

紧凑型硬币分拣整理机

韩书葵¹, 赵子开¹, 郑东豪², 周远¹, 张鹤¹

(1.北华航天工业学院, 廊坊 065000; 2.燕山大学, 秦皇岛 066000)

摘要: **目的** 为了便于硬币的分离、整理和包装, 基于硬币的尺寸和质量设计出一种可以对硬币进行自动分拣的机械装置。**方法** 在单片机控制下, 通过入币机构将大量硬币打散, 分币机构将硬币进行分离, 传动机构将动力传递给上面的入币机构和分币机构, 最后通过收币机构将硬币进行整理。整个系统通过控制实现对硬币的有序分离、整理、计数和整理。**结果** 硬币可以自动落入硬币桶内, 实现了对硬币的自动整理。**结论** 该硬币包装分离整理机具有操作简单、精度高、速度快等优点, 可以满足市场需要。

关键词: 包装; 硬币; 分拣; 单片机

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)21-0178-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.21.032

Compact Coin Sorting and Packaging Machine

HAN Shu-kui¹, ZHAO Zi-kai¹, ZHENG Dong-hao², ZHOU Yuan¹, ZHANG He¹

(1.North China Institute of Aerospace Engineering, Langfang 065000, China; 2.Yanshan University, Qinhuangdao 066000, China)

ABSTRACT: The work aims to design a mechanical device for automatic sorting and packaging of coins based on the coin size and quality, so as to facilitate the separation, sorting and packaging of coins. Under the control of single chip microcomputer, a large number of coins were scattered by the coin entry module, the coins were separated by the coin sorting module, and the power was delivered to the coin entry module and coin sorting module above by the transmission module. Finally, the coins were arranged and packaged by the coin collection module. The whole system achieved the orderly separation, sorting, counting and packaging of the coins through control. Coins could be automatically dropped into coin bins to achieve automatic packaging and sorting of coins. The coin packaging and separating machine has the advantages of simple operation, high precision and high speed, and can meet the needs of the market.

KEY WORDS: packaging; coins; sorting; single chip microcomputer

在银行、零售、超市等商业环节中, 经常会收到大量硬币, 需要将硬币进行分离和整理, 采用人工方法进行分离, 过程繁琐、枯燥、效率低, 还容易产生错判, 给清点过程带来麻烦。目前, 市场上大多硬币分拣机不但成本高, 而且体积较大, 不易放置和使用, 尤其是对于长时间使用已经磨损了一部分的硬币, 在硬币分离上存在一定难度。

针对硬币分离, 国内外很多学者进行了研究。陈鹏^[1]设计了滑道式硬币清分机, 硬币在下落过程受轨道宽度的影响。康志强等^[2]采用了重叠轨道融合传送

带方式对硬币进行分拣, 该装置可以准确的对于第 5 套人民币中的硬币进行准确分拣, 但该装置比较大, 不是所有场合都适用。蔡佳成^[3]采用筛分方式对硬币进行分离, 其优点是可以分离大量硬币, 但准确性不高。现在市场上还有很硬币清分装置, 对硬币分离主要采用离心法, 筛选法和质检法^[4-6], 但每种方法都有一定缺点, 不适用所有场合。

为了克服现有的技术缺点, 文中设计一种新型硬币分拣包装整理机, 利用硬币尺寸和质量的差异可以快速高效地对大量硬币进行分拣, 而且该装置整体结

收稿日期: 2018-07-23

基金项目: 河北省教育厅重点项目 (ZD2018287); 廊坊市科技厅项目 (2017011011); 北华航天工业学院项目 (ZD201406)

作者简介: 韩书葵 (1976—), 女, 博士, 北华航天工业学院副教授, 主要研究方向为机械设计及包装机械。

构尺寸小、操作方便，适用于各种硬币分离场合。

1 总体方案设计

1.1 分拣原理

不同面值硬币尺寸也不同，市面上现在流行硬币主要包括一元银币、五角硬币、一角硬币，这些硬币的物理特性见表 1^[7]。

表 1 硬币的特征
Tab.1 Feature of coin

面值	直径/mm	厚度/mm	质量/g	颜色
1 元	25	1.85	6.1	白色
5 角	20.5	1.65	3.8	黄色
1 角（新版）	19	1.67	3.5	白色

根据表 1 中数据可知，硬币面值不同，在直径方面相差一定数值，在厚度、颜色方面相差比较少，因此通过硬币直径大小对硬币进行可靠分离。

1.2 总体方案

紧凑型硬币分离整理机主要包括入币机构、分币机构、传动机构、收币机构和控制 5 部分，其三维图见图 1。工作流程：大量硬币通过入币机构将硬币离散，离散后的硬币通过离心运动按照顺序进入分币机构，在分币机构中利用凸轮机构将硬币进行分离，分离后的硬币落入收币机构的硬币桶中，在硬币下落过程中通过控制中的传感器进行计算，在显示屏幕上显示所分离硬币数量和总金额。

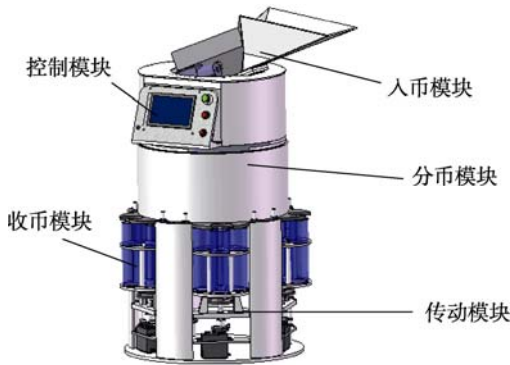


图 1 硬币分离整理机构
Fig.1 Coin separating and packaging machine

2 主要结构设计

2.1 分币机构

分币机构见图 2，分币机构主要分为 2 层，上层是滚子凸轮从动件，包括弹簧、弹簧推杆以及滑槽，下层内部为滚子凸轮轮廓和滚子凸轮的滚子，滚子凸轮的滚子和弹簧推杆固定连接。上层和传动轴 I 固

定，通电后，滚子凸轮会带动弹簧推杆实现往复运动，下层的外部 and 硬币分离整理机构的外壳固定，分币时固定不动。当硬币落入滑槽内时，分币机构上层处于间歇状态，滑槽内的弹簧推杆不动，弹簧推杆上的滚子与凸轮接触，弹簧被压缩，弹簧推杆与硬币未接触；当分币机构上层间歇结束，开始转动时，滚子受弹簧推力与凸轮接触，随着分币机构上层的转动，弹簧逐渐放松，当弹簧推杆与硬币接触后，由于分币机构上层的转动，弹簧推杆在弹簧的作用下将硬币逐渐夹紧；滚子与凸轮逐渐脱离；当滚子与凸轮再次接触时，弹簧推杆松开硬币，否则，弹簧推杆将在弹簧的作用下夹紧硬币。

当分币机构上层的滑槽转动到出币口 I 的正上方时，一角硬币下落；当分币机构上层的滑槽转动到出币口 II 的正上方时，五角硬币下落；当分币机构上层的滑槽转动到出币口 III 的正上方时，一元硬币下落；分币机构上层的滑槽继续转动到起始位置入币口的正下方，再次处于停止状态。一角、五角和一元硬币分别从出币口 I、II、III 进入不同的收币桶。

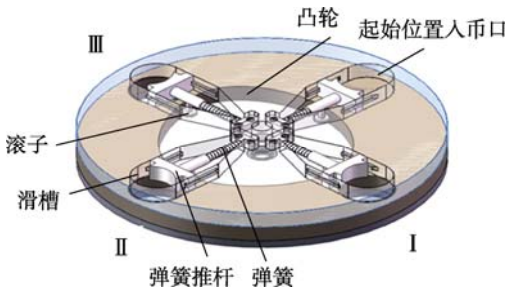


图 2 分币模块
Fig.2 Coin sorting module

2.1.1 滚子凸轮

为了保证在滚子凸轮转动 1 周时可以实现对 3 类直径不同的硬币进行夹紧和松开，分币机构中的凸轮为滚子推杆凸轮，其中弹簧推杆的移动量即为弹簧推杆的伸缩量，滚子凸轮的理论轮廓线的方程为：

$$x=-(r+s)\sin \delta \tag{1}$$

$$y=-(r+s)\cos \delta \tag{2}$$

式中：基圆半径 $r=52\text{ mm}$ ； δ 为凸轮转角； s 为推杆位移。根据硬币的直径，为了保证硬币可以被夹持住，而在转动过一定角度后硬币可以被松开，其弹簧推杆位移和滚子凸轮转动角度关系见表 2。

2.1.2 弹簧推杆

分币机构中的弹簧推杆的末端采用 V 型，其尺寸见图 3，图 3 中 $d_{\text{标}}$ 表示硬币的标准直径，其主要根据表 1 中硬币种类取相应的硬币直径。

在图 3 中， L 为某一时刻凸轮到转动中心的距离，其计算公式为：

$$L=s+r \tag{3}$$

表2 滚子推杆凸轮 δ - s 数据
Tab.2 δ - s data of roll push rod cam

对应位置	转角 $\delta/(\circ)$	位移 s/mm
起始位	0	0.3
最高点 (辅助点 1)	48	9.6
出口口 1	72	9.4
辅助点 2	120	8.55
出口口 2	140	7.8
辅助点 3	192	6.36
出口口 3	216	5.5

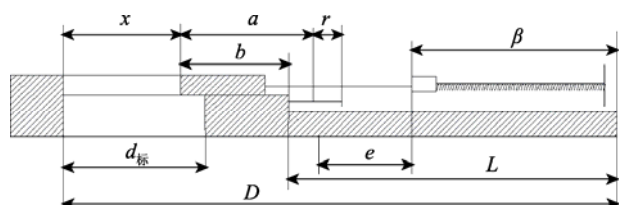


图3 V型夹具
Fig.3 V type fixture

式中： s 为推杆位移； r 为滚子半径， $r=4\text{ mm}$ 。 b 为某一时刻弹簧推杆外壁到凸轮的距离，大小为：

$$b=D-x-a+f \quad (4)$$

式中： D 为滑槽外壁到圆心的距离， $D=85\text{ mm}$ ； f 为弹簧推杆内壁到滚子圆心的距离； x 为弹簧推杆间的缝隙， $x_{\max}=28$ ， $x_{\min}=16$ ，弹簧推杆移动范围 Δx 的大小为：

$$\Delta x=x_{\max}-x_{\min}=12$$

当 x 取最小值时， $b_{\max}$ 为：

$$b_{\max}=D-x_{\min}-a-e=69-(a+e) \quad (5)$$

式中： e 为滚子圆心到弹簧推杆末端的距离； a 为弹簧推杆外壁到滚子圆心的距离，计算公式为：

$$a=D-x-a+f \quad (6)$$

当 x 取最大值时， $a_{\min}$ 为：

$$a_{\min}=D-x_{\max}-a+f=57-(a-f) \quad (7)$$

当 $a_{\min}$ 大于推杆长度 m 时，才能保证弹簧推杆与支撑杆不发生干涉；当 $m>b_{\max}$ 成立时，才能保证弹簧推杆末端不与支撑杆脱离，为了保证分币装置能正常工作，必须满足：

$$a_{\min}>m>b_{\max}, \quad (8)$$

$$\text{即 } a_{\min}>b_{\max} \quad (9)$$

将式(5)和式(7)代入式(9)得：

$$D-x_{\max}-a+f>D-x_{\min}-a-e \quad (10)$$

对于式(10)进行整理变换得：

$$e+f>x_{\max}-x_{\min}=12\text{ mm}$$

式中： $e+f$ 即为弹簧推杆的长度 n ，预留长度为 4 mm ，则弹簧推杆的长度为：

$$n>\Delta x+4=16\text{ mm}$$

由图3可知：

$$D=L+a+x-r$$

变换上面的方程得到：

$$L_{\max}=D-x_{\min}+r-a=73-a \quad (11)$$

$$L_{\min}=D-x_{\max}+r-a=61-a \quad (12)$$

因为凸轮外壁有一定的厚度，所以：

$$L_{\max}<D-d_{\text{标}}=58 \quad (13)$$

将等式(13)代入等式(11)得：

$$73-a<58 \quad (14)$$

将等式(14)进行变换得：

$$a>15 \quad (15)$$

因为：

$$a-f=6\text{ mm} \quad (16)$$

$$f>r=4 \quad f<f+e=16 \quad (17)$$

根据式(17)和式(16)可以得到 a 的取值范围：

$$10\text{ mm}<a<22\text{ mm} \quad (18)$$

通过式(18)和式(15)得：

$$15\text{ mm}<a<22\text{ mm}$$

由于弹簧的弹力 $F=kx$ ， Δx 是固定值，弹簧原长越大， k 越小，弹簧的力越容易控制，所以 a 取 16 mm ， f 取 10 mm ， e 取 10 mm 代入式(5)和式(7)得：

$$a_{\min}=D-x_{\min}-a+f=51\text{ mm} \quad (19)$$

$$b_{\max}=D-x_{\min}-a-e=43\text{ mm} \quad (20)$$

将式(18)和式(19)代入式(8)得：

$$m=47\text{ mm}$$

2.2 传动机构

硬币分拣时需要一定下落时间，故采用间歇机构进行供币，给硬币提供充足的下落时间。传动机构主要包括驱动电机，支撑架，传动轴 I 和传动轴 II，3 个齿轮，一对槽轮机构，结构见图 4。电机通过齿轮将运动传递给传动轴 II 和槽轮机构，传动轴 II 带动入币机构进行连续转动，槽轮机构通过传动轴 I 将运动传递给分币机构，实现间歇运动。

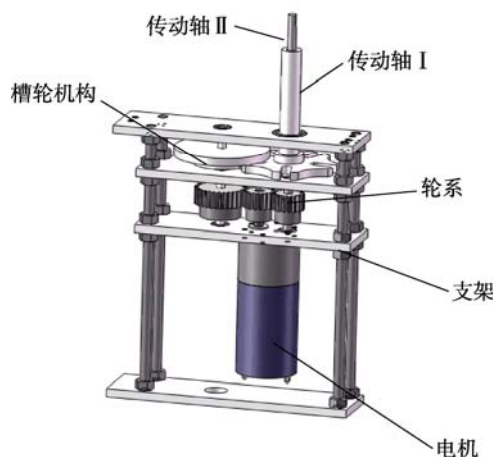


图4 传动模块
Fig.4 Transmission module

硬币理论下落距离为 50 mm ，重力加速度 $g=9.8\text{ m/s}^2$ ，下落时间为：

$$t=\sqrt{\frac{2x}{g}}\approx 0.11\text{ s}$$

槽轮机构每次间歇时间 t_1 是槽轮主动轮周期 T 的 $3/4$ ，即 $t_1=3T/4$ ；考虑到分拣的处理时间， t_1 取

0.3 s，则运动周期 T 为：

$$T = \frac{4t_1}{3} = 0.4 \text{ s}$$

即处理速率为每秒 2.5 个硬币，槽轮主动轮角速度 $\omega=2\pi/T=5\pi$ 。已知 $\omega_{\text{实}}=7.5\pi$, $\omega=5\pi$ ，由此得出齿轮 2,3 转动比 i_{23} 为：

$$i_{23}=\omega_{\text{实}}/\omega=1.5\pi$$

电机输出 $\omega_{\text{电}}=10\pi$ ，电机转速 $n=\omega_{\text{电}}/2\pi=5 \text{ r/s}$ ，即 $n=300 \text{ r/min}$ 。一次硬币处理量共 300 枚，质量最大值约为 1.5 kg，则所受到的力 F 为：

$$F = (m + M) \omega^2 r_{\text{max}} = 140 \text{ N}$$

电机功率为：

$$P = Fv = F \omega r_{\text{max}} = 330 \text{ W}$$

电机理论功率为：

$$P_{\text{理}}=P=660 \text{ W}$$

电机实际功率为：

$$P_{\text{实}}=P_{\text{理}}/h=2P=820 \text{ W}$$

3 控制

硬币的控制主要包括控制面板和控制电路，控制面板主要显示已经处理的各种面值的硬币数量，控制电路主要控制整个系统的运动顺序以及运动的方向^[8—15]，控制程序的流程见图 5。控制面板包括 1 个液晶显示屏，1 个液晶显示屏开关，1 个电机开关，1 个舵机控制键和 1 个复位键。液晶显示屏上分别显示 1 元、5 角、新旧版 1 角硬币的数量和已处理硬币的总金额。控制模块由以 STC89C51 单片机和 Kinetis

k60 为核心的控制电路完成，包括 4 部分：单片机最小系统、传感器模块、液晶屏显示模块以及舵机转动模块。单片机最小系统由 STC89C51 单片机^[13—16]、Kinetis k60 和复位电路组成，传感器模块由 4 对遮光式红外传感器组成，液晶屏选用 LCD12864 显示模块，舵机转动模块由 4MG945 12 kg/cm 的舵机组成。

4 实验验证

根据计算结果和设计方案，制造出一款总体高为 450 mm，外壳最大直径为 280 mm，最小直径为 215 mm、收币桶高 100 mm，外径 32 mm 的产品，其实物见图 6。



图 6 硬币分离机实物
Fig.6 The coin separating machine in kind

通过大量实验得到数据，利用此装置一次分离硬币最多为 500 个，硬币个数更多时入币模块不能快速地将硬币进行离散。为了验证其工作效率，选取一元硬币、五角硬币和一角硬币各 150 枚放入硬币分离器进行多次试验，实验结果见表 3。

表 3 实验测试结果
Tab.3 Experimental test results

次序	枚数	分拣时间 /s	分拣准确率/%	计数准确率/%
1	450	75	99	100
2	450	73	99	100
3	450	78	98	100
4	450	76	99	100
5	450	75	98	100
6	450	74	98	100

实验证明，该硬币分拣整理机每分钟可以分离 360 枚硬币，其分拣的准确率达到 98%，实验中没有出现飞出和卡死等特殊状况。该装置适用于大量的硬币分离，效率较高，硬币分离准确，对于外观有磨损的硬币都可以实现准确分离，显示屏显示的各项数据

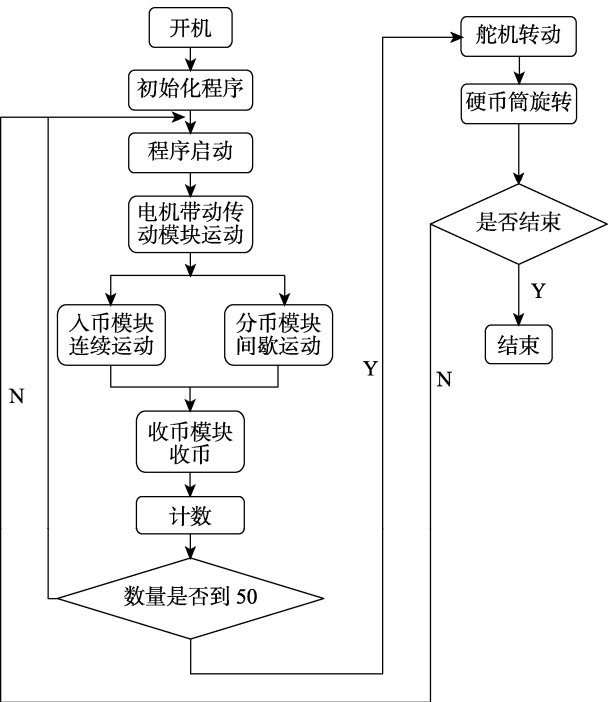


图 5 主程序流程
Fig.5 Flowchart of main program

准确。

5 结 语

硬币分拣是钱币分离过程中的一个重要环节,文中根据市场上流行的硬币的尺寸、质量,采用离心原理对硬币进行分散,然后采用滚子凸轮机构对市面上常用的硬币进行分离,整理。该装置结构紧凑,可以用于长期有磨损的硬币进行分离和整理,减少了人为工作时间,而且操作方便,只需要通过简单地按按钮的方式就可以完成操作,适用于各种场合。

参考文献:

- [1] 陈鹏, 刘焱, 刘文祥. 基于 FDM 的滑槽硬币清分机[J]. 机械设计, 2016, 33(11): 118—120.
CHEN Peng, LIU Yan, LIU Wen-xiang. Design of the Chute Type Coin Sorting Machine Based on FDM[J]. Journal of Machine Design, 2016, 33(11): 118—120.
- [2] 康志强, 程瑞峰, 何秋明. 重合轨道融合传动带的硬币分拣机器的创新设计[J]. 机械设计与研究, 2017, 33(5): 68—92.
KANG Zhi-qiang, CHENG Rui-feng, HE Qiu-ming. Overlap Track Fusion of Belt Coin Sorting Machine Innovation Design[J]. Machine Design and Research, 2017, 33(5): 68—92.
- [3] 蔡佳成, 吴张永. 公交投币鉴伪清分系统研究[J]. 农业装备与车辆工程, 2012, 11(9): 48—51.
CAI Jia-cheng, WU Zhang-yong. Research on the System for Identifying and Eliminating False Bus Coin[J]. Agricultural Equipment & Vehicle Engineering, 2012, 11(9): 48—51.
- [4] 徐庆, 王章中. 硬币材料硬币流通[J]. 江苏机械制造与自动化, 2000(5): 30—31.
XU Qing, WANG Zhang-zhong. Specie, Specie Materials and Specie Circulation[J]. Machinery Manufacturing and Automation in Jiangsu, 2000(5): 30—31.
- [5] 白建华, 徐志江. 一种实用的微机硬币鉴别装置[J]. 电子技术, 1997(8): 12—14.
BAI Jian-hua, XU Zhi-jiang. A Practical Microcomputer Based Coin Identification Device[J]. Electronic Technique, 1997(8): 12—14.
- [6] 康思闻. 全自动硬币包卷机总控制系统及硬币清分系统的研究与开发[D]. 西安: 陕西科技大学, 2013.
KANG Si-wen. Development of Control System and Coin Sorting System for an Automatic Coin Wrapping Machine[D]. Xi'an: Shaanxi University of Science and Technology, 2013.
- [7] 刘浩, 张金玲, 曹伟龙, 等. 硬币自动分选装置的研究与制作[J]. 内燃机与配件, 2016(10): 148—150.
- LIU Hao, ZHANG Jin-ling, CAO Wei-long, et al. Research and Manufacture of Automatic Coin Sorting Device[J]. Internal Combustion Engine & Parts, 2016(10): 148—150.
- [8] 张东霞, 肖丽英, 王乐煦. YB—50 型硬币包卷机的单片机控制系统[J]. 微型机与应用, 2003(6): 28—30.
ZHANG Dong-xia, XIAO Li-ying, WANG Le-xu. Single Chip Microcomputer Control System for YB-50 Type Coin Wrapping Machine[J]. Microcomputer & Its Applications, 2003(6): 28—30.
- [9] 潘春岭. 基于 PC 总线的高速硬币清分机研制[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2005.
PAN Chun-ling. Development of High Speed Coin Cleaning Machine Based on PC[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2005.
- [10] ZHANG Li-nan, WANG Shu-xin, LI Jian-min, et al. Design of Control System of Annealing Tin Machine Based on PLC[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 418: 70—73.
- [11] 郎家峰. 硬币检测清分系统研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2005.
LANG Jia-feng. The Research; of Detection and Differentiation of the Coin[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2005.
- [12] 张根宝, 唐记弘. S7-300PLC 在全自动包装机中的应用[J]. 包装工程, 2009, 30(1): 68—70.
ZHANG Gen-bao, TANG Ji-hong. Application of S7-300 PLC on Automated Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(1): 68—70.
- [13] 钟伟, 张建国. 基于 PLC 控制的全自动硬币包装线系统设计与实现[J]. 制造业自动化, 2011(6): 148—149.
ZHONG Wei, ZHANG Jian-guo. Design of Coin Sorting and Counting Packaging Machine Based on PLC[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2011(6): 148—149.
- [14] 付伟. PLC 在材料自动分拣系统中的应用[J]. 制造业自动化, 2012, 34(6): 136—138.
FU Wei. Application of PLC in Automatic Sorting System[J]. Manufacturing Automation, 2012, 34(6): 136—138.
- [15] 晏祖根, 王立权, 孙智慧, 等. 面向食品生产的高速自动分拣系统的研究[J]. 包装工程, 2009, 30(7): 16—18.
YAN Zu-gen, WANG Li-quan, SUN Zhi-hui, et al. Study of High-speed Auto-sorting System for Food Production[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(7): 16—18.
- [16] Y14.41—2003, Digital Product Definition Data Practices[S].