

文章编号 :1007 - 649X(2001)01 - 0089 - 04

# 电解铝工业 ERP 方案的研究

杨秀红,陈铁军,冯冬青

( 郑州工业大学电气信息工程学院 河南 郑州 450002 )

摘 要 : 根据电解铝工业产品结构单一、生产类型多、生产控制难、能耗高等特点 , 采用现行企业资源计划( ERP )理论 给出了电解铝工业 ERP 体系结构图 , 该结构以 MRP II 为核心 结合 Internet 技术 增加了配方管理、能源管理、电解铝生产计算机管理等模块 . 简要介绍了这些模块中定义工艺配方、定义工艺过程、电解铝过程控制、仿真、故障诊断以及 ERP 和 JIT 管理方式的结合的设计思想 , 该系统已在天元铝业集团实施 , 效果良好 .

关键词 : 企业资源计划 ; 电解铝工业 ; 集成

中图分类号 : TF 111.52 ; TP 391 文献标识码 : A

## 0 引言

随着数字通讯技术的迅速发展 , 市场全球化的趋势日趋明显 , 电解铝企业面临的竞争就更加强烈 , 这就要求企业采用先进的制造、加工和管理技术 , 不断缩短新产品开发周期 , 提高产品质量 , 降低产品成本 , 提高以多种方式组织生产的能力 , 增强市场应变能力 , 满足市场多变的要求 .

计算机技术、自动控制技术、信息技术的迅猛发展为现代电解铝工业的发展带来了新的挑战和机遇 . 一些电解铝企业已应用了人事、财务、销售等信息管理系统和计算机控制技术 , 但是 , 这些应用大多仍然停留在自动化孤岛水平 , 各系统之间很难形成信息交流和数据共享 , 这些信息系统的作用没有得到充分发挥<sup>[1]</sup> . 如何将生产、制造、销售、物料供应及用户需求等各部分有机地结合起来 , 协调优化地组织生产是电解铝企业有待解决的问题 .

企业资源计划( ERP )是一种以计算机为基础 , 运用管理等相关学科的理论和方法 , 对工业过程进行有效的计划与控制 , 实现企业的信息流、物流、资金流的集成的管理信息系统 . 它根据相关需求理论 , 确定产品的零部件和原材料的需求量和需求时间 , 以物料需求为中心 , 对生产能力进行平衡 , 将企业的生产、财务、采购、销售、工程等紧密

结合起来 , 共享数据 , 实现企业的全面集成管理<sup>[2]</sup> .

本文在现行 ERP 理论的基础上 , 研究了电解铝工业生产的特点 , 提出了电解铝工业 ERP 的体系结构图 , 并对其中的一些子模块给出了设计思想 .

## 1 电解铝工业生产的特点

ERP 系统要具体针对使用对象 , 定位在某一行业上 , 对行业生产特点要了解 , 这样才能使得设计的 ERP 系统符合企业实际 , 为 ERP 系统的成功实施奠定良好的基础 .

现代铝工业生产主要是以氧化铝为原料 , 以冰晶石(  $3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$  )为主要熔剂 , 以氟化钙、氟化镁等为添加剂 , 用冰晶石 - 氧化铝熔盐电解法来生产铝 . 具体的流程如下<sup>[3]</sup> : 将直流电通入电解槽 , 在阴极和阳极上起一系列电化学反应 , 电解出液体铝及一些伴随产物 , 铝液用真空抬包抽出 , 经过净化和澄清后 , 浇铸成商品铝锭 , 或者对生产的铝锭进行加工 , 制成各种各样的铝材 . 一般来说 , 一旦电解槽投入使用 , 在大修之前不再中断 , 且电解出来的铝的规格是固定的 , 只能靠变更电解槽的一些参数来改变 . 与离散型的生产相比 , 铝电解工业有其自身的一些特殊性 .

### 1.1 产品结构、物料数量和层次单一

产品结构主要是由不同品位的铝、铝电解中

收稿日期 2000 - 11 - 12 ; 修订日期 2000 - 12 - 29

基金项目 河南省自然科学基金资助项目( 994060600 )

作者简介 杨秀红( 1977 - ) , 女 , 湖北省浠水县人 , 郑州工业大学硕士研究生 .

万方数据

得到的 Fe、Si 等副产品、回收的氟化物、废品、储存槽中存储的氧化铝、电解槽散发出来的气态和固态污染物、电解用到的熔剂、添加剂和炭这些辅助原料以及消耗的电能等组成。不像离散型的工业,产品种类多,每一种产品所需的零部件和原材料又各有不同,因而离散型生产的物料种类多,数量不一。

### 1.2 电解槽生产能力提高困难,生产工序中途不能中断

在电解铝生产中,从氧化铝和冰晶石的加入到铝液的真空抬出以及铝液的浇铸等一系列工序都是连续的,中间不能中断,无等待时间,且工艺的提前期很短。铝电解槽是炼铝的主要设备,它的生产能力主要是由其结构参数来决定的,一旦投产,电解槽的生产能力是相对固定的,不能中途中断运行,铝的产量随原料的浓度和电解槽的工艺参数变化。故当市场的供需求发生变化时,在现有条件的基础上只能通过生产参数来控制产量,如通过提高电流强度、电流效率、运行的槽昼夜数来改变铝产量,但这些同时还受到槽的结构参数的约束。

### 1.3 生产类型多样化,电解过程难以控制

单一类型的生产已经难以适应激烈的市场竞争,大多数的电解铝企业将流程型生产电解铝和离散型生产铝加工的结合起来,生产类型日趋多样化,电解铝的生产控制包括氧化铝浓度、电解质的温度以及电解槽的故障诊断等,这些一直是电解铝过程中的难题,一般控制很难达到满意的效果。

### 1.4 设备造价高,电解耗能大

电解铝工业所用到的设备费用高,应尽可能延长设备的使用期,对设备充分利用。在电解过程中,消耗的电能是惊人的,如何节省电能,提高电流效率一直是电解工业关心和研究的热点。

## 2 电解铝工业 ERP 的结构模块

类似于制造业 ERP 系统,电解铝工业 ERP 系统也主要包括主生产计划、物料需求计划、销售、采购、库存、成本、应收帐、应付帐、总帐、工资、固定资产、设备、人事、质量等主要模块,除此之外,由于电解铝工业铝的生产是根据配方来进行的,它不能像离散型生产那样用产品结构或者 BOM 作为制定主生产计划和物料需求计划的依据,它只能根据铝产品与所需原料的关系即配方来确定主生产计划和物料需求计划,故配方管理是电解

铝工业生产中必不可少的一个功能模块。考虑到离散型的生产如铝加工在电解铝工业未来发展趋势中将会具有重要的地位,为了适应企业这种流程型和离散型生产并存的特点,制造业 ERP 中的物料管理模块也是不能缺少的。

计算机集成控制技术自从 70 年代以来,在电解铝过程中一直起着重要的作用。早期只是利用计算机进行常规的控制,如阳极升降、定时打壳下料等。随着计算机技术的发展,电解铝计算机控制的内容也越来越广泛,如对氧化铝浓度进行自适应控制,对槽电压控制,氧化铝加料控制,浓度跟踪、铝换极等过程控制,根据在线采集槽况数据进行槽况诊断,以及利用氧化铝浓度控制、专家系统和动态仿真联合判断槽况,实现对电解槽的全面状态判断和控制;建立生产过程监测、计量系统等。但是这些基本上都是作为孤立的一部分而存在,不能很好地与管理信息系统形成信息共享,也无法与生产中的其他环节全面集成,所以应该把电解铝计算机控制作为 ERP 中的一个子模块,与其它信息管理子系统连接,实现管控一体化,形成一个闭环的生产计划与调度系统。

电解铝生产中耗电量大,所耗电量在成本中占很大比例。如何节省电能,从而减少铝的生产成本,提高企业效益是值得注意的重要问题,因此电解铝工业 ERP 系统中应有能源管理模块;为了能够实现企业信息的全面集成,应当建立企业的 intranet 平台,并利用信息广泛、快捷的 Internet 将企业的销售管理、采购管理、人力资源管理上网,还应增加 EDI 接口,用于企业供销网中的数据传送,满足将来企业对于 EDI 或电子商务的需求;铝加工生产中存在着对铝制品进行 CAD/CAPP 设计的问题,因此电解铝工业 ERP 系统应能与计算机辅助工程设计(CAD)进行集成。

综合以上分析,提出了电解铝工业 ERP 体系结构,如图 1 所示。

## 3 关键模块的设计思想

### 3.1 配方管理模块

配方对电解铝工业这样的流程企业来说相当于离散型工业中的产品结构,它包括定义电解铝的工艺配方、电解时的操作标准、步骤、工序及设备和操作过程,完成配方的比较分析等,配方管理模块的功能包括以下几项。

① 定义电解铝工序配方:以电解铝原料成分、数量或铝的批量来定义配方,查询配方内容和

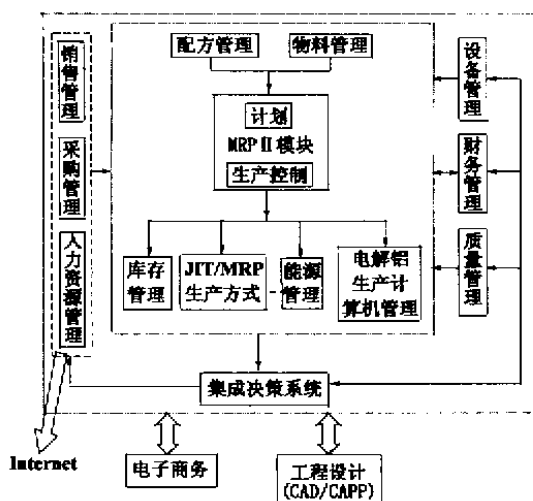


图1 电解铝工业 ERP 体系结构图

Fig.1 Electroaluminum industry ERP structure

打印配方报表、进行配方的复制,而且每次使用的铝的品质不同,配方比例与构成也不同。② 定义电解的工艺过程:根据配方和工艺流程的关键路径计算产品结构中各种类型的铝的累计提前期、制造提前期、准备时间、运行时间,定义电解铝的处理过程,进行批次查询等。③ 尽管工序在电解铝生产过程只是一个概念,无法独立存在,为了配合主生产计划的制定,应在配方模型的基础上,进一步建立工序、工作中心、生产线等概念,全面反映整个生产过程。

### 3.2 电解铝生产计算机管理模块

为了对电解过程进行实时的监控,提高电解铝的质量,电解铝工业中信息管理系统必须与现场的电解铝控制、监测系统相连接,实现管控一体化。

电解铝计算机控制模块的主要功能有:① 参数检测、过程监控:利用计算机对电解过程中槽电压、氧化铝浓度、极距、铝液水平、电解质水平、电解质成分、电解质温度、电压降、电流强度、电能消耗量等重要参数按一定时间周期进行自动采集,并以动态图表的方式直接显示在屏幕上,进行电解动态画面监视,让电解设备以最优工作状态运行。② 电解过程仿真、实时控制:对电解槽进行动态仿真,并在仿真模型的基础上,采用氧化铝浓度自适应控制技术的槽况专家诊断技术,决定电解参数调整、氧化铝加料速率、氟化盐加料量,实现对电解槽物料平衡和能量平衡的全面稳定控制。③ 故障诊断、烟气净化:电解过程中如果出现了偶发事故,系统采用故障诊断方法进行事故分析与处理,对下步数据进行调整,利用铝电解

烟气净化计算机系统对电解中散发出来的含氟和沥青的烟气进行净化,然后排放到空气中。

### 3.3 能源管理模块

电解过程中消耗的电能很大,故能源消耗在成本计算中占很大比例,对电解铝工业进行能源管理是有必要的。能源管理模块主要是根据产量目标对电解中所需的能源量进行预测,计算出消耗能源的费用,作为管理人员制定铝成本的依据之一,对电解过程各个环节消耗的能量信息进行统计、分析,向管理人员提供能量消耗分析报告,使他们及时了解能源消耗信息及能源管理中存在的问题,并可以给他们提出一些可行的减少能源消耗的方法。

### 3.4 JIT/MRP 生产方式模块

以MRP原理为核心的ERP和JIT是现在比较流行的两种管理方法,ERP是以物料投入来推动生产运行,称为推(Push)式<sup>[4]</sup>,即它是以物料需求为核心,企业按计划配置资源,企业的物流均在计划驱动下,适应了企业大批量生产方式和集团化网络型管理需求;JIT则以最终产品的取出来拉动生产运行,故称为拉(Pull)式<sup>[5]</sup>,而它是以市场需求决定生产,适应了现代企业流水型资源组织形式。二者各有优缺点,如JIT在缩短原料准备时间与制造周期、降低存储与废品率有可取之处,而ERP则力图减少能力计划的不平衡、瓶颈问题对生产的影响,因此最好是将二者结合起来。具体来说就是:采用MRP的计划方法进行整个系统的计划与初始投料的控制,这便于和国家计划与现行市场环境相联系,并且便于集成的实现,对投料进行推式控制可以对整个生产线进行协调,利用JIT进行后续工序的控制,以缩短准备时间,减少存储和废品率<sup>[6]</sup>。二者的结合点就在电解铝的电解过程这样的生产瓶颈处。

## 4 应用实例

该系统正在三门峡天元铝业集团实施。天元铝业集团ERP系统分两期完成,其中一期工程以电解铝的生产为主线,实现了天元铝业集团ERP系统的初步集成;二期工程将在更大范围内实现系统的全部集成。目前一期工程已完成了铝电解槽热场在线仿真系统、铝电解槽模糊专家系统、氧化铝浓度控制系统、氧化铝超浓相输送控制系统、基于Intranet平台的电子财务系统、基于Intranet平台的人事管理系统、基于Notes平台的电子企务系统,这些系统现已投入运行,而且天元企业的

大楼结构化布线工程、计算机网络安装工程已基本完成 ;二期工程中的基于 Internet 的电子商务系统、质量管理体系、生产经营决策系统等系统正在开发之中.

## 5 结束语

本文在对电解铝工业生产特点综合分析的基础上 ,结合现行 ERP 理论 ,提出了一种电解铝工业 ERP 体系结构图 ,它在将 ERP 管理系统应用于电解铝工业作了有益的探索 .ERP 理论的不完善和计算机新技术、网络新技术的发展对 ERP 系统的推广应用将产生重大影响 .因此 ,该 ERP 系统也将不断完善 .

## 参考文献 :

- [ 1 ] 张 毅 .制造资源计划 MRP II 及其应用[ M ].北京 :清华大学出版社 ,1997.
- [ 2 ] 初 壮 ,候炳辉 .MRP II 原理与应用基础[ M ].北京 :清华大学出版社 ,1997.
- [ 3 ] 邱竹贤 .铝电解[ M ].北京 :冶金工业出版社 ,1982.
- [ 4 ] SARKER B , FITZSIMMONS R. The performance of push and pull pystem : A simulation and comparison study[ J ]. Int J Production Res ,1989 ,27 :1715 - 1731.
- [ 5 ] ANDERSON J C. Material requirements planning systems : The state of the ar[ J ]. Production and Inventory Management ,1982( 4 ) 51 - 66.
- [ 6 ] 汪定伟 ,徐昌国 .物料需求计划与准时生产制的对比分析[ J ].自动化学报 ,1993 ,19( 3 ) 370 - 377.

## Study on Tianyuan Aluminum Industry Group ERP/MRP II Scheme

YANG Xiu - hong , CHEN Tie - jun , FENG Dong - qing

( College of Electrical & Information Zhengzhou University of Technology Zhengzhou 450002 ,China )

**Abstract :** Because there are many characters in aluminum electrolysis industry , for example , the product configuration is simple , the type of manufacture is various , and the manufacture control is difficult , the energy consumption is very high etc. , the paper presents ERP system structure of electroaluminum industry . Based on the MRP II theory and technology , the system adopts the ERP theory which is very popular at present and combines the Internet technology . In addition , the system provides composition management model , energy management module , manufacture management module and so on . At the same time , the paper introduces the design idea of technicat composition definition and technical procedure definition , of electroaluminum process control , simulation , fault diagnosis , and of the combination of ERP with JIT . This system is being impenentated in Tianyuan Aluminum Industry Group , and achieves good results .

**Key words :** enterprise resource planning ; aluminum electrolysis industry ; integrate