

# 中国近代力学的先驱顾观光及其力学著作

王 燮 山

(北京水利电力经济管理学院)

公元1840年的鸦片战争,揭开了中国近代史的序幕。随着清王朝闭关锁国政策的破产,西方近代科学技术知识开始传入中国。作为近代科学技术基础的近代物理学知识,也在此时开始陆续传入中国。在力学方面,数学家李善兰(1811—1882)与英国人艾约瑟(J. Edkins, 1823—1905)于1852年合作翻译的《重学》,标志着牛顿力学开始较系统地传入中国。此书原本为英国学者胡威立(W. Whewell, 1795—1866)所著,原名“An Elementary Treatise on Mechanics”。《重学》共分二十卷,内容包括静力学、运动学、动力学以及流体力学。由于这是当时西方出版不久的一部力学著作,且内容较系统和完备,叙理深入浅出,因此当译本于咸丰九年(1859年)首刊,以后又数次重刊<sup>[1]</sup>后,在当时中国知识界的影响颇为广泛。

在《重学》的翻译和刊印的影响和推动下,中国的一些学者开始学习和研究经典力学,顾观光就是其中之一。他在学习和研究之余,编著了《静重学记》、《动重学记》、《流质重学记》和《天重学记》四篇力学著作,这是中国科学史上由中国人自行编著的第一批系统的力学著作。这些著作并不是单纯对当时传入中国的西方力学译著的一种摘抄,而是经过作者的改编和加工,并有所发挥和创见,表现了顾观光努力吸收西方近代科学知识的进取精神,以及对待科学的求实创新精神,从中可以看出顾观光在力学上的造诣和成就。

## 一、顾观光的生平及其著作

顾观光字尚之,又字宾王、漱泉,号武陵山人,清代江苏金山县(今上海市金山县)人,生于

嘉庆四年(1799年),卒于同治元年(1862年),终年64岁。其家世代行医,在当地颇有些名气。顾观光童稚时即聪颖过人,其父亲自教以读书,“日夜辄数十行”<sup>[2]</sup>。九岁即学完五经四书,十三岁中秀才。其后因三次参加乡试而未中,且祖和父相继逝世,因此就无志于科举,而继承父祖之业,在乡间行医。由于自幼受祖和父的熏陶,故医学知识广博,医道很精,“疏方能据《内经》、仲景,多至洋洋数百言。”<sup>[3]</sup>

除了医药之外,顾观光的兴趣非常广泛,求知欲非常强烈。当时金山县有一位姓钱的藏书家,藏书很丰富,顾观光就利用其医生的身份和行医之便,经常出入于钱氏藏书楼,除借读经史子集类书籍外,他对其中所藏的古今中外的天文算学类书籍特别感兴趣,并下苦功进行钻研,因此他的学术水平提高得很快。他努力吸收明末清初以来传入中国的西方数学知识,并融会中国古代数学以及明清以来中算家的著作,常常能“抉其所以然,而摘其不尽然。”<sup>[4]</sup>同时,他经常与同时代的著名学者李善兰、戴煦、张文虎、汪日楨等人讨论切磋,因而写出了一批具有较高水平的数学和天文学著作。他对中国古代天文学史有独到的研究,他的论文《读〈周髀算经〉书后》被钱宝琮先生誉为:“是一篇天文学史的经典著作。”<sup>[5]</sup>特别是在微积分尚未传入中国之前,他的一些数学著作中已涉及到微积分的基本概念,因而受到西方学者的赞誉。当时在华从事科技著作翻译出版工作的英国学者伟烈亚力(A. Wylie, 1815—1887)评价说:“微分积分为中土算书所未有,然观当代天算家,如董方立氏(董祐诚)、项梅侣氏(项名达)、徐君青氏(徐有壬)、戴鄂士氏(戴煦)、顾尚之氏(顾观光)及李君秋纫(李善兰)所著各书,其理有甚近

微分者……。”<sup>[9]</sup>。

顾观光在科学研究中富有进取精神，善于吸收新的知识。他对于经典力学，起初并不十分了解，但在应邀校对《重学》译稿的过程中，对力学发生了强烈的兴趣，并深入地进行钻研，很快地编写出了《静重学记》、《动重学记》和《流质重学记》。当李善兰与伟烈亚力合译的《谈天》一书刊印后，他即取来进行学习和研究，不久就写出了《天重学记》。他这种对新知识的好学和进取精神，是值得后人学习的。

顾观光在科学上所作出的成绩，颇为时人和后人所称许。《清史稿》和诸可宝《畴人传三编》<sup>[6]</sup>中都有他的传记。《清史稿》对他的评价是：“盖于学实是求是，无门户异同之见，故析理甚精，而谈算为最云。”<sup>[7]</sup>

顾观光一生的著作很多，现分类列出。

1. 数学类：《算滕初编》、《算滕续编》、《九数存古》、《算滕余稿》、《九数外录》、《周髀算经校勘记》。

2. 天文历法类：《六历通考》、《九执历解》、《回回历解》、《推步简法》、《新历推步简法》、《五星简法》、《读〈周髀算经〉书后》、《日法朔余强弱考补》。

3. 力学类：《静重学记》、《动重学记》、《流质重学记》、《天重学记》（均收入于《九数外录》文集中）。

4. 医学类：《伤寒杂病论集》、《伤寒金匱校注》、《神农本草经》（辑逸书）。

5. 其他：《古韵则》、《七国地理》、《国策编年考》、《列女传校勘记》、《吴越春秋校勘记》、《华阳国志校勘记》、《读有书斋杂著》、《桓子新论》（辑逸书）、《七纬拾遗》（辑逸书）等。

## 二、顾观光的力学著作评介

顾观光的力学著作共四篇，总计约二万余字，篇名已如前述。其中《静重学记》等三篇是在应同乡钱熙辅之邀，与张文虎一起负责《重学》一书译稿的详校工作后写成的；《天重学记》一书则是在学习和研究《谈天》一书的基础上编

物理

写的。由于《重学》和《谈天》二书初版均刊印于1859年，而这四篇力学著作均由顾亲自收入其数理论文集《九数外录》中。顾于1862年病逝，故这四篇著作写于1859至1862年之间。

在这四篇著作中，《天重学记》的主要内容是讨论地球、月球、五星（水、金、火、木、土）和彗星的运动及其天文学上的参数，虽涉及万有引力定律及诸星运动规律等天体力学知识，但其主要内容是以天文学知识为主。《静重学记》等三篇则纯属力学，因此本文主要讨论顾观光的这三篇著作。

《静重学记》、《动重学记》和《流质重学记》，在编写体例和编写次序上，均依据《重学》。粗看起来，似乎近于《重学》摘记。但在细读和研究以后，发现其中灌注了作者不少的创造性劳动，很多地方超越了《重学》原著。归纳起来，主要有以下几方面：

### 1. 纠误

顾观光在学术上常常钻研极深，且不迷信书本，常能“抉其所以然，而摘其不尽然。”《畴人传三编》在论及这一点时说：“……凡近时新译西术如代数、微分、诸重学，皆有所纠正。”事实说明，这并非夸大之词。

例如，关于自由落体运动，《重学》八、十和十二诸卷均载：“物于无风气空中下坠，一秒中过一百三十七寸又千分寸之九百五十七。”“测物向地心下坠，每一秒必加速二十七尺六寸，此数为地心力之率。”<sup>[8]</sup>按清代1尺=0.32m<sup>[9]</sup>，则换算后得重力加速度为8.83m/s<sup>2</sup>，这与现今测得的重力加速度的平均值 $g = 9.81\text{m/s}^2$ 相差甚远，相对误差接近10%。

顾观光感觉到了这一点，他没有因袭《重学》中的这个数字。他在《动重学记》第三节中说：“于一秒中测物下坠凡十六尺又万分尺之六九七，倍之为一秒之地力。”此处所谓“地力”，即“地心力之率”之简称，亦即重力加速度。按顾所说的数字换算，得 $g = 10.28\text{m/s}^2$ ，此值与现在的测量值相比，相对误差仅为4.8%。

伽利略对自由落体运动研究所得出的结论，早在清初就由比利时传教士南怀仁（F. Ve-

rbiest, 1623—1688) 传入中国。南怀仁在中国著有《新制灵台仪象志》一书, 刊印于 1674 年, 其卷二述及自由落体运动规律, 并说: “设有物之重八两者, 自高坠下, 则五十微内, 下行一丈。其递加仿此。”<sup>[10]</sup>所谓“五十微”即  $\frac{5}{6}$  s, 由此可推得  $g = 9.22\text{m/s}^2$ , 与现在的测量值相比, 相对误差为 6%。

在《重学》之后, 美国人丁魁良 (W. A. P. Martin, 1872—1916 年) 在北京同文馆任教习时, 在所撰写的《格物入门》一书 (1868 年刊印) 第五卷中说: “若无空气阻碍, 则凡物于一秒内可坠一丈四也。”<sup>[11]</sup>按此值推算可得  $g = 8.96\text{m/s}^2$ , 与现在的测量值相比, 相对误差为 8.7%。

由上可知, 顾观光所述的  $g$  值, 不仅比在他之前写成的《新制灵台仪象志》和《重学》两书中所刊载的数值精确, 而且也比在他之后六年写成的《格物入门》一书中所刊载的值远为精确。至于此值的获得, 《动重学记》中只是说: “于一秒中测物下坠……”, 既然是“测物”所得, 应是顾观光或其友人实验测得, 而以顾亲自测得的可能性为最大。如果是直接用时钟和直尺对自由落体进行测量, 是不能获得这样高的精度的。《动重学记》第五节中回答了测量方法问题。顾观光在该节中, 首先介绍了摆线的几何特性, 然后说: “物自摆线下行为地力所引, 其速与垂线等, 以测各处地力之大小至易见也。”由这一段话可知, 顾观光很可能是利用物体在摆线内的运动, 来测得“地力(重力加速度)之大小”, 因为他说这样测“至易见也”。

现在我们先不妨来探讨一下他所用的方法。设  $\widehat{ABC}$  为由摆线构成的曲面, 令物 M 无初速度, 自 A 沿  $\widehat{AB}$  自由运动至摆线顶点 B (图 1), 则当它到达 B 点时的速度为

$$v = \sqrt{2a_r S},$$

式中  $a_r$  为物 M 沿曲线  $\widehat{AB}$  运动的切线加速度,  $S = \widehat{AB}$ 。由于  $S = \frac{1}{2} a_r t^2$  ( $t$  为物 M 自 A 运动至 B 所需时间), 故上式可写成

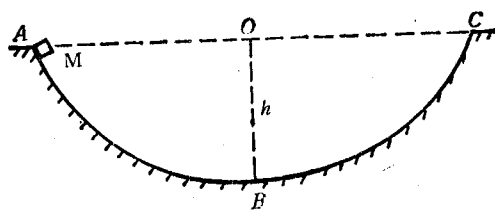


图 1

$$v = \frac{2s}{t}. \quad (1)$$

由于这个速度在数值上等于物 M 自  $O$  点无初速度自由下落至  $B$  点时所具有的末速  $v_B$ , 即顾观光所说的: “其速与垂线等”。 $v_B$  用下式表示:

$$v_B = \sqrt{2gh}, \quad (2)$$

式中  $g$  为重力加速度, 即“地力”,  $h = \overline{OB}$ 。

由摆线的几何特性可知,  $S = \widehat{AB} = 2h$ 。将它代入(1)式, 然后由  $v = v_B$ , 化简后可得

$$g = \frac{8h}{t^2}.$$

因  $h$  值为已知, 只要测得  $t$ , 即可求得  $g$  值。

由于顾观光所用的测试方法比较先进, 因此他测得的  $g$  值比同时代各家所述均精确得多, 对当时流传颇广的《重学》一书内容有重要纠正。这对中国物理学史是一项重大的贡献。

## 2. 增补

在《静重学记》和《动重学记》中, 顾观光根据自己的研究心得, 对《重学》的一些内容作了增补。

例如, 在重心部分, 他补充了关于任意四边形重心位置的内容: “四不等边形以对角线分为两三角形。各以法求其重心, 两重心联为一线, 则大形垂线与小形垂线若小形重心距与大形之重心距也。”

设任意四边形  $ABCD$  以对角线  $AC$  分为两三角形, 如图 2 所示。若此两三角形的重心分别为  $C_1, C_2$ , 整个四边形的重心为  $P$ , 两三角形顶点至  $AC$  边的垂线距分别为  $h_1, h_2$ , 则按顾的上述论述, 有

$$h_1 : h_2 = \overline{C_2 P} : \overline{C_1 P}.$$

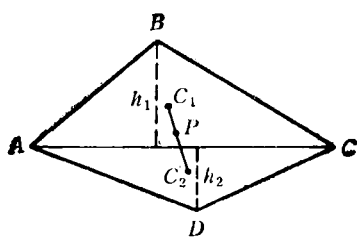


图 2

显然,此式很容易由力矩定律证明其成立。由于  $C_1C_2$  为已知,故能由上式确定整个四边形重心  $P$  的位置。

此外,他还补充论述了截头尖锥体的重心位置:“若去其尖,则以上下两重心作联线,全体重心必在此线上矣。”

### 3. 发挥

《动重学记》第三节在论述匀速运动和匀加速运动的规律时说:

“平速动成长方形,速为阔,时为长,则路为长方积。”

“渐加速动成堑堵形,力为高,时为长与阔,则速为长方积,路为堑堵形积。”

这里的前一段是描述匀速运动(“平速动”)的运动规律,画成的图即为现在物理学中的匀速运动的速度-时间图形(图 3),路程  $S$  即为该图形的面积。

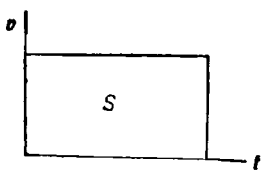


图 3

后一段是描述匀加速(“渐加速动”)运动的速度规律和运动规律。此处所谓“力”是“力率”之简称,即加速度  $a$ ,《重学》中亦如此简称。所谓“堑堵形”即是楔形体,这是中国古代数学中通用的名称。这一段论述可画成如图 4 所示的图形,其中以时间  $t$  为长与阔,以加速度  $a$  为楔

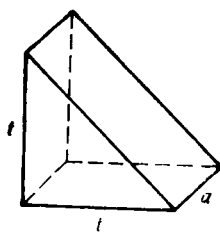


图 4

形体的高,则楔形体的底面积为速度  $v = at$ ,楔形体的体积即为路程  $S = \frac{1}{2} at^2$ 。

这两段论述,《重学》原书中均无,是顾观光在编写时经过研究发挥后添入的。以长方形表述匀速运动规律和以后的物理学教科书不谋而合,而以楔形体来表述匀加速运动的速度规律和运动规律,则是顾观光的独创。

### 4. 改编

顾观光就《重学》原著对问题的论述,作了大量的改编、概括和归纳工作,其中有的改编、概括和归纳是相当成功的。这种例子在《静重学记》、《动重学记》和《流质重学记》中,比比皆是。兹举二例。

其一,《重学》原著在“论并力、分力”这一卷中,用了五款约 2500 多字(包括例题)来论述力的平行四边形规律,顾观光则将其归纳为下面这段话:

“二力线之引重而行也,二线相合,则用其和;二线相对,则用其较;若不相合而未至于相对者,以二力线补成平行四边形,作对角线为二力之合率。三力以上,其理一也。”

其二是,《重学》卷十三“论动体绕定轴之理”的第一款讨论刚体绕定轴转动(图 5)时,外力作用点的切线加速度与外力的关系。原书论述与表达均很繁冗,顾观光将其归纳为以下两句话:

“(物体内)诸点之距轴线为弦,各以质重乘弦幂而并之,即诸点之质阻率。”

“力乘距幂为实,质阻率为法,实如法而一,即(力作用点之)实生力也。”

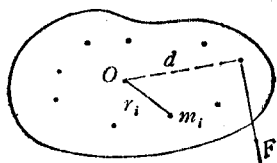


图 5

设以  $m_i, r_i$  分别表示诸点之质量(“质重”)及与轴线之距(“弦”),以  $F$  表示外力,  $d$  表示外力与轴线的垂直距离,  $a_r$  表示外力作用点的切线加速度[“实生力(率)”],则顾的上面两句话,可用公式表为

$$\text{诸点之质阻率 } I = \sum m_i r_i^2,$$

$$\text{外力作用点之实生力(率) } a_r = \frac{Fd^2}{I}.$$
 显然,

这就是刚体绕定轴转动的动力学方程。

顾观光善于用简练的文字表述复杂的力学定理和公式,由此可见一斑。能做到这一点,是和他对内容的深入理解和掌握是分不开的。

但是,顾观光的力学著作也有不少缺点。首先,最大的缺点就是自始至终没有一张附图,其次是大部分的定理和公式只有结论而无逻辑推理和演绎,再就是著作中未附算例。由于这些缺点,使初学者在自学时困难很大。这也是他的力学著作所以流传不广的原因。

然而这毕竟是中国人自己编写的第一批力学著作,因而在当时的学者中产生过一定的影响。收入顾观光四篇力学著作的论文集《九数外录》,在顾逝世后,即由其同乡好友张文虎为之刻印出版,时在 1863 年左右。在这之后,江南制造局刊印了二次<sup>[2]</sup>,另有独山莫氏刻本<sup>[3]</sup>和富强斋丛书刻本<sup>[4]</sup>等。

### 三、结 语

西方近代科学知识的传入中国,始于明末清初(16 世纪末至 17 世纪),但那时候中西的科学技术水平相差并不太大。由于清王朝自雍正初执行闭关自守政策,拒绝西方科学传入,遂使中外科技交流陷于停顿。此种局面一直延续

到鸦片战争,其间约有一百余年时间,从而导致中国与西方科学技术水平的差距大大地拉开了。

1840 年鸦片战争的失败,彻底暴露出当时中国的科学技术远远落后于世界先进水平的客观现实。面对空前严重的民族危机,一大批有识的爱国知识分子开始研究和了解西方情况,学习西方先进科学技术知识,他们成为中国近代科学的先驱者。

但在这一时期中,在很多科学领域内,学者们只是停留在对西方科学知识的翻译介绍,译而不作是一种普遍现象。在力学方面,当时先后有李善兰翻译的《重学》、《谈天》,王韬翻译的《重学浅说》和《西国天学源流》等。在这种情况下,顾观光率先自己动手编写力学著作,应当说是难能可贵的。

作为乡村医生的顾观光,在行医之暇,孜孜不倦地研究中国传统学术和天文历算,努力吸收西方近代数理科学知识,在多方面取得成果,成为当时闻名的学者。在他编写的四篇力学著作中,处处可见其发挥和创见,由此可见他对经典力学研究之深及掌握之精。尤其是他在《动重学记》中所用之重力加速度  $g$  值,在精度上超过了当时先后传入的力学著作,很可能是由他亲手测定的,而且所用的方法也是独特的,这是一项重要的成果,为我国近代力学史创立了良好的开端。他编写的力学著作,在中国力学史上自然具有重要的地位。因此,作为中国近代力学的先驱者,顾观光是当之无愧的。

- [1] 王燮山,物理通报,5(1958),273.
- [2] 张文虎,顾尚之别传,舒艺室自刊,(1879).
- [3] 陈道瑾、薛渭涛,江苏历代医人志,江苏科学技术出版社,(1985),328.
- [4] 钱宝琮,钱宝琮科学史论文选集,科学出版社,(1983),377—403.
- [5] 罗密士(美)著,李善兰、伟烈亚力合译,代微积拾级,墨海书馆,(1859),1—2.
- [6] 诸可宝,畴人传三编,南菁书院刊印,(1886),卷 4.
- [7] 赵尔巽等,清史稿,中华书局,(1977),13998—14001.
- [8] 胡威立(英)著,李善兰、艾约瑟合译,重学,上海六合书局,卷 8,(1888).
- [9] 吴承洛,中国度量衡史,商务印书馆,(1957),60.

(下转第 14 页)