

# 对乒乓球拍形状的分析和建议

姜俊成 何龙德

(中国科学院力学研究所, 北京 100080)

**摘要** 本文用概率函数分析方法研究了乒乓球拍形状和尺寸对乒乓球迎击概率的影响。基于将球拍的外轮廓线视为一条等概率曲线, 导出了满足最高迎击球概率的球拍外轮廓线的数学表达式, 给出了相应的计算结果。计算结果表明, 现有球拍平面形状和尺寸有待进一步改进和完善, 减小打漏球的失误, 使其具有最大的迎击球概率。

**关键词** 乒乓球拍, 概率函数, 体育运动

在乒乓球比赛中, 往往会出现运动员打漏球的情况。这一情况的出现与诸多因素有关, 其中球拍的形状和尺寸是值得注意的因素。目前, 运动员使用的球拍有椭圆切顶形状球拍(以下简称圆形球拍)、矩形圆角球拍(以下简称方形球拍)、个别运动员使用提琴形球拍。我国运动员多数使用圆形球拍, 而日本和韩国运动员使用方形球拍较多。圆形球拍具有较大的边缘半径, 对控制台内短球有明显的优点。方形球拍在角的位置其边缘半径较小, 因此对不出台的短球会出现较高的失误率。从本文作者有限的观察中发现, 运动员打漏球多发生在以下情况:

一是不能正确估计来球的旋转速度和方向, 对台面反射后的球运动方向判断不准。一是由于对方回球角度变化大或突然加力减力, 运动员来不及在正确的位置上迎击来球。在上述两种情况下, 多数打漏的球在拍子的下端和斜下端漏掉, 上端打漏的球较小。

如何使较小的球拍具有尽可能高的击中球的概率, 从而减少失误率是要认真加以考虑的问题。目前, 尚未见从数学角度对球拍形状进行研究的工作。本文旨在通过较为严谨的数学分析方法而设计出一种更为合理的球拍形状, 使其获得最大的迎击球概率。

## 1 球拍击球概率

球拍击球概率可近似看作是一个二维概率问题。其中一维是矢径偏差概率, 另一维是角度偏差概率。标准正态分布的概率特征函数基本公式为<sup>[1]</sup>

$$z = e^{-r^2}$$

它的最高概率点在  $r=0$  处, 当  $r$  增加和减少时概率值下降。

矢径偏差概率的公式为

$$z_1 = e^{-(r-y_0)^2}$$

其中  $y_0$  是概率最大值所在的位置。对乒乓球拍来说它是运动员击球时, 球拍中心到运动员肩关节的距离。

角度偏差概率的公式为

$$z_2 = e^{-B\theta^2}$$

$B$  是角度比例系数,  $\theta$  是偏差角。当  $\theta=0$  时概率达到最大值, 而  $\theta$  为正负值时概率值下降。将上述两种概率相乘得到

$$z_3 = z_1 z_2 = e^{-[(r-y_0)^2 + B\theta^2]}$$

其中

$$r = \sqrt{(y_0 - y)^2 + x^2}$$

$$\theta = \arcsin \left[ \frac{x}{\sqrt{(y_0 - y)^2 + x^2}} \right]$$

上述  $oxy$  坐标系, 其坐标原点  $o$  取在球拍中心,  $y$  轴取为球拍左右对称线,  $x$  轴垂直于  $y$  轴且指向球拍侧边缘。因此,  $\theta$  是由运动员肩关节引出的矢径  $r$  (假定位于  $xy$  平面) 与  $y$  轴之间的夹角。定义  $x_3$  为球拍左右对称线至球拍侧边缘的最大距离,  $y_3$  为球拍中心到下边缘的距离。将球拍的外轮廓线视为一条等概率曲线, 其值由  $(0, y_3)$  点确定, 即

$$(r - y_0)^2 + B [\arcsin(x/r)]^2 = y_3^2$$

又因  $r$  趋于  $y_0$  时,  $x$  趋于  $x_3$ , 由上式确定

$$B = \frac{y_3^2}{[\arcsin(x_3/y_0)]^2}$$

由此得到球拍的外轮廓线的数学表达式为

$$\left( \sqrt{(y_0 - y)^2 + x^2} - y_0 \right)^2 + \left[ \arcsin \left( \frac{x}{\sqrt{(y_0 - y)^2 + x^2}} \right) \right]^2 = y_3^2$$

式中,  $y_0, x_3, y_3$  是以参数形式出现 从上述表达式可以推得卵形球拍具有最高的迎击球概率 也就是这样的球拍可以使打漏的球最小

## 2 算例

参照红双喜圆形直板球拍的基本尺寸, 长 14.5cm, 宽 15cm. 考虑运动员曲臂击球时, 从运动员肩关节到球拍中心矢径长 63cm. 此时计算得到的球拍外形如图 1 所示 卵形球拍和我国运动员较多使用的圆形球拍差别不大 球拍的下半部比圆形球拍略宽, 而上半部略窄 顶部和圆形球拍一样, 有一部分切顶与球拍把连接

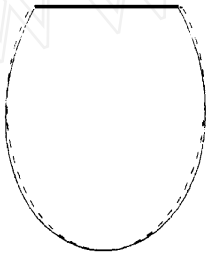


图 1 卵形球拍和圆形球拍的外形比较  
——卵形球拍, - - - 圆形球拍

## 3 结束语

(1) 本文提出一种用概率函数确定乒乓球拍的外轮廓线的计算方法, 得到卵形球拍形状 这种球拍具有最高的迎击球概率, 可减少运动员的失误率

(2) 卵形球拍的下半部曲率半径大于其它外形球拍的曲率半径, 对迎击台内短球更具有明显的优点, 对出台的中球和长球也可以提高击中率

(3) 对于不同臂长的运动员, 球拍外形应该略有差别 臂长的运动员使用的球拍卵度小一些, 也就是上下部分的差别小些 臂短的运动员使用的球拍卵度大些, 就是上下部分的差别大些

(4) 和圆形球拍一样, 与直板球拍相比, 横板球

拍的尺寸应按比例放大一些

本工作提出的卵形球拍, 仅从数学上说它比其它形状的球拍更合理 类似的羽毛球拍和网球拍已有不少采用所谓“梯形”球拍 其特点与卵形球拍类似, 远端宽大一些, 近端窄小一些 鉴于目前尚难进行有说服力的实验以提供定量数据, 证实其优越性, 卵形球拍的优点只有靠运动员和教练员在训练和比赛的实践中得到认可和证实

## 参 考 文 献

- 1 《数学手册》编写组 数学手册 北京: 人民教育出版社, 1979. 796~ 797

## AN ANALYSIS ON THE SHAPE OF TABLE TENNIS BAT

J IAN G Juncheng HE Longde

(Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

**Abstract** The effects of the shapes and dimensions of table tennis bat on table tennis ball head-on impact probability have been investigated by an analytical method of probability function. In view of the fact that the table tennis bat outline is a curve of the equivalent probability, this paper derives a mathematical expression for the outline of the table tennis bat that gives the maximum impact ball probability. The results indicate that the present shapes and dimensions of the table tennis bat need to be improved further in order to reduce muffs and to obtain the maximum head-on impact ball probability.

**Key words** table tennis bat, probability function, athletic sports