

# 北京天坛声学现象研究的突破性进展

——揭开著名回音现象的形成机理发现奇妙的“对话石”现象

岳忠厚

(国家自然科学基金委员会)

在五千年悠久历史文化的中华大地上,我们祖先给我们留下许多珍贵的文物古迹,这是中华民族智慧的结晶。在这丰硕的宝库中,北京的天坛、山西的莺莺塔、河南的蛤蟆塔和四川的石琴,四大古回音建筑就是其中光彩夺目的几颗明珠。她们不仅具有精美的造型,而且蕴藏着极丰富的科学内涵。挖掘这些古回音建筑的科学内涵,对弘扬中华民族的优秀文化,科学地进行我国文物古迹保护,了解当时我国科技发展状况,都是一项极有意义的工作。

天坛是祈谷坛和圆丘坛的总称,为我国明清两代皇帝祭天、祈谷的场所,建于明永乐十八年(公元1420年),占地273公顷,是世界上最大的祭天建筑群。其设计之精,建筑之巧,风格之奇,回音之妙在世界古建筑史上亦属罕见。她充分体现了我们的祖先——十五世纪的建筑设计和能工巧匠的杰出智慧及无与伦比的高超技艺。它不仅以其精湛的建筑艺术、深刻的文化内涵、宏伟独特的建筑风格成为东方古老文明的象征和人类建筑艺术的瑰宝;而且还以回音壁、三音石、圆丘等奇妙的声学现象而闻名海内外,被列为我国四大回音建筑之首。天坛的形象已成为我国首都北京的象征而面向全世界。

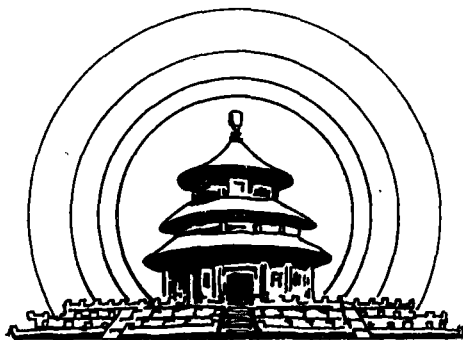
黑龙江大学俞文光教授主持的古建筑声学问题研究课题组,在国家自然科学基金的连续

资助下和黑龙江省教委的支持下,经课题组全体成员的共同努力,在天坛声学现象的研究方面取得突破性的进展,获得了可喜的成绩。他们利用现代先进测试分析仪器,运用物理学、声学原理,揭开了名列我国四大古回音建筑之首的天坛回音壁、三音石、圆丘和一音石、二音石等几个著名声学现象的形成机理,同时又在皇穹宇内发现了一个与回音壁和东、西配殿相关的奇妙的声学现象——皇穹宇“对话石”声学现象。有关专家认为,这是对天坛古建筑声学现象的

重要发现,有较大的现实意义和历史意义。这一声学现象的发现已引起国家文物局和天坛公园管理处有关领导和专家的重视。由于“对话石”声学现象效果明显,将为天坛增添一个新声学景观。“对话石”与回

音壁、三音石一样会给天坛增加许多情趣。

天坛的奇妙声学现象,早已引起有关专家学者的极大兴趣和关注。中国科学院院士汤定元先生于1953年率先对天坛的声学现象进行了研究,对回音壁、三音石、圆丘等三个声学现象的形成机理,提出了很有见地的科学猜想,为天坛声学现象研究奠定了基础。鉴于当时研究条件的限制,这些猜想无法得到验证。俞文光教授和他领导的课题组,历时两年,先后八次对天坛著名声学现象进行了全面的声学测试。通过对数百张时域波形图的综合分析和计算,证实



据联合国最近发布的一项报告称:目前全球只有 20% 的城市居民呼吸空气达到可接受的标准,约有 18 亿城市居民呼吸着含有过高的  $\text{SO}_2$  烟尘的空气,空气中含  $\text{SO}_2$  最高的十大城市中国占了 3 个,它们是北京、沈阳和西安.世界卫生组织认为,人类癌症发病率逐年增高,其中 85% 与各种污染有关.最近我国首次披露的与恐龙同时代的国宝中华鲟,由于长江水质污染,捕捞到 8 尾患有肝癌,占受检总数的 7.7%.当今,环境保护已成为全世界最为关注和最迫切需要解决的大问题.酸雨、垃圾、臭

## 核辐照与环保

喻传赞

(云南大学物理系)



水已包围了各大城市,治理是当务之急.而废气、废水、废渣的治理离不开核辐照.

空气污染的主要来源是锅炉排放的废气—— $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}$  和  $\text{NO}_2$ , 它们与空气中的水蒸汽 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 作用后形成酸雨,污染环境,危害农作物和森林,腐蚀金属管道和文物,使鱼类死亡,对人的健康危害也很大.核辐照法可用强度不大的辐射源置于烟囱中上部,或用加速器电子束,可同时将  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}$  和  $\text{NO}_2$  除去.由于空气中含有氧气和水蒸汽,辐照时它们可生成  $\text{O}$ 、 $\text{OH}$ 、 $\text{HO}_2$  等氧化能力很强的活性粒子,它们与  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}$

了汤先生回音壁传声机理的猜想,即声音是通过圆形围墙连续多次反射从一端传到另一端的;完善了汤先生关于三音石的三个回声机理的设想,即第一个回声不是圆形围墙对声音的反射会聚形成的,而是皇穹宇大殿甬道两侧相互对称的东西配殿墙面反射形成的,第二、第三个回声才是圆形围墙对声音的一次、二次反射会聚而形成的;发现圆丘坛天心石击掌声波回声不是一个,而是三个,并揭开了三个回声的形成机理.首次揭开了一音石、二音石的回声形成机理,科学地解释了一音石、二音石的回声现象,发现了奇趣盎然的皇穹宇“对话石”声学现象,并揭示了其形成的声学机理.若有一人站在皇穹宇殿前甬道十八块石板上说话,则站在离此 30 余米远的东配殿的东北角(或西配殿的西北角)的人,虽然受配殿阻隔看不到对方,却可以清晰地听到对方的说话声,反之亦然,双方可以互相通话,就像打电话一样,十分有趣,即使在游人较多,背景噪声较大的情况下,双向通话也不受影响.如果不在皇穹宇内,在所述相同的距离和声强等条件下,双方却难听到对方的说话声.这种双向

通话的现象就是“对话石”声学现象,甬道第十八块石板也因此得名“对话石”.

古建筑声学是一个新研究领域,它运用现代物理学方法和先进的测试仪器,对古回音建筑进行研究,揭示其回声机理,给出科学解释,无疑可为“科学保护,合理利用”我国古回音建筑提供科学的依据.该项成果对发掘我国珍贵古科学的内涵,弘扬中华民族的优秀文化,保护我国特有古文物具有重要的现实意义和历史意义.同时对于开发天坛这一旅游资源,促进旅游事业的发展将起到积极作用.尽管国家有关部门对文物保护非常重视,但在文物古迹整修和保护时,在个别地方和单位仍然还存在着只注重保护其造型,而忽视对文物古迹科学内涵进行保护、研究的现象,无意中造成对文物古迹科学内涵的保护性破坏.因此,在文物古迹进行整修时,进行科学论证就显得尤为重要.古建筑声学研究工作已引起国家文物局有关领导的重视和关注,期望这项具有开拓创新性的基础性研究成果能够很快在文物古迹保护方面获得应用.