

瓦楞纸箱抗氏抗压强度公式的应用

www.yigao17.com

瓦楞纸箱从发展之初至今已有一百多年的历史，随着瓦楞纸箱整体行业在机械及生产工艺上的不断改进，已由原来的手工作坊式生产变成今天的多机联动式生产，大大提高了生产能力，同时降低了生产成本。由于瓦楞纸箱自身存在的一些优点，越来越受到包装用户的青睐。在包装行业中，瓦楞纸箱一直有取代木箱的趋势，但瓦楞纸箱自身也存在着一些缺陷，所以未能完全达到这种效果。例如纸箱的抗水性与防潮性，耐破及戳穿强度以及抗压强度等等都不及木箱，而抗压强度往往是各纸箱用户对纸箱要求的一项重要的物理指标。在市场经济日益激烈的今天，如何在保持或降低原材料成本的同时保证纸箱的抗压强度，一直是各纸箱生产企业管理过程中的难点与重点。

事实上，瓦楞纸箱的抗压强度是一个比较复杂的问题，因为构成瓦楞纸板的箱板原纸和瓦楞原纸是各向异性的，不均匀的，而且纤维材料还具有粘弹性质，在制成箱板的过程中，原纸受到不同温度、粘合剂和外力的作用，自身已经发生了很多变化，所以从原纸到瓦楞纸板，以及到瓦楞纸箱的物理性能之间的变化是不定向的，而如何从原纸物理性能计算纸板以及纸箱的物理性能，一直是纸箱研究和制造行业的探讨的课题。国外此类计算公式很多，但由于都很繁琐且不易理解，长期以来很难真正运用到我国的瓦楞纸箱行业中来。任何一种理论必须在一个企业的生产过程中经过多次验证才能准确的服务于这个企业的生产指导。

2004年6月开始，笔者陆续在瓦楞纸箱各种刊物上刊载笔者测算的瓦楞纸箱抗压强度的计算公式——抗氏公式，之后接到一些纸箱厂技术人员电话，咨询抗氏公式的具体使用情况，并探讨计算值与实测值之间出现的偏差。由于各纸箱企业的生产工艺不同，相同的原材料生产后纸箱的抗压强度也不同，而如何在企业生产过程中查找抗压问题存在的根源，使原纸的物理指标在生产过程中的有效转换最大化，关于影响纸箱抗压的诸多原因，一直是生产管理

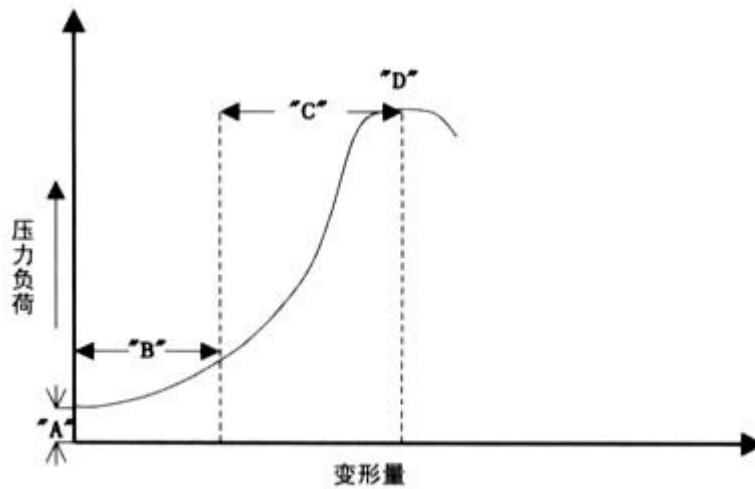
者的长期探讨的课题。

下面就一些相关问题进行进一步的阐述.此文中的论述只代表笔者个人的观点。

一 瓦楞纸箱抗压强度的测试、记录与分析

瓦楞纸箱抗压强度是指在压力试验机均匀施加动态压力下至箱体破损的最大负荷及变形量。www.yigao17.com

抗压测试整个过程分四个阶段(图示 1)



图示 1

A 是预加负荷阶段，以确保纸箱与抗压机压板接触；

B 是横压线被压下阶段，此时负荷略有增加时变形量变化很大；

C 是纸箱侧壁受压阶段，此时负荷增加快，变形量增加缓慢；

D 是纸箱被完全破坏时纸箱的压溃点。

纸箱的内在质量不同，各测试阶段的变化情况也不同，在纸箱的整个承压过程中主要是四个角受力，约占整个受力额的三分之二，所以在生产过程中我们应尽量减少对纸箱四个角

周围瓦楞的破坏。我们可以建立压力负荷与变形量关系曲线，然后对纸箱的抗压强度加以判断，这其中变形量有着极其重要的意义。

抗压记录：一般抗压测试仪只能记录并打印抗压测试的最终值，即抗压测试的最终变形量与最终力值。而我们需要从抗压测试的变形量与力值的变化过程中分析瓦楞纸箱的内在质量，这就有必要全程纪录变形量与力值的变化情况，纸箱的内在质量不同，抗压测试过程中力值与变形量的形成的变化曲线也不同。

二 0201 型瓦楞纸箱抗压强度的抗氏计算公式

瓦楞纸箱是由各层面的瓦楞原纸构成，瓦楞纸箱的抗压公式是根据纸板原纸的物理性能计算瓦楞纸箱的抗压强度，看其能否满足要求。也可以根据预定的瓦楞纸箱的抗压强度要求选择一定的瓦楞纸板原纸。

现有的抗压强度计算公式很多，但大多是沿用国外的，不易理解和记忆，很难使中国现有的瓦楞纸箱设计人员掌握。而在各企业当中，因抗压设计的难度往往使价格设计与纸箱抗压强度设计脱离开，容易造成原料的浪费或抗压不够的质量问题。而抗氏公式在设计与生产的衔接中，避免了设计中的盲目性，增加了生产之初对纸箱抗压强度的可预测性。

瓦楞纸箱是由各层面的瓦楞原纸构成，抗氏公式是根据纸板原纸的物理性能计算纸箱的抗压强度，看其能否满足要求；也可以根据预定瓦楞纸箱的抗压强度要求，选择一定的瓦楞纸板原纸。

$$P=P_x.K$$

P—瓦楞纸箱的空箱抗压强度(单位 N)

P_x —瓦楞纸板原纸的横向综合环压强度(单位 N / cm)。

其中，三层瓦楞纸板原纸的综合环压强度的计算公式为：

$$h=(R_1 + R_2 + R_mC) / 15.2$$

五层瓦楞纸板原纸的综合环压强度的计算公式为：

$$Px=(R1+R2+R3+Rm1C1+Rm2C2) / 15. 2$$

Rn 一面纸横向环压强度的测试力值(N / 0. 152m)

Rmn 一楞纸横向环压强度的测试力值(N / 0. 152m)

C 一瓦楞收缩率，即瓦楞芯纸与面纸的长度之比。

$$(Ca=1. 532, Cb=1. 477, Cc=1. 361)$$

K 一综合环压在纸箱空箱抗压强度中的有效值，计算公式为：

$$K \text{ 三 } a=30. 3 \pm 0. 275Z-0, 0005Z^2$$

$$K \text{ 三 } c=27. 9 \pm 0. 265Z-0. 0005Z^2$$

$$K \text{ 三 } b=24. 6 \pm 0. 235Z-0. 0005Z^2$$

$$K \text{ 五 } aa=41. 7 \pm 0. 355Z-0. 0005Z^2$$

$$K \text{ 五 } bb=33. 2 \pm 0. 305Z - 0. 0005Z^2$$

$$K \text{ 五 } cc=38. 1 \pm 0. 345Z-0. 0005Z^2$$

$$K \text{ 五 } ab=38. 2 \pm 0. 335Z-0. 0005Z^2$$

$$K \text{ 五 } ac=40. 2 \pm 0. 355Z-0. 0005Z^2$$

$$K \text{ 五 } bc=35. 7 \pm 0. 325Z-0. 0005Z^2$$

三 A 一三层 A 楞箱，三层箱周长的取值范围：70—200em

五 AC 一五层 AC 楞箱，五层箱周长的取值范围：70—300cm

各企业在生产过程中只会涉及到部分楞型，所以只需根据本企业的所用楞型选择相对应的抗氏公式。根据楞型与原纸的环压力值计算出综合环压，再将纸箱周长带入与楞型相对应的 K 值的计算公式，综合环压与 K 值的乘积即为纸箱的抗压强度。我们也可以根据预定的

纸箱的抗压强度与周长选择合适的纸板原纸,同时还可以利用计算出的抗压强度对各生产工序进行作业指导。

例 1: 某三层 C 楞纸箱, 周长 125cm, 面纸里纸选用 A 级箱板 250g / m², 楞纸选用人级高强楞纸 170g / m², 计算该纸箱所能达到的抗压强度。

解: C 楞的缩率 C=1.477, 查国标, 面纸里纸的环压指数为 10.6, 楞纸的环压指数为 9.2。Z=125。

$$\begin{aligned} R_1 &= R_2 = 250 \times 10.6 \times 0.152 = 403 \text{ N} \\ R_3 &= 170 \times 9.2 \times 0.152 = 238 \text{ N} \end{aligned}$$

代人公式得:

$$\begin{aligned} & (R_1 + R_2 + R_3 \times C) / 15.2 \times (27.9 + 0.265Z - 0.0005Z^2) \\ &= (403 + 403 + 238 \times 1.477) / 15.2 \times (27.9 + 0.265 \times 125 - 0.0005 \times 125^2) \\ &= 76 \times 53.2 \\ &= 4043 \text{ N} \end{aligned}$$

此瓦楞纸箱能够达到 4043N 的抗压强度。

例 2: 某五层 BC 楞纸箱周长为 178cm, 面纸里纸选用 200g / m²A 级箱板, 横向环压力值为 255N / 0.152m; 两层楞纸选用 150g / m²A 级高强瓦楞纸, 横向环压力值为 182N / 0.152m; 加芯选用 200g / m² 卡纸, 横向环压力值 240N / 0.152m, 计算此纸箱能够达到的抗压强度。

解:

$$R_1 = R_2 = 255 \text{ N} / 0.152 \text{ m}$$

$$R_3 = 240 \text{ N} / 0.152 \text{ m}$$

$$R_m = B_m = 182 \text{ N} / 0.152 \text{ m}$$

$$C_b = 1.477, C_c = 1.361, Z = 178 \text{ cm}$$

将以上数据代入公式，得

$$P = P \times K = (R_1 + R_2 + R_3 + R_m1C_1 + R_m2C_2) / 15.2 \times (35.7 + 0.325Z - 0.0005Z^2)$$
$$= (255 + 255 + 240 + 182 \times 1.361 + 182 \times 1.477) / 15.2 \times (35.7 + 0.325 \times 178 - 0.0005 \times 178^2)$$
$$= 83.2 \times 77.7$$
$$= 6464 \text{ N}$$

即该五层纸箱能够达到 **6464N** 的抗压强度

例 3：某三层 A 楞纸箱周长为 **148cm**，抗压强度要求 **4500N**，面纸里纸选用 B 级箱板 **250g / m²**，楞纸选用 A 级高强瓦楞，计算楞纸应选用的定量。

解：面纸里纸的环压指数为 **9.2**，设楞纸的定量 **W** 为未知数，A 楞缩率 **C=1.532**，**Z=148cm**，

$$P = 4500 \text{ N}$$
$$R_1 = R_2 = 250 \times 9.2 \times 0.152 = 350 \text{ N}$$
$$R_3 = (R_1 + R_2 + R_3 \times C) / 15.2 \times (30.3 + 0.275Z - 0.0005Z^2)$$
$$= P(350 + 350 + R_3 \times 1.532) / 15.2 \times (30.3 + 0.275 \times 148 - 0.0005 \times 148^2) = 4500$$

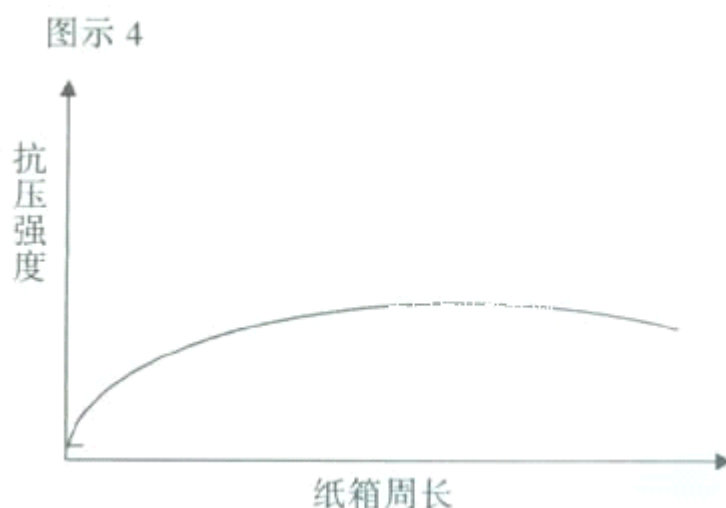
$$R_3 = 287$$
$$R_3 = W \times 9.2 \times 0.152 = 287$$

$$W = 205 \text{ g / m}^2$$

该纸箱楞纸应选用 **205g / m²** 的 A 级高强瓦楞纸。

经过对抗氏公式进行分析我们可以得出：在用料和楞型相同的情况下，纸箱越大，所能承受的抗压强度越大；纸箱越小，单位长度内所能承受的压力强度越大。在用料和楞型相同

的情况下，纸箱周长的增长与抗压强度的增长会形成一种变化的曲线，也就是说，由于纸箱周长的加大，增加了纸箱的不稳定性，根据公式分析在纸箱周长达到一定阶段后，所能承受的抗压强度会呈现按一定比例的递减。所以我们在设计纸箱抗压强度的时候，有一个适合范围。关于纸箱周长与抗压强度的变化情况，如图所示：



三 抗氏公式的应用

任何一种理论都经过了长期的测算与验证，抗氏公式也不例外，然而使用任何理论，必须找到其与相应生产工艺的结合点，排除生产工艺中影响抗压的各种因素，才能将这套公式做为抗压设计的理论依据，否则会使设计与生产结果出现偏差而发生质量问题。由于我们无法排除生产工艺过程中许多不确定因素对纸箱抗压强度的影响，因此利用手工制作样箱，与生产过程中的取样测试结果进行对比是非常必要的。下面是抗氏公式在某公司的验证实例，我把它进行了整理，希望与大家共同探讨。

例如，某公司三层 A 楞纸箱，规格为 49.5x 39x39em，面纸里纸选用某种 A 级箱板纸 250g / m²，标准测试环压力值为 496N，楞纸选用 A 级 180g / m²A 高强瓦楞，标准测试环压

力值为 300N，计算此纸箱应该达到的抗压强度。此类纸箱生产工序分别为：瓦楞纸板生产线跑板→柔性版水印→单机碰线→圆压圆模切→钉箱。各生产工序结束后测试此纸箱的抗压强度为 1700N，请试查找影响抗压的各种因素。

我们运用抗压公式来计算此种纸箱应该达到的抗压强度，A 楞的缩率：1.532，周长 Z=(49.5+39)x2: 177cm，将相应数据代入抗氏公式为：

$$P=hx.K \frac{2(R1+R2+R3XC)}{15.2X(30.3+0.275Z-0.000522)}$$

$$=(496+496+300X1.532) / 15.2X(30.3+0.275X177-0.0005X1772)$$

$$=95.5 X 63.3$$

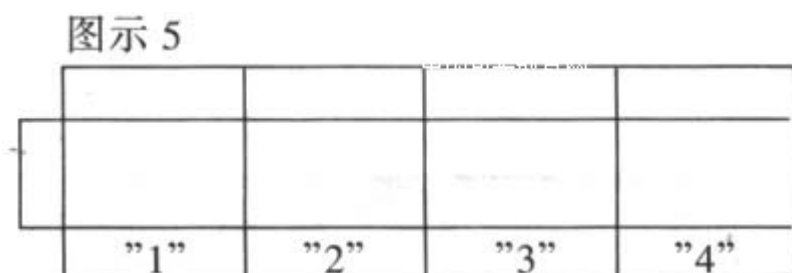
$$=6045N$$

此纸箱应该能够达到 6045N 的抗压强度，而实测最终抗压却为 1700N，生产过程中损失纸箱抗压强度约为 4345N，下面我们按生产工序的先后顺序查找影响抗压的各种因素。

首先，在保证原纸合格的前提下，从纸板生产线取样，左右两侧取样各 3 个，为了排除生产中机械对纸板的影响，我们采用手工制作的方式，纸板成箱后进行抗压强度测试，流水线左侧分别为：6230N，6020N，6140N；右侧分别为 4230N，4620N，4040N，通过对比可见纸板线左侧纸板较接近计算出的抗压强度，可见机械或操作问题造成了对瓦楞的破坏，通过测量发现右侧纸板要比左侧纸板薄，并且有倒楞现象，这就需要我们进一步调整设备，排除流水线生产过程中不合理的因素。

接下来我们取左侧纸板进行印刷，印刷后将样品进行测试。印刷对抗压的影响主要在于输纸辊和印刷版，而其中输纸辊过大的压力对瓦楞的破坏往往是致命的，关于这一点我们可以通过印前的手工制作箱与印刷后的手工制作箱进行抗压测试对比。这里需要提到的一点是，由于长时间的使用输纸辊会有一些的磨损，很容易形成中间凹两端高的形状，印刷过程中会形成两端着墨少中间着墨多的情况，而为了弥补这一缺陷往往采用加大输纸辊与印版压

力的方式来解决，形成对纸箱抗压的一种恶性循环式的影响。关于这一点，我们可以采用测试印刷后没有印刷图案的纸板的边压来确定，下面是此次测试案例，取样点如下图所示：



边压的测试结果为：

1 80 79 68 82 63 N / em

2 96 92 100 102 109 N / em

3 104 96 108 110N / em

4 75 62 72 83 90 N / em

测试结果为：

由于长期使用造成了对输纸辊的磨损使输纸辊中间低两头高，对纸板瓦楞造成了一定程度上的破坏，致使纸板的中间厚两端薄，所以我们应对输纸辊进行修复。

接下来我们看看印刷版面对于纸箱整体抗压的影响。

现在水印一般采用柔性版印刷，对于不同的印刷版面我们应该采取不同硬度的板材，以便达到印刷效果和控制抗压，而在此案例中，为了节省成本不管是什么样的版面一味地采用低档次高硬度的板材，结果和磨损的输纸轮一起使纸板在整个印刷过程中严重受损，印刷过后手工制作进行抗压强度测试为 3250N，3010N，3420N，比未印刷纸箱的抗压强度降低了 2900N，可见不合理的印刷工艺对抗压影响达到了 50%。

同样，我们采用手工制作的对比方式，对碰线和模切工序进行测试。这里，我想提到关于压线制作的问题，在我们的意识里往往存在两个误区：一是认为压线宽度越宽纸箱抗压强度越好；二是认为模切一圆模或平模的制版工艺中压线错位有利于提高纸箱的整体抗压。对于以上的问题我曾做过专题试验，试验结果为压线宽度每增加 1mm，抗压强度会降低约 100N，同时抗压测试时的变形量增大，有效力值降低；而错位的压线会使纸箱的抗压强度降低 10—20%。而模切生产过程中对抗压的影响主要来自白杨纸辊的压力，为了排除输纸辊对抗压强度的影响，我们还是采用该工序生产前后两种纸箱的对比，由于印刷已将瓦楞严重破坏，在进行模切过程中会使这种破坏加剧。该案例中纸板工艺压线错位，再加上生产过程中输纸辊的压力过大，造成了该纸箱 30% 的抗压强度损失。

最后是纸箱的结合工序，最常用的结合方式为粘箱和钉箱。

钉箱的搭接部位在测试过程中容易出现接合部位分离的现象，形成抗压测试过程中最薄弱的部分，约损失 10% 的抗压强度；而粘箱工艺则正好相反，随着接合部分形成一体，纸箱的抗压会大大提高。在此案例中采用的是钉箱，所以对该纸箱的抗压又形成了一部分影响。

由于各工序对纸箱抗压强度形成的不同程度的影响，最终造成损失了的该纸箱约 70% 抗压强度。

通过对各种不同案例进行分析，发现影响瓦楞纸箱抗压强度的因素有很多，对于不同的影响因素我们采取不同的方法加以解决，就能使原纸的物理指标在纸箱的生产过程中得到最大的转化，从而使得纸箱的抗压质量做到更好。

面对各种不同的抗压情况，要找到影响纸箱抗压的根源需要付出一定的努力，有时候难免要经历一些坎坷、周折，这里需要我们有一种科学的探索精神，包括一些理论的应用，也需要我们进行科学的验证后，才能最终使这套理论正确地服务于一个企业的生产作业指导。

瓦楞纸箱抗压不良情况分析：

情况：最终力值小，变形量也小。形成原因：

1. 原纸特别是楞纸的环压强度不够，测试时表现为环压指数低，纸张发软。
2. 生产过程中瓦楞被压溃。
3. 楞形与箱型搭配不合理，纸箱的周长小，楞形小。

情况：最终力值高，最终变形量大，但有效力值低，测试过程中缓冲慢。

形成原因：

1. 原纸特别是楞纸采用了低档次高克重的原纸。
2. 纸板粘合不良。
3. 瓦楞纸布浆不匀。
4. 楞形与箱型搭配不合理，纸箱小，楞形大。
5. 碰线太宽。

情况：力值与变形量随时间递增，相对变化不明显，测试过程没有变化高峰，纸箱最终变形如手风琴状。

形成原因：

1. 原纸特别是楞纸太脆，测试时表现为裂断长不够，纸浆的纤维短且没有韧性。
2. 纸箱受潮。

情况：

测试过程中边压强度高，抗压强度却低。

形成原因：

1. 纸箱局部受到不合理破坏，导致纸箱整体受压时失衡。如四角周围的瓦楞被破坏，

透气孔设计不合理等等。

情况：

测试过程中，测试个体之间的偏差大，总体抗压情况不稳定。

形成原因：

1. 纸板厚度不一致。
2. 纸箱的含水量不一致，纸张的防水性能差。

作者： 抗英杰