

# 机场场道切缝导(倒)角金刚石锯片 及其施工工艺试验研究

颜俊,冯左峰

(深圳市地质局,广东深圳518023)

**摘要:**为减少飞机轮与路面摩擦时的应力集中及机械除雪对航道路面的破坏,防止飞机在起飞降落过程中因飞机轮与路面伸缩缝摩擦引起的灰尘进入飞机发动机而引发事故,及延长机场航道路面的使用寿命,机场航道路面所有暴露的切缝、边缘及尖角都要进行导(倒)角处理。对大型机场场道切缝导(倒)角金刚石锯片和切割施工工艺试验进行了研究,对于国内新机场建设极具参考价值。

**关键词:**机场场道;切缝导(倒)角;金刚石锯片;切割工艺

中图分类号:TF125.3;U416.043 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2011)08-0059-05

**Experimental Study on Chamfering Diamond Saw Blade for Airport Runway and the Construction Technology/**  
YAN Jun, FENG Zuo-feng (Shenzhen Bureau of Geology, Shenzhen Guangdong 518023, China)

**Abstract:** To reduce the stress concentration on the friction between aircraft wheel and road surface and reduce the channel pavement destruction by snow-clean vehicle, to prevent the dust produced in the friction of aircraft wheel and road joints from entering to aircraft engine and to prolong the service life of airport runway, all the exposed kerfs, edges and sharp corners in large airport field road should be chamfered. The study was made on the chamfering diamond saw blade and the chamfering construction technology, which was considerably valuable for domestic airport construction.

**Key words:** airport runway; kerf chamfering; diamond saw blade; chamfering technology

## 1 研究(制)的起因

各种类型的机场航道路面存在各类切(裂)缝(收缩缝、涨裂缝、施工缝、流水线),这些纵向和横向的切(裂)缝棱角部位崩裂(崩边)在飞机跑道上很常见,主要是由于飞机日趋大型化,飞机起降频繁,较高的轮胎压力和交通流量及机场机械除雪造成纵向和横向的切(裂)缝棱角部位崩裂(崩边)。棱角部位崩裂(崩边)的纵向和横向的切(裂)缝在气温变化、雨水侵蚀、混凝土碳化等自然因素风化作用下加剧机场航道路面的破坏。2006年4月,美国联邦航空管理局《对设计普通水泥混凝土(pcc)机场航道路面的指南(AC 150/5320-6和AC 150/5320-5)的补充标准》(下称《指南》)指出:普通水泥混凝土(pcc)机场航道路面所有暴露的切缝,边缘及尖角都要进行导(倒)角,除非设计图纸上特别注明不需要或用其它方法。很显然这是美国在当前航空交通频繁形势下出台的一个强制性标准。对减少飞机轮与路面摩擦时的应力集中及机械除雪对航道路面的破坏,防止飞机在起飞降落过程中因飞机

轮与路面伸缩缝摩擦引起灰尘进入飞机发动机而引发事故,延长机场航道路面的使用寿命具有重要意义。对于国内新机场建设极具参考价值。

在国内,道面伸缩缝切割是一项普遍应用的施工工艺,广泛应用于建筑、机场、道路、桥梁等领域,用于解决热胀冷缩原理产生的材料问题以及控制裂缝的延伸。在机场跑道的建设和维护中也已经是很成熟的工艺,各项相关的国家规范和标准都已经存在。

但是,长期以来国内的机场跑道的伸缩缝的施工工艺模式存在一定的弊端。由于机场跑道每天都承受着大量飞机的起降工作,那么伸缩缝的边缘也不可避免的每天承受着大量的高负荷的冲击。由于在切割缝两边的2个断面是90°的直角形状,这样,从应力分布和长期的承载运行结果来分析,切缝的边缘最容易产生破碎和破裂。这样,原来用于控制裂缝的部分却带来了新的裂缝的产生,导致以后的维护工作量的增加,甚至影响到跑道的正常运行。所以,如何尽量减少伸缩缝破坏的几率和周期将直接影响到机场的维护费用,以及与是否能提高机场飞机流

收稿日期:2011-07-11;修回日期:2011-08-01

作者简介:颜俊(1960-),男(汉族),吉林人,深圳市地质局副局长、高级工程师,探矿工程专业,从事技术和管理工作的,广东省深圳市罗湖区宝岗路7号,yanjunsz@sina.cn。

量等有直接的经济关系。例如:国内某国际机场道面已有85%的切缝已经损坏。因此,对国内机场的切缝进行倒角成为了一种急需实施的施工工艺。

根据我们的反复试验和研究得出如下结论:直角状态下可能发生严重的破坏(图1a);平角状态下可能发生轻微的破坏(图2b);圆角状态下有较好的保护状态(图3c)。

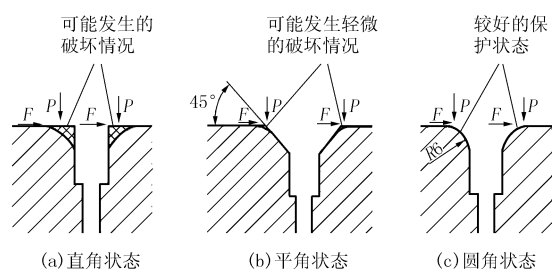


图1 各种倒角状态下可能发生的破坏

要保证普通水泥混凝土(pcc)机场场道路面所有暴露的切缝、边缘及尖角都具有一定弧度导(倒)角,这对倒角的设备和金刚石工具提出了更高的要求,国内目前尚没有用于倒角的特殊合金刀具和施工机械。本项目施工使用的金刚石工具能够与先进的切割设备(如DIMAS设备)配套切磨出具有特定圆弧的倒角。在保证机场路面伸缩缝导(倒)角形式、尺寸、分布方式的合理化方面对金刚石磨削工具进行优化设计,以保证对金刚石工具的高效性,使施工达到对机场场道路面所有暴露的切缝、边缘及尖角导(倒)角达到美国联邦航空管理局的标准。

## 2 金刚石锯片的研制

### 2.1 刀头的配方设计

优选金刚石的品级、粒度、浓度及胎体材料的强度、硬度、耐磨性等性能参数,保证金刚石工具能有效地切割含有钢筋、混凝土的机场跑道。

### 2.2 锯片的结构设计

在金刚石工具的结构设计上,设计异型的金刚石工具刀头,以满足切割出具有一定尺寸参数的圆弧倒角的伸缩缝的要求。为此,可采用2种方法形成符合要求的异型金刚石刀头。

#### 2.2.1 整体式刀头金刚石锯片

利用模具成形符合尺寸要求的金刚石刀头,整体焊接到钢基体上一次完成扩缝倒角。

#### 2.2.2 分体式刀头金刚石锯片

刀头分2部分,一部分的形状与常规刀头相似,焊接到钢基体边缘完成扩缝,另一部分则带有圆弧倒角,焊接到钢基体的侧面完成导(倒)角。

### 2.3 不同型号的锯片在相同施工条件下施工工艺

(1)4 mm 锯片 + 二片 6 mm 45°导(倒)角组合切割工艺;(2)8 mm 导向片 + 二片 6 mm 45°导(倒)角组合切割工艺;(3)8 mm 锯片 + 二片 6 mm 45°导(倒)角分体式组合切割工艺;(4)8 mm 锯片 + 6 mm 45°导(倒)角整体式组合切割工艺;(5)8 mm 锯片 + R4 mm 导(倒)角分体式组合切割工艺;(6)8 mm 锯片 + R4 mm 导(倒)角整体式组合切割工艺;(7)8 mm 锯片 + R6 mm 导(倒)角分体式组合切割工艺;(8)8 mm 锯片 + R6 mm 导(倒)角整体式组合切割工艺。

### 2.4 锯片种类及特点

#### 2.4.1 Ø600 mm 进口金刚石锯片切缝

该进口金刚石锯片切缝宽度4 mm;用于混凝土升温阶段切伸缩缝,切深达120 mm;由于锯片基体较薄切割直线性较难控制。

#### 2.4.2 两片进口 Ø500 mm 45°角金刚石锯片倒角

该金刚石锯片中间夹导向板用于倒角;由于导向板不具有切割能力,切割碎屑容易卡住导向板。

#### 2.4.3 整体式刀头金刚石锯片(见图2)



图2 Ø350 mm 整体式锯片(R=6 mm)

利用模具成形符合尺寸要求的金刚石刀头,整体焊接到钢基体上一次完成扩缝倒角。整体式刀头金刚石锯片分以下2种:

(1)Ø350 mm 整体式刀头。金刚石锯片扩缝宽度8 mm,用于将伸缩缝宽度扩大到8 mm,同时进行倒角。由于受地面平整度的影响其倒角效果不稳定,地面高时锯片切入较深,倒角后扩缝表面变宽;地面低时锯片切入较浅,可能有切不出倒角的情况发生。

(2)Ø560 mm 整体式刀头。金刚石锯片扩缝宽度8 mm,用于将伸缩缝宽度扩大到8 mm,同时切出倒角。受地面平整度的影响其倒角效果不稳定,地面高时切入较深,地面低时切入较浅。

#### 2.4.4 分体式刀头金刚石锯片(见图3)

刀头分2部分,一部分的形状与常规刀头相似,

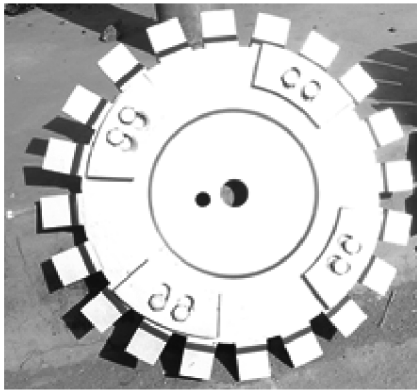


图3 分体式刀头金刚石锯片

焊接到钢基体边缘完成扩缝,另一部分则带有圆弧倒角,焊接到钢基体的侧面完成导(倒)角。有 2 种型号的分体式刀头金刚石锯片:(1)  $\text{O}350$  mm 分体式刀头金刚石锯片,其应用范围及特点同  $\text{O}350$  mm 整体式刀头金刚石锯片;(2)  $\text{O}560$  mm 分体式刀头金刚石锯片,其应用范围及特点同  $\text{O}560$  mm 整体式刀头金刚石锯片。

### 3 DIMAS FS-6600D 型锯切机及改进

DIMAS FS-6600D 型锯切机具有功率大、操作平稳等特点,适合机场场道切缝施工。另外具备匀速自行行走、方位自动补偿功能,只要在机场跑道路面标定(切割)基线或已存在切割完的收缩缝时,存在明显易观测标志就能保证切缝的顺直。应用范围广,可安装不同类型及规格的金钢石锯片。

在切割时,如果锯片方位从切割线侧偏,通过调整后轴来补偿这个偏差,这种补偿方式可以保障切割时的方位即直线性;每条切缝起始切割 2~3 m 可采取强制措施控制切割标准缝作为导向缝,或使用具导向功能的特种异型金钢石工具进行切割。由于起支撑作用的前轮离锯片较远,锯片不能及时跟随地表起伏调整切深,为此,我们对该设备进行了改进,在锯片下方加装深度控制轮,达到控制切深的目的。

### 4 生产试验

试验在国内某机场内已经废弃的水泥混凝土路面进行。

#### 4.1 试验要求和目的

(1) 切割扩(收缩)缝标准:深度  $30\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ ; 宽度  $8\text{ mm} \pm 0.5\text{ mm}$ ; 导(倒)角弧度  $R=4\text{ mm}$ 、 $R=6\text{ mm}$  和倒角  $45^\circ$ 。

(2) 检测操作人员、设备共同工作的协调性。

(3) 检测 DIMAS FS-6600D 型锯切机对切割深

度、方向性的控制及对路面的适应性。

(4) 检测新研发的切割刀具的适用性及切割效果。

(5) 检测新研发的切割刀具切缝和倒角的质量能否达到美国联邦航空管理局《指南》和 FAA(联邦航空局)《西北山区普通水泥混凝土机场跑道道面设计指南的补充规定》要求。

(6) 找出最佳的施工工艺。

#### 4.2 试验过程

根据跑道路面混凝土施工的要求,以及路面混凝土伸缩缝的构造和用途,针对特种异型金钢石工具的加工制作工艺,我们在施工现场进行了 4 种切缝(见图 4)的施工工艺试验,施工试验平面分布状况见图 5。

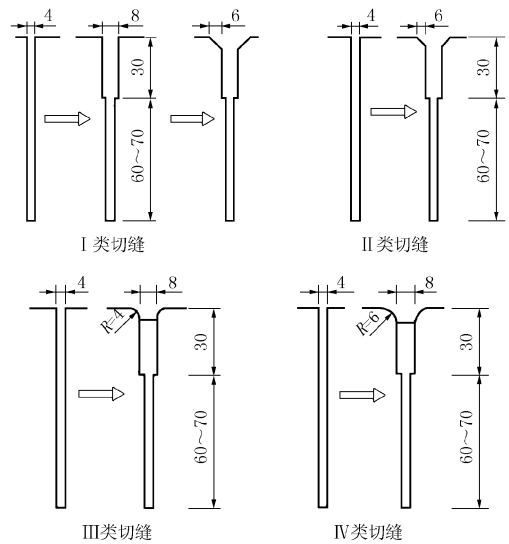


图4 施工现场 4 类切缝示意图

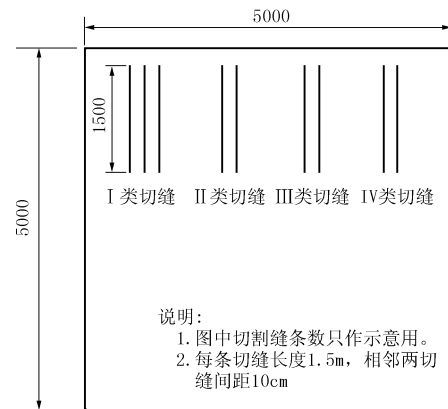


图5 试验平面分布图

(1) I 类切缝的导(倒)角分三步成型方案:第一步切割 4 mm 窄诱导缝;第二步切割 8 mm 扩缝;第三步切割 4 mm 或 6 mm 导角。I 类切缝的优点是对施工机具的集成要求低,缺点是施工程序复杂。

施工效率为3 min/m。

(2) II类切缝的导(倒)角分二步成型方案:第一步切割4 mm窄诱导缝;第二步切割8 mm扩缝和6 mm导角。II类切缝的优点是施工工艺简单、易操作、能减小应力集中,缺点是对施工机具的集成要求高。施工效率为2 min/m。

(3) III类切缝导(倒)角分二步成型方案:第一步切割4 mm窄诱导缝;第二步切割8 mm扩缝和R4 mm导角。III类切缝的优点是施工工艺简单、易操作、圆弧型倒角能够更好消除应力集中现象,缺点是对施工机具的集成要求高。施工效率为2 min/m。

(4) IV类切缝导(倒)角分二步成型方案:第一步切割4 mm窄诱导缝;第二步切割8 mm扩缝和R6 mm导角。IV类切缝的优点是施工工艺简单、易操作、圆弧型倒角能够更好消除应力集中现象,缺点是对施工机具的集成要求高。施工效率为2 min/m。

### 4.3 施工方法

(1)清扫场地,利用经纬仪定点划线,切缝时导向轮对准基准线以保证切缝顺直度。

(2)用FS-6600D型锯切机的刀片和导向对准基线,利用机械的仿形轮控制切割的深度进行道面的切割工作。

(3)在切缝范围外的槽深渐变段利用切缝机的提升机构上升或下降刀片完成。

(4)利用高压清洗机,清洗机场道面因切缝而产生的浮浆。

(5)在每天施工段的两边铺设半圆形流水槽,以便收集沿跑道横波方向流下的因切缝而产生的浮浆,用泥浆泵抽入移动式沉淀池,经沉淀后,清水回用,泥浆用污泥车运输到指定地点。

### 4.4 施工工艺试验过程

#### 4.4.1 第一次试验

采用的施工工艺组合为:(1)4 mm锯片+二片6 mm 45°导(倒)角组合切割工艺;(2)8 mm导向片+二片6 mm 45°导(倒)角组合切割工艺。试验中发现采用4 mm锯片+二片6 mm 45°导(倒)角组合切割工艺,切割缝宽窄不一,直线度弯曲。主要原因是由于4 mm的锯片较薄,整体刚度差,锯片在高速切割中产生了很大的振动,使得切缝出现了上述的现象。而8 mm导向片+二片6 mm 45°导(倒)角组合切割工艺,在操作过程中出现了缝的深浅不一,而造成了有的地方导(倒)角较大,有的部位没有切割到,严重影响了外观的效果。

#### 4.4.2 第二次试验

采用的组合为8 mm导向片+二片6 mm 45°导(倒)角组合切割工艺,经过了一段时间的操作,情况有所改变,但是效果仍然不理想,达不到设计和业主要求,仍然是直线度和切割缝宽窄不一。主要的原因是地面不平,设备的操控系统掌握不好,锯片没有达到设计的要求,此外是由于锯片过于单薄,刚度不够所引起。

#### 4.4.3 第三次试验

首先进行了8 mm锯片+R4 mm导(倒)角分体式组合切割工艺的试验,发现在运行过程中,出现了锯片“啃边”的现象。主要原因是刀片齿轮的间距过大,成槽过程中它是切而不是磨,就出现了“啃边”的现象。然后进行了8 mm锯片+R4 mm导(倒)角整体式组合切割工艺,进行了多道切割试验,效果比较好,特别是切缝的倒角处比较平顺。存在的问题主要还是地面对机器设备精度的影响,表现为有的地方倒角比较深,而有的部位没有切到。但是行走的直线度问题已经基本得到了解决。

#### 4.4.4 第四次试验

采用了以下2种工艺:(1)8 mm锯片+二片6 mm 45°导(倒)角分体式组合切割工艺;(2)8 mm锯片+6 mm 45°导(倒)角整体式组合切割工艺。本次试验主要是解决设备和倒角切缝的深度控制的问题。经过现场的检测性施工,发现切缝深度还是由地面的平整度所引起的。我们采取对切缝的设备进行改进,增加深度控制轮来控制,使设备能够适应地面高低的变化。

#### 4.4.5 第五次试验

采用了以下2种工艺:(1)8 mm锯片+R6 mm导(倒)角分体式组合切割工艺;(2)8 mm锯片+R6 mm导(倒)角整体式组合切割工艺。本次试验采用了深度控制轮来控制切割深度,使得切缝的深度得到了有效的控制,进而控制了切缝的宽度,使得切缝在外观上顺直、匀称,加上R6 mm导(倒)角的弧型缝口使切缝更加美观(图6)。

## 5 结论

(1)目前国外的导(倒)角刀片与扩缝刀片是分开的,不能够一次成型。而我们在这次试验中,将扩缝和导(倒)角刀片压缩在一块锯片上,能够有效地解决刀片与导板之间因连接空隙而引起的锯缝宽度不均匀的问题。

(2)将原来的三次切割改进成二次切割,加快了施工进度,降低了工程成本,提高了切缝的外观质量。



图6 R=6 mm的倒角切缝

(3)改进了切缝设备的自动化系统,提高了设备的智能化程度。(4)特种异型金刚石工具的配方设计、结构优化设计保证了切缝的质量。

(5)改进了对切缝深度的控制,采用了深度控制轮。

(6)特种异型金刚石刀头可一次完成切缝导(倒)角,切割效率可以达到 $1 \sim 1.5 \text{ m/min}$ ;既有效保证了质量又提高了切缝导(倒)角效率。

(7)根据试验的结果,可以比较得出 $8 \text{ mm}$ 锯片+ $R6 \text{ mm}$ 导(倒)角分体式组合切割工艺和 $8 \text{ mm}$ 锯片+ $R6 \text{ mm}$ 导(倒)角整体式组合切割工艺切割的效果较好(整体式更好,但造价高),因此推荐整体组合工艺。

(8)改进后的DIMAS FS-6600D型锯切机与我们研发的整体式特种金刚石工具匹配,在 $4 \text{ mm}$ 切

缝完成的基础上一次性完成 $8 \text{ mm}$ 切缝的切割导(倒)角工序,能够达到美国联邦航空管理局《指南》的要求;可以大大提高工作效率(切缝速度比原先提高了40%),降低成本,达到切导(倒)角最佳效果;可选定最佳优化方案。

本研究、研制取得的成果使机场航道路面维护更加方便,在其他切缝工程上的推广应用亦有广泛的前景。

#### 参考文献:

- [1] AC 150/5320-6D,美国联邦航空管理局对设计普通水泥混凝土(pcc)机场跑道道面的指南(第二版)[S].
- [2] 美国联邦航空管理局.美国FAA(联邦航空局)西北山区普通水泥混凝土机场跑道道面设计指南的补充[M].2003.
- [3] 美国联邦航空管理局.美国联邦航空航天管理局关于混凝土结构的补充文件[M].2006.
- [4] 美国联邦航空管理局.混凝土道面创新研发基金关于机场刚性混凝土道面结构施工工艺的研究报告[R].2003.
- [5] 潘秉锁,方小红,杨凯华.自润滑孕镶金刚石钻头胎体材料初步研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(1).
- [6] 谢北萍,段隆臣,孟大维.金刚石钻头钻基胎体材料冲蚀磨损的量化研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(12):67-69.
- [7] 孙秀梅,刘建福.坚硬“打滑”地层孕镶金刚石钻头设计与选用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(2).
- [8] 李天明,李大佛,雷艳,等.自激振荡脉冲射流提高PDC钻头机械钻速实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,25(11).
- [9] 孙丙伦,孙友宏,徐良.金矿复杂地层金刚石取心钻头选型试验研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(8).

(上接第58页)

标,主要集中在孔口段 $0 \sim 5 \text{ m}$ 范围。由于无盖重固结灌浆 $0 \sim 5 \text{ m}$ 段灌浆压力降低,普遍存在冒浆现象,并且对注入量较大孔段采取限流、限量、待凝等措施,对灌浆质量造成了一定的负面影响。

#### 5.2 灌后声波合格率偏低问题

从已施工部分坝段的灌后声波成果可以看出,声波波速未达到设计要求的主要集中在孔口段 $5 \text{ m}$ 范围和存在地质缺陷部位。

### 6 工艺措施探讨和建议

无盖重固结灌浆有效地降低了混凝土开裂的风险,减少对混凝土浇筑的工期占压,能够做到快速均匀上升,有效防止地应力回弹,避免仓面裂缝产生。孔口段 $0 \sim 5 \text{ m}$ 范围采用有盖重加强及引管到下游贴脚,能够保证灌浆质量。同时避免固结灌浆施工与冷却水管干扰问题。

对于检查孔未达到要求(主要是声波检测)的部位,采取局部加强的措施,特别是15号坝段和16号坝段,采取整体加强的方式进行,补强后经检查,均可以达到设计要求。

无盖重固结灌浆采用了“自上而下分段钻孔、分段灌浆”和“一次性成孔,自下而上分段灌浆”两种施工工艺,均能满足灌浆质量要求,工艺方法及操作都是成功的。

#### 参考文献:

- [1] 孙钊.大坝基岩灌浆[M].北京:中国水利水电出版社,2004.
- [2] 王自清.水利水电工程地层注浆堵水与施工新技术及标准规范[M].北京:中国知识出版社,2006.
- [3] 曹雪然.钻灌一体化灌浆工艺的研究与应用[J].黄河规范设计,2010,(1):18-19.
- [4] 王胜,黄润秋,祝华平,等.锦屏一级水电站流斑岩脉化学复合灌浆试验研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(11):60-64.