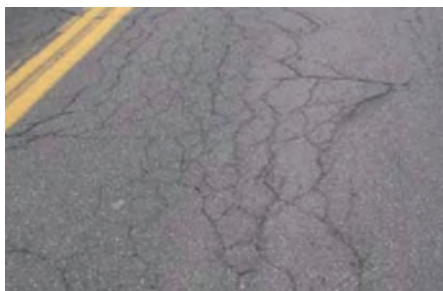


图 B.2.1-1 龟裂（中等）



图 B.2.1-2 龟裂（严重）

### B.2.2 不规则裂缝

1 特征描述：沥青混凝土由于温度应力引起的收缩裂缝，一般情况下存在沥青混凝土老化迹象，道面被裂缝分割成网格状，尺寸在 0.3 m×0.3 m~3 m×3 m 之间，飞机轮迹带区域和非轮迹带区域均可能出现。

2 损坏程度判别：

1) 轻微：裂缝边缘无剥落现象，如果裂缝未填补，裂缝宽度小于 6 mm；如果裂缝已被填补，填缝料状况完好；

2) 中等：为以下情形之一：(1) 裂缝边缘存在轻度剥落现象；(2) 如果裂缝未被填补，裂缝宽度大于 6 mm，缝边剥落现象不明显；(3) 如果裂缝已填补，填缝料已出现损坏现象，但缝边剥落现象不明显；

3) 严重：裂缝边缘剥落现象明显，存在沥青混凝土碎粒。

3 损坏量计量：记录损坏所影响的道面面积。

4 备注及图例：(1) 与“龟裂”相比，“不规则裂缝”所形成的网格面积更大，而且裂缝之间较少存在锐角相交的现象；(2) 对于沥青道面，同一道面上如已经记录“不规则裂缝”，则不再记录“纵向、横向裂缝”；(3) 对于水泥混凝土上加铺的沥青道面，同一道面上出现的“不规则裂缝”与其他裂缝形式（一般指“反射裂缝”）应分别记录；(4) 可以判断为结构性损坏。现场图例如图 B.2.2-1 和图 B.2.2-2 所示。



图 B.2.2-1 不规则裂缝（中等）

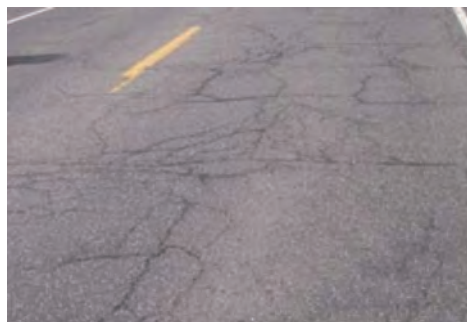


图 B.2.2-2 不规则裂缝（严重）

### B.2.3 纵向、横向裂缝

1 特征描述：纵向裂缝指平行于轮迹方向的沥青混凝土开裂现象；横向裂缝指与轮迹垂直方向的沥青混凝土开裂现象。与“龟裂”和“不规则裂缝”相比，道面上没有被多条裂缝分割成网格状的现象。

2 损坏程度判别：

1) 轻微：裂缝边缘剥落现象不明显；如裂缝未被填补，裂缝宽度小于 6 mm；如裂缝已被填补，填缝料状况完好；

2) 中等：为以下情形之一：(1) 裂缝边缘存在中等程度的剥落现象；(2) 如果裂缝已被

填补，填缝料已出现损坏现象，但缝边剥落现象不明显；(3) 如果裂缝未被填补，裂缝宽度大于 6 mm，缝边剥落现象不明显；(4) 裂缝周围出现一定程度的次生裂缝现象，但剥落现象不明显；

3) 严重：无论裂缝是否已被填补，裂缝边缘剥落现象明显，沥青混凝土中的粗集料存在明显松动现象或者已经部分缺失。

3 损坏量计量：以裂缝的实际长度计量。

4 备注及图例：(1) 如果同一条裂缝的不同位置存在不同程度的损坏，应分别记录其长度和损坏程度；(2) 同一道面上如已经记录“不规则裂缝”，则不再记录“纵向、横向裂缝”；(3) 可以判断为结构性损坏。现场图例如图 B. 2. 3-1 至图 B. 2. 3-4 所示。



图 B. 2. 3-1 横向裂缝 (中等)



图 B. 2. 3-2 横向裂缝 (严重)

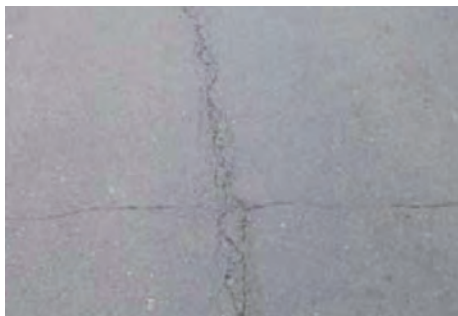


图 B. 2. 3-3 纵向裂缝 (中等)



图 B. 2. 3-4 纵向裂缝 (严重)

#### B. 2. 4 反射裂缝

1 特征描述：仅出现在水泥混凝土道面上加铺沥青混凝土的结构形式，原水泥混凝土板块接缝（裂缝）处由于应力集中引起的加铺层开裂现象，多与原水泥混凝土板块接缝或裂缝位置对应。

2 损坏程度判别：

1) 轻微：裂缝边缘剥落现象不明显；如裂缝未被填补，裂缝宽度小于 6 mm；如裂缝已被填补，填缝料状况完好；

2) 中等：为以下情形之一：(1) 裂缝边缘存在中等程度的剥落现象；(2) 如果裂缝已被

填补, 填缝料已出现损坏现象, 但缝边剥落现象不明显; (3) 如果裂缝未被填补, 裂缝宽度大于 6 mm, 但缝边剥落现象不明显; (4) 裂缝周围出现一定程度的次生裂缝现象, 但剥落现象不明显;

3) 严重: 无论裂缝是否已被填补, 裂缝边缘剥落现象明显, 沥青混凝土中的粗集料存在明显松动现象或者已经部分缺失。

3 损坏量计量: 以裂缝的实际长度计量。

4 备注及图例: (1) 如果同一条裂缝的不同位置存在不同程度的损坏, 应分别记录其长度和损坏程度; (2) 对于水泥混凝土上加铺沥青混凝土的道面结构, 同一道面上如已经记录“反射裂缝”, 则不再记录“不规则裂缝”; (3) 可判断为非结构性损坏。现场图例如图 B. 2. 4 所示。



图 B. 2. 4 反射裂缝

### B. 2. 5 滑移裂缝

1 特征描述: 道面上出现的月牙或半月状裂缝, 一般存在于飞机制动或者转向的道面区域, 主要由沥青混凝土层间结合不良或者上面层材料抗剪能力不足等原因造成;

2 损坏程度判别: 不分损坏等级;

3 损坏量计量: 记录损坏所影响的道面面积;

4 备注及图例: 可以判断为非结构性损坏。现场图例如图 B. 2. 5 所示。



图 B. 2. 5 滑移裂缝

### B.2.6 松散和老化

1 特征描述：沥青混凝土中胶结料老化，造成中粗集料散失，道面表面出现“微坑”现象。

2 损坏程度判别：

1) 轻微：沥青混凝土中的粗集料出现裸露现象，裸露部分小于粗集料最大粒径的  $1/4$ ，但是粗集料尚无松动、剥落现象；

2) 中等：沥青混凝土中粗集料的裸露程度达到了其最大粒径的  $1/4 \sim 1/2$ ，道面表面由于少量集料的剥落出现“微坑”、不平整等现象；

3) 严重：道面表面“微坑”、不平整等现象严重，存在与胶结料分离的粗集料。

3 损坏量计量：记录损坏所影响的道面面积。

4 备注及图例：(1) 由道面除胶、除雪或者其他机械性破坏所引起的沥青混凝土中粗集料散失现象应列为严重的“松散和老化”；(2) 可判断为非结构性损坏。现场图例如图 B.2.6-1 和图 B.2.6-2 所示。



图 B.2.6-1 松散（中等）



图 B.2.6-2 松散（严重）

### B.2.7 泛油

1 特征描述：因沥青混凝土油石比过高，或者沥青混合料空隙率过小，在高温等气候条件下沥青混凝土中的胶结料迁移到道面表面，并形成积聚；

2 损坏程度判别：不分损坏等级；

3 损坏量计量：记录损坏所影响的道面面积；

4 备注及图例：可判断为非结构性损坏。现场图例如图 B.2.7 所示。



图 B.2.7 泛油

### B.2.8 集料磨光

- 1 特征描述：沥青混凝土中集料在飞机轮载反复作用下逐渐丧失纹理构造的现象；
- 2 损坏程度判别：不分损坏等级；
- 3 损坏量计量：记录损坏所影响的道面面积；
- 4 备注及图例：（1）判断这种损坏时，可以将轮迹带与非轮迹带区域的纹理进行对比；  
（2）可判断为非结构性损坏。现场图例如图 B.2.8 所示。

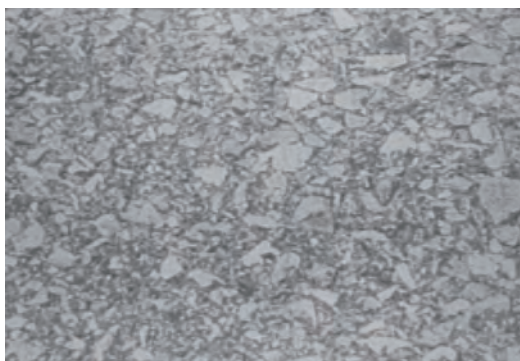


图 B.2.8 集料磨光

### B.2.9 沉陷

- 1 特征描述：由于地基沉降或者道面结构层、道基压实度不足等原因，道面局部区域明显低于其周边区域的现象。
- 2 损坏程度判别：
  - 1) 轻微：雨后道面残留水迹明显，与周边相比有明显色差，但对平整度的影响较小；
  - 2) 中等：道面干燥条件下可以通过目视发现，对平整度有一定的影响，强降水后存在明显积水；
  - 3) 严重：道面干燥条件下通过目视很容易发现，对平整度影响较大，强降水后积水较严重。
- 3 损坏量计量：记录损坏所影响的道面面积。
- 4 备注及图例：（1）可采用 3 m 直尺间隙的大小精确地判定损坏程度，判断标准见表 B.2.9；（2）可判断为非结构性损坏。现场图例如图 B.2.9-1 和图 B.2.9-2 所示。

表 B.2.9 “沉陷”损坏程度判别标准（三米直尺法）

损坏程度	3 m 直尺最大间隙 (mm)	
	跑道和快速出口滑行道	其他滑行道和停机坪
轻微	3~13	13~25
中等	13~25	25~51
严重	>25	>51

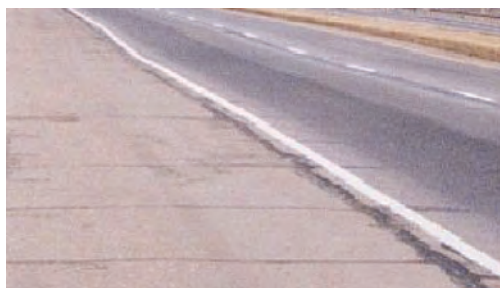


图 B.2.9-1 沉降 (中等)



图 B.2.9-2 沉降 (严重)

### B.2.10 隆起

1 特征描述：由于基础冻胀等原因，道面局部区域明显高于其周边区域的现象，一般损坏区域还伴随开裂现象。

2 损坏程度判别：

- 1) 轻微：通过目视较难发现，巡视车辆经过时有颠簸感；
- 2) 中等：通过目视可以发现，对平整度有一定的影响；
- 3) 严重：通过目视很容易发现，对平整度影响较大。

3 损坏量计量：记录损坏所影响的道面面积。

4 备注：(1) 可采用 3 m 直尺间隙的大小精确地判定损坏程度，判断标准如表 B.2.10 所示；(2) 可判断为非结构性损坏。

表 B.2.10 “隆起”损坏程度判别标准 (三米直尺法)

损坏程度	3 m 直尺最大间隙 (mm)	
	跑道和快速出口滑行道	其他滑行道和停机坪
轻微	≤20	≤40
中等	20~40	40~80
严重	>40	>80

### B.2.11 轮辙

1 特征描述：轮迹带内的道面在飞机轮载反复作用下发生的永久变形，表现为道面沿轮迹方向的凹陷，以及轮迹两侧局部道面可能的隆起；

2 损坏程度判别：可采用 3 m 直尺沿垂直于轮迹方向放置，量测各个断面上的最大间隙后取平均值，作为损坏程度的判定标准，如表 B.2.11 所示；

表 B.2.11 “轮辙” 损坏程度判别标准 (三米直尺法)

损坏程度	3 m 直尺间隙的均值 (mm)
轻微	6~13
中等	13~25
严重	>25

3 损坏量计量: 记录损坏所影响的道面面积;

4 备注及图例: (1) 同一道面上如果“轮辙”与“龟裂”同时存在, 应分别进行记录;  
(2) 可判断为结构性损坏。现场图例如图 B.2.11-1 和图 B.2.11-2 所示。



图 B.2.11-1 轮辙 (中等)



图 B.2.11-2 轮辙 (严重)

### B.2.12 搓板

1 特征描述: 垂直于道面轮迹方向上出现的有规则的波浪状隆起和凹陷, 一般相邻隆起 (凹陷) 之间的距离不大于 1.5 m。

2 损坏程度判别: 可通过损坏对平整度的影响程度进行经验判定, 也可采用 3 m 直尺间隙的大小进行判定。通过选取不少于 5 个断面, 量测道面隆起和沉陷之间的高差, 取平均值后按照表 B.2.12 判定。

表 B.2.12 “搓板” 损坏程度判别标准 (三米直尺法)

损坏程度	3 m 直尺最大间隙 (mm)	
	跑道和快速出口滑行道	其他滑行道和停机坪
轻微	<6	<13
中等	6~13	13~25
严重	>13	>25

3 损坏量计量: 记录损坏所影响的道面面积。

4 备注及图例：可判断为非结构性损坏。现场图例如图 B. 2. 12 所示。



图 B. 2. 12 搓板（严重）

### B. 2. 13 推挤

1 特征描述：仅发生在水泥混凝土和沥青道面交界的区域。由于交界处构造设置不合理或者失效等原因，水泥混凝土板块在温胀作用下对沥青道面形成推挤，引起沥青道面发生隆起或者开裂等现象。

2 损坏程度判别：

- 1) 轻微：沥青道面发生推挤的面积较小，没有产生明显的开裂或者隆起现象；
- 2) 中等：沥青道面发生推挤的面积较大，存在较明显的开裂或者隆起现象，对道面平整度有一定的影响；
- 3) 严重：沥青道面发生推挤的面积很大，道面开裂或者隆起的程度严重，对道面平整度产生很大影响。

3 损坏量计量：记录损坏所影响的道面面积。

4 备注：可判断为非结构性损坏。

### B. 2. 14 喷气烧蚀

1 特征描述：沥青道面表层在飞机发动机高温尾气烧蚀的影响下发生碳化，造成胶结料粘性的丧失，一般表现为喷气烧蚀的道面与周边存在明显的色差；

2 损坏程度判别：不分损坏等级；

3 损坏量计量：记录损坏所影响的道面面积；

4 备注：可判断为非结构性损坏。

### B. 2. 15 油料腐蚀

1 特征描述：飞机的燃油、机油或者其他具有腐蚀性的液体洒落在道面表面，对沥青混凝土造成的污染现象；

- 2 损坏程度判别：不分损坏等级；
- 3 损坏量计量：记录损坏所影响的道面面积；
- 4 备注：可判断为非结构性损坏。

#### B.2.16 补丁和开挖补块

1 特征描述：经过局部面层修补的道面。

2 损坏程度判别：

1) 轻微：局部修补区域状况良好，没有其他损坏形式出现；

2) 中等：局部修补的区域内开始出现其他形式的损坏，损坏程度轻微，对飞机行驶质量有影响，或者修补道面上可能产生碎粒；

3) 严重：局部修补的区域内已经出现其他形式的损坏，且损坏程度处于中等以上，显著影响了飞机行驶质量，或者修补道面上已经产生碎粒。

3 损坏量计量：记录损坏所影响的道面面积。

4 备注及图例：(1) 如果同一个补丁上不同区域道面的损坏程度存在明显的差异，应分别记录各自的面积和损坏程度；(2) 计算 *PCI* 时，不再记录补丁范围内出现的其他损坏形式，但是，应考虑这些损坏形式对于“补丁”的影响，进而判断“补丁”的损坏等级；如果补丁面积很大（大于 230 m<sup>2</sup>），还应该将补丁上存在的其他损坏另行记录，作为损坏状况调查的补充资料；(3) 可判断为非结构性损坏。现场图例如图 B.2.16-1 和图 B.2.16-2 所示。



图 B.2.16-1 补丁（轻微）



图 B.2.16-2 补丁（中等）

### B.3 道面 *PCI* 和 *SCI* 计算方法

**B.3.1** 应准确填写水泥混凝土道面 15 种病害和沥青道面 16 种病害的损坏类型、损坏程度、损坏量和损坏位置。

**B.3.2** 道面 *PCI* 和 *SCI* 的计算应在单元的基础上计算各种病害的损坏密度，单元宜采用“虚拟单元”进行划分。

1 水泥混凝土道面（或上面层为水泥的复合道面）的损坏密度按照“板块比”式 B.3.2-1 计算：

$$D_{ij} = n_{ij}/N \times 100 \quad (\text{B.3.2-1})$$

式中： $D_{ij}$ ——用于计算道面损坏折减值的损坏密度（%）；

$N$ ——“单元”中的板块数量；

$n_{ij}$ ——“单元”中第  $i$  种损坏类型第  $j$  类损坏程度所出现的板块数量。

2 沥青道面（或上面层为沥青混凝土的复合道面）的损坏密度按照“面积比”式 B.3.2-2 计算：

$$D_{ij} = A_{ij}/A \times 100 \quad (\text{B.3.2-2})$$

式中： $D_{ij}$ ——用于计算道面损坏折减值的损坏密度（%）；

$A$ ——“单元”的总面积；

$A_{ij}$ ——“单元”中第  $i$  种损坏类型第  $j$  类损坏程度的当量损坏总面积；对于以面积计量的损坏类型，为实际损坏面积；对于以长度计量的损坏类型，为实际损坏长度（以 m 计）乘以当量面积权重系数（一般取为 0.3）。

**B.3.3** 根据损坏类型、损坏程度与损坏密度，按照附录 B.4 提供的损坏折减曲线分别确定各种损坏类型的损坏折减扣分值（ $DV_i$ ），如图 B.3.3 所示。

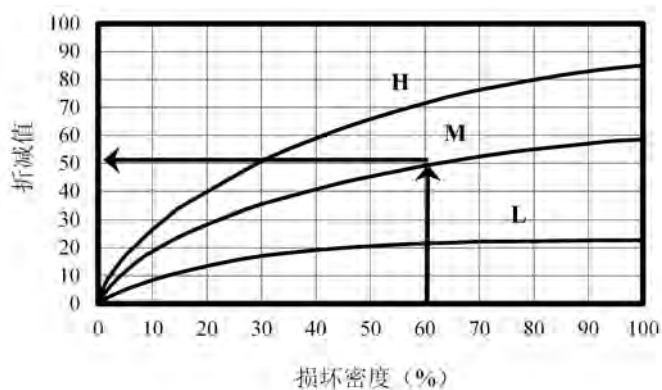


图 B.3.3 单项损坏类型损坏折减扣分值计算示例（纵向、横向和斜向裂缝）

**B.3.4** 规定区域道面的损坏最大折减值（ $\text{MaxCDV}$ ）按以下步骤计算：

1 将规定区域中道面出现的所有损坏类型的折减扣分值由大到小排序，形成一维数组  $\{DV_i(i=1 \sim n)\}$ 。

2 如果  $\{DV_i(i=1 \sim n)\}$  中  $\{DV_i > 5\}$  的损坏数量不大于 1，则： $\text{MaxCDV} = \sum DV_i$ 。

3 否则，损坏最大折减值（ $\text{MaxCDV}$ ）按照以下步骤计算：

1) 由式 B.3.4-1 确定可用于计算  $\text{MaxCDV}$  的损坏类型数量  $m$ ：

$$m = 1 + (9/95)(100 - HDV) \quad (\text{B. 3. 4-1})$$

式中:  $m$  ——可用于计算  $\text{MaxCDV}$  的损坏类型数量, 保留小数部分两位;

$HDV$  ——  $\{DV_i(i = 1 \sim n)\}$  中最大的折减扣分值。

2) 选取  $m = m(\text{整数部分}) + 1$ , 将  $\{DV_i(i = 1 \sim n)\}$  中前  $m$  个  $DV_i$  形成用于计算  $\text{MaxCDV}$  的一维数组  $\{DV_i(i = 1 \sim m)\}$ , 其中, 最小的折减扣分值由式 B. 3. 4-2 修正:

$$\overline{DV}_m = m \text{ 的小数部分} \times DV_m \quad (\text{B. 3. 4-2})$$

3) 根据附录 B. 4 中道面  $PCI$  计算折减值综合修正曲线, 按从小到大的顺序对  $\{DV_i(i = 1 \sim m)\}$  中  $DV_i \geq 5$  的折减扣分值进行逐项修正, 直至  $\{DV_i(i = 1 \sim m)\}$  中大于 5 的  $DV_i$  数量不大于 1。修正过程如下:

(1) 确定  $\{DV_i(i = 1 \sim m)\}$  中  $DV_i > 5$  的折减扣分值数量  $q$ ;

(2) 根据  $\{DV_i(i = 1 \sim m)\}$  计算扣分总和  $\text{MaxCDV}_0 = \sum DV_i$ ;

(3) 由折减扣分值数量  $q$  和  $\text{MaxCDV}_0$ , 根据  $PCI$  计算折减值综合修正曲线确定折减修正值  $CDV_i$ , 如图 B. 3. 4 所示;

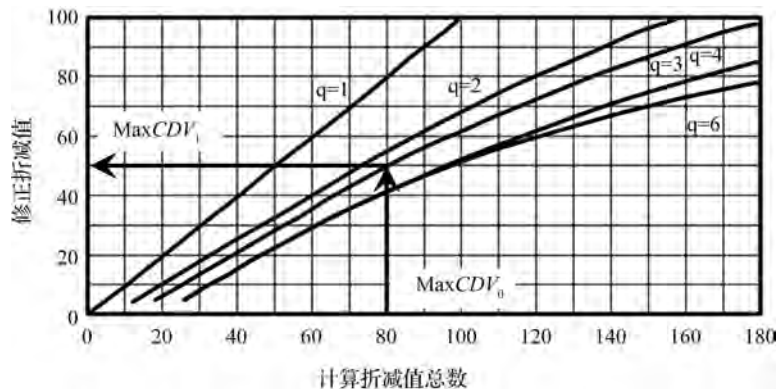


图 B. 3. 4  $PCI$  计算折减值修正示例 ( $q = 3$ )

(4) 将  $\{DV_i(i = 1 \sim m)\}$  中被修正的  $DV_i$  取值为 5, 重复步骤 (1) ~ 步骤 (3)。

4) 由步骤 3) 综合修正后得到  $\{CDV_i(i = 1 \sim q)\}$ , 取  $\text{MaxCDV} = \text{Max}(CDV_i)$ 。

**B. 3. 5** 规定区域内道面  $PCI$  值按式 B. 3. 5 计算:

$$PCI = 100 - \text{MaxCDV} \quad (\text{B. 3. 5})$$

式中:  $PCI$  ——道面状况指数;

$\text{MaxCDV}$  ——损坏最大折减值。

**B. 3. 6** 道面“区块”和“部位” $PCI$  应在所辖“规定区域” $PCI$  的基础上, 由式 B. 3. 6 按各“规定区域”面积大小进行加权平均:

$$PCI_B = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{Si} \cdot A_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i)} \quad (\text{B. 3. 6})$$

式中： $PCI_B$ ——道面“部位”或者“区块”的  $PCI$ ；

$PCI_{Si}$ ——各个道面规定区域的  $PCI$ ；

$A_i$ ——各“规定区域”的面积 ( $\text{m}^2$ )；

$n$ ——所辖“规定区域”的数量。

**B. 3. 7** 道面  $SCI$  与道面结构性损坏类型有关，计算步骤如下：

1 根据附录 B. 1 或者附录 B. 2 有关道面损坏的鉴别及计量标准，对表 B. 3. 7 中的结构性损坏类型记录相应的损坏程度和损坏量。

表 B. 3. 7 机场道面结构性损坏类型

道面结构	水泥混凝土道面或 上面层为水泥混凝土的复合道面	沥青道面或 上面层为沥青混凝土的复合道面
结构性 损坏类型	(1) 纵向、横向和斜向裂缝； (2) 角隅断裂； (3) 破碎板或交叉裂缝； (4) 沉陷或错台； (5) 胀裂； (6) 唧泥和板底脱空	(1) 龟裂； (2) 不规则裂缝； (3) 纵向、横向裂缝； (4) 轮辙

2 参照 B. 3. 3 条分别计算各种结构性损坏类型的损坏折减扣分值 ( $DV_i$ )。

3 道面  $SCI$  按式 B. 3. 7 计算：

$$SCI = 100 - \sum DV_i \quad (\text{B. 3. 7})$$

式中： $SCI$ ——道面结构状况指数；

$DV_i$ ——各类结构性损坏的折减值。

## B. 4 机场道面损坏折减曲线

### B. 4. 1 水泥混凝土道面损坏折减曲线

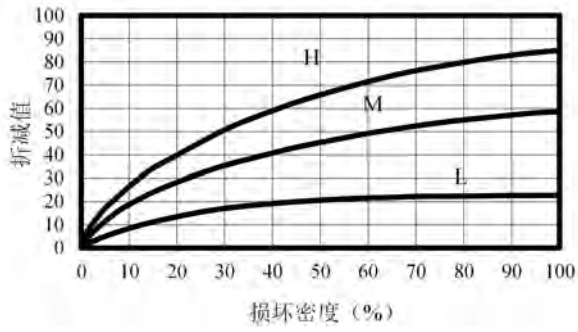


图 B. 4. 1-1 纵向、横向和斜向裂缝

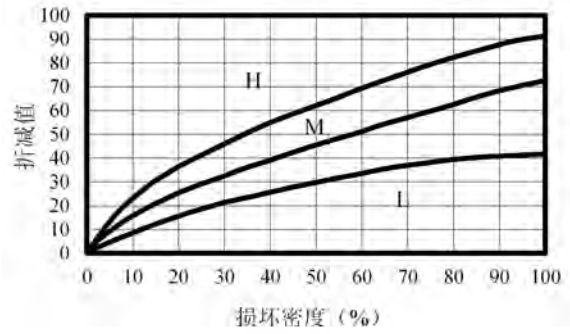


图 B. 4. 1-2 角隅断裂

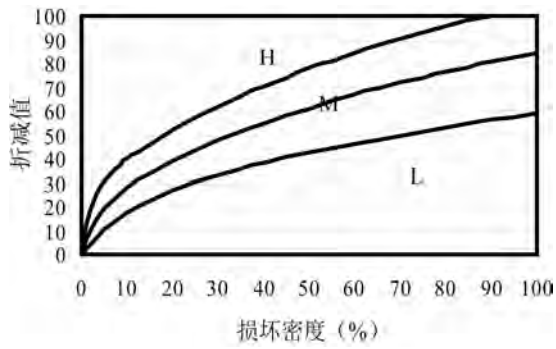


图 B. 4. 1-3 角隅断裂

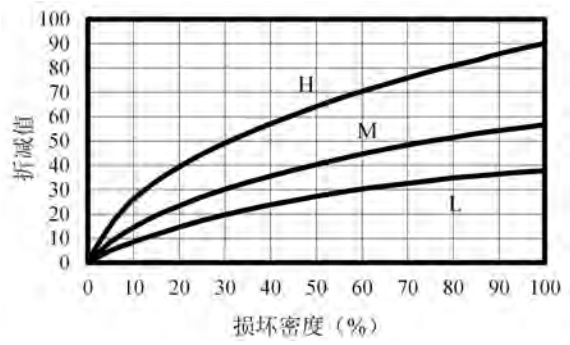


图 B. 4. 1-4 沉陷或错台

三种填缝料损坏程度的折减值分别为：  
 (1) L——2  
 (2) M——7  
 (3) H——12

图 B. 4. 1-5 填缝料损坏

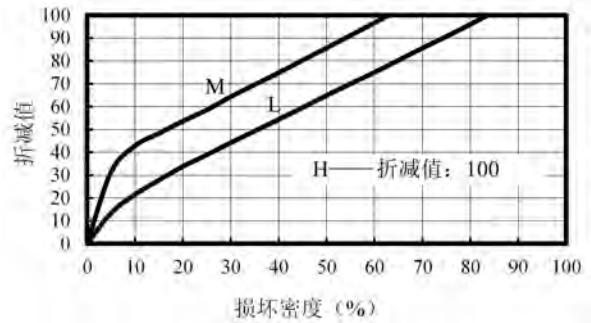


图 B. 4. 1-6 胀裂

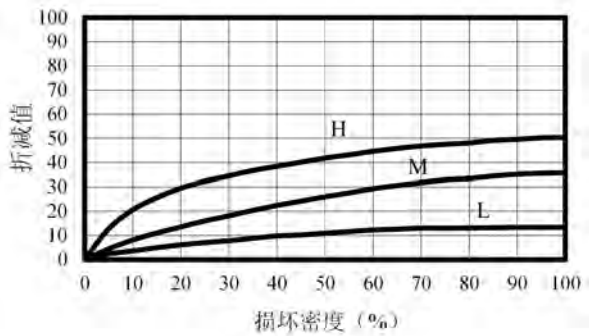


图 B. 4. 1-7 接缝破碎

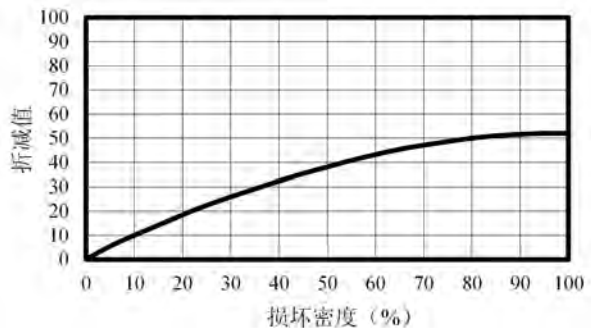


图 B. 4. 1-8 唧泥和板底脱空

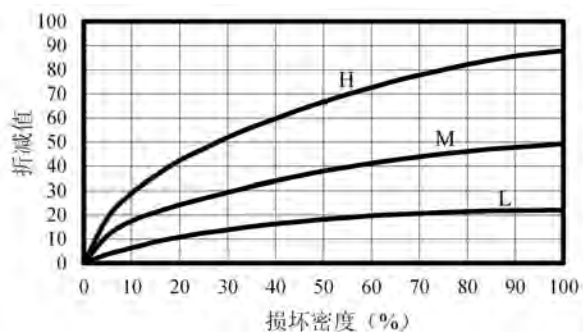


图 B. 4. 1-9 耐久性裂缝

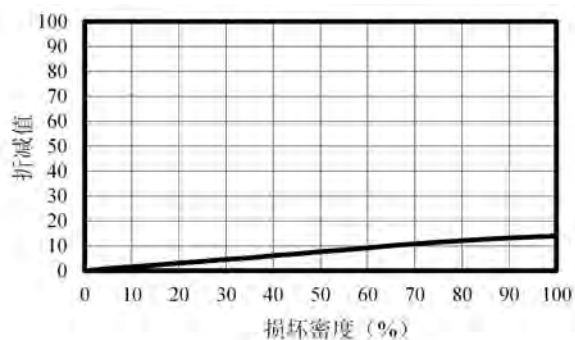


图 B. 4. 1-10 收缩裂缝

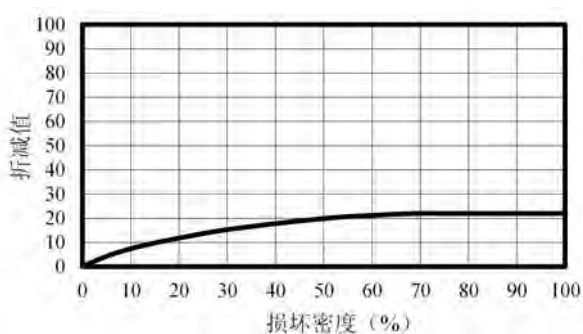


图 B. 4. 1-11 坑洞

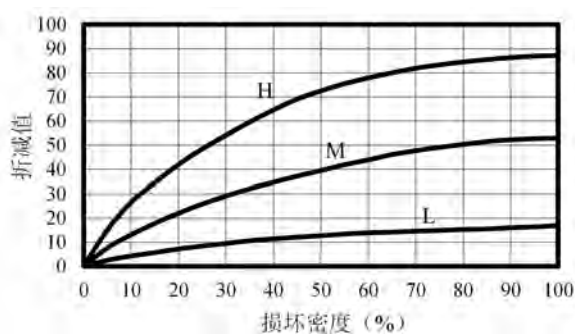


图 B. 4. 1-12 起皮、龟裂和细微裂纹

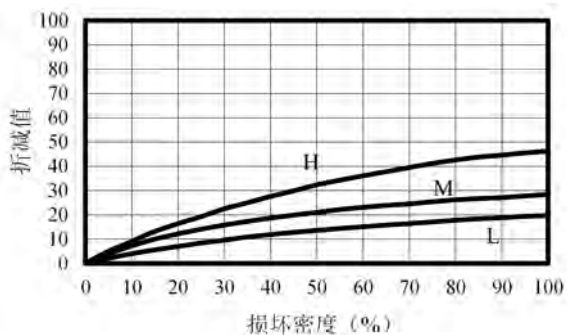


图 B. 4. 1-13 板角剥落

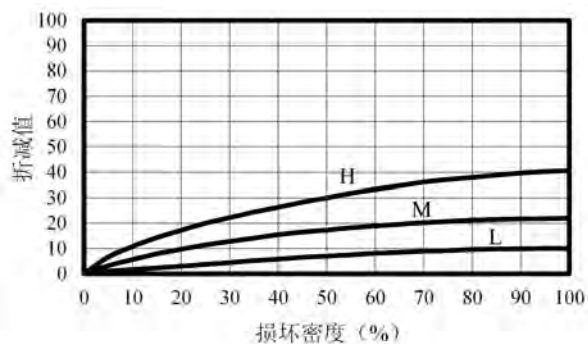


图 B. 4. 1-14 小补丁

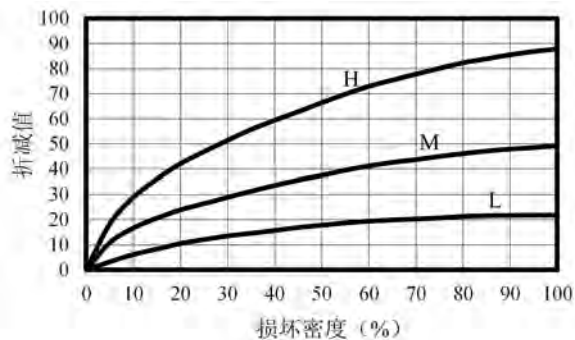


图 B. 4. 1-15 大补丁和开挖补块

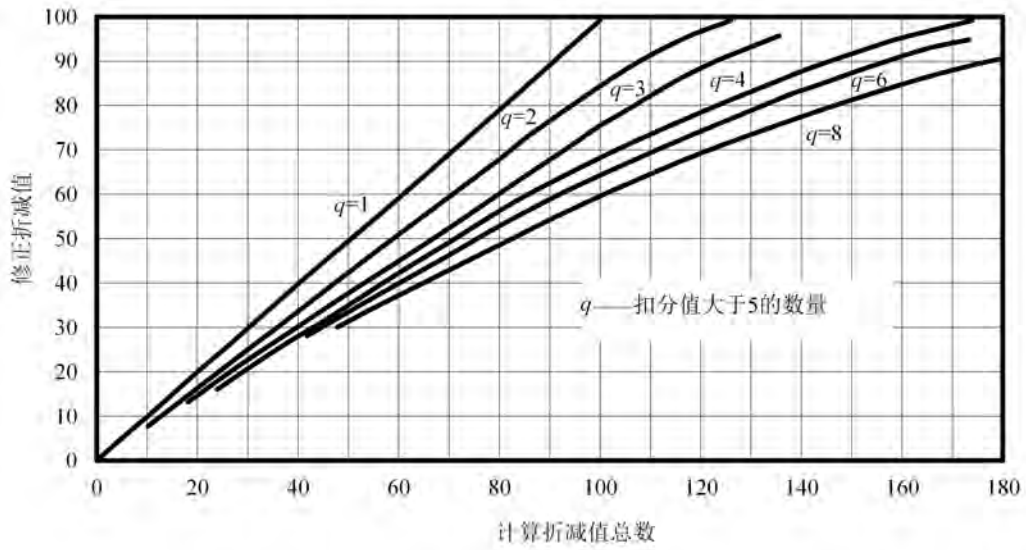


图 B.4.1-16 水泥混凝土道面 PCI 计算折减值综合修正曲线

B.4.2 沥青道面损坏折减曲线

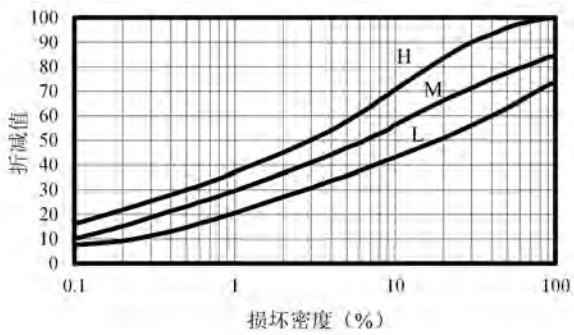


图 B.4.2-1 龟裂

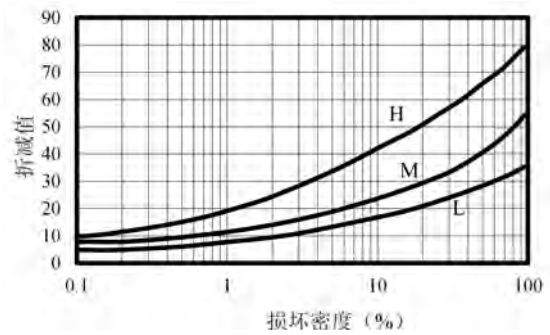


图 B.4.2-2 不规则裂缝

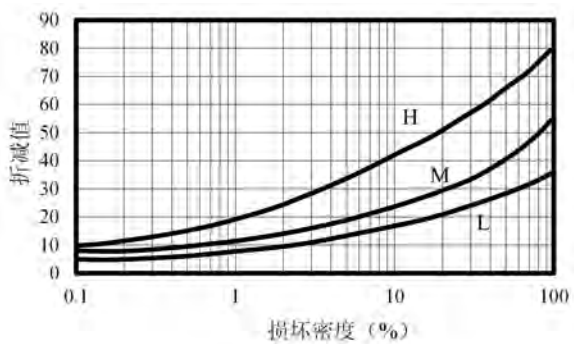


图 B.4.2-3 纵向、横向裂缝

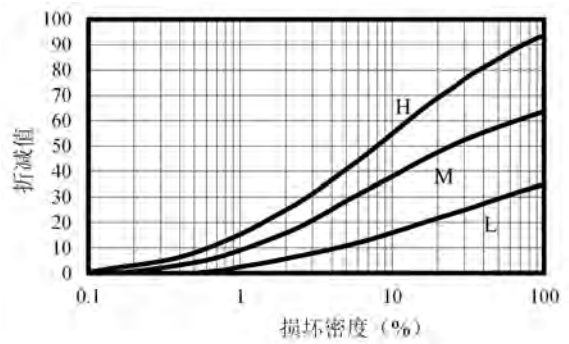


图 B.4.2-4 反射裂缝

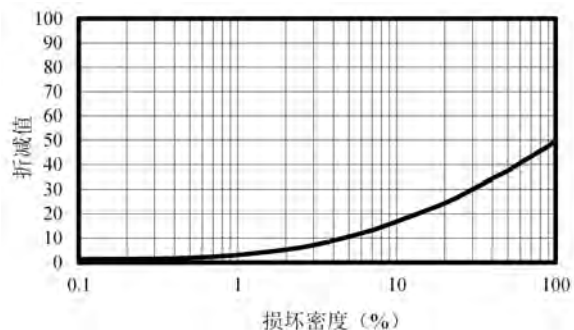


图 B. 4. 2-5 滑移裂缝

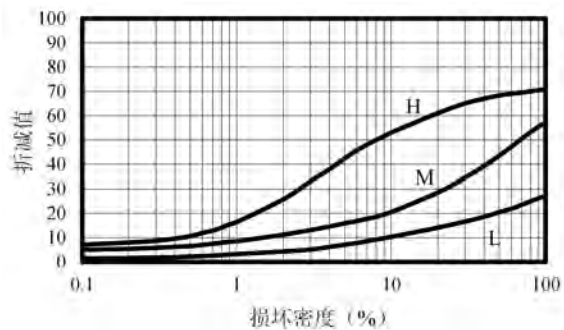


图 B. 4. 2-6 松散和老化

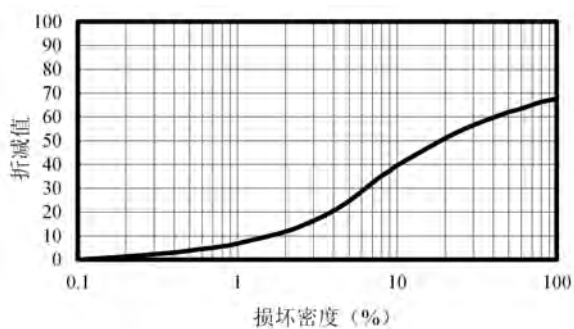


图 B. 4. 2-7 泛油

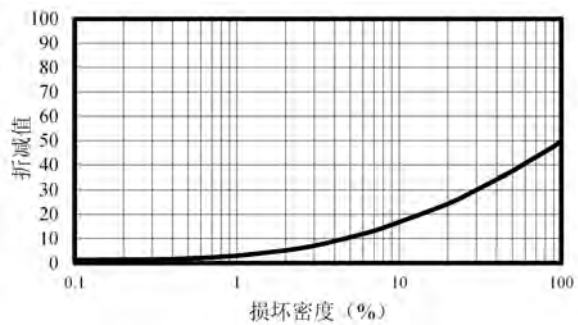


图 B. 4. 2-8 集料磨光

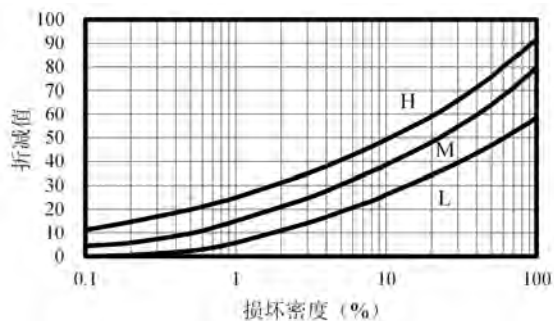


图 B. 4. 2-9 沉陷

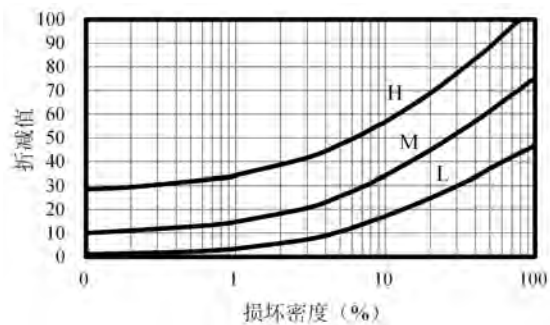


图 B. 4. 2-10 隆起

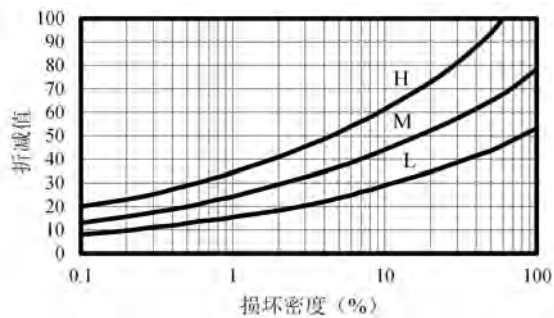


图 B. 4. 2-11 轮辙

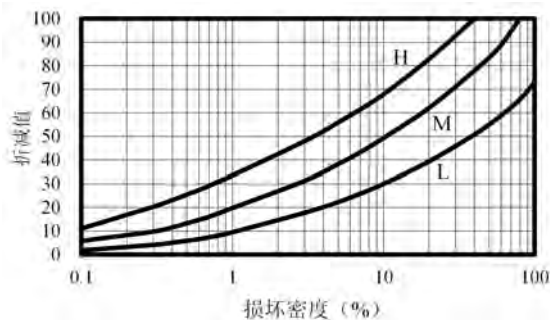


图 B. 4. 2-12 搓板

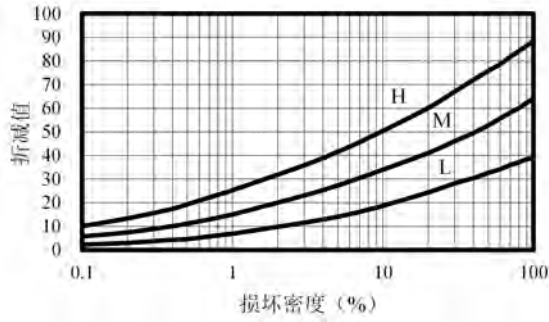


图 B. 4. 2-13 推挤

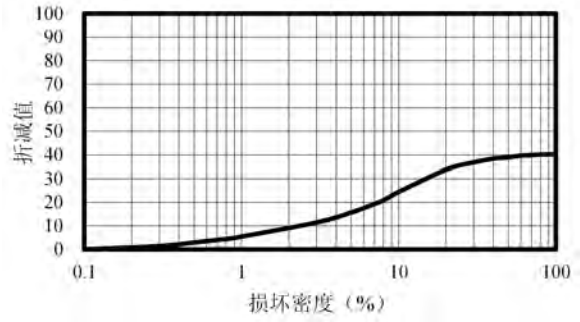


图 B. 4. 2-14 喷气烧蚀

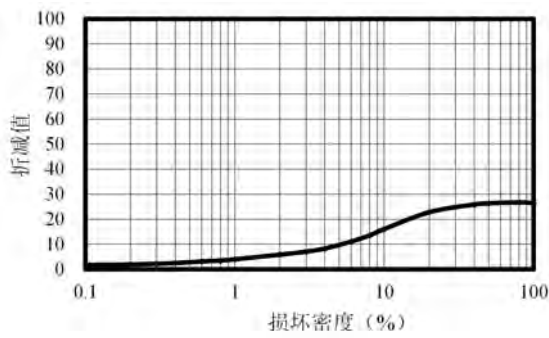


图 B. 4. 2-15 油料腐蚀

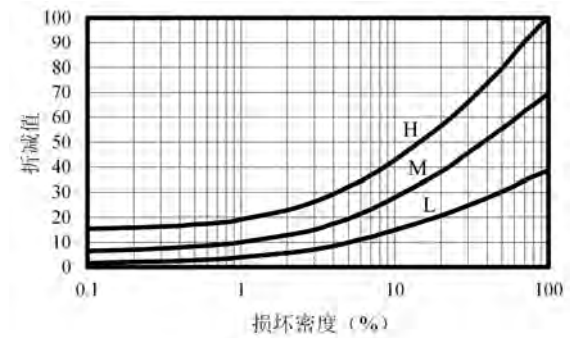


图 B. 4. 2-16 补丁和开挖补块

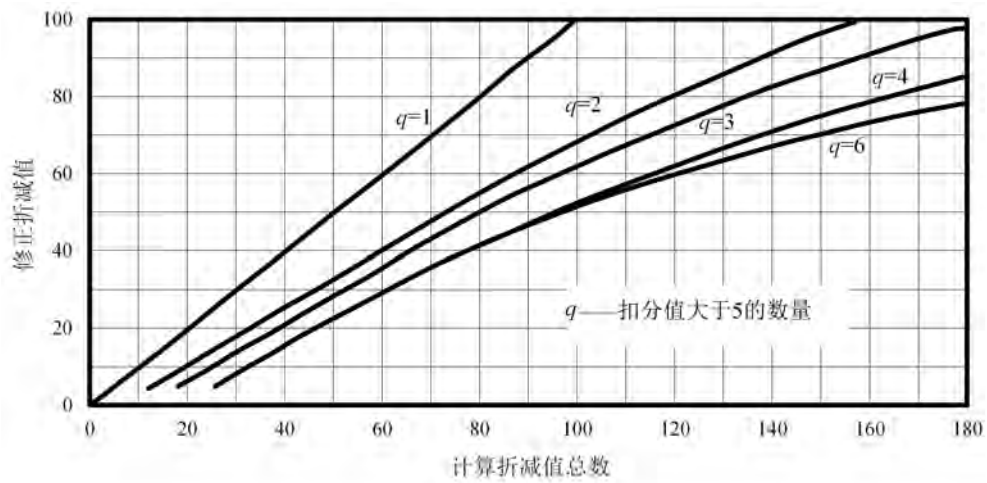


图 B. 4. 2-17 沥青道面 PCI 计算折减值综合修正曲线

## B.5 道面 PCI 和 SCI 计算程序使用说明

**B.5.1** 本规范提供与道面评价管理相配套的“道面区块 PCI 和 SCI 计算程序”。

**B.5.2** PCI 和 SCI 计算程序的用户界面分为水泥混凝土道面和沥青道面两种类型，复合道面按照加铺层类型选择相应的界面。

**B.5.3** 用户通过“excel 导入”输入区块损坏调查数据。

**B.5.4** 点击“检查数据”按钮，程序自动检查用户输入数据的正确性，若错误，程序将弹出提示信息窗体，并可在窗体中直接修改错误数据。

**B.5.5** 输入数据满足技术要求后，点击“计算 PCI”按钮，程序将统计该区块的损坏量，计算并弹窗显示区块 PCI、SCI、主导损坏类型以及道面损坏等级等信息。

**B.5.6** 程序自动将损坏记录随机分布到道面区块内的“单元”中，计算各“单元”PCI、SCI 后取均值作为区块 PCI、SCI，并选定 100 次随机分布得到的区块 PCI、SCI 的平均值作为最终评价价值。

**B.5.7** 点击“报表下载”按钮，程序 Excel 文件的形式提供相应计算结果，供用户下载。

**B.5.8** 程序主要界面如下所示。

1 打开“中国机场道面区块 PCI 计算软件 1.0”，输入相应的调查信息后，点击“运行”，如图 B.5.8-1 所示；



图 B.5.8-1 程序主要界面

2 选择水泥或沥青道面，点击“标准模板”后，下载相应的病害调查记录的 Excel 模板，如图 B.5.8-2 所示；



图 B. 5. 8-2 病害调查记录

3 对应数据输入模板后，点击“excel 导入”，对应的病害记录将导入到界面的表格中，如图 B. 5. 8-3 和图 B. 5. 8-4 所示；

机场沥青道面损坏调查记录表				
区域名称	区域面积 (m <sup>2</sup> )			
1) 龟裂; 2) 不规则裂缝; 3) 纵向、横向裂缝; 4) 反射裂缝; 5) 推移裂缝;				
6) 松散和老化; 7) 泛油; 8) 集料磨光;				
9) 沉陷; 10) 隆起; 11) 坑槽; 12) 车辙; 13) 推挤;				
14) 喘气线蚀; 15) 油料漏洒; 16) 补丁和开挖补块;				
损坏程度	L-轻	M-中	H-重	H-不分级
损坏类型	损坏程度	长度 (m)	损坏量	面积 (m <sup>2</sup> )

图 B. 5. 8-3 沥青道面病害调查记录表

机场水泥混凝土道面损坏调查记录表				
区域名称	区域面积 (m <sup>2</sup> )			
1. 纵向、横向和斜向裂缝; 2. 角隅断裂; 3. 破碎板或交叉裂缝;				
4. 沉陷或翘起;				
5. 胀裂; 6. 嵌缝料损坏; 7. 接缝破碎; 8. 唧泥和板底脱空;				
9. 耐久性裂缝; 10. 收缩裂缝; 11. 坑洞; 12. 起皮、龟裂和细微裂缝;				
13. 板角翘起;				
14. 小补丁; 15. 大补丁和开挖补块;				
损坏程度	L-轻	M-中	H-重	H-不分级
损坏类型	损坏程度	长度 (m)	损坏量	数量

图 B. 5. 8-4 水泥混凝土道面病害调查记录表

4 点击“检查数据”，程序自动检查用户输入数据的正确性；若错误，程序将弹出提示信息窗体，并可在窗体中直接修改错误数据；

5 点击“计算 PCI”，程序弹窗显示区块 PCI、SCI、道面损坏等级及主导损坏类型等信息，如图 B. 5. 8-5 所示；

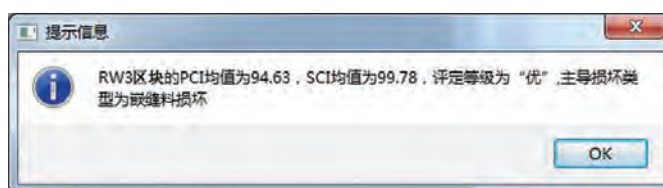


图 B. 5. 8-5 程序弹窗显示区块损坏信息

6 点击“报表下载”，生成相应的 Excel 表格，包含区块 PCI 和 SCI 信息、各损坏病害频次统计图、区块损坏程度分类统计表，如图 B.5.8-6 所示。

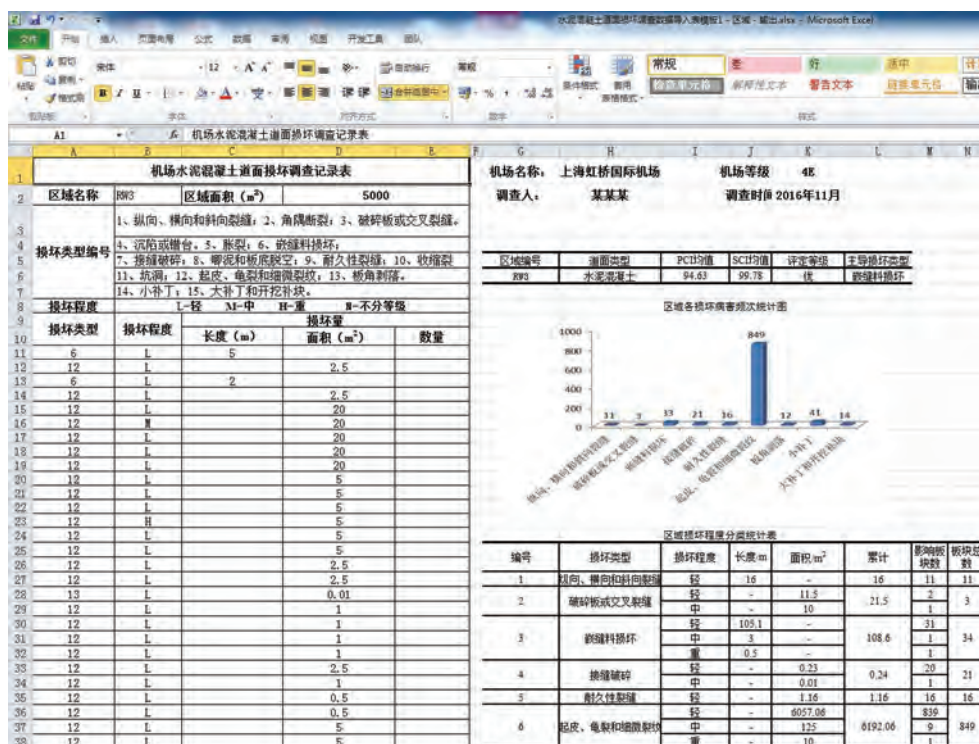


图 B.5.8-6 区块损坏报表

B.5.9 程序的具体使用方法可查阅程序中的帮助文档。

## 附录 C 基于 FWD 弯沉盆的道面结构参数反演分析方法

### C.1 水泥混凝土道面结构参数反演分析

**C.1.1** 对以下道面结构可采用弯沉盆面积指数法反演道面的结构参数。

1 水泥混凝土道面结构,包括在基层上铺筑混凝土板和直接在道基上铺筑混凝土板的道面结构。

2 水泥混凝土道面上加铺沥青混凝土的道面结构,当沥青混凝土加铺层的厚度等于或小于原有水泥混凝土道面厚度时。

3 水泥混凝土道面上加铺水泥混凝土的道面结构,包括部分结合式与隔离式结构。当采用隔离式且隔离层厚度大于 100 mm 时,仅对水泥混凝土加铺层进行结构参数反演。

**C.1.2** 弯沉盆面积指数法基于弹性地基板理论,可以反演水泥混凝土的弹性模量  $E_r$  和基层顶面的反应模量  $K$ ,反演分析时需要确定以下已知技术参数:

- 1 水泥混凝土道面结构层的有效厚度,根据道面结构类型的不同参考 7.3 的相关条文确定;
- 2 FWD 测试设备的测试荷载、承载板尺寸,以及在板中测试时获得的弯沉盆数据。

**C.1.3** 以下实测弯沉盆不宜用于道面结构参数反演分析:

- 1 距离荷载中心近的传感器弯沉小于距离荷载中心远的传感器弯沉;
- 2 相邻两个传感器挠度衰减斜率大于同一区域平均相邻传感器弯沉衰减斜率的 2 倍。

**C.1.4** 传感器间距宜选择为 0.30 m,距离荷载中心 1.50 m 范围内各个传感器的弯沉值计算弯沉盆面积指数  $A_{wi}$ ,计算公式如式 C.1.4:

$$A_{wi} = \frac{s}{2d_i} [d_0 + 2(d_1 + d_2 + d_3 + d_4) + d_5] \quad (\text{C.1.4})$$

式中:  $A_{wi}$  ——第  $i$  个传感器对应的弯沉盆面积指数 (m);

$s$  ——传感器之间的间距,取值为 0.3 m;

$d_i$  ——第  $i$  个传感器的弯沉值 (m)。

**C.1.5** 由弯沉盆面积指数  $A_{wi}$  查图 C.1.5 计算对应的道面结构相对刚度半径  $l_i$ 。如果  $A_{wi}$  超出图中的取值范围,可由  $A_{wi}$  与  $l_i$  之间的多项式回归公式 C.1.5 计算  $l_i$  值:

$$l_i = a_1 A_{wi}^7 + a_2 A_{wi}^6 + a_3 A_{wi}^5 + a_4 A_{wi}^4 + a_5 A_{wi}^3 + a_6 A_{wi}^2 + a_7 A_{wi}^1 + a_8 \quad (\text{C. 1.5})$$

式中:  $A_{wi}$  ——第  $i$  个传感器对应的弯沉盆面积指数 (m);

$l_i$  ——由  $A_{wi}$  计算得到的道面结构的相对刚度半径 (m);

$a_i$  ——回归系数, 取值见表 C. 1.5。

表 C. 1.5 弯沉盆面积指数  $A_{wi}$  与相对刚度半径  $l_i$  多项式回归系数

回归系数	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$
$A_{w0}$	27	-1925	5695	-9329	9131	-5339	1726	-238
$A_{w1}$	1074.0	-8105	26174	-46873	50258	-32258	11475	-1745
$A_{w2}$	0.0	0.0	0.0	1847	-9637	18853	-16381	5332
$A_{w3}$	0.0	13556	-142059	619736	-1440714	1882404	-1310686	379962
$A_{w4}$	-0.2	5.2	-47.6	238	-704	1235	-1191	489
$A_{w5}$	0.00014	0.0062	-0.112	1.1	-6.2	20.3	-35.4	26.7

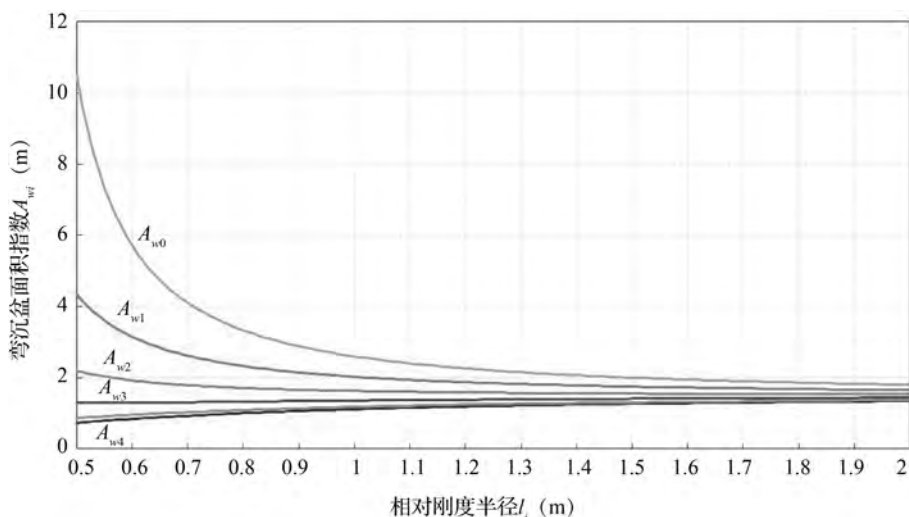


图 C. 1.5 弯沉盆面积指数  $A_{wi}$  与道面结构相对刚度半径  $l_i$  的关系

**C. 1.6** 按式 C. 1.6-1 计算各个传感器对应的基层顶面反应模量  $K_i$ 。式中的弯沉系数  $\bar{w}_i(l)$  是与道面结构相对刚度半径  $l$  有关的单调函数, 可查图 C. 1.6 确定, 如果  $l$  超出图中的取值范围, 可根据  $l$  与  $\bar{w}_i(l)$  之间的多项式回归公式 C. 1.6-2 计算:

$$K_i = \frac{qr \bar{w}_i(l)}{d_i} \quad (\text{C. 1.6-1})$$

式中:  $K_i$  ——由第  $i$  个传感器计算得到的基层顶面的反应模量 ( $\text{MN}/\text{m}^3$ );

$q$  ——FWD 测试承载板接地应力 (MPa);

$r$  ——FWD 测试承载板半径, 取值为 0.15 m;

$\bar{w}_i(l)$  ——第  $i$  个传感器的弯沉系数 ( $\text{m}^{-1}$ ), 按照图 C. 1. 6 或者式 C. 1. 6-2 计算;

$d_i$  ——第  $i$  个传感器的弯沉值 (m)。

$$\bar{w}_i(l) = b_1 l_i^7 + b_2 l_i^6 + b_3 l_i^5 + b_4 l_i^4 + b_5 l_i^3 + b_6 l_i^2 + b_7 l_i^1 + b_8 \quad (\text{C. 1. 6-2})$$

式中:  $\bar{w}_i(l)$  ——由第  $i$  个传感器计算的弯沉系数  $\bar{w}_i$  ( $\text{m}^{-1}$ );

$l_i$  ——由式 C. 1. 5 计算得到的道面结构的相对刚度半径 (m);

$b_i$  ——回归系数, 取值见表 C. 1. 6。

表 C. 1. 6 相对刚度半径  $l_i$  与第  $i$  个传感器的弯沉系数  $\bar{w}_i(l)$  的多项式回归系数

系数	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$	$b_8$
$\bar{w}_0$	-0. 18	1. 98	-8. 95	21. 84	-31. 13	26. 10	-12. 14	2. 54
$\bar{w}_1$	-0. 07	0. 80	-3. 69	9. 27	-13. 76	12. 20	-6. 16	1. 46
$\bar{w}_2$	0. 05	-0. 49	2. 11	-4. 77	6. 00	-4. 00	1. 07	0. 08
$\bar{w}_3$	0. 05	-0. 54	2. 42	-5. 83	8. 08	-6. 37	2. 55	-0. 32
$\bar{w}_4$	0. 02	-0. 19	0. 93	-2. 48	3. 86	-3. 49	1. 66	-0. 27
$\bar{w}_5$	-0. 02	0. 16	-0. 64	1. 24	-1. 20	0. 39	0. 15	-0. 07

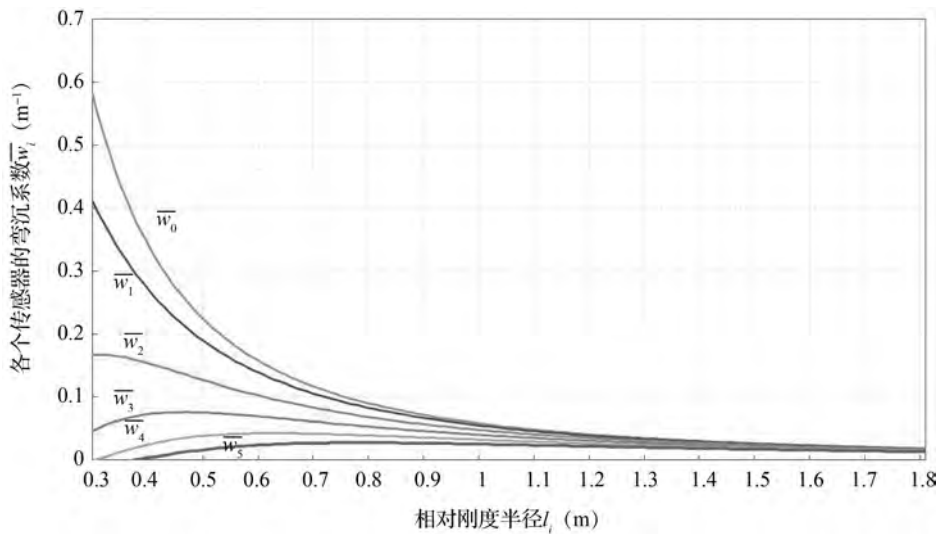


图 C. 1. 6 相对刚度半径  $l_i$  与第  $i$  个传感器的弯沉系数  $\bar{w}_i$  的关系

**C. 1. 7** 按式 C. 1. 7 计算各个传感器对应的水泥混凝土板的弹性模量  $E_{ri}$ , 如道面结构为水泥混凝土道面上加铺沥青混凝土或者加铺水泥混凝土等复合道面, 所计算的弹性模量应作为复合道面的综合弹性模量, 用于道面结构承载能力的分析与评价:

$$E_{ri} = \frac{12(1 - \mu^2) K_i l_i^4}{h^3} \times 10^{-3} \quad (\text{C. 1. 7})$$

式中:  $E_{ri}$  ——第  $i$  个传感器计算得到的水泥混凝土板的弯拉弹性模量 (GPa);

$\mu$  ——水泥混凝土材料的泊松比, 取值为 0.15;

$K_i$  ——第  $i$  个传感器计算得到的基层顶面的反应模量 ( $\text{MN}/\text{m}^3$ );

$l_i$  ——第  $i$  个传感器计算得到的道面结构的相对刚度半径 (m);

$h$  ——道面结构的有效厚度 (m)。

**C.1.8** 以水泥混凝土板的弹性模量  $E_{ri}$  和基层顶面反应模量  $K_i$  作为已知的结构参数, 正算得到对应的理论弯沉盆, 按式 C.1.8 计算理论弯沉盆与实测弯沉盆的误差  $Err_i$ , 选择最小误差对应的结构参数组合作为最终的反演结果:

$$Err_i = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 (d_i - \bar{d}_i)^2 \quad (\text{C.1.8})$$

式中:  $Err_i$  ——第  $i$  个传感器计算得到的计算理论弯沉盆与实测弯沉盆的误差 ( $\mu\text{m}^2$ );

$d_i$  ——第  $i$  个传感器实测弯沉值 ( $\mu\text{m}$ );

$\bar{d}_i$  ——由  $E_{ri}$  和  $K_i$  作为已知的结构参数正算得到的第  $i$  个传感器理论弯沉值 ( $\mu\text{m}$ )。

【条文说明】计算示例如下:

#### 1 确定道面的有效厚度 $h_e$

某 4E 机场跑道为水泥混凝土道面结构, 厚度  $h = 400 \text{ mm}$ 。通过现场损坏状况调查, 道面的 PCI 均值为 88, 损坏等级为“优”。按表 7.3.3 取道面损坏折减系数  $C_R = 1.0$ 。道面结构的有效厚度  $h_e = C_R \times h = 1.0 \times 400 = 400 \text{ mm}$ 。

#### 2 FWD 弯沉数据分析处理

现场 FWD 弯沉测试原始数据如表 C.1.9-1 所示, 经过分析都满足 C.1.3 条的要求, 取其平均值用于结构参数的反演分析, 如表 C.1.9-2 所示。

表 C.1.9-1 FWD 弯沉测试数据

测点	$d_0$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_1$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_2$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_3$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_4$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_5$ ( $\mu\text{m}$ )	荷载接地应力 (MPa)
1	135	123	114	103	90	78	2.0
2	118	108	101	92	81	71	2.1
3	101	90	83	75	66	57	2.1
4	116	105	96	87	75	65	2.0
5	124	112	104	94	84	74	2.0
6	141	127	116	102	88	75	2.0
7	97	88	81	74	64	55	2.0
8	128	117	110	100	91	81	2.1
9	92	78	66	55	43	34	2.1

表 C.1.9-2 用于结构参数反演的弯沉盆

测点	$d_0$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_1$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_2$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_3$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_4$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_5$ ( $\mu\text{m}$ )	荷载应力 (MPa)
均值	117	105	97	87	76	65	2.0

3 道面结构参数反演

1) 由式 C.1.4 计算弯沉盆面积指数  $A_{wi}$ 。

$$A_{w0} = \frac{s}{2d_0} [d_0 + 2(d_1 + d_2 + d_3 + d_4) + d_5]$$

$$= 0.3 \times [117 + 2 \times (105 + 97 + 87 + 76) + 65] / 2 / 117 = 1.17 \text{ m}$$

同理, 得到  $A_{w1} = 1.30 \text{ m}$ ,  $A_{w2} = 1.41 \text{ m}$ ,  $A_{w3} = 1.57 \text{ m}$ ,  $A_{w4} = 1.80 \text{ m}$ ,  $A_{w5} = 2.10 \text{ m}$ 。

2) 由 C.1.5 条计算道面相对刚度半径  $l_i$ 。

根据  $A_{wi}$  查图 C.1.5 或式 C.1.5 得:  $l_0 = 1.14 \text{ m}$ ,  $l_1 = 1.46 \text{ m}$ ,  $l_2 = 1.52 \text{ m}$ ,  $l_3 = 1.32 \text{ m}$ ,  $l_4 = 1.35 \text{ m}$ ,  $l_5 = 1.36 \text{ m}$ 。

3) 由 C.1.6 条计算荷载中心的弯沉系数  $\bar{w}_i$ 。

根据  $l_i$  查图 C.1.6 或式 C.1.6-2 得:  $\bar{w}_0 = 0.045 \text{ m}^{-1}$ ,  $\bar{w}_1 = 0.027 \text{ m}^{-1}$ ,  $\bar{w}_2 = 0.023 \text{ m}^{-1}$ ,  $\bar{w}_3 = 0.027 \text{ m}^{-1}$ ,  $\bar{w}_4 = 0.022 \text{ m}^{-1}$ ,  $\bar{w}_5 = 0.019 \text{ m}^{-1}$ 。

4) 由式 C.1.6-1 计算基层顶面的反应模量  $K_i$ 。

$$K_0 = \frac{qr \bar{w}_0}{d_0} = 2.0 \times 0.15 \times 0.045 / (117 \times 10^{-6}) = 115 \text{ MN} \cdot \text{m}^{-3}$$

同理, 得到  $K_1 = 77 \text{ MN/m}^3$ ,  $K_2 = 71 \text{ MN/m}^3$ ,  $K_3 = 93 \text{ MN/m}^3$ ,  $K_4 = 87 \text{ MN/m}^3$ ,  $K_5 = 88 \text{ MN/m}^3$ 。

5) 由式 C.1.7 计算水泥混凝土的弹性模量  $E_{ri}$ 。

$$E_{r0} = \frac{12(1 - \mu^2) K_0 l_0^4}{h^3} = 12 \times (1 - 0.15^2) \times 115 \times 1.14^4 / 0.4^3 \times 10^{-3} = 35.6 \text{ GPa}$$

同理, 得到  $E_{r1} = 64.1 \text{ GPa}$ ,  $E_{r2} = 69.5 \text{ GPa}$ ,  $E_{r3} = 51.7 \text{ GPa}$ ,  $E_{r4} = 53.0 \text{ GPa}$ ,  $E_{r5} = 55.2 \text{ GPa}$ 。

6) 由 C.1.8 条确定最终的结构参数组合。

根据  $E_{r0} = 35.6 \text{ GPa}$ ,  $K_0 = 115 \text{ MN/m}^3$ , 正算得到各个传感器位置的理论弯沉值为:

$$\bar{d}_0 = 117 \mu\text{m}, \bar{d}_1 = 111 \mu\text{m}, \bar{d}_2 = 99 \mu\text{m}, \bar{d}_3 = 86 \mu\text{m}, \bar{d}_4 = 72 \mu\text{m}, \bar{d}_5 = 59 \mu\text{m}。$$

$$Err_0 = [(117-117)^2 + (111-105)^2 + (99-97)^2 + (86-87)^2 + (72-76)^2 + (59-65)^2] / 6 = 15.5 \mu\text{m}^2$$

同理, 得到  $Err_1 = 25 \mu\text{m}^2$ ,  $Err_2 = 22.5 \mu\text{m}^2$ ,  $Err_3 = 20 \mu\text{m}^2$ ,  $Err_4 = 17 \mu\text{m}^2$ ,  $Err_5 =$

16.5  $\mu\text{m}^2$ 。

比较发现，第一个传感器对应的弯沉盆面积指数所计算得到的理论弯沉盆与实测弯沉盆的误差最小，因此最终选取的参数组合为  $K = 115 \text{ MN/m}^3$ ,  $E_r = 35.6 \text{ GPa}$ 。

## C.2 沥青道面结构参数反演分析

**C.2.1** 对以下道面结构采用 FWD 现场测试弯沉盆反演道基顶面的回弹模量  $E_0$ 。

- 1 沥青道面结构；
- 2 水泥混凝土道面上加铺沥青混凝土，且沥青混凝土加铺层厚度大于原有水泥混凝土道面厚度的复合道面结构。

**C.2.2** 反演沥青道面的道基回弹模量  $E_0$  时，需要确定以下已知技术参数：

- 1 沥青道面结构有效厚度，根据道面结构类型的不同参考 6.2 的相关条文确定。
- 2 FWD 测试设备的测试荷载、承载板尺寸和测试弯沉盆。一般要求最远端传感器距离荷载中心 1.8 m~2.4 m（有效厚度较小时取低值，较大时取高值）。

**C.2.3** 由式 C.2.3 计算道基顶面的回弹模量  $E_0$ ：

$$E_0 = \frac{0.24P}{rl_r} \quad (\text{C.2.3})$$

式中： $E_0$ ——道基顶面的回弹模量（MPa）；

$P$ ——测试荷载（kN）；

$r$ ——弯沉测点传感器离荷载中心的距离（一般取最远端传感器）（m）；

$l_r$ ——距离荷载中心  $r$ （m）处的传感器实测弯沉值（ $\mu\text{m}$ ）。

## 附录 D 道面等级号 (PCN) 评价方法

**D.0.1** 如果采用经验评价方法,道面等级号代码中的评价方法应确定为“经验评价”,代码为“U”;如果采用技术评价方法,道面等级号代码中的评价方法应确定为“技术评价”,代码为“T”。

**D.0.2** 道面等级号代码中的道面类型应根据道面的结构类型确定:

1 水泥混凝土道面、水泥混凝土道面上加铺水泥混凝土道面、水泥混凝土道面上沥青加铺层的厚度小于或等于原水泥混凝土厚度时,道面类型应确定为“刚性道面”,代码为“R”;

2 沥青道面、沥青道面上加铺沥青道面、水泥混凝土道面上沥青加铺层的厚度大于原水泥混凝土厚度时,道面类型应确定为“柔性道面”,代码为“F”。

**D.0.3** 道面等级号代码中的道基强度类别的确定方法:

1 采用经验评价方法时,可根据道面修建历史资料确定,评价标准如表 D.0.3 所示。若缺乏有关资料或对原有资料存有疑虑,则应由技术人员参考道面周边的土质类型确定。

2 采用技术评价方法时,道面等级号代码中的道基强度等级根据道面结构性能现场测试结果确定。

1) 刚性道面的道基强度类型按以下步骤确定:

(1) 根据 7.3.8 条的技术要求确定基层顶面的反应模量  $k$ ;

(2) 参照表 D.0.3 确定道面等级号代码中的道基强度类型。

2) 柔性道面的道基强度类型按以下步骤确定:

(1) 根据 7.3.12 条的技术要求确定道基的加州承载比  $CBR$ ;

(2) 参照表 D.0.3 由道基  $CBR$  值确定道面等级号代码中的道基强度类型。

表 D.0.3 道基强度等级评价标准

道基强度 类型	道基强度 等级代码	道基强度标准	
		刚性道面 基层顶面反应模量 $k$ ( $\text{MN}/\text{m}^3$ )	柔性道面 道基 $CBR$ (%)
高强度	A	$k \geq 120$	$CBR \geq 13$
中强度	B	$60 \leq k < 120$	$8 \leq CBR < 13$
低强度	C	$25 \leq k < 60$	$4 \leq CBR < 8$
特低强度	D	$k < 25$	$CBR < 4$

【条文说明】根据美国 FAA 的咨询通报 AC 150/5335-5C, 刚性道面的道基强度等级采用基层顶面 (水泥板底) 的反应模量  $k$  作为划分依据, 柔性道面的道基强度等级采用道基土的 CBR 值作为划分依据。

**D.0.4** 道面等级号代码中的最大允许胎压类型应以目前机场运行机型中最大的主起落架允许胎压值为依据。评价标准如表 D.0.4 所示。如果道面的上面层为水泥混凝土道面, 最大允许胎压类型可确定为“胎压无限制”, 代码为“W”。

表 D.0.4 最大允许胎压类型等级评价标准

最大允许胎压类型	最大允许胎压等级代码	轮胎压应力 (MPa)
高	W	胎压无限制
中	X	胎压上限至 1.75
低	Y	胎压上限至 1.25
特低	Z	胎压上限至 0.50

**D.0.5** 采用道面等级号 (PCN) 的经验评价方法时, 道面等级号代码中的 PCN 值按以下步骤确定:

- 1 编制机场当前航空交通量信息表, 包括机型名称、机型最大运行重量、主起落架轮胎压力、年起降架次、ACN 值等信息;
- 2 由技术人员根据航空交通量信息确定评价机型, 评价机型一般情况下选择信息表中 ACN 值最大, 且其年起降架次不少于机场年总起降架次 5% 的机型;
- 3 根据道面类别和道基强度类型, 将评价机型最大运行重量所对应的 ACN 值作为道面等级号代码中的 PCN 值;
- 4 如道面上已出现一定的结构性损坏, 技术人员宜根据工程经验将 PCN 值做适当下调, 或者采用技术评价方法确定道面的 PCN 值。

**D.0.6** 采用“技术评价”方法时, 机场航空交通量参数按照以下步骤确定:

- 1 根据机场的使用要求由机场管理机构或者技术人员确定评价期。
- 2 按照以下方法确定机场的机型组合及年运行架次:
  - 1) 根据机场实际的运行情况确定机型组合, 根据近 5 年机场的航空交通量统计数据确定年平均运行架次, 根据年平均运行架次和机型组合确定不同机型的年运行架次;
  - 2) 根据机场总体规划文件确定机场的机型组合及不同机型的年运行架次。
- 3 针对机场机型组合中的所有机型, 分别将其他机型的运行架次参照式 D.0.6-1 换算成为该机型的当量年运行次数:

$$N_{si} = \sum [0.8^{(m-n)} N_i] \sqrt{\frac{P_i}{P_{si}}} \quad (\text{D.0.6-1})$$

式中:  $N_{si}$  ——给定机型的当量年运行次数;

$m$  ——给定机型主起落架的轮胎数量;

$n$  ——拟换算法机型主起落架的轮胎数量;

$N_i$  ——拟换算法机型的年运行次数, 由调查和预测确定, 每年年运行次数不同时, 取评价期内的平均值;

$P_i$  ——拟换算法机型主起落架上的轮载 (kN);

$P_{si}$  ——给定机型主起落架上的轮载 (kN)。

换算时,  $P_i/P_{si} < 0.75$  的飞机不计入。

4 刚性道面给定机型的累计作用次数应针对机场机型组合中的所有机型, 将给定机型的年运行架次参照式 D. 0. 6-2 换算成为该机型在评价期内的当量累计作用次数  $N_{ei}$  :

$$N_{ei} = \frac{0.075n_w W_t}{100T} N_{si} t \quad (\text{D. 0. 6-2})$$

式中:  $N_{ei}$  ——评价期内给定机型的当量累计作用次数;

$n_w$  ——给定机型主起落架的轮胎数;

$W_t$  ——给定机型主起落架一个轮印的宽度 (mm);

$N_{si}$  ——给定机型的当量年运行次数;

$T$  ——通行宽度 (m), 跑道取 11.4 m, 滑行道和机坪可取 2.3 m;

$t$  ——评价期。

5 柔性道面给定机型的累计作用次数应针对机场机型组合中的所有机型, 将给定机型的年运行架次参照式 D. 0. 6-3 换算成为该机型在评价期内的当量累计作用次数  $N_{ei}$  :

$$N_{ei} = \Delta N_{si} t \quad (\text{D. 0. 6-3})$$

式中:  $N_{ei}$  ——评价期内给定机型的当量累计作用次数;

$\Delta$  ——飞机轮载横向累计作用分布系数, 因道面宽度不同采用不同的数值, 取值参照表 D. 0. 6 所示;

$t$  ——评价期。

表 D. 0. 6 飞机轮载横向累计作用分布系数  $\Delta$

道面宽度 (m)	$\Delta$
18	0.05
23	0.04
30	0.03
45	0.02 (单轴双轮) / 0.03 (双轴双轮)
60	0.01 (单轴双轮) / 0.03 (双轴双轮)

D. 0. 7 采用道面等级号 (PCN) 的技术评价方法时, 刚性道面等级号代码中的 PCN 值按以下

步骤确定:

- 1 参照 7.3 的技术要求确定  $h_e$ 、 $E_r$ 、 $f_{cm}$ 、 $k$ 、 $LT$  (复合道面结构的  $LT$  取值为 0.25)。
- 2 由式 D.0.7-1 计算刚性道面面层材料的容许弯拉疲劳强度  $\sigma_m$  :

$$\sigma_m = f_{cm}(0.885 - 0.0163\log_{10}N_{ei}) \quad (\text{D.0.7-1})$$

式中:  $\sigma_m$  ——水泥板块的容许弯拉疲劳强度 (MPa);

$f_{cm}$  ——水泥板块弯拉强度, 由现场芯样试验确定, 也可按设计弯拉强度取值 (MPa);

$N_{ei}$  ——给定机型的当量累计作用次数。

3 将机场运行的所有机型分别作为给定机型, 初拟给定机型的重量  $G_i$ , 根据温克勒地基上的弹性薄板理论, 按四边自由板计算评价机型一个主起落架临界荷位处的板边应力  $\sigma_e$ 。

1) 可参照《民用机场水泥混凝土道面设计规范》的有关规定, 采用板边弯矩影响图法计算板边应力  $\sigma_e$ 。

2) 经过分析验证, 可应用或者编制有限元分析软件计算板边应力  $\sigma_e$ 。

4 考虑接缝传荷作用引起的应力折减作用, 按式 D.0.7-2 确定板边计算应力  $\sigma_p$  :

$$\sigma_p = (1 - LT)\sigma_e \quad (\text{D.0.7-2})$$

式中:  $\sigma_p$  ——板边计算应力 (MPa);

$\sigma_e$  ——板边应力 (MPa);

$LT$  ——应力折减率, 水泥混凝土道面参照 7.3.9 条确定, 水泥混凝土道面加铺沥青道面 (沥青加铺层厚度不大于水泥混凝土厚度)、水泥混凝土道面上加铺水泥混凝土道面,  $LT$  取值为 0.25。

5 如果  $|\sigma_p - \sigma_m| \leq 0.025\sigma_m$ , 应将所拟定的重量  $G_i$  作为给定机型的最大容许运行重量; 如果  $|\sigma_p - \sigma_m| > 0.025\sigma_m$ , 应调整给定机型的重量  $G_i$ , 重复步骤 2~步骤 4 的计算, 直至满足要求。

6 按照《民用机场飞行区技术标准》, 由已确定的道面类别和道基强度类型, 采用线性内插或外延的方法, 确定给定机型最大容许运行重量  $G_i$  所对应的飞机等级号 (ACN), 作为该机型道面等级号代码中的  $PCN_i$  值。

7 重复步骤 1~步骤 6 的计算, 计算所有给定机型道面等级号代码中的  $PCN_i$  值, 其中的  $\text{Max}(PCN_i)$  即为道面的  $PCN$  值。

**D.0.8** 采用道面等级号 (PCN) 的技术评价方法时, 柔性道面等级号代码中的  $PCN$  值按以下步骤确定:

1 参照 7.3 的技术要求确定柔性道面的有效厚度  $h_e$ 、道基的加州承载比  $CBR$ 、基层和垫层的厚度  $h_j$  与回弹模量  $E_j$ 。

2 按式 D.0.8-1 和式 D.0.8-2 计算确定沥青道面的最大容许荷载响应量 (基层底面的容许拉应力  $\sigma_{rt}$  和压应变  $\varepsilon_{rv}$ ) :

$$\sigma_{rt} = f_{cm}(a - b\lg N_{ei}) \quad (\text{D.0.8-1})$$

式中:  $N_{ei}$  ——允许荷载重复作用次数;

$\sigma_{rt}$  ——无机结合料稳定类基层层底的最大水平拉应力 (MPa);

$f_{cm}$  ——无机结合料稳定类材料弯拉强度 (MPa);

$a$ 、 $b$  ——与材料性质相关的试验参数, 在缺乏试验条件的情况下可采用  $a = 1.0$ ,  $b = 0.11$ 。

$$\text{当 } N_{ei} \leq 12100 \text{ 时, } \varepsilon_{rv} = e^{(-5.5215 - 0.1235 \log N_{ei})} \quad (\text{D.0.8-2})$$

$$\text{当 } N_{ei} > 12100 \text{ 时, } \varepsilon_{rv} = e^{(-6.0207 - 0.0704 \log N_{ei})}$$

式中:  $N_{ei}$  ——允许荷载重复作用次数;

$\varepsilon_{rv}$  ——道基顶面的容许最大竖向压应变。

3 将机场运行的所有机型分别作为给定机型, 初拟给定机型的重量  $G_i$ , 将沥青道面结构的计算模型简化为飞机荷载作用下的多层体系, 采用层间连续接触的弹性层状体系理论计算沥青道面结构力学响应量:

1) 可参照《民用机场沥青道面设计规范》的有关规定, 计算沥青道面水稳基层层底的弯拉应力  $\sigma_t$  和道基顶面的竖向压应变  $\varepsilon_v$ ;

2) 经过分析验证, 可应用或者编制有限元分析软件计算沥青道面水稳基层层底的弯拉应力  $\sigma_t$  和道基顶面的竖向压应变  $\varepsilon_v$ 。

4 分别从水稳基层层底弯拉容许应力和道基顶面容许竖向压应变两个方面确定给定机型的最大容许运行重量, 取其中的大值作为给定机型的最大容许运行重量。

1) 如果  $|\sigma_v - \sigma_{rv}| \leq 0.025\sigma_{rv}$ , 应将所拟定的重量  $G_i$  作为给定机型的最大容许运行重量; 如果  $|\sigma_v - \sigma_{rv}| > 0.025\sigma_{rv}$ , 应调整给定机型的重量  $G_i$ , 重复步骤 2~步骤 4 的计算, 直至满足要求;

2) 如果  $|\varepsilon_v - \varepsilon_{rv}| \leq 0.025\varepsilon_{rv}$ , 应将所拟定的重量  $G_i$  作为给定机型的最大容许运行重量; 如果  $|\varepsilon_v - \varepsilon_{rv}| > 0.025\varepsilon_{rv}$ , 应调整给定机型的重量  $G_i$ , 重复步骤 2~步骤 4 的计算, 直至满足要求。

5 按照《民用机场飞行区技术标准》, 由已确定的道面类别和道基强度类型, 采用线性内插或外延的方法, 确定给定机型最大容许运行重量  $G_i$  所对应的飞机等级号 (ACN), 作为该机型道面等级号代码中的  $PCN_i$  值。

6 重复步骤 1~步骤 5 的计算, 计算所有给定机型道面等级号代码中  $PCN_i$  值, 其中的  $\text{Max}(PCN_i)$  即为道面的  $PCN$  值。

## 附录 E 波音平整度指数 (BBI) 评价方法

### E.1 道面纵断面高程数据采集

**E.1.1** 道面纵断面的相对高程数据宜采用自动采集设备测量。测量数据应能真实反映道面纵断面的相对高程变化，特别是道面的长波不平整状况。

**E.1.2** 纵断面测量的数据采样间距宜采用 0.25 m，当采用其他大于 0.25 m 的采样间距时，应将数据插值处理为 0.25 m 间距的数据。

**E.1.3** 纵断面高程采集应沿跑道中线和两侧偏移一定距离处的直线测量，不同飞行区指标 II 的道面两侧测量位置与中线距离如表 E.1.3 所示。

表 E.1.3 两侧测量位置离中线距离

飞行区指标 II	A	B	C	D	E/F
两侧测量位置离中线距离 (m)	1.5	2.0	3.5	5.0	6.0

### E.2 波音平整度指数计算及 TJ\_BBI 程序使用方法

**E.2.1** 波音平整度指数 (BBI, Boeing Bump Index) 计算流程:

- 1 对于纵断面采样点，计算所有不同长度“直尺”下的隆起高度和隆起长度；
- 2 计算不同隆起长度对应的隆起高度允许值（图 8.4.3 中“可接受区域”的上限值）；
- 3 对不同隆起长度计算实际隆起高度与允许值的比值，其中最大的比值为断面采样点的 BBI 值；
- 4 对所有纵断面采样点重复步骤 1~步骤 3。

**E.2.2** 波音平整度评价标准中“可接受区域”和“超量区域”的上限值计算公式分别如下。

- 1 “可接受区域”上限值计算如式 E.2.2-1 和式 E.2.2-2:

$$H = 17.13187 + 8.00872 \cdot L - 0.31265 \cdot L^2 + 0.00549 \cdot L^3 \quad (L < 20 \text{ m}) \quad (\text{E. 2. 2-1})$$

$$H = 64 + 1.6 \cdot L \quad (20 \text{ m} < L < 60 \text{ m}) \quad (\text{E. 2. 2-2})$$

2 “超量区域”上限值计算如式 E. 2. 2-3 至式 E. 2. 2-5;

$$H = 27.47222 + 14.33399 \cdot L - 1.83730 \cdot L^2 + 0.13426 \cdot L^3 \quad (L < 5 \text{ m}) \quad (\text{E. 2. 2-3})$$

$$H = 27.590 + 10.85822 \cdot L - 0.53024 \cdot L^2 + 0.01077 \cdot L^3 \quad (5 \text{ m} < L < 20 \text{ m}) \quad (\text{E. 2. 2-4})$$

$$H = 77.75 + 2.0375 \cdot L \quad (20 \text{ m} < L < 60 \text{ m}) \quad (\text{E. 2. 2-5})$$

式中： $H$ ——隆起高度 (mm)；

$L$ ——隆起长度 (m)。

**E. 2. 3** TJ\_ BBI 程序基于 VBA 编写，用于计算道面的 BBI 指标，进而对道面的平整度状况进行评价。

**E. 2. 4** 程序主要界面如图 E. 2. 4-1 所示，主要功能为：使用方法提示、数据读取、提交计算、计算结果显示。



图 E. 2. 4-1 TJ\_ BBI 程序界面

- 1 点击“使用方法”提示该程序的使用方法；
- 2 点击“数据读取”选择道面纵断面高程数据文件，应为文本文件或者 Excel 格式文件，数据形式为采样间距 0.25 m（或通过插值处理为间距为 0.25 m）的单列的高程数据；
- 3 数据读取后点击“提交计算”按钮，计算完成后点击“计算结果”显示计算结果。如图 E. 2. 4-2 所示。

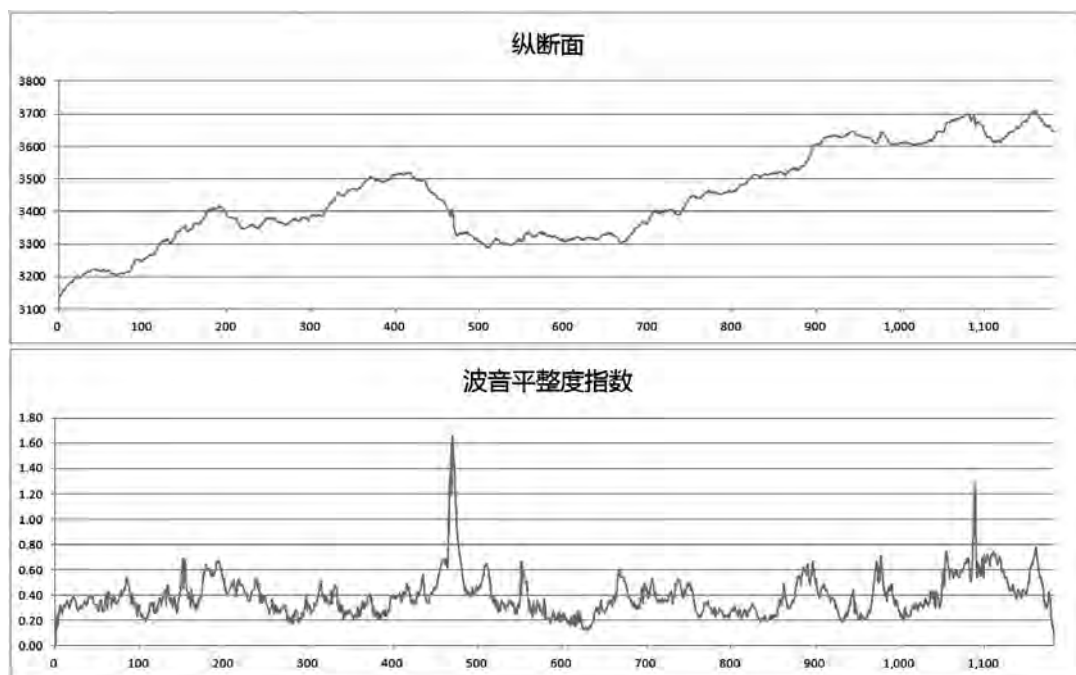


图 E. 2. 4-2 TJ\_BBI 计算结果

## 附录 F 功能性剩余寿命马尔可夫预测模型构建方法及示例

### F.1 马尔可夫预测模型构建方法

**F.1.1** 马尔可夫过程是一种无后效性的随机过程，一个系统的状态转换过程中第  $n$  次转换获得的状态常决定于前一次（第  $n - 1$  次）试验的结果。马尔可夫模型如式 F.1.1 所示：

$$I(t) = I(0)p^t \quad (\text{F.1.1})$$

式中： $I(t)$  ——预测年度道面损坏状况指数（ $PCI$ ）在状态空间上的分布概率，状态空间为“优、良、中、次、差”5个状态等级；

$I(0)$  ——起始年度道面损坏状况指数（ $PCI$ ）在状态空间上的分布概率；

$P$  ——马尔可夫状态转移概率矩阵。

**F.1.2** 应用马尔可夫过程建立状态转移概率矩阵，首先要确定状态空间和参数空间。根据《规范》的规定，将道面  $PCI$  离散为5个状态，组成状态空间  $I = [100 \sim 85, 85 \sim 70, 70 \sim 55, 55 \sim 40, \leq 40]$ ；以年为基本单位构成参数空间  $T = [0, 1, 2, 3 \dots]$ 。

**F.1.3** 马尔可夫状态转移概率矩阵中的元素  $P_{ij}(m)$  表示时刻  $m$  时处于状态  $i$  的条件下，下一时刻转移到状态  $j$  的一步转移概率，如式 F.1.3 所示：

$$P_{ij}(m) = P\{S(m+1) = j | S(m) = i\} \quad i, j \in I \quad (\text{F.1.3})$$

**F.1.4** 采用统计法估算状态转移矩阵

试验次数相当大的时候，频率可以作为概率的一个近似。因此，在应用统计的方法估算概率矩阵时，可以用状态转移的频率近似地估计转移概率。如果以  $\hat{P}_{ij}$  表示系统从状态  $I_i$  转移到状态  $I_j$  的概率  $P_{ij}$  的估计值，则  $\hat{P}_{ij}$  可按式 F.1.4-1 计算：

$$\hat{P}_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum_{j=1}^n n_{ij}} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (\text{F.1.4-1})$$

式中： $n_{ij}$  ——本期为状态  $I_i$ 、下期为状态  $I_j$  的转移次数。

概率估计值  $\hat{P}_{ij}$  满足概率转移矩阵特征条件如式 F.1.4-2 所示：

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n p_{ij} = 1 & (i = 1, 2, \dots, n) \\ p_{ij} \geq 0 & (i, j = 1, 2, \dots, n) \end{cases} \quad (\text{F.1.4-2})$$

**F.1.5 采用回归分析法估算状态转移矩阵**

利用回归分析的手段建立道面 *PCI* 与路面使用年数之间的回归方程，再利用回归方程形成转移概率矩阵，具体步骤如下：

- 1 确定状态中值  $M$ ；
- 2 以  $i$  状态中值  $M_i$  代入回归方程，反算使用年数  $t_i$ ；
- 3 以  $t_{i+1}$  代入方程求得一年后的 *PCI* 的期望值  $PCI[E]$ ；

4 假定使用性能参数（*PCI*）在使用年数上分布为正态分布。以  $PCI[E]$  为均值，以回归方程精度为离差，在所有可能状态上离散这一分布。然后，计算落在各个状态上的概率，即为状态  $I_i$  到各状态的一步转移概率。

**F.2 功能性剩余寿命马尔可夫预测模型示例**

**F.2.1** 某机场跑道投入使用前 6 年的 *PCI* 记录值为 [97.4, 92.5, 88.7, 85.2, 81.8, 78.5]，使用式 9.3.3 进行回归分析，通过最小二乘法确定参数的取值，得到回归方程如式 F.2.1 所示，回归精度  $S = 2.76$ ：

$$PCI = 100 \times \{1 - e^{-(\frac{10.59}{Y})^{0.63}}\} \tag{F.2.1}$$

式中： $Y$ ——道面使用年数。

**F.2.2** 状态空间  $I = [100 \sim 85, 85 \sim 70, 70 \sim 55, 55 \sim 40, \leq 40]$ ，则状态中值  $M = [92.5, 77.5, 62.5, 47.5, 20]$ ，状态区间的划分可依据使用要求进行改变。

**F.2.3** 将状态中值  $M_i$  代入式 F.2.1 反算得到使用年数  $Y_i = [2.3, 5.6, 10.9, 21.2, 113.7]$ ，将  $Y_{i+1} = [3.3, 6.6, 11.9, 21.2, 114.7]$  代入式 F.2.1 得到一年后的 *PCI* 期望值  $PCI[E] = [87.4, 73.9, 60.5, 46.5, 19.9]$ 。

**F.2.4** 以  $PCI[E]$  为均值，以回归方程精度  $S$  为离差，在所有状态上以正态分布的形式离散，得到状态转移概率矩阵如表 F.2.4 所示。

表 F.2.4 状态转移概率矩阵示例

$i \backslash j$	1	2	3	4	5
1	0.8062	0.1938	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.9239	0.0761	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0003	0.9760	0.0238	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0011	0.9899	0.0090
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

**F.2.5** 未来  $t$  年的道面状态分布  $\bar{P}_t$  可由道面状况初始  $\bar{P}_0$  和一步状态转移概率矩阵  $P$  来确定。故可按  $\bar{P}_t = \bar{P}_0 \times P$  进行使用性能预测, 结果如下所示:

状态概率初始值: [1.000, 0.000, 0.000, 0.000, 0.000];

1 年后状态概率: [0.011, 0.924, 0.076, 0.000, 0.000];

1 年后  $PCI$  均值: 76.356, 标准差: 4.000;

2 年后状态概率: [0.000, 0.854, 0.145, 0.002, 0.000];

2 年后  $PCI$  均值: 74.271, 标准差: 7.447;

3 年后状态概率: [0.000, 0.789, 0.206, 0.005, 0.000];

3 年后  $PCI$  均值: 74.240, 标准差: 6.433;

4 年后状态概率: [0.000, 0.729, 0.261, 0.010, 0.000];

4 年后  $PCI$  均值: 73.260, 标准差: 7.172。

## 标准用词说明

1 为了便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词，说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 本规范中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……的规定执行”。

## 引用标准名录

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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。

- [1] 民用机场道面现场测试规程（MH/T 5110）
- [2] 公路工程沥青及沥青混合料试验规程（JTG E20）
- [3] 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程（JTG E30）
- [4] 民用机场水泥混凝土道面设计规范（MH/T 5004）
- [5] 民用机场沥青道面设计规范（MH/T 5010）
- [6] 公路水泥混凝土路面设计规范（JTG D40）
- [7] 民用机场飞行区技术标准（MH 5001）

民用机场建设工程行业标准出版一览表

序号	编号	书名（书号）	定价（元）
1	MH/T 5003—2016	民用运输机场航站楼离港系统工程设计规范（0409）	20.00
2	MH 5006—2015	民用机场水泥混凝土面层施工技术规范（0265）	45.00
3	MH 5007—2017	民用机场飞行区场道工程质量检验评定标准（0474）	55.00
4	MH 5008—2017	民用运输机场供油工程设计规范（0424）	60.00
5	MH/T 5009—2016	民用运输机场航站楼楼宇自控系统工程设计规范（0386）	20.00
6	MH/T 5010—2017	民用机场沥青道面设计规范（0500）	55.00
7	MH/T 5011—2019	民用机场沥青道面施工技术规范（0703）	59.00
8	MH 5013—2014	民用直升机场飞行场地技术标准（0189）	38.00
9	MH/T 5015—2016	民用运输机场航班信息显示系统工程设计规范（0385）	20.00
10	MH/T 5017—2017	民用运输机场航站楼安防监控系统工程设计规范（0510）	30.00
11	MH/T 5018—2016	民用运输机场信息集成系统工程设计规范（0387）	20.00
12	MH/T 5019—2016	民用运输机场航站楼时钟系统工程设计规范（0408）	10.00
13	MH/T 5020—2016	民用运输机场航站楼公共广播系统工程设计规范（0411）	20.00
14	MH/T 5021—2016	民用运输机场航站楼综合布线系统工程设计规范（0410）	20.00
15	MH/T 5024—2019	民用机场道面评价管理技术规范（0662）	59.00
16	MH/T 5027—2013	民用机场岩土工程设计规范（0145）	68.00
17	MH 5028—2014	民航专业工程工程量清单计价规范（0218）	98.00
18	MH 5029—2014	小型民用运输机场供油工程设计规范（0233）	25.00
19	MH/T 5030—2014	通用航空供油工程建设规范（0204）	20.00
20	MH 5031—2015	民航专业工程施工监理规范（0242）	48.00
21	MH/T 5032—2015	民用运输机场航班信息显示系统检测规范（0266）	20.00
22	MH/T 5033—2017	绿色航站楼标准（0430）	30.00
23	MH 5034—2017	民用运输机场供油工程施工及验收规范（0435）	70.00

续表

序号	编号	书名（书号）	定价（元）
24	MH/T 5035—2017	民用机场高填方工程技术规范（0429）	50.00
25	MH/T 5036—2017	民用机场排水设计规范（0486）	40.00
26	MH/T 5038—2019	民用运输机场公共广播系统检测规范（0669）	35.00
27	MH/T 5039—2019	民用运输机场信息集成系统检测规范（0671）	35.00
28	MH/T 5040—2019	民用运输机场时钟系统检测规范（0670）	22.00
29	MH/T 5111—2015	特性材料拦阻系统（1580110·354）	50.00

MH/T 5024—2019

ISBN 978-7-5128-0662-7



9 787512 806627 >

定价：59.00 元