

# 利玛窦与西方投影几何之东来

杨泽忠

(山东师范大学数学系, 山东 济南 250014; 上海交通大学人文学院, 上海 200030)

**摘要:** 明朝末年, 意大利著名传教士利玛窦来到我国, 不仅带来了许多欧氏几何, 而且也带来了一些非欧氏几何, 如投影几何。关于投影几何, 他带来的椭圆投影、球极投影、平行正投影和透视法等。他给国人介绍了其中的概念、原理和性质, 而且还分别说明了他们的应用等。这大大丰富了我国数学的研究, 为当时大批的西方科技传入我国打下了坚实的基础。

**关键词:** 利玛窦; 球极投影; 投影几何; 透视法

**中图分类号:** N09      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1003 - 5680(2004)05 - 0076 - 04

## 一 引言

投影几何是现代数学中一个重要的分支, 其专门研究空间物体在投影变换下的几何性质, 因而, 天文学、地理学、建筑学、计算机模拟、土木工程、绘画等很多行业都是其广泛应用的领域。投影几何发端于西方, 在元、明时期开始传入我国, 特别是在明朝末年。当时的西方传教士来到中国, 不仅带来了西方宗教和科技, 而且也带来了大量的与之有密切关系的投影几何知识。全面的系统的投影几何知识正是在这个时期才开始进入我国的。此时当然有不少人都为之作出了贡献, 如利玛窦、李之藻、熊三拔、徐光启、罗雅谷、汤若望、梅文鼎、年希尧等。特别是利玛窦, 其第一个来到中国内陆, 第一个大规模公开地宣传西方科技, 因而也是此时第一个开始给国人介绍西方投影几何的。他介绍的投影几何不仅内容多样、清晰正确, 而且还实用, 为当时很多西方科技在中国的传播打下了基础。他在这方面做出的贡献其实完全可以和他关于传入欧几里德几何所做出的贡献相媲美。本文拟就利玛窦对于传入投影几何所做的贡献作一论述。

## 二 利玛窦带来了多种西方投影及其理论, 这为国人广泛的学习投影几何打下了基础

利玛窦自从 1583 年 9 月 10 日来到中国大陆后, 为了成功地吸引民众宣扬基督教, 给国人公开展示了多种其从西方

带来的物件, 如地图、星盘、日晷、圣母像、三棱镜等。关于地图, 是其最早展示的一种物件。第一次展出是在 1584 年 4 月仙花寺建成之后, 在其新教堂里。这次展示的地图现在有人进行了考证, 证明其是于 1546 年在罗马刊行又于 1570 年被奥特里斯 (Abraham Ortelius) 仿造的一幅, 是当时欧洲比较流行的一种<sup>[1]</sup>。这幅地图后来被当时的知府王洋看到了, 他对于此图的精美感到非常震惊, 遂令利玛窦翻刻。利玛窦将原来的地图稍进行了改造, 将中国由边缘地带转移到了地图的中心, 于 1584 年 11 月翻刻并印制成功, 这就是有名的“山海舆地图”。之后不久, 也就是同年同月的 30 日, 利玛窦向罗马耶稣会总监回报了这幅地图, 他说: “西式绘制, 用华名、华里、华辰计算的世界地图一幅, 这图是肇庆长官授命利玛窦编制的, 刚完成, 便命去刊印了。”<sup>[2]</sup>由这两处文献, 我们可断定利玛窦首先带来了当时西方流行的椭圆投影。

关于地图的绘制, 中国古代一直采用的是“计里画方”的方法, 从未使用过球形投影, 这可能与中国古代一直以为的“天圆地方”有直接关系。而欧洲就不一样了。从古希腊时期, 人们就意识到了大地是球形的, 绘制地图的时候为了准确起见, 最好采用球形投影。西方人绘制地图最早多采用公元二世纪托勒玫给出的球极投影, 到了文艺复兴时期, 随着人们航海的需要和视野的开阔, 此方法逐渐改进, 出现了极球投影、赤道球面的投影、水平面投影、墨卡托圆柱投影等。1528 年彭德尼 (Benedetto Bordone, 1460 - 1539) 发明了椭圆

【收稿日期】 2004 - 02 - 20

【作者简介】 杨泽忠 (1968 - ), 男, 山东师范大学数学系副教授, 上海交通大学科学史系在职博士生, 主要从事科学史和科学哲学研究。

投影,引起了很大的反响,因为这种投影既美观、大方又不失准确性。由此,在绘制世界地图的时候广泛被人模仿。1570年奥特里斯绘制的世界地图 *Typus orbis terrarum*,正是采用了这种投影——这还被认为是最有艺术性的样例<sup>[3]</sup>。利玛窦的“山海舆地图”既然是根据奥特里斯的世界地图绘制的,那么,其采用的也应当是椭圆投影。此外,这一结果也可以利用其它的资料来印证。1602年利玛窦在北京协助李之藻绘制了“坤舆万国全图”。此图流传很广,至今还能看到<sup>[4]</sup>。笔者对其保留在南京的一幅的投影进行了细致的测算,发现其确系采用的是椭圆投影。

在利玛窦的中国札记中除了地图,提到比较多的还有星盘。星盘是利玛窦来到中国大陆后进行计时和天文测量的主要工具,因而其时时携带着它,也经常向他周围的人展示。周围的人对其感到非常好奇,为此利玛窦还曾经亲自制作过它当做礼品送给一些高官,如赵可怀等。1607年在北京,利玛窦和李之藻还就此写成了一本书《浑盖通宪图说》。由这,我们可知道利玛窦也带来了西方的球极投影。

星盘是古希腊时期产生的一种天文仪器。据说其创始人是公元二世纪的托勒玫,因为在托勒玫的书中曾有类似的描述,并且托勒玫明确给出了制作星盘的数学基础——球极投影。星盘在中世纪传入伊斯兰世界。伊斯兰人为了准确地掌握祈祷的方位和时间,制作了大量的精美的星盘,从而将这种工具完好地保留到了文艺复兴时期。文艺复兴时期,航海探险之风盛行,因而作为能在晚间也能计时和确定方位的星盘又一次受到广泛的重视。人们不仅给它增加了很多附件,使其能在不同的地区也可以准确地使用,而且还在托勒玫给出的球极投影基础上给它建立了数学体系,使之成了一种满载数学理论的计算工具。因此,星盘在文艺复兴时期被称为是“数学之宝”<sup>[5]</sup>。利玛窦在中国使用的那副星盘,据裴化行考证正是从欧洲带来的,平面式,它的设计者还是利玛窦在罗马学院时期的老师,当时欧洲著名的数学家和天文学家也是星盘专家克拉维乌斯神父。他说:“克拉维乌斯神父设计的星盘是‘平面回盘’(planisphere,即步天规),即在一个圆盘圆周上刻有度数,并装有一个可以旋转的照准仪,这样就能观察天空的不同位置。克拉维乌斯的步天规的最大特点是蛛网式的,即通过盘中各种曲线,指示出天球投影在赤道平面上的纬度。这样既有一般星盘的作用,又有浑仪的功用”<sup>[6]</sup>。所以,利玛窦也从欧洲带来了球形投影无疑。

对于《浑盖通宪图说》,实际上是克拉维乌斯于1593年出版的专门讨论星盘中数学原理的《论星盘》节译本<sup>[7]</sup>。这本书中包含了大量的球极投影的知识。不仅有球极投影原理,即如何进行投影的说法,而且还有众多球极投影性质。如“球形投影下,球面上平行于投影面(赤道面)的圆都是同心圆,不过距离南极近的圆投影较大,距离北极近的圆投影较小。”如“球形投影下,球面上不平行于投影面(赤道面)的圆的投影也都是圆。”“球形投影下,球面上的弧线的投影仍是弧线,点和曲线的结合关系不变。”“球形投影下,球面上等距平行于投影面的圆的投影不距等,靠近南极的两个圆的投影的距离大于靠近北极的两个圆的投影的距离。”“球形投影

下,在球面上相交的两个圆,它们的投影也相交。”等。不仅有投影的性质,而且还有投影的具体做法,如天顶规的做法是:“既得天顶,则自天顶以对地心有一规,总为天顶规。此规上下过天地之中,东西交赤道卯酉之中。辨方正位,于是乎取其法自赤道规,酉中起数地方赤道出地度,或自子中起数北极出地之度,其法皆同,但数一处刻界。自酉中按界作弦长出,求其交子中线处,即是地下对对顶中际。从此上望天顶,折半球中以是为枢,旋而规之则成天顶规。”如地平规渐升圈的做法是:“凡求(地平规)渐升度,以前图南北极轴线为界,去界北不用,自界而南,以半规均分百八十度或兼二度,则分作九十兼五度,则分作三十六中定赤道轴线以求天顶,次自北极左行第一度望酉中画一弦,又自南极右行第一度望酉中画一弦。二弦皆过盘中子午线,而取子午线上所得之界,上下折并为枢,旋规是为渐升第一规,当为出地之第一度。余自二度至九十度亦如之。”另外,还给出了这些做法的原理:“原所以取赤道卯酉为准者,盖赤道统天地之中,卯酉又分赤道之中,借卯酉以为地心,因望地心以求天顶。仪体虽平,其用则圆,而其经纬从衡之秒全在赤道一规。平视之而分子午卯酉,侧视之而寄南北二极。二极结子午之正,寄二极于赤道者,借赤道之规为子午规者也。后凡地盘度皆自赤道为准。”<sup>[8]</sup>由此看出,利玛窦还将大量的球形投影的理论知识也传入了中国。

在利玛窦给国人展示的物品中,也多次提到西方绘画,如圣母像、耶稣像等。这些绘画,有的是从印度、澳门、日本等外面经教友转来的,也有是利玛窦自己绘制的。如1602年利玛窦奉中国皇帝的命令,耗时两三天绘制成的“西方宫廷生活图”是一幅<sup>[9]</sup>,还有利玛窦晚年绘制的“野墅平林图”也是一幅<sup>[10]</sup>。利玛窦采用的什么方法画这些画呢?虽没有文字记录,但可以从其它地方找到证据。从现存于辽宁省博物馆的“野墅平林图”中我们可以看出,其不是中国式的写意画法——虽然入画内容是山水。其远近分明,明暗比例协调,灭点固定,视野开阔,显然是采用了西方透视画法。还有,利玛窦在1601年将圣母像献给皇帝之前,曾给很多人展示过,在展示的时候,还对比中国画进行了讲解,他曾说:“中国画但画阳不画阴,故看之人面躯正平,无凹凸相,吾国之画兼阴与阳写之,故面有高下,而手臂皆轮圆耳。凡人面正迎阳,则明而白,若则立,则向明一边者白,其不向明一边者眼耳鼻口凹处,皆有暗相。吾国之写像者,解此法用之,故能使画像与生人亡异也。”<sup>[11]</sup>在《译几何原本引》中他又曾说:“察目视势,以远近正邪高下之差,照物状可画立圆、立方之度于平版之上,可远测物度及真形。画小,使目视大,画近,使目视远,画圆,视目视球,画像,有坳凸,画室,有明暗也。”<sup>[12]</sup>还有,在利玛窦学习过的罗马学院的课程表中明确标有:透视学,学习三个月。<sup>[13]</sup>由此,利玛窦懂得当时在欧洲兴起的透视画法,了解其中的数学投影原理,也将它们带到了中国。

此外还有日晷。在利玛窦日常活动中,也曾多次提到过日晷。如在肇庆他曾指导瞿太素制造日晷,在南京曾辅导张养默制造日晷等。日晷作为一种古老的利用太阳来计时的

仪器,东西方都有,但各有所长。东方的多是赤道日晷,没有投影理论在里面。而西方的多是地平日晷,其以西方古代天文学基本构架为基础,大量地使用了球面投影理论和方法。西方绘制日晷的方法叫做“Analemma法”。关于这种方法,古希腊有两部书进行了介绍,一部是公元前一世纪亚历山大里亚的狄奥多努斯(Diodorus)写的,另一本是公元二世纪的天文学家托勒玫写的,书目都叫Analemma。狄奥多努斯的书已失传。现根据托勒玫的书我们可以知道这种方法实际上是一种球面平行正投影,借助这种投影可以将赤道坐标很容易的换算成黄道坐标,反之依然。<sup>[14]</sup>利玛窦带来的日晷不同于中国式的,通过其对日晷的描述我们可考证一定是地平日晷<sup>[15]</sup>。另外,在“坤舆万国全图”的一个小图下面他还曾提到Analemma,他说:“右图乃黄赤二道错行中气之界限也。凡算太阳出入皆准此,其法以中横线为地平,直线为天顶,中圈为地体,外大圈为周天。以周天分三百六十度。假如是图在京师地方,北极出地平线上四十度,则赤道离天顶南亦四十度矣。然后自赤道数起,南北各以二十三度半为界,最南为冬至,最北为夏至。凡太阳所行不出此界之外,既定冬、夏至界,即可求十二宫之中气。先从冬夏,二至界相望画一线,次于线中十字处为心,尽边各作一小圈,名黄道圈。圈上匀分二十四分,两两相对作虚线,各识于周天圈上。在赤道上者,即春秋分;次北曰穀雨、处暑、曰小满、大暑、曰夏至;次南曰霜降、雨水,曰小雪、大寒,曰冬至。因图小,止载中气,其余节气倣此。就中再匀分一倍,即得之矣。而其日影之射于地者,则取周天所识,上下相对,透地心斜画之。太阳所离赤道纬度,所以随节气分远近者,此可略见。凡作日晷带节气者,皆以此为提纲,欧逻巴人名为‘曷捺楞马’云。”“曷捺楞马”系“Analemma”的音译<sup>[16]</sup>。由此看出,利玛窦还从西方带来了球面平行正投影。

总之,利玛窦确实带到中国来很多的投影,不仅有椭圆投影、球极投影、球面平行投影,而且还有透视法等;不仅有投影原理,而且还有投影的性质命题和绘制方法等知识。这大大丰富了当时的数学研究,为国人顺利地接受西方知识打下了基础,也为我国数学的迅速发展争取早些与西方数学会同铺平了道路。

### 三 利玛窦给国人讲授了投影几何知识,并指导了投影几何知识的具体应用

利玛窦来中国的目的是传教,为此他广交各阶层的人士,与他们谈天论道、交流感情等。而当时的国人,特别是一些知识阶层的人士,惊诧于其才能和所拥有的西方科技,也愿意与之友好。这样形成了一种利玛窦到处受欢迎,很多地方都有其学生的局面——尽管明确承认是利玛窦学生的人并不多。利玛窦第一个正式的学生是苏州人瞿太素。瞿太素又名瞿汝夔,是明朝末年礼部尚书瞿景淳的二儿子。1589年其将全部家产都投入到了炼金的火炉中使之灰飞烟灭之后,来到了广东肇庆。此间听说这里来个西洋神父,博学多才,甚至还会利用魔法炼金,遂于8月来到利玛窦住处,拜利玛窦为师学习西方文化<sup>[17]</sup>。对于这个学生,利玛窦非常喜

欢,这不仅是因为瞿太素给利玛窦出了很多好主意,帮助利玛窦顺利地打开了当地的传教局面,而且还由于瞿太素很聪明,很多东西一点就通。由此,利玛窦开始教瞿太素一些难的知识。这些知识中就有投影几何知识。在中国札记中利玛窦说:“他(瞿太素)接着从事研习丁先生的地球仪和欧几里德的原理,即欧氏的第一书。然后他学习绘制各种日晷图案,准确地表示时辰,并用几何法则测量物体的高度。我们已经说过,他很有知识并擅长于写作。他运用所学到的知识写出一系列精细的注释,当他把这些注释呈献给他的有学识的官员朋友们时,他和他所归功于的老师都赢得普遍的、令人艳羡的声誉。他所学到的新鲜东西使中国人大惑不解。他们认为他不能靠自己的研究获得它。他日以继夜地从事工作,用图表来装点他的手稿,那些图表可以与最佳欧洲工艺相媲美。他还为自己制作科学仪器,诸如天球仪、星盘、象限仪、罗盘、日晷及其他这类器械,制作精巧,装饰美观他制造用的材料,正如他的手艺一样,各不相同。”<sup>[18]</sup>从这里我们可以看出,利玛窦教给了瞿太素很多投影知识,如关于日晷的和星盘的等,不仅如此,他还教会了瞿太素如何使用它们。

再一个有记录的跟利玛窦学习过投影知识的是南京的张养默。张养默的生平无从考评,只知道他是当时南京附近著名的学者和医生王肯堂的学生。利玛窦在南京时,他带着王肯堂的信拜在利玛窦的门下。利玛窦对张养默的到来很高兴,因为张养默也很聪明。利玛窦说:“他比其他两个人(李心斋的儿子和学生)都聪明。……他无师自通学习了欧几里德的第一卷”<sup>[19]</sup>。由此利玛窦开始给张养默讲一些西方的天文知识。和利玛窦同时代的艾儒略在《大西西泰利先生形迹》中曾提及张养默,他说:“就利子学业。……厥后张子于浑位度数之学,即有通晓云云。”还有,据利玛窦讲,他曾帮助利玛窦在南京制作天文仪器,其中包括日晷和星盘等<sup>[20]</sup>。因此,利玛窦与其讲授过天文球形投影知识是肯定的。

利玛窦在南京其间,也很可能给王肯堂介绍过投影知识。这可以从如下情况来推测:1. 王肯堂和利玛窦很熟悉,常在一起谈天论道。2. 在王肯堂编纂的《郁冈斋笔麈》第三册中,出现了西方天文学的内容,如第一题是“照视皆直线”,第二题是“圆尖之体其底必大”,第三题是“光体大物体小必照大半其黑影必尖”等<sup>[21]</sup>。这是中国古代没有的知识,但却是准确的理解投影原理必须先知道的。这些内容在利玛窦后来的《乾坤体义》中占了很大的篇幅。

1601年利玛窦到了北京之后,跟利玛窦学习的人更多了。这其中名气最大的当属李之藻和徐光启。李之藻,字振之,号我存,杭州人。1598年中进士,官居工部侍郎。史载,李之藻聪慧异常,人称“江南才子”。徐光启曾赞他为“卓犖通人”,利玛窦也曾说:“自吾抵上国,所见聪明了达,唯李振之、徐子先二人耳”<sup>[22]</sup>。李之藻于1601年认识了利玛窦,因羡慕其绘制的地图遂与之交往,学习西方科技。李之藻跟利玛窦首先学习的是地图制作<sup>[23]</sup>。这项学习看来进行的很顺利,因为,在第二年他就将利玛窦在广东绘制的“山海舆地

图'改版扩成六幅刊印了,这就是“坤舆万国全图”。由前面的内容可知,李之藻一定从中学会了椭圆投影。

之后,李之藻开始跟利玛窦学习其它的科学知识。对此,利玛窦曾说:“李良(李之藻)对数学的其它部门也感兴趣,他全力以赴协助制作各种数学器具。他掌握了丁先生所写的几何学教科书的大部分内容,学会了使用星盘,并为自己制作了一具,它运转得极其精确。接着,他对两门科学写出了一份正确而且清晰的阐述。他的数学图形可以和任何欧洲所绘的相匹敌。他论星盘的著作分两卷出版。利玛窦神父把一份送给了罗马的耶稣会会长神父,作为中国人完成的第一部这类著作的一个样本,另一份送给了丁先生,因为他本人曾一度从丁先生受教。”<sup>[24]</sup>这里提到的“论著星盘的书”即是《浑盖通宪图说》。在这本书的序言中,李之藻说:“昔从京师利先生,欧逻巴人也。示我平仪,其制约浑,为之刻画重固,上天下地,周罗星程,背结规简貌则盖天,而其度仍从浑出。取中央为北权,合《素问》中北外南之观;列三规为岁候,遂义和侯星寅日之旨,得未曾有,耳受手书,颇亦镜其大凡。旋奉使闽之命,往返万里,测验不爽,不揣为之图说,间亦出其鄙谢,会通一二,以革中历。”<sup>[25]</sup>由此可见,利玛窦给李之藻讲解了球极投影,并教会了他星盘的制作和使用方法。

李之藻于1608年又写成《圆容较义》一书,在此书的序言中他又说:“昔从利公研究天体,因论圆容,拈出一义。次为五界十八题,借平面以推立圆,设角形以微浑体,探原循委,辨解九连之环。举一该三,光映万川之月。测圆者,测此者也。割圆者,割此者也。无当于历,历稽度数之容。无当于律,律穷果黍之容。存是论也,庸谓迂乎?”<sup>[26]</sup>由此可再次印证利玛窦曾教授李之藻天文投影之事实。

李之藻之后,利玛窦的又一个著名的学生是徐光启。徐光启,字子先,上海吴淞人,1604年中进士,官居文渊阁大学士。和徐光启的结识可以说是利玛窦在华的活动中最为得意的,利玛窦在不同的场合多次高度赞扬过徐光启。利玛窦赞扬徐光启,不仅有其对基督教的热诚,有对利玛窦的帮助,更有他的才华出众、学习刻苦和做事认真。这在很多文献中都可以见到,此不赘述。

关于利玛窦给徐光启讲授投影原理的事实,我们可以从他和熊三拔合译的《简平仪说》的序言中看到。简平仪也是星盘,是一种比较简单的变形体。这本书主要是讲授了简平仪的各种用法。在这里徐光启说:“其最小者是仪,为有纲熊先生所手创,以呈利先生。利先生嘉钦。偶为余解其凡因,手受之,草次成章,未其详其所谓故也。若其言革也,抑亦文豹之一斑矣。”<sup>[27]</sup>另外,据载徐光启还曾著有《平浑图说》、《日晷图说》和《夜晷图说》三部书<sup>[28]</sup>。可惜已经遗失,如果能找到,也许我们能了解的还会多。

国人中除了跟利玛窦学习西方数学和天文学的之外,也有学习西方绘画的,这其中最有名的是游文辉。游文辉,字含朴,澳门人。1575年生人,1593到1598到日本接受基督教训练,之后回国追随利玛窦。其间因为他酷爱绘画并曾在日本初步学习过,所以其主要是跟利玛窦学习绘画和从事绘

画活动。<sup>[29]</sup>游文辉作为一个西画的初学者留下来的作品并不多,目前最常见的是1610年利玛窦去世之后他绘制的利玛窦画像。“这是一幅标准的西方肖像画,构图既饱满又简练,显示出相当的艺术概括能力。……该画对明暗的处理也很有特色,光线从画面左上方射去,在眼眶、鼻梁、面颊的暗面投下了丰富的阴影,尤其在白色衣领上的投影可以明显感受到强烈的光源。……17世纪的中国人能将油画肖像绘至这样的水平,的确是件非常不容易的事情。”<sup>[30]</sup>从此看出,游文辉熟悉西方绘画的原理,利玛窦一定给他讲解过其中的数学理论即当时在西方流行的透视法。

#### 四 结束语

投影几何作为现代科技发展的一项基础,在中国古代触及极少。后来的投影几何知识基本上都是从西方传来的。元朝的札马鲁丁和郭守敬是这方面的先行者<sup>[31]</sup>,但他们的理论没有完好地保留下来,到了明末基本上已无人知晓。所以,利玛窦携投影理论东来还是有开拓性的。再有,从现有的资料来看,札马鲁丁和郭守敬传入的西方投影似乎仅限于球极投影这一项内容,远没有利玛窦带来的多。利玛窦带来的投影几何知识不仅有球极投影,而且还有椭圆投影、圆锥投影、透视图等,不仅有概念和性质命题,而且还有它们的具体画法。对照此时西方投影几何的发展状况我们会发现,利玛窦介绍给国人的西方投影几何基本上是比较全面的。第三,利玛窦将这么多的投影几何知识带到了中国,并没有象其它人一样保守,而是给国人进行了全面的介绍,这为国人全面接受和深入学习西方科技打下了很好的基础。正是由于他的广泛传播,才有的明朝末年徐光启修《崇祯历书》时一改中国两千年绘制星图(圆形的)的方法使用了球形投影绘制的“赤道见界总星图”,才有清朝初期梅文鼎的“三极通机”。即使是再后来年希尧的《视学精蕴》其实也与利玛窦传入的投影几何有着丝丝缕缕的关系。还有,利玛窦来中国后也大力宣传和介绍过欧几里德平面几何,但在其实用性上远没有象介绍投影几何这么详细和直接过。正是由于他介绍了这些投影几何知识的具体使用,才使得明朝末年一下子江南地区出现了那么多的星盘和地平日晷,才使得中国的绘画从明朝末年开始逐渐地“立体”起来。所以,利玛窦对于向中国输入投影几何方面贡献是非常大的。只是利玛窦在传入投影几何的时候没有象传入欧氏几何那样传入大量的精确的数学证明,也没有翻译出或写出系统的书籍,否则其这方面的贡献将会更大。

#### 【参 考 文 献】

- [1]许明龙. 中西文化交流先驱[M]. 东方出版社, 1993. 5.
- [2](意)利玛窦. 利玛窦全集(第2卷)[M]. 台北: 光启出版社, 1986. 51.
- [3]John P. Snyder. Flattening the Earth: Two thousands years of Mpa Projections [M]. Chicago: University of Chicago Press, 40.

- [4][30]莫小也. 十七 - 十八世纪传教士与西画东渐[M]. 北京: 中国美术学院出版社, 2002. 49、90 - 92.
- [5]Neugebauer O. The Early History of the Astrolabe[J]. Isis, 1949(40) :240 - 256.
- [6] Henri Bernard. Matteo Ricci 's Scientific Contribution to China[M]. Peiping :Henri Vetch Press ,1935. 45 - 46.
- [7](韩)安大玉. 明末平仪在中国的传播[J]. 自然科学史研究. 2002(4) :299 - 316.
- [8](明)李之藻. 天学初函 浑盖通宪图说 [M]. 台北:台湾学生书局,1965.
- [9][23](法)裴化行. 利玛窦评传[M]. 北京:商务印书馆, 1993. 337,302.
- [10](意)伊拉里奥. 画家利玛窦与《野墅平林图》[A]. 辽宁省博物馆藏宝录[C]. 上海:上海文艺出版社,1994. 152 - 153.
- [11](明)顾起元. 客座赘语卷六. 光绪三十年刊本.
- [12](明)徐光启. 译几何原本引[A]. 明清间耶稣会士译著提要[C]. 北京:中华书局,1989. 258.
- [13]Henri Bernard. Matteo Ricci 's Scientific Contributions to China[M]. Peiping :Henri Vetch Press ,1935. 30.
- [14][16]刘钝. 托勒密的“曷捺楞马”与梅文鼎的“三极通机”[J]. 自然科学史研究. 1986(1) :68.
- [15][18][19][20][24](意)利玛窦. 利玛窦中国札记[M]. 北京:中华书局,1983. 348 - 349、247、351、352、433.
- [17]沈定平. 瞿太素的家世、信仰及其在中西文化交流中的作用[J]. 中国史研究. 1997(1) :135 - 146.
- [21]林金水. 利玛窦与中国[M]. 北京:中国社会科学出版社,1996. 163 - 165.
- [22]方豪. 中国天主教史人物传[M]. 北京:中华书局,1988. 113.
- [25](明)李之藻. 浑盖通宪图说序[A]. 明清间耶稣会士译著提要[C]. 北京:中华书局,1989. 263 - 264.
- [26](明)李之藻. 圆容较义序[A]. 明清间耶稣会士译著提要[C]. 北京:中华书局,1989. 274 - 275.
- [27](明)徐光启. 简平仪说序[A]. 明清间耶稣会士译著提要[C]. 北京:中华书局,1989. 271 - 272.
- [28]梁家勉. 徐光启年谱[M]. 上海:上海古籍出版社,1981. 96.
- [29](法)费赖之. 在华耶稣会士列传及书目[M]. 北京:中国书局,1995. 105.
- [31]刘钝. 郭守敬的《授时历草》和天球投影二视图[J]. 自然科学史研究. 1982(4) :327 - 332.

(责任编辑 许玉俊)