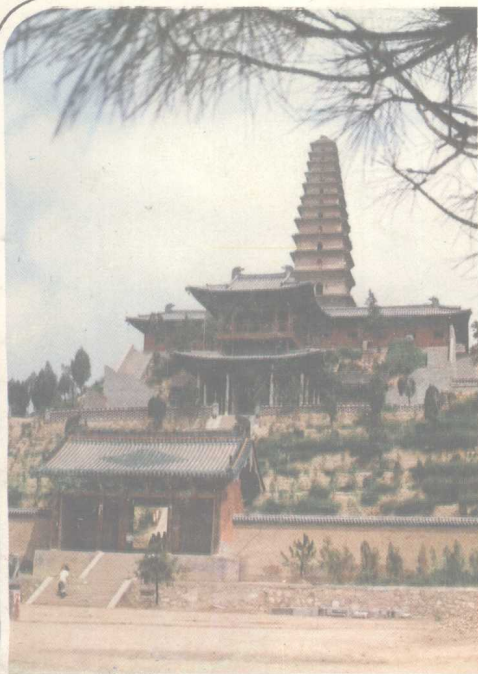


科学文化史丛书

世界奇塔 莺莺塔之谜

A MYSTERIOUS PAGODA IN THE WORLD



国家自然科学基金资助项目



丁士章 张荫榕 著
吴寿镗 全毅

西安交通大学出版社

75

5

世界奇塔 茑茑塔之迷

丁士章
吴寿镗

张荫榕
全毅

著

● 西安交通大学出版社

世界奇塔莺莺塔之谜

丁士章 张荫裕 著
吴寿铿 仝 毅

责任编辑 罗 兰

*

西安交通大学出版社出版

(西安市咸宁路28号)

陕西省印刷厂印装

陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

*

开本 787×960 1/32 印张2.5 字数：42千字

1989年9月第1版 1989年9月第1次印刷

印数：1—12000

ISBN 7-5605-0273-3/K·3 定价：(简精装) 2.00元
(平装) 1.65元

題「蛙界奇蹟」——塔之謎

李修仁

蛟：驚：塔。

巍：雲中插。

設計千古謎。

交與一鳴蛙。

丁君苦求索。

汗落騰紫霞。

解開眾人惑。

名聲傳天下。

《科学文化史丛书》总序

《科学文化史丛书》与读者见面了。

科学文化是一种重要的文化形态，它的产生和发展是人类文化史上最令人激动的精彩篇章之一。科学文化的发展虽然把人们的物质、精神生活提高到了历代所梦想不到的水平，以致于在今天的自然界和社会，到处打上了科学文化的印记。但是，关于它的起源和发展的历史却一直未受到应有的重视。

《科学文化史丛书》的使命，即在于弘扬和光大我国以及世界的科学文化。她以黄河流域科学文化的产生和发展为开端，逐步向我国其他地区、向亚洲、向全世界扩展，通过她将向读者展现人类认识自然、改造自然的曲折道路，记录我们民族在发展科学文化方面所表现出的聪明才智，砥砺处于世纪之交的一代中国人，以科学的精神、民主的精神和开放的精神，走向21世纪。

《科学文化史丛书》把科学技术视为

一种特殊的文化形式，并把它放到人类文化发展的大背景中作整体的和动态的考察；把科学技术史研究同文化史、社会史、宗教史、考古学、哲学史和思想史等方面的研究结合起来，阐明科学技术与社会的广泛联系。这套丛书，要求选题新颖，重点突出，既反映科研成果，注重科学性，又不搞繁琐考证。坚持学术性与可读性相结合，深入浅出，内容生动，观点明确，雅俗共赏。

这套丛书是由陕西省科学技术史学会与陕西科学技术出版社、西北大学出版社、西安交通大学出版社、陕西师范大学出版社、西北工业大学出版社（以上顺序按社号先后排列）联合编辑出版的。这种由学会与多家出版社联合出丛书的方式，还只是我们学术出版事业进行改革与开放的一种尝试。我们对这种联合寄予热切的期望，并企求在一个不太长的时期内，将这套丛书献给广大读者。衷心希望一切关心、爱好和从事科学文化事业的朋友们和同志们，与我们一道完成这一光荣的使命。

《科学文化史丛书》编委会

1988. 3. 1

前 言

在我国古代的农业、手工业、铸造业、运输业、建筑业的长期发展过程中，表现在能源利用、机械、雕塑、乐器、建筑物以及日常生活的用具等方面的技术成就，是极其辉煌的，也是举世公认的。这是我国历代人民的智慧结晶，科学创造和文化遗产。它们有的埋藏在地下，有的保存在地面上；有的记载在文献中，有的蕴藏在实物里，这些都已成为考古工作者和科学史研究工作者进行发掘和调查研究的对象。建国以来在这方面所取得的成就也是极其辉煌的，举世公认的。

科学是技术的基础。技术也必然蕴藏着科学。在近代科学兴起之前，科学以综合的形式随着技术的发展而发展。在这个过程中，科学原理被应用着同时又得到发展，从而促进技术的进步。在我国古代文化的发展过程中，科学和技术的紧密联系，是我国古代科学技术史

的一个最鲜明的特点。科学除了文献记载以外，大量的的是蕴藏在文化遗留物的造型和结构之中。具体到认识物理世界方面，无论是力学、声学或光学的原理，都可以通过能源利用、机械、雕塑、乐器、建筑物以及日常生活的用具表现出来。可惜的是这些技术成就中所蕴涵的物理原理，往往不为人们所注意，更很少有人去进行深入的探索，特别是用物理方法去进行探索。

山西省永济县的古建筑，普救寺内的莺莺塔，它的奇异的回音效应，早与北京天坛回音壁、河南省宝轮寺塔以及四川省潼南县大佛寺内的“石琴”相媲美，称为我国现存的四大回音建筑。但长期以来，也从来没有人对这一古塔之谜去进行物理学的探索，以期能科学地揭示它的谜底。

30年代以来，特别是近40年以来，中国古代物理学史的研究，成绩卓著，早已蜚声海内外。主要表现在文献资料的搜集、整理和科学阐释以揭示其物理意义。从《墨经》到19世纪中期郑复光的《镜镜冷痴》，都发掘出大量的我国古代人民在物理世界的认识上所留下的宝贵财富。数以百计的研究中国古代物理学史的论文和一些重要专著，得以发表和传播，便是这方面的科学研究成果，是有目共睹的。这方面的探索和研究工作自然还要吸引更多的人来参加，还要更广泛而深

入地开展下去，以继续取得更多的成果。然而中国古代物理学史的研究也还有文献以外的广阔园地，有待人们去开垦和耕耘，以开拓新的探索领域。这就是要从各方面的文化遗留物中去进行实地调查，从技术成就上揭示它所包含的物理原理，从而比较具体地了解到在一定的历史背景下，我国人民在相应时代所达到对物理世界的认识水平。令人高兴的是，近几年来，越来越多的物理学史的研究工作者已经注意到这点，有的已经开始这方面的探索，而且取得了可喜的成果。

山西大学丁士章副教授、张荫榕副教授、西安交通大学吴寿镠教授、永济县委全毅同志以及他们的合作者，从1986年开始就对莺莺塔的回音效应进行了实地的科学考察，经过对取得的足够数量的数据分析，弄清了它的声学机理。他们所得的结论，正如本书最后所表述的：“普救寺莺莺塔产生蛙声回音的原因是，一个相当窄的击石声脉冲，入射到各层塔檐表面，分别反射出原脉冲不完全相同的一系列脉冲，这些回波脉冲集中在100毫秒左右的时间内到达人耳，形成了与蛙鸣极为相似的感觉。”这一结论是可信的。很显然，这座世界奇塔的回音效应的谜底，原来就在各层塔檐的复杂结构上。而塔檐的复杂结构正是我国古代建筑技术蕴涵着声学原理的具体表现。他们用测量所得的数据令人信服地证明了这一点。这

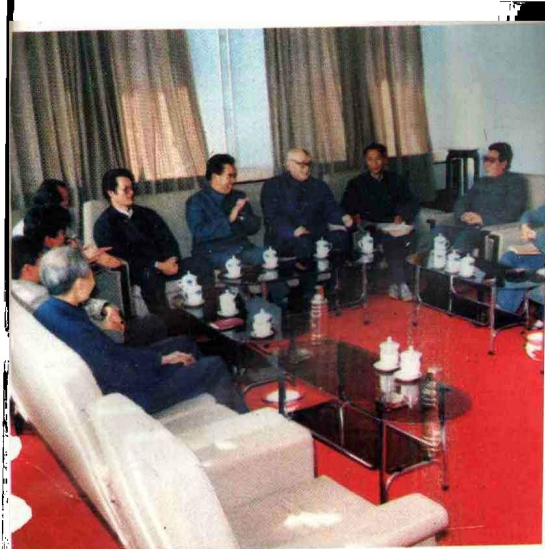
是极其有意义的。他们之所以能获得这样的结果，正是他们不仅对这座奇塔作了必要的历史考证，而且还作了现场实验，并用现代的声学实验仪器进行了各种方位的测量，取得大量的数据。莺莺塔千百年来屹立于大地之上，蛙声现象早已流传于民间，记载于郡邑志乘，但这个回音效应的谜底直到现在才被揭开，这显然是物理学的实验和数学相结合的方法产生的结果。由此也可证明，这种方法应用于中国古代物理学史的研究也是有效的。这就为我们对中国古代物理学史的研究，另辟了一条别有天地的途径，其意义就更为深远了。在960万平方公里的中华大地上，类似莺莺塔这样蕴藏着物理知识内涵的文化遗产，无论是地上的还是地下的，恐怕还有很多。如果由此引起更多的物理学史的研究工作者去发掘、去调查研究，可以预料，还会出现更多的令人兴奋的成果。

他们的科学研究报告已经在1988年《自然科学史研究》第7卷第2期上发表，得到各方面人士的好评。现在以丁士章、吴寿镛、张荫榕、仝毅四人署名，写成这本专著，收入《科学文化史丛书》，由西安交通大学出版社出版，这也是一件可喜的事情。它将会使更多的人了解这一古塔之谜，了解我国古代物理学应用于建筑技术上的成就以及用现代物理学的方法去研究古代物理学

史的意义。我读了他们的论文和这本专著，受到很大启发。中国古代物理学史的研究有了更大的希望，并呈现出光辉灿烂的前途，我怀着愉快而兴奋的心情，写下我的一点体会，是为序。

汪世清

1988.11.25



- ① ↑ 学术、出版界人士与永济县领导一起讨论本书书稿
- ② 测定南塔檐数据



封底说明

- ① 奇塔的谜底隐藏在塔檐中
- ② 十三层塔檐形成巧妙的配合

目 录

引 言	(1)
一、莺莺塔的历史	(7)
1. 普救寺与《西厢记》	(7)
2. 普救寺的历史沿革	(9)
3. 莺莺塔的历史和重建	(15)
二、莺莺塔的现状和结构	(22)
三、莺莺塔“蟾声”的历史记载和 传说	(28)
1. “普救蟾声”的由来	(28)
2. “普救蟾声”的传说	(31)
四、莺莺塔的奇特声学效应	(35)
五、奇从何处来	(46)
六、现代仪器的确证	(62)
参考文献	(69)
后记	(71)

引 言

这本书里研究的，是世界奇塔之一，座落在我国山西省永济县境的，古典文学名著《西厢记》故事的发生地普救寺内的舍利塔——群众通称为莺莺塔。

无论国内外，塔可谓多矣！仅以山西一省而论，塔就有240多座。当我们外出旅行，到处可以见到巍然耸立的塔影。有名的也不少，如杭州的六和塔，西安的大、小雁塔，应县的木塔，北京的白塔……等。它们或雄伟壮丽，或古朴秀雅，或结构精巧，或端庄凝重，有的是宗教圣地，有的是旅游名胜。一般说，它们都是前人留下的宝贵文化遗产，在科学技术，历史文化，建筑艺术等方面至今仍有重要研究价值。

但是，有少数几个塔还具有更大的特色，它们以特殊的结构或效应，使世人为之惊叹称绝。某些学者就把其中特别突出的6座塔并称为世界奇塔。其中

有：

缅甸掸邦的摇头塔。它屹立于一块完整的巨石上，如果有人按压那块巨石，高达187米的塔身就会摇摆起来，但又不会倒塌。

匈牙利索尔诺克的音乐塔。当风吹向塔身，塔中就会发出悦耳的乐声。

摩洛哥马拉克斯的香塔。它不断向外界发出阵阵香气。

法国巴黎的钟塔。它挂着近百个大小不等的时钟。

意大利的比萨斜塔。它的塔身严重倾斜，但至今不倒。

在中国的奇塔，就是我们现在研究的莺莺塔。

莺莺塔的“奇”在于具有独特的“蛙声”回音效应。回声到处都有，但在莺莺塔前击石，就能听到“咯哇！”这样类似巨蛙的鸣叫，实属罕见。在特殊条件下，莺莺塔竟然成了“收音机”、

“扩大器”、“窃听器”……。除了称之为奇塔，实在也很难找到其它适当的词汇了。由于这种回音效应，莺莺塔还与北京天坛回音壁、河南宝轮寺塔、四川潼南县大佛寺的“石琴”并称为我国现存的四大回音建筑。

莺莺塔的蛙声已被人们发现了几百年，可是为什么会产生这种奇异的效应？其中的奥秘何在？一直还是个谜。从1986年开始，作者结合对

普救寺的全面修复，在有关部门和许多同志的帮助下，首次对这座世界奇塔的声学机理进行了比较全面系统的科学考察。现在我们可以说，莺莺塔之谜已经被揭开了！

1989年1月2日，新华社就这一研究工作发出了如下电讯：

新华社太原1月2日电（记者池茂花、惠金义）山西永济县普救寺内莺莺塔有9种奇妙的声学效应，在塔内和周围不同位置可以听到塔内传出的蛙声、锣鼓声、狐狸叫声等声音。这些声学奥妙已由我国科学家揭开。

这一科研工作由山西大学物理系副教授丁士章主持，参加的有山西大学物理系副教授周本青、张荫榕，黑龙江大学物理系教授俞文光，中国科学院声学研究室主任、副研究员徐俊华，西安交通大学物理系教授吴寿镠等人。

国家自然科学基金委员会数学物理学部评价这项研究对发掘我国科学文化遗产，开展科学史的研究有重要意义。

莺莺塔，原名舍利塔，最早建于唐朝武则天时期，塔为方形，中空，高七层。后因元代王实甫在《西厢记》里描写的张生与莺莺的爱情故事发生在这里，人们称它为莺莺塔。原塔毁于明嘉靖34年（公元1556年）运城大地震，8年后又按原来的结构特点修复，但高度增至13层，高50

米。

莺莺塔有蛙声，初时人们认为是山谷回声，文字记载最早出现在清代乾隆年间的《蒲州府志》。从1986年起，丁士章等人先后8次来到这里对这种现象进行考查，发现莺莺塔不仅有蛙声，还有其他声学效应。这些声学效应主要有：人们在离塔10米或20米处击石、拍手，可以听到由砖塔传来的蛙鸣声；当2.5公里外的蒲州镇戏台演戏时，人们在塔底台阶上能听到塔里有锣鼓声；人们在塔旁小声说话，距塔40米处能清晰地听见；人在塔的九层上讲话，下面听声音像是从一层传来，在五层说话则好像一层和九层都有人说话。

他们对部分声学效应进行了录音测试，并做了频谱分析，发现莺莺塔产生声学效应的原因复杂，概略地说主要有三个方面：一、特殊的地形地貌。莺莺塔所处的地势较高，而四周平缓又无障碍物，可以接受大范围内传来的声波。二、特殊的建筑构造。每一层塔檐挑出成内凹弧形，能把声音反射汇聚，“蛙声”就是13个塔檐反射的结果。塔内一层下面有个收缩的口子，能把塔内发出的声音来回反射，形成共振源。三、特殊的建筑材料，塔身和塔檐全部用青砖叠砌而成，表面光滑，对声波有反射和谐振作用。

下面，我们就来介绍到目前為止的有关历史考证和主要研究成果。