



南開大學  
Nankai University

# 统计与数据科学学院

## 《数据采集方法》课程报告

小 组：B+X9bo 组

姓 名：蒋贵豪

实验名称：纸飞机试验设计

年 级：2021 级

专 业：应用统计学

完成日期：2021 年 11 月 12 日

# 目 录

1 因子选择 .....	1
2 试验细节 .....	1
3 试验顺序及数据 .....	2
4 拟合模型 .....	4
5 附录 .....	5

## 1 因子选择

对于我们制作的纸飞机，其设计平面图如图1所示。

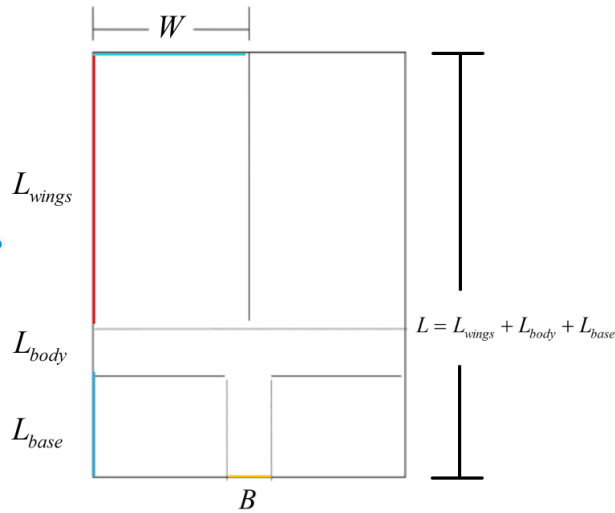


图 1: 纸飞机设计平面示意图

可以选择的试验因子为：

- 纸的半宽  $W$
- 纸飞机机翼长度  $L_{wings}$
- 纸飞机底座高度  $L_{base}$
- 纸飞机底座宽度  $B$

我们从上述 4 个因子中选择纸的半宽  $W$  和纸飞机机翼长度  $L_{wings}$  为我们的试验因子，并为选中的两个因子设定高 (+) 和低 (-) 两个水平。其中，对于  $W$ ，我们选取的高 (+) 水平为  $W = 3cm$ ，低水平 (-) 为  $W = 2cm$ 。对于  $L_{wings}$ ，我们选取的高 (+) 水平为  $L_{wings} = 8cm$ ，低水平 (-) 为  $L_{wings} = 7cm$ 。

对于没有选中的因子，我们取为固定值。选取的纸飞机底座高度  $L_{base} = 9cm$ ，纸飞机底座宽度  $B = 2cm$ 。试验中，我们选用统一的标准 A4 纸 (70g)，其中纸张的宽度  $L = 21cm$ 。

## 2 试验细节

对于我们纸飞机的制作，我们将每一种因子组合的纸飞机分别做 3 架。具体而言，总共有 4 种不同因子组合的纸飞机，我们小组的 3 位成员每人做 4 架不同因子组合的纸飞机，共计 12 架，并给纸飞机编上编号 1-12。制作过程中，均采取同样的测量工具及裁剪工具及同一类型的回形针，纸飞机的编号和相应的因子水平如表1所示。

表 1: 纸飞机的编号和相应的因子水平

编号	$L_{wings}$	$W$	因子水平
1(mod4)	7cm	2cm	(-, -)
2(mod4)	7cm	3cm	(-, +)
3(mod4)	8cm	2cm	(+, -)
0(mod4)	8cm	3cm	(+, +)

在我们的飞行试验，我们选取关闭门窗的南开大学教室为试验场所。释放纸飞机时，我们将纸飞机的两个机翼顶在天花板上，保证与天花板平齐。这样做的目的是保证每次释放纸飞机的高度相同，并且每次释放纸飞机时不会有初速度，而且天花板的高度较高，飞行时间长，可以减少时间测量的相对误差。经过测量，我们试验选取的放飞高度  $H = 210cm$ 。

在我们的计时过程中，我们采用一位同学释放纸飞机，两位同学计时的策略。最后记录的飞机飞行时间为两位同学记录时间的平均时长。

### 3 试验顺序及数据

在试验前，我们随机生成了 12 架纸飞机的飞行顺序。对于每一架纸飞机，我们需要飞行 3 次，这 3 次飞行试验由 3 位不同的同学按随机顺序完成。表2展示了 12 架纸飞机的飞行顺序以及每架飞机放飞 3 次的放飞顺序。

表 2: 纸飞机飞行顺序

制作人	WY				WJ				ST			
飞机编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
飞行顺序	5	9	3	10	12	6	1	8	2	7	11	4
WY	1	1	2	2	3	3	1	1	2	2	3	3
WJ	2	3	1	3	1	2	2	3	1	3	1	2
ST	3	2	3	1	2	1	3	2	3	1	2	1

按照表2给定的实验顺序，我们于 2021 年 11 月 12 日 21 时在选取的地点进行了试验。我们得到的按照既定试验顺序的数据和 12 只纸飞机的平均飞行时长如表3所示。

表 3: 实验数据

制作人			WY			WJ				ST		
飞机编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
因子水平	(-, -)	(-, +)	(+, -)	(+, +)	(-, -)	(-, +)	(+, -)	(+, +)	(-, -)	(-, +)	(+, -)	(+, +)
飞行顺序	5	9	3	10	12	6	1	8	2	7	11	4
飞行时长 (单位: 秒)	1.67	1.57	1.17	1.89	2.03	1.84	1.18	1.87	1.28	1.60	0.92	1.16
	1.86	1.55	1.22	1.85	2.10	1.77	0.98	1.77	0.96	1.64	1.02	1.43
	1.93	1.63	1.20	1.85	1.92	1.93	1.18	2.03	1.42	1.50	1.25	1.34
均值 (秒)	1.82	1.58	1.20	1.86	2.02	1.85	1.11	1.89	1.22	1.58	1.06	1.31

## 4 拟合模型

我们以选取的两个因子为自变量，响应即飞行时长为因变量，采用线性回归模型。拟合模型的代码见附录。我们代码得到的拟合参数见表4。

表 4: 线性拟合参数

Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	2.89472	0.78913	3.668	0.000853
$L_{wings}$	-0.27167	0.09962	-2.727	0.010154
$W$	0.27389	0.09962	2.749	0.009610

从表4中可以看出，三个参数的  $P$  值均小于我们给定的显著性水平 0.05。于是三个参数均通过我们的显著性检验。从而我们拟合模型为：

$$T = 0.27389W - 0.27167L_{wings} + 2.89472$$

我们模型的总平方和 SST, 残差平方和 SSE, 回归平方和 SSR 为: SST = 4.286764, SSE = 2.947403, SSR = 1.339361。

我们还给出了我们各个参数的 95% 置信区间，如表5所示。

表 5: 参数的置信区间

	2.5 %	97.5 %
(Intercept)	1.28922579	4.50021865
$L_{wings}$	-0.47434274	-0.06899059
$W$	0.07121282	0.47656496

通过我们的拟合模型，我们应选择  $L_{wings} = 7cm$ ,  $W = 3cm$ , 得到的纸飞机飞行时间最长。

## 5 附录

### 拟合模型代码

```
1 flydata <- read.csv("fly.csv")
2 as.numeric(flydata$x1)
3 as.numeric(flydata$x2)
4 as.factor(flydata$maker)
5 as.factor(flydata$num)
6 as.factor(flydata$flynum)
7 modell <- lm(y ~ x1 + x2, data = flydata)
8 summary(modell)
9 sse = deviance(modell)
10 r2 <- summary(modell)$r.squared
11 sst = sse/(1 - r2)
12 ssr = sst-sse
13 sse
14 sst
15 ssr
16 confint(modell)
```