

# 精益生产方式下生产线平衡的研究

叶晓素, 蔡 勇

(西南科技大学制造科学与工程学院, 四川绵阳 621010)

**摘要:** 生产线平衡是影响企业发展的重要因素, 精益生产方式的理论为解决生产线平衡问题提供了一个新的且切实可行的方法。运用精益生产理论对生产线五要素进行分析, 找出产生瓶颈工位的原因, 提出解决方案, 调整整条生产线, 将企业的各种浪费降到最低, 从而达到使各工位负荷尽量相等、提高生产线平衡率的目的。

**关键词:** 生产线平衡; 精益生产; 生产线五要素

**中图分类号:** F273      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1009-9492 (2009) 11-0058-02

## 1 引言

几乎每个企业都存在生产线不平衡的问题。导致这一问题的原因有很多: 员工技能差异、机器设备的不稳定性、物料不能及时输送、没有标准的作业方法、现场脏乱差等。因不能按时提供必要的零部件而导致生产中断, 到月末不断加班、急赶进度的现象时有发生。所以要想企业有更高的生产效率、更优质的产品, 必须要解决的首要问题就是生产线平衡问题。

## 2 生产线平衡原理

通常用生产线平衡率来衡量生产线平衡状态的效果。其计算公式如下:

$$\text{生产线平衡率} = \frac{\text{各工序的时间总和}}{\text{人或机器的数目} \times \text{C.T.}} \times 100\%$$

式中: C.T 表示生产线中作业时间最长工序的作业周期<sup>[1]</sup>。即通常所说的瓶颈工位的时间。瓶颈, 顾名思义就是一个瓶子最窄的位置, 如图 1 所示。

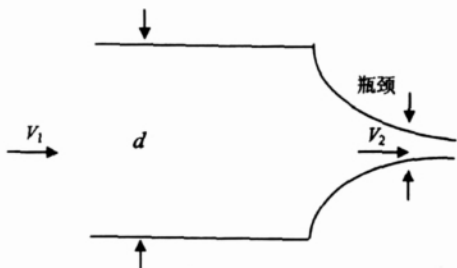


图 1 生产线瓶颈示意图

生产线平衡率好比流过瓶子流水的速度, 显然流水速度的快慢取决于瓶颈的直径。由于有瓶颈工位的限制, 瓶身的直径  $d$  再大, 也不能提高其流速。但另一种极端就是当流水速度 (整条生产线的速度) 都等于或小于瓶颈直径, 即各工位都以瓶颈工位的时间生产时, 也能顺畅流动, 但这是任何企业都不会采取的措施, 而且可以肯定这样的企业不可能生存下去。下面举一个小例子对瓶颈工位加以说明: 假设一个有 5 个工序的作业流程, 每个工位由一人操作, 各自的时间如图 2 所示: 不难发现第 3 个工位耗时最长, 是影响效率的瓶颈。当前的平衡率为 76%, 通常认为生产线平衡率为 70%~85% 时对生产线的控制基本是在科学管理原则下进行的, 而企业要想提高竞争力, 必须提高到 85% 以上。

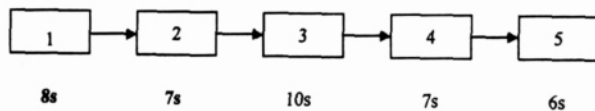


图 2 某作业流程图

所以要提高生产线平衡率, 就是要使生产线上各工序的时间尽量相等且达到最优时间, 从而消除瓶颈工位。此例的原理近似木桶原理: 一个水桶装水量的多少取决于最短的那块木板。

## 3 生产线平衡的现状

生产线平衡率低是很多企业都存在的问题, 而这会产生一系列连锁反应: 生产成本低、工作缺乏热情、品质

# 全国Mini-MBA职业经理双证班



精品课程 权威双证 全国招生 请速充电

你可能准备跳槽或者求职, 却为缺少行业经验和专业证书而被用人单位百般挑惕!

你可能目前衣食无忧, 但随着年龄的增长和社会竞争压力的增大, 因为得不到专业的全新培训而失去竞争的机会和面临被淘汰的危机。

美华教育携手中国经济管理大学面向全国举办迷你 MBA 职业经理双证书班, 毕业颁发双证书。

## 招生专业及其颁发证书

认证项目	颁发双证	学费
全国《职业经理》MBA 高等教育双证书班	高级职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《人力资源总监》MBA 双证书班	高级人力资源总监职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修证书	1280 元
全国《生产经理》MBA 高等教育双证班	高级生产管理职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《品质经理》MBA 高等教育双证班	高级品质管理职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《营销经理》MBA 高等教育双证班	高级营销经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《物流经理》MBA 高等教育双证班	高级物流管理职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育结业证书	1280 元
全国《项目经理》MBA 高等教育双证班	高级项目管理职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《市场总监》MBA 高等教育双证书班	高级市场总监职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《酒店经理》MBA 高等教育双证班	高级酒店管理职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《企业培训师》MBA 高等教育双证班	企业培训师高级资格认证毕业证书+2 年制 MBA 高等教育研修证书	1280 元
全国《财务总监》MBA 高等教育双证班	高级财务总监职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《营销策划师》MBA 双证书班	高级营销策划师高级资格认证证书+2 年制 MBA 高等教育研修证书	1280 元
全国《企业总经理》MBA 高等教育双证班	全国企业总经理高级资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《行政总监》MBA 高等教育双证班	高级行政总监职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育结业证书	1280 元
全国《采购经理》MBA 高等教育双证班	高级采购管理职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育结业证书	1280 元
全国《医院管理》MBA 高等教育双证班	高级医院管理职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育结业证书	1280 元
全国《企业管理咨询师》MBA 双证班	高级企业管理咨询师资格证书+2 年制 MBA 高等教育结业证书	1280 元



### 【授课方式】 全国招生、函授学习、权威双证

我校采用国际通用3结合的先进教育方式授课（远程函授+教学电子光盘自修+网络学院持续视频学习）



### 【颁发证书】 学员毕业后可以获取权威双证书与全套学员学籍档案

- 1、毕业后可以获取相应专业钢印《高级职业经理资格证书》;
- 2、毕业后可以获取2年制的《MBA研究生课程高等教育研修结业证书》;



### 【证书说明】

1. 证书加盖中国经济管理大学钢印和公章（学校官方网站电子注册查询、随证书带整套学籍档案）;
2. 毕业获取的证书与面授学员完全一致，无“函授”字样，与面授学员享有同等待遇，证书是学员求职、提干、晋级的有效证明；。



### 【学习期限】 3个月（允许有工作经验学员提前毕业，毕业获取证书后学校仍持续辅导2年）



### 【收费标准】 全部费用1280元（含教材光盘、认证辅导、注册证书、学籍注册等全部费用）

函授学习为你节省了大量的宝贵的学习时间以及昂贵的MBA导师的面授费用，是经理人首选的学习方式。



### 【招生对象】

- 1、对管理知识感兴趣，具有简单电脑操作能力（有2年以上相应工作经验者可以申请提前毕业）。
- 2、年龄在20—55岁之间的各界管理知识需求者均可报名学习。



### 【教程特点】

- 1、完全实战教材，注重企业实战管理方法与中国管理背景完美融合，关注学员实际执行能力的培养；
- 2、对学员采用1对1顾问式教学指导，确保学员顺利完成学业、胸有成竹的走向领导岗位；
- 3、互动学习（专家、顾问24小时接受在线咨询，第一时间回答学员的提问和咨询）



### 【考试说明】

1. 卷面考核：毕业试卷是一套完整的情景模拟试卷（与工作相关联的基础问卷）
2. 论文考核：毕业需要提交2000字的论文（学员不需要参加毕业论文答辩但论文中必修体现出5点独特的企业管理心得）
3. 综合心理测评等问卷。



### 【颁证单位】

中国经济管理大学经中华人民共和国香港特别行政区批准注册成立。目前中国经济管理大学课程涉及国际学位教育、国际职业教育等。学院教学方式灵活多样，注重人才的实际技能的培养，向学员传授先进的管理思想和实际工作技能，学院会永远遵循“科技兴国、严谨办学”的原则不断的向社会提供优秀的管理人才。



### 【承办单位】

美华管理人才学校是中国最早由教委批准成立的“工商管理MBA实战教育机构”之一，由资深MBA教育专家、教育协会常务理事徐传有教授担任学校理事长。迄今为止，已为社会培养各类“能力型”管理人才近10万余人，并为多家企业提供了整合策划和企业内训，连续13年被教委评选为《优秀成人教育学校》《甲级先进办学单位》。办学多年来，美华人独特的教学方法，先进的教学理念赢得了社会各界的高度赞誉和认可。



【咨询电话】13684609885 0451--88342620

【咨询教师】王海涛 郑毅

【学校网站】<http://www.mhjy.net>

【咨询邮箱】[xchy007@163.com](mailto:xchy007@163.com)



## 【报名须知】

- 1、报名登记表格下载后详细填写并发送邮件至 [xchy007@163.com](mailto:xchy007@163.com) (入学时不需要提交相片，毕业提交试卷同时邮寄4张2寸相片和一张身份证复印件即可)
- 2、交费后请及时电话通知招生办确认，以便于收费当日学校为你办理教材邮寄等入学手续。



## 【证书样本】(全国招生 函授学习 权威双证 请速充电)

(高级职业经理资格证书样本)

(两年制研究生课程高等教育结业证书样本)



## 【学费缴纳方式】可以选择以下任意一种方式缴纳学费

方式一	学校地址	邮寄地址：哈尔滨市道外区南马路 120 号职工大学 109 室 邮政编码：150020      收件人：王海涛
方式二	学校帐号	学校帐号：184080723702015 账号户名：哈尔滨市道外区美华管理人才学校 开户银行：哈尔滨银行龙江支行 支付系统行号：313261018018
方式三	交通银行 (太平洋卡)	帐号：40551220360141505      户名：王海涛 开户行：交通银行哈尔滨分行信用卡中心
方式四	邮政储蓄 (存折)	帐号：602610301201201234      户名：王海涛 开户行：哈尔滨道外储蓄中心
方式五	中国工商银行 (存折)	帐号：3500016701101298023      户名：王海涛 开户行：哈尔滨市道外区靖宇支行
方式六	建设银行帐户 (存折)	中国人民建设银行帐户 (存折)： 1141449980130106399 用户名：王海涛
方式七	农业银行帐户 (卡号)	农业银行帐户 (卡号)： 6228480170232416918 用户名：王海涛 农行卡开户银行：中国农业银行黑龙江分行营业部道外支行景阳支行

可以选择任意一种方式缴纳学费，建议使用第五种方式（中国工商银行，比较方便快捷）收到学费的当天，学校就会用邮政特快的方式为你邮寄教材和考试问卷。

<http://www.mhgy.net>



波动、库存增加等。这些都是造成企业竞争能力下降的原因。所以很多企业都在积极寻找解决生产线不平衡的方法。

目前国内外对于生产线平衡的理论研究已达到相当高的水平,提出了各种算法:Jackson 算法、分枝定界算法、启发式算法等<sup>[2]</sup>。虽然对生产线平衡问题的研究已经有了几十年的历史,但至今尚未形成一套系统的方法和理论。一些理论上的最优化方法虽能够得出最优解,但由于其计算的复杂性,并且忽略了生产过程中的一些实际因素,得出的结果离实际运用还有较大距离。所以需要探求一套切实可行的方法来解决此问题。

#### 4 精益生产方式

以上所述问题的出现除了技术上的原因,很大一部分还要归结于管理水平低下。正所谓“三分技术,七分管理”。所以针对以上所述现状,用精益生产方式这一理论来解决生产线平衡问题。

精益生产的思想是消除一切不必要的浪费,杜绝一切多余的环节。最大限度地发挥企业里每一组织、每一工作人员的能力和积极性,并不断改善。

用鱼骨图来分析产生生产线不平衡的原因,如图 3 所示,运用精益生产的理论来解决生产线平衡问题。

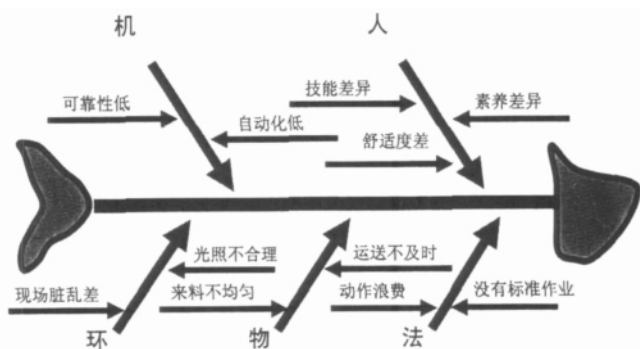


图 3 生产线平衡率低下的原因

##### 4.1 针对人的解决方法

通过鱼骨图可以发现实际生产中工人可能会因为各自技能的原因而使工作进度不同;会因为座椅的舒适度不同而产生生理的不适;会因为奖惩制度的不合理导致不满情绪;而且工人在工作过程中随意聊天的现象屡见不鲜,等等这些都是影响生产进度的原因。

精益生产思想要求以“人”为中心,充分尊重人的权利。它强调少人化理念,培养多能工,让工人能尽量多的适应生产线上各工位的工作,当需求增加缺少人手时可以及时进行调整,避免因人才短缺而造成不必要的停工;建立合理的奖惩制度并加强管理培训,使工人对工作充满激情并且有严谨的纪律,以高度的责任心保障工作的顺利进行;运用人因工程的方法为工人设置正确的工作姿势,尽量采取站姿和坐姿交叉工作,提供舒适的座椅,并设置合适的休息时间,让工人疲惫的身心得到及时的休息。

##### 4.2 针对机器的解决方法

近年来对于系统可靠性的分析越来越受到人们的重视,因为机器设计不合理导致操作不当而引发的事故居高不下,生产过程中会因为机器的非正常停机或工人操作不当造成生产中断而影响工作进度。所以企业必须对该问题提出相应的解决方案。

精益生产理论要求以“零故障”为目标,将生产事故的发生率降到最低。为达到此目的企业要实行全面生产维修制度,包括例行维修、预测性维修、预防维修和立即维修四种<sup>[3]</sup>:

(1) 例行维修:日常生产过程中,工人和维修工每天检查自己所负责的机器,对机器进行日常养护,及时发现故障并修理;

(2) 预测性维修:利用测量手段等技术对潜在的问题进行预测,保证生产设备不会因机器故障而造成时间上的损失,防患于未然;

(3) 预防维修:为每台机器设置档案,做好维修记录,从而可以根据经验和资料在适当的时候对机器进行检修;

(4) 立即维修:当机器出现问题时,维修工在第一时间赶到,并且以最快的速度诊断维修,将损失降到最低。

另外,应加强工人主人翁意识的教育,像爱家一样爱护企业的每一样东西,并且加强培训工作,让工人对机器有更深入的认识,减少因操作失误而造成的损失。

##### 4.3 针对物料的解决方法

物料移动费用通常约占工厂总成本的 5%~90%之间,平均约占 25%<sup>[4]</sup>。由于移动时没有对零件或产品进行加工,是非生产型的,精益生产认为这是搬运浪费。生产过程中因为某一零件的欠缺,造成很多零件或半成品在车间大量停滞,精益生产认为这种现象是等待的浪费。因为搬运不产生任何价值,所以精益物流强调物料解决的最高境界是“零库存”,强调把物料搬运过程中的一切浪费降到最低。运用精益物流的方法来解决此问题的方法如下:

(1) 合理安排车间设备的布置,使物流路线畅通,并且运输距离最短;选择合适的搬运设备来运输材料;

(2) 巧用重力原则、自动化原则、空间利用等原则来使搬运合理,这会使工作轻松很多;

(3) 与供应商做好协调工作,及时下订单以保证供应方能准时供货,从而保证生产的正常运行,减少半成品的堆放。

##### 4.4 针对作业方法的解决方案

为了提高生产线平衡率,就要尽量使各工序的负荷趋于相等。精益生产中 JIT (Just In Time) 方法强调要想在需要的时候以需要的数量生产需要的产品,就必须以标准作业方法为前提<sup>[5]</sup>。工人在生产过程中会因为机器的设计不合理、操作不够熟练、方法不科学等原因造成每个人的操作进度不一样。对于此问题采取以下解决方法:

(1) 运用动作经济性原则,把一只手的工作分担给两只手同时工作,这不但减轻一只手的工作负担,还节约了

(下转第 94 页)

```
IF [#3LE#7] GOTO 1
M99
```

图 3 (b) 所示工件的程序为:

```
主程序: G200 A17.3 B7.7 C23.74 D156.26 X13.5
Z26.5 F0.2
```

宏程序: O9018

```
N1 #4=#24-#2*SIN [#3]
```

```
#5=#1*COS [#3] -#26
```

```
#6=2*#4
```

```
G01 X#6 Z#5 F#9
```

```
#3=#3+0.05
```

```
IF [#3LE#7] GOTO 1
```

```
M99
```

## 6 结论

数控系统本身 G 代码、M 代码等的直接应用, 可以很大幅度地简化手工编程, 一般只需对这些固定指令按格式套用即可。但这些代码只能直接应用于直线、斜线、圆弧

(上接第 59 页)

时间, 提高了工作效率;

(2) 对每一工位进行研究, 用 ECRS (取消、合并、重排、简化)、5W1H 方法对每一操作单元进行提问分析, 取消不必要的动作, 对可以合并的单元进行合并, 简化繁琐的操作, 然后对各操作进行重排;

(3) 运用动作研究、时间研究等方法建立标准的、科学的、合理的作业方法, 并对员工进行培训, 使工人的操作差异化降到最低。

### 4.5 针对作业环境的解决方法

生产现场脏乱差的现象已成为很多企业的共识。工人随手摆放工具、生产车间随处可见的暂存区、以及半成品的随意堆放等都是造成现场环境差的原因。精益生产方式认为现场是一个有机体, 绝不能将现场看成是将脑托付给管理部门而只有手脚的场所, 管理部门不能成为现场的指挥官, 应以提供服务的姿态, 扶持现场, 并充分挖掘现场的潜能, 建立现场的自律机制, 使现场真正处于主人公的位置<sup>[5]</sup>。不能因为有清洁工的存在而忽视环境的作用, 运用 5S 管理 (整理、整顿、清扫、清洁、素养) 来解决此问题。

(1) 整理: 现场不需要的东西要坚决处理, 做到生产现场无不用之物。因为不需要的东西会分散工人的注意力, 引起生产线的波动, 使均衡性下降。

(2) 整顿: 把必要的东西放好, 在需要的时候能立即找到。可以在不同的工具上涂不同的颜色加以区分, 让工人一目了然, 并且按不同的颜色区域正确摆放。这样可以消除或减少寻找工具的时间, 使生产线更加稳定。

(3) 清扫: 每天下班之前每个工人对自己负责的包干区进行清扫, 清除油污、灰尘等, 保证生产现场干净、整洁。

(4) 清洁: 坚持以上三个方面, 做到持之以恒。

的加工, 遇到非圆曲线 (如椭圆, 正弦曲线, 抛物线等) 就束手无策了。宏程序的应用解决了这个难题, 但每次宏程序的编制与传输过程很繁琐, 所以此时会想到将宏程序固定指令化。对于 FANUC 系统来说, 参数 “6050” ~ “6059”、参数 “6080” ~ “6089” 便可实现该功能, 其中, 参数 “6080” ~ “6089” 是 “调用程序号为 9020~9029 的用户宏程序的 M 代码”, 这也是 FANUC 系统提供的一个更高层次的对话平台。

参考文献:

- [1] 吴一帆. 数控机床编程及操作实训手册 [M]. 苏州: 苏州大学出版社, 2008.
- [2] BEIJING-FANUC Oi-C/ Oi Mate-C 参数说明书 [Z]. 北京发那科机电有限公司, 2004.
- [3] 沈建峰. 数控机床编程与操作实训 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.

作者简介: 沈长生, 男, 1985 年生, 江苏睢宁人, 大学本科, 助教。研究领域: 数控技术。

(编辑: 王智圣)

(5) 素养: 目前生产线工人的流动性较大, 有些工人对自身重要性的意识不够。这就要企业定期培训, 提高工人的素质。素养是 5S 的核心, 因为生产线要稳定、均衡、高效地运行就必须要求工人有很高的素养<sup>[6]</sup>。

同时, 对操作车间的照明、噪声等环境进行整合, 为工人营造一个有充足照明、噪声很低的作业环境。

## 5 结束语

运用精益生产方式的理论来解决生产线平衡问题是当今制造业的一个趋势。通过运用精益生产理论来解决此问题, 旨在提高生产线的平衡率, 降低运行成本。使得机器可靠性得到提高, 物料能及时运送, 工人以标准的、科学的、合理的作业方法工作, 且有舒适的工作环境。通过协调生产线的各要素, 使各环节能相互协调、相互配合, 从而保障生产线的正常运行, 达到 “一个流” 的生产目的。

参考文献:

- [1] 岑昊, 蔡三发. 装配生产线平衡的改善 [J]. 上海管理科学, 2005 (5): 15-17.
- [2] 吴晓艳. 装配生产线平衡的研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2007.
- [3] 陈兴武. 精益生产方式-在渝青公司的应用研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2006.
- [4] Wayne C. Tuner Joe H. Mize. 工业工程概论 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [5] 王仕卿, 宋建林, 李景元. 谈精益生产方式在车间生产中的作用 [J]. 车间管理, 2005 (1): 4-7.
- [6] 孙建华, 高广章, 蒋志强. 生产线平衡的手段与方法研究 [J]. 成组技术与生产现代化, 2004 (4): 34-35.

第一作者简介: 叶晓素, 女, 1986 年生, 江苏泰州人, 硕士研究生。研究领域: 机械设计及自动化 (物流方向)。

(编辑: 向 飞)

performance of isolated transformer affected by TCR significantly.

**Key words:** TCR; var compensation; digital signal processing; instantaneous reactive power

## 09-11-55 Intellectual Charging System Based on Single-Chip Computer Control

**LUO Li-yuan, WANG Qi-xiang, LIAO Hong-peng**(Guangdong Communication Polytechnic, Guangzhou510800, China)

**Abstract:** This paper designs a fuzzy control fast charging device based on single-chip computer C504. The device includes two parts of control circuit and power supply which adopts high frequency switching power supply technique. The method of system implementation is to monitor Ni-Cd battery terminal voltage and charging time, output modified PWM value after analyzing and handling voltage and time signal with C504 fuzzy controller, control on-off time of MOSFET power switching in second harmonic circuit through TLP250 signal amplification, change the value of output direct voltage and control the value of charging current. The specific method is to adopt grading constant current and use intelligent fuzzy controller to modify charging current properly according to different battery charging state, so it doesn't cause situation of battery damage because of large current over charge and reduces charging time as well as guarantee life-span of battery.

**Key words:** controller; C504; charging device

## 09-11-58 The Research of the Line Balancing Under the Lean Production

**YE Xiao-su, CAI Yong**(Southwest University of Science and Technology, Mianyang621010, China)

**Abstract:** Production line balancing is an important factor to affect the enterprise's development, the theory of the lean production is a practical feasible method to solve the problem of the production line balancing. This paper uses the theory of lean production to analyze the production line's five elements, finds the cause of the bottleneck station, and the solution is proposed to adjust the production line. It can reduce the enterprise's waste to the lowest, and achieve the goal of equating the operating load and improving the rate of the production line balancing.

**Key words:** production line balancing; lean production; five elements of production line

## 09-11-60 The Research on Brake Time of 33E Electric Mower Based on Belt Tension Braker

**ZHAO Ya-ping<sup>1,2</sup>, GUO Xu-hong<sup>1</sup>, LI Wen-fei<sup>1,3</sup>**(1. Electrical and Mechanical Engineering Institute, Suzhou University, Suzhou215006, China; 2. department of Information and Electrical Engineering, Suzhou Agricultural Vocational and Technical College, Suzhou215008, China; 3. Suzhou KingClean Floorcare Co., Ltd., Suzhou215009, China)

**Abstract:** The paper has researched the relationship between the braking time and tension of deceleration strap of 33E electric mower when the output power, speed and load moment of inertia are invariant, and got the law between tension control of deceleration strap and braking time. In the end, a cutting device without an independent brake has been realized only three seconds of braking time with less product cost and stronger product competitiveness.

**Key words:** belt tension; electric mower; brake institutions; braking time

## 09-11-63 Analysis of the Effect on Protection during Loop Closing Operation in 10kV Distribution Network

**ZOU Jun-xiong, XU Qiang, FU Ke, LIU Yang**(1. Guangzhou Power Supply Bureau, Guangzhou510620, China; 2. Electric Power

College of South China University of Technology, Guangzhou510640, China)

**Abstract:** Several types of loop closing operation in 10kV distribution network are introduced. The influential factors of the steady state current are analyzed. According to the setting principle of feeder protection, the effect of the protection misoperation caused by the surge current and the steady state current during the loop closing operation is analyzed. The issue of the protection sensitivity is discussed and the practical criterion to analyze the effect on protection during the loop closing operation is introduced, it is significant to instruct the loop closing operation.

**Key words:** distribution network; loop closing operation; protection; sensitivity

## 09-11-66 Study on the Secondary Development of MSC.Patran Based on VC++

**ZHOU Ming-gang<sup>1</sup>, DING Lv-hui<sup>2</sup>, ZHOU Jing-dong<sup>1</sup>**(1.College of Mechanical Engineering, Hubei University of Technology, Wuhan430068, China;2.School of Mechanical Science&Engineering, Huazhong University of Science&Technology, Wuhan430074, China)

**Abstract:** The Interface of the secondary development for Patran is analyzed in this paper, three methods and its implementation of the secondary development for Patran based on VC++ are studied, and the comparison of these three methods is also studied.

**Key words:** Patran; VC++; Secondary Development; CAE

## 09-11-69 Welding Manufacturing Studies of Large Hydro Stay Ring

**CHEN Zhi-qiang, JIANG Hui**(Tianjin ALSTOM Hydro Co., Ltd, Tianjin300400, China)

**Abstract:** This paper systematically analyzes the major groove structure design and welding control essentials, as well as the method of eliminating welding residual stress of the large turbine Stay Ring welding manufacturing. Not only to make our Stay Ring products fully meet the quality requirements and the user needs, but also to improve the production efficiency and save production cost greatly.

**Key words:** large Stay Ring; welding manufacturing; groove design; welding control essentials; eliminating residual stress

## 09-11-72 Magnet System Design, Checking and Optimizing of High Gradient Magnetic Separator

**HE Jian-quan, XU Li-min**(Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals, Guangzhou510000, China)

**Abstract:** The magnet system of the high gradient magnetic separator is the center of the magnetic source providing and supporting, it is the core component of the equipment. In this paper we are checking the magnet system which is designed after the theoretical calculation, the result is that under the other conditions in the premise of the same, the magnetic field indensity in the air-gap increases with the cross-section increasing, otherwise, the magnetic field indensity will reduce. The checking result confirms the theoretical feasibility of design ideas. The paper also puts forward the optimizing measures of the magnet system design.

**Key words:** high gradient magnetic separator; magnet system design; checking; optimizing

## 09-11-74 Simulation Device of Error Diagnosis in FANUC NC System

**WEI Sheng, WANG Ming-you**(School of Mechanical and Electrical Engineering, Shenzhen Polytechnical, ShenZhen518055, China)