

高表测量的背后

——中国天文学史上一个有趣的个案

石云里

作者按：这篇帖子为拙文“邢云路测算回归年长度问题之再研究”（与王淼合著，即将在《自然科学史研究》上发表）的通俗版本。这篇文章技术性很强，之所以想到要为其写一个通俗版本，一方面是因为感恩节放假在家，想找点事做做，另外主要是基于这样一个想法：我觉得该文讨论的虽然是一个技术性的问题，但其揭示出来的却是一个十分有趣的个案，它不仅让我们看到了古代科技人物的工作中过去不太受我们注意的另外一个侧面，而且也提示我们对这些人物自己的一些言行究竟要抱一种什么样的态度去进行解读。我很想知道，这种个案在其他学科史中是否也可以找到，所以希望有更多科技史工作者能够了解这个个案。但是，许多讨论古代科技的技术性文章往往为其自身的技术性所困，最终可能令许多学科史领域外的读者望而却步，结果造成了学科史之间的某种壁垒，我的这篇文章也不例外。这种壁垒应该要通过某种方法加以打破，而写一个通俗本可能是最简单和行之有效的方法。

明万历三十六年（1608），邢云路完成了一本叫做《戊申立春考证》（下面简称《考证》）的书（或者不如说是一篇长文）。从该书的内容来看，邢云路的目的十分清楚，就是要证明当时官行的《大统历》在节气时刻推算上已经出现了很大的误差。他所描述的证明过程为：首先，采用历史上天文学家公认可靠的方法，测量冬至前后特定几个日期正午的表影长度，通过简单的线性插值法求出万历三十五年（1607）的冬至时刻；其次，用这个冬至时刻和元代郭守敬所定的至元十七年（1280）冬至时刻求出回归年的长度；第三，用新的回归年长度值去推算万历三十六年立春的时刻，并与《大统历》的推算结果比较，结果发现，后者误差超过一日。

这个过程中有两点特别引起天文史家的兴趣：第一是邢云路测出的回归年长度，其值为365.242190日，用现代理论验算，发现其全年误差仅2.3秒，成为1650之前中西天文学史上最为精确的回归年长度值；第二，邢云路的测量中使用了中国古代天文测量中最高的大圭表，表高6丈，比元代郭守敬的高表高出2丈，可谓规模空前。按照现代科学的观点，这一历史事件的可以做这样的合理解读（这实际上也是目前对于邢云路这项工作进行解读的标准文本）：从邢云路所叙述的推求回归年长度的方法本身来看，影响其推求精度的主要是冬至时刻的测量，而影响冬至时刻测量的因素则主要是表影的测量结果；按照这个逻辑，邢云路推得如此高精度的回归年长度主要要归因于其对冬至时刻的准确确定，而冬至时刻的准确确定则明显得益于其对影长的准确测量，对影长的准确测量当然主要要归功于高表的使用。这样，邢云路的工作就被诠释成了一个完全合乎现代科学标准的过程：通过仪器的改进提高观测精度，以精确的观测推导出一个最基本的天文常数，再以这个常数来验证某种过时的历法的错误。

这种解读还可以从文献中找到一个十分有力的旁证：在《考证》的正文之前附有一篇引文，是邢云路的一位同僚王聘贤所写，题为“题<戊申立春考证>引”，其中非常详细地记载了他目击邢云路测影工作的情况：“岁将冬至，士登（邢云路）日日候表下尺量，籍记晷差。……乃其（邢云路）候也，量也，算也，而首仰天，而曠望日，而手规北尺度秒分，前摹后验，若合符节。余皆目击其真，乌得駭异。至此，始信其技之果精，心之更苦也。”由于邢云路所得回归年长度的准确性，我们当然很难怀疑这些记述的可靠性，而很容易把它当成是对一位为追求科学而辛勤工作的古代科学家的精湛高超的观测水平和严肃认真的科学态度真实写照。

然而，当我们用现代天文理论对邢云路留下的表影长度和冬至时刻进行检测时，上述解读的文本就变得十分可疑了：与现代理论的计算值相比，他的表影测量结果的最小误差都达1.28米；与用现代理论求出的太阳实际通过冬至点的时刻相比，他所得的1607年冬至时刻的误差也超过4.48小时；两项精度都远远不及元代郭守敬等人所达到的水平。再对邢云路所用的测算方法本身进行分析，可以发现，即便邢云路能够百分之百准确的测出所需的影长值，他由此得到的冬至时刻的误差仍然会有1.41小时，这是由该测算方法本身的弱点和当时的天文条件决定的。从理论上来说，要想把这一误差对回归年长度计算精度的影响降低到2秒钟以内，则邢云路要用的另一个冬至时刻至

少必须距1607年2500年以上，并且要百分之百准确。而这样一个数值在当时是完全不可能得到的。那么，邢云路得到如此精确的回归年长度的奥秘究竟和在哪呢？

经过进一步的分析我们可以发现，邢云路所测得的冬至点时刻非常接近1607年平冬至（平太阳^[1]通过冬至点的时刻）的北京地方时，偏差仅0.079小时左右，这才是邢云路得到如此精确回归年长度的真正原因所在。然而，这里又有两大疑点：首先，平太阳是一个假想的几何点，根本无法直接进行观测；第二，即便能够对平太阳进行直接观测，那邢云路在兰州测到的也只应该是平冬至的兰州地方时，怎么结果却得到了一个与北京地方时更加接近的结果呢（从《古今律历考》来看，邢云路十分清楚不同地点同一节气的地方时是不同的，但是他在《考证》中并没有对测量结果进行地方时的换算，而是从他的测影结果中直接推出最终的冬至时刻值的）？合理的解释只能是：邢云路的冬至时刻根本就不是什么基于影长观测而推导出的结果。

查《明实录》和《明史》，发现早在万历二十四年（1596）邢云路就在上书朝廷，指出《大统历》在节气计算方面与自己的推测值相比“皆相隔一日”，误差十分明显，并提出改历建议。邢云路当时给定的计算结果清楚地表明，他此时已经掌握了一个回归年长度值，其精度与《考证》中“测定”的回归年长度的精度相当，甚至还略强。而这个回归年长度也不可能是什么观测结果，因为：

第一，正象前面指出的那样，他所使用的方法原本就有一定的局限，不可能藉此得出误差在2秒钟左右的回归年长度值。

第二，更加重要的是，如果邢云路在1596年前已经进行过这种观测，那他就没有必要在1607到1608年之间又跑到兰州去再做一次测量。如果他在1596年已经完成了这样的观测，那么，他完全可以根据已有的观测结果，在1607年甚至1596年之前就写出一部像《戊申立春考证》那样的著作。

那么他的回归年长度值究竟是如何得到的呢？我们注意到，元代郭守敬提出过一种所谓“岁实（即回归年）消长”的理论，即认为，随着时间的推移，回归年长度会不断减短，减短的速度为每百年1分（0.0001日）。有理由相信，邢云路的回归年长度值是根据郭守敬的回归年长度，通过这种消长修正而推出的。因为，邢云路的回归年长度（365.242190日）实际比郭守敬的值（365.2425日）小3.1分，正好是316年中（1596到1280年之间的年数）岁实应消去的分数。而从邢云路《古今律历考》中我们可以在中找到确凿的证据，表明他确实接受《授时历》岁实消长概念。

问题是，既然邢云路早在1596年已经得到了很好的新回归年长度值，何以又要在十多年后费那么大的力气，跑到兰州去立表测影呢？这就要提到邢云路1596年改历建议的遭遇。因为据《明史·历志》记载，邢云路的上述奏疏写出之后，“钦天监见云路疏，甚恶之。监正张应候奏诋，谓其僭妄惑世”。尽管礼部尚书范谦上书支持邢云路，但结果也只是“议上，不报”。基于这样的背景，我们就不难找到上述问题的答案：作为一种信念，古代天文学家都知道，历法的制定必须以测验为本；邢云路无疑接受这一信念，想通过测影来证实自己从理论上推出的回归年长度，以便为自己的改历主张赢得更加充分的信赖度；尤其是在当时他的改历建议面临着巨大阻力的情况下，他更需要如此。

从《戊申立春考证》中对测量过程的描述中同样可以看出，邢云路为了证明自己回归年长度的可靠性，的确是着意对自己的观测工作进行了一番精心的安排：

首先，他把自己对回归年的测算建立在一个在古代公认可靠的测量方法的基础之上（《授时历议》一开始就指出：对于节气的确定，“候之之法，不过植表测影，以究其气至之始”，然后用大量篇幅详细讨论了《授时历》制定过程中使用这种方法对冬至时刻的确定，表明了古代历法家对这种方法的充分信任），而且确实在兰州进行了立表测影工作。

其次，他根据增加表高可以提高影长观测精度的经验事实（中国古代天文学家对此十分清楚，例如《授时历议》中就明确指出：“然表短促，尺寸之下所为分秒太、半、少之数，未易分别。表长，则分寸稍长。”尽管书中同时说明了高表的缺点是“景虚而淡，难得实景”，但是认为这方面的问题可以通过使用表端横梁和景符来有效地加以克服，以致可以达到“不容有毫末之差”效果），着意使用了到当时为止最高的圭表，以显示自己在测量装置方面的空前规模。

第三，为了证明自己观测的可靠性，他特地安排了一位目击证人，写了那篇“题<戊申立春考证>引”的文

章，与《戊申立春考证》一起发表。文中那些表明“余皆目击其真”的文字无非是想向读者传递这样的信息：邢云路不但确实进行过晷影测量，而且其测量技术非常高超，在测量过程中也极为认真（“始信其技之果精，心之更苦也”），以致能够“前摹后验，若合符节”，所以，他的观测结果是非常可靠的。

然而，无奈的是，由于立表测影求冬至的方法在邢云路时代存在着内在的不足，所以，当他发现测量结果同预期中的回归年长度相差甚远时，只好对它们进行了自己所需要的调整，以便从中“导出”自己所需要的回归年长度值。虽然他心里知道自己的这些数据并非完全来自实测，但是，他仍然要把它们写进《考证》，其目的不言自明——只有坚定地表明自己的回归年长度是以精确的测量为基础的，才能赢得人们对自己所给数值的信赖，才有可能推行自己的改历主张。

邢云路的这个个案向我们表明，在解读古代科技人物的著作时，我们的确不能轻易地把古人写在序、跋甚至正文中的内容作为历史结论直接写进我们自己的历史作品之中，以代替一个当代历史学家对于古人的认识和评价。我们应该做的恰恰是要把这些材料都作为需要解剖的对象，通过对它们的分析去认识和解释历史。其实，这一点并不是什么新发现。我只不过是想通过邢云路的例子来证明，对于中国科学史的研究来说，保持这种意识的确十分重要。

^[1] 我们知道，地球轨道是一个椭圆，所以，太阳运动（地球运动的反映）是不均匀的。但是，为了方便计算，天文学家往往假定有这样一个沿黄道运动几何点，其运动速度与太阳运动的平均速度相等，这个点就是所谓的平太阳。