

DOI:10.3969/j.issn.1003-5060.2023.12.005

# 防破拆设备安全性与可拆解性的冲突量化研究

宋守许, 李作稳, 周丹, 田永廷

(合肥工业大学 机械工程学院, 安徽 合肥 230009)

**摘要:**为保证安全性,保险柜、防盗门、银行自动柜员机(automated teller machine, ATM)等设备均进行防破拆设计,在提高安全性的同时,减弱了自身可拆解性,降低了其回收利用价值。文章以拆解工具和拆解时间为指标,依据相关规范对常规破拆工具进行等级划分,分别在非法拆解和回收拆解下测得拆解时间。采用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)分析拆解工具和时间的指标权重,提出量化公式来评价防破拆设备的安全性和可拆解性,并以安全性、可拆解性和指标权重建立冲突量化评价公式,对冲突实现了量化处理。基于 ATM 保险柜门实物结构,对全钢制结构和水泥夹层结构方案进行冲突量化对比分析,结果表明,水泥夹层外壳的防破拆设计冲突较小,为新品设计提供了方向。

**关键词:**冲突量化;安全性;可拆解性;防破拆设备;层次分析法(AHP);拆解工具

**中图分类号:**TH122 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-5060(2023)12-1616-06

## Research on quantification of conflict between security and dismantlability of anti-dismantling equipment

SONG Shouxu, LI Zuowen, ZHOU Dan, TIAN Yongting

(School of Mechanical Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** The anti-dismantling design of safety deposit box, security door, and automated teller machine(ATM) have been carried out for security. However, while improving the security, the dismantlability of the equipment will be weakened and the recycling value will be reduced. Considering the dismantling tools and time, the conventional dismantling tools were graded according to the relevant standards; the dismantling time was measured using illegal dismantling modes and recycling dismantling modes. The weight index of dismantling tools and time was analyzed based on analytic hierarchy process(AHP). The quantitative formula was proposed for evaluating the performance of the security and the dismantlability of the equipment. The quantitative formula based on dismantling tools and dismantling time was proposed for evaluating the conflict between security and dismantlability, so as to complete the quantification of conflict. Furthermore, considering the ATM safe door, the conflict of two structures, i. e. steel plate and steel-cement-steel, was quantified. The results show that the anti-dismantling design of the structure of steel-cement-steel has less conflict, which provides a direction for new product design.

**Key words:** quantification of conflict; security; dismantlability; anti-dismantling equipment; analytic hierarchy process(AHP); dismantling tool

生活中,保险柜、密码箱、自动柜员机(automated teller machine, ATM)等具有安全性要求

的设备被广泛应用。这些设备在提供便利的同时,对安全性提出了更高要求。为满足安全性,防

收稿日期:2022-04-29;修回日期:2022-08-18

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2019YFC190110)

作者简介:宋守许(1964—),男,安徽霍山人,博士,合肥工业大学教授,博士生导师。

止不法分子蓄意恶性非法拆解,设备大都使用防破拆结构来提高安全性,但不可避免降低设备退役后的可拆解性,造成安全性和可拆解性的冲突。

在防破拆设计领域,安全性和可拆解性是重要的性能指标,用以衡量防破拆设备的拆解性能,两者侧重方向却有所不同。安全性为设备服役阶段抵抗不法分子非法拆解的能力;可拆解性表示在设备退役后的拆解过程中,其拆解效率、高值部件保护难易程度和拆解过程中的环保性。

在安全性领域,文献[1]针对防盗安全门使用的破坏工具及破坏方法进行阐述和分析;文献[2]利用碳-环氧树脂的新型复合材料提升了侧门框架提高汽车的安全性;文献[3]使用要害识别方法研究核电厂设施破坏保护相关问题;文献[4]针对电力通信光缆破坏提出一些技术性措施。

在可拆解性领域,文献[5]建立了一套以碳排放量值为评价标准的拆解评价体系;文献[6]建立易拆解可回收设计方案与发明原理或标准解法的映射关系;文献[7]通过分析产品的技术、经济和环境指标,利用综合指数来评价产品拆解的可行性和有效性;文献[8]同时考虑了拆解可达性、接触面、连接方式、连接数量和种类这 5 个变量因素选出最适合回收的废旧产品。

对防破拆设备的安全性和可拆解性进行综合考量,保证其服役期间安全性能,提高回收阶段的拆解性,形成资源再利用闭环的有效途径。在冲突量化领域,文献[9]基于层次分析法对冲突因素进行量化处理,根据灰度理论提出一种冲突预测方法;文献[10]综合层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)及多级模糊综合评价法,对冲突状态进行量化评价;文献[11]提出基于可拓和 TRIZ 理论的冲突分析与量化方法;文献[12]根据多对冲突的出现频率,提出一种基于 TRIZ 矩阵的快速解决多冲突的方法。

上述量化方法不能有效适用于量化安全性与可拆解性冲突,本文建立一套指标体系,既能有效评价安全性、量化机构的防破拆能力,又能量化可拆解性,进而在相同指标体系下提出冲突量化公式实现冲突量化。为设计提供方向指导,使设计师在设计之初参考量化结果,统筹考虑安全性与可拆解性的性能要求。

## 1 冲突指标分析

对于常见的防破拆结构,造成冲突的因素主要包括零部件之间的连接关系、材料、厚度以及可

达性。常见的连接方式有螺栓、螺钉、键、销、铆接、过盈连接、胶接、焊接等。常见的材料有铸铁、铸钢、铝合金和结构钢等。根据各因素综合作用引起的拆解难度不同,拆解选择不同的拆解工具。为方便描述,本文将不法分子破坏性拆解称为非法拆解,回收商回收后在工厂车间进行的拆解称为回收拆解。非法拆解时,多会使用便于携带的电动工具,而在回收拆解时,则会优先选择拆解效率高的工具。不同的拆解工具面对同一防破拆结构时,拆解效率的不同会导致总体拆解时间不同。因此,本文使用拆解工具和拆解时间作为量化指标进行冲突量化。

### 1.1 拆解工具

参照文献[13],将常见的拆解工具分为手工工具、电动工具和割炬 3 个等级,拆解工具类别见表 1 所列。在进行安全性和可拆解性量化时,可根据拆解环境选取不同的拆解工具。

表 1 拆解工具类别

等级	等级值	工具种类
手工工具	1	凿子、冲头、楔子、螺丝刀、钢锯、扳手、钳子、铁锤、撬扒工具等
电动工具	3	电动螺丝刀、电钻、电动冲击锤、切割机、砂轮机、电锯等
割炬	5	射吸式割炬、等压式割炬

为实现冲突数值量化,采用单位时间成本对工具等级进行数值量化。本文以合肥地区为例,以各工种市场平均价格进行数据计算处理。

在进行拆解实验时,以矩阵  $\mathbf{K}_1$  表示非法拆解选用工具的等级值,矩阵  $\mathbf{K}_2$  表示回收拆解选用工具的等级值,表达式为:

$$\mathbf{K}_1 = [k_i]_{1 \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$\mathbf{K}_2 = [k_i]_{1 \times p}, \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (2)$$

其中: $i$  为工具选用的次序; $k_i$  为第  $i$  次更换的工具的等级值; $n$  为非法拆解实验更换工具次数; $p$  为回收拆解更换工具次数。

### 1.2 拆解时间

拆解时间为防破拆结构完成拆解所需时间,包括工作时间  $t^a$  和辅助时间  $t^b$ ,工作时间指拆解工具净工作的时间,辅助时间包括更换工具损耗组件、调节工具状态、观察拆解状态和调整拆解位置等消耗的时间。

由于非法拆解和回收拆解追求的拆解目标不同,拆解工具和拆解路径的选择也可能不同,造成

2 种拆解方式下的拆解时间不同。以  $T_1$  表示非法拆解的拆解时间矩阵,以  $T_2$  表示回收拆解的拆解时间矩阵。

在拆解过程中,拆解人员需不时观察拆解位置及深度,避免带来价值破坏和防止危险发生,同一产品拆解辅助时间也有可能呈现出较大差异性。拆解过程中为避免误差,进行多次拆解取平均值以保障精度,对误差等级的要求越高,进行拆解实验次数越多。

非法拆解的拆解时间矩阵  $T_1$  为:

$$T_1 = \left[ \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (t_{ij}^a + t_{ij}^b) \right]_{n \times 1}, i=1,2,\dots,n \quad (3)$$

回收拆解的拆解时间矩阵  $T_2$  为:

$$T_2 = \left[ \frac{1}{q} \sum_{j=1}^q (t_{ij}^a + t_{ij}^b) \right]_{p \times 1}, i=1,2,\dots,p \quad (4)$$

其中: $j$  为第  $j$  次拆解实验; $m$  为非法拆解实验次数; $q$  为回收拆解试验次数。

## 2 冲突量化方法及流程

### 2.1 量化指标权重

不同的防破拆设备对性能要求不同,指标比重自然不同,在评价安全性与可拆解性冲突时需要对其进行权重分析。由于自身利益冲突,设计者、银行人员和回收商等人员又有各自性能侧重点。因此邀请各方专家进行综合讨论,对各指标进行权重分析。

在权重分析中,引入 AHP 对  $K_1$ 、 $T_1$ 、 $K_2$ 、 $T_2$  权重进行判定,指标间打分判断标度定义见表 2 所列。

表 2 判断标度定义

标度	1	3	5	2,4
$a_{ij}$	同等	较强	强烈	两相邻判
	重要	重要	重要	的中间值

依次选择 2 个指标,用  $a_{ij}$  表示前一个指标  $i$  相对后一个指标  $j$  的重要程度,得到判断矩阵  $A$ ,表达式为:

$$A = [a_{ij}], i, j = 1, 2, 3, 4 \quad (5)$$

根据定义,判断矩阵元素  $a_{ij}$  满足下列性质:

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}, i \neq j; a_{ii} = 1, i = j \quad (6)$$

运用几何平均法,求得各指标权重  $\omega_i$  为:

$$\omega_i = \left( \prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/4} / \sum_{i=1}^n \left( \prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/4} \quad (7)$$

可得权重向量  $W$ ,即

$$W = \begin{bmatrix} \omega_{K_1} & \omega_{T_1} & \omega_{K_2} & \omega_{T_2} \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} \omega_1 & \omega_2 & \omega_3 & \omega_4 \end{bmatrix}^T \quad (8)$$

且满足  $\sum_{i=1}^4 \omega_i = 1$ 。

为检验专家权重打分的合理性,进行一致性检验,计算矩阵  $A$  的最大特征根  $\lambda_{max}$ :

$$\lambda_{max} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \frac{AW}{\omega_i} \quad (9)$$

计算一致性指标  $I_{CI}$  为:

$$I_{CI} = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (10)$$

随机一致性指标  $I_{RI}$  见表 3 所列,其中  $n$  为矩阵阶数。

表 3 随机一致性指标  $I_{RI}$  的数值

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8
$I_{RI}$	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41

当矩阵阶数  $n \geq 3$ ,其一致性指标  $I_{CI}$  与同阶随机一致性指标  $I_{RI}$  的比值为一致性比率  $I_{CR}$ ;若  $I_{CR} < 0.1$ ,则矩阵  $A$  符合一致程度范围,评分符合一致性规则,其特征向量即为权重向量。若检验无法通过,则需寻找定位不一致原因,并重新进行指标成对比较。

### 2.2 冲突量化方法

安全性的量化指标为  $K_1$  和  $T_1$ , $K_1$  为非法拆解工具等级,物理意义为单位时间内做的功或价格成本, $T_1$  为非法拆解时间,用  $K_1 T_1$  量化表示防破拆结构的安全性  $S$ ,表达式为:

$$S = K_1 T_1 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m k_i (t_{ij}^a + t_{ij}^b) \quad (11)$$

由式(11)可知,非法拆解使用拆解工具等级越高,非法拆解时间越长,设备安全性越高。

同理,可用指标  $K_2$  和  $T_2$  量化防破拆结构的可拆解性,可拆解性的  $D$  的表达式为:

$$D = K_2 T_2 = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q k_i (t_{ij}^a + t_{ij}^b) \quad (12)$$

由式(12)可知,回收拆解所需工具等级越低,回收拆解时间越短, $D$  值越低,即防破拆结构可拆解性越好。安全性与可拆解性采用同一指标体系量化分析,为两者之间冲突进行量化提供理论基础,且根据前文分析, $S$  越大,安全性越好,而  $D$  越小,可拆解性越好。考虑各指标权重后,采用权重加权后的差值  $C$ ,表示安全性与可拆解性的冲突大小,表达式为:

$$C = \omega_{K_1} \omega_{T_1} S - \omega_{K_2} \omega_{T_2} D =$$

$$\frac{1}{m} \omega_{k_1} \omega_{T_1} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m k_i (t_{ij}^a + t_{ij}^b) - \frac{1}{q} \omega_{k_2} \omega_{T_2} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q k_i (t_{ij}^a + t_{ij}^b) \quad (13)$$

由式(13)可知,C 值越大冲突越小,C 值越小则冲突越大。可选择提高安全性或者可拆解性改善冲突问题。通过前文冲突因素分析可知几个指标存在相关性,改变一个指标的同时,剩余指标也会随之改变。因此,对改变后结构重新进行冲突量化,对比冲突变化情况,若冲突减小,则为有效改进,可将之作为改进方向进行新品设计。

### 2.3 冲突量化流程

针对不同防破拆设备进行安全性与可拆解性冲突量化时,冲突量化流程如图 1 所示。

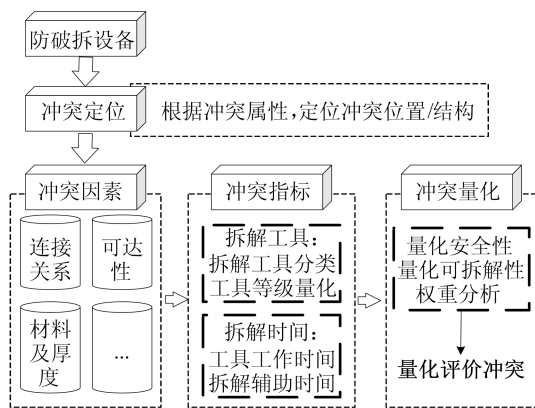


图 1 冲突量化流程

由图 1 可知,整个流程主要由冲突结构定位、冲突因素分析、冲突指标数据获取和冲突量化计算等步骤组成。具体流程如下:

1) 冲突结构定位。查询产品手册、装配图或拆解实验获取模块/零件组成以及空间布局,分析设备安全性的具体要求,定位防破拆结构,实现冲突位置定位。

2) 对防破拆结构进行冲突因素分析。分析其形状尺寸和连接方式,解析结构实现防破拆的原理;确定防破拆结构的材料,对于需要采用切割等暴力拆解方式的,还需测量材料厚度;拆解工具的选择中可达性也是必须要考虑的一项,良好的可达性是实现拆解的必要条件。

3) 获取防破拆结构冲突指标数值。分别进行非法拆解实验和回收拆解实验,2 种拆解实验中根据冲突因素分析结果选取各自的拆解工具,规划拆解路径。依照拆解路径进行拆解实验,获得拆解时间。

4) 完成防破拆结构的冲突量化。以拆解工具

和拆解时间实现对安全性与可拆解性 2 种属性的数值量化;对各指标进行权重分析;以安全性公式、可拆解性公式和权重分析结果构建冲突量化公式。

## 3 实例分析

### 3.1 ATM 冲突分析

ATM 广泛应用于银行,外观如图 2 所示。由于内部存放大量钱财,为保障其安全性,进行了防破拆设计,为典型的防破拆设备。ATM 三维模型爆炸图如图 3 所示。



图 2 ATM 外观

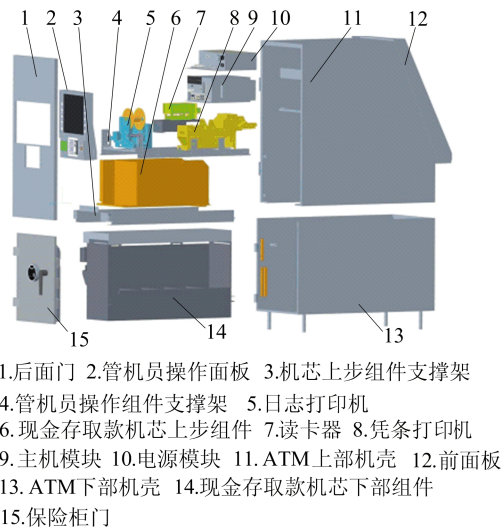


图 3 ATM 爆炸图

ATM 防破拆结构如图 4 所示。根据拆解实验结果,定位其安全性与可拆解性冲突位置为保险柜门与 ATM 下部机壳组成的防破拆结构,其设计目的是为了保障钞箱的安全。分析防破拆结构内部结构布局、连接关系、材料构成以及可达性等方面信息,如图 4b 所示,保险柜门和下部机壳以 2 个铰连接进行连接,保险柜门采用电子锁或者机械键盘锁,任一方式在无密码情况下,开锁概率为 0.01‰,只能破坏性拆解。

对其进行破坏性拆解分析,2 个铰连接只能在开锁状态下,为保险柜门起到提供转轴的作用。在保险柜门闭合上锁状态下破坏铰连接,铰链接侧保险柜门后方扣条被防护卡条卡住

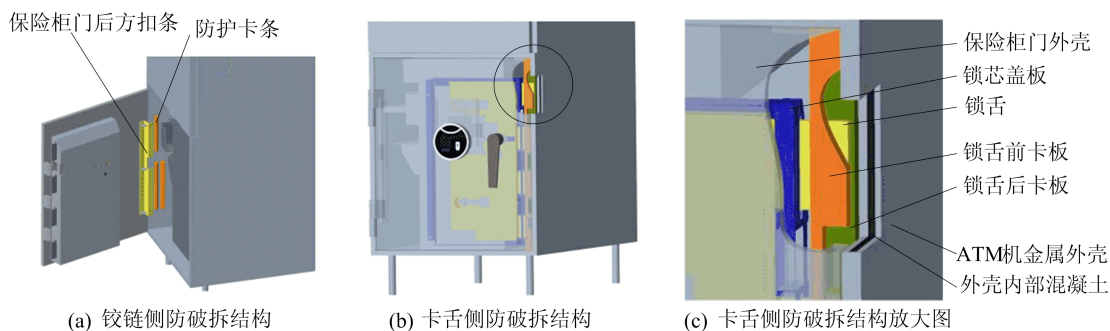


图 4 ATM 防破坏结构

通过分析,满足拆解需求的切割方案有 2 种,其示意图如图 5 所示。方案 1 选在 ATM 下部机壳的保险柜门开合处,按照如图 5a 所示切割路径进行切割,切割位置应越过锁舌后卡板,纵向切割高度应超过所有卡舌,确保整个插销结构能够整体切下,破坏插销结构,进而打开保险柜门。方案 2 切割路径如图 5b 所示,选在保险柜门铰链侧的 ATM 下部机壳处,与方案 1 左右对称,切割位置应越过防护卡条,不同于方案 1 切割路径高度,此时应超过整个保险柜门高度,才能保证保险柜门沿卡舌运动方向抽出。对比 2 种切割路径,切割路径下的切割材料材质及厚度相同,但方案 2 切割路径长度略大于方案 1,且铰链侧排布线缆,切割过程有点燃塑料件或电线的风险,容易引发火灾。因此,综合考虑切割方案选择方案 1。

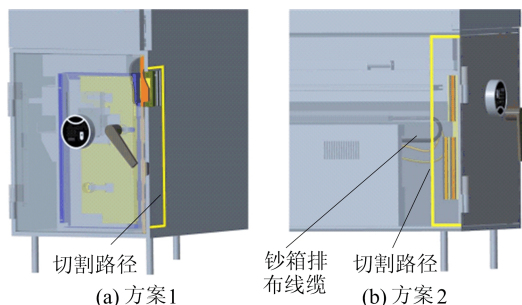


图 5 切割方案示意图

### 3.2 ATM 量化分析

现对 2 种 ATM 外壳结构进行冲突量化分析,A 结构如图 4 所示,中间为水泥层,两侧各为碳素钢板的复合结构,B 结构通体为碳素钢板。经咨询 ATM 设计工作人员,2 种结构生产成本

如图 4a 所示。密码锁上锁状态下,伸出的锁舌被锁舌前卡板和锁舌后卡板卡住如图 4c 所示。因此,无论是非法拆解还是回收拆解,均需通过切割 ATM 下部机壳进行拆解。

基本相当,根据灌冲水泥混凝土的装置不同,成本上下轻微浮动。对 2 种结构分别进行非法拆解实验和回收拆解实验。

模拟 A 结构非法拆解进行实验,选用角磨机和电动冲击锤为拆解工具,后续拆解实验进行类似处理,不再赘述。拆解主要步骤是角磨机切割外层碳素钢板,然后电动冲击锤击碎水泥夹层,最后角磨机切割内层碳素钢板。拆解时间实验数据见表 4 所列。

表 4 A 结构非法拆解时间实验数据 单位:min

$j$	$t_{1j}^a$	$t_{1j}^b$	$t_{2j}^a$	$t_{2j}^b$	$t_{3j}^a$	$t_{3j}^b$
1	19.0	4.0	4.6	2.7	20.0	6.0
2	18.0	3.8	4.4	2.4	21.0	5.0
3	18.5	3.5	4.3	3.0	22.0	5.0

根据实验数据,利用式(11)计算可得,A 结构的安全性  $S=167.2$ 。

模拟 A 结构回收拆解进行实验,选用火焰乙炔切割和电动冲击锤作为为拆解工具。拆解主要步骤是火焰乙炔切割外层碳素钢板,然后电动冲击锤击碎水泥夹层,最后火焰乙炔切割内层碳素钢板。拆解时间实验数据见表 5 所列。

表 5 A 结构回收拆解时间实验数据 单位:min

$j$	$t_{1j}^a$	$t_{1j}^b$	$t_{2j}^a$	$t_{2j}^b$	$t_{3j}^a$	$t_{3j}^b$
1	1.5	1.0	4.4	3.0	2.5	9.0
2	1.5	1.2	4.0	2.5	2.7	8.5
3	1.2	1.0	4.2	2.7	2.3	8.5

根据实验数据,利用式(12)计算可得,A 结

构可拆解性  $D=89.0$ 。

利用 AHP 对 ATM 进行权重分析,邀请 1 名设计者、3 名银行人员、2 名回收者,共 6 名专家进行博弈讨论,判断结果见表 6 所列。

表 6 ATM 冲突指标判断矩阵

指标	$K_1$	$T_1$	$K_2$	$T_2$
$K_1$	1.000	0.333	2.000	1.000
$T_1$	3.000	1.000	4.000	2.000
$K_2$	0.500	0.250	1.000	0.333
$T_2$	1.000	0.500	3.000	1.000

将判断矩阵依次代入式(6)~式(10),由表 2 可得参数权重矩阵为:

$$\begin{bmatrix} \omega_{K_1} & \omega_{T_1} & \omega_{K_2} & \omega_{T_2} \end{bmatrix}^T = \\ [0.193\ 3 \quad 0.473\ 4 \quad 0.096\ 6 \quad 0.236\ 7]^T \quad (14)$$

验证一致性比率  $I_{CR}=0.015\ 6<0.1$ ,符合一致性规则。由式(13)可得 A 结构安全性与可拆解性冲突量化数值  $C=13.3$ 。对于 B 结构,选用角磨机作为拆解工具沿切割路径进行非法拆解实验,选用火焰乙炔作为拆解工具沿切割路径进行回收拆解实验。拆解实验数据见表 7 所列。

表 7 B 结构 2 种拆解实验数据 单位:min

$j$	非法拆解		回收拆解	
	$t_{1j}^a$	$t_{1j}^b$	$t_{2j}^a$	$t_{2j}^b$
1	45.0	6.0	3.0	18.0
2	43.5	5.0	2.7	23.0
3	46.0	5.0	2.8	22.0

根据实验结果,B 结构安全性  $S=150.5$ ,可拆解性  $D=119.2$ 。由式(13)可得 B 结构安全性与可拆解性冲突量化数值  $C=11.0$ 。通过对比 A、B 这 2 种结构,可以看出 A 结构的安全性略优于 B 结构,A 结构的可拆解性明显优于 B 结构,在冲突方面,A 结构冲突性更小。且根据保险柜国家标准<sup>[13]</sup>,A 与 B 均满足且远超安全性要求。将此分析结果反馈设计前端,可将 A 结构作为新品研发方向之一,优化结构参数,改善冲突问题。

## 4 结 论

1) 本文针对防破拆设备的安全性及可拆解性冲突量化问题,经过多因素冲突影响分析,选用拆解工具和拆解时间作为冲突量化指标,并对拆解工具进行分类整理。

2) 根据不同拆解环境下的拆解工具和拆解时间,分别提出安全性与可拆解性的表达式;利用层次分析法,完成对冲突指标的权重分析,并结合安全性与可拆解性逻辑关系提出冲突量化公式,实现安全性与可拆解性的冲突量化处理。

3) 针对 2 种 ATM 防破拆结构,分别进行拆解实验。利用本文提出的冲突量化方法处理实验数据,完成 2 种结构的安全性、可拆解性和两者冲突的量化处理。结果表明,水泥夹层的防破拆设计冲突较小,为 ATM 新品设计提供了方向。

## [参 考 文 献]

- [1] 马文俊,李扬,滕飞. 防盗安全门防破坏性能试验检测方法的研究与评价[J]. 中国安全防范认证,2017(3):33-37.
- [2] VEERASWAMY K, VENKATASUDHEERBABU V. Design and analysis of a composite beam for side impact protection of a car door[J]. International Research Journal of Engineering and Technology,2016,3(2):464-469.
- [3] MITSUTOSHI S, DEMACHI K. Security by facility design for sabotage protection[J]. Journal of Nuclear Science and Technology,2018,55(5/6):559-567.
- [4] 李东恒,吴海星. 电力通信光缆的运行维护和防破坏措施研究[J]. 科技创新与应用,2017(2):212.
- [5] 汤可石,王玉琳. 产品拆解过程的碳排放分析[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2017,40(1):18-23.
- [6] 刘志峰,成焕波,袁合. 面向家电产品的易拆解可回收设计系统研究[J]. 中国机械工程,2014,25(16):2213-2218.
- [7] DU Y B, CAO H, LIU F, et al. An integrated method for evaluating the remanufacturability of used machine tool[J]. Journal of Cleaner Production,2012,20(1):82-91.
- [8] SABAGHI M, MASCLE C, BAPTISTE P. Evaluation of products at design phase for an efficient disassembly at end-of-life[J]. Journal of Cleaner Production,2016,116:177-186.
- [9] 葛宏亮,张宏国. 基于 AHP 的企业动态联盟冲突量化及预测[J]. 信息技术,2006(3):67-69.
- [10] 王永超,李原,张杰. 基于模糊综合评价的协同环境下冲突量化研究[J]. 计算机应用研究,2007(6):45-47,51.
- [11] ZHOU J Q, GUI F Z, ZHAO Y W, et al. Model and application of product conflict problem with integrated TRIZ and Extenics for low-carbon design[J]. Procedia Computer Science,2017(122):384-391.
- [12] 张彩丽,杨帆,任工昌. TRIZ 多冲突问题的快速求解方法及其程序设计[J]. 机械设计,2014,31(10):8-12.
- [13] 国家市场监督管理总局,中国国家标准化管理委员会. 防盗保险柜(箱):GB 10409—2019[S]. 北京:中国标准出版社,2019:2-8.