

文章编号: 1004- 1320 (2002) 10- 0887- 04

业务过程重组分析方法研究

朱云龙 李伟平 李红信 薛劲松



朱云龙 副研究员

摘要: 从定量的角度研究企业经营过程重组中存在的一些共性问题, 提出了采用概率论和排队理论分析业务过程改变之后的成本和时间的变化关系, 为从定性到定量研究过程重组提供科学合理的解决方法。

关键词: BPR; 概率; 先进制造; 排队理论

中图分类号: F279.23 **文献标识码:** A

随着全球经济一体化的发展, 市场竞争日趋激烈。信息技术又加速了这一竞争态势, 在这一背景下, 全面提高企业的时间 (T)、质量 (Q)、成本 (C)、服务 (S)、环境 (E) 是企业赢得市场、赢得用户的关键因素。为实现这一目标, 一些先进的制造模式和管理思想被广泛地接受, 如敏捷制造 (agile manufacturing)、生物制造 (bionic manufacturing)、智能制造 (intelligent manufacturing) 等, 这些先进的制造模式都强调企业的动态组合, 以最小的成本、最优的服务赢得市场。BPR 思想则完全抛弃了传统的以职能为基础的组织结构运作模式, 代之以以过程为核心的实现全过程的监控、管理, 使企业的经营目标与过程中的各活动目标相一致为目标的管理模式^[1]。这种管理思想的转变使企业更能适应客户化和产品多样性的需求, 也使企业比较容易地找出运作过程中的问题之所在。

BPR 作为一种新的组织管理模式, 它不仅涉及观念上的更新, 同时也涉及业务过程的分析技术, 需要一套比较合理的分析工具对业务过程的分析。目前诸多学者在 BPR 的建模、组织与实施等方面作了不少有益的探索。如 Subashish、Guhe 等提出的过程重组生命周期法——PRLC^[2~4], 分 6 个阶段详细地分析了 BPR 的组织与实施策略, Michael A. Misch、Shouhong Wang 提出了基于

收稿日期: 2000—09—11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (70171043, 59990470)

OO 技术的过程建模等。黄丽华等从图论的角度比较系统地研究了活动重组的方法, 齐二石等^[5]则从组织重构角度进行了研究, 吴启迪等则采用 Petri 网进行事务流程模型的研究。

Michael Hammer 在其书中提出了重组业务过程的 7 个共性问题, 其中的 2 个问题是“减少控制和检查的工作”与“由工人自主决策”, 并认为这 2 个因素是影响企业业务过程的最重要因素之一。无论是在业务过程重组, 还是进行业务过程改进都应该优先考虑这 2 个因素。本文试图针对这 2 个问题研究采用概率论和排队理论的方法进行业务过程重组的定量分析, 为实施 BPR 提供理论指导。

1 控制和检查活动取舍方法

在 BPR 思想中, 有一条原则是尽可能地取消检查工作。在实际业务过程中, 一个检查活动是否取消应考虑 2 方面的问题: 1° 在业务模型中不取消该活动所付出的代价; 2° 取消该活动, 改变控制结构情况下它对业务过程链价值的影响。对二者进行分析比较后, 才能确定哪些活动应该保留。如质量检查问题, 在不同的企业即使加工相同的产品, 所出现的关键质量问题也不尽相同, 有些企业可以通过工人加工过程中的自检从根本上予以消除, 而有的企业则必须设立关键质量检查控制点予以控制和消除。这里涉及到过程中每个活动与目标之间的差距问题, 也就是我们常说的出错

[5] 陈国良, 王煦法, 庄镇泉等. 遗传算法及其应用. 北京: 人民邮电出版社, 1996: 40~95

[6] 刘勇, 康立山, 陈屏. 非线性并行算法(第 2 册)——遗传算法. 北京: 科学出版社, 1997: 50~120

(编辑 马尧发)

作者简介: 邹慧君, 男, 1934 年生。上海交通大学 (上海市

200030) 机械工程学院教授、博士研究生导师。研究方向为现代机构学和机械动力学、机械系统和机电一体化系统概念设计、可控机构等。出版著作 10 部。发表论文 120 余篇。周洪, 男, 1964 年生。上海交通大学机械工程学院副教授、博士研究生。李瑞琴, 女, 1964 年生。上海交通大学机械工程学院副教授、博士研究生。

概率。

1.1 正常业务活动

为不失一般性, 假设有如下一个过程集, 由 $[a_1, a_2, \dots, a_n; c_0; b_0]$ 活动组成(见图 1), 其中 c_0 是一个检查活动; a_1, a_2, \dots, a_n 是 c_0 的前驱活动; b_0 是

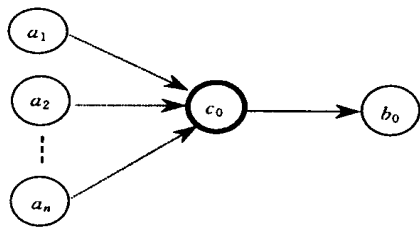


图 1 活动逻辑关系图

活动 c_0 完成之后所要进行的活动。所要讨论的问题是活动 c_0 对目标 b_0 的贡献有多大, 取消 c_0 活动对整个过程的值有多大影响。

设 t_{a_i} 为 a_i 完成目标到达事件的时间, 并设 $t_{a_1} \geq t_{a_2} \geq \dots \geq t_{a_n}$; ζ_{a_i} 为 a_i 事件出错的概率, 并设各事件相互独立; γ_c 为活动 c_0 不能检查出问题的概率; c_c 为进行工作 c_0 所需的单位成本(包括直接成本和间接成本); c_l 为工作 c_0 失误造成的单位损失。根据概率论可知, 客观上由于事件 a_1, a_2, \dots, a_n 出现问题的概率

$$p_0 = P(a_1 \cup a_2 \cup \dots \cup a_n) = 1 - (1 - \zeta_{a_1}) * (1 - \zeta_{a_2}) * \dots * (1 - \zeta_{a_n}) = 1 - (1 - \zeta)$$

则有 m 次检查活动在活动 c_0 作用下不能有效地查出问题的数学期望

$$E = m * (1 - p_0) * \gamma_c$$

1.2 改变控制结构业务活动

假设 a_1, a_2, \dots, a_n 完成目标到达事件的时间顺序关系为 $t_{a_1} \geq t_{a_2} \geq \dots \geq t_{a_n}$, 则取消 c_0 活动后, 活动关系图转化为图 2。

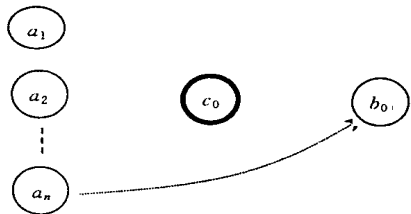


图 2 改变结构后的活动逻辑关系图

在图 2 逻辑关系下, 由于没有检查、核实工作而可能出现问题的概率为 p_0 , 则在 m 次事件中, 在不改变工作条件和管理规程的情况下, 由于缺少检查而出现的工作失误次数为 $m * p_0$ 。

1.3 价值比较分析

在 1.1 条件下, 完成 c_0 活动所需的成本

$$c_0 = m * [c_c + (1 - p_0) * \gamma_c * c_l]$$

在 1.2 条件下, 由于取消 c_0 活动导致的价值

损失

$$c_l = m * p_0 * c_l$$

令 $c_0 = c_l$, 并令 $\xi_{a_i} = \xi(i = 1, 2, \dots, n)$, 得

$$\xi = 1 - \frac{c_c}{c_l(1 + \gamma_c)} - \frac{\gamma_c}{1 + \gamma_c} \quad (1)$$

令

$$\xi_0 = 1 - \frac{c_c}{c_l(1 + \gamma_c)} - \frac{\gamma_c}{1 + \gamma_c}$$

由于式(1)等号的右边是单调递增, 当 $c_c \geq c_l$ 时, ξ 不是无实根就是大于 1, 因而系统无平衡点。

根据以上分析有如下结论:

(1) 当 $c_c \geq c_l$ 时, 取消检查工作将带来明显的经济效益。

(2) 在当 $c_c < c_l$ 时: $\xi = \xi_0$ 时, 检查活动 c_0 是否取消对整个成本无影响, 它是业务过程改造的分界点; $\xi > \xi_0$ 时, 取消活动 c_0 会有效地降低成本; $\xi < \xi_0$ 时, 取消活动 c_0 会造成更大的损失, 此时不应取消检查活动。

从上述结果分析可知, 检查活动的取消与否与每个活动完成目标的概率、完成的质量以及增加 / 减少检查活动的成本有直接关系。在检查活动成本一定的情况下, 每个活动的目标完成率是检查活动增减的主要因素。这就是为什么即使生产相同的产品在有的企业需要质量控制部门层层把关才能保证整个产品的质量, 而在另外一些企业则不必设立很多质量控制点, 通过工人的自检就能保证产品的质量。

2 工人自主决策确定方法

在 BPR 理念中, 提倡尽可能地由工人自行作出决策, 以提高工人参与整个过程管理的积极性。这里涉及到哪些活动由工人自行决策为好, 哪些活动由管理者决策更好, 应有一个定量的方法。不妨设活动 a_i 需要作出决策的概率为 γ ; 管理者对活动 a_i 作出决策所需的时间为 t_m ; 工人对活动 a_i 作出决策所需的时间为 t_w ; 单位时间内到达的活动数为 λ , 每个活动完成所需的平均时间为 μ , 活动的到达呈泊松分布, 服务时间服从负指数分布。

2.1 由管理者决策

在此情况下, 一旦需要决策, 工人可将该活动暂且搁置交给管理者处理, 等管理者有一个具体的处理意见再进行此工作。在此期间, 工人可以进行别的工作, 整个网络见图 3。可知该系统是开马尔可夫排队网络, 利用 Jackson 定理可计算出活动的平均服务时间和平均队长。

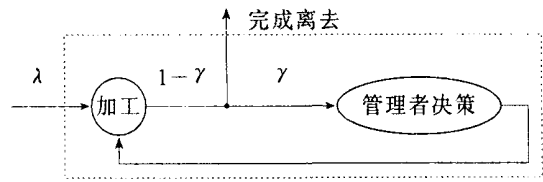


图3 管理者决策的系统图

设 A_1, A_2 分别表示加工、管理者决策的平均到达率, ρ_1, ρ_2 分别是其相应的服务强度, 相应的平稳分布用 $p_1(n_1), p_2(n_2)$ 表示, 则由

$$\begin{cases} A_1 = \lambda + A_2 \\ A_2 = \gamma + A_1 \end{cases}$$

得

$$\begin{cases} A_1 = \lambda(1 - \gamma) \\ A_2 = \gamma\lambda(1 - \gamma) \end{cases}$$

令

$$\begin{cases} \rho_1 = A_1 * \mu = \lambda\mu / (1 - \gamma) \\ \rho_2 = A_2 * t_m = \gamma\lambda t_m / (1 - \gamma) \end{cases}$$

整个网络的平稳分布

$$P(n_1, n_2) = (1 - \rho_1) \rho_1^{n_1} (1 - \rho_2) \rho_2^{n_2}$$

由此可得整个活动的平均队长

$$\bar{L}_m = \frac{\lambda\mu}{1 - \gamma - \lambda\mu} + \frac{\gamma\lambda t_m}{1 - \gamma - \gamma\lambda t_m}$$

由 Little 公式得活动的平均服务时间

$$\bar{T}_m = \frac{\mu}{1 - \gamma - \lambda\mu} + \frac{t_m}{1 - \gamma - \gamma\lambda t_m}$$

2.2 工人自行决策

在工人自行作出决策的情况下, 其网络见图4, 它符合简单的排队网络理论。此时, 每个活动的

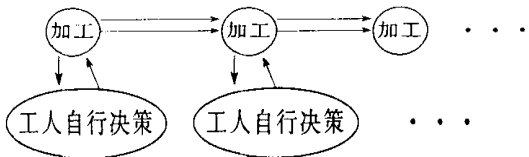


图4 工人自行决策网络图

平均服务时间

$$\bar{T}_w = \frac{(\mu + \gamma t_w)}{1 - \lambda(\mu + \gamma t_w)}$$

整个队列的平均队长

$$\bar{L}_w = \frac{\lambda(\mu + \gamma t_w)}{1 - \lambda(\mu + \gamma t_w)}$$

2.3 队长分析

$$\text{令 } \bar{L}_w = \bar{L}_m$$

得

$$t_w = \frac{\lambda\gamma(1 - \gamma)(1 - 2\lambda\mu\gamma - \lambda\mu)t_m}{\lambda^2\mu\gamma t_m - \lambda\gamma(1 - \gamma)^2} - \frac{(1 - \gamma)^3(1 - \lambda\mu) + \lambda\mu(1 - \gamma)^2}{\lambda^2\mu\gamma t_m - \lambda\gamma(1 - \gamma)^2} \quad (2)$$

令式(2) 等号右边为 t_{m0} , 则¹ 当 $t_w = t_{m0}$ 时, 是否

由工人自行进行生产活动决策都不影响整个队列的队长, 对于生产而言, 勿须增加或减少生产缓冲区;° 当 $t_w < t_{m0}$ 时, 由工人自行进行生产活动决策可有效地降低整个队列的队长。此时可减少生产中的部分缓冲区, 同时也说明它提高了工作效率。在这一情况下, 应将生产中出现的技术问题、质量问题交由工人决策而不必由管理者处理;» 当 $t_w > t_{m0}$ 时, 由工人自行进行生产活动决策将加长整个队列的队长。此时需要增加缓冲区, 同时也说明它降低了单位时间内的产出效率, 尤其在工人满负荷工作的状况下, 应将生产中出现的技术问题、质量问题交由管理者解决比较合理。

2.4 时间分析

$$\text{令 } \bar{T}_w = \bar{T}_m$$

得

$$t_w = \frac{1 - \lambda\mu}{\gamma\lambda} - \frac{\mu\lambda + (1 - \gamma)(1 - \lambda\mu) - \gamma\lambda(1 - \lambda\mu)t_m}{\lambda\gamma^2\left[\frac{\mu(1 - \gamma)}{1 - \gamma - \lambda\mu}\right] + 1 - \gamma + \left[1 - \frac{1 - \gamma\lambda\mu}{1 - \gamma - \lambda\mu} - \gamma\lambda\right]t_m} \quad (3)$$

令式(3) 等号右边为 t_0 , 则¹ 当 $t_w = t_0$ 时, 是否由工人自行进行生产活动决策都不影响活动的平均服务时间, 对于生产而言, 将不影响整个生产效率;° 当 $t_w < t_0$ 时, 由工人自行进行生产活动决策可降低活动的服务时间, 提高了单位时间内的产出效率, 此时, 应将生产中出现的技术问题、质量问题交由工人处理;» 当 $t_w > t_{m0}$ 时, 由工人自行进行生产活动决策导致活动的平均服务时间增加, 降低了工作效率。尤其在满负荷工作的情况下, 此问题尤为突出。此时, 应将生产中出现的技术问题、质量问题交由管理者解决比较合理。

3 实例分析

某单件小批量厂轴加工车间承担全厂所有风机的轴生产加工。为保证产品质量, 对轴进行了严格的质量控制, 除采用高精度加工设备外, 在业务流程上实行层层把关, 严格管理等多项措施。

3.1 控制点减少分析

图5 是轴生产业务控制过程, 图中3个椭圆形阴影是生产业务控制中在工艺路线的基础上增加的部分, 它们是生产中的质量控制点。表1 是对质量控制点的数据采集和统计之后的数据。

车间年生产轴 1500 件/年。分别利用相应的公式计算得系统平衡点概率(临界点), 从表2 可以看出, 表面检查、退磁检查和精度检查3项工作都可以取消。

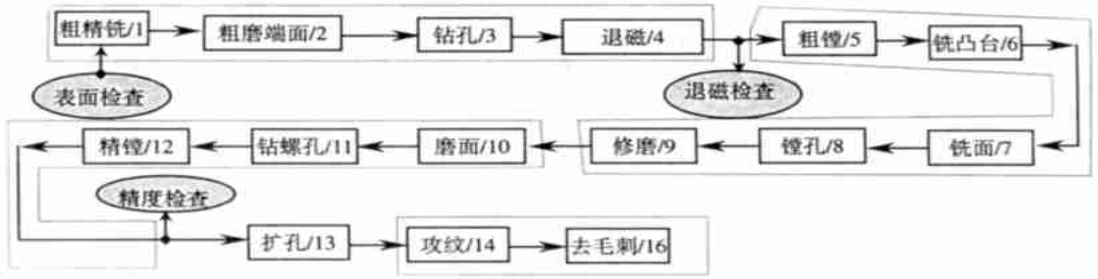


图 5 MCL 系列压缩机轴生产业务控制过程示意图

表 1 质量控制点成本数据

质量控制点名称	检查成本(元) (间接成本/工资) + (直接成本/仪器使用费)	单位损失费用 (元/件)	检查工作出错概率 (%)	前道工序有质量问题的概率 (%)	系统平衡点概率 (%)
表面检查	工资 1250/人、检测设备耗费 500/月	8000	1.35	2.45	2.03
退磁检查	工资 1050/人、检测设备耗费 350/月	2000	0	3.47	1.10
精度检查	工资 1380/人、检测设备耗费 690/月	62 350	1.50	2.80	3.33

表 2 质量问题处理分析结果

质量问题	管理者给出的处理所需时间 (min)	工人感觉管理者处理所需时间 (min)	处理平均时间 (min)	工人能否自行决策	需决策概率 (%)	队长下的决策时间点	服务时间下的决策点
1	60~120	120~200	111	能	1.75	85.0	124.00
°	40~80	70~150	72	能	1.50	56.5	79.50
»	20~50	50~90	45.5	能	3.59	30.0	51.50
¼	无法估计	7天	7天	否	0.12	—	—
½	无法测算	3天	3天	否	0.15	—	—

* 质量问题的序号¹ ~ ½ 与 3.2 所述一致

分别利用相应的公式计算在队长、平均服务时间相等情况下的工人决策临界点时间，工人完全可以在分析的时间临界点内对所出现的问题作出合理的处理方法。据上述分析结果，我们将质量问题分为以下 2 类：

- (1) 严重产品质量问题 质量问题之 ¼、½。
- (2) 一般性质量问题 质量问题之 °、»、1。

后一类质量问题完全由工人自行处理，这样既可以减轻管理人员的工作负荷，同时，又使工作效率得到提高。

3.2 工人/管理者决策分析

通过对车间的质量事故分析，主要存在以下质量问题：1 连杆合件无法紧密安装，出现松动；° 连杆合件中精镗孔、衬套孔加工精度未达到要求；» 退磁不合要求；¼ 叶片表面出现肉眼可见的质量问题；½ 轴表面手感明显不光滑。

在没有进行时间分析之前，上述 5 个主要质量问题都在质量检查之后交由车间主任进行批复，并作出处理意见。具体的处理流程如下：车间主任将与质量有关的车间工人和工艺人员召集到一起，商量具体的处理办法。车间主任在这里主要起到一个召集人的作用。如果车间主任不在，一般情况下需等车间主任回来进行处理。

其中前 3 个质量问题占总的质量问题的 90% 以上；后 2 个质量问题约占总质量问题的 1% 以上；另有 8% 左右为其它质量问题。表 2 是 6 号车间工人对上述 5 个质量问题出现之后管理者大约所需要的时间以及管理者认为所需要的时间。

为简化问题计算的复杂性，设每个活动加工时间都为 30 min，单位时间内活动的到达数都为 0.75 件/h。

参考文献

- [1] 李芳芸, 黄丽华. 企业经营过程重组与现代企业管理. 计算机集成制造系统, 1997, 3(6): 1~6
- [2] Subashish Guba. Business Process Reengineering: Building A Comprehensive Methodology. Jour. of Information Systems Management, 1993, 2: 31~35
- [3] 叶丹, 徐晓飞. 企业过程再工程的实现方法及其信息技术支持. 见: 第 4 届 CIMS 会议论文集, 哈尔滨, 1996: 63~68
- [4] 朱云龙, 薛劲松. 基于知识的 CIMS 过程集成控制系统研究. 计算机集成制造系统, 1997, 3(6): 21~25
- [5] 李钢, 齐二石. 基于 BPR 理论的 CIMS 企业组织重构研究. 计算机集成制造系统, 1997, 3(6): 12~15

(编辑 华 恒)

作者简介: 朱云龙, 男, 1967 年生。中国科学院沈阳自动化研究所(沈阳市 110015)副研究员。研究方向为先进制造管理策略、生产优化理论和工作流管理技术。发表论文 20 余篇。李伟平, 男, 1973 年生。中国科学院沈阳自动化研究所博士研究生。李红信, 男, 1968 年生。中国科学院沈阳自动化研究所博士研究生。薛劲松, 男, 1938 年生。中国科学院沈阳自动化研究所研究员、博士研究生导师。

Transforming Problems in Modeling Process YU Meisheng (Yanshan University, Qinhuangdao, Hebei, China) p 871-873

Abstract: This paper discusses the theory and the approach to implement a sintering machine. It analyzes the characteristics of various graph formats during the course of creating the emulational model, and the problems which will appear in its transforming process. The paper presents a new approach to create system emulational model and to solve the problems associating with graph transforming process.

Key words: sintering machine emulation graph transforming

Design of the Internet-based Machinery Remote Diagnosis Center YUAN Xiaohong (Xi'an Jiaotong University, Xi'an, China) LI Xinyi QU Liangsheng p 874-876

Abstract: Firstly, the state-of-the-art of machinery remote diagnosis technology is discussed. Then following basic problems in the structure design of the machinery remote diagnosis center are studied including carving up of the structure function, working mode based on 3-layer browser/server architecture, implementing manner of every function module and key problems to be solved in the future. Finally, the perspective of the machinery remote diagnosis technology in China is presented.

Key words: remote diagnosis browser/server internet database

Study on the Tri-axial Differential and Its Application in the Driving System of Wheel-type In-pipe Robot

JIANG Shengyuan (Harbin Institute of Technology, Harbin, China) DENG Zongquan LI Guixian p 877-879

Abstract: In this paper, a new tri-axial differential is developed, which can be used in the driving system of in-pipe robot. Then the kinematic principle of the differential is analyzed. It has been proved that the robot with the tri-axial differential has a desirable performance through a curved pipe. At the same time, the differential can also be widely used in other situations.

Key words: tri-axial differential kinematic principle in-pipe robot bended pipe

Research on the Effect of Wire Distribution on the Characteristics of Metal Rubber Element XIA Yuhong (Harbin Institute of Technology, Harbin, China) JIANG Hongyuan AO Hongrui LI Guixian p 880-883

Abstract: The effect of wire distribution on the characteristics of Metal Rubber element is researched in this paper. By changing the distribution of metal wires, the Metal Rubber elements with the same construction and parameters are produced and tested. Hysteresis loop and stiffness-deformation relationship are obtained and analyzed from the results. It is shown that the way of wire distribution plays an important role in the energy dissipation performance and loading capacity of Metal Rubber. The research results can be as guideline for the further improvement of the technology of Metal Rubber.

Key words: metal rubber wire distribution technology hysteresis loop

Optimal Synthesis of Adjustable Double-Crank Linkages for Continuous Path Generation ZOU Huijun (Shang-

hai Jiaotong University, Shanghai, China) ZHOU Hong LI Ruiqin p 884-887

Abstract: Different paths are generated by the same double-crank linkage through adjusting the fixed pivot position of the follower link. An optimal synthesis method of the adjustable double-crank linkages for continuous path generation is put forward in this paper. The path flexibility is firstly determined, the optimal synthesis model is then set up, the optimal synthesis solution is obtained by using modified genetic algorithm. The link-length structural error of the follower link can effectively reflect the difference between the practical generated path and the desired path and can be calculated conveniently, and to avoid the difficulty of selecting corresponding comparison points on the two paths. The modified genetic algorithm guarantees that the optimal synthesis result is the global optimal solution. The result of a synthesis example verifies the effectiveness of the proposed method.

Key words: adjustable linkage continuous path optimal synthesis genetic algorithm

An Approach on Analyzing and Improving Business Process ZHU Yunlong (Chinese Academy of Sciences, Shenyang, China) LI Weiping LI Hongxin XUE Jin-song p 887-890

Abstract: This paper discusses the commonalities and presents an approach of quantitative analysis in Business Process Reengineering (BPR) using formal system models from probability and queueing theory. Some aspects such as time and cost are introduced and the conditions under which such radical changes in system structure being likely to be appropriate are explored.

Key words: BPR (Business Process Reengineering) probability queueing theory advanced manufacturing

The Research of Precursor Control Valve of a New Hydraulic Impact Hammer YANG Guoping (Changsha Jiao Tong College, Changsha, China) LONG Guojian YANG Xiangbi LIU Zhong p 891-893

Abstract: The paper introduces a new precursor control valve which can come true pressure feedback control of hydraulic impact hammer, by adjusting the pressure of the precursor control valve, and controlling the pressure of the hydraulic system, then steplessly hydraulic impact hammer's impact energy can be controlled. The new valve's dynamic simulation is conducted, which provides theory base for the study of the new valve.

Key words: hydraulic impact hammer precursor control valve pressure feedback control computer simulation

Advancements of micro-EDM WANG Zhenlong (Harbin Institute of Technology, Harbin, China) ZHAO Wansheng DI Shichun CHI Guanxin p 894-898

Abstract: This paper studied and summarized the state-of-the-art of micro-EDM systemically. The technical characteristics and application between common micro machining and micro-EDM are compared and analyzed. And then the principle and its application of wire electrode discharge grinding (WEDG) in micro machining are discussed. Because there is no macro force during EDM, this paper introduces the feasibility and mostly form of miniaturized EDM apparatus.

Key words: micro machining micro-EDM miniaturized apparatus