

中國古代早期精確複式機械

陸述義

一向認為在中國古代極佳玉器(1)上的錯綜裝飾，主要靠手工操運的簡單機械製成的(2)。在此筆者提供跡象，指出春秋時代（西元前771—475年），在某一等級陪葬玉環上雕刻的裝飾螺旋線紋顯露了一個機械的由來，含有一個精確複雜機械。

最古老而又可靠出處的玉環，是河南浙川下寺春秋楚墓的出土遺物，M1：7，如圖1所示（1，3，4。）這個玉環的十個紋路，阿基米德（5，6）在極座標上的曲線公式， $r = \alpha * \theta$ 有滿意的描繪，式中 r = 半徑距離， θ = 角度， α = 常數。把這個玉環的照片從直角坐標改為極座標（ r, θ ）後（圖1B），這些螺線在圖上表示出有斜率 α 的直線。從這十個螺線中，筆者獲得 $\alpha = 6.51 \pm 0.01$ 毫米/弧度，所有的螺線具有一個共同的原點（即 $r = 0$ ）。並符合這個玉環幾何圖形的中心。而且每一個雕刻的紋路與最符合螺線的差距均在200微米之內。

其他春秋時代具有精確螺旋曲線出土的玉環包括：從安徽壽縣蔡候墓出土的文物M102：1及M102：2（3，7）；一個江蘇吳縣積聚的財寶（1，8）；及一個從陝西西安沙浮托出土的玉環（9）；及曾經鑒驗並曾在西方收藏集（2，10）發表過的文物中。這些紋路的均勻及精確度有力的提示其有一個機械的由來，而且與同時代的典型的複雜玉飾，其紋路的彎曲，方向，寬度時有變更，有鮮明的對照。為了表達這些觀察到的阿基米德螺旋線紋，這個器械用來繪製或直接雕刻這些紋路必須有精確相連的轉動及線性的運行。在此用西元前550年已知的技術重建這個機械，可能如圖1c所示。

雖然一個較簡單的設計，諸如栓在一個卷軸上的細繩在繃緊時展開也可描繪一個螺線，但代表這樣的螺線，其數學式與實際雕刻的紋路不會符合。僅用一種形態運動的簡單機械，諸如陶工的旋盤，在春秋戰國前即已滿意的使用，對比之下，精確互變不同方式動作的精確複式機械的文獻，直到西元一世紀才再現，歸功於亞歷山大海洛（西元一世紀左右），或普魯塔克（西元45—125年）有關阿基米德的文獻(11)。

下寺的玉環對精確複式機械在中國古代的存在予以提早了至少三個世紀的根據，並增強了對春秋時代機械精確程度的認識。由漢代（西元前206年至西元220年）的雕刻以至有了機械化的多種農業工序，諸如碾磨及揚穀，可推知，在中國，創造這些螺旋曲線的複雜機械或可能列于曲柄的始祖(12，13)。

圖一A. 摘自河南浙江下寺楚丞相(552B.C)一墓的玉環M1：7，直徑200毫米。紅色斑點代表的阿基米德理論的螺旋線紋，均得自同一公式，有一個共同的中心點，僅旋轉不同而已。

圖一B. 從直座標改為極座標後，阿基米德螺旋線紋均在玉環M1：7影像上形成由斜度 α 的直線。玉環的輪廓在上下邊外略有所變形，所有線條都是平行的直線。

圖一C. 一個簡化機械描繪阿基米德螺旋曲線的綱要圖示。其上，一條線（紅色）緊纏在一個轉盤（灰色）的軸（藍色）上。其兩端則固定在一棍棒（黃色）上。在此棍上的抑制器（紫色）迫使描繪針（綠色）沿著半徑的運動。木棍不變的線性移置運動使轉盤定量轉動，產生阿基米德螺旋曲線（黑色）。