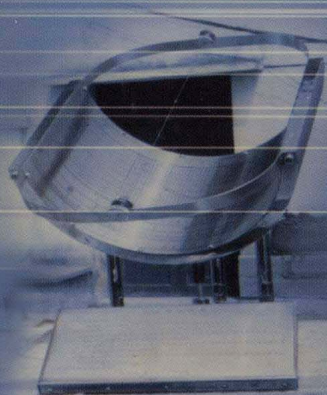




日晷设计原理

吴振华 著



上海交通大学出版社

日 暑 设 计 原 理

吴振华 著

上海交通大学出版社

内 容 简 介

日晷是最古老的、以日影测时的计时仪器,如今它已成为人类文明的象征。本书在阐述日晷的由来及其建造意义的基础上,侧重对其设计的核心问题——晷面线图设计展开研讨。根据地球运动规律,运用画法几何和解析几何的有关知识,对各种类型日晷的晷面线图进行较为全面的分析研究,给出了它们的设计计算公式和线图绘制方法,并指出它们各自的特色和安装要点,最后还简述了日晷总体设计要点。

主要内容包括:日晷概述、有关天文知识、画法几何有关知识、各种日晷晷面线图设计及日晷总体设计概要等。

本书可供日晷设计者和天文爱好者阅读,亦可供大专院校师生及计时仪器史研究者参考。

图书在版编目(CIP)数据

日晷设计原理/吴振华著. —上海:上海交通大学出版社, 2001

ISBN 7-313-02673-0

I. 日… II. 吴… III. 日晷—设计
IV. TH714.102

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 19718 号

日晷设计原理

吴振华 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市印刷二厂印刷 全国新华书店经销

开本:890mm×1240mm 1/32 印张:4.75 字数:133 千字

2001 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月第 1 次印刷

印数:1~500

ISBN 7-313-02673-0/TH·092 定价:20.00 元

序

江晓原

南宋人曾敏行，字达臣，曾号独醒道人，因病不仕，以布衣治学。传世有学术随笔集——当然这是现代的说法——《独醒杂志》，其卷二记载当时学者曾南仲设计日晷事：

南仲尝谓古人揆景之法，载之经传杂说者不一，然止皆较景之短长，实与刻漏未尝相应也。其在豫章为晷景图，以木为规，四分其广而杀其一，状如缺月。书辰刻于其旁，为基以荐之，缺上而圆下，南高而北低。当规之中，植鍼以为表，表之两端，一指北极，一指南极。春分以后，视北极之表；秋分以后，视南极之表，所得晷景与刻漏相应。自负此图，以为得古人所未至。

曾敏行按照其设计制作了实物，使用后感叹其设计之精妙：

予尝以其制为之，其最异者，二分之日，南北之表皆无景，独其侧有景。以其侧应赤道，春分以后，日入赤道内；秋分以后，日出赤道外，二分日行赤道，故南北皆无景也。其制作穷蹟如此。

曾敏行卒于淳熙二年（公元 1175 年），故他所记之事，距今已八百余年。从他所记细节，可以明白无误地断定，曾南仲设计的是标准的赤道式日晷。

上面这段史料，在中国日晷发展史上具有特殊的重要地

位,因为它是关于中国赤道式日晷最早的确切记载。

至于通常所说的两具“秦汉日晷”,一具是原清朝宗室端方的收藏品(现藏中国历史博物馆),另一具1932年出土于河南洛阳金村(现藏加拿大安大略皇家博物馆),虽经中外学者反复研究讨论,对它们的用途和用法都仍未取得一致意见,但它们不是赤道式日晷这一点基本上可以肯定。

古代中国人很早就知道用“表”——即一根垂直竖立的杆来测定方向,也可以测定特定的时刻,比如正午等。《诗经·大雅·公刘》篇有“既景迺岗,相其阴阳”之句,说的就是立“表”以定方位,这是大约公元前15世纪时之事,距今已有约3500年。

从“表”到日晷,有一个逐渐过渡的过程。“表”如果配上地面适当的刻度划分,就可以成为一个地平式日晷。然而地平式日晷的刻度需要用到投影几何知识——这恰恰是中国古代所欠缺的。而赤道式日晷尽管安装比较复杂,但在刻度上则相对简单。故中国古代流行赤道式日晷,是很自然的。

日晷在古代用来测定时间,但因必须利用日影,故不能全天候使用。随着其他计时工具的出现和普及,日晷的实用价值逐渐减小,而装饰、摆设和把玩的用途逐渐占据主要地位。比如现在我们在北京故宫,以及某些道观、庙宇中所见的日晷,就是装饰性质的——当然有的也可以大致测定时间。

在世界许多古老文明中,研究“时间”这个主题,往往会和宇宙、天地、鬼神等等宏大的主题发生直接或间接的联系。上面谈到的两具疑为秦汉日晷的装置,其上都有一种特殊的纹样,也早就引起了中外学者这方面的猜测。在现代城市和建筑中,各式各样的日晷往往被用来点缀景观,烘托人文气氛。

这些日晷在设计原理、制造工艺等方面往往争奇斗艳,各极智巧。也许,这种远古的联系,仍在设计者的潜意识中起着作用?

所以日晷向来就是一种自然科学和人文学术相互渗透的特殊器物。

本校吴振华教授,饱学之士也。于本业之余,对日晷情有独钟,在日晷设计原理、制造工艺等方面皆有深湛研究。本校徐汇、闵行两校区中之日晷,皆出其手,使得校园景观增色不少。吴教授最近撰成的《日晷设计原理》一书即将出版。据我所知,这将是第一本中国学者撰写的日晷专著。遥想八百余年前曾设计赤道式日晷之曾南仲,若泉下有知,见此书必先有“吾道不孤”之喜,次有“后来居上”之叹也。爰为短序,用志其事。

2000年11月5日
于上海交通大学科学史系

前 言

作者并非天文工作者,只不过是一勉强的天文爱好者而已。所谓“勉强”,是因为对天文的爱好面过于狭窄,只限于对日影测时法特别偏爱而已,而日影测时法当属实用天文学范畴,如此才和“天文”两字沾上边的。故严格地说,作者还算不上是一名合格的天文爱好者。

日影测时古已有之。随着四季更迭和太阳的东升西落,山林屋舍等地面万物的日影作周期性的有规律的徐移。以此,古人便萌发出利用这种有节律移动着的日影来测定时间的念头,于是出现了立竿为表以竿影测时的最原始的计时工具。为了使测取时间达到量化的要求,进而出现了带有刻度盘的日影测时仪器,根据表竿(晷针)在刻度盘(晷面)上的日影位置可较为精确地读得细化了的某时某刻,这样的日影测时仪器便是日晷。

日晷是一切计时仪器的鼻祖,它在人类文明进化史中起过重要的作用,意义独特,地位显赫。时至今日,科技发达,各种先进的计时仪器已层出不穷,其功能和精密程度是古老的日晷所远远不能企及的。但日晷作为人类文明的象征却价值永存,如今国内外诸多地方还保存着或新建了各式各样的日晷,这正表明了人们崇尚文明称颂进步的良好愿望。此外,日晷以其丰富的知识内涵吸引着人们特别是青少年去思考去探求,对激发人们的科技意识、倡导精神文明大有裨益。

和世界各大文明古国一样,中国也是最早发明使用日晷测时的国家之一。在考古发掘中曾发现一石刻日晷,据考证这是西汉初年的遗物,距今已有近 2200 年了,它是中国迄今发现的最早的日晷。可以想见,早在西汉之前,日晷已被我们祖先所应用了,因而日晷也当之无愧地成了中华民族古老文明的象征。

和世界文化发达的国家相比,我国现存的日晷数量甚少,带有新意的新建的日晷则更少,对一个倡导精神文明的国度来说,这不能不说是

一种不足。究其原因估计有二:其一,因日晷现已失去了它的实用价值而早被人们所淡忘,如今知晓日晷其物的人为数不多,知其丰富知识内涵和建造意义的人则更少;其二,成功地设计制造一台款式新颖的日晷不是一件易事,需要运用许多有关理论知识和科学技术,而国内目前尚缺乏系统地介绍这方面内容的图书资料。为此,作者不揣冒昧,根据多年的探讨实践,将理论、心得、经验一并罗列,加以归纳整理遂成此书,望收抛砖引玉之效。书中力求较系统地介绍日晷类别、相关理论、设计原理、校调方法及安装要点等内容,为促成日晷在我国进一步推广应用、努力体现日晷的独特价值并发挥其应有的社会效益贡献绵薄之力。

本书的重点是给出各种类型的日晷晷面线图设计公式及其推导过程,运用这些公式可方便地绘制出各种类型日晷的晷面线图。公式是根据地球运动规律,运用画法几何和解析几何的有关原理推导出来的,而不用天球坐标和球面三角有关理论,俾使非天文专业人员亦可方便地了解其推导过程。如果画法几何和解析几何也不太熟悉的话,则可径自运用所给公式,掌握晷面线图设计方法即可,而毋需追究公式的出处。

本书可供日晷设计者和天文爱好者阅读,亦可供有关专业人员和高校师生参考。具有高中文化水平的读者阅读此书谅无多大困难,若具理工科大专以上文化水平则阅读更易。

作者非天文专业科班出身,天文知识功底浅薄,书中不当之处在所难免,恳请读者不吝指正。

本书是在上海交通大学校长谢绳武教授的直接关怀下完成的,对谢校长的热情鼓励和支持谨表谢忱。上海交通大学科学史与科学哲学系主任江晓原教授在百忙中为本书作序,在此一并致谢。

作 者 2001年3月

目 录

第一章 日晷概述	1
第一节 日晷的由来及其复制和再创新的意义	1
第二节 日晷的功能及其设计的核心问题	4
一、日晷的构成 二、日晷的分类 三、日晷的功能用途和应用前景 四、日晷设计的核心问题	
第二章 有关天文知识	8
第一节 地球及其运动	8
一、地球的经纬线及地理坐标 二、地球的自转 三、地球的公转	
第二节 时间	15
一、时间及其单位 二、太阳日的长短变化 三、视太阳时、平太阳时和标准时 四、子午线测定法	
第三节 节气	22
一、太阳的回归运动 二、二十四气 三、各节气太阳赤纬的计算	
第三章 画法几何有关知识	27
第一节 直角投影原理概述	27
一、投影体系的建立及点的投影 二、直线的投影 三、平面的投影 四、圆柱面和球面的投影	
第二节 线面相交问题	32
一、直线与特殊位置平面相交 二、直线与一般位置平面相交 三、直线与圆柱面相交 四、直线与球面相交	

第三节 投影变换	36
一、概述 二、换面法 三、旋转法	
第四章 各种日晷晷面线图设计	45
第一节 赤道式日晷	45
一、概述 二、晷面线图设计原理 三、赤道式日晷的特色及安装要点 四、赤道式日晷改进设计	
第二节 地平式日晷	54
一、概述 二、地平式日晷Ⅰ晷面线图设计原理 三、地平式日晷Ⅰ的特色及安装要点 四、地平式日晷Ⅱ晷面线图设计原理 五、地平式日晷Ⅱ的特色及安装要点	
第三节 子午式日晷	63
一、概述 二、晷面线图设计原理 三、晷面线图特性分析 四、子午式日晷的特色及安装要点	
第四节 卯酉式日晷	73
一、概述 二、卯酉式日晷Ⅰ晷面线图设计原理 三、卯酉式日晷Ⅰ的特色及安装要点 四、卯酉式日晷Ⅱ晷面线图设计原理 五、卯酉式日晷Ⅱ和卯酉式日晷Ⅰ原理的一致性 六、卯酉式日晷Ⅱ的特色及安装要点 七、卯酉式日晷的面北晷面	
第五节 斜面正置式日晷	85
一、概述 二、晷面线图设计原理 三、斜面正置式日晷中的特例 四、背面需设置晷面线图必要性的判别 五、斜面正置式日晷的特色及安装要点	
第六节 立面偏置式日晷	95
一、概述 二、晷面线图设计原理 三、立面偏置式日晷中的特例 四、立面偏置式日晷的应用 五、立面偏置式日晷的特色及安装要点	
第七节 圆柱面式日晷	103

一、概述	二、日晷的使用方法	三、经度差的免算法和时差值符号的约定	四、晷面线图设计原理	
五、日晷的安装校调	六、圆柱面式日晷的特色			
第八节	球面式日晷			115
一、概述	二、球面坐标系的建立	三、晷面线图设计原理	四、球面式日晷的特色和安装要点	
第九节	便携式日晷			120
一、概述	二、太阳的方位角和高度角	三、晷面线图设计原理	四、该便携式日晷的特色	
第五章	日晷总体设计概要			128
第一节	各种日晷综合性能比较			128
一、通用性比较	二、功能完备性比较	三、晷面线图绘制的难易性比较	四、制作工艺性比较	
第二节	日晷设计中的其他问题			132
一、晷针尺寸的确定	二、读数精度的保证	三、材料的选用	四、日晷总体结构和日晷台	
参考文献				138

第一章 日晷概述

第一节 日晷的由来及其复制和再创新的意义

人类的一切生产活动和社会活动都是在时间的长河中运行的。为了遵循客观规律以取得最佳工作效果,这些活动必须处于一种有序不紊的状态中,因而对时令、时间的把握就显得十分重要。寒来暑往、月缺月圆、日出日落等现象就是人类早期感知到的一种自然节律,于是产生了年月日的时间概念。而春播秋获,日出而作日落而息正是对这种时间周期性的把握和合乎规律的应用。随着社会的发展和生产的需要,人们已不满足于对时间的这种粗浅的认识和把握,而要求对它较为精细地量化,于是迫切需要一种可用来度量时间的器具。经长期观察发现,日出日落周而复始的这种太阳视运动具有相当稳定的周期性,于是就萌发出运用这种比较稳定的周期现象作为度量时间“尺码”的念头,从而出现了立竿为表用其日影位置较精细地读取时间的古老计时仪器——日晷。

这种人类最早使用的计时器出现于世界各文明古国的史籍中,这一事实足以表明,日晷有资格作为人类文明进步的象征而价值永存。社会发展到今天,文化发达、科技昌明,精密先进的计时器已层出不穷,故就其实用价值而言,古老的日晷在当今各文明社会的国度里确实早已完成了它的历史使命。但作为人类观测大自然的古老科学器具,日晷今天仍有其保存、复制和再创新的必要。

如今,世界上许多文化发达的国家已越来越珍视日晷作为文明象征的价值。除加强维护保养现存古老的日晷外,还纷纷将它们复制再现,样式也向多样化发展,随处可见到日晷的情影。如欧美、日本、新加坡等地常将日晷作为典雅的景观设置于教堂、庭院、广场、学校中。图

1-1 为新加坡公园中设置的环形赤道式日晷,图 4-16 和图 4-19 为



图 1-1 新加坡公园日晷

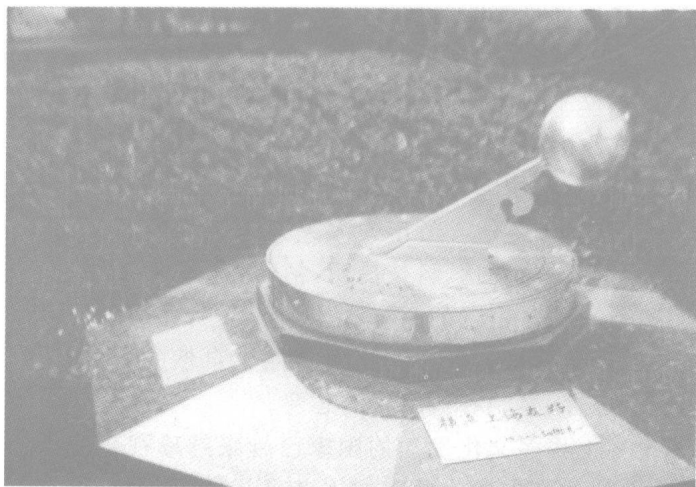


图 1-2 日本横滨市所赠日晷

伦敦威士明斯特教堂墙面上设置的日晷。一些主题公园如天文公园中,日晷家族更是不可或缺的重要成员,以便人们鉴赏品味,从一个侧面展现人类社会的进步和文明,也显示着今人对古代文明的尊重和崇敬。而个人拥有者还可借以表明主人的高雅情趣和具有较高的文化素养。此外,更有将日晷作为高尚礼品者,用以在国际交往中相互馈赠。如上海展览馆东天井中的一只地平式日晷就是上海的友好城市——日本横滨市赠送的,见图 1—2;无锡市少年宫中的一只半环形赤道式日晷就是该市的友好城市——日本明石市相赠的(参见图 4—37),借以表达馈赠者崇尚文明、增进友谊的良好愿望。

我们伟大的祖国历史悠久文化发达,也是世界上最早使用日晷测时的文明古国之一。迄今我国发现的最早的石刻日晷乃西汉初年的遗物,距今已有约 2200 年的历史了。在我国众多的古代科技成就中,以日影测时原理制作并应用的日晷可以说是一颗晶莹剔透的明珠。至今我国还保存着或已修复了一批古老的日晷遗物,如北京故宫太和殿前丹墀上矗立的一面大型赤道式日晷,常州天宁寺中已修复的颇具特色的子午式日晷(参见图 4—15)和晷针垂直于晷面的地平式日晷(参见图 4—10)等。这些古老的日晷的保存和修复是十分必要的,可借以弘扬民族文化、振奋民族精神,并可用来陶冶情操,提高文化素养。

部分国人由于历史知识的贫乏,总以为外国的东西都比中国的好,不大了解自己的祖国也曾有过光辉灿烂的过去,也曾创造过令世人瞩目称颂的辉煌业绩,只是近几百年来因封建制度的腐朽和列强殖民主义的入侵而落伍了。他们需要在诸如日晷等中国古代发明的科技成就面前补上这一课,这对促成其摒弃民族虚无主义、增强民族自信心是大有裨益的。对于青少年一代,日晷等实物更是一部可用以增强民族自豪感、加强爱国主义教育的生动教材,使其从小立志弘扬民族文化,赶超世界先进水平,实现中华民族的伟大复兴。此外,日晷作为一种科学仪器,具有丰富的文化内涵和科学知识,所以一座典雅凝重、端庄古朴的日晷不仅可借以增强文化氛围为环境增色,而且还可用来启迪睿智,激发科技兴趣,倡导精神文明。

社会的前进就在于在前人所取得的成果的基础上,不断地充实、改

进和创新。纵观计时仪器发展史,从圭表、日晷到铜壶、滴漏,到现代的机械钟、石英钟直至原子钟,无不贯穿着这样一条继承、发扬和创新的主线。如今人类社会的生活、生产、军事和科学研究对计时仪器的精确度要求大大提高了,这是古老日晷所远远达不到也是不可能满足其要求的。所以就实用价值而言,日晷理所当然地被淘汰而代之以后起之秀了,这是科技发展规律,也是历史之必然。但就日晷本身的设计原理和制作技巧而言,还是有其发展和创新的余地的。试图制作一种功能扩展并具时代特色的新型日晷,一直是日晷设计者和爱好者的追求目标。其目的决不是也不可能着意和现今的各种钟表相媲美,而是以日晷作为特定的科技文化载体,革新它,旨在树立一种对古代文明的继承并发扬的求实态度,激发和培养人们的创造意识和创新精神。况且一台构思奇巧富于新意的新型日晷,还能从一个侧面体现人们认识自然和把握自然规律的新水平,表征着一种事物的不断发展和进步。

所以说,对古老日晷的保存、复制和再创新是具有诸多积极的现实意义的。

第二节 日晷的功能及其设计的核心问题

一、日晷的构成

日晷总体由日晷台和日晷工作部分所组成。日晷台就是承托底座,日晷工作部分安装在它的上面。日晷台的外形、款式、色调等由建造者的情趣和投资力度而定,无一定格式,只要求它美观、稳固、耐用即可。而日晷工作部分则是发挥其读时功能之所在。它的外形式样对于一定类型的日晷来说,大体上是不变的,是定型的。我们习惯上所说的日晷就是指用以读时的日晷工作部分,本书所称日晷也是特指其工作部分。

不管哪种类型的日晷,其工作部分必然具有晷针和晷体。所谓晷针是一根具有一定长度的细直杆(或细丝),它按一定要求装置于晷体上。晷体则是日晷之本体,其上承接晷针日影的表面称为晷面,晷面上

制作有一定格式要求的线图文字,简称为晷面线图。在阳光照射下,晷针在晷面上留有日影,日晷就是根据晷针在晷面上日影的位置读取时间和节气的。

二、日晷的分类

日晷的品种繁多,形式各异,可谓五花八门,琳琅满目。尽管如此,根据晷面的形式及其所处位置,可将日晷分为如下几种类型。

1. 赤道式日晷

其晷面为平面,且平行于地球赤道平面(详见第四章第一节)。

2. 地平式日晷

其晷面为平面,且平行于安装地的水平面。根据晷针所指方向又分为以下两种。

(1) 地平式日晷Ⅰ,其晷针指向天北极(平行于地轴)。

(2) 地平式日晷Ⅱ,其晷针指向天顶(垂直于安装地水平面)(详见第四章第二节)。

3. 子午式日晷

其晷面为平面,且和安装地子午面(正南北平面)相一致。因上、下午分别使用朝东、朝西两个晷面,故又称面东西日晷(详见第四章第三节)。

4. 卯酉式日晷

其晷面为平面,且和安装地的卯酉圈平面(正东西平面)相一致。根据晷针安装方向又分为以下两种。

(1) 卯酉式日晷Ⅰ,其晷针平行于地轴。

(2) 卯酉式日晷Ⅱ,其晷针垂直于晷面(详见第四章第四节)。

5. 斜面正置式日晷

其晷面为平面,晷针垂直于晷面,安装时晷针置于安装地的子午面内,但晷针仰角为一般角度,既不平行于地轴,也不指向天顶(详见第四章第五节)。

6. 立面偏置式日晷

其晷面为平面,且垂直于安装地水平面,但和子午面既不平行又不

垂直,晷针垂直于晷面(详见第四章第六节)。

7. 圆柱面式日晷

其晷面为半内圆柱面,晷针置于内圆柱面轴心线上,且平行于地轴(详见第四章第七节)。

8. 球面式日晷(仰釜日晷)

其晷面为半球壳的内球面,晷针端点置于球心(详见第四章第八节)。

9. 便携式日晷

这是一种根据太阳高度角变化而测时的可随身携带的日晷,其工作原理和前几种有本质的不同(详见第四章第九节)。

三、日晷的功能用途和应用前景

1. 功能用途

尽管日晷的主要功能只是由晷针影位读取时间和节气,但因它是古老文明的象征,且具有丰富的科技文化内涵,故其实际用途是多方面的。

(1) 可借以弘扬民族文化,振奋民族精神,增强民族自豪感,激发爱国主义热情。

(2) 作为一种科学测时仪器,可用以启迪睿智,普及天文测时知识,并可触类旁通,激发科技意识,增强科技兴趣。

(3) 日晷具有文明象征的价值,可供人们品味鉴赏,借以陶冶情操,提高文化素养。

(4) 日晷上日影徐徐永而不息,这正是时光在不断流逝的形象表征,它时刻告诫着人们:“时不我待”,应珍惜时光,寓意隽永。

2. 应用前景

日晷在如下几方面可望得到具体应用。

(1) 在学校、广场、公园、庭院等场所建造日晷,以设置古朴典雅之景观,使环境增色。

(2) 作为“地球概论”等课程的辅助教具,用以验证真太阳时、平太阳时、时差三者之间的关系以及时令节气周年变化等教学内容。