

「水運儀象台」





水運儀象台

古代中國人對於宇宙的起源並沒有很大的興趣，卻很注意宇宙的結構、形狀與動力的問題，於是有古老的宇宙論派——「蓋天說」、「渾天說」與「宣夜說」。「蓋天說」認為「天」好像斗笠，「地」則像一個倒覆的盤子，二者都呈中心隆起，外部低陷的形狀，其運行有如一個傾斜的向左旋轉的推磨。此一論派又根據陽氣盛衰，而有夏日長、冬日短

和陰氣之有夏日長的說法。論派——「宣夜說」，則是經驗提出「氣」所法；日月於「氣」不同的運動規律，此一論派也指出北斗星環繞北極轉移，而北極星則固定不動。至於所謂「渾天說」，則在戰國時就有論述，它是一個以地球為中心的宇宙理論，此一論派到西漢由落下閎加以提倡，主張「天」「地」的關係有如鳥蛋，蛋殼包著蛋黃，天與地的形狀皆渾圓如球形，天

另一宇宙
「宣夜說
透過日常
宇宙是由
形成的看
星辰飄浮
中且各有



「宣夜說」，則是經驗提出「氣」所法；日月於「氣」不同的運動規律，此一論派也指出北斗星環繞北極轉移，而北極星則固定不動。至於所謂「渾天說」，則在戰國時就有論述，它是一個以地球為中心的宇宙理論，此一論派到西漢由落下閎加以提倡，主張「天」「地」的關係有如鳥蛋，蛋殼包著蛋黃，天與地的形狀皆渾圓如球形，天



體裏外多是水，且等分爲二，一半覆在地平面上，一半隱於地平面下。東漢張衡是「渾天說」論派中之集大成者，他明確指出：地的形象是個圓球，其外圍是渾圓的天，但渾圓的天仍非宇宙的邊界，宇宙是無邊無際的至大的天體。他更著手製造用來演示渾天的儀器——「水運渾象」，奠定了製造天文儀器的基礎。至唐玄宗開元11年（西元723年）張遂和梁令瓊所鑄的黃銅水運渾天儀，爲當時世界上最進步的天文儀器。北宋張思訓承接唐代的創造技術，製造太平渾儀，他用水銀做爲動力，消除溫度對水運機械精確度的影響，使之在冬季仍可正常運作。

北宋哲宗元祐元年（西元1086年），由於翰林天文院與太史局對熙寧年間製造的新渾儀難以運行時有評論，於是命蘇頌另製渾天儀，並請王允之監督製造，太史局一些天文曆法學者與韓公廉等負責測驗晷影刻漏。蘇頌等人先製小樣呈驗，再歷時三年，製成大木樣進呈，



置於集英殿，經測試後尚稱準確，即另造銅器，於元祐7年4月鑄造完成銅製的水運儀象台。蘇頌除採歷代天文諸家之法外亦有所創新，他將渾儀、渾象、漏壺三器聚合爲一臺高約12公尺，長、寬各約7公尺的建築。

水運儀象台是宋朝的天文鐘，具有天文觀測與報時功能，其構造分三層：上層爲「渾儀」，專司觀測天象；中層爲一直徑118公分的球體，稱「渾象」，可和渾儀所觀測之天象相互核對；最下層是木閣覆蓋之「晝夜機輪」用以報時。水運儀象台乃採用漏滴的穩定性、等



流速法、齒輪機械的原理，並利用水力推動來指出星宿的位置和時間，是科學與技術上的重要成就。

該座水運儀象台後因金人南侵而毀壞，南宋時秦檜曾多次走訪，試圖復原整座儀器，然而因資料流傳甚少而放棄，直到最近才由王振鐸先生與英國科技史家

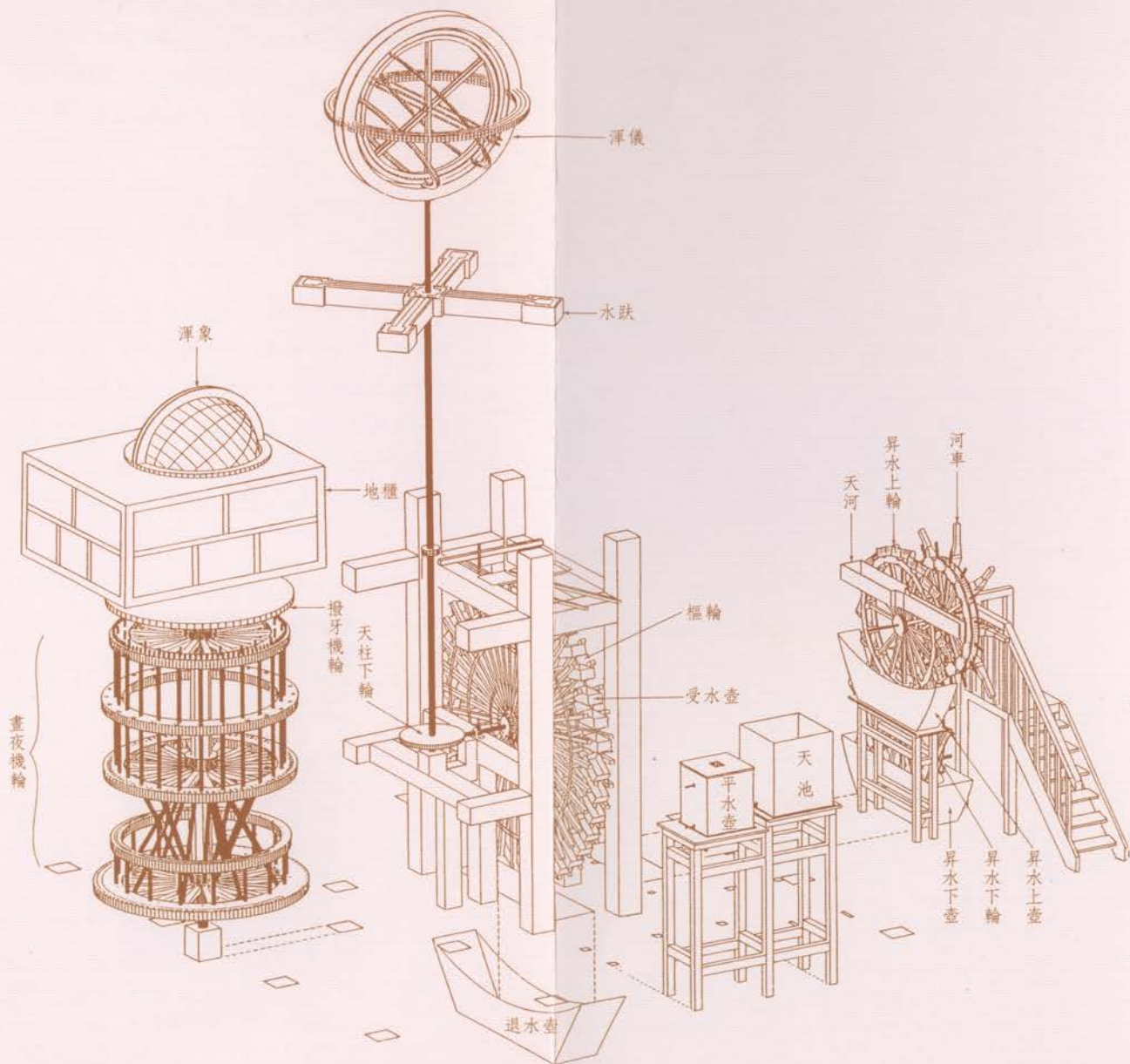
李約瑟等對水運儀象台做深入的研究，目前只在英國、日本及中國大陸的北京歷史博物館、蘇頌科技館等處才可看到或縮小或部分復原的模型。

本館展示之水運儀象台，乃依據蘇頌所撰



水運儀象台構造圖

《新儀象法要》的文獻內容研究復原而成，為世界第一座功能完備，且能運轉之原尺寸木樣模型。從民國76年起本館助理研究員郭美芳小姐在漢寶德館長的指導之下即著手研究解讀《新儀象法要》及繪製施工圖，本館同仁陳有德、林政傑二位負責打造樞輪機件，並協助進行平水壺的水壓，渴烏（出水管）的口徑等實驗。測試成功後，乃請成大機械系陳鐵誠教授研究齒輪傳動系統裝置，慶仁營造公司製造「晝夜機輪」並請清大歷史研究所黃一農教授研究「渾象」星圖。民國80年底再由慶仁營造公司建構木閣，林建成先生製作「渾儀」、「渾象」，而於民國82年8月全館四期完成開放的同時，成功地復原展示出宋朝蘇頌所做的「水運儀象台」。這座水運儀象台矗立於中國科學廳一樓的「中國的科學與技術」展示區中，其中「渾象」、「渾儀」部份與二樓的「中國人的心靈生活」展示區並立，既是展現中國科技又是象徵中國精神文明之最佳代表。





以下就水運儀象台之給水系統、動力系統（包括1.水力驅動、2.輪軸運轉、3.傳動裝置等）及其主要功能（包含1.天象運行，2.天象觀測，3.報時裝置等）分別詳述如下：

給水系統

整座水運儀象台的給水系統乃由河車、昇水上壺，昇水下壺、昇水上輪和昇水下輪構成。首先將昇水下壺蓄滿水，再藉由人力轉動河車，以帶動昇水上輪及昇水下輪同時轉動，此時連結於輪上的竹斗，便將昇水下壺的水帶到昇水上壺中，再透過昇水上輪的竹斗將水打入天河，注入天池（圖1）。



圖1：
轉動河車，竹斗便可汲水



動力系統

水力驅動

以人力運作河車，撥水注入天池時，由於撥動速度快慢不一，易造成水流多寡不均，若再直接將天池之水注入受水壺，則受水壺受水的速度將有差別，導致樞輪無法維持等速運轉。解決之道，是在二者之間置一平水壺以調節水流（圖2），使每一個受水壺能在一定時間內，承受一定的水量，而使晝、夜、儀、象皆能模擬天象運轉，準確的配合天體運行。

圖2：
平水壺能使水流平穩



2 輪軸運轉

樞輪為水運儀象台的動力系統，包含36個固定在36組輪軸上的可傾式受水壺，受水壺受水後轉動樞輪。樞輪每隔25秒轉動一輪輻（即每隔25秒下落一個受水壺），其運作方式描述如下：在平水壺架下置二組橫桿，其兩端分別為「樞衡」與「格叉」；「關舌」與「樞權」（圖3）。格叉是用來頂住受水壺的活動橫桿，當受水壺所承受的水重大於另一端用以平衡



圖3：
平水壺下之橫桿
①格叉
②關舌

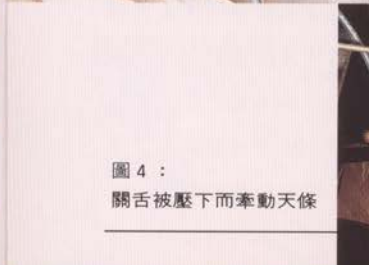


圖4：
關舌被壓下而牽動天條



圖5：
天衡組件
①天條
②天權



重量的樞衡時，格叉便被扳下使得受水壺下傾，而壓下啟動機件——關舌（圖4）。關舌乃經由「天條」連結位於樞輪上方之「天衡」（具有擒縱機能的另一組橫桿）（圖5）。當受水壺下傾，壓下關舌時，天條帶動天衡而打開「左天鎖」（制止樞輪向前轉之卡子）（圖6

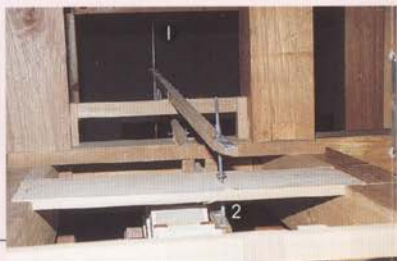


圖 6：
制止樞輪前轉之左
天鎖
①天條
②左天鎖

)。此時受水壺內剩餘的水，藉著重力加速度，牽動已鬆開的樞輪，樞輪即往前轉一輪幅，而此壺中的水也同時落入退水壺中。完成上述步驟時，下一個受水壺隨即降至格叉上，此時左天鎖再度關上，以停住樞輪，並以右天鎖防止樞輪因反作用力而反轉。待受水壺滿水下傾時，壓下關舌，再開始一連串的擒縱動作，如此周而復始使水運儀象台運行不已(圖7)。

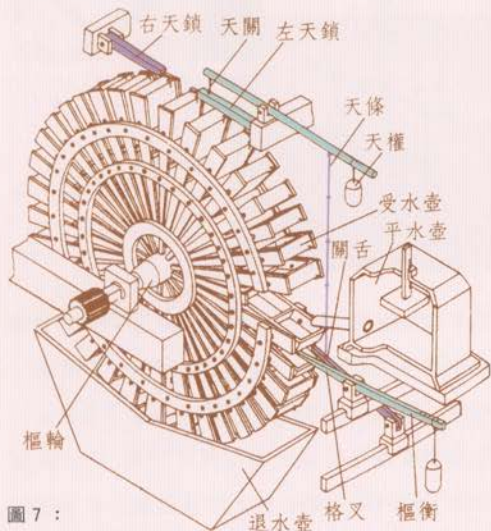


圖 7：
水運儀象台擒縱機構
摘自／中國大百科全書

3 傳動系統

水力是水運儀象台的動力來源，它帶動齒輪運轉，使整座天文鐘活動起來。

「天柱」為傳動系統之主軸，由同貫一中心軸的三個齒輪：下輪、中輪與上輪所組成。當樞輪運轉時，軸心尾端的齒輪隨之運轉，牽



圖 8：
樞輪帶動天柱
①天柱下輪
②樞輪軸心尾端的齒輪

動與之嚙合的天柱下輪而轉動整支天柱(圖8)。此時天柱之中輪又牽動另一軸上的撥牙機輪(大齒輪)，使得「晝夜機輪」轉動及同貫一軸的「渾象」開始運轉(圖9)。天柱上輪亦同步帶動「渾儀」上的三辰儀使之運轉。



圖 9：
天柱帶動撥牙機輪
①天柱中輪
②撥牙機輪



主要功能



天象觀測 (渾儀)

渾儀是中國古代用來測量天體位置的儀器，是近代座標儀的先驅（圖10）。渾儀為三重輪之組合。第一重為六合儀，由天經環（子午圈）、地渾環（地平圈）、和天常環（赤道圈）組成，分別刻有周天度（365.25度）、二十四方位、百刻時刻，是用以確定天體的空間與時間的固定環圈。第二重為三辰儀，由黃道環和赤道環相交而成，在六合儀內轉動不息，赤道環上面刻有二十八宿距度與二十四節氣，配



圖10：
渾儀用以觀測日、
月、星辰的運行

合模擬太陽運行軌跡的黃道環，以演示天體運行，推演節氣變化。第三重為四游儀，置於三辰儀之內，可繞著極軸東西運轉跟蹤天體，四游儀上的望筒可上下旋轉，以觀測星體（即日、月、星辰及流星等）運行及記錄其座標。在利用四游儀望筒觀測到某一星體時，可從赤道環上讀出該星體的「入宿度」（即中國在赤道

座標中對經度的表示方式），另外可從天經環、地渾環計算出「去極度」（被測星體與北天極的緯度差），並從天常環得知觀測當時的時刻，如此，既可記錄該星體所在位置，亦可觀測星宿得知時刻與四季。渾儀以四龍柱支撐，立於十字水趺末端的水斗上，繫雲為一垂直立柱位在十字水趺交會處，以雲氣上承六合儀（圖11）。水趺之中鑿有水道，利用水流來觀測水平，以調整六合儀，確保子午線及地平線在一定的位置上。



圖11：
上／十字水趺及繫雲
左／立於四維方位的
龍柱



渾儀又名渾天儀，是中國古代研究天文的觀測儀器，其起源甚早，但發明的確實年代已難查考。自西漢以來，歷代天文學家均以製造渾天儀為第一要務。東漢中期，張衡造渾天儀，引進了黃道環、地平圈和子午圈，使渾天儀的構造漸趨複雜精確。晉明帝太寧六年（西元323年）孔挺作渾天銅儀，已含有四游和六合儀，此後歷代續有改進。唐初李淳風著「法象志」一書，是綜合分析古代渾天儀之優缺點而寫成的。唐高宗麟德二年（西元665年）製木質渾天儀，由外而內，具六合、三辰、四游三重套疊的環圈，體制已屬完備。宋神宗熙寧七年（西元1074年）沈括亦作渾儀，但將三辰環中的白道環（觀月）去除，並修正一些環圈的位置，以免遮掩天區，影響觀測。宋哲宗時蘇頌就前人已發展出的觀測環圈、尺寸設計及機械裝置等加以鑽研，增置了帶動三辰儀運轉的「天運環」，並在渾儀上覆蓋一面以九條木板鋪成且可以自由摘取的屋頂稱「板屋」，達到防止雨雪又不影響天象觀測的目的。



2 天象運行（渾象）

渾象是古代中國人根據天文觀測的結果而製造出模擬天體運行的儀器，它將太陽、月亮、二十八宿等天體以及赤道、黃道都繪製在一個圓球面上；讓人們不受日夜時間的限制，隨時瞭解當時的天象。白天可以知道當時無法以肉眼看到的星星與月球所處的方位，陰雨天和夜晚亦能曉得太陽與月亮的精確位置。它不僅補足肉眼無法觀測的空白，且能幫助人們理解日、月、五星的運動規律。渾象是以木櫃（又稱地櫃）支撐，其南極部分以三十五度多（依當時國都開封的緯度）傾斜角置於地櫃之內。

（圖12）天輪亦置於地櫃之中，而以另一中介齒輪（一般稱為惰輪）銜接渾象的天運輸。當天輪西向運轉時，渾象的天運輸也西旋，渾象上之星宿隨之左旋，以一天運轉一周的速度演示天象運行。



圖12：渾象

世界最早的星辰圖，出現於戰國時期中葉，係由石申所編。因中國人相信天象和政事是互動的，天能干預人事，而人事能感應上天，所以星象便按照世間朝廷的組織編制來劃分；星群的名稱亦和朝廷中的職官相對應，如紐星屬北極星官，居於北天中央的位置，且紐星固定不動而其他星體環繞著它運行，形成所謂的紫微垣（拱星區）；紐星附近的恆星代表著中國的皇帝及皇室成員，其星官便依據皇室的官員或政府部門命名；其他恆星則以戰國時期的國名稱之。除此之外，亦將分布於赤道、黃道附近由恆星所組成二十八宿，劃分為東宮蒼龍、南宮朱雀、西宮白虎、北宮玄武等方位。依據二十八宿，星辰的出沒及出現在南中天的時刻，來判斷季節，並以太陽一年內在黃道運行的二十四個特定位置設定二十四節氣，更精確的反映季節的變化。蘇頌總集宋朝以前的天文學成就，除了根據西元1078—1085年間，宋朝第四次觀測結果繪出含1464顆恆星之星圖外，並另繪製以昏、曉為準的四時中星圖。

報時裝置 (晝夜機輪)

報時木閣位於水運儀象台最底層（圖13），而晝夜機輪置於這五層樓木閣後方，木閣由上而下，第一層開有三門，其內的「時刻鐘鼓輪」上方立有三人偶，每逢「時初」（即奇數鐘點，如子時初相當於晚上11點），則身著紅



圖13：
五層樓的報時木閣



圖14：
「時初」搖鈴



圖15：
「時正」扣鐘

衣的人偶，立於左門內搖鈴（圖14）；每逢「時正」（即偶數鐘點，如子時正相當於晚上12點），則身穿紫衣之人偶，立於右門內扣鐘（

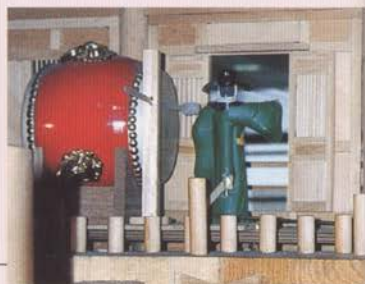


圖16：
每刻擊鼓

圖15)；至於每一刻鐘(即每隔十五分鐘)，則由身著綠衣之人偶，立於中門內擊鼓(圖16)。木閣第二層內為「晝夜時初正司輪」，上立二十四人偶，分別穿著紅衣及紫衣，每遇「時初」或「時正」就執牌，立於中門之內(圖17)。第三層木閣內是「報刻司辰輪」，上立有九十六人偶，每至一刻鐘，身穿綠衣的司辰官，便執牌立於中門之內以報時刻。



圖17：
人偶執牌報時



圖18：
古今時制對照圖



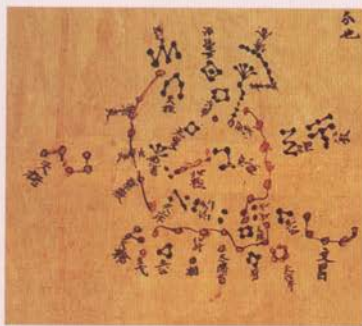
古制將一天分為十二個時辰(子、丑、寅、卯、辰、巳、午、未、申、酉、戌、亥)，每一時辰再分為八刻(圖18)。所以當第一層木閣內之司辰官搖鈴、擊鼓或扣鐘時，同時可看見第二、第三層之司辰官各執牌立於中門。第四、第五層木閣為夜間報時系統，古制夜間時刻的計算方式，乃從日入到日出之間，按更籌排列(夜分五更，每更有五籌)，其順序為：日入、昏(日入後二刻半，即初更)、五更(每更又分五籌)、待旦(分十刻)、曉、日出(曉後二刻半為日出)。第四層木閣內立有一身穿紅衣的司辰，在日入、昏、各更籌、各待旦、曉、及日出皆擊「金鈺」。第五層木閣



圖19：
夜間執牌人偶

內的三十八位司辰即配合各金鈺之聲響執牌出現於中門之內(圖19)。由於春、夏、秋、冬四季的變化，日出及日落的時間會有不同，因此第五層人偶之間距，會隨著四季變化而調整。如此，晝夜長短配合四季運轉而無誤。

亙古以來人類就以自己所能理解的方式來探索自然，解釋自然。因而造就了各民族特有的宇宙觀。古代中國天文學和占星術始終保持著密切的關係，使天文觀測與記錄成為官方極重要的工作。中國歷代均設職官對日、月及其他恆星、行星、氣象加以觀察來解天數、氣數及曆數，從而推知帝王及王朝的命運以趨吉避凶。漢朝更因「天人感應」及「讖緯之學」盛行，於政治上論證了統治者的合法性與合理性，樹立皇帝的最高權威。但是專制的思想統治會阻礙科學技術的發展，明代以後由於嚴厲的思想統治，禁止人民對天文學及自然界的探索，更以八股取士將讀書人束縛於科舉之中，使學術脫離實際，導致近代中國科學技術的衰敗。



參考書目

- 蘇頌 新儀象法要 欽定四庫全書
木鐸出版社編 1983 中國科學文明史
臺北 木鐸出版社
- 北京天文館編 1987 中國古代天文學成就
北京 北京天文館出版
- 劉君燦 1988 中國天文學史新探
臺北 明文書局
- 王振鐸 1989 宋代水運儀象台的復原
科技考古論叢 北京 文物出版社
- 管成學 楊榮堃 蘇克福 1991
蘇頌與新儀象法要研究
長春 吉林文史出版社
- 劉洪濤 1991 中國古代科技史
天津 南開大學出版社

發行人/漢寶德
策劃/張譽騰
審稿/漢寶德、張譽騰
郭美芳、王嵩山
主編/高慧芬
文字編輯/張蕙敏
圖片攝影/張蕙敏、王永信
電腦繪圖/謝志鴻
美術設計/謝月華
印製/興台彩色印刷(股)公司



國立自然科學博物館