

张衡地动仪的奥秘

胡生 著

古人的一根柱子
难倒了当今学者



张衡地动仪的奥秘

胡宁生 著



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

张衡地动仪的奥秘 / 胡宁生著. — 南京: 南京大学出版社, 2014. 8

ISBN 978-7-305-13593-4

I. ①张… II. ①胡… III. ①地震仪—介绍—中国—东汉时代 IV. ①TH762.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 157992 号



出版发行 南京出版
社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093
出 版 人 金鑫荣

书 名 张衡地动仪的奥秘
著 者 胡宁生
责任编辑 陈 超 吴 汀 编辑热线 025-83686531

照 排 南京南琳图文制作有限公司
印 刷 盐城市华光印刷厂
开 本 787×960 1/16 印张 6.75 字数 99 千
版 次 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-305-13593-4
定 价 20.00 元

网址: <http://www.njupco.com>

官方微博: <http://weibo.com/njupco>

官方微信号: njupress

销售咨询热线: (025) 83594756

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购
图书销售部门联系调换

自序

张衡地动仪在沉寂了 1700 年后,从 1875 年起却受到了国际地震学界的重视。但一百多年来,国内外学者依据张衡所采用的立柱来验震时,却无一例外地遭到了失败。因此他们提出张衡地动仪只有采用悬柱摆才可能成功。

更有甚者,网上有人以张衡地动仪未能验震成功一事来全盘否定该地动仪,甚至说什么历史上根本没有过张衡地动仪这一事实。国内也出现过一种声音,要求在教材中修改张衡地动仪(关于张衡地动仪的更多资料及图片,读者可到网上找到)。

可是最近笔者(有幸可算是张衡的同行)却发现,张衡地动仪中采用立柱来验震是完全正确和可行的。同时也找到了后人之所以不能成功的一些原因,例如:一些人犯了一个对立柱粗细的致命的概念性错误以及他们都未能认识到要让立柱能验震,先需对它进行重心平衡才行。

本书尽可能地以严谨的力学知识来证明上述观点。但仍有人说,笔者的巧言是如此之好,以致读者真的会相信他。鉴此,读者不妨用最怀疑的眼光去读这本书。事后更可斟酌是否应该同意笔者的“妖言”以及笔者是否已真的解开了这个长达 1800 年的张衡地动仪之谜。

用出书来阐明一个观点也不失是一种全民公评的形式吧。

本书并无高深力学,数学也只用到分数,相信凡是上过初中的读者就能读懂本书,而完全了解张衡多么巧妙地解决了立柱验震问题。

胡宁生

2013 年 5 月 6 日

(13809031359@163.com)

后 记

2013 年 11 月 16 日在中国科学院自然科学史研究所和中国科学院国家天文台南京天文光学技术研究所在南京召开的对张衡地动仪的复原学术研讨会上,与会各方专家一致认为本书提出的立柱验震原理是正确的,并且在会上演示的实验是成功的。扬子晚报对此事做了整版报导,之后国内约 20 家报刊、网站也做了消息转载。

目 录

第一章	张衡地动仪的历史·····	1
第二章	米尔恩对地动仪的叙述·····	9
第三章	张衡地动仪研究在我国的近况·····	19
第四章	难关之一:立柱验震的力学分析·····	25
第五章	难关之二:立柱在验震中会各向乱倒的原因·····	35
第六章	难关之三:张衡地动仪的技术实现·····	43
第七章	立柱验震的实验·····	53
第八章	地动仪内使龙首吐丸的机构·····	73
第九章	张衡地动仪的外形·····	81
第十章	张衡地动仪的未来·····	85
第十一章	地动仪验震的其他方法·····	91
参考文献	·····	99

第一章

张衡地动仪的历史



《后汉书·张衡传》的196字论述译成白话文如下：

东汉阳嘉元年(公元132年),张衡又造出候风地动仪。仪器由精铜铸成,直径八尺(汉尺等于0.2368米,故8尺约为1.9米)。上有隆起的合盖,外形如酒樽(出土的汉代酒樽为直圆柱形,上有弧形顶盖)。仪外装饰有篆文山龟鸟兽花纹。仪中有一根大柱,柱旁有八条通道,再外有机关和随动机件。如外来地动,樽则振,龙机发,吐丸。丸落下后被等候在下的蟾蜍衔住,同时发出响亮声响,仪旁的值班者从而得知。虽然一龙发机吐丸,但是其余七个龙头都保持不动。根据落丸的方向,就可知道地震发生的方向。以上诸事经过检验,十分灵验。查之前的书典都还没有过关于地动仪的记载。曾有一次一条龙发机吐丸而人并不觉有地动。京师(地动仪在当时的京师洛阳)的学者都怪此仪不灵。但几天后驿站来报,陇西果然发生过地震,于是所有人都佩服此仪之妙。自此以后,当局就令史官对地动发自何方进行记录。

《后汉书·张衡传》的原文如下：

阳嘉元年,复造候风地动仪。以精铜铸成,员径八尺,合盖隆起,形似酒尊,饰以篆文山龟鸟兽之形,中有都柱,傍形八道,施关发机。外有八龙,首衔铜丸,下有蟾蜍,张口承之。其牙机



巧制，皆隐在尊中，覆盖周密无际。如有地动，尊则振龙，机发吐丸，而蟾蜍衔之。振声激扬，伺者因此觉知。虽一龙发机，而七首不动，寻其方面，乃知震至所在。验之以事，合契若神。自书典所记，未之有也。尝一龙发机而地不觉动，京师学者咸怪其无征。后数日驿至，果地震陇西，于是皆服其妙。自此以后，乃令史官记地动所从方起。

《后汉书》是中国的正史，凡是研究历史的学者一般认为正史的记载应该可靠。

根据史料记载，范晔的《后汉书》是在东西晋司马彪于公元306年所著的《续汉书》和东晋袁宏于376年所著的《后汉记》等文献基础上于445年成书的。《后汉书·张衡传》中有三处引起了后人的困惑。第一处是“中有都柱”，这个都柱是什么？据说历史文献中“都柱”只出现过两次，一次是在张衡地动仪中，另一处是说到汉墓中有根都柱（独柱或大柱，“都”也有四方都来之意）。总之，都柱是一根重要的大柱无疑。但自从有人怀疑张衡地动仪中不应有立柱后，就有将都柱说成是吊柱或悬柱的说法。但这显然不符合中国文字对都柱的理解。就是那些将都柱说成是悬柱的人，自己也觉得底气不足，难以理直气壮地一口咬定都柱就是悬柱。只好说，经他们的实验，发现立柱不能验震，所以他们也不能解开地动仪中这个都柱之谜。程军等人于2010年将“都柱”解释为“傍行八道”之汇集处（取八方都来之意）^[1]似乎



更讲得通些。

另据网上百度的说法是汉时有一种从西方传入的杂技叫“都户”，在张衡的《西京赋》里描写西京热闹的景色时就有“都户寻橦”，说的就是这种杂技。“寻”是攀援，“橦”是柱子，演员在柱子上攀援表演精彩动作。演员使用的柱子就叫“都柱”。本书笔者猜测：“都”字是源于外来语“都户”的音译，所以“都户”的柱子自然就是“都柱”了。

《张衡传》中难以理解的第二处是“候风”这两个字。我国现代气象学奠基人竺可桢认为“候风”二字是指一种测风仪器——相风鸟，因此他把顿号加在“候风、地动仪”之中。也有一种说法是地动仪的结构与相风鸟的有相似之处，故取名为候风地动仪。但据《三辅黄图》引《汉书》说，在一根 5 丈（约合 16 米）的高杆上，放着一个衔着花的铜鸟（凤凰），鸟高 5 尺，外表饰金，雄踞圆阙，下有能转动的枢轴。风吹时，铜凤凰会向风转过头来，迎着风展开翅膀，像要飞翔的样子，鸟头的方向就是风的方向，这无疑是一个风向器了（我国的相风鸟比欧洲 12 世纪才发明的候风鸡早了 1000 年）。

至此，从以上的描述可见相风鸟与地动仪是两种完全不同的东西，所以说历史记载上误把二者写在一起的可能性几乎是零。

另一种说法是风与地震有密切关系。以下引用自然科学史



研究所孙小淳副所长在接受记者采访时的一段话“古人认为,地震是因为阴阳两气相搏而生。我们现在的科学认为是地壳板块和板块之间相互挤压而产生地震。古人的解释现在看来自然不那么科学。但这就能说明古人造不出地动仪吗?古人以为既然有气的变化,那么就会产生风,所以叫候风。张衡的装置就是来测定气的变化的,气的变化就是风。那么哪个方向有地震,哪个方向就有风来,就可以测到。当然这个风还是跟震动有关的。“阴阳气”是古人用一种物理概念而不是神秘的概念来解释地震,应该可以说是当时的科学”。

李约瑟也写道^[2]:但是这种“气”的理论无论在欧洲或中国都占有重要地位,这是十分明显的。在张衡诞生前十年,塞尼卡曾经写道:地震的主要原因是气……当气无路可走时,它就“以雷霆万钧之势,绕着障碍而狂鸣”。

张衡可能也是相信气和风的,但在设计地动仪时,他是知道正是“地动”这一因素,才能倾倒都柱。如要靠风来推动都柱,地动仪就不应该有类似酒樽的外形了,因为樽壁显然会把风挡住。

有趣的是一位在马来西亚和新西兰教书的波兰人帕杰克(J. Pajak)坚信,张衡地动仪是靠气(西方人理解为远距离心灵感应)发动的。地震的来气经樽体会聚后,能使地动仪内的某种水力机构发动而使龙首吐丸。帕杰克研究张衡地动仪已有二十多年并收采了大量资料。



但是现代科学并未发现有气(或风)会伴随地震而生。

赵冠峰认为“候风”是指监守测风仪的专司人员,其根据是历史文献中有“灵台待诏四十人中,有十四人候星,二人候日,三人候风……”^[3]的记载,这个说法较有说服力。但对史料记载常会有各种不同解释,例如有利用古文或成语中的“闻风而动”“风动万方”和“四方风动”,可将风理解成一种信息或征兆。又有把候字依古文作箭靶布之说,就可以把“候风地动仪”解释为“验地震靶的地动仪”或“等候地震征兆的地动仪”。

第三处是“复造候风地动仪”中的“复”字。王鹏飞认为:张衡在他首任太史令期间,可能已设计制造过地动仪,只是造而未成,所以并不记载^[4],这样才有之后的复造之说。另一种说法是“复”作“又”解,因张衡之前已造过几种仪器,之后张衡就“又”造了地动仪。

第二章

米尔恩对地动仪的叙述



张衡地动仪在东汉以后并不曾受到过太多注意,以致历史记录中有关张衡地动仪的文字不多,有记录的也不太重要且几乎全部都是质疑,本书就略而不说了。

直到 1875 年在美国留过学的日本地震学者服部一三在看到《后汉书》的日文版本后,根据《张衡传》的 196 字的论述首先绘制出了地动仪的外形复原图并很可能是他将张衡传译成为英文之后,在日本工作的英国人米尔恩在他 1886(另一种可信度较低的说法是 1883)年的书《地震与地球的其他运动》^[5]中首先向世人介绍了张衡地动仪并对立柱验震做了精辟的描述。因此我们用较大篇幅来写米尔恩与地动仪的情况。

有些在网上看过张衡地动仪一些文章的读者,会发现以前流行的对米尔恩著作内容的介绍会与本书作者的介绍很不相同。

中国科技史权威、英国人(很遗憾,不是中国人)李约瑟推荐^[6],对张衡地动仪的评述应该参阅英国人米尔恩(有近代地震学之父的称号)1886 年出版的书^[5]。由于立柱验震是张衡地动仪的关键,所以我们将米尔恩书中对立柱验震一节的全文译出如下:(为使读者能充分理解原文,译者做了一些注解)

立柱是一种能对地震验震的最普遍并曾广泛应用过的东