

工程塑料模塑塑料件尺寸公差关系国家标准的数学规律

陈治平 张苗根 李 军 李 冬

(成都航空职业技术学院,成都 610021)

摘要 我国国家标准《工程塑料模塑塑料件尺寸公差标准》中塑料件基本尺寸与公差的关系由大量实测数据统计获得。经分析发现,这套数据具有高度的数学规律性,可由一套数学式完整地表达。数学式的计算值与实测值高度符合。由计算做出的预测值也与实测值吻合程度高。这种数学式表达突破了原分离数据表达的局限,在多方面具有重要意义。

关键词 模塑塑料件 国家标准 基本尺寸 公差 数学规律

《工程塑料模塑塑料件尺寸公差标准》是国家规范和指导塑料模塑塑料件设计与应用、相关模具设计与制造的基础性文件。该文件推荐和规定了各类塑料模塑塑料件的常用精度等级和各种精度等级下塑料件基本尺寸与公差的关系。

较早的标准 SJ 1372 - 1978 由原电子工业部于 1978 年颁布,是在当时的生产条件下通过对大量有代表性的塑料件的实测数据统计获得。该标准将塑料件公差分为 8 级、塑料件基本尺寸在 0 ~ 500 mm 之间。1993 年国家技术监督局又在大量实测的基础上颁布了 GB/T 14486 - 1993 标准。该标准将塑料件公差分为 7 级、塑料件尺寸仍在 0 ~ 500 mm 之间,但在原有 A 类尺寸及其公差的基础上增加了 B 类尺寸及其公差。2008 年国家标准化管理委员会颁布了 GB/T 14486 - 2008 标准。该标准的主要变更是在对四川长虹集团等企业生产的塑料件实测的基础上将 GB/T 14486 - 1993 的塑料件尺寸扩至 1 000 mm。

由于标准中基本尺寸与公差的对应关系是由实测数据统计获得,故标准中列出的相关数据历来都是以表格的分离数据形式出现的。

笔者在分析标准时发现标准中的塑料件基本尺寸与公差的关系可以由数学式表达。进一步分析发现,这种表达不仅准确、完整,在一定范围内的验证也获得成功。这对该标准的使用和研究带来了全新的视觉和思路。

1 工程塑料模塑塑料件基本尺寸与公差关系的全面数学表达式

(1) A 类尺寸(不受模具活动部分影响的尺寸)

表 1 为 GB/T 14486 - 1993 标准中规定的塑料件基本尺寸与公差的关系。同时该标准还将塑料件公差等级规定为 MT1 至 MT7 等 7 个等级。

表 1 塑料件基本尺寸与公差表 mm

基本尺寸	公差等级及公差值						
	MT1	MT2	MT3	MT4	MT5	MT6	MT7
大于 0 ~3	0.07	0.1	0.12	0.16	0.2	0.26	0.38
3 ~6	0.08	0.12	0.14	0.18	0.24	0.32	0.48
6 ~10	0.09	0.14	0.16	0.2	0.28	0.38	0.58
10 ~14	0.1	0.16	0.18	0.24	0.32	0.46	0.68
14 ~18	0.11	0.18	0.2	0.28	0.38	0.54	0.78
18 ~24	0.12	0.2	0.24	0.32	0.44	0.62	0.88
24 ~30	0.14	0.22	0.28	0.36	0.5	0.7	1
30 ~40	0.16	0.24	0.32	0.42	0.56	0.8	1.14
40 ~50	0.18	0.26	0.36	0.48	0.64	0.94	1.32
50 ~65	0.2	0.3	0.4	0.56	0.74	1.1	1.54
65 ~80	0.23	0.34	0.46	0.64	0.86	1.28	1.8
80 ~100	0.26	0.38	0.52	0.72	1	1.48	2.1
100 ~120	0.29	0.42	0.58	0.82	1.14	1.72	2.4
120 ~140	0.32	0.46	0.64	0.92	1.28	2	2.7
140 ~160	0.36	0.5	0.7	1.02	1.44	2.2	3
160 ~180	0.4	0.54	0.78	1.12	1.6	2.4	3.3
180 ~200	0.44	0.6	0.86	1.24	1.76	2.6	3.7
200 ~225	0.48	0.66	0.92	1.36	1.92	2.9	4.1
225 ~250	0.52	0.72	1	1.48	2.1	3.2	4.5
250 ~280	0.56	0.76	1.1	1.62	2.3	3.5	4.9
280 ~315	0.6	0.84	1.2	1.8	2.5	3.8	5.4
315 ~355	0.64	0.92	1.3	2	2.8	4.3	6
355 ~400	0.7	1	1.44	2.2	3.1	4.7	6.7
400 ~450	0.78	1.1	1.6	2.4	3.5	5.3	7.4
450 ~500	0.86	1.2	1.74	2.6	3.9	6	8.2

表 2 为根据表 1 数据推导出的模塑塑料件基本尺寸与公差关系的数学表达式。

从表 2 可以看出,在 0 ~100 mm 内模塑塑料件 A 类尺寸的基本尺寸与公差关系遵循二次曲线规律;在 100 ~450 mm 内 A 类尺寸的基本尺寸与公差关系遵循线性规律。

图 1 为标准中原数据绘制的模塑塑料件尺寸与公差分布坐标图。

表 2 模塑塑料件 A 类尺寸基本尺寸与公差关系数学式

公差等级	0 ~100 mm 公差曲线拟合公式	100 ~450 mm 公差曲线拟合公式
MT1	$Y = -0.0000871X^2 + 0.00305758X + 0.07066588$	$Y = 0.001602X + 0.143262$
MT2	$Y = -0.00001566X^2 + 0.00461221X + 0.11164749$	$Y = 0.002274X + 0.192258$
MT3	$Y = -0.00002332X^2 + 0.00689345X + 0.11949828$	$Y = 0.003367X + 0.243811$
MT4	$Y = -0.00002738X^2 + 0.00935022X + 0.15397338$	$Y = 0.005254X + 0.299762$
MT5	$Y = -0.00002962X^2 + 0.01220558X + 0.20963687$	$Y = 0.007852X + 0.339029$
MT6	$Y = -0.00004183X^2 + 0.01849996X + 0.27567807$	$Y = 0.012043X + 0.490962$
MT7	$Y = -0.00005579X^2 + 0.02533861X + 0.41768512$	$Y = 0.016801X + 0.688774$

注: X——塑料件基本尺寸;
Y——相应的公差值(该数学式由表 1 数据经最小二乘法导出。详见文献[1])。

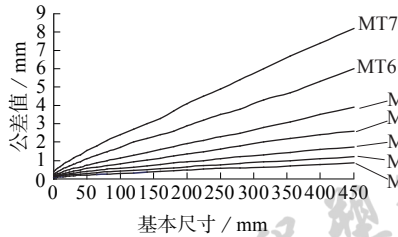


图 1 标准中原数据绘制的模塑塑料件尺寸与公差分布坐标图

图 2 为按表 2 所示数学式计算数据绘制的模塑塑料件尺寸与公差分布坐标图。

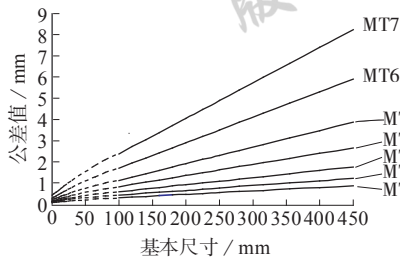


图 2 计算值绘制的模塑塑料件尺寸与公差关系坐标图

比较图 1、图 2 可以看出, 数学式所表达的规律与原表格数据表达的规律极为接近。基本尺寸在 100 mm 以下为二次曲线, 基本尺寸 100 mm 以上为一次曲线。

(2) B 类尺寸(受模具活动部分影响的尺寸)

同理导出 B 类尺寸的尺寸公差关系数学表达式如表 3 所示。由表 3 可以看出, B 类尺寸的相关情况与 A 类尺寸基本相同。

2 误差分析及验证

2.1 误差分析

表 4 为部分模塑塑料件 A 类尺寸公差数学式计算值与标准中原值的对照。其中 MT1、MT4、MT7

表 3 模塑塑料件 B 类尺寸基本尺寸与公差关系数学式

公差等级	0 ~100 mm 公差曲线拟合公式	100 ~450 mm 公差曲线拟合公式
MT1	$Y = -0.00001466X^2 + 0.00377263X + 0.15415464$	$Y = 0.001602X + 0.243263$
MT2	$Y = -0.00001566X^2 + 0.00461221X + 0.21164749$	$Y = 0.002274X + 0.292259$
MT3	$Y = -0.00002332X^2 + 0.00689345X + 0.31949828$	$Y = 0.003367X + 0.443811$
MT4	$Y = -0.00002739X^2 + 0.00935023X + 0.35397338$	$Y = 0.005254X + 0.499762$
MT5	$Y = -0.00002962X^2 + 0.01220558X + 0.40963687$	$Y = 0.007853X + 0.539030$
MT6	$Y = -0.00004127X^2 + 0.01840785X + 0.47917599$	$Y = 0.012043X + 0.690963$
MT7	$Y = -0.00005579X^2 + 0.02533861X + 0.61768512$	$Y = 0.016632X + 0.945767$

对应数据为标准中原公差值; MT1 - 2、MT4 - 2、MT7 - 2 对应的数据为基本尺寸为 0 ~100 mmA 类尺寸的计算公差值; MT1 - 1、MT4 - 1、MT7 - 1 对应的数据为基本尺寸为 100 ~ 450 mm 的计算公差值。

表 4 模塑塑料件部分 A 类尺寸基本尺寸与公差计算值与
原值对照表

		mm							
基本尺寸	MT1	MT1 - 1	MT1 - 2	MT4	MT4 - 1	MT4 - 2	MT7	MT7 - 1	MT7 - 2
0	0.07		0.070666	0.16		0.153973	0.38		0.417685
3	0.08		0.07976	0.18		0.181778	0.48		0.493199
6	0.09		0.088698	0.2		0.209089	0.58		0.567708
10	0.1		0.100371	0.24		0.244738	0.68		0.665492
14	0.11		0.111765	0.28		0.27951	0.78		0.761491
18	0.12		0.12288	0.32		0.313406	0.88		0.855704
24	0.14		0.139031	0.36		0.362608	1		0.993676
30	0.16		0.154554	0.42		0.409838	1.14		1.127632
40	0.18		0.179033	0.48		0.484174	1.32		1.341965
50	0.2		0.20177	0.56		0.553034	1.54		1.54514
65	0.23		0.232609	0.64		0.646057	1.8		1.828981
80	0.26		0.259528	0.72		0.726759	2.1		2.087717
100	0.29	0.303462	0.289324	0.82	0.825162	0.815195	2.4	2.368874	2.393645
120	0.32	0.335502		0.92	0.930242		2.7	2.704894	
140	0.36	0.367542		1.02	1.035322		3	3.040914	
160	0.4	0.399582		1.12	1.140402		3.3	3.376934	
180	0.44	0.431622		1.24	1.245482		3.7	3.712954	
200	0.48	0.463662		1.36	1.350562		4.1	4.048974	
225	0.52	0.503712		1.48	1.481912		4.5	4.468999	
250	0.56	0.543762		1.62	1.613262		4.9	4.889024	
280	0.6	0.591822		1.8	1.770882		5.4	5.393054	
315	0.64	0.647892		2	1.954772		6	5.981089	
355	0.7	0.711972		2.2	2.164932		6.7	6.653129	
400	0.78	0.784062		2.4	2.401362		7.4	7.409174	
450	0.86	0.864162		2.6	2.664062		8.2	8.249224	

从表4可以看出,在全部数据范围内计算值与标准原值十分吻合。在0~100 mm内,MT1级精度计算值与原值误差均小于0.01 mm;MT4级除一个数据外其余均小于0.01 mm;MT7级除一个数据外其余均小于0.02 mm。在100~450 mm内,MT1级精度计算值与原值误差均小于0.02 mm;MT4级均小于0.02 mm;MT7级除一个数据外其余均小于0.02 mm。全部数据具有公差等级越高,误差越小的特点,与使用要求非常吻合。

此外,MT2级、MT3级、MT5级和MT6级情况以及B类尺寸情况同上述情况基本相同。

同理,表5为模塑塑料件部分B类尺寸原标准公差值与计算值的对照情况。

表5 模塑塑料件部分B类尺寸基本尺寸与公差计算值与
原值对照表 mm

基本尺寸	MT1	MT1-1	MT1-2	MT4	MT4-1	MT4-2	MT7	MT7-1	MT7-2
0	0.14		0.154155	0.36		0.353973	0.58		0.617685
3	0.16		0.165341	0.38		0.381778	0.68		0.693199
6	0.18		0.176263	0.4		0.409089	0.78		0.767708
10	0.2		0.190415	0.44		0.444737	0.88		0.865492
14	0.21		0.204098	0.48		0.479508	0.98		0.961491
18	0.22		0.217312	0.52		0.513403	1.08		1.055704
24	0.24		0.236254	0.56		0.562602	1.2		1.193677
30	0.26		0.25414	0.62		0.609829	1.34		1.327632
40	0.28		0.281604	0.68		0.684159	1.52		1.541966
50	0.3		0.306136	0.76		0.75301	1.74		1.745141
65	0.33		0.337437	0.84		0.846016	2		2.028982
80	0.36		0.362141	0.92		0.926696	2.3		2.287718
100	0.39	0.403463	0.384818	1.02	1.025162	1.015096	2.6	2.608967	2.593646
120	0.42	0.435503		1.12	1.130242		3.1	2.941607	
140	0.46	0.467543		1.22	1.235322		3.2	3.274247	
160	0.5	0.499583		1.32	1.340402		3.5	3.606887	
180	0.54	0.531623		1.44	1.445482		3.9	3.939527	
200	0.58	0.563663		1.56	1.550562		4.3	4.272167	
225	0.62	0.603713		1.68	1.681912		4.7	4.687967	
250	0.66	0.643763		1.82	1.813262		5.1	5.103767	
280	0.7	0.691823		2	1.970882		5.6	5.602727	
315	0.74	0.747893		2.2	2.154772		6.2	6.184847	
355	0.8	0.811973		2.4	2.364932		6.9	6.850127	
400	0.88	0.884063		2.6	2.601362		7.6	7.598567	
450	0.96	0.964163		2.8	2.864062		8.4	8.430167	

从表5可以看出,计算值与标准原值十分吻合。

2.2 验证

以上数学式由GB/T 14486-1993标准导出。该标准中模塑塑料件基本尺寸仅包含0~500 mm档,对更大尺寸则没有表述。

表6为参照GB/T 14486-2008标准下,大型塑料件部分A类尺寸公差计算值与实测值的对比情

况。

表6 大型塑料件部分A类尺寸公差计算值与实测值的对比

项 目	基本尺寸/mm(实取小值)			
	450~500	500~630	630~800	800~1000
MT1 实测值	0.86	0.97	1.1	1.39
MT1 计算值	0.8693	0.9442	1.1525	1.4249
相对误差率	2.067×10^{-5}	-5.20×10^{-5}	8.41×10^{-5}	4.37×10^{-5}
MT4 实测值	2.6	3.1	3.8	4.6
MT4 计算值	2.6646	2.9274	3.6109	4.5045
相对误差率	1.44×10^{-4}	-3.40×10^{-4}	-3.02×10^{-4}	-1.25×10^{-4}
MT7 实测值	8.20	9.60	11.9	14.8
MT7 计算值	8.43	9.26	11.42	14.25
相对误差率	5.1×10^{-4}	6.80×10^{-4}	7.62×10^{-4}	6.88×10^{-4}

由表6可知,计算值与实测值误差相当小,在实际使用中几乎可忽略不计。可见,计算值具有相当高的准确性。这也在很大程度上验证了计算式的正确性。

3 数学表达式的意义

3.1 基本尺寸与公差关系规律明显

0~100 mm是小型塑料件。表现为尺寸小、公差小。这就使得在这一区域制造大量精密模塑塑料件成为可能。事实上,这一区域也是出现精密模塑塑料件最密集的区域。这种基本尺寸与公差关系呈现的二次曲线规律可以使这一区域的公差选择更加细化,更能适应精密塑料件的制造要求。

在100~500 mm区域模塑塑料件为中型塑料件。基本尺寸与公差关系呈线性规律,规律性强,简单易行,容易掌握。

3.2 有利于中间点数据的插补

在原标准中模塑塑料件基本尺寸是按段划分的。每一段尺寸仅对应一个公差值。如基本尺寸段为80~100 mm时,公差等级为MT1时对应公差为0.26 mm,在80~100 mm内不能划分出更多的公差数据。根据数学式,80 mm对应公差是0.260 mm,85 mm对应为0.272 mm,90 mm对应为0.280 mm,95 mm对应为0.288 mm,100 mm对应是0.296 mm,还可插入更多。特别是500~1000 mm大尺寸模塑塑料件原标准基本尺寸分段更宽,更需要有插入中间值的可靠方法。按照此数学式计算可大量地插补500~1000 mm的尺寸公差。

3.3 按线形规律计算的500~1000 mm规律准确

由数学式计算出的公差与GB/T 14486-2008标准中500~1000 mm基本尺寸的对应公差差距很小。这就从一个重要角度证实了这些解析式的正确

性。根据此能够正确预测大于 1 000 mm 基本尺寸模塑塑料件的公差数据。

3.4 离散点原因的推测

由于数学式计算出的数据与原标准数据的绝大多数相当吻合,数学式所反映出的统计规律十分明显,这就能够推测原标准中少数几个与解析曲线偏离较大的数据点是误差点。即在制定原标准时这些点的实测数据可能有问题,今后可进行复测。

3.5 B 类尺寸规律与 A 类尺寸规律基本相同

B 类尺寸曲线与 A 类尺寸曲线完全对应,所有对应曲线仅相差一个截距。

3.6 便于展开相应的其它研究

曲线规律是众多因素综合影响下的统计规律。

如进一步研究某一重要因素对尺寸与公差的影响,用原曲线规律作背景参照可以带来全新的视觉和思路,为有关研究和应用开辟新的道路。

4 结论

我国国家标准规定的模塑塑料件基本尺寸与公差的关系具有清晰的规律性。这种规律性可以由数学式完整地表达出来。数学式的计算值与实测数据相当吻合。这就为进一步理解和应用该标准提供了新的可能,也为扩展该标准的应用范围奠定了新的基础。

参考文献

- [1] 陈治平,李军,李冬.《工程塑料模塑塑料件尺寸公差标准》的解析表达[J].成都航空职业技术学院学报,2009,25(4):65-68.

MATHEMATICAL LAW OF NATIONAL STANDARD OF ENGINEERING PLASTICS MOLDING PARTS DIMENSIONAL TOLERANCE

Chen Zhiping, Zhang Miaogen, Li Jun, Li Dong

(Chengdu Aeronautic Vocational & Technical College, Chengdu 610021, China)

ABSTRACT In the national standard 《The standard of engineering plastics parts dimensional tolerance》, the relationship between fundamental dimensions and tolerance of plastic parts is obtained from a mass of actual statistical data. After analysis it was found that this set of data is in accordance with a definite mathematical rule largely and can be expressed by a set of mathematical formula perfectly. The result of the formula is similar to actual statistical data. The predicted value obtained from the formula is similar to actual statistical data too. These mathematical formulas are significant because the separated data in the national standard have limitations.

KEYWORDS molding plastic parts, national standard, fundamental dimension, tolerance, mathematical law

宜兴市东山新型材料有限公司

碳化硅微粉

我公司生产的碳化硅微粉采用气流粉碎,细度 $< 2 \mu\text{m}$,具有纳米材料的性能,而价格只有其 1%,它具有分散性好,和塑料相容性好,耐酸、耐碱、耐磨,强度达九级,明显改善塑料的耐磨性、强度、耐候性、耐高温性。

硅微粉

本品是石英经 2800℃电熔气化冷却的硅微粉,具有不饱和硅酮,和塑料的亲性好,性能好,但价格便宜,只有 3 元/公斤。

陶瓷釉粉

各种熔点、各种细度陶瓷釉粉,由于力学性能好,耐酸、耐碱,可提高塑料的耐磨性及力学性能。

东山公司以自主创新为立厂之本,具有超强的自主开发能力,欢迎各界朋友合作,共同开发新材料、新工艺取代进口,欢迎您提出特种需求。公司可供无机材料 200 多种,可供各种规格玻璃粉末。

厂址:江苏省宜兴市大浦镇宜浦路工业园区 邮编:214226

电话:0510-87457988(传真),87457669,13906152806 E-mail:web@188X.com

http://www.188X.com 开户:工行东山办 账号:1103028909000039117