

基于 SLP 和关系表技术的矿井地面系统布局设计

凌宁, 樊树海

(南京工业大学工业工程系)

摘要: 为了提高煤矿企业的生产效率, 运用缪瑟的系统布置设计方法, 对矿井地面系统的作业单元进行物流和非物流的相互关系进行分析, 得出该系统作业单位的综合相关图。根据综合相关图, 运用 Tompkins 的关系表技术对该系统的各作业单位的布局进行设计, 最终运用面积图的知识, 结合建筑物的性质和整体外形从而确定最终的系统设施布置图。

关键词: 系统布置设计; 关系表技术; 矿井地面系统; 物流图

中图分类号: TH-16

Optimized Layout of Mine Surface System Based on SLP and Relationship-Table Technology

Ling Ning, Fan Shuhai

(Nanjing Tech University, Department of Industrial Engineering)

Abstract: In order to improve the production efficiency of coal mining enterprises, Using Muther's Systematic layout planning (SLP) to analyze the logistics and non logistics relations on operation units of Mine Surface System, thus getting the comprehensive correlation diagram of the system. According to the system, designing the layout of each operating unit by Tompkins' Relationship-Table technology. Finally using the knowledge of area chart, to determine the systematic layout planning combined with the nature of the building and the overall shapes.

Key words: Systematic layout planning; Relationship-table technology; Mine surface system; Logistics chart

0 引言

系统设施布局是企业长期运营效率的重要决策, 他将系统中每个部门以及设备等按照系统中各个单元的物料搬运情况来进行配置。一般企业的物料搬运与布置有关的成本占到企业总运营成本的 20%-50%, 采取有效的系统布置方法能够将此成本降低 30%^[1]。长期以来, 煤炭企业管理粗放从而造成了煤炭企业的生产效率低下, 物流成本高, 安全可靠性差。煤炭企业由于受到地质等条件的限制, 可供改进的范围空间有限, 但煤炭企业中矿井地面系统的空间相对较大^[2-4]。合理的矿井地面系统设施布置不仅要要将生产车间、仓储部门、辅助部门等作业单位的相互位置安排好, 还要能够优化煤炭企业生产的物料搬运流程以及作业方法^[5]。因此, 本文将缪瑟的系统布置设计理论 (简称 SLP 法) 和 Tompkins 的关系表技术相结合, 从定性和定量的角度对矿井地面系统进行设计, 从而降低煤炭企业的物流成本, 提高煤炭企业的整体经济效益。

基金项目: 国家自然科学基金 (71671089、71171110、71371097); 江苏省创新工程 (SJLX16_0285)

作者简介: 凌宁 (1993-), 男, 研究生, 主要研究方向: 工业工程与管理

通信联系人: 樊树海 (1975-), 男, 教授、硕导, 主要研究方向: 工业工程与管理. E-mail: fanshuhai@tsinghua.org.cn

1 系统设施布置(SLP)和关系表技术概述

最开始的设施布置大多数是凭借企业管理者的经验和感觉进行设计,只适用于传统的小企业,但这种方法很难适用于大而复杂的企业^[6]。将理查德 缪瑟提出的系统设施布置和 Tompkins 提出的关系表技术相结合解决系统布置问题,不仅条理逻辑性很强、将物流分析以及作业单位密切程度分析相结合,同时还能够解决 SLP 需要不断试错、定量性不强的缺点。该方法的首要工作是对 SLP 的五大关键要素(P、Q、R、S、T)进行分析,找出各作业单位之间的物流以及非物流关系,权衡两者并赋予一定的比重画出各作业单位的综合关系图^[7-8]。根据综合关系图运用 Tompkins 的关系表技术转化为作业单位之间的关系工作表,然后将每个作业单位制作成一个个同样面积大小的方块,进行相应的拼接从而得出几种不同的方案。对这些方案进行物流流程分析以及好坏评级得出最佳的无面积拼块方案,再考虑面积以及实际情况的限制进行一定的修正以及调整从而得出最终的布置图,整个流程如图 1 所示:

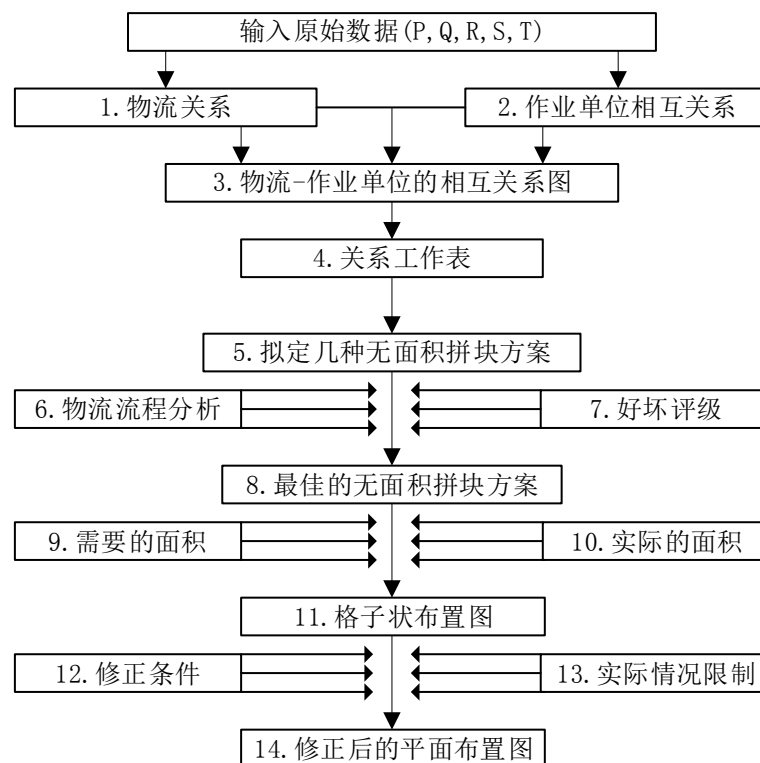


图 1 SLP+关系表技术程序图

2 基于 SLP 和关系表的矿井地面系统分析

2.1 厂区原始资料的收集

A 煤炭企业占地面积 7200m², 其中长 120m, 宽为 60m, 该厂拥有 300 名职工, 在此基础上对该企业的矿井地面系统进行布置设计, 减少物料搬运的浪费, 从而使企业的生产成本得到一定程度的降低, 为企业创造更多的利益。根据煤炭企业改建目标, 我们调查后将该煤炭厂矿井地面系统的作业单位核定为 14 个工作单位, 各工作单位的名称、用途以及所需要的建筑面积如表 1 所示。

表 1 作业单位汇总表

序号	作业单位名称	用途	建筑面积（m ² ）
1	主井	煤炭运输提升	1200
2	副井	下放材料、设备以及排矸	800
3	煤仓	临时贮存煤炭	800
4	矸石山	堆置废料	600
5	材料库	堆放原材料	800
6	选煤厂	选煤和精煤加工	400
7	机修车间	进行日常设备维修	400
8	火药房	进行岩石掘进工作	250
9	锅炉房	供热	150
10	变电所	供电	150
11	行政办公楼	办公	400
12	更衣室	员工更换衣服	250
13	食堂	员工吃饭	400
14	医务室	提供日常医疗服务	250

602.2 利用 SLP 对矿井地面系统布局进行分析

2.2.1 作业单位物流相互关系分析

65根据矿井地面系统的生产工艺流程，分析统计物料搬运各作业单位之间的物流总量^[9]。将物流总量从大到小列出，并且把同一作业单位的物流总量进行汇总，然后重新排列各作业单位对的大小^[10]。再按照 SLP 中作业单位对物流强度的划分等级划分为 A、E、I、O、U 五个等级，表示的物流强度依次降低。表 2 中列出了矿井地面系统中各作业单位对之间的物流强度及等级，将物流强度为 U 的作业对省略。

表 2 物流强度汇总表

作业单位	物流量/万吨	关系等级	作业单位	物流量/万吨	关系等级
1-3	280.98	A	4-9	57.65	I
1-4	240.87	A	1-9	49.49	I
3-4	190.76	A	2-9	46.34	I
2-3	167.56	E	4-10	38.89	O
2-4	134.45	E	1-10	33.45	O
1-6	110.47	E	2-10	29.47	O
2-6	97.45	E	1-5	10.78	O
3-6	79.32	I	2-5	8.49	O
4-6	63.56	I	3-5	6.33	O

70根据矿井地面系统中各作业单位对之间的物流强度表，我们可以得到各作业单位之间的物流相关图如图 2 所示。

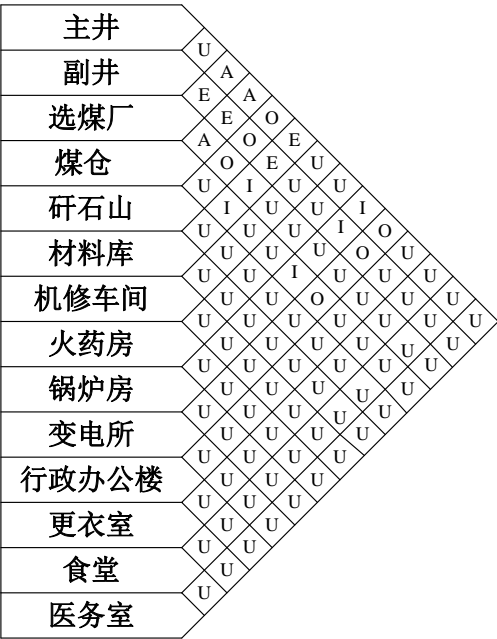


图 2 各作业单位物流关系相关图

2.2.2 作业单位非物流相互关系分析

75 矿井地面系统设施布置不仅要考虑作业单位对之间的物流关系，他们之间的非物流关系也不忽略，非物流关系通过定量的方法不能得到，可以使用定性的方法来求得，可以从以下几个方面考虑:作业流程的连续程度、生产作业的性质、物料搬运的情况、监督和管理、人员联系密切程度以及工作环境等^[11]。非物流关系的作业单位对之间的密切程度符号和相应的理由如表 3 和表 4 所示。

表 3 作业单位相关等级

关系等级	密切程度	所占比例(%)
A	绝对重要	2-5
E	特别重要	3-10
I	重要	5-15
O	一般	10-25
U	不重要	45-80
X	不希望靠近	0-10

80

表 4 作业单位相关密集理由

编码	理由
1	工作流程的连续性
2	生产服务
3	物料搬运
4	管理方便
5	安全与污染
6	共用设备设施
7	振动
8	人员联系

根据表 3 和表 4 的信息，结合矿井地面系统的 14 个作业单位的实际工作情况，我们可以初步确定各工作单位对之间的非物流相关等级，从而可以得到矿井地面系统的非物流关系

图, 如图 3 所示。

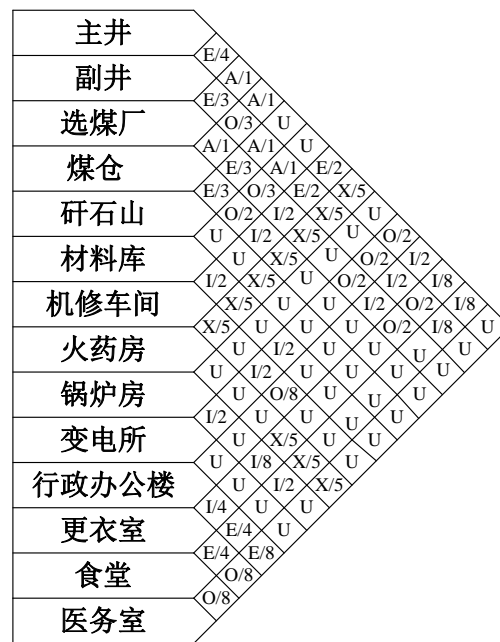


图3 各作业单位非物流关系相关图

2.2.3 作业单位综合相互关系分析

结合矿井地面系统的实际生产情况, 赋予物流关系以及非物流关系为 $m:n=1:1$ 的加权比值[12]。把物流以及非物流的强度等级进行一定的量化处理, 令 $A=4, E=3, I=2, O=1, U=0, X=-1$; 计算出量化后的矿井地面系统作业单位综合相互关系值, 假定任意两个作业单位 X_i, X_j 之间的物流、人流关系为 MR_{ij} , 非物流、人流关系为 NR_{ij} , 根据物流关系和非物流关系的权值以及量化的数值进行计算得出综合相关值 $CR_{ij}=mMR_{ij}+nNR_{ij}$ [13], 最终画出矿井地面系统的作业单位综合相关图, 如下图 4 所示。

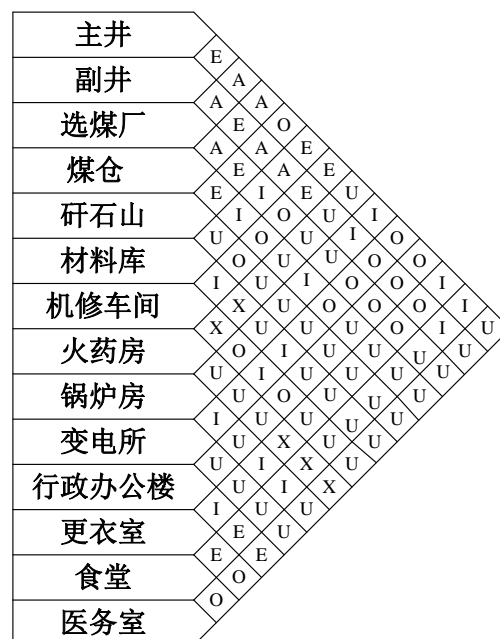


图 4 各作业单位综合关系相关图

95 2.3 利用关系表分析

2.3.1 Tompkins 关系表技术概述

100 缪瑟提出的系统设施布置SLP中在进行平面布置时，采用了线形图法来“试错”生成平面布置图，需要不断试错，定量性不强，比较繁琐，工作量比较多，尤其是作业单位多的时候。它最大的贡献而Tompkins的关系表技术逻辑条理性强，会大大提高企业平面布置的效率以及准确性，它的主要流程如下：

- (1) 先将系统布置设计得出的作业单位综合相关图转化为关系工作表；
- (2) 将所有作业单位做成一个个面积一样大的正方形拼块，进行无面积拼块设计，从而得到许多拼块图即不同的布置方案；
- 105 (3) 在拼块图上分析作业流程，分析不同作业单位布置的合理性，得出最佳的布置方案；
- (4) 将最佳的拼块图方案转变成面积图，从而得出一个格子状的布局图。

2.3.2 关系工作表

110 关系工作表是综合相关图的进一步总结，在每行以及每列画出一个作业单位，A、E、I、O、X在每列中分别列出，每一列中有多个作业单元，以逗号隔开。矿井地面系统的关系表如下表 5 所示，最重要的是A、E和X三列。

表 5 关系工作表

作业单位	A	E	I	O	X
1 主井	3, 4	2, 6, 7	9,12,13	5, 10, 11	
2 副井	3,5,6	1, 4,7	9,13	10,11, 12	
3 选煤厂	1,2, 4	5	6	7, 10,11, 12	
4 煤仓	1,3	2, 5	6, 9	6,9	
5 矸石山	2	3, 4		1, 7	
6 材料库	2	1	3,4, 7, 10	4	8
7 机修车间		1, 2	6, 10	3,5, 9, 11	8
8 火药房					6,7, 12,13,14
9 锅炉房			1,2,4, 10,12,13	4,7	
10 变电所			6, 7, 9	1, 2,3,	
11 行政办公楼		13,14	12	1, 2, 3,7	
12 更衣室		13	1, 9,11	2,3, 14	8
13 食堂		11,12	1, 2,9	14	8
14 医务室		11		12,13	8

2.3.3 无面积拼块图

115 将 14 个作业单位都制作成一样大小的正方形块，看做无面积拼块。将作业单位的代号写在每一个正方形块的正中央，具体名字写在数字的上方，将“X=”记在数字的下方：将A、E、I、O四级关系分别布置在方块的四个角上，U级关系对布置图影响不到，所以可以暂时不用考虑^[14]。做成的最终拼块图如图 4 所示（选取 4 个典型的作业单位为例）。

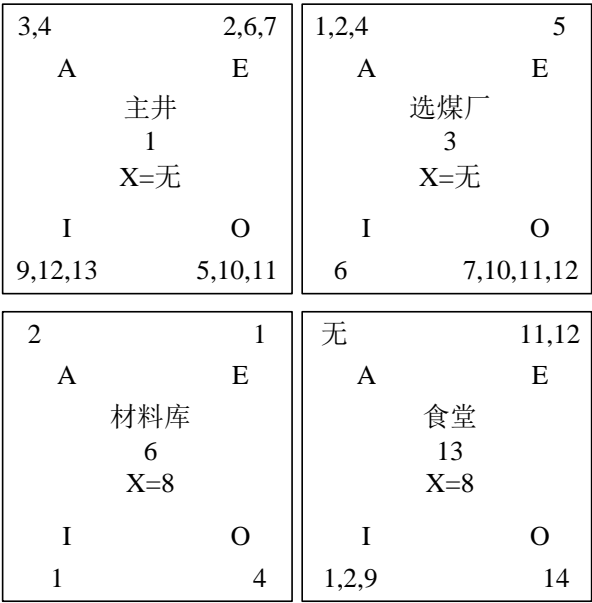


图 5 各作业单位无面积拼块图

120 将全部拼图拼好后，将这 16 个方块裁剪下来进行安排布置。在布置时，先找出关系中最
重要的，也就是A最多的作业单位，如果A级数量相同，接下来比较E级，把这块置于中央
位置，本题中是方块 2 副井安排在中央，再看此块的左上方以及右上方。然后按照A级关系
要边靠边，满足E级关系的至少角靠角，X级关系既不能靠边同时不能靠角的摆放规则进行
拼图。当完成方块 2 的A级安排，再看E级（I级和O级对安排影响很小，所以在摆放时不考
125 虑），接下来安排新进来的块。按照之前的规则进行类推，直到摆完为止，最终得到以下的
四种方案布置图如图 6。

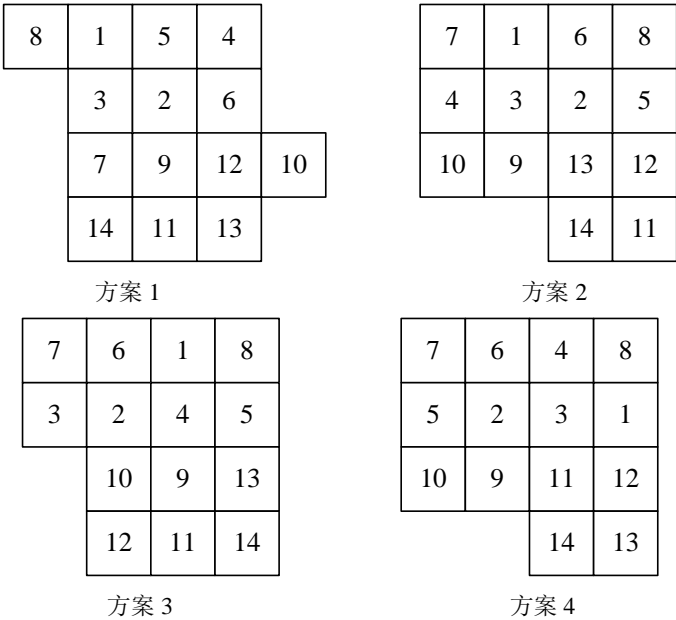


图 6 四种方案布置情况

130 对这 4 种方案，我们进行好坏评级。方法是：如果 A 级的没有靠近，则罚 2 分；X 级
的边靠边也罚 2 分；A 级的只是角靠角，记 1 分；X 级角靠角或者 E 级没有角靠角都罚 2
分，最终可以得出 4 种方案的总得分如表 6 所示。

135

表 6 方案好坏评级表

方案 标准	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
A 级没靠近（罚 2 分）	2 个	0 个	4 个	0 个
X 级边靠边（罚 2 分）	0 个	1 个	0 个	0 个
A 级只角靠角（得 1 分）	0 个	1 个	0 个	1 个
X 级角靠角（罚 1 分）	0 个	0 个	0 个	0 个
E 级没有角靠角（罚 1 分）	6 个	9 个	11 个	10 个
总分	罚 10 分	罚 10 分	罚 19 分	罚 9 分

从四个方案的得分来看，方案 4 较其他 3 个方案好一点，所以接下来选择方案 4 进行面积图布置。

1402.4 面积图进行详细布置

该煤炭企业占地面积 7200m²，其中长 120m，宽为 60m，总需求 6850.以 12m×12m为基本单元格，则总共有 50 个单元格，则每个作业单位需要的面积见表 7。

表 7 各作业单位面积需求

序号	作业单位名称	建筑面积（m ² ）	单元格数
1	主井	1200	8
2	副井	800	6
3	选煤厂	400	3
4	煤仓	800	6
5	矸石山	600	4
6	材料库	800	6
7	机修车间	400	3
8	火药房	250	2
9	锅炉房	150	1
10	变电所	150	1
11	行政办公楼	400	3
12	更衣室	250	2
13	食堂	400	3
14	医务室	250	2

按照之前方案 4 的拼块图再结合各个作业单位所需要的面积，进行初次布置，可以得到图 5：

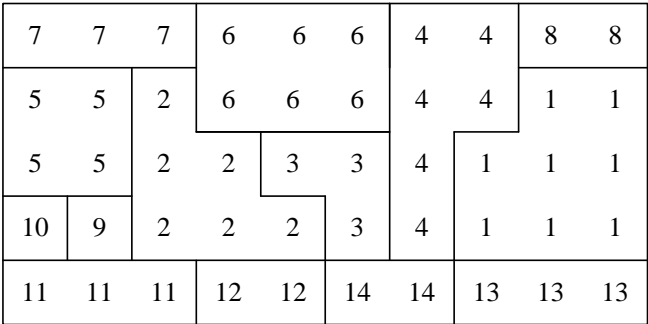


图 7 格子状的矿井地面系统布置图

煤炭企业矿井地面系统各作业单位建设需要的实际面积经常会受到作业单位性质或者其他相关因素的影响，所以在进行布置前要对各作业单位进行适当改变，使之达到既要符合建筑物的外观要求，又要和各作业单位面积的需要相吻合，可以将一些不必要的面积消除，同时也可以对部分工作单位重新组合^[15]。结合此矿井地面系统生产作业流程，将与生产制造的关系不是很密切，同时建筑和使用要求也不一样的 11,12,13 和 14 四个工作单位从厂房中列出来，安排在紧靠副井的办公室中，优化后的设施布局图如图 6 所示。

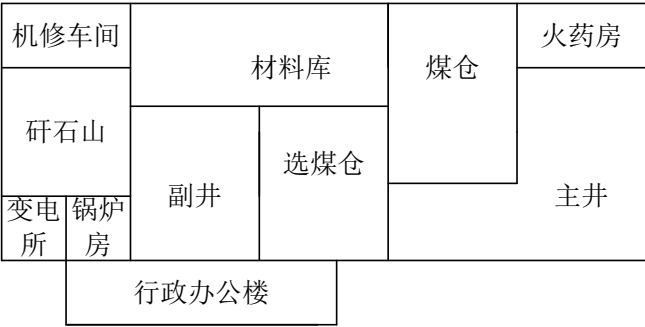


图 8 修正后的矿井地面系统布置图

3 结语

本文以煤炭企业矿井地面系统为研究对象，结合矿井的生产工艺流程，综合运用系统设施布置(SLP)法和 Tompkins 关系表技术等工业工程相关理论对矿井地面系统的作业单位进行布局设计，得出了系统布置的几种方案，利用拼块图的好坏评级法对每种方案进行评估，最终得到了最佳的矿井地面系统的平面布置图，并利用面积图结合工业流程的连续性和建筑的相关知识对矿井地面系统进行具体的布置，为此煤矿企业提供了一个合理、整洁、方便、安全的工作环境，大大提高了煤矿企业的生产效率。因此，将 SLP 法和 Tompkins 的关系表技术相结合对于矿井地面系统的优化布置具有一定的研究意义和应用价值。

[参考文献] (References)

[1] 程国全,柴继峰,王华.物流设施规划与设计[M].北京:中国物资出版社, 2005.

[2] 宁芳,王磊,陆刚. 基于 SLP 的煤矿工业广场设施优化布置[J]. 煤炭工程,2015,03:35-37+40.

[3] 荆树栋,唐龙海. SLP 在优化矿井地面物流系统及场地布置中的应用[J]. 中国煤炭,2010,11:26-29.

[4] 李琴,李泽蓉,文忠波. 基于 SLP 的某车间设施布局优化设计[J]. 煤矿机械,2011,05:25-27.

[5] 李冰. 基于 SLP+SHA 的工程机械厂物流分析与优化调整[J]. 科技管理研究,2011,08:98-101.

[6] 周康渠,张瑞娟,夏敏. SLP 在摩托车企业厂房布局设计研究中的应用[J]. 工业工程,2011,03:101-105.

[7] 肖燕,程云康,周康渠.基于低碳物流的 SLP 法在工厂布局的应用[J].重庆理工大学学报(自然科学), 2011,11:24 -29.

[8] 马昌谱,严宗光. 基于 SLP 的装配车间生产系统分析与优化[J]. 物流工程与管理,2009,07:47-49.

[9] 罗军荣,史烽,肖吉军. SLP 技术在制造车间布局中的应用研究[J]. 企业科技与发展,2011,22:11-14+23.

[10] 郑松涛,汤文成,陈昀. SLP 法在风电塔筒厂区总平面布置中的应用[J]. 工业工程与管理,2010,01:116-120.

[11] 周鑫. 基于 SLP 和 Flexsim 的车间设施布置改善设计[J]. 机械制造与自动化,2010,03:42-46+97.

[12] 肖超,陈书宏. 基于 SLP 和 Em-plant 的变速器装配线规划研究[J]. 工程设计学报,2010,06:430-434.

[13] 李诗珍,杜文宏. 基于 SLP 思想的配送中心布置设计研究[J]. 科技管理研究,2006,10:246-248.

[14] 孙纯坡,徐志刚,刘涛涛. SLP 在某柴油机机油泵厂布局设计中的应用[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2012, 09:102-105.

[15] 石鑫. 基于 SLP 的生产设施规划[J]. 机械设计与研究,2014,01:68-71