

您现在的位置：[中国音乐学网](#) >> [学术论文](#) >> [音乐表演理论](#) >> 正文荐 ★★★ [【字体：小 大】](#)

近期热顶



小提琴运弓和发音的基本科学原理

——从《试论小提琴弓对弦压力的物理特性》等文谈起

作者：杨健 文章来源：《南京艺术学院学报（音乐与表演版）》 点击数： 更新时间：2009-6-8

收藏此页

原载《[南京艺术学院学报](#)（音乐与表演版）》2004/04/p43-47

## 小提琴运弓和发音的基本科学原理

——从《试论小提琴弓对弦压力的物理特性》等文谈起

[杨健](#)

**摘要：**国内近期出现了用物理模型来研究小提琴运弓问题的尝试。本文第一部分首先指出握弓类似于一个以拇指( $F_3$ )为支点的跷跷板，主要以食指( $F_1$ )和小指( $F_2$ )的施力配合，产生握弓力矩 $M$ ；随后用“ $P$ (弓压)- $x$ (弓位)- $M$ 直线法”证明：[演奏](#)下弓是 $M$ 随 $x$ 的增加而逐渐增大并转换方向的过程，此过程取决于 $P$ 、弓的重力和重心；并首创“ $P$ - $x$ - $F$ (握弓施力)平面法”，在 $x, F_1, F_2$ 空间中证明：省力的运弓路径应在该平面中处于较低的位置。第二部分通过分析“赫尔姆霍茨运动”和“Schelleng图表”指出： $P$ 及其变化范围和音量、弓速、弓与琴码的接近程度成正比，并与琴弦和弓自身的性质有关。

**关键词：**小提琴运弓和发音， $P$  $x$  $M$ 直线法， $P$  $x$  $F$ 平面法，赫尔姆霍茨运动，Schelleng图表

中图分类号：J622.1

文献标识码：A

### The Basic Principles in the Bowing and Articulation of Violin

**Abstract:** Holding the bow is like a teeterboard supported by thumb as the pivot and the cooperated forcing of forefinger and little finger produces a moment  $M$ . The “ $P$ (pressure)- $x$ (position)- $M$  Line Method” shows when playing a down bow,  $M$  increases with  $x$  and gradually changes its direction and this process is determined by  $P$ , the gravity and barycenter of bow. The “ $P$ - $x$ - $F$ (force of fingers) Plane Method” shows that the most force-saving bowing path should locate in the lower part of this plane. The analyses of “Helmholtz Motion” and “Schelleng Diagram” indicate  $P$  and its range is in direct ratio with volume, velocity of bow, the approaching degree of the bow to the bridge and has some relationship with the quality of string and bow.

51

顶一下

一代宗师钱仁康：学科学…  
百年… >>详细

38

顶一下

多元语境下音乐评论的…  
文章… >>详细

43

顶一下

学术活动中的编辑意识…  
学术… >>详细

45

顶一下

周吉学术研究的多元视…  
巨子… >>详细

31

顶一下

布里顿歌剧中“性取向”…  
文章… >>详细



近期热门

- 1 给音乐表演艺术插上情感…
- 2 本土音乐教育与全球文化…
- 3 两种新音乐观与两个新音…
- 4 论舒伯特的艺术歌曲
- 5 潘德列斯基早期管弦乐创…
- 6 论西藏非物质文化遗产的…
- 7 别让钢琴再失声——谈《哈…
- 8 多元语境下音乐评论的客…
- 9 走进琴弦的世界
- 10 新中国专业音乐教育先行…
- 11 布里顿歌剧中“性取向”问…
- 12 周吉学术研究的多元视角



热门来源



《中国音乐》季刊是中国音乐学院主办的音…



中央音乐学院建于1950年，其前身是2…

《音乐研究》杂志创办于1958年1月, ...

TheMusicalQuarterly..

上海音乐学院前身是伟大的民主革命家、杰...

[以上为随机列出, 更多>>](#)

## 引言

2002年末, 笔者曾将自己在平时的演奏和教学实践中积累的几点心得, 汇集成一篇文章——《关于小提琴演奏技巧的几点新想法》[①] (以下简称《新文》)。该文的第四部分用一个物理模型, 从理论上将小提琴运弓的诸多要素统一了起来, 试图用这个模型来证明以往关于运弓问题的许多经验之谈, 并顺便据此简要讨论了几点实际问题。2004年初, 《音乐艺术》上又刊载了一篇题为《试论小提琴弓对弦压力的物理特性》[②] (以下简称《试文》) 的论文, 文中对《新文》提出的模型进行了合理的简化, 有针对性地分析了演奏者如何正确给弓施力的主要原则和方法。《试文》的出现, 催生了笔者将有关小提琴演奏的一些更为重要却有些艰深的科学原理, 以较为直观和完整的方式呈现在音乐刊物上的念头。当然, 首先要从上述两文中意犹未尽的一些问题说起。

### 一. 小提琴运弓的基本原理

#### 1. 握弓的施力与平衡——握弓跷跷板

为了细致而全面的理解小提琴运弓的科学原理, 我们应该从手指对弓的控制机理入手 (图1)。

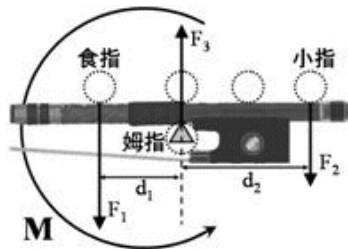


图1 手指对弓的控制原理——握弓跷跷板

如图1所示,  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  分别为食指、小指和拇指对弓的作用力, 将拇指的位置大致看作支点或转动轴, 则  $d_1$  和  $d_2$  分别为  $F_1$  和  $F_2$  的力臂。

从力的平衡来看, 手指可以对弓产生合力  $F = F_1 + F_2 - F_3$ 。但更重要的是这些力所产生的转动效果, 也就是从力矩平衡的角度来看: 手指握弓就像一个以拇指为支点的跷跷板, 主要以食指和小指的恰当的用力配合, 控制着弓的平衡以及对弦的作用 (中指和无名指起辅助作用)。当  $F_1 d_1$  较大时 (也就是食指的作用在跷跷板上占优势时), 产生一个逆时针的力矩, 反之当  $F_2 d_2$  较大时, 产生一个顺时针的力矩。

事实上, 手指对弓的控制原理的核心, 便在于这个跷跷板所产生的效果。为了下面讨论的方便, 我们不妨将这个转动的效果 (或者说具有转动趋势的效果), 即手指对弓产生的力矩合成起来 (式1):

$$M = F_1 d_1 - F_2 d_2$$

#### 最新评论

热门专家

张巍, 文学博士, 教授, 现任上海音乐学院...

崔宪, 音乐研究所研究员, 1954年9月...

郭淑珍, 女高音歌唱家, 声乐教育家。19...

陈钢1935年生于上海, 是中国当代著名...

刘辉, 声乐教育家、著名男高音歌唱家。现...

[以上为随机列出, 更多>>](#)

#### 博客更新

博客更新

在式1中  $M$  是手指对弓产生的合力矩（参见图1），设逆时针方向为正方向，那么当合力矩方向为顺时针时  $M < 0$ 。

## 2. 弓、弦和握弓跷跷板的作用与平衡—— $PxM$ 直线法

将手指握弓简化为一个合力  $F$  和一个产生转动效果的合力矩  $M$  后，我们就可以放心的将弓子放到琴弦上（图2）。为了避免过于庞杂，我们暂且把研究限制在水平匀速恒力运弓的范围内。

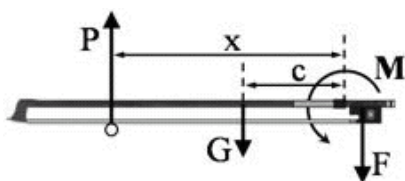


图2 弓在竖直方向上的各作用力及其力矩的示意图

如图2所示， $P$  为琴弦对弓的支持力（数值上等于弓对弦的压力）， $G$  为弓的重力， $F$  为手指对弓的合力， $M$  是手指对弓产生的合力矩， $x$  是琴弦到支点（近似的看作弓根）的距离。 $c$  为弓的重心到支点的距离。

根据受力平衡有（式2）：

$$P = G + F$$

式2

根据力矩平衡有（式3）：

$$M = Px - Gc$$

式3

在式3中，等式左边的握弓跷跷板  $M$  要和右边的  $Px$  与  $Gc$  两项相抗衡，其中  $Gc$  是一个和弓子本身的性质有关的常量（重力和重心的位置），而  $Px$  却是一个和弓压和弓位有关的变量，为了直观的研究它们之间的关系，我们作出式3这个简单线性函数的图像（图3）。

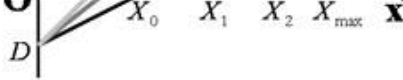


图3在  $x, M$  平面中的  $P_cM$  直线，反映了  $x, M$  和  $P$  之间的关系

在图3中， $X_0$ 点处  $x = \frac{Gc}{P}$ ， $D$ 点处  $M = -Gc$ ，则式3是过  $X_0$ 和  $D$ 两点、斜率为  $P$ 的直线，

由于该直线是关于  $x$ 和  $M$ 的函数，其倾角又由  $P$ 决定，所以我们暂且把这条直线称作“弓压-弓位-握弓力矩直线”，简称  $P_cM$  直线，它主要描述了以下两组结论：

(1) 运弓跷跷板 ( $M$ ) 随弓位的不同 ( $x$ ) 所发生的变化：

在  $D$ 点处， $x=0$ ，处于弓根部位，手指产生的顺时针力矩  $M = -Gc < 0$ ，全部用来平衡弓子的重力所产生的力矩。

当弓子逐渐向弓尖运行， $x$ 缓缓增大后，由弓压  $P$ 所产生的力矩  $Px$ 便渐渐壮大， $M$ 也增大（虽然是负值），在  $X_0$ 点处  $x = \frac{Gc}{P} \Rightarrow Px = Gc$ ，弓压产生的力矩和弓子的重力所产生的力矩正好抵消，这时  $M = 0$ ，即手指产生的力矩为零，是一个临界点[③]。

随后， $Px$ 产生的力矩继续加大， $M$ 也继续增大（此时已经是逆时针，正值），直到  $x$ 的最大值（弓尖） $X_{max}$ ，运弓跷跷板产生的力矩  $M$ 也达到最大值  $M_{max}$ 。

(2) 弓压  $P$ 所起的决定作用：

从图3可以看出，若采用较大的弓压， $P$ 则  $P_cM$  直线的斜率会增加，即  $M$  的变化速度会增加，会较早的到达临界点  $X_0$ ，并且在同样的弓位需要使用更大的力矩，在弓尖所需的最大力矩也会增加。

反之，如果使用的弓压  $P$ 足够的小，会导致临界点离弓根越来越远，甚至  $X_0 \geq X_{max}$ ，则在整个运弓过程中  $M$  都是逆时针的负值，至于这种情况是否可能，将在本文的第二大部分涉及。

通过对图3和式3的分析，我们可以明白从弓根到弓尖（即演奏下弓）的一次完整运弓过程，实际上是握弓跷跷板  $M$  从顺时针的最小值通过临界点转为逆时针，并逐渐增大的过程；这个  $M$  随  $x$  的增加而逐渐增大并转换方向的过程，首先取决于弓子本身的性质（ $G$ 和  $c$ ），其次决定于这次运弓所使用的弓压  $P$ 。

图3还可以解决在任意弓位和方向均匀运弓的问题，例如在图中  $X_1$  和  $X_2$  是弓上的任意两

点，如果使用一定的弓压从  $X_2$  到  $X_1$  演奏一次上弓，则握弓力矩应该沿  $W_2, W_1$  发生变化。

[1] [2] [3] [4] 下一页

13

顶一下

文章录入: admin [博客](#) 责任编辑: admin

- 上一篇文章: 关于音乐表演心理的几个问题
- 下一篇文章: 没有了

相关文章 (关键词: 小提琴, 运弓, 发音, 科学, 原理, 赫尔姆霍茨, 运动, Schelleng, 图表)

[浅谈二胡的发音](#)

[谈二胡的持弓和运弓](#)

[浅谈二胡的演奏姿势与发音的关系](#)

[二胡的发音在演奏长弓、分弓、快弓、顿弓、跳弓等弓法中的应用](#)

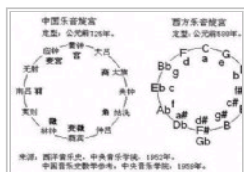
[【发表评论】](#) [【加入收藏】](#) [【告诉好友】](#) [【打印此文】](#) [【关闭窗口】](#)

网友评论: (评论内容只代表网友观点, 与本站立场无关)

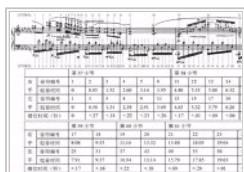
数据载入中, 请稍后……

站内搜索:     全站搜索

近期热门图文:



挤一挤“朱载堉泡池”



20世纪西方器乐演…



文化相对论是一把…



把音乐还给音乐教…

[更多 >>>](#)

[设为首页](#) | [加入收藏](#) | [版权申明](#) | [网站公告](#) | [管理登录](#) | [人才加盟](#) | [投稿指南](#)

Copyright © 2004-2009 上海音乐学院音乐学系 [51La](#)

沪ICP备05005711号