



# 中国磬的声学

Thomas D. Rossing 蔡健敏

(美国 Northern Illinois 大学)

1991年2月25日收到

**摘要** 本文给出中国佛寺中使用的磬的声学特性。用全息干涉图方法研究了磬的振动模态。磬的振动模态与钟类似。文中分析了自由悬挂和放在丝垫上两种情形下磬的声频谱。磬的声调主要决定于(2,0)振型的分音。(4,0)振型的分音振幅最大,实验表明丝垫对磬声衰变的影响较小。

## Acoustics of the Chinese Qing

Thomas D. Rossing and Jianming TSAI

(Northern Illinois University USA)

Received February 2, 1991

**Abstract** The qing is commonly used in Chinese temples. The acoustical properties of the qing are presented in this paper. The vibration of qing has been studied by method of holographic interferogram. Vibrational modes of the qing resemble those of a bell. Sound spectra of the qing suspended on rubber bands and resting on a silk cushion are given. The decay rates are comparable in the two cases, indicating relatively little damping from the cushion. The partial radiated by the(4, 0) mode has the largest amplitude. The pitch of the qing is determined by the (2, 0) partial.

磬是钵形的乐器,通常在佛寺中作佛教礼庆时用。磬在佛事中多与大小差不多的木鱼同时使用,如图1所示。一般,磬的直径在10 cm到40 cm之间,高度在8 cm到35 cm之间。在汉朝也发现有直径为75 cm的大磬<sup>[1]</sup>。在佛事中使用时,磬一般放在丝制的垫上,用木棍敲磬的边缘发声。图2所示是直径由10 cm到18 cm的一组四个磬。在古代,磬上往往刻有佛经箴言,其意义由磬声传送出去。

沿着磬周边传播的弯曲波形成主要的振动模式。从轴向来看,这些振动模式和钟的相似<sup>[2]</sup>。(m, 0)模式有沿着磬口数的2m条节线。图3的全息干涉图显示直径为18 cm的磬(图2中最大的一个)的一些最重要的振动模式。图中前8个图是从(2,0)到(9,0)的振动模

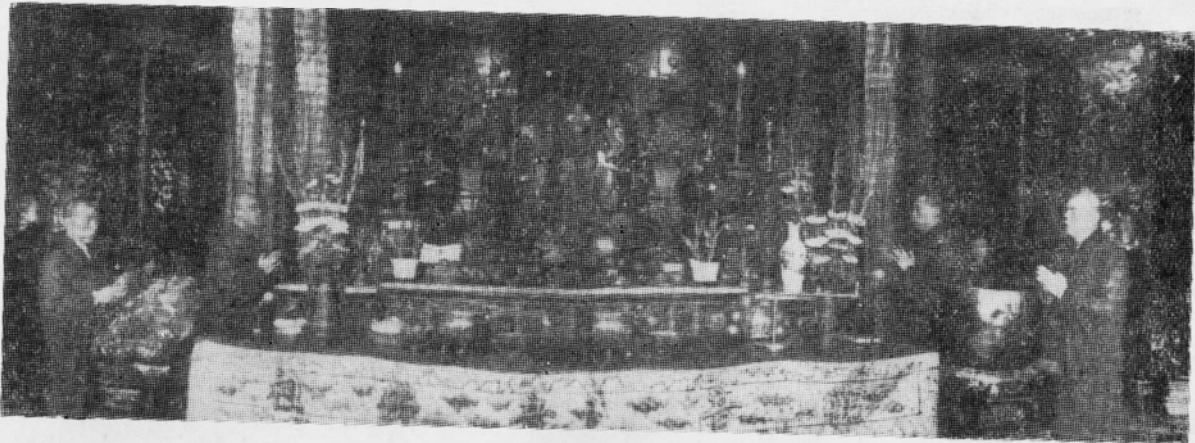


图 1 佛寺中的情景,有大磬(右)和木鱼(左)

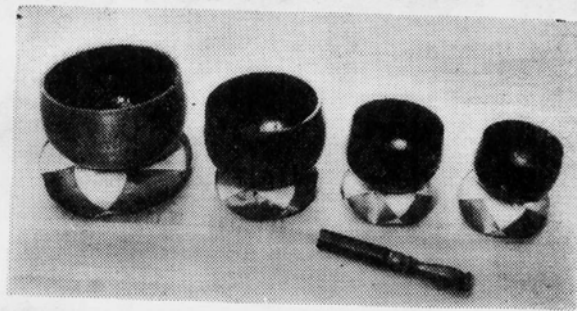


图 2 直径为 18,15,12 和 10 cm 的四个磬

表 1 两个磬的振动模态频率和频率比

模 式	18cm 磬		15cm 磬	
	$f_{mn}(\text{Hz})$	$f_{mn}/f_{20}$	$f_{mn}(\text{Hz})$	$f_{mn}(f_{20})$
2,0	346	1.00	434	1.00
3,0	953	2.75	1180	2.72
4,0	1751	5.06	2130	4.91
5,0	2691	7.78	3267	7.53
6,0	3748	10.83	4496	10.36
7,0	4644	13.42	6182	14.24
8,0	6255	18.08		
9,0	7363	21.28		

式,但在频率更高时则难于确定节线的数目。

图 2 中四个磬的振动模态频率如图 4 所示,用节线数  $m$  的函数关系来表示。

18cm 的磬在用橡皮带自由悬挂和放在丝垫上两种情形下的声频谱分别如图 5 所示。在这两种情形下,上面的频谱是在敲击时记录的频谱,下面的是 0.5 秒后的频谱。可以看出两种

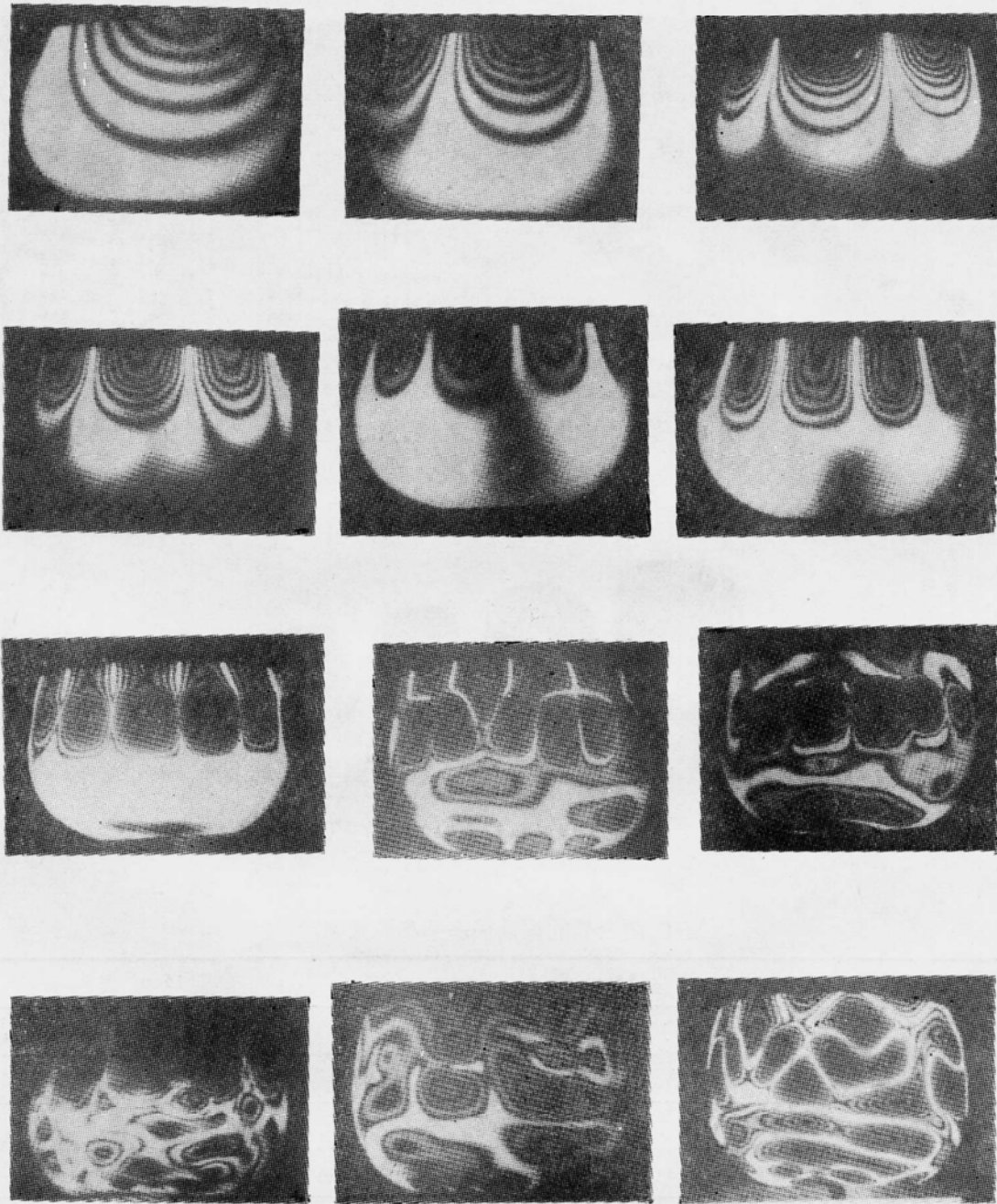


图3 直径为 18 cm 的铜磬的振动全息干涉图, 前 8 个图形表示  $(m, 0)$  振动模式的振型. 第 9, 11, 12 个图形的振动模式不易辨认, 第 10 个图形是比第 5 个图形振动更大的  $(7, 0)$  模式.

情形下的衰变率相差不多, 说明丝垫所引起的衰变相对较小. 在这两种情形下  $(4, 0)$  模式振动所辐射的分音的振幅最大. 表 1 给出 18 cm 和 15 cm 磬主要分音的频率. 这些分音之间没有谐波的关系. 磬声的声调几乎完全决定于  $(2, 0)$  模式的基音, 而  $(4, 0)$  模式的强分音可清楚地听到为泛音.

作者对 Northern Illinois 大学 School of Music 的 Kuo-Huang Han 教授表示感谢, 感谢和他有启发性的讨论和他提供本研究所用的磬.

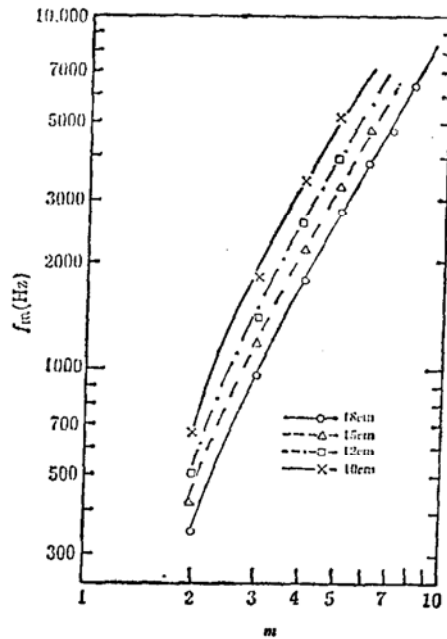


图 4 直径为 18, 15, 12 和 10cm 的四个磬的振动模式频率和节线数  $m$  的关系。

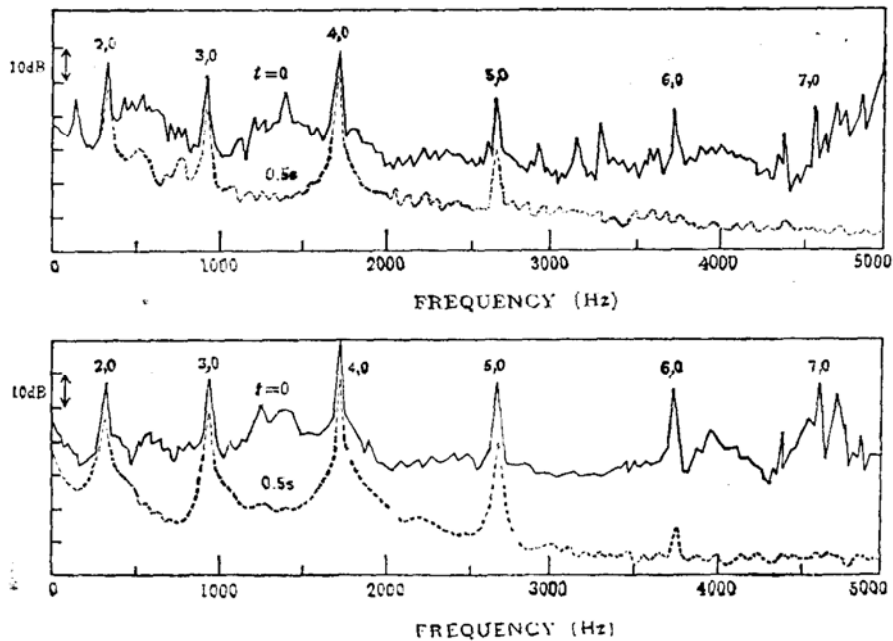


图 5 用橡皮带自由悬挂(上图)和放在丝垫上(下图) 18 cm 磬声的频谱。在每个图中,上面的频谱是在敲击时的,下面是 0.5 秒后的频谱。

参 考 文 献

- [1] Alan R. Trasher, "Qing" in New Grove Dictionary of Musical Instruments, Vol.3, ed. S. Sadie (Macmillan, London, 1984).
- [2] Thomas D. Rossing, "The Acoustics of Bells", Am. Scientist 72, (1984) 440.