

基于GA的机械停车库存取车路径优化*

张伟中¹, 俞文光², 张伟社³

- (1. 浙江机电职业技术学院 电气工程学院, 浙江 杭州 310053;
2. 浙江中控技术有限公司 工程分公司, 浙江 杭州 310053;
3. 长安大学 工程机械学院, 陕西 西安 710064)

摘要: 为使目前机械式停车库得到更加合理的存取车路径以提高作业效率,开展了对存取车耗时和车位重心影响因素的分析,以存取车路径耗时最短和车位重心最低为目标建立了数学模型,并利用遗传算法迭代思想对数学关系式进行了求解。研究表明,该求解具有较好的收敛性和计算效率,优化后的车位存取车编号矩阵与只考虑存取车时间耗时最短的车位存取车编号矩阵有了明显的变化;验证了大型车库作业效率提升不仅与车库本身结构有关,还与存取车重量等因素有关;同时,该求解对设计合理的车库运行方案具有一定的参考价值。

关键词: 机械停车库; 路径优化; 遗传算法

中图分类号: U491.7; TH69 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2012)10-1175-04

Optimization for path to access vehicle of mechanical garage based on genetic algorithms

ZHANG Wei-zhong¹, YU Wen-guang², ZHANG Wei-she³

- (1. Department of Electrical Engineering, Zhejiang Institute of Mechanical and Electrical Engineering, Hangzhou 310053, China;
2. Zhejiang SUPCON Co. Ltd., Hangzhou 310053, China;
3. Department of Construction Machinery, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: In order to take mechanical parking garage get more reasonable vehicle access path to improving operational efficiency, after the analysis of the main influence factors of the path to access vehicle for the taking minimization of time to access vehicle and lowest center of gravity, the mathematical model of the optimum sequencing path to access vehicle and lowest center of gravity as the objective function was established. A method of the genetic algorithms was presented to the optimization of sequencing path to access vehicle. The results indicate that there are better convergence and calculation efficiency, and there are obvious changes compared with the number matrix of the optimized vehicle access and the number matrix of the considered only the vehicle access time. The large garage operational efficiency is tested, not only with the structure of the garage, also with access to vehicle weight. The result is of certain having reference value for designing of reasonable operation plans for the mechanical garage.

Key words: mechanical garage; path optimization; genetic algorithms(GA)

0 引言

随着城市停车难问题日益突出,立体车库建造得越来越多,而随着该研究不断深入,其已逐渐向智能化、规模化的方向发展,这使得研究者在设计制造立

体车库时要考虑的因素也越来越复杂^[1-2]。在当前较为先进的巷道堆垛式立体车库设计方案研究中,由于车库的造价、巷道数、面积、库容量、高度及车库作业效率等特征因素是相互制约的,不可能使它们独立地同时达到最优化。因此,对该类型车库设计中的各种

收稿日期: 2012-05-11

基金项目: 浙江省教育厅科研资助项目(Y200805356);浙江机电职业技术学院自然科学基金资助项目(A027112003)

作者简介: 张伟中(1978-),男,浙江衢州人,讲师,主要从事机电产品开发与应用、数控机床振动控制方面的研究. E-mail:zwz_ly@163.com

特征因素进行研究分析以期降低成本、提高效率是非常必要的,目前国内外在这方面的研究比较多,但往往侧重于立体车库的某一方面,特别对结构设计优化^[3-4]、作业效率中存取车路径规划优化^[4-5]的研究比较多,同时也有针对立体车库总体规划的研究^[6]。同时由于存取车时间本身是一多目标函数,在求解方法中已有遗传算法的应用研究^[7-8]。但对于立体车库综合考虑车辆存取过程中存取车时间、车辆重量及出入库原则等关键因素的分析研究比较少。

本研究在前人研究的基础上,以存取路径耗时最短和车位重心最低为目标,对在某一时间内出入车库的车辆调度进行优化,求得更趋近实际的特征因素的相互制约关系,为选择合理的设计方案提供参考。

1 存取路径调度策略优化数学模型

1.1 存取车策略分析

影响立体车库存取车的主要因素包括作业效率、重量、存取车当前车流量以及出入库原则等方面,主要是按照“先入先出”原则作为总的指导思想,兼顾作业效率、重力等影响因素,从而在满足存取车要求的同时,更好地提高自动化立体车库的出入库效率。其中单独考虑作业效率因素,目标是通过最短路径的方法,获得最佳存取车路线,从而使堆垛机行走的距离最短,而存取车的时间最少。而从重量影响因素出发,考虑存取方便和安全性因素,较重的车辆应尽量存放在低层的车位上。

1.2 车库结构分析

立体车库平面示意图如图1所示。堆垛机可以在水平方向和垂直方向上同时运动。车辆存取的总的平均时间分为4个部分,即车辆沿通道到达巷道的平均时间设为 t_1 ,沿高度运送的平均时间设为 t_2 ,沿巷道水平运动平均时间 t_3 和小车交换时间设为 t_0 ,取车时平均时间与此相同。

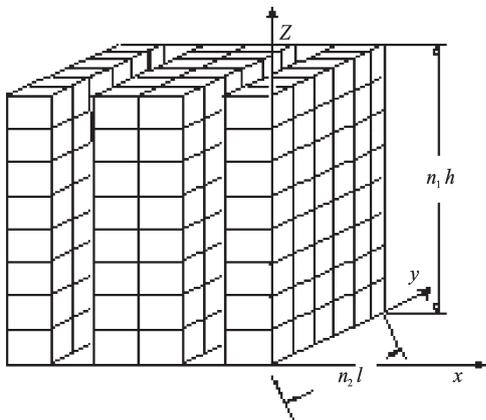


图1 车库车位排列空间示意图

1.3 存取车路径优化函数

车位编号优先原则是考虑堆垛机运行效率,如果水平和垂直的运行速度一样,那么根据车辆到达出入库口的堆垛机运行时间,需要计算第 $[i,j]$ (第 i 行,第 j 列)个车位在车库中的坐标值,并设为 (L_i, H_j) , L_i, H_j 分别表示第 $[i, j]$ 个车位在车库中的坐标值,则可以得到:

$$\begin{cases} L_i = L_0(i - \lfloor \frac{i}{mn} \rfloor mn) \\ H_j = H_0 \lfloor \frac{j}{mn} \rfloor \end{cases} \quad (1)$$

式中:中括号—取整数位数字; L_0, H_0 —单个车位的长度(y 方向)和高度(z 方向)。

由此可得到,车辆在库容量为 m 行、 n 列,存取一次所需要平均时间为 t_k ,且 $t_k = t_0 + 2(t_1 + t_2 + t_3)$ 。这里假定第 $[i, j]$ 个车位存取到的次数为 n_k 次,存取 n_0 次所需的总时间设为 t ,假设一段时间内车库车辆存取 n_0 次的平均存取时间设为 \bar{t} ,则:

$$t = \sum_{k=1}^{n_0} n_k(t_0 + 2(t_1 + t_2 + t_3)) = n_0 t_0 + 2 \left[\sum_{k=1}^{n_0} n_k \frac{H_0 \lfloor \frac{j}{mn} \rfloor}{v_2} + \sum_{k=1}^{n_0} n_k \frac{L_0(i - \lfloor \frac{i}{mn} \rfloor mn)}{v_1} \right] \quad (2)$$

车辆重量对车辆存取时间也会有较大的影响,在存取的过程中,研究者须考虑某类车辆储存总量所需的库存容量与出入库某类车辆频率的比值,记为 G_f ,该值越小,出入库频率越高,应该离出入口越近,所给编号也就越小。同时,如果进行车辆存放时,有一些车位已经存放了车辆,虽然某类车出入库频率低,但如果存储量比较大,则将其放在出入口近的车位会使后续进出车辆所用时间更长。根据目前市场上汽车销售保有量和重量进行分类,车库建好后,每天来停车车辆虽然是随机的,但是其中固定的车流车辆的型号是可以做统计分析的。

根据运行作业时间最小原则,车辆存取平均时间 \bar{t} 和 G_f 值的乘积 T_g 值最小,即:

$$\min T_g = \bar{t} \times G_{fij} = \frac{t}{n_0} \times G_{fij} \quad (3)$$

根据上轻下重的原则,每排车位共有 m 层 n 列,设地面层为第1层,离出入口最近的列为第1列,处在第 i 行,第 j 列的车辆重量记为 G_{ij} ,车位分配优化目标是每个托盘上车位的重量与其所在层的乘积 G_c 值最小,即:

$$\min G_c = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n G_{ij} \times (i-1) \quad (4)$$

由式(3,4),可得到:

$$\begin{cases} \min T_g = t_0 + 2 \left[\sum_{k=1}^n n_k \frac{H_0[j/mn]}{v_2} + \sum_{k=1}^n n_k \frac{L_0(i-[i/mn])mn}{v_1} \right] \times G_{fij} \\ \min G_c = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n G_{ij} \times (i-1) \end{cases} \quad (5)$$

车位分配需要同时考虑车架的稳定性和存取车效率,这是个多目标组合优化问题。

2 算法实现

2.1 基本遗传算法

基本遗传算法(GA)是一个迭代过程,它模仿生物在自然环境中的遗传和进化机理,反复将选择算子、交叉算子和变异算子作用于种群,最终可得到问题的最优解和近似最优解。由染色体编码方法、染色体解码、适应度评价、遗传算子和运行参数等内容组成^[9]。

2.2 存取路径优化计算过程

(1) 多目标优化问题的单目标简化。本研究利用赋权值的方法把上述多目标问题变成单目标问题,具体方法是将两函数目标分别求车位利用率和车位重心最低的函数,不同类型的车库对其要求不一样,在此为简化问题,赋给权值相等,分别为0.5,则得到:

$$\text{Min}H = 0.5T_g + 0.5G_c = \frac{1}{2} \left[t_0 + 2 \left[\sum_{k=1}^n n_k \frac{H_0[j/mn]}{v_2} + \sum_{k=1}^n n_k \frac{L_0(i-[i/mn])mn}{v_1} \right] \right] \times \quad (9)$$

$$G_{fij} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n G_{ij} \times (i-1)$$

(2) 进行初始分配,假定车位已经停满车辆。即群体规模为 N , 车位停车数设置为进化代数计数器 i , 最大值设为 M , 随机产生 n 个个体作为初始种群 $P(i)$, 群体 $P(i)$ 经过选择、交叉、变异操作后得到下一代的群体 $P(i+1)$ 。对于 $P(i+1)$, $P(i)$ 称为父代; 而对于 $P(i)$, $P(i+1)$ 称为子代。终止条件判断。若 $i \leq M$, 则 $i = i + 1$, 重新开始; 否则将当前群体中具有最大适

154	155	164	165	166	170	171	172	177	178	179	189	190	194	195	196	197	198	199	200
145	146	147	148	149	156	157	161	162	163	173	174	175	185	186	187	188	191	192	193
...
1	2	5	10	12	16	19	29	30	31	32	56	57	58	59	91	92	93	94	139

目前市场汽车分类为A00、A0、A、B、C、D、E、S级,字母越靠后代表车的重量等参数数值越大。为计算方便,车辆重量将从0.9 t及以下至2.5 t及以上,分为10类。本研究参照某大型车库出入车情况调研分析

应度的个体作为最优解输出,终止计算。这就是遗传算法核心内容,根据这个思想,车辆存放的车位是否满足最优路径与否的判断条件,研究者任意选取第 i 行,第 j 列车位对的重量为 G_{ij} , G_f 值为 G_{gij} , 该车位与第 m 和第 n 列车位上车辆的重量 G_{mn} 及 G_{fmn} , 把两个车位的 H 值相加,得:

$$s_1 = t_0 \times G_{fij} + 2 \left[\sum_{k=1}^n n_k \frac{H_0[j/mn]}{v_2} + \sum_{k=1}^n n_k \frac{L_0(i-[i/mn])mn}{v_1} \right] \times G_{fij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n G_{ij} \times (i-1) + t_{mn} \times G_{fmn} + G_{mn} \times (m-1) \quad (7)$$

(3) s_1 可以看作 $P(i)$, 然后再把第 i 行,第 j 列车位与第 m 第 n 列车位互换,同时计算求和,得:

$$s_2 = \sum_{n_0}^t \times G_{fmn} + G_{mn} \times (m-1) + \sum_{n_0}^t \times G_{fij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n G_{ij} \times (i-1) \quad (8)$$

s_2 可以看作 $P(i+1)$, 本研究把式(7)和式(8)进行比较,如果式(7)大于式(8),则第 i 行,第 j 列车位与第 m 和第 n 列车位不进行互换;反之,进行互换。

(4) 重复步骤(3),直到完成每个车位与其他每个车位进行比较,这样得到一个最优的车辆存取调度分配方案。

3 算例结果分析

对存取车辆的平均时间,以200个车位的车库为例,车位数量可以参照实际情况取值,按从小到大进行车位编号。为使得问题简化,本研究假定取车和存车时间与堆垛机的运行速度以及车库的形状无关,这样车位按照顺序排列成一个矩阵,当堆垛机垂直与水平运行时间相同,则优先考虑水平运动车位,得到编号如下。为了验证算法的可行性,本研究进行了仿真计算,计算中按有关调研数据^[10-11],车位的宽、长、高可以分别用5 m、2 m、1.8 m;堆垛机速度选用:水平速度为120 m/min,垂直速度为80 m/min,并代入式(2),可得出车位存取车编号矩阵:

统计数据,得出车位 G_f 值编号,如表1所示。

将有关数据代入式(6~8),利用Matlab仿真软件,目标函数 H 值仿真计算结果如图2所示。

从仿真计算图2看出:所求的目标函数总值 H 随

表1 车位 G_j 值编号

序号	G_j	出库频率	重量取均值/t	所占车位
1	18	0.05	0.9及以下	10
2	10.5	0.1	1.0~1.1	20
3	5	0.25	1.2~1.3	35
4	5.8	0.25	1.4~1.5	35
5	11	0.15	1.6~1.7	25
6	12.3	0.15	1.8~1.89	25
7	20.5	0.1	2.0~2.1	20
8	45	0.05	2.2~2.3	15
9	81.7	0.03	2.4~2.5	10
10	125	0.02	2.5以上	5

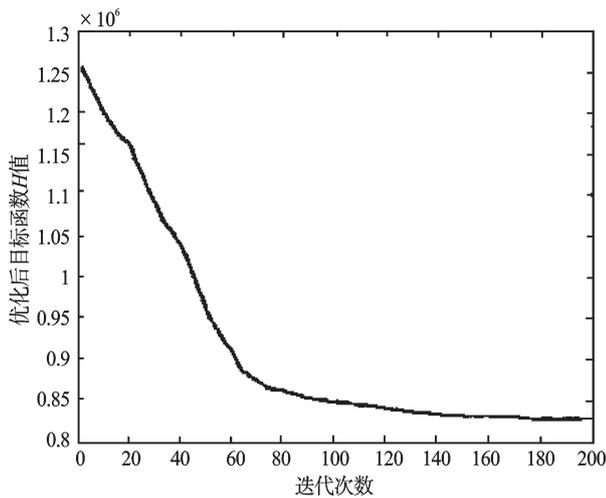


图2 H值与迭代次数关系曲线

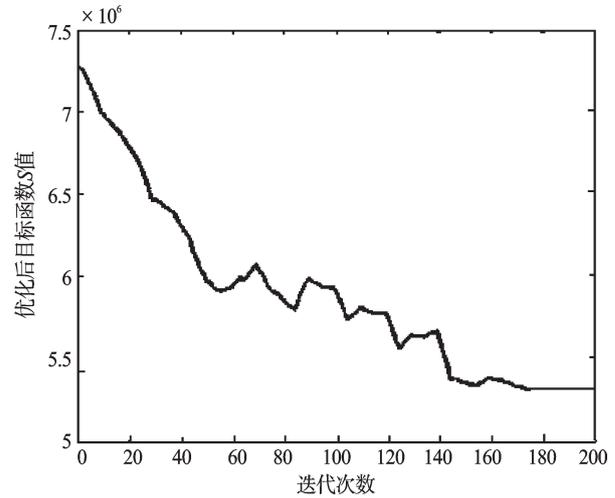


图3 S值与迭代次数关系曲线

着迭代次数的增加而下降,从次数180~200之间,函数值变化基本趋于平衡,认为基本达到收敛。迭代过程中,函数H值开始为 1.2534×10^6 ,收敛时,H值为 0.8335×10^6 。

目标函数S是关于车位存取车辆重心的函数,由仿真结果(如图3所示)看出,在迭代过程中车位重心不断下降,且稍微有些波动,原因是使H目标函数要达到最小,目标函数S值可能在迭代时变大。同目标函数H变化对应,在迭代次数180~200之间,函数值变化趋于稳定,可以认为基本达到收敛。仿真计算迭代开始时,该目标函数S值为 7.584×10^6 ,仿真计算值为 5.5513×10^6 。

经过仿真优化后的 G_j 值编号矩阵如下所示:

5	5.8	5.8	5.8	11	11	11	12.3	12.3	12.3	12.3	20.5	20.5	45	45	81.7	81.7	125	125	125
5	5	5.8	5.8	5.8	11	11	11	12.3	12.3	12.3	20.5	20.5	20.5	45	45	81.7	81.7	125	125
5	5	5	5.8	5.8	11	11	11	11	11	12.3	12.3	12.3	20.5	20.5	45	45	81.7	81.7	81.7
5	5	5	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	11	11	11	12.3	12.3	12.3	45	45	45	81.7	81.7
10.5	5	5	5	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	11	11	11	12.3	12.3	20.5	45	45	45	81.7
10.5	10.5	5	5	5	5	5	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	11	11	12.3	12.3	20.5	20.5	45	45
10.5	10.5	10.5	5	5	5	5	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	11	11	12.3	12.3	20.5	20.5	45	45
18	18	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	5	5	5	5	5	5.8	5.8	11	11	12.3	12.3	20.5	20.5
18	18	18	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	5	5	5	5	5	5.8	11	11	12.3	12.3	20.5	20.5
18	18	18	18	18	10.5	10.5	10.5	10.5	5	5	5	5	5.8	5.8	11	12.3	12.3	20.5	20.5

再根据表1的车位 G_j 与重量及车位号的对应赋值关系,即可得车位优化后的车位存取车顺序的矩阵。

4 结束语

(1) 在机械式车库设计过程中,为提高作业效率和经济效益,需要考虑的影响因素比较多,车辆存取策略不同,其运行效率影响较大,由于很难就重心要求、频率要求、时间要求给出明确的偏好,演化为单目标求解较为困难。遗传算法具有很好的全局优化能

力,研究者可以使用遗传算法需求车辆存取顺序的最优方案。同时该算法的应用加强了全局最优解的逼近能力,收敛平稳,计算效率也得到了提高。综合考虑上述两方面的计算结果,就可以得到车辆存取路径顺序相对合理的方案。

(2) 由于利用遗传算法必须将多目标函数归为单一函数求解,本研究为使问题简单化,采取将作业效率和车位重心同等看待的,取权重一致方法,为使求解更准确,将有待后续的进一步探讨研究。

(下转第1208页)

$P > 0$, U_B 和 U_C 的电压升高, I_{BC} 、 I_{BD} 增加, I_{AB} 减少。

当风电场接入位置固定不变时,故障点远离系统时, Z_{df} 变小, Z_{bf} 变大, 即 k 变小, 由上述各式可知, U_{DC} 变大, U_B 变大, I_{AB} 变小, I_{bf} 、 I_{df} 、 I_{BC} 变大。

当故障位置固定不变时,风电场接入点远离系统时, Z_{BC} 变大, 由上述各式可知, U_{DC} 变大, U_B 变大, I_{bf} 变大, I_{AB} 变小, I_{df} 不变。

根据上述分析,针对风电场接入线路时相邻馈线发生短路的情况,可得出以下结论:

(1) 当有风电场接入时,母线 B 和母线 C 的电压升高,从而导致流经线路 BC 和线路 BD 的电流增加,流经线路 AB 的电流减少;而当风电场的容量足够大时,还将改变流经线路 BC 的电流方向;

(2) 当相邻线路故障位置不变时,由于风电场接入点离系统越远,接入点和母线 B 的电压越高,母线 B 流向故障点的电流越小,母线 D 流向故障点的电流越大;

(3) 故障位置远离系统时,会导致母线 B 的电压升高,风电场接入点的电压降低,流经母线 B 到故障点之间线路的故障电流变小,流经线路 BD 的电流变大,流经母线 C 到故障点之间线路的故障电流变大;由于线路 CD 末端连接有负荷,流经线路 CD 的故障电流几乎为零,可以忽略不计。

4 结束语

在分布式发电并网已经成为热门话题的今天,本研究基于大系统、风电场、热电联供电厂的配电网,结合双馈风力发电机和微型热汽轮机的控制模型,建立了多电源配电系统的模型,分析了正常运行情况下风

电场接入对配电网系统的影响;随着故障时刻故障位置的变化,讨论了系统各线路电流和母线电压的变化趋势,并得出对系统故障分量的影响,所得出的结论将为多电源配电系统的保护配置提供研究依据。

在本研究方法中,笔者分析了两个分布式电源对配电网的影响,同时该方法也适用于多个分布式电源的配电系统。

参考文献(References):

- [1] 高飞翔,蔡金锭. 分布式发电对配电网电流保护的影响分析[J]. 电力科学技术学报,2008,23(3):10-14.
- [2] 张超,计建仁,夏翔. 分布式发电对配电网馈线保护的影响[J]. 继电器,2006,34(13):9-12.
- [3] 王成山,李鹏. 分布式发电、微网与智能配电网的发展与挑战[J]. 电力系统自动化,2010,34(2):10-14.
- [4] 孙可,韩祯祥,曹一家. 微型燃气轮机系统在分布式发电中的应用研究[J]. 机电工程,2005,22(8):55-60.
- [5] 余涛,童家鹏. 微型燃气轮机发电系统的建模与仿真[J]. 电力系统保护与控制,2009,37(3):27-31.
- [6] 刘君,穆世霞,李岩松,等. 微电网中微型燃气轮机发电系统整体建模与仿真[J]. 电力系统自动化,2010,34(7):85-89.
- [7] POLLER M A. Doubly-Fed Induction Machine Models for Stability Assessment of Wind Farms[C]. 2003 IEEE Bologna PowerTech Conference. Bologna, Italy: [s.n.], 2003.
- [8] 胡非凡,胡幸江,陈国定. 变速恒频双馈风力发电机矢量控制研究[J]. 机电工程,2009,26(11):27-30.
- [9] 孙景钉,李永丽,李盛伟,等. 含逆变型分布式电源配电网自适应电流速断保护[J]. 电力系统自动化,2009,33(14):71-76.
- [10] 邱关源. 电路[M]. 北京:高等教育出版社,2009.

[编辑:李辉]

(上接第 1178 页)

参考文献(References):

- [1] 徐格宁,高要臣. 立体车库钢结构参数化设计分析与绘图方法[J]. 中国工程机械学报,2007,5(1):5-10.
- [2] 韩立芳,张明勤,李海清,等. 基于 TRIZ 的新型立体车库创新设计[J]. 工程设计学报,2008,15(2):86-90.
- [3] ROODBERGEN K J, VIS I F A. A survey of literature on automated storage and retrieval systems [J]. **European Journal of Operational Research**, 2008, 38(1): 9-12.
- [4] MALMBORG C J. Design optimization models for storage and retrieval systems using rail guided vehicles [J]. **Applied Mathematical Modeling**, 2003, 27(2): 929-941.
- [5] 华文瀚,田怀文. 堆垛式立体车库存取车策略及路径优化问题的分析研究[J]. 机械设计与制造, 2011, 17(3):

- 260-262.
- [6] 徐格宁,程红攻. 基于排队论的立体车存取调度原则优化[J]. 起重运输机械,2008(5):51-55.
- [7] 李剑锋,段文军,方斌,等. 基于改进遗传算法立体车库存取调度优化[J]. 控制工程,2010,17(5):658-661.
- [8] 方二喜,陈小平. 基于遗传算法的立体车库车位调度研究[J]. 计算机与数字工程,2007,35(12):43-45.
- [9] 玄光男,程润伟. 遗传算法与工程优化[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [10] 张伟中,蔡本晓,沈军达,等. 巷道堆垛式立体车库设计方案参数优化[J]. 机电工程,2006,23(9):9-12.
- [11] 徐春艳. 基于上位机与 PLC 的垂直升降式立体车库控制系统实现[J]. 机械,2011,38(7):72-76.

[编辑:张翔]