

有如下关系

$$f = St(v/d)$$

其中 St 为斯特劳哈尔数, 在正常工作条件下为常数.

卡门涡街流量计有许多优点: 可测量液体、气体和蒸汽的流量; 精度可达 $\pm 1\%$ (指示值); 结构简单, 无运动件, 可靠, 耐用; 压电组件封装在发生体中, 检测组件不接触介质; 使用温度和压力范围宽, 使用温度最高可达 400°C ; 并具备自动调整功能, 能用软件对管线噪声进行自动调整.

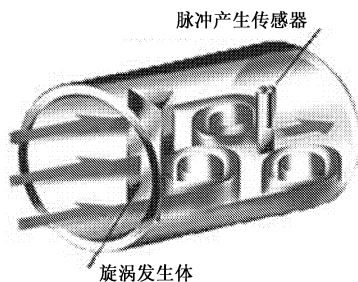


图 3 卡门涡街流量计原理示意图

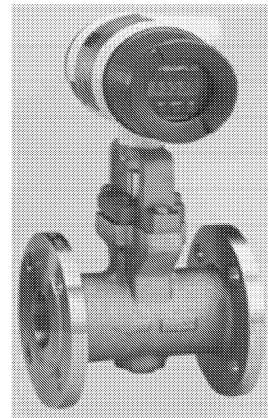
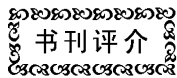


图 4 流量计外形

参 考 文 献

- 1 von Kármán T. Aerodynamics: Selected Topics in the Light of their Historical Development. Cornell University Press, 1954
- 2 周光炯, 严宗毅, 许世雄, 章克本. 流体力学 (第 2 版). 北京: 高等教育出版社, 2000



评 “Fundamentals of Vibrations” (Meirovitch 著)

陈立群

(上海大学力学系, 上海 200436)

Leonard Meirovitch 教授的《振动基础》(Fundamentals of Vibrations, McGraw-Hill, 2001) 近年来被多所国外高校采纳为研究生的教材. Meirovitch 教授撰写过多部不同层次的振动教材, 除将评介的书外, 还包括《Analytical Methods in Vibrations》(Macmillan, 1967), 《Elements of Vibration Analysis》(McGraw-Hill, 1970, 1985), 《Principles and Techniques of Vibrations》(Prentice-Hall, 1997). 他的教材在中国也有较大影响, 《Elements of Vibration Analysis》的两版国内都发行过影印本, 上海交通大学的吴镇教授等曾将第 1 版译为汉语(《振动分析基础》, 上海交通大学铅印, 1982). 《振动基础》也可以认为是《Elements of Vibration Analysis》的扩充和修改. 该书具有鲜明特色, 对我国研究生振动课程的双语教学具有较大参考价值.

《振动基础》共分 12 章, 另含 3 个附录. 第 1 章“来自振动的概念”, 复习质点、质点系和刚体动力学的基本内容, 介绍振动系统的基本元件和建模方法, 讨论激励的性质,

系统特征和响应的性质, 引入平衡点的概念并讨论平衡点附近的运动. 第 2 章“单自由度系统对初始激励的响应”讨论无阻尼和线性阻尼系统, 还讨论阻尼测量和干摩擦阻尼. 第 3 章“单自由度系统对简谐和周期激励的响应”除理论分析外还包括旋转不平衡、转子、振动隔离和振动测量等应用问题. 第 4 章“单自由度系统对非周期激励的响应”, 包括计算响应的对合积分方法、Laplace 变换法和转移矩阵方法, 还包括响应谱和离散时间系统. 第 5 章“两自由度系统”以较简单的形式介绍了多自由度系统所要研究的基本内容, 固有模态、耦合、模态正交性等, 还介绍了拍现象和无阻尼吸振器. 第 6 章“分析力学基础”包括虚功原理, D'Alembert 原理, 广义 Hamilton 原理和 Lagrange 方程. 第 7 章“多自由度系统”主要包括振动方程建立的影响系数法和动力学方程的线性化, 本征值问题, 模态的正交性, 系统对初值和外激励的响应, 模态分析方法, 离散时间系统等. 第 8 章“分布参数系统: 精确解”包括弦线、梁和杆的振动, 主要通过导出固有频率和模态计算系统对初值和外激励的响应. 第 9

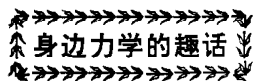
章“分布参数系统：近似方法”阐述了集中参数法、扭振的 Holzer 法、弯曲振动的 Myklestad 法、Rayleigh-Ritz 法及其改进、Galerkin 方法和配置法。第 10 章“有限元法”先给出弦线、杆和轴的线性、平方和立方插值函数，讨论梁的弯曲并估计误差，然后将桁架和框架作为杆和梁的组集进行讨论。第 11 章“非线性振动”先引入平衡点、稳定性和极限环等概念，再阐述 Lindstedt 方法并应用于分析振动频响特性和参数振动的稳定性，然后用 Runge-Kutta 法进行数值积分。第 12 章“随机振动”先介绍随机过程、静态、遍历性、均值、均方值和标准差等概念，再讨论概率密度函数和自相关函数，计算随机激励的频域响应，然后引入联合概率并计算多自由度系统和分布参数系统对随机激励的响应。最后 3 个附录分别介绍 Fourier 变换、Laplace 变换和线性代数。

《振动基础》具有独特之处。首先，突出对振动现象的“激励-响应”理解，将传统上的“自由振动”和“受迫振动”分别称为“对初值响应”和“对激励响应”。其次，体现了控制理论中的某些方法和问题，例如，引入转移矩阵进行响应分析，讨论了离散时间系统。第三，包含些较为深入的内容，如多自由度系统的复模态分析，有限长杆中行波分析

等。最后，对各类振动，均有用 MATLAB 分析的程序和算例，也有相应的练习。该书主要不足之处是工程问题实例较少，行文比较简略。因此，尽管作者声称该书可以作为本科生教材，但实际上多是用作研究生教材。

与前两版《振动分析基础》相比，增加第 1 章以强调基本概念和振动系统建模方法。关于单自由度的内容又把原来的 2 章变为 3 章，补充一些内容。多自由度系统和分布参数系统精确解部分都增加了内容。分析力学由原来在连续系统精确解之后提前到多自由度系统之前，并增加了广义 Hamilton 原理。分布参数系统近似解和有限元法 2 章几乎完全重写。非线性振动内容有所精简，由 2 章变为 1 章。第 2 版增加的“计算技巧”1 章部分内容穿插到相关章，不再单列为 1 章。另外，该书每章增加了小结概括该章要点。

Meirovitch 教授是弗吉尼亚理工学院和州立大学杰出教授，撰写过多部动力学和控制的教材，并且在结构动力学和控制研究方面卓有建树。作者经过长期教学实践，对教材反复修订。《振动基础》既体现了作者作为研究者的深刻洞见，也反映了作者作为教师的丰富经验，是不可多得的优秀教材。



F1 赛车弯道技术的力学分析

孟昭曜

(重庆教育学院, 重庆 400067)

摘要 以上海国际赛车场的赛道设计为例，通过对 F1 赛车弯道技术的力学分析，说明了 F1 赛车手为什么要在比赛中选择奇特的行车路线和超车技术，以适应弯道速度控制和直道高速行驶对车手和赛车的严格要求，揭示了 F1 比赛既要速度更要技术和经验的魅力所在。

关键词 F1 赛车，弯道技术，力学分析

2004 年 9 月，一级方程式赛车 F1 登陆上海国际赛车场。就在这里，一代车王舒马赫的赛车滑出赛道，犯下了“很多年没见他犯过”的错误，让不少人感到困惑。其实，自从 1950 年在英国银石赛场举行第 1 次 F1 大奖赛以来，赛车的速度几乎增加了一倍，比赛中两个竞争对手之间成绩的差距只有 1% 甚至 1‰ 秒。F1 赛车既是世界上最昂贵的运动，也是高科技产品竞争的“高科技奥运会”^[1]。虽然每年每个车队都在推出各自的新款引擎以提高赛车的速度，然而 F1 要速度更要技术！

所谓技术，说到底就是弯道技术，因为 F1 赛车赛道的弯道很多。以新建的上海嘉定 F1 国际赛车场为例，总长约 5.451 km，就有 16 个不同转弯半径的弯道和 9 个不同长度的直道（图 1）。

赛道整体造型犹如一个翩翩起舞的“上”字。它既具有

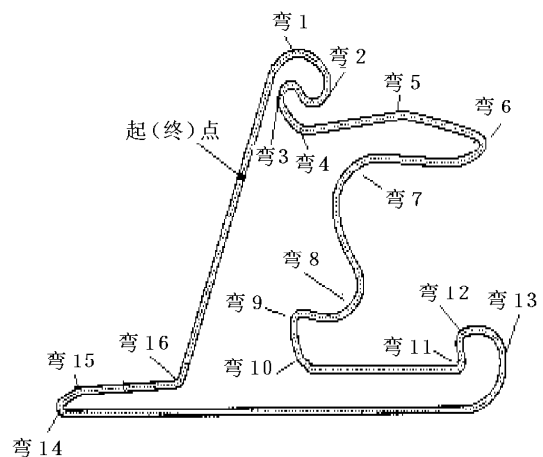


图 1 上海国际赛车场赛道示意图

利于大马力引擎发挥的高速直道，又有充满挑战性、能充分体现车手技术的弯道^[2]。从力学角度分析，过弯道时，快速和安全往往很难统一，但弯道同时又是车手们利用自己技术赶超对手的大好时机，加上情况瞬息万变，所以比赛中对车手的弯道技术要求特别高，最基本最重要的就是选好通过弯道的最佳路线。