

停车场斜排停车位的优化设计

通过停车位合理倾斜提高大中型停车场利用率

二〇一二年三月二十九日

独创性声明

本人声明所呈交的研究论文是本人在导师指导下进行的研究工作和取得的
研究成果，除了文中特别加以标注和致谢之处外，论文中不包含其他人已经发
表或撰写过的研究成果。他人为本课题研究所做的任何贡献均已在论文中作了
明确的说明并表示了谢意。

停车场斜排停车位的优化设计

摘要

车辆于斜列式车位停发车所经过回转弧形的角度减小，方便驶出入车位，倾斜车位可使停车场整体结构得到压缩，从而可在固定面积内通过停车位合理倾斜提高停车位数量。

以大中型平面式停车场作为研究对象，以实地考察测量数据、统计平均尺寸和相关国家及地方标准作为车辆、车位和停发车轨迹的数据模型。通过建立车位经倾斜产生的浪费宽度、经倾斜产生的节省宽度、双列可利用宽度、车位单元所占宽度等与倾斜角度之间的函数关系，得到代入实际停车场及车辆数据可得最佳倾斜角度的优化设计方程。

关键词：停车场 倾斜角度 三角函数 利用率

1 引言

1.1 选题背景

1.1.1 北京停车现状

北京机动车保有量已突破 500 万辆，日增超过 1900 辆，随着城市居民汽车拥有量急剧增加，在拥挤的市区里机动车与停车位之间的矛盾日渐加剧。目前我国城市机动车辆的保有量与停车位之比约为 5:1，停车位的满足率只有 20%左右。现有的公用停车场无法满足越来越多的停车需求。如何充分利用有限的停车场资源来最大程度满足车辆的停泊需求，成为当前亟需解决的问题，停车问题的解决也是推动城市进一步发展的关键之一。

1.1.2 北京停车场现状：

北京停车场以地面平面式停车场和地下平面式停车库为主，两者所提供停车位超过总停车位数量的 70%；在市中心地区有少量小型机械式停车库，在一些交通换乘枢纽附近有少量地上立体式停车楼，两者所提供的停车位少于总停车位数量的 30%。

1.2 现有解决方案

非机械平面式停车场占地面积大，但停放车辆和车辆管理方便，无须购置维护设备和雇佣技术人员。机械式停车库可以倍数增加停车位数量，但由于设备、运行、维护成本较高，在北京一般规模为 10 组车位以内，不足以弥补停车位数量的大量缺口。

既有的机动车停车位主要由非机械平面式停车场提供，而由于机械式停车库的建设费用，设备费用，运行费用、长期维护费用及技术人员成本较高，且受环境因素影响较大，现阶段新建停车场仍以此种停车场为主。因此，对于非机械平面式停车场中的停车位排列优化设计和优化改造，是充分合理利用原有停车场资源，最大程度满足车辆停泊需求的重要突破口。

大中型非机械平面式停车场分布最为普遍，占地面积最大，可作为优化设计的重点，改造空间较大。

1.3 创意来源

北京目前可以看到有很多停车场的车位设计为斜列式，但倾斜角度不一。由此，可以通过研究斜列式车位的倾斜角度与停车位排列和停车场总体设计方案的关系，来力求在限定的面积内得到增加停车位的优化方案，以最大限度提高利用率，缓解停车困难问题。由此提出假设进行建模研究。

1.4 研究现状

在已知范围内，未发现针对倾斜角度与停车场车位数量或利用率关系的专业论著。

2 创意产生过程及假设

2.1 浪费宽度

可以想到：在一定角度范围内，停车位的倾斜增加了单列车位的占用宽度，造成宽度浪费，如图 1 所示：

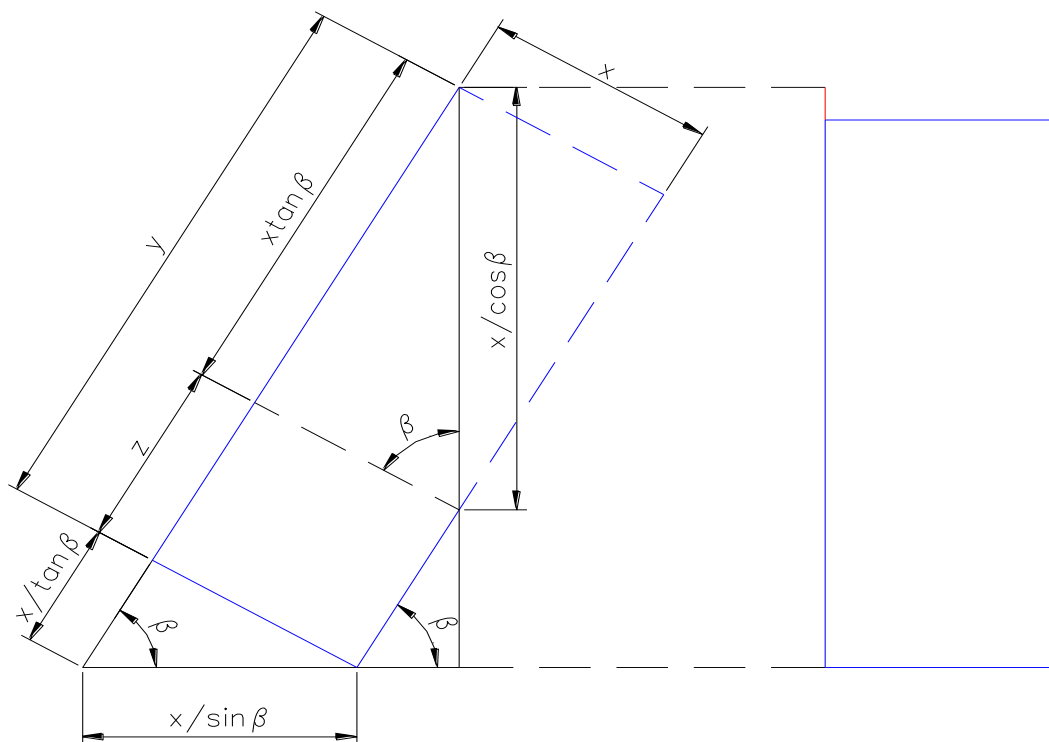


图 1 车位倾斜产生的浪费宽度

2.2 节省宽度

产生宽度浪费的同时，通过倾斜可使车辆停发车回转弧形的圆心相对后退，由于回转半径固定，所以车辆在车位外平行通道的位置会后退同样的距离，节省车列间距即通道宽度，使停车场整体结构得到压缩，如图 2 所示：

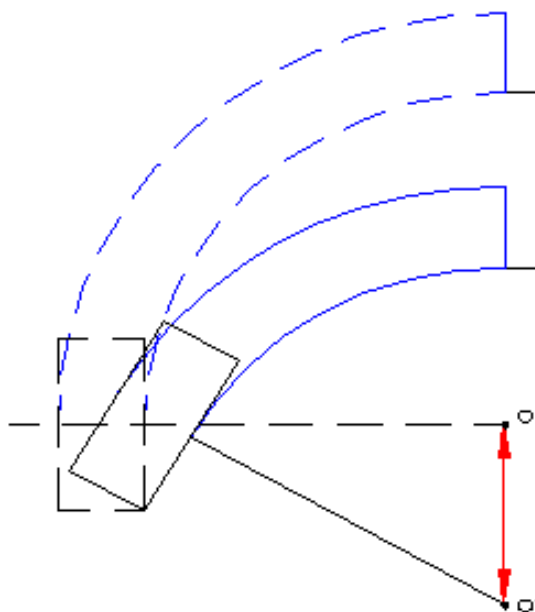


图 2 车位倾斜产生的节省宽度

2.3 可利用宽度

经倾斜节省出的宽度大于浪费的宽度，且可以得到有效利用。

即：节省宽度 - 浪费宽度 = 可利用宽度，如图 3 所示：

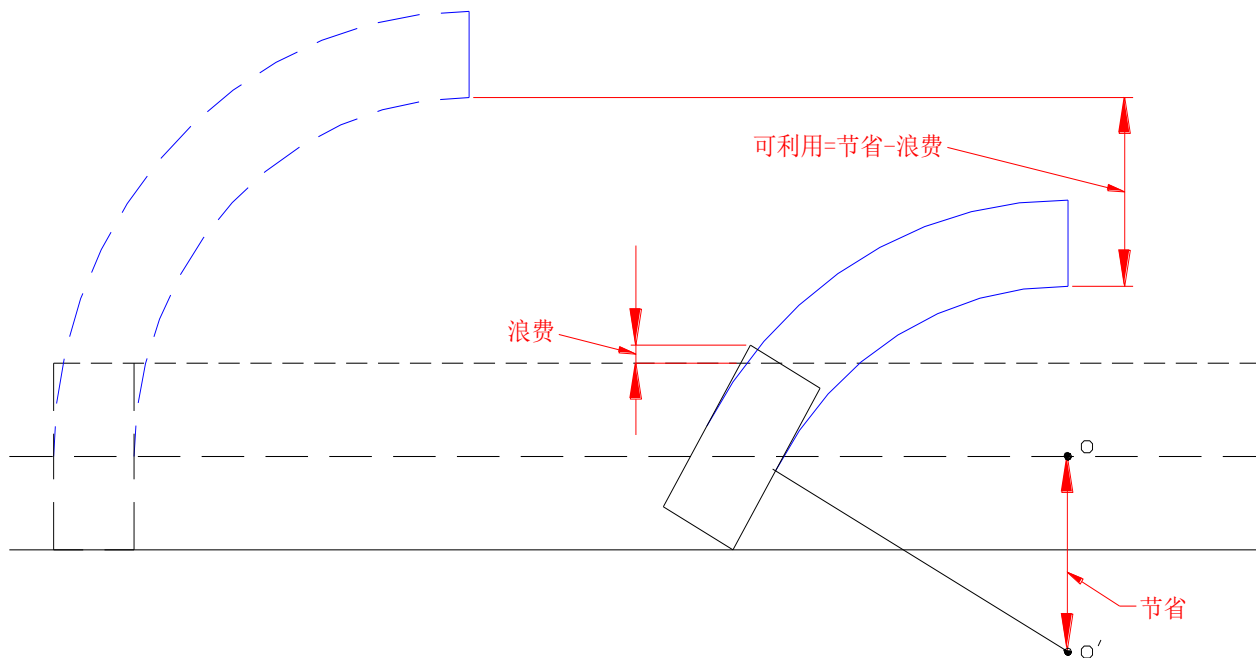


图 3 车位倾斜产生的可利用宽度

2.4 宽度利用实现车位增加

用可利用宽度来码放入新的车列，就可以达到提高固定面积内车位数量的目的。

3 研究方法

3.1 实地考察

为建立数据模型，实地考察测量大中型停车场数据，如表 1 所示：

表 1 实地考察测量数据

	方式	长度/m	宽度/m	通道宽/m	列数	每列个数	总数
百荣世贸停车场	垂直 0°	5.1	2.4	4.0	10	约 24	约 240
燕莎 Outlets C 座停车场	垂直 0°	5.1	2.5	5.9	8	约 40	约 320
家得宝商城停车场	垂直 0°	4.9	2.6	6.0	23	约 13	约 299
集美大红门店主停车场	斜式 25°	5.3	2.9	4.7	20	约 27	约 540
中央音乐学院停车场	垂直 0°	5.7	2.8	4.8	11	约 26	约 276
绿之岛家具城停车场	垂直 0°	5.6	3.1	5.0	10	约 69	约 690
青春坐标停车场	斜式 25°	4.8	2.7	3.6	4	约 15	约 60
燕莎 Outlets A 座停车场	斜式 35°	5.6	3.0	4.9	4	约 20	约 80

表中 方式—— “垂直”表示和通道垂直；角度表示由垂直通道位置开始旋转的夹角
斜式度数—— 表示车位和垂直通道方向的夹角（锐角）
长度—— 表示车位在垂直通道方向上的长度

经实地考察测量和查阅相关资料，将最普遍的大中型非机械地面平面式停车场（51 个车位或以上）、小型车（车长在 4.5m 以下、车宽 1.8m 以下）作为初步研究对象，获得数据模型并求出函数关系后，再拓展至其他停车场类型及车辆类型。

由于现行汽车分类标准^[2]制定于 1989 年，与现在车辆尺寸已有一定偏差，故按照标准的小型车可以停下包括部分 suv 在内的更大型的车辆，初步研究对象的标准可以满足对车位大小需求。

3.2 材料获取

国家与地方（北京）的停车场法规及车辆标准（见附录）约束车辆数据模型、停发车轨迹和结论适用范围

表 2 车辆纵横向净距/m

项目	微型汽车和小型汽车	大中型汽车和铰接车
车间纵向净距	2.00	4.00
车背对停车时车间尾距	1.00	1.00
车间横向净距	1.00	1.00
车与围墙、护栏及其他构筑物之间	纵 0.50	0.50
	横 1.00	1.00

表 3 停车场通道的最小平曲线半径/m

车辆类型	最小平曲线半径
铰接车	13.00
大型汽车	13.00
中型汽车	10.50
小型汽车	7.00
微型汽车	7.00

表 4 停车场类型与车位标准

停车场类型	特大型	大型	中型	小型
车位标准 (个)	大于 500	301-500	51-300	小于 51

表 5 车辆类型与换算系数

车辆类型	微型汽车	小型汽车	中型汽车	大型汽车	铰接车
换算系数	0.7	1	2	2.5	3.5

3.3 统计与分析

统计小型汽车平均尺寸数据，同时参考公共设施建设设计师的研究数据。建立小型汽车数据模型及停车位数据模型。

表 6 小型汽车平均尺寸数据

车型	乘员/人	长度/mm	宽度/mm	转弯半径/mm	面积/m ²
桑塔纳 2000AT	5	4546	1710	5100	7.77
捷达王	5	4385	1674	4800	7.34
捷达	5	4428	1660	4700	7.35
丰田 Sienna CE	7	4932	1862	5800	9.19
奔驰 S600	5	5154	1857	6000	9.57
平均	5.4	4689	1753	5600	8.22

表 7 小型车（II型车）停车标准（m）

停车方式		垂直通道方向的 停车带宽	平行通道方向 的停车带长	通道宽	单位停车面积
平行式	前进停车	2.8	7.0	4.0	33.6
斜列式	30° 前进停车	4.2	5.6	3.0	34.7
	45° 前进停车	5.2	4.0	3.5	28.8
	60° 前进停车	5.9	3.2	4.5	26.9
	60° 后退停车	5.9	3.2	4.2	26.1
垂直式	前进停车	6.0	2.8	9.5	30.1
	后退停车	6.0	2.8	6.0	25.2

3.4 建模

分析统计资料并建立数据模型，计算停车场的相关设计参数，如图 4 所示：

车身长：4500 mm

单门宽：700 mm

车身宽+单门宽：1800 mm +700 mm =2500 mm

车位宽度(x)采用国家标准：2800 mm

车位长度(y)采用国家标准：5000 mm

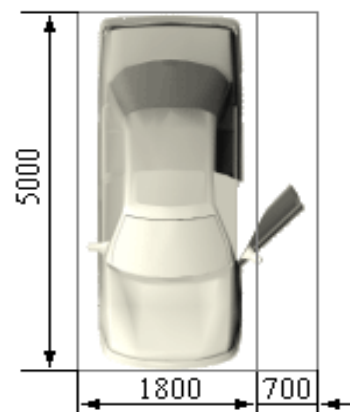


图 4 数据模型

4 研究过程与核心思路描述

4.1 数据准备

分析小型汽车回转轨迹，如图 5 所示：

回转内缘线最小半径 (r)：5000mm

回转外缘线最小半径(Rmin)：6200mm

汽车最小转弯半径 (R) :5600mm

车身长：4500mm

车身宽：2500mm

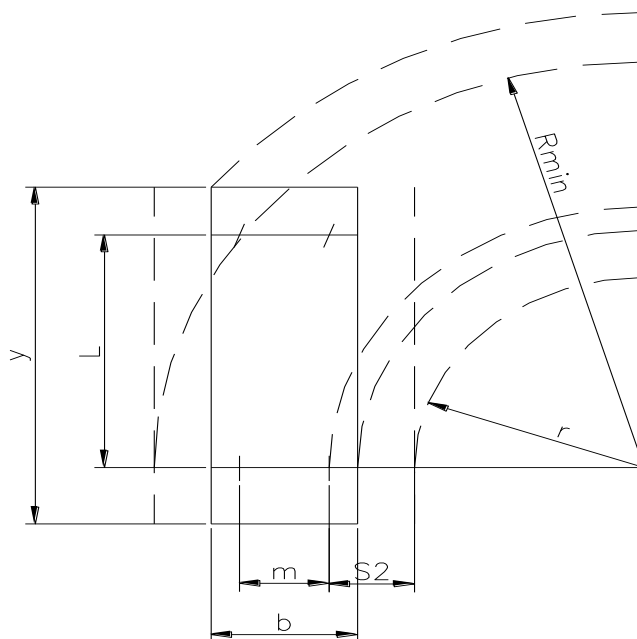


图 5 回转弧形

4.2 建立浪费宽度 w 与倾斜角度 α 的函数关系式

设车位由垂直于通道方向开始偏转，偏转角度为 α ，偏转角的余角为 β 。得到车位宽度增加量，如图 6 所示

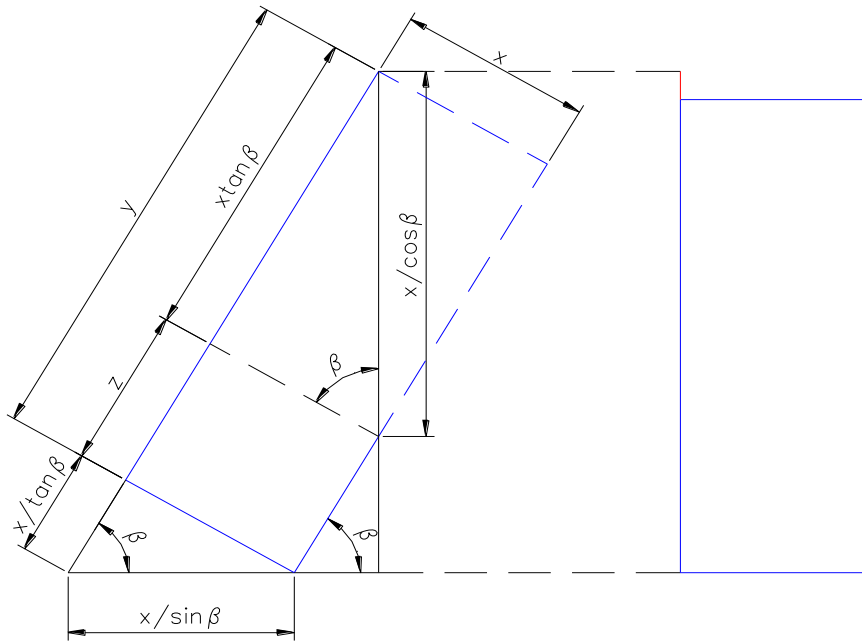


图 6 旋转三角形

由车位数据模型和车辆数据模型可计算得到车位长增加量 w 为：

$$w = \frac{\sin \beta \cdot \cos \beta (y - \tan \beta \cdot x) + x - y \cdot \cos \beta}{\cos \beta} \quad (4-1)$$

α ——偏转角度

β ——偏转角的余角

x ——垂直式停车位标准宽度

y ——垂直式停车位标准长度

由函数绘制函数图象

函数图像与 x 轴交于点 $(58.44, 0.00)$ ，可知当车位倾斜角度在 58.44° 之内，车位所占宽度将会随角度增大而相应增大，与倾斜角度正相关，如图 7 所示：

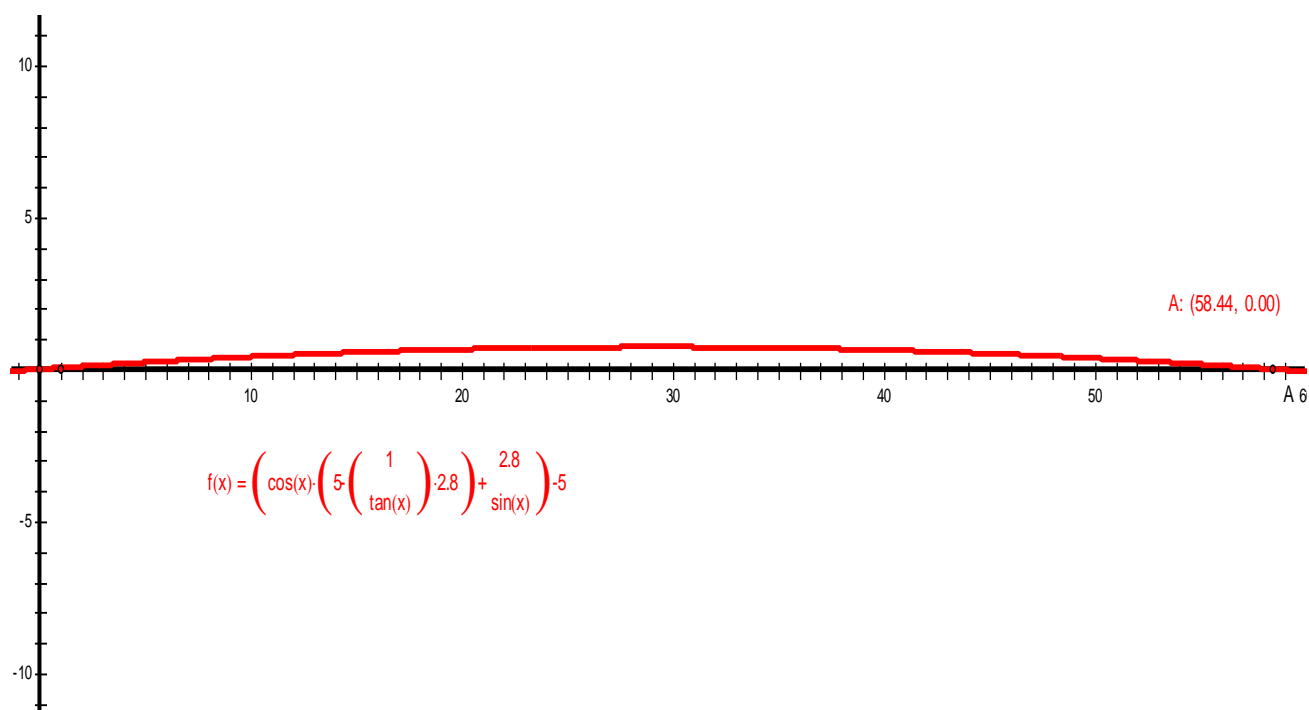


图 7 浪费宽度 w 与倾斜角度 α 的函数关系

4.3 节省宽度 h 与倾斜角度 α 的函数关系式

假设车辆为后停前发式，从车中腰线出车位开始转弯，按 4.1 中所得回转弧形半径，可得出车位倾斜后回转弧形的圆心相对退后距离 h ，由于回转半径固定，所以车辆在车位外平行通道的位置会后退同样的距离，节省车位间距即通道宽度，通道宽度会相应减少， h 即通道宽度减小量，如图 8 所示

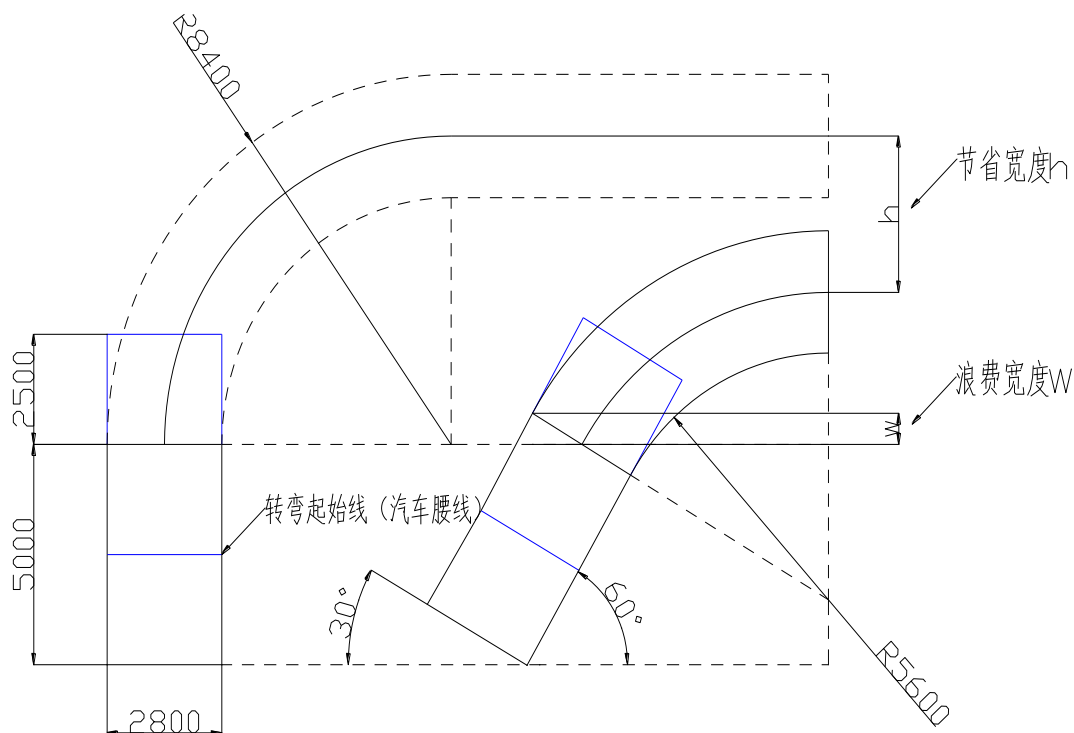


图 8 节省宽度

当停车位旋转角度 α 时，由节省宽度示意得到简化的通道宽度节省量示意，如图 9 所示：

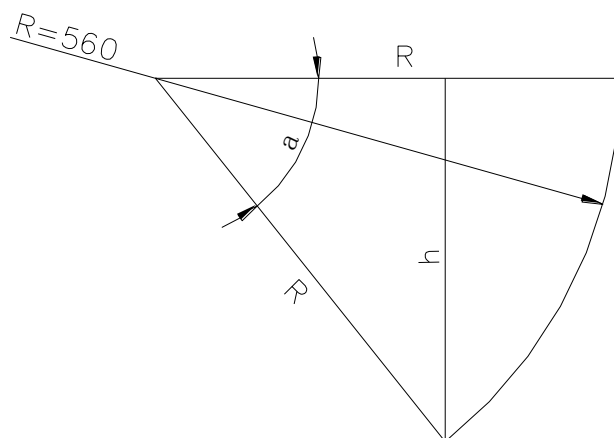


图 9 简化节省宽度

由三角函数算法得到通道长度减少量：

$$h = \sin\alpha \cdot R \quad (4-2)$$

限制：限于国家标准，通道不可过窄，通道宽度不可少于 3m，即倾斜角度不可过大。

当取小型车（II 型车）参数为变量时 $R=5600\text{mm}$

通道缩短量

$$h = \sin\alpha \cdot 5600 \leq 3000$$

即

$$\alpha \in [0^\circ, 38.69^\circ]$$

此时车位面积 S （平行四边形）=宽·高，式中：

宽为

$$\frac{x}{\sin\beta} \quad (4-3)$$

高为

$$\frac{\sin\beta \cos\beta (y - \tan\beta \cdot x) + x}{\cos\beta} \quad (4-4)$$

面积 S 为

$$\frac{x \cdot [\sin\beta \cos\beta (y - \tan\beta \cdot x) + x]}{\sin\beta \cos\beta} \quad (4-5)$$

4.4 可利用宽度与倾斜角度 α 的函数关系式

可利用宽度为

$$f(\alpha) = h - w \quad (4-6)$$

h ——通道宽减少量

w ——车位长增加量

由

$$f(\alpha) = h - w$$

$$h = \sin\alpha \cdot R$$

$$w = \frac{\sin\beta \cdot \cos\beta(y - \tan\beta \cdot x) + x - y \cdot \cos\beta}{\cos\beta}$$

所以

$$f(\alpha) = \frac{\sin\alpha \cdot \cos\beta \cdot R - \sin\beta \cdot \cos\beta(y - \tan\beta \cdot x) - x + y \cdot \cos\beta}{\cos\beta} \quad (4-7)$$

5 数据综合处理

5.1 车位单元

由于增加原始面积内车位数量的途径为：通过车位以合理角度倾斜，缩短原停车位总宽度，将产生的可利用宽度用于再增加 n 个通道及通道两侧相邻的 $2n$ 列车位。因为每列车位均产生浪费宽度，而每列车位产生的节省宽度由通道两侧的两列车位共享，所以当计算整体可利用宽度时需要把一个通道和通道两侧的车位合并计算。将一个通道及其旁边两列车位设为一个“车位单元”进行统一计算，利用“车位单元”进行进一步优化设计，如图 10 所示：

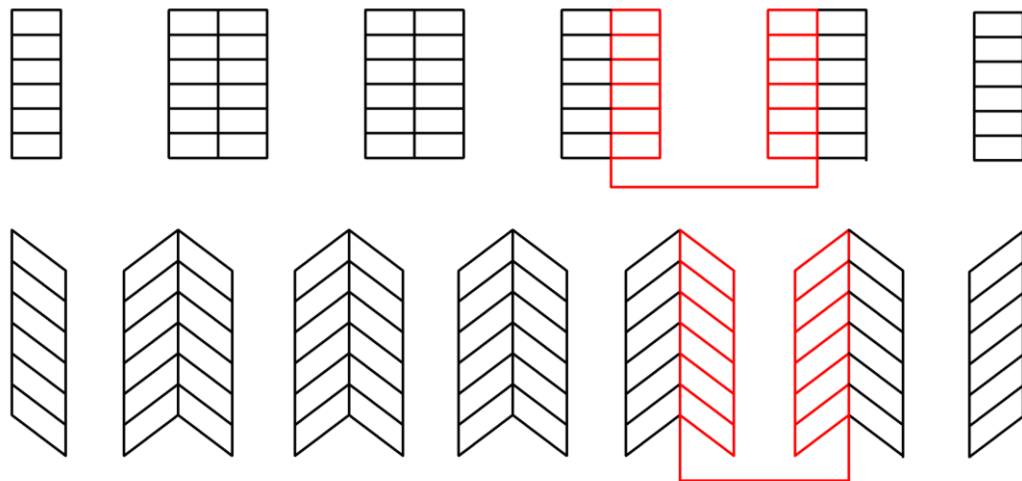


图 10 车位单元

5.2 车位数量增加原理

由优化目标,要将M个单元的车位经倾斜产生的可利用宽度恰好码放入N个单元新增车位,达到增加车位数量的目的。所以令M个单元产生的可利用宽度等于N个新增单元将要占据的宽度,即 $Mf(\alpha) = Ng(\alpha)$ 。由于节省出的宽度由通道旁的两列共用,所以每2M列产生 $Mf(x)$ 的节省宽度;同理, $Ng(x)$ 对应2N列和其间的N个通道。

5.3 车位数量增加实施

由节省宽度 $h = \sin\alpha \cdot R$

$$\text{车位长增加量 } w = \frac{\sin\beta \cdot \cos\beta(y - \tan\beta \cdot x) + x - y \cdot \cos\beta}{\cos\beta}$$

$$\text{可利用宽度 } f(\alpha) = \frac{\sin\alpha \cdot \cos\beta \cdot R - \sin\beta \cdot \cos\beta(y - \tan\beta \cdot x) - x + y \cdot \cos\beta}{\cos\beta}$$

一个“车位单元”经倾斜压缩产生的可利用宽度:

$$f(\alpha) = \frac{2\sin\alpha \cdot \cos\beta \cdot R - \sin\beta \cdot \cos\beta(y - \tan\beta \cdot x) - x + y \cdot \cos\beta}{\cos\beta} \quad (5-1)$$

单列车位长:

$$\frac{\sin\beta \cdot \cos\beta(y - \tan\beta \cdot x) + x}{\cos\beta} \quad (5-2)$$

通道原宽按照垂直后进式停车位标准的通道宽6m,现宽:

$$6 - h = 6 - \sin\alpha \cdot 5.6 \quad (5-3)$$

一个“车位单元”自身所占宽度为:

$$g(\alpha) = \frac{6\cos\beta - 5.6\sin\alpha\cos\beta + 2\sin\beta\cos\beta(y - \tan\beta \cdot x) + 2x}{\cos\beta} \quad (5-4)$$

由创意构想,当可利用宽度与增加的列宽加通道宽度之和相等时,即达到增加车位的目。即将两个函数联立,令M个车位单元产生的可利用宽度等于N个新增车位单元将要占据的宽度,即

$$M \cdot f(\alpha) = N \cdot g(\alpha) \quad (5-5)$$

可知当因变量相等时的自变量 α 的角度值。

停车场原有 m 列车，即有 $m/2=M$ 个车位单元；停车场目标是增加 n 列车，即增加 $n/2=N$ 个车位单元。当 $M \cdot f(\alpha) = N \cdot g(\alpha)$ ，因为 M =原有列数 $m/2$ ， N =新增列数 $n/2$ 。所以有：

$$m \cdot f(\alpha) = n \cdot g(\alpha) \quad (5-6)$$

其中： m ——原有列数(偶数)， $m=2M$
 n ——需增列数(偶数)， $n=2N$

例如：将 10 列垂直后进式小型车停车位改为 12 列斜排后进式停车位：
 为方便观察记录，将上述两函数做差后得到一新函数：

$$h(\alpha) = M \cdot f(\alpha) - N \cdot g(\alpha) \quad (5-7)$$

其中： $M=10/2=5$ （车位单元）

$N=2/2=1$ （车位单元）

$x=2.8m$

$y=5m$

$$f(\alpha) = \frac{\sin\alpha \cdot \cos\beta \cdot R - \sin\beta \cdot \cos\beta(y - \tan\beta \cdot x) - x + y \cdot \cos\beta}{\cos\beta}$$

$$g(\alpha) = \frac{6\cos\beta - 5.6\sin\alpha\cos\beta + 2\sin\beta\cos\beta(y - \tan\beta \cdot x) + 2x}{\cos\beta}$$

在平面直角坐标系中，当新函数与 x 轴相交处即 $h(\alpha)=0$ ， $f(\alpha)=g(\alpha)$ 时，该点的横坐标 (37.89) 即为所求倾斜角度。如图 10 中所示：蓝色图线为 5 个“车位单元”经倾斜产生的可利用宽度，红色图线为 1 个新的“车位单元”的宽度，而黑色图线为“10 直-12 斜”式改造图线，是令可利用宽度恰等于 1 个新“单元”时所得，其与 x 轴交点横坐标即为优化倾斜角度。

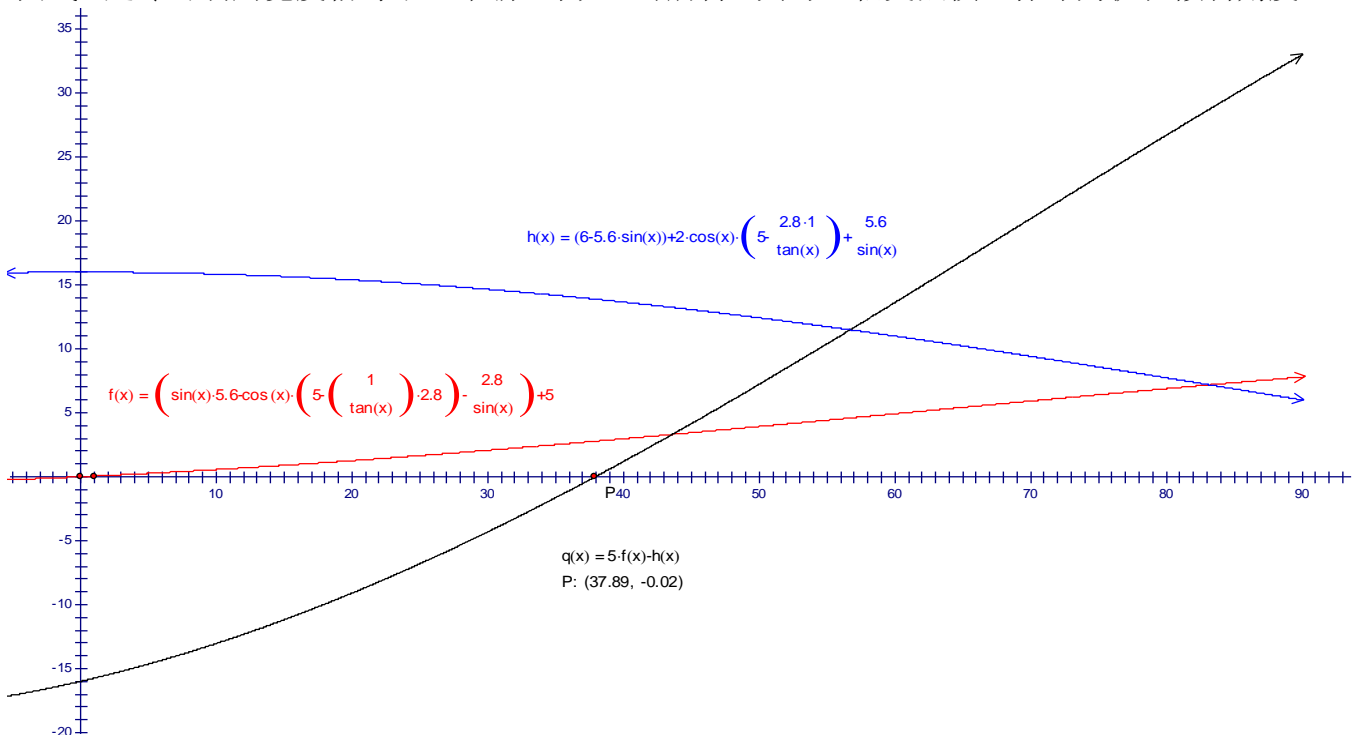


图 11 优化改造方法(x 轴为倾斜角度)

如上文所述，通道缩短量（节省宽度）随圆心后退而增大，但由于通道不可过窄，所以不可无限制增大通道缩短量，即倾斜角度不可过大。限于国家标准及实际运用，垂直式小型车通道宽为 6m, 通道宽度不小于 3m, 通道缩短量最大可达 3m, α 须小于等于 38.69° ，即 $\alpha \in [0^\circ, 38.69^\circ]$

同理，当以小型车数据为变量时，通过代入不同数据改变方程变量的值，可得若干常用数据：

表 2 扩容改造设计

直式停车位列数	斜式停车位列数	倾斜角度 α	提高利用率
10	12	37.89°	20.0%
12	14	33.64°	16.7%
14	16	30.21°	14.3%
16	18	27.53°	12.5%
18	20	23.33°	11.1%
18	22	37.94°	22.2%

例如：原来的 10 垂直后发式停车位宽度等于 12 条旋转角度为 37.89° 的斜式后停前发停车位宽度。

求出未知数 α 后，按照 α 角度码放车位，如图 12 所示：

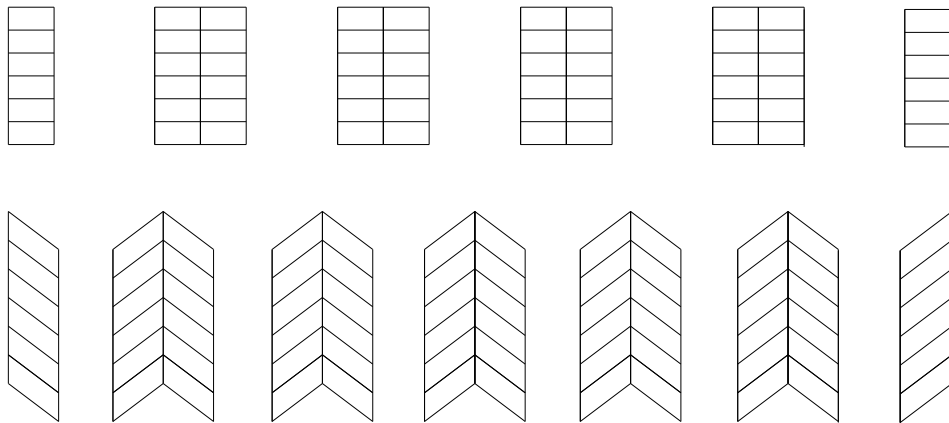


图 12 “10 直-12 斜”式改造

对于适用范围内停车场，优化设计方案最大可提高原停车场内停车位 22.2%。

6 创意可行性分析

6.1 扩容优化设计对象范围

- (1) 既成的斜排式大中型非机械平面式停车场
- (2) 既成的垂直后发式大中型非机械平面式停车场
- (3) 规划中的斜排式大中型非机械平面式停车场
- (4) 规划中的垂直后发式大中型非机械平面式停车场

垂直后发式停车场车位列数为 10 列或以上

斜排式停车场还原为垂直式停车场后，车位列数为 10 列或以上

6.2 既成的或规划中的直排式停车场 优化设计实现方案

获取停车场原有车位最大单元数 $M=[m/2]$ ，需新增车位单元数 $N=[n/2]$ ，令 $M \cdot f(\alpha) = N \cdot g(\alpha)$ 。

或 $m \cdot f(\alpha) = n \cdot g(\alpha)$ ， m =原有列数(偶数)， n =需新增列数(偶数)。

其中：

$$f(\alpha) = \frac{\sin \alpha \cdot \cos \beta \cdot R - \sin \beta \cdot \cos \beta (y - \tan \beta \cdot x) - x + y \cdot \cos \beta}{\cos \beta}$$

$$f(\alpha) = \frac{\sin^2 \alpha \cdot R - \sin \alpha \cos \alpha (y - \cot \alpha \cdot x) - x + y \cdot \sin \alpha}{\sin \alpha}$$

$$g(\alpha) = \frac{D \cdot \cos \beta - R \cdot \sin \alpha \cos \beta + 2 \sin \beta \cos \beta (y - \tan \beta \cdot x) + 2x}{\cos \beta}$$

$$g(\alpha) = \frac{D \cdot \sin \alpha - R \cdot \sin^2 \alpha + 2 \sin \alpha \cos \alpha (y - \cot \alpha \cdot x) + 2x}{\sin \alpha}$$

α ——所求倾斜角度

X ——此种停车场垂直后进式停放该汽车类型的标准宽度

Y ——此种停车场垂直后进式停放该汽车类型的标准长度

令：

$$M \cdot \frac{\sin^2 \alpha \cdot R - \sin \alpha \cos \alpha (y - \cot \alpha \cdot x) - x + y \cdot \sin \alpha}{\sin \alpha} = N \cdot \frac{D \cdot \sin \alpha - R \cdot \sin^2 \alpha + 2 \sin \alpha \cos \alpha (y - \cot \alpha \cdot x) + 2x}{\sin \alpha}$$

得到最佳倾斜角度 α ，原直排式停车场按 α 角度倾斜，即为针对此停车场的优化设计方案。

6.3 既成的或规划中的斜排式停车场 优化设计实现方案

用矩形停车场的宽度除以“车位单元”垂直后进式车位的宽度： $\frac{L}{16}m$

表示假设按照全部还原为垂直后进式车位设计，可码放的“车位单元”数 M 。代入前文方程式求出倾斜角度 α 。剩余宽度部分单独作倾斜设计。

7 创意应用前景

7.1 应用场景

优化方案应用于既成的或规划中的斜排式或垂直后进式大中型非机械平面式矩形停车

场。

优化方案中的优化函数式以该停车场实际数据、停放机动车种类实际数据作为变量，可为每一个符合优化设计范围的停车场量身定做优化方案，具有针对性和实际应用效果。

7.2 市场需求

北京机动车保有量增长率居高不下，停车位数量远不能满足高速增长保有总量，需要大量停车位来避免交通的瘫痪。北京的停车位 70%以上由平面式停车场提供，大中型平面式停车场普遍而占地面积大，同时具有较大的改造空间。预计优化方案经继续校验和完善后将有足够大的市场需求。

7.3 推广模式

按优化设计方案设计改造的成本很低，没有设备购置、维护成本和技术人员人工成本，只需重新调整停车位的排布角度位置，而能够有最高为 22%的车位数量增长。优化方案如果继续经细致调整和完善，预计推广将较为容易。

8 结论

8.1 直排停车位改造的优化函数式：

$$M \cdot f(\alpha) = N \cdot g(\alpha)$$

其中：

$$f(\alpha) = \frac{\sin\alpha \cdot \cos\beta \cdot R - \sin\beta \cdot \cos\beta(y - \tan\beta \cdot x) - x + y \cdot \cos\beta}{\cos\beta} \quad (\text{定义式})$$

$$f(\alpha) = \frac{\sin^2\alpha \cdot R - \sin\alpha\cos\alpha(y - \cot\alpha \cdot x) - x + y \cdot \sin\alpha}{\sin\alpha} \quad (\text{化简式})$$

$$g(\alpha) = \frac{D \cdot \cos\beta - R \cdot \sin\alpha\cos\beta + 2\sin\beta\cos\beta(y - \tan\beta \cdot x) + 2x}{\cos\beta} \quad (\text{定义式})$$

$$g(\alpha) = \frac{D \cdot \sin\alpha - R \cdot \sin^2\alpha + 2\sin\alpha\cos\alpha(y - \cot\alpha \cdot x) + 2x}{\sin\alpha} \quad (\text{化简式})$$

全式为：

$$M \cdot \frac{\sin^2\alpha \cdot R - \sin\alpha\cos\alpha(y - \cot\alpha \cdot x) - x + y \cdot \sin\alpha}{\sin\alpha} = N \cdot \frac{D \cdot \sin\alpha - R \cdot \sin^2\alpha + 2\sin\alpha\cos\alpha(y - \cot\alpha \cdot x) + 2x}{\sin\alpha}$$

其中：M——此停车场原有车位单元数=原有列数/2

N——此停车场需增车位单元数=需增列数/2

α ——所求倾斜角度

R——此种车辆回转弧形半径

D——此种停车场垂直后进式车位列间距

x——此种停车场垂直后进式停放该汽车类型的标准宽度

y——此种停车场垂直后进式停放该汽车类型的标准长度

例如：当以最普遍的小型车标准作为通道宽度、回转弧形半径时，得到：

$$g(\alpha) = \frac{6\cos\beta - 5.6\sin\alpha\cos\beta + 2\sin\beta\cos\beta(y - \tan\beta \cdot x) + 2x}{\cos\beta} \quad (\text{定义式})$$

$$g(\alpha) = \frac{6\sin\alpha - R \cdot \sin^2\alpha + 2\sin\alpha\cos\alpha(y - \cot\alpha \cdot x) + 2x}{\sin\alpha} \quad (\text{化简式})$$

或 $mf(\alpha) = ng(\alpha)$, m =原有列数(偶数), n =需增列数(偶数)。

通过根据具体某一个停车场场地情况和停放的车辆种类情况，代入停车场场地数据（原有车位列数、需新增车位列数）与车辆种类数据（垂直后进式停放该汽车类型的标准宽度、标准长度，该种车辆的回转弧形半径，与汽车类型相对应的垂直后进式车位列间距），可以为每一个具体的停车场，每一种机动车量身订做适合此停车场、机动车的个性化优化方案。

8.2 结论适用范围

既成的或规划中的斜排式或垂直后进式大中型非机械平面式矩形停车场。

地下平面式停车库由于地下柱网的排列限制，本研究结果产生的车位数增加百分数可能受到一定影响。

垂直后进式车位列数为/可还原为 10 列或以上。

斜式车位角度浪费、发车时直式与斜式微小腰线差可以忽略。

只适用于停车场中的偶数列数, 余出的 1 列不在设计范围内, 即仍可通过倾斜产生可利用宽度, 但不能计入总体系统设计之内。

对于既有的停车场, 规划不影响原出入口位置。

9 创新

(1) 在已知范围内, 未发现针对倾斜角度与停车场车位数量或利用率关系的专业论著。

(2) 优化函数式中的自变量均可根据具体某一个停车场场地情况和停放的车辆种类情况确定, 代入停车场场地数据（原有车位列数、需新增车位列数）与车辆种类数据（垂直后进式停放该汽车类型的标准宽度、标准长度, 该种车辆的回转弧形半径, 与汽车类型相对应的垂直后进式车位列间距）。以该停车场实际数据、停放机动车种类实际数据作为变量, 可为每一个符合优化设计范围的停车场量身定做个性化的优化方案, 具有针对性和实际应用效果。

(3) 以“车位单元”概念研究停车场总宽度与倾斜角度之间关系的规律, 使得结论更为准确, 并且提高优化函数式的适用性。

(4) 本优化研究在理论上最大可增加固定面积内停车位数量 22.2%。

10 需进一步讨论的预计技术难点

经计算,斜式车位单排由倾斜产生的长度多余浪费,较优化后所增加车位数量而言很小,为使优化设计方案适用性更强,在此忽略其浪费影响。

直式与斜式车位发车时腰线差较为微小,且因驾驶员习惯而异,故在此不予考虑。

针对停车场中按“车位单元”重复排列的偶数车列进行设计,余出的1列仍可通过倾斜提高利用率,但不能计入总体系统设计之内。

对于既成的或设计中的斜排式矩形停车场,由于先转化为垂直后进式停车位设计后可能有宽度剩余,剩余部分仍可码放单独设计的斜停车位,但不再适用总体结论式。

11 参考文献

- [1]. 姜启源. 数学模型(第2版). [M]. 北京: 高等教育出版社. 1995.
- [2]. 蔡镇钰. 建筑设计资料集第7册. [M]. 北京: 中国建筑工业出版社. 1997.
- [3]. 宋作忠, 何文章. 基于遗传算法的交易中心停车场优化设计[J]. 数学的实践与认识, 2004, (1).
- [4]. 王耀斌, 李世武, 胡明. 城市停车场的规划与设计[J]. 吉林工业大学自然科学学报, 2011, (3).
- [5]. 季彦婕, 王伟, 邓卫. 停车场内部泊车行为特性分析及最优泊位选择模型[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2009, (2).
- [6]. 陈峻, 王伟. 城市路外停车场出入口交通组织分析[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2004, (1).
- [7]. 陈峻, 张辉. 城市路内外停车设施车辆停放的差异性分析[J]. 城市规划, 2009, (8).
- [8]. 郭彦云, 孙壮志, 张秀媛. 停车场出入口设计实证研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2011, (21).
- [9]. Harry, TengYi (Grace), QiDavid R. Parking Difficulty and Parking Information System Technologies and Costs. *Journal of Advanced Transportation*, 2008, (2).
- [10]. Willie D. Jones .Parking 2.0 . *IEEE Spectrum*, 2011, (6).

12 附录

- [1]. 《汽车库、修车库、停车场设计防火规范》国家标准(GB50067-97)
- [2]. 《中国汽车分类标准》国家标准(GB9417—89)
- [3]. 《汽车库建筑设计规范》国家标准(JGJ100-98)
- [4]. 《机动车辆及挂车分类》国家质检总局标准(GB/T 15089-2001)
- [5]. 《产业结构调整指导目录(2007年本)》国家发改委标准
- [6]. 《汽车和挂车类型的术语和定义》国家质检总局标准(GB/T3730.1-2001)
- [7]. 《公共停车场工程建设规范》北京地方标准(DB11/7 595-2008)