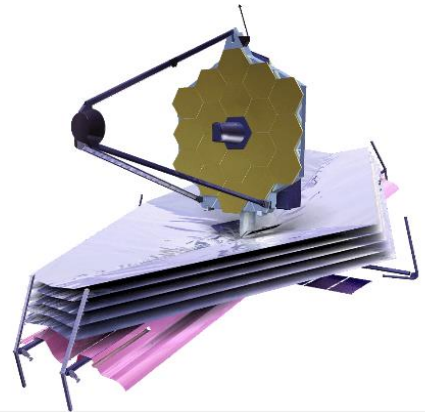


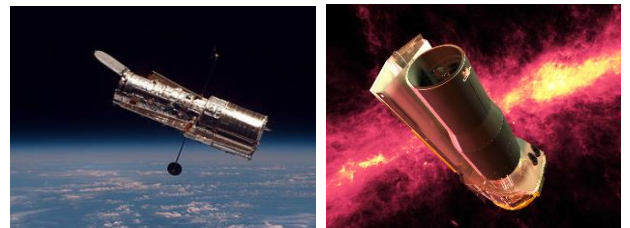
詹姆斯·韋伯太空望遠鏡



簡介 詹姆斯·韋伯太空望遠鏡 (James Webb Space Telescope, JWST) 是美國東部時間 2021 年 12 月 25 日 7 時 20 分發射的



紅外線太空望遠鏡，原計劃耗費 5 億美元並於 2007 年發射升空。但由於各種原因，導致計畫嚴重超支，發射時間數次推遲，最新預估總耗費高達 100 億美元。2019 年 8 月 28 日 NASA 表示該望遠鏡首次組裝完畢。它是歐洲太空總署，加拿大太空總署和美國航空暨太空總署的共用計劃。這是哈伯太空望遠鏡(1990-現在)和史匹哲太空望遠鏡(2003-2020)的後繼計劃。該計畫曾經稱為「下世代太空望遠鏡」(Next Generation Space Telescope)，2002 年以美國宇航局第二任局長詹姆斯·韋伯的名字命名。1961 年至 1968 年詹姆斯·韋伯擔任局長期間曾領導阿波羅計畫等一系列美國重要的太空探測計畫。它旨在提供比哈伯太空望遠鏡更高的紅外解析度和靈敏度，觀察物體的亮度比哈伯望遠鏡探測到的最微弱物體的亮度要低 100 倍。這將使天文學和宇宙學領域的廣泛研究成為可能，例如對宇宙中一些最古老和最遙遠的物體和事件（包括第一顆恆星和形成的第一個星系）進行高解析的紅移觀測，以及潛在適居住太陽系外行星的詳細大氣特徵。



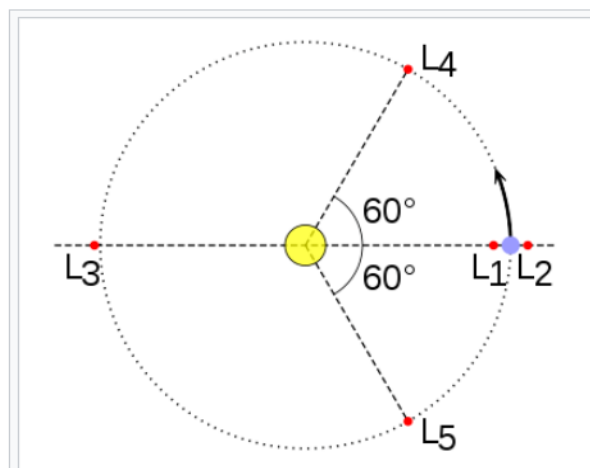
特徵 詹姆斯·韋伯太空望遠鏡擁有一個總直徑 6.5 公尺 (21 英尺)，被分割成 18 面鏡片的主鏡，及一個由塗有矽和鋁的聚醯亞胺薄膜(杜邦 Kapton) 製成的五層大型遮陽板將保持它的鏡片和四個科學儀器低於 50 K (-220°C ; -370°F)。放置於太陽—地球的第二拉格朗日點。這意味著其將在地球-太陽連線上地球背後的 150 萬公里處繞 L2 以暈輪軌道運行，而非像哈伯太空望遠鏡那樣繞近地軌道公轉。為便於觀測，機體要能承受極度低溫，也要避開太陽光與地球反射光等等。為此望遠鏡附帶了可摺疊遮光板，以屏蔽會成為干擾的光源。因其處於拉格朗日點，地球、太陽與望遠鏡三者的視界總處於一定的相對位置，不用頻繁的修正位置也能讓遮光板發揮功效。該望遠鏡的主要的任務是調查大爆炸理論的殘餘紅外線證據（宇宙微波背景輻射），即觀測今天可見宇宙的初期狀態。為此它配備高靈敏度紅外線傳感器、光譜器等。

任務 詹姆斯·韋伯太空望遠鏡有四個主要目標：(一) 尋找大爆炸後在宇宙中形成的第一批恆星和星系的光、(二) 研究星系的形成和演化、(三) 了解恆星形成和行星系統的形成、(四)研究行星系

統和生命起源。該望遠鏡執行計畫任務的時間為 5 年，而使用目標為 10 年。計畫中的 5 年科學任務將在 6 個月的調試階段後開始。JWST 需要使用推進劑來維持其圍繞 L2 的暈輪軌道，這為其設計壽命提供了上限，不過它的設計為，自身攜帶的推進劑足夠使用 10 年。L2 軌道是不穩定的，因此需要保持軌道站位，否則望遠鏡將偏離此軌道位置。

運行軌道

哈伯太空望遠鏡位於從地表大約 600 公里的低軌道位置上。因此，即使光學儀器發生故障也可以用太空梭前去修理。詹姆斯·韋伯太空望遠鏡位於離地球 150 萬公里的距離，即使出現故障也不可能派遣修理人員。但它位於第二拉格朗日點上，重力相對穩定，故相對於鄰近天體來說可以保持不變的位置，不用頻繁地進行位置修正，可以更穩定的進行觀測，而且還不會受到地球軌道附近灰塵的影響。五個拉格朗日點的位置如右圖所示，詹姆斯·韋伯太空望遠鏡將位於第二拉格朗日點。在該點上將永久背對地球。



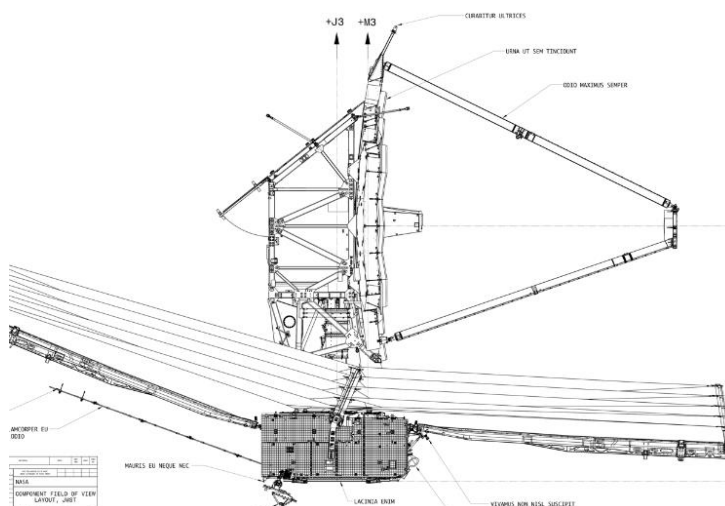
五個拉格朗日點的位置圖，詹姆斯·韋伯太空望遠鏡將位於第二拉格朗日點。在該點上將永久背對地球。

紅外線天文學

詹姆斯·韋伯太空望遠鏡 (JWST) 是哈伯太空望遠鏡 (HST) 的正式繼承者，由於其主要觀測重點是在紅外線波段的天文學，因此它也是史匹哲太空望遠鏡 (SST) 的繼承者。JWST 將遠遠超過這兩台望遠鏡，能夠看到更多、更古老的恆星和星系。而採用紅外線光譜進行星系觀測是實現這任務目標的關鍵技術，因為在宇宙中紅外線光譜可以更好地穿透模糊的塵埃和氣體，這將允許觀察到較暗、較冷的物體。由於地球大氣中的水蒸氣和二氧化碳強烈吸收大部分紅外線，因此地面紅外天文學僅限於大氣吸收較弱的狹窄波長範圍。此外，地球大氣層本身在紅外光譜中輻射，通常會壓倒被觀察星體發出的光。這也是為何太空望遠鏡更適合用於紅外線光譜的觀測。

望遠鏡構造

詹姆斯·韋伯太空望遠鏡的重量為 6.2 噸，只約為哈伯太空望遠鏡 (11 噸) 的一半。其中主要構件包括：(一) 結構總成、(二) 反射主鏡、(三) 遮光罩、(四) 科學酬載。



結構總成

是指韋伯望遠鏡的主支撐部件結構，它不僅用於支撐望遠鏡上的各項元件，也提供望遠鏡所需之計算，通信，電力，推進服務。它與遮光罩構成望遠鏡的太空載具元件。望遠鏡的另外兩個主要模塊是綜合科學儀器模塊(ISIM)和光學望遠鏡元件(OTE)。

反射主鏡

詹姆斯·韋伯太空望遠鏡的主反射鏡是一面直徑 6.5 公尺 (21 英尺)，具有 25.4 平方公尺 (273 平方英尺) 的聚光面積的鍍金鉍制反射鏡，黃金塗層提供紅外線反射性和耐用性。若將這面反射鏡製成一整面巨大的反射鏡，那麼將沒有運載火箭可以將其發射。於是主鏡被設計為一個由 18 塊六邊形鏡片組成的可摺疊反射鏡 (圭多·霍恩·達爾圖羅提出的大鏡面望遠鏡解決方法)，每個鏡面的拋光誤差不得超過 10 奈米；同時鏡面也經過專門研磨，使得其能夠在遮陽板陰影的極度嚴寒環境中保持正確形狀。這面反射鏡以摺疊狀態發射，在發射後再展開至工作狀態。在展開後，每個獨立鏡片將使用相位恢復波前傳感技術進行校準，所有獨立鏡片都會被非常精密的微型馬達校準至正確的位置。在這次初始設置之後，鏡面就不需要進行大的調整了，只需要每隔幾日更新一些參數以維持最佳聚焦狀態即可。詹姆斯·韋伯太空望遠鏡共使用了 132 個微型馬達 (稱為執行器) 來定位鏡片，也可以偶爾在望遠鏡受到了環境干擾時進行光學校準。其中 18 片鏡片中每一個都具有 6 個位置控制執行器，此外，在每片鏡片中央還有另有 1 個曲率半徑控制執行器來調整鏡面曲率 (因此每片鏡面共有 7 個執行器)，共計 126 個基本執行器。外加 6 個安裝於次級鏡片上的執行器，一共有 132 個執行器。每個執行器都可以以 10 奈米的精度對鏡片進行調整。主鏡的背面以蜂巢型鏤空來減低重量。詹姆斯·韋伯太空望遠鏡是一個三次反射消像散型的望遠鏡，這種望遠鏡的二級與三級反射鏡均具有曲率，可以在光學畸變很小的情況下以寬視場傳遞圖像。二級反射鏡直徑 0.74 公尺 (2 英尺 5 英寸)。此外，還有一枚可以每秒數次調整自己位置的快速反射鏡，這枚反射鏡用來消抖。主鏡的鏡片排成六角形，聚光部和鏡面都露在外面，容易讓人聯想到電波望遠鏡的天線。另外，它的主體也不呈筒狀，而是在主鏡下展開座席狀的遮光板。



遮光罩

由於詹姆斯·韋伯太空望遠鏡是紅外線望遠鏡，所以它的觀測組件的溫度必須保持在 50 K (-223.2 °C ; -369.7 °F) 以下，否則，觀測目標的信號會淹沒在來自望遠鏡本身、太陽、地球與月球的紅外輻射中。為了保持低溫，它使用了一個巨大的遮光罩以隔絕來自太陽、地球和月亮的光與熱量，並且為了使這三個天體處於望遠鏡的同一側，它被部署於太陽—地球的第二拉格朗日點的暈輪軌道上。望遠鏡位於 L2 點的暈輪軌道避免了來自地球與月亮的陰影，這使遮光罩與太陽能電池陣列可保持在穩定的環境中。遮光罩為其暗面的結構提供了穩定的溫度環境，而為主鏡在太

空中維持精準一致的溫度是非常重要的。該遮光罩具有五層，每一層都薄如人類的髮絲。遮光罩由聚醯亞胺薄膜製造，使用來自杜邦公司的特製雙面鍍鋁薄膜，在最靠近太陽的兩層遮光罩的向陽面，額外鍍有一層經摻雜的矽，以將太陽輻射反射回太空。2018 年測試期間薄膜的意外撕裂也是計畫推遲的因素之一。遮光罩被設計為可以摺疊十二次，使其能夠適應亞利安 5 號運載火箭的整流罩的尺寸。望遠鏡在 L2



點部署後，它將展開到 $14.162\text{m} \times 21.197\text{m}$ 大。因為遮光罩的原因，詹姆斯·韋伯太空望遠鏡並非在任何時刻都有一個很好的觀測範圍。望遠鏡在某一個位置時，只可觀測該位置 40% 的天空範圍，但是可以在六個月的時間中觀測全部的天空，在此期間望遠鏡會環繞太陽半周。

科學酬載

綜合科學儀器模塊 (ISIM) 是一個框架，可為韋伯望遠鏡提供電力、計算資源、冷卻能力以及結構穩定性。它由附著在韋伯望遠鏡結構底部的石墨-環氧樹脂複合材料製成。ISIM 裝有四個科學儀器和一個引導相機。其中包括：(一) NIRCам (近紅外相機) 是一種紅外成像儀，其光譜覆蓋範圍從可見光邊緣 (0.6 微米) 到近紅外光 (5 微米)；(二) NIRSpec (近紅外光譜儀) 還將在相同的波長範圍內進行光譜學分析；(三) MIRI (中紅外成像-光譜儀) 是由一個中紅外相機和一個光譜儀構成的組合體，它的觀測範圍是 5 到 27 微米的中長紅外線；(四) FGS/NIRISS (精細制導傳感器和近紅外成像儀和無縫隙光譜儀)，用於在科學觀測期間穩定望遠鏡的視野。值得一提的是 NIRCам (近紅外相機) 和 MIRI (中紅外成像-光譜儀) 具有阻擋星光的日冕儀，可用於觀察微弱的目標，例如非常靠近明亮恆星的太陽系外行星和星周盤。

