

基于精益设计的生产能力分析与现场物流改善

高举红, 陈思宇, 刘晓宇

(天津大学 管理学院, 天津 300072)

摘要: 结合精益设计的思想并应用仿真分析, 提出了一种生产流程精益设计的方法。该方法通过仿真分析了系统的生产能力、车间布局和物流, 以及整个系统的性能。根据仿真结果, 可以选择其中最佳的方案使得生产能力与市场需求相匹配, 车间布局和物流得到优化, 对车间空间需求减少。一个例子用来说明该方法的应用和效果。

关键词: 精益设计; 生产能力; 物流分析; 仿真; 系统布置设计

中图分类号: TB494; F406.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7375(2010)01-0090-07

Capacity Analysis and Material Flow Improvement for Lean Design of Production Process

Gao Ju-hong, Chen Si-yu, Liu Xiao-yu

(School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: By combining the concept of lean design and simulation, a method for lean design of production process is presented. By this method, simulation is done to analyze the capacity, layout, and material flows so that performance can be evaluated. Based on the simulation results, the best solution can be selected such that the capacity matches the market demands, the layout and material flows are optimized, and shop space requirement is reduced. An example is presented to show the application and effectiveness of the proposed method.

Key words: lean design; production capacity; material flow analysis; simulation; layout planning

1 问题提出

随着现代制造企业的深入发展, 将深加工的或自主创新的产品扩大生产规模, 由此产生生产企业的新建、扩建、改建等大型项目上马或进行业务流程再造, 而其中很多问题在工厂设计阶段就已经产生, 若没有很好地进行有效的设计规划, 势必会造成投入巨大成本而回报 (Return on Investment, ROI) 效果不理想和难以深入实施精益^[1]等诸多问题。

有资料表明, 国外已运行的复杂制造系统约有80%没有完全达到设计要求^[2], 其存在的问题中60%可以归结为初期规划不合理或失误。其中尤其需要解决生产能力不匹配, 现场物流布局不合理等问题。

为了实现精益设计, 提高企业生产效益, 需要借

助于仿真技术进行车间布置设计^[3,4], 使企业生产物流的改造在设计阶段得以很大提升。而针对整个生产系统的优化过程, 应对对工厂生产能力的核算和对现场生产物流的改善结合起来, 以实现系统物流效率和物流成本的最优化。本文从生产能力的整体分析出发, 基于有效增值时间的提炼, 以面向生产线平衡的最大产能为研究目的, 实现生产物流系统的精益设计。

2 基于精益设计的生产系统规划模型

精益设计的理念和模式源于精益生产, 精益设计的目的就是使得设计团队追求设计过程的最优化和设计能力的最优化^[1]。通过提高设备利用率, 减少等待时间和排队长度, 有效分配资源, 把故障、废弃物等的负面影响减至最低, 研究最佳投资方案等,

收稿日期: 2009-06-11

作者简介: 高举红(1966-), 女, 天津市人, 副教授, 主要研究方向为企业物流与供应链管理、精益生产。

实现精益设计。

生产系统生产设计需求(生产纲领等)、工艺计划等为输入, 经过规划、仿真, 最终输出优化的产品制造系统的设计方案^[5-7]。

为此, 本文提出基于精益设计理念, 研究整个生产系统的制造能力, 深入分析设备产能的均衡性、减少非增值时间的负面影响, 使现场物流在有效空间的充分利用下得以改善, 生产系统规划模型如图1所示。

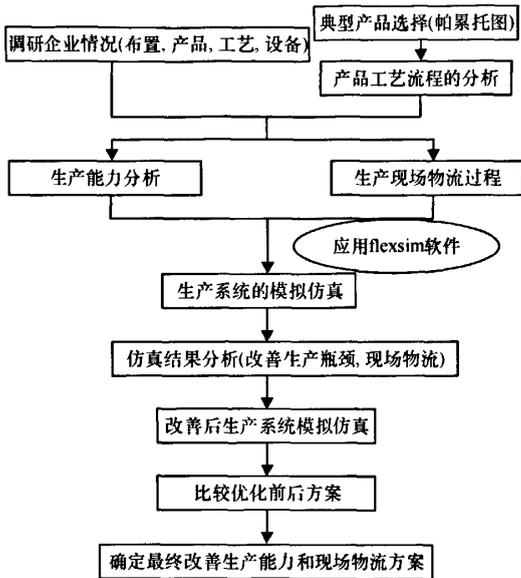


图1 基于精益设计的生产系统规划模型

具体操作过程如下。

1) 需要了解企业情况。包括厂房布置(包含仓库及存放区)、设施布置情况、产品的工艺流程、设备状况(包含尺寸、生产能力、维修)、生产计划执行情况、产品质量要求。

2) 典型产品的选择。可以根据帕累托图选择有代表性的累计产量高的产品。

3) 产品工艺流程的分析。绘制工艺流程图, 分析所有所选产品的工艺流程, 这样是为了确定物料在生产过程中都经过哪些必要工序, 每个必要的工序之间移动的最有效顺序以及其移动的强度和数量。

一个有效的工艺流程^[8]是指物料在工艺过程内按照顺序一致不断地向前移动直到完成, 中间没有过多的迂回和倒流。各条线路上的物料移动量就是反映工序或者作业单位之间相互关系密切程度的基本衡量标准, 一定时间周期内的物料移动量成为物流强度。

在进行了有效的工艺流程分析之后, 按照一定的工艺流程、作业单位的顺序进行物流的分析, 确定

各作业单位的物流强度大小和作业单位相互关系。在此基础上进行相关的搬运分析和设施布局改善。

4) 生产系统仿真模型。借助于 Flexsim 仿真软件对生产过程进行模拟分析, 包括车间布局、工艺路线、物流过程、计划的完成情况、设备的利用情况等, 进而发现问题点和影响效率的“瓶颈”。

5) 仿真结果分析。针对上述分析所发现的问题进行逐一解决, 消除浪费, 改善“瓶颈”环节, 优化现有生产系统。

6) 对改善后的生产系统再进行仿真。通过再次仿真, 对设计上新的生产系统产能进行验证, 并对设计方案能否达到产品大纲要求进行验证, 对车间布局、物流过程提出可能的改善方案。

3 生产能力分析

在实现精益设计, 优化生产系统工作中, 首先需要进行的的就是生产能力的分析, 解决产能匹配的问题。

生产能力的分析是基于对企业情况、产品和工艺流程深入了解的基础上进行的。

1) 仿真模型的建立。

包括: ①设备的建模、设备的尺寸大小和占地面积; ②仿真模型的设施布置图、各设备位于厂地的具体位置和各设备之间的距离。

2) 年产能的计算。

根据仿真模型输入产品的工艺过程, 按顺序经过哪些设备(即工序如何), 每道工序的处理时间, 搬运工具在搬运物料时的速度频率^[9](得出工序间的搬运时间)。

然后设定一定的工作时间(通常为1年), 通过仿真得到各项设备工作时间和每个设备最终的产能。其中, 工作时间包含平均停留时间、空闲时间、加工时间和堵塞时间。

对于同一设备群落的设备, 可以按照一定的规则或者顺序, 让产品有序地进入该设备群落进行加工。比如按照就近原则, 产品进入较为靠近的设备加工, 如果较为靠近的正在工作, 可以选择进入同一群落的下一设备。

3) 设备利用率率的计算。

依据仿真模型的运行, 得到设备利用率, 如果是同一机群的多个设备, 根据仿真结果得出的每台设备的利用率可以求出该机群设备的平均利用率。

4) 设备产能计算。

根据仿真报告, 可计算出各设备(工序)的年最大产能 = 年产量/设备利用率^[10]。通过比较每道工

仿真模型的设施布置平面和透视图如图6、图7所示。

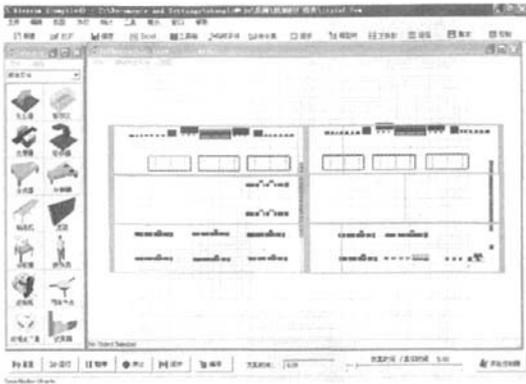


图6 仿真模型的设施布置平面图

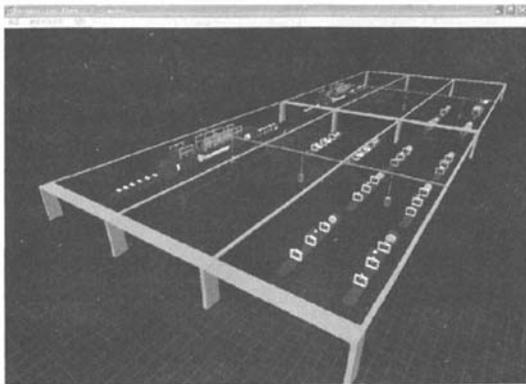


图7 仿真模型的设施布置透视图

5.4 产能分析

1) 年产能计算。

若一年工作300 d, 每天3班, 每班7 h, 使仿真模型运行1年, 得出如表1的仿真报告。

成品库输出即为一年产量, 由仿真报告可知, 在生产正常情况下, 理想年产能668根, 折合约3 000 t。

2) 设备利用率。

由仿真模型, 可得出各机加工和运输设备的利用率, 如图8所示。

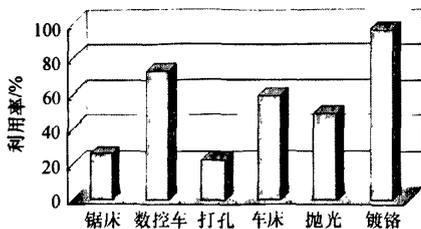


图8 设备平均利用率

表1 仿真标准报告

设备名称	输出/根	平均停留时间/h	空闲时间/h	处理时间/h	堵塞时间/h
数控管螺纹车床	747	6.08	1 681.53	4 482.00	61.56
锯床 G4250	748	1.13	4 634.61	1 120.50	96.47
打中心孔设备	747	1.88	4 823.05	1 540.50	59.87
车床 C61100_1	132	42.61	589.76	5 560.89	7.51
车床 C61100_2	137	39.58	758.73	5 389.21	8.03
车床 C61125_1	133	39.77	947.18	5 197.10	13.33
车床 C61125_2	121	40.17	1 383.54	4 768.12	12.17
车床 C61125_3	108	36.25	2 295.10	3 862.40	11.66
车床 C61125_4	71	35.95	3 672.92	2 509.00	7.67
车床 C61125_5	36	33.43	4 949.77	1 253.00	4.16
车床 C61125_6	8	37.49	5 925.16	295.00	0.93
抛光机_1	295	8.45	3 733.70	2 149.00	47.02
抛光机_2	451	8.01	2 611.54	3 088.00	74.18
未镀铬仓库	668	85.83	0.00	0.00	6 225.09
镀铬设备_1	332	18.37	123.16	604.54	56.39
镀铬设备_2	336	18.17	107.28	5 987.70	130.10
成品库	668	0.00	0.00	6 225.09	0.00

时间: 1年 = 300 × 7 × 3 = 6 300 h

仿真时间: 实际时间 = 1 0000:1 (工厂实际时间: 比仿真时间)

3) 设备产能匹配。

根据仿真报告, 可计算出各设备的年最大产能 = 年产量/设备利用率, 如图9所示。

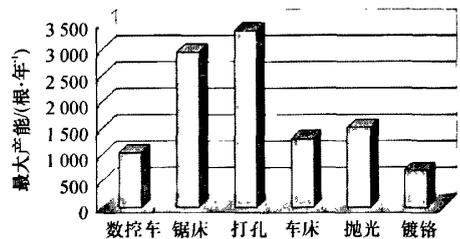


图9 设备最大产能

由此可见, 镀铬工序是最大瓶颈。锯床、打孔设备产能较大, 数控车、精车、抛光工序能力充分。要提高产能, 需提高镀铬工序的产能。

4) 价值流分析。

为区分增值和非增值时间, 绘制芯棒机加工车间的价值流图, 如图10所示。

一件产品从原材料到机加工完成共需 155.51 h, 其中增值时间 68.78 h, 占总时间的 44.2%。理想无浪费情况下, 一件产品从原材料到机加工完成共需约 77.28 h (把各工序平均处理时间和等待加工时间相加), 其中增值时间 68.78 h, 增值时间占总时间 89%, 究其原因主要是镀铬设备产能不足。

5.5 现场布置改善

1) 根据已选定的产品和工艺得到现场物流图, 如图11所示。

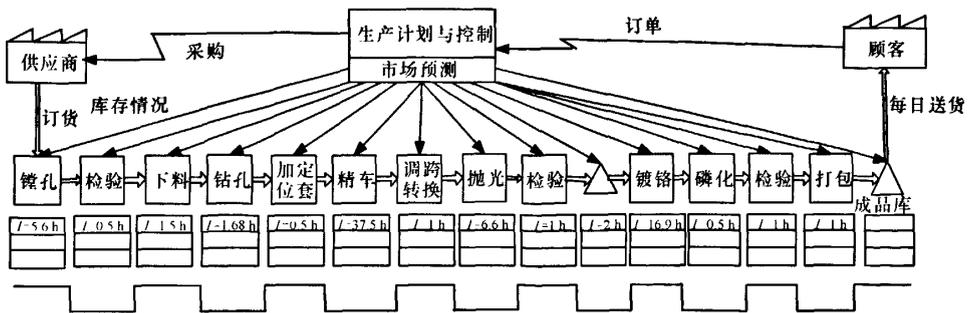
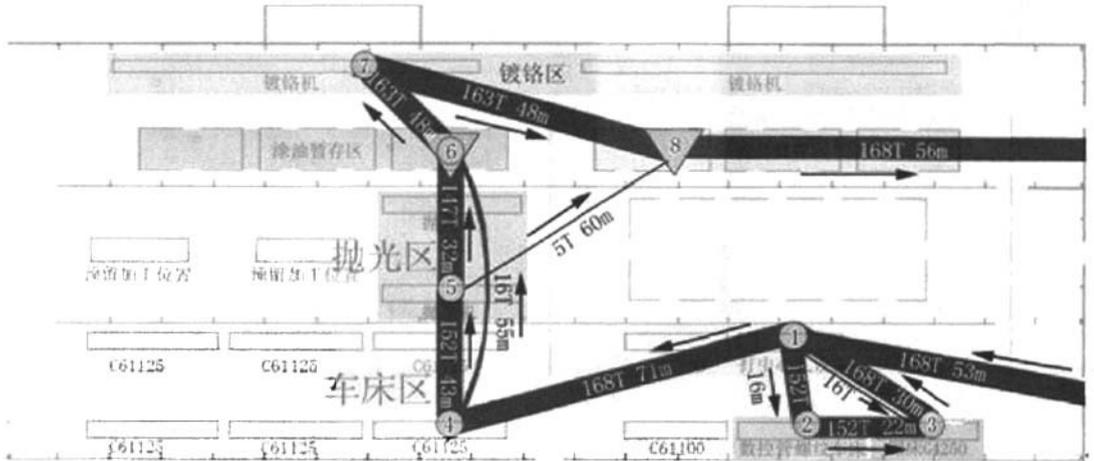


图10 价值流



1~8 数字为车间的各个功能区:1-打中心孔设备;2-数控管螺纹车床;3-锯床;
4-车床;5-抛光机;6-暂存涂油区;7-镀铬机;8-成品暂存区,以下同。

图11 车间现有的设计布局与物流

2) 物流分析。

① 工艺路线, 产量及物流当量的确定。

根据已选20种典型产品和图5产品工艺过程, 得出产品的产量(根数), 调研所得产品的每根重量(t), 可以得出每种产品的物流当量, 设每10t为一物流当量。那么, $\text{物流当量} = \frac{\text{产量} \times \text{每根重量}(t)}{10t}$, 进位取整, 得到对应的物流当量, 如表2所示。

表2 产品的物流当量

产品序号	当量	产品序号	当量	产品序号	当量
1	2	8	1	15	1
2	1	9	1	16	1
3	2	10	1	17	1
4	3	11	1	18	1
5	2	12	1	19	2
6	1	13	1	20	1
7	1	14	2		

② 部门面积估算, 见表3。

表3 部门面积估算

功能区	面积/m ²	估算面积 ¹⁾ /m ²
1 打中心孔设备	54	70
2 数控管螺纹车床	66	80
3 锯床	54	70
4 车床	522	600
5 抛光机	144	200
6 暂存涂油区	475.52	600
7 镀铬机	896	1 000
8 成品暂存区	475.52	600

1) 估算面积是在实际面积的基础上考虑到实际需要而做的近似比例的扩大和取整。

③ 从至表。

由表2和产品工艺路线可以得出按当量物流量计算的物流从至表, 见表4。

表4 按当量物流量计算的从至表

从\至	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	23	4	27	0	0	0	0
2	0	-	23	0	0	0	0	0
3	27	0	-	0	0	0	0	0
4	0	0	0	-	23	0	0	0
5	0	0	0	0	-	22	0	1
6	0	0	0	0	0	-	26	0
7	0	0	0	0	0	0	-	26
8	0	0	0	0	0	0	0	-

④各工作区物流强度关系图。

根据表4, 划定当量物流量等级, 见表5, 其中A、E、I、O、U 分别表示相对应的当量物流量区间, 并依次降低, 如表5所示。

表5 物流强度划分

A	E	I	O	U
≥21	11-20	4-10	1-3	0

考虑的理由: ①物流; ②工艺流程; ③联系的频繁程度;

④粉尘、噪音污染。

根据表4和表5绘制各工作区物流强度关系图, 见图12(其中1~8数字分别按下列关系对应: 1-打中心孔设备; 2-数控管螺纹车床; 3-锯床; 4-车床; 5-抛光机; 6-暂存涂油区; 7-镀铬机; 8-成品暂存区)。

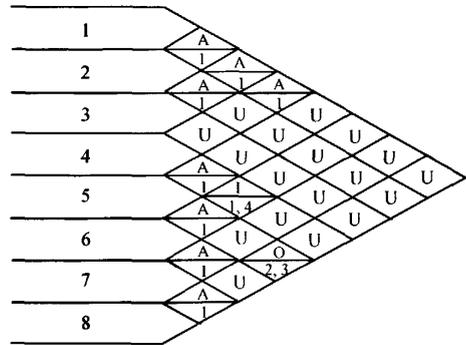


图12 物流强度关系

⑤线性关系图。

由图11和图12得到机加工新建厂空间关系, 见图13。

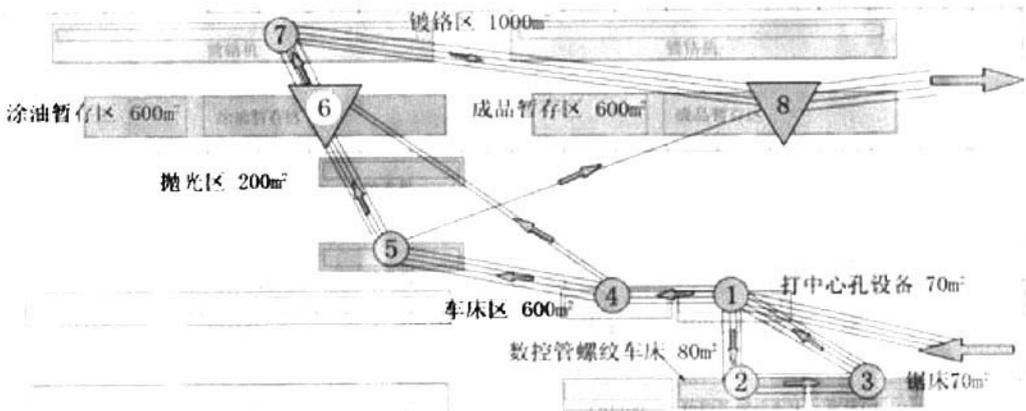


图13 空间关系

在图14中, 根据表3的有效面积估算值3 220, 结合车间面积13 608(按跨计算, 已知条件), 可以得到机加工新建厂设计图中的布局图的空间利用率: $(3\ 220/13\ 608) \times 100\% = 23.66\%$, 空间利用率不足30%。

⑥改善建议。

针对以上出现问题, 增加一台镀铬设备并将布局进行调整, 得出改进布局图, 如图14所示。

对改善后的方案进行仿真分析, 得到仿真分析报告, 见表6。改善后的年生产能力为987根, 约

4 400 t。

对改善后的设备利用率进行分析, 将前后进行对比, 如图15所示, 可见改善后, 抛光、车床、数控车床的设备利用率得到显著的提高, 打孔设备的利用率也有所增加, 生产趋于均衡。

改善后方案年产987根, 主要生产设备的利用率达到60%以上, 生产趋于均衡, 占地面积较原方案缩减2 000 m², 从投资收益比较来看, 增加一台设备, 而每年产能增幅47%, 可实现快速投资回报率, 体现精益设计思想, 因此, 此物流系统规划方案可行。

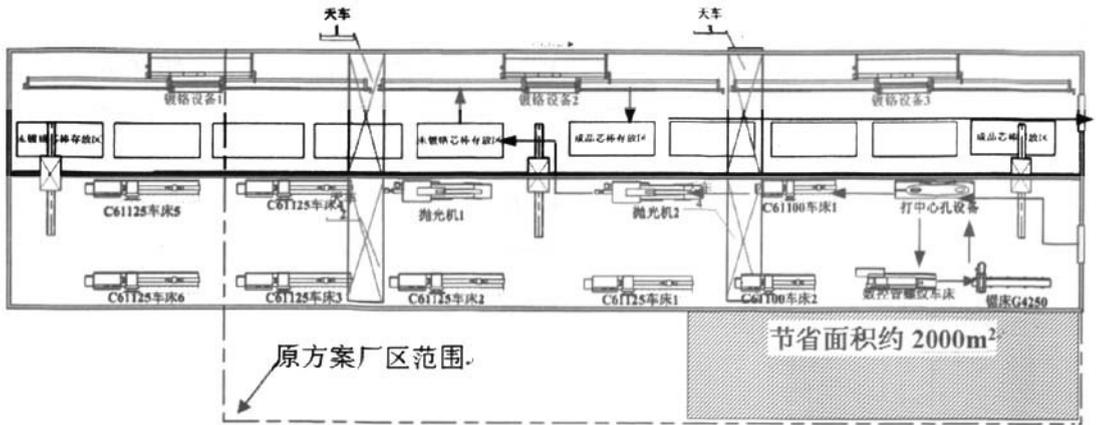


图 14 布局改善图

表 6 改善后仿真标准报告

设备	输出/根	平均停留时间/h
锯床 G4250	991	2.11
车床 C61100_2	145	39.99
数控管螺纹车床	992	6.11
打中心孔设备	992	2.06
车床 C61100_1	135	43.33
车床 C61125_2	135	40.58
车床 C61125_1	141	39.84
车床 C61125_3	133	38.76
车床 C61125_4	126	38.74
车床 C61125_5	107	36.68
车床 C61125_6	70	38.07
抛光机_1	461	8.10
抛光机_2	531	8.36
未镀铬芯棒存放区	988	17.99
镀铬设备_1	331	18.32
镀铬设备_2	322	18.92
镀铬设备_3	334	17.89
成品库	987	0.00

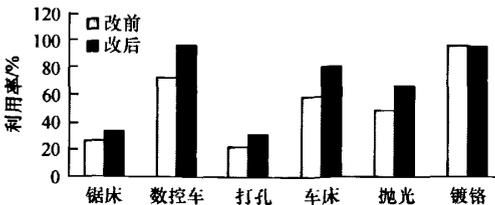


图 15 方案改善前后设备利用率对比

6 结论

在基于精益设计的物流系统规划中,设施规划是核心。在系统布置设计方法的基础上,应用 Flex-

sim 仿真软件,对新建加工车间的原始设计中设备的生产能力进行了分析和生产现场物流的模拟,在满足市场需求的前提下,通过动态的改善过程和仿真模拟,实现了对制造企业基于精益设计的生产系统优化与柔性化设计,有效地使企业降低成本,提高效益和竞争力。

参考文献:

- [1] 杨海成. 精益设计[J]. 中国制造业信息化, 2007(12): 1-2.
- [2] 闫玉珍. 现场改善与设备管理[J]. 企业管理, 2003(12): 59-60.
- [3] 杨晓英. 基于物流仿真技术的系统设施布置设计[J]. 矿山机械, 2005, 33(11): 85-88.
- [4] 朱丽娟, 于润众. 谈计算机仿真技术在物流方面的应用[J]. 黑龙江科技信息, 2008(24): 73-73.
- [5] 范秀敏, 顾民强, 马登哲. 生产系统的集成规划及案例分析[J]. 工业工程与管理, 2001, 6(1): 39-42.
- [6] Richard B, Chase Nicholas J, Aquilano F, et al. Production and operations management; manufacturing and services [M]. New York: McGraw-Hill Companies, 1998.
- [7] Beier K P. Virtual reality: a short introduction [EB/OL]. (2008-12-25). <http://www-vrl.umich.edu/intro/index.html>.
- [8] 马汉武. 设施规划与物流系统设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [9] 向号, 李明, 王致民. 生产现场物流改善实证研究[J]. 价值工程, 2007, 26(6): 86-89.
- [10] 轩华. 基于 SLP 的企业物流设施布置设计方法研究[J]. 商业现代化, 2008(12): 129-129.
- [11] 欧阳逗. 制造型企业物流分析与优化[J]. 柴油机设计与制造, 2008, 15(1): 45-49.
- [12] 齐二石. 物流工程[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2004.

基于精益设计的生产能力分析与现场物流改善

作者: [高举红](#), [陈思宇](#), [刘晓宇](#), [Gao Ju-hong](#), [Chen Si-yu](#), [Liu Xiao-yu](#)
作者单位: [天津大学, 管理学院, 天津, 300072](#)
刊名: [工业工程](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名: [INDUSTRIAL ENGINEERING JOURNAL](#)
年, 卷(期): 2010, 13(1)

参考文献(12条)

1. [马汉武](#) [设施规划与物流系统设计](#) 2005
2. [Beier K P](#) [Virtual reality:a short introduction](#) 2008
3. [Richard B;Chase Nicholas J;Aquilano F](#) [Production and operations management:manufacturing and services](#) 1998
4. [向号;李明;王致民](#) [生产现场物流改善实证研究](#)[期刊论文]-[价值工程](#) 2007(06)
5. [范秀敏;顾民强;马登哲](#) [生产系统的集成规划及案例分析](#)[期刊论文]-[工业工程与管理](#) 2001(01)
6. [朱丽娟;于润众](#) [谈计算机仿真技术在物流方面的应用](#)[期刊论文]-[黑龙江科技信息](#) 2008(24)
7. [杨晓英](#) [基于物流仿真技术的系统设施布置设计](#)[期刊论文]-[矿山机械](#) 2005(11)
8. [闫玉珍](#) [现场改善与设备管理](#)[期刊论文]-[企业管理](#) 2003(12)
9. [齐二石](#) [物流工程](#) 2004
10. [欧阳逗](#) [制造型企业物流分析与优化](#)[期刊论文]-[柴油机设计与制造](#) 2008(01)
11. [轩华](#) [基于SLP的企业物流设施布置设计方法研究](#)[期刊论文]-[商业现代化](#) 2008(12)
12. [杨海成](#) [精益设计](#)[期刊论文]-[中国制造业信息化](#) 2007(12)

本文读者也读过(1条)

1. [向号](#), [李明](#), [王致民](#), [Xiang Hao](#), [Li Ming](#), [Wang Zhimin](#) [生产现场物流改善实证研究](#)[期刊论文]-[价值工程](#) 2007, 26(6)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_gygc201001018.aspx