基于 Pro/E 参数化设计在智能车库设计中的应用分析

温海生
（江西省地质局有色地质大队 江西 赣州 341000）

摘要：Pro/E 软件是由美国 PTC 公司开发的设计制造整体解决方案软件，Pro/E 率先提出了参数化设计的概念，其提出的单一数据库、参数化、基于特征、全相关性及工程数据再利用等概念改变了传统MDA的观念，成为 MDA 领域的新业界标准。基于上述概念写成的 Pro/E 软件能将设计至生产的过程集成在一起，让所有的用户同时进行同一产品的设计制造工作，即并行工程，这帮助众多用户提高了生产率，缩短了从概念设计到制造的周期，提高了产品的质量，加速了新产品的上市。本文基于 Pro/E 的参数化这一特征，阐述其在智能车库设计中的实践应用。

关键词：Pro/E；参数化；关系式；智能车库设计

1 机械式停车设备的发展背景

截至 2021 年 12 月，中国机动车保有量达到了 3.95 亿辆，汽车保有量为 3.02 亿辆。但随着城镇化及汽车保有量的上升，随之而来的是停车难的问题，车位和土地的需求急剧增加。这在一定程度上导致了土地资源的紧缺，在高度发达的城市及各大城市的老旧城区这一现象愈发严重。因此，如何提高对空间的利用率成了重要课题，如何解决停车难的问题摆在城市管理者的面前，而机械式停车设备向空中及地下要空间的停车方式受到青睐，也推动了机械式停车设备的发展。

2 机械式停车设备的概念及分类

2.1 机械式停车设备的概念

根据 JB/T 8713-1998 的定义，机械式停车设备可以理解为利用机械的方法，通过存取设备将车辆进行左右、上下、前后等一种或多种动作组合实现车辆存放或取出的集机、电于一体的成套设备。

2.2 机械式停车设备的分类

参考国家标准 GB/T 26559-2011，根据机械式停车设备的工作原理分为 9 大类，分别是升降横移类（PSH）、简易升降类（PJS）、平面移动类（PPY）、巷道堆垛类（PXD）、垂直升降类（PCS）、垂直循环类（PCX）、水平循环类（PSX）、多层循环类（PDX）和汽车专用升降机（PQS）。其中，前 6 种为市面常用类型，市场占有率合计在 90% 以上。

3 智能车库设计

Pro/E 强大的三维建模及参数化设计功能可以解决相似零部件的重复性设计问题，有些较为简单的仅涉及外形尺寸变化的，可以采用零件列表的形式解决，而结构多元又有一定内在联系的复杂零件，如智能车库立柱、载车板等需要参考相关设计标准，利用程序或关系式约束的方法设计成全尺寸驱动的零件，项目组成员互相引用零部件时，只需按照需求通过菜单中的参数变量进行重新赋值，再生成所需的零部件用于装配等。

零件的再生是在相关程序、关系式的约束下，实现特征全自动再次造型，得到满足标准所需的零部件，如此可以大大减少项目组成员重复设计工作，并节约设计时间。特别注意的是，零部件建模时要全面考虑特征的父子关系，较为固定的特征放在前面，可变的特征置后，尽量减少特征之间不必要的父子关系，选择草绘参照时尽量采用默认基准、草绘中心线等，一些倒角及圆孔等特征最好在草绘中完成，这样可以省去再生时不必要的更改，提高参数化设计一次性成功率。

对总装人员来说，最后成型某一产品，只要拿来相关零部件进行参数变更驱动，即可实现搭积木般产品迭代更新，从而缩短设计周期，提高产品的质量，加速产品的上市。本文以智能车库中的较为通用的立柱及常见的垂直升降类（PCS）、平面移动类（PPY）和巷道堆垛类（PXD）等通用的载车板为例，阐述 Pro/E 参数化功能在智能车库设计中的实践应用。

4 智能车库立柱

车库的立柱一般有立柱底板、立柱本体、牛腿及相关附属结构件组成，立柱本体及牛腿一般采用 H 型钢，而车库的不同层数（以升降横移类机械式停车设备为例，层数一般是 2 ~ 10 层）会导致立柱底板、立柱本体、牛腿等的关联变化，但变化的主要是型材及板材的特征，但材料形状各公司都形成了且有一定的规律的

方案，可以采用条件关系式进行约束。参数定义表（表 1）所示，设置层数 N、层高 H 为自定义的参数，其余采用关系式约束锁定，见参数赋值及关系约束（图 1），通过层高和层数进行立柱外形驱动，用户间可以通过改变 N、H 两个参数得到不同的实体，见输入相应参数再生结果（图 2）。

表 1　参数定义

名称	类型	值	指定	访问	源	说明	受限制的	单位
DESCRIPTION	字符串		☑	完全	用户自定义的			
MODELED_BY	字符串		☑	完全	用户自定义的			
L	实数	4206	☐	锁定	关系	立柱本体总长		
S	实数	2502	☐	锁定	关系	立柱总长		
A	实数	150	☐	锁定	关系	H钢a边长		
B	实数	13	☐	锁定	关系	H钢r角半径		
T1	实数	10	☐	锁定	关系	翼缘板厚		
T2	实数	7	☐	锁定	关系	腹板厚		
C	实数	280	☐	锁定	关系	底板长		
D	实数	220	☐	锁定	关系	底板安装孔大小		
T3	实数	16	☐	锁定	关系	底板厚度		
N	整数	2	☐	完全	用户自定义的	车库层数		
H	实数	1730	☐	完全	用户自定义的	层高		

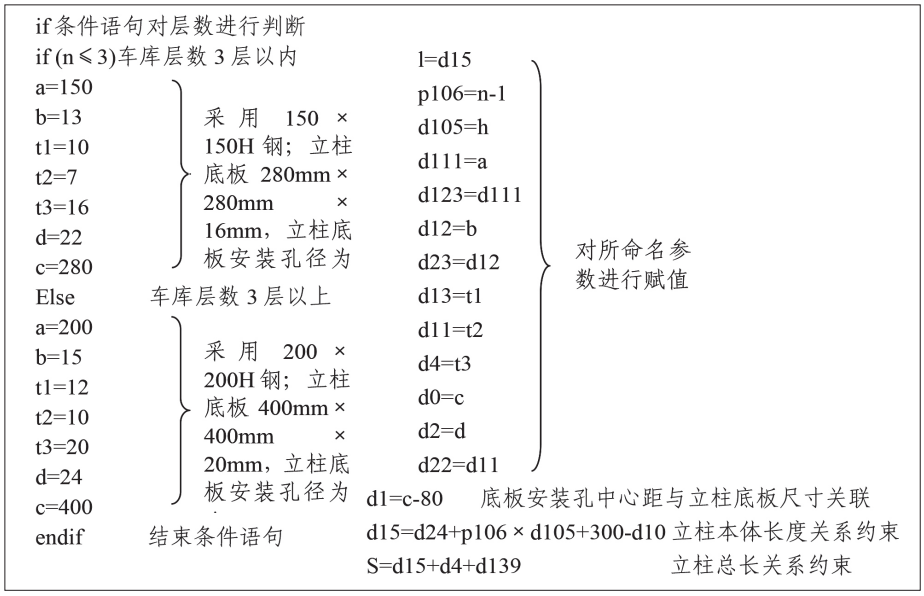
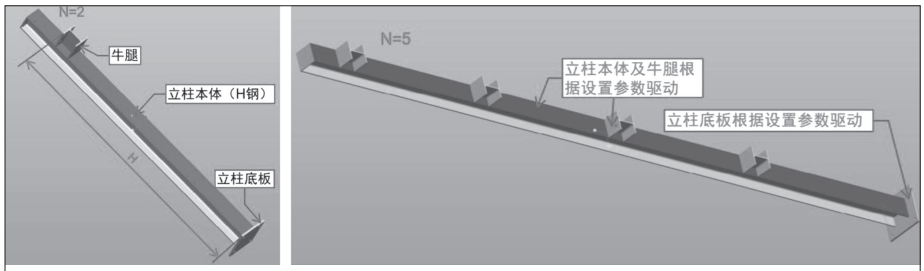


图 1　参数赋值及关系约束



（a）输入相应层数再生结果（N=2）　（b）输入相应层数再生结果（N=5）

图 2　输入相应参数再生结果

表 2　参数定义

名称	类型	值	指定	访问	源	说明	受限制的	单位
DESCRIPTION	字符串		☑	完全	用户自定义的			
MODELED_BY	字符串		☑	完全	用户自定义的			
A	实数	5300	☐	完全	用户自定义的	适停车辆长度		
B	实数	1950	☐	完全	用户自定义的	适停车辆宽度		
C	实数	2070	☐	锁定	关系	载车板宽度		
D	实数	2400	☐	锁定	关系	停车位宽度		
L	实数	5500	☐	锁定	关系	停车位最小长度		
E	实数	1	☐	完全	用户自定义的	车辆搬运形式：1搬运器入库；2带对中装置；3汽车自行驶入停车位		
F	实数	150	☐	完全	用户自定义的	后视镜宽度		
H	实数	150	☐	锁定	关系	标准所需附加宽度		
I	实数	200	☐	完全	用户自定义的	标准所需附加长度		
N	实数	1	☐	锁定	关系	是否需含后视镜宽度：1含；0不含		

5　智能车载车板

智能车库采用的载车板或梳齿架，都须在国家相关标准框架下设计制造，根据 GB 17907-2010-5.3.3 对停车位尺寸规定。

宽度：对用搬运器将汽车送入停车位的，不应小于适停汽车全宽加 150mm（含后视镜宽度），带有对中装置的，不应小于适停汽车全宽加 50mm；对于汽车自行驶入停车位的，不应小于适停汽车宽度加 500mm（不含后视镜宽度）；

长度：不应小于适停汽车的全长加 200mm。

对上述标准规定，可以通过参数及关系式的形式进行国家标准规定语言与程序语言的转化，设置采用何种形式的搬运器（E）和适停车辆的尺寸（A、B）等参数为可自定义的参数，参数定义表（表 2）所示，其他参数用关系式进行锁定，如参数赋值及关系约束（图 3）所示，不同设计人员只要把自己设计时将要采用的搬运器形式及客户所需适停车辆参数写入，如输入相应参数再生结果（图 4）所示，即可得到满足要求的载车板或梳齿架，十分方便快捷。

6　结语

借助 Pro/E 建模及参数化设计，若针对智能车库行业进行二次开发应用，可以将很多相关的标准语言

L=A+I

适停车辆长度+标准所需附加长度赋值给停车位最小长度；

d11=L

停车位最小长度赋值给载车板设计总长；

c=b+120

适停车宽+120（载车板挡车边缘总宽）赋值给载车板设计宽度；

d619=c × 0.5

载车板对称设计，载车板设计宽度的 1/2 赋值给对称实体宽度

d77=c-300

载车板设计宽度小 300 赋值给托架设计长度。

车位长宽赋值，关系约束。

if 条件语句对搬运方式进行判断

if E==1
H=150
N=1
采用搬运器将汽车送入停车位。停车位尺寸为适停汽车全宽+150，（N=1 为含后

Endif　结束条件语句

if E==2
H=50
N=1
采用带对中装置的：停车位尺寸为适停汽车全宽+50，（N=1 为含后视镜宽度）

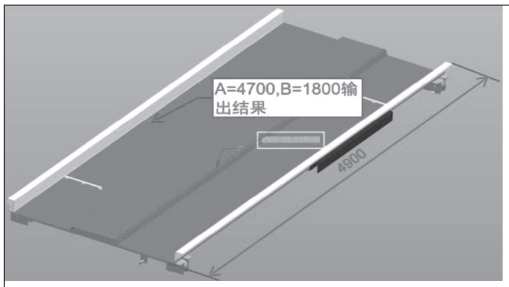
endif　结束条件语句

if E==3
H=500
N=0
汽车自行驶入停车位：停车位尺寸为适停汽车全宽+500，（N=0 为不含后视镜宽度）

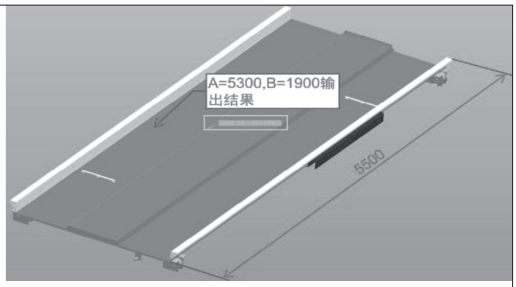
endif　结束条件语句

D=B+F × N × 2+H停车位宽度关系约束

图 3　参数赋值及关系约束



(a) 输入“中型”型车参数再生结果



(b) 输入“特大型”型车参数再生结果

图 4　输入相应参数再生结果

全部转化成程序语言，将各大零部件进行尺寸关联锁定，建立起每种类型车库的参数化驱动零部件库，采用模块化和标准化设计思路，最终实现智能车库的设计，只需输入客户所需停放车辆规格、层数和列数等关键少数参数，即可全身随动，执行实体的再生，轻松应对产品的升级和客户的个性化定制等需求，极大地减少了设计人员的重复工作，加速了设计制造进程。

参考文献：

[1] 林清安 . 完全精通 Pro/ENGINEER 野 火 4.0 中文版综合教程 [M]. 北京：电子工业出版社 ,2009.

[2] 沈萌红，关金生 . 基于 Pro/E 的三维参数化零件库的开发 [J]. 中国制造业信息化，2003(7):115-118.