

《一张纸的“力量密码”——从模型大赛到我的纸桥实验》

北京市东城区第五中学附属方家胡同小学 三年级2班 张梓航 指导老师:刘学

今年，我有幸参加了全国模型建筑设计大赛的国赛，其中一项挑战特别吸引我：只用4张A4纸造一座桥，看它能承受多少瓶矿泉水。虽然其他项目时间冲突原因我没能参赛，但一个问号却留在了我心里：一张轻飘飘的纸，到底隐藏着多大的力量？我想自己动手，用数学的眼光去寻找答案。我决定用“多次测试”和“控制变量”的方法，进行一次研究！

一、我的实验设计

我坚持科学实验的“公平原则”，确保每次对比都只在“形状”这一个条件上变化：

1. 固定条件：

桥墩：始终是两本完全相同的《现代汉语词典》。

桥墩间距：精确保持15.0厘米（用钢尺测量并标记）。

测试物：全部使用同一年份、新旧程度一致的一元硬币。

放置方式：每次都把硬币轻放在桥面正中央，待桥稳定后再放下一个。

2. 桥的类型：

平板桥：A4纸直接平铺。

拱形桥：将纸弯成拱形，拱高约3厘米，两端用等量胶带固定于桥墩侧面。

折叠桥：将纸精确折成1厘米宽的等距波浪条（共15个褶）。

3. 测试计划：

为了彻底消除偶然性，我花了两个下午的时间，耐心地将每种形状的桥都制作并测试

了6次。每次都是全新的纸张，相同的制作标准。

二、实验数据全记录

下面是我的实验笔记：

1. 平板桥（最基础的形状）

第一次：3个硬币

第二次：4个硬币

第三次：3个硬币

第四次：4个硬币

第五次：3个硬币

第六次：3个硬币

六次平均承重 = $(3+4+3+4+3+3) \div 6 =$

3.3个硬币

我的观察：它一直是最“柔弱”的，承重时中部会立即出现明显的V形凹陷，变化不大。

2. 拱形桥（优雅的弧形）

第一次：12个硬币

第二次：14个硬币

第三次：13个硬币

第四次：11个硬币

第五次：15个硬币

第六次：13个硬币

六次平均承重 = $(12+14+13+11+15+13) \div 6 = 13.0$ 个硬币

我的观察：它的成绩有波动，最好和最差相差4个硬币。我注意到，拱形做得是否对称、两端固定得是否完全一致，都会影响结果。这让我明白了精细操作的重要性。

3. 折叠桥（坚固的波浪战士）

第一次：22个硬币

第二次：24个硬币

第三次：21个硬币

第四次：23个硬币

第五次：22个硬币

第六次：24个硬币

六次平均承重 = $(22+24+21+23+22+24) \div 6 = 22.7$ 个硬币

我的观察：它的表现非常稳定！六次结果都在21-24个之间窄幅波动，证明这种结构非常可靠，受偶然因素影响最小，是名副其实的“实力派”。

三、数据分析与数学发现

经过六次实验，我算出了更精确、更可信的平均值：

1. 稳定性排名：从六次数据的波动来看，折叠桥最稳定，拱形桥次之，平板桥虽然承重小但也很稳定（因为它几乎没有发挥空间）。

2. 精确的倍数关系：

折叠桥的平均承重（22.7个）是平板桥（3.3个）的 ≈ 6.9 倍。

折叠桥的平均承重是拱形桥（13.0个）

的 ≈ 1.75 倍。

这些比例比我上次3次实验得出的更精确，也更有说服力。

3. 从数据中学习：拱形桥数据波动最大告诉我，有些结构对制作工艺更敏感；而折叠桥数据最稳定说明，好的设计本身就能带来更可靠的表现。

四、延伸实验：当桥墩穿上“防滑鞋”

根据前面实验的观察，我发现拱形的“脚”会向外滑开，这很可能限制了它的力量。我想，真正的石拱桥都有非常坚固的桥墩来牢牢顶住它。于是，我提出了一个新问题：如果给所有桥墩增加阻力，防止它们滑动，三种桥的承重能力会改变吗？

我立刻设计了一个验证实验：在两本词典桥墩的内侧，各紧紧顶上一块大橡皮，就像给

桥墩穿上了“防滑鞋”。然后，我以完全相同的标准（同样的纸张、同样精确的15厘米跨度、同样的硬币），将三种形状的桥分别又制作并测试了6次。

加固桥墩后的六次实验数据如下：

1. 平板桥（加固后）：

它的表现和之前几乎一模一样。六次承重结果为：3个、4个、3个、3个、4个、3个硬币。

平均承重 = $(3+4+3+3+4+3) \div 6 = 3.3$ 个硬币。

看来，对于本身就没有横向滑动趋势的平板结构，加固桥墩侧面并没有带来任何改变。

2. 拱形桥（加固后）：

变化非常显著！它的“脚”被橡皮牢牢顶住，无法外滑。六次承重结果为：17个、18个、19个、16个、18个、20个硬币。

平均承重 = $(17+18+19+16+18+20) \div 6 = 18.0$ 个硬币。

与加固前平均13.0个的成绩相比，它的承重能力提升了约 38% ！这证明，拱形结构的巨大潜力需要由坚固的桥墩来兑现，两者是完美的搭档。

3. 折叠桥（加固后）：

它的数据依然非常稳定。六次承重结果为：23个、24个、22个、24个、23个、24个硬币。

平均承重 = $(23+24+22+24+23+24) \div 6 = 23.3$ 个硬币。

与加固前平均22.7个的成绩相比，仅有微小的提升（约0.6个硬币）。这说明折叠结构本身就已经将力量很好地垂直向下传递，对桥墩侧向支撑的依赖很小，因此“防滑鞋”对它作用不大。

这个延伸实验让我有了一个关键发现：不同

结构依赖不同的支撑条件。

平板桥：只依赖桥面本身的抗弯曲能力。

拱形桥：既依赖自身的形状，更极度依赖桥墩提供强大的侧向抵挡力。

折叠桥：主要依赖自身复杂的结构来分散力量，对桥墩的要求相对简单，只需提供垂直支撑力。

这个发现完美地解释了为什么古代的拱桥都需要建造得异常厚重结实——不仅仅是为了承重，更是为了“顶住”拱脚那股向外推的巨大力量。

五、我的结论与收获

通过这次多达36次的反复测试，我有了更深刻的体会：

1. 科学需要耐心：

重复实验让我收获了更平滑、更可信的数据曲线。我真正理解了为什么科学家要反复实

验，因为真理藏在大量数据的背后。

2. 结构决定功能：

纸的“力量密码”完全取决于它的几何形状。折叠创造的密集三角形支撑体系，结构的设计往往比材料本身更重要。把纸折叠，其实就是创造了许多连续的三角形和支撑点，把压力分散了。这就像真正的钢铁大桥都有交叉组成许多三角形的钢铁骨架结构一样。是它能把承重能力提升近7倍的根本原因。这就像人体的骨骼，特定的结构才能支撑起重量。

3. 工程思维的萌芽：

这次实验不仅是一次手工，更是一次简单的“工程测试”。我像个小工程师一样，需要考虑制作精度（如拱形的对称）、结构选型（选择折叠方案）和数据分析（计算平均值和倍数）。

这次的实验让我明白：知识不仅是书本上的公式，更是动手探索中的发现。科学的深度，往往与你愿意付出多少耐心去重复和验证成正比。这不仅关于纸桥的结论，更是一种宝贵的思维习惯。这次小小的实验，就像是为我打开了一扇窗，让我看到了隐藏在简单事物背后的、不简单的科学和数学之美。感谢数学刘老师的指导和启发，感谢妈妈陪我完成探索。