

# 机场道面混凝土 使用自行式高频震捣机振捣施工工法

(TGJGF-03·04-57)

中铁十四局集团有限公司 中铁十九局集团有限公司

## 一、前言

广州白云新机场东跑道宽 60m,长 3800m,道面混凝土最大厚度 44cm,西跑道宽 45m,长 3600m,道面混凝土最大厚度 42cm。本着改进传统工艺、提高劳动效率和工程质量的目,在水泥混凝土道面施工中,自己组装了自行排式高频震捣机组,对于硬性混凝土实施一次性摊铺、全幅全厚振实的新工艺,通过多次试验和改进,形成了一套成熟的施工工艺,提高了机场道面水泥混凝土的施工质量,并取得了较好的经济效益和社会效益。此工艺于 2002 年 8 月通过了民航系统专家论证,并给予了充分肯定,我们通过对现场应用情况的总结形成了本工法。

## 二、工法特点

1. 一次摊铺代替分层摊铺、机械自动行走振实代替人工手持震动棒振实,降低了劳动强度,改善了劳动条件。
2. 对混凝土实施全幅全厚振捣,提高了混凝土的密实性、均匀性和质量的可靠性。
3. 设备操作简便,施工工艺简单,提高了混凝土摊铺进度。

## 三、适用范围

本工法主要适用于新建机场场道混凝土道面、既有机场场道道面改造、高等级公路水泥混凝土路面以及各类广场的大厚度水泥混凝土面层分幅施工。

## 四、工艺原理

对于硬性混凝土而言,采用 12000 次/min 的振动频率振实有效范围及效果最佳,过大或过小时效果均会下降。

施工中,我们采用的是江苏靖江产的 ZDN85 型直联式电机内装插入式高频震动棒,它具有启动快、启动不用敲打、工作方便的特点,其技术参数见表 1。

表 1 高频震动棒的技术参数

型号	直径/mm	工作长度/mm	振频/Hz	振幅/mm	激振力/kN	电源	功率/kW	重量/kg
ZDN85	85	480	197	1.2	6600	3 相 200Hz42V	1.1	17

变频器采用广东佛山产的 ZBJ 型变频器,该机能将 380V、50Hz 的交流电变频为 42V、200Hz 的交流电,每台变频器连接两条高频震动棒。ZBJ 型变频器的技术参数见表 2。

表 2 ZBJ 型变频器的技术参数

型号	容量/kVA	输入电源	输出电源	重量/kg
ZBJ200	4.5	3 相 380V50Hz12A	3 相 42V200Hz54A	78

变频器和高频震动棒均安装在自行式振捣机梁体上。梁体型号为 ZXP-5,两端的自动行走轮间距可调,其最大摊铺宽度为 5m。机组在开仓时沿两侧钢模板行走,在填仓时沿两侧已浇筑混凝土板块行走,轮下垫 5×8cm 的方木,以防损坏混凝土板块。

震动棒的偏心振源设在棒体中下部,其振动波随离振源的距离增大而减弱,为弥补振波衰减对混凝土

各部位强度的影响,排式震动棒的安装必须满足以下要求:

排式振捣机端部震动棒与模板边缘的距离一般为 20 ~ 25cm,横向棒与棒的间距均匀排列,最大间距不得超过 50cm。相邻震动棒之间的排列必须一高一低,成互错角度进行安装定位,互错角度一般为 20°。

五、混凝土铺筑施工工艺

(一)工艺流程(见图 1)

(二)施工方法

1. 施工准备

(1)编制实施性施工组织设计、质量计划和作业指导书。

(2)组织相关施工人员进行技术培训,掌握施工要点,熟悉施工图纸,进行技术交底。

(3)经试验后确定混凝土配合比,必须满足 28d 抗折强度 5.0MPa 和 95% 保证率的要求。所用材料要达到以下标准:

水泥选用 525# 普通硅酸盐水泥,用量 310 ~ 330kg/m<sup>3</sup>。

砂使用合格中砂,细度模数 2.5 ~ 2.8,砂率 29% ~ 32%。

石子以石灰岩最佳,含泥量小于 1%,针状、片状颗粒含量小于 15%。采用 10 ~ 20mm,20 ~ 40mm 两种级配,最大粒径不得大于 40mm(圆孔筛)。

水不低于饮用水标准,水灰比不大于 0.44,坍落度 4 ~ 8cm,维勃稠度 25 ~ 35s。

根据需要掺入适量缓凝减水剂。

新白云机场跑道施工所用混凝土的配合比见表 3。

(4)对拌合站等机具进行安装调试,请有资质的单位进行自动计量设备标定审核。

2. 施工方法

采用分幅流水作业。跑道的分幅主要以 4.5m 为主,采取开仓、填仓间隔推进的方法,相邻两幅板间至少错开一块板。

(1)清理基层、立模

基层检测合格后,人工支立模板,并涂刷模板隔离剂,对仓内基层表面进行清扫,基层如有裂缝处理方法是在基层上均匀涂刷沥青后粘贴宽 60cm 防水卷材。摊铺前要对模板间距、高程、直线性、支立牢固程度进行验收,合格后进入下道工序。

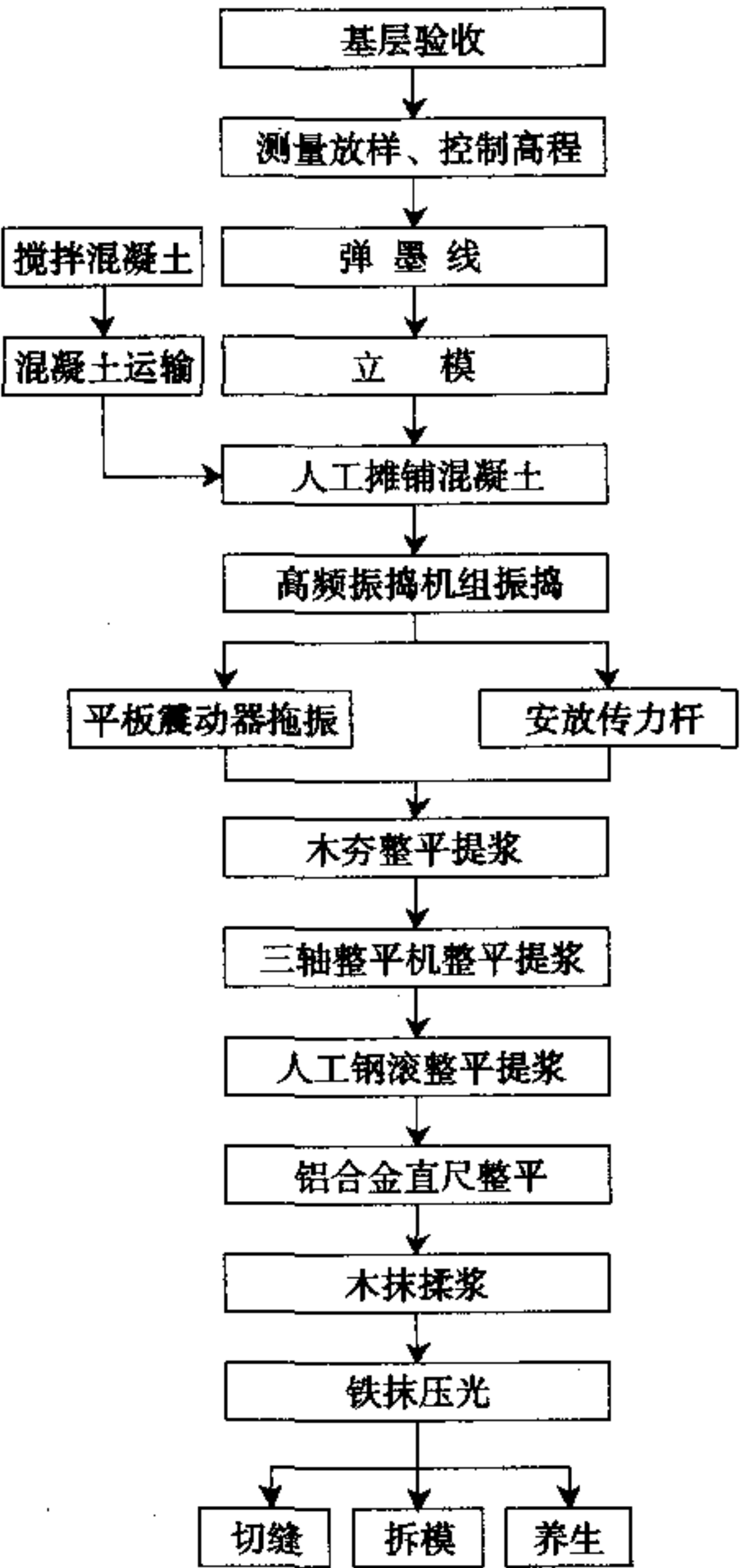


图 1 工艺流程

表 3 每 m<sup>3</sup> 混凝土的材料用量

水泥	砂	碎石 5 ~ 16.5mm	碎石 16 ~ 31.5mm	水	RC - B 外加剂
319	585	367	1101	135	0.319

(2)混凝土拌合及运输

混凝土严格按确定的配合比拌制,拌合时间应比常规的或说明书规定的延长 15 ~ 20s,以提高混合物的和易性,确保拌合质量。

混凝土采用自卸汽车运输,运输过程中要用防晒布覆盖,以防止水分蒸发过快或下雨而影响混凝土的质量。

(3)混凝土的摊铺

卸料前,要先洒水湿润基层。卸料后采用人工全幅一次摊铺,摊铺时严格按铁锹翻扣法作业。振捣前摊铺的混凝土要预留沉落量,一般为振实厚度的 20% 左右,要选用经验丰富的工人平仓,发现料稠时预留沉落量可大些,反之则小些。平仓预留沉落量对后续工序进度影响很大。

填仓施工应在两侧混凝土达到一定强度后进行,以防对两侧已施工的混凝土造成损坏。为防止填仓



混凝土污染相邻板块,需在先筑仓板块边缘铺宽 1.5m 的土工布。

#### (4) 排式高频震捣机组全幅全厚振实混凝土

当摊铺长度约 4~5m 时,即开动排式高频震捣机组进行全幅全厚振实。

振实前应将机组开进空仓位,调整棒头位置,使下排棒端头部距基层顶面 5~8cm,并将棒位置固定。此位置不可过低,以防止破坏基层和损坏震动棒。

振实时,由操作手开动高频震动棒,同时开动控制震动棒的下降装置,使整排高频震捣棒都插入到新浇混凝土内进行振实。振实作业采用点振操作方式(也可采用连续方式),即在行进中每隔 30cm 左右停下来点振 30s 以上,待充分排出气泡后再前进 30cm,依次循环作业。前方无工作面时,立即关闭震动棒。振实正常的行进速度不得超过 0.5m/min。

机组入仓起步时,在混凝土板施工缝附近先振 2~3min,再前进实施正常振实作业。

振实过程中,操作手应注意控制行进速度并随时密切观察振实效果和气泡溢出情况,并监视各条震动棒在运行中有无不正常声音或损坏,有无停振、漏振现象。发现异常立即停机查找原因,并及时排除故障。

#### (5) 纵向传力杆安放

当设有纵向传力杆时,在排式震捣机组振实完后即可进行安装,做法是:将传力杆按预定位置放好后,采用自制的传力杆安放器将传力杆精确振压到设计位置。传力杆安放器参照木桁夯的原理制成,顶面安放了两台 1.5kW 的震动器。结构见图 2。

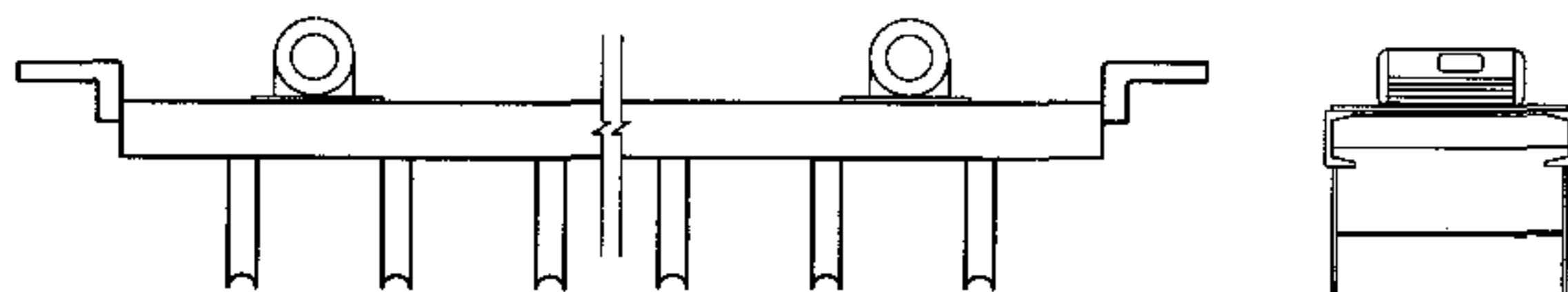


图 2 传力杆安放器

#### (6) 平板震动器拖振

采用 1.1kW 平板震动器拖振一至两遍,起到压实、提浆和赶出表层气泡的作用,提高表层质量。为提高压实效果和增加表面砂浆厚度,可在平板震动器下焊  $\phi 14$  钢筋,间距为 2cm,作为压浆条。

#### (7) 整平、提浆、做面

平板震动器拖振完成后,再用自制的 20cm×20cm 的方木震动梁(顶面装有两台 1.5kW 的震动器)进行人工拖振提浆和进一步整平,震动梁也是沿模板行走,如发现低凹处要及时人工填料找平,所填的粗细颗粒要分布均匀,防止因骨料分布不均而影响施工质量。

混凝土用震动梁拖振后,用三轴整平机往返滚动整平(在填仓施工时严禁使用三轴整平机,以防将先浇筑仓板边振坏),整平机也沿着模板行走,其往返行走不少于 3 遍,经过三轴整平机精平后,用 150cm 直径的钢滚筒拉提浆、找平,用通长的铝合金大刮尺人工刮抹两遍,使混凝土的表面浆液均匀,外观平整。

用木抹将混凝土表面揉压平整,使浆厚达到 3~5mm,再用钢抹抹面压光 2 遍,使混凝土表面无抹痕、砂眼、气泡和龟裂,呈平坦、密实、光滑的外观。

#### (8) 拉毛

混凝土表面压光后,掌握好时机,采用自制的拉毛器进行人工拉毛。拉毛时,毛刷要靠紧铝合金直尺,操作手用力要均匀,中间不停顿,确保拉毛纹理清晰、顺直、深浅均匀,纹理深度要达到设计要求。拉毛后,及时用土工布覆盖,防止出现发丝裂纹。

#### (9) 拆模

混凝土抗压强度达到 10MPa 时即可拆模,拆模时要避免损坏道面的边角、企口,拆下来的模板要轻搬轻放,及时清理、涂油,拆模后的混凝土侧面要及时涂刷沥青。

#### (10) 切缝

测量人员按设计位置弹出墨线,作为切缝导向,切缝时间按  $300^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$  控制,原则是宁早勿晚,以不掉角为准。如此可以有效地避免产生断板,可使混凝土内部及表面质量受影响最小。

### (11) 养生

混凝土表面具有一定强度后(一般在切缝进行前)即开始养生,养生过早会使混凝土表面出现脱皮现象,我们在混凝土养生时采用表面覆盖土工布洒水养生的方法,养生期间保持混凝土表面湿润,养生时间不少于 14d。

## 六、主要机具设备

一个工作面施工所用的主要机具设备见表 4。

表 4 主要机具设备

序号	名称	规格	单位	数量
1	强制式混凝土拌合站	HZS100	套	1
2	装载机	ZL40	台	2
3	自卸汽车	12t	台	1
4	汽车衡	100t	台	1
5	自行排式高频震捣机组		套	2
6	70 型插入式震捣棒	2.2kW	个	2
7	平板震动器	1.5kW	台	2
8	木桁夯	2×1.5kW	个	1
9	三轴整平机		台	1
10	传力杆安放器	2.2kW	台	1
11	抹平滚杠	φ150	个	2
12	铝合金靠尺	5m	个	4
13	木抹	长 60cm	把	4
14	钢抹		把	2
15	抹面踏板	长 5m	个	2
16	拉毛器		把	1
17	钢筋切割机		台	2
18	混凝土切缝机	HQJ-14 型	台	1

## 七、劳动组织

一个工作面施工人员配备见表 5。

表 5 劳动组织

分 工	人 数	工 作 内 容
测量	3	测量放样
模板工	10	立、拆模和整修加固模板
拌合站操作手	5	后台装料、拌合及配合
自卸车司机	4	混合料运输
混凝土摊铺工	6	摊铺混凝土
振捣工	6	高频振捣、平板拖振
整平、提浆工	6	木桁夯、三轴整平,钢滚筒提浆
揉面、压光工	4	铝合金尺刮平,木抹、钢抹做面,检查平整度
拉毛工	2	拉毛、整边、清扫
切缝工	3	切缝、清扫
养护工	8	覆盖土工布、洒水
工长	1	监督与协调施工

## 八、质量要求

### (一) 质量控制

1. 通过试验段确定劳动组织和技术措施,使工人掌握工艺要点和规范要求。
2. 对模板实施施工队自检、项目部专检、报请监理验收的三级检验制度。
3. 对自动计量设备要定期进行校核,确保配合比准确无误。
4. 每天实测砂石料的含水量后下达施工配合比,气温偏高时可少量调整用水量。
5. 震动装置要有适量备用品,使用中应加强保养。每台震动棒累计使用 100h 后更换润滑油(5 号机油)、油封和轴承(7306AC)等。
6. 封仓时传力杆安放要正确,切缝要及时,以防产生断板。



## (二)质量标准

机场跑道混凝土不得有裂缝、露石、脱皮起壳、凹坑、足迹、积瘤、蜂窝和麻面,接缝不应掉角,嵌缝应饱满密实,粘结牢固,嵌缝料无杂物,缝隙两边整齐,质检标准见表6。

表6 机场场道质量检查标准

	项目	质量标准	检查方法
保证项目	抗折强度/MPa	5	小梁抗折试件试验,400m <sup>3</sup> 两组试件,现场圆柱体试件劈裂试验作校核,每1m <sup>3</sup> 钻取一个试件
	板厚度/mm	不小于设计厚度-5mm	拆模后检查总数的1/10,每1万m <sup>2</sup> 钻取一个试件
	平整度/mm	不大于3,大于3的不超过15%,极值不大于6	用3m直尺检查,抽查分块总数的1/10,测板的纵横轴线与任一直线,取三尺最大间隙的平均值
	表面平均纹理深度/mm	不得小于0.4,不刻槽的道面不得小于0.64	用填砂法检查,检查分块总的1/20,每块板检查三点,三点布置在板的对角线两端和中间,取三点平均值
	相邻板高差/mm	不大于2	抽查分块总的1/10
一般项目	纵横缝直线性/mm	不大于10	用20m拉线检查,抽检接缝部长1/10
	高程/mm	±5	用水准仪测量,每10m测一横断面,测点间距不大于10m
	宽度	1/2000	用钢尺自中线向两侧丈量,每200m测量一处
	预埋件、预留孔位置中心/mm	±10	纵横两方向用钢尺丈量

## 九、安全生产

1. 加强施工用电教育和检查,严格按照一机一闸一保护接线,所有电线严禁拖地踩踏,机械的开与关均有专人负责,确保施工用电安全。
2. 严格车辆管理,遵守行车规程。仓内倒车和倾倒混凝土时,要有专人指挥。
3. 拌合站提升料斗时严禁在斗下作业和通行,严禁喂料时操作人员将头伸进料斗与机内观察情况,料斗用人工清理时,操作间内要有专人值守,在人从料斗出来前严禁开机。

## 十、技术经济分析

我们将此工艺与传统的人工分层摊铺、平板震动器振捣作了以下对比分析:

1. 经过对单幅宽4m厚0.42m的混凝土板的施工统计,采用本工法每h可成型混凝土道面约19m,每台班能成型137m~148m,施工速度比旧工艺有很大提高。
2. 采用本工法虽没达到减少作业人员的目的,但大大降低了作业人员的劳动强度。
3. 采用本工法施工混凝土密实性明显提高。经现场钻芯取样,观察样芯外观显示混凝土内部粗骨料分布更加均匀,骨料无离析现象,28d抗折强度平均值为6.24MPa,比旧工艺提高了约10%。采用本工法后混凝土表面的砂浆更加均匀、一致,大大提高了表观质量,为后几道工序的顺利开展奠定了良好的基础。
4. 施工速度的提高,工人作业强度的减轻,降低了人工费和管理费开支,提高了施工质量和效益,使经济效益有较大提高。

## 十一、工程实例

广州白云国际机场迁建工程是国家“十五”重点工程,是目前国内一次性投资规模最大、同期建设两条跑道的机场,按民航4E枢纽航空港的标准设计。

我集团二公司承建的是西飞行区道面工程第六标段,从2001年8月进场后,着手本工法的开发,经反复试验论证,工艺逐步成熟。道面水泥混凝土于2002年3月中旬开工,采用本工法施工不仅提高了生产效率,而且混凝土质量均达到了设计和规范的要求,取得了较好的效果,得到了广州白云国际机场迁建工程指挥部、监理单位以及民航系统相关领导专家的肯定,取得了较好的经济效益和社会效益。

执笔:范荣刚 陆方勋 徐美华 吴迪 邢桥生