



精準之藝

創新與卓越 —— 跨越過去、現在與未來的傳奇

重點資訊：

- 從金屬原料到時計成品：每一步皆追求精準
- 碰撞、磁力和地心引力：應對精準走時所面對的挑戰
- 為精準走時與複雜功能之間無法並存的情況提供突破性解決方案

積家深信，要在任何領域取得成就，均需要時間、耐心和努力。精準是積家的核心價值，而大工坊對精準之藝的追求始於兩世紀前，日後也將持之以恆、精益求精。

積家創始人安東尼·勒考特（**Antoine LeCoultre**）對精準度的不懈追求，驅使他投身製錶業。在開設自己的首個製錶工作坊前，他在父親的鍛造廠工作，當時便已經發明了以前所未有的精準度將鋼材切割為小齒輪的機器。一代代製錶師、工程師、設計師和工匠追隨創始人的腳步，在製錶過程的每個領域和步驟中，由構思和設計、為原材料加工以製作成可用的零件，及至組裝、潤飾和裝飾等工序均力求精準。2024 年，積家透過四個篇章講述大工坊追求精準的傳奇之旅。

精準製造

在製錶業，製造流程的精準度是決定其他步驟成功與否的關鍵，而安東尼·勒考特深明這一點的重要性，他早期的發明便為製錶業掀起變革。

1830 年，即在建立自己的製錶工作坊的三年前，他發明了一台可以將鋼材切割為小齒輪的工具，並獲得專利。製錶師無需再以手工方式逐一為齒輪塑形，而是運用工具並以前所未有的精準度，按照預定規格製作出多個一模一樣的小齒輪。

14 年後的 1844 年，安東尼·勒考特發明了微米儀（**Millionometre**）。微米儀是世界上第一台能夠精準測量微米的儀器，能夠以高度精準度測量零件，更有助將其進一步微型化。此創舉讓工匠精準測量零件，進一步推動微型化的發展，兩者可謂相輔相成。微米儀的數量極少，大工坊對此技術秘而不宣，並在 50 多年的時間以此為精準度的標準。



安東尼·勒考特繼續不懈追求精準度，在生產流程中應用了新工具，例如 1850 年的齒輪矯正器，1860 年的銑削切割工具，進一步提昇大工坊生產高精準度腕錶零件的能力。

積家憑著微米級的測量精準度製作了多項傑作，當中包括全世界最纖薄的機械機芯。厚度只有 1.38 毫米的 145 型機械機芯在 1907 年面世，搭載於因造型纖薄而稱為「Couteau」（意指「刀」）的懷錶內。

為傳承安東尼·勒考特對製錶精準度方面的貢獻，積家大工坊從 1926 年起悉心保存各種模具。如今，積家備有超過 1,900 種衝壓件，可用於生產或維護大工坊自製機芯。

安東尼·勒考特畢生不斷研發精確校準的新型衝壓機和切割機器，以及車削零件的機械車床。他的發明讓大工坊能夠連續生產完全相同的零件，而他對精準的追求也為現代製錶業的發展奠定了基礎。1851 年，他在倫敦世界博覽會獲頒一枚金牌，以表揚他的卓越成就。

在整個 20 世紀期間，技術蓬勃發展並延續至 21 世紀，而積家在製錶過程中運用現代化的輔助技術來確保精準度。大工坊很早便採用 CNC（電腦數值控制切割）技術，在 1982 年購入首部 CNC 機器，並在設計過程中運用電腦輔助設計（CAD）工具。近年來，電火花、激光切割和 3D 原型製作等技術，將製造過程的核心階段變成一門精準的科學。然而，這些技術只是輔助工具，無法取代初始設計、原型製作和組裝等各個階段，以及腕錶機芯潤飾和裝飾過程中的精準手工技藝。人手的精工細作是令高級製錶與眾不同的重要元素，為高級鐘錶作品注入難以言喻的「靈魂」。

精準計時

精密計時是指走時精準度，而精密計時器是經過嚴格測試而獲認證的高精準度機械機芯。19 世紀中葉，光學技術的發展促成了天文台的誕生，使精準測量行星的運動成為可能，並由此定義我們所熟知的時間，而天文台認證由此應運而生。

秉承創始人對精準度的不懈追求，積家大工坊在 190 年的發展歷程中研發了多枚天文台機械機芯。為達到所需的精準度，每枚精密計時都是深入研究的成果，體現了研究人員就腕錶如何應對各種考驗和挑戰所投放的努力。製造精密計時機械裝置需要高超的技術工藝，小齒輪必須精準成形，齒輪之間必須完美嚙合；驅動機芯運作的零件之表面必須經過仔細拋光，以減少摩擦；金屬必須能抵抗溫差。

在追求精準度與耐用性的過程中，機械製錶面臨著重重挑戰，包括碰撞和撞擊、磁場、動力和地心引力等。

挑戰 1：碰撞和撞擊

振頻較高的機芯，防震性能較佳。為滿足對耐用機芯的需求，積家大工坊於 1970 年推出 916 型機械機芯，振頻高達每小時 28,800 次（4 赫茲）。積家由此突破了當時傳統的 3 赫茲或 2.5 赫茲振頻，為製錶



業樹立新的標準。為了不懈追求精準，積家為 **Master Compressor Extreme Lab** 極限運動大師系列腕錶開發出精準無匹且穩固可靠的 **781** 型機械機芯。這款機芯匯聚多項創新元素，其中擺輪游絲配備特殊的保護裝置，可在極端條件下（如受到撞擊時）限制游絲的運動。

挑戰 2：磁場

磁場會令某些零件磁化，使其運行過慢或過快，因而影響機械腕錶的精準性能。積家大工坊於創立初期已開始探索可提昇擺輪游絲性能的不同材質，早在 19 世紀末便率先在搭載於計時懷錶內的 **LeCoultre Calibre 18RV** 型機械機芯使用鈀金擺輪游絲。此創新設計為時計贏得了天文台認證。為進一步消除磁場的影響，1958 年面世的 **Geophysic** 地球物理天文台系列腕錶配備具防磁保護功能的軟鐵內殼，設計耐用又防水，並且走時精準。因此，這款腕錶獲天文台認證，也是首批具備上述功能的腕錶之一。

挑戰 3：動力

機械腕錶透過上了鏈的盤簧為機芯提供動力。低動力儲存會對走時精準度產生影響，因為逐漸鬆開的主發條會降低平衡擺輪的振幅，導致運行不穩定，走時出現偏差。具備較長動力儲存的腕錶可延緩「低動力」情況的出現，確保機芯更規律地運行，在較長時間內保持精準走時。在 19 世紀，積家大工坊的製錶師解決了因增加複雜功能而對走時精準度帶來的挑戰。他們於 1881 年推出 **19/20RMSMI** 型三問報時機械機芯，其兩個發條盒為同時確保走時和複雜功能正常運行的單一齒輪提供動力。這項創新設計為 21 世紀革命性的 **Duometre** 雙翼概念奠定了基礎。為追求最高的能源效率，2004 年面世的 **Master Eight Days Perpetual** 大師系列八日動力儲存萬年曆腕錶將萬年曆與八日動力儲存相結合，卓越性能與優雅設計相得益彰。

挑戰 4：地心引力

當機械腕錶處於不同位置時，地心引力會影響平衡擺輪和擒縱裝置，導致走時出現偏差，損害腕錶的精準性能。為抵消此不良影響，一些腕錶配備了陀飛輪，此裝置能夠令上述零件持續旋轉，從而抵消地心引力造成的走時誤差。積家於 1946 年推出著名的 **170** 型機械機芯，這款機芯曾多次參加精密計時大賽，並屢獲殊榮。在安東尼·勒考特的造物精神驅動下，積家大工坊於 2004 年推出多軸陀飛輪，打破製錶領域的界限。

積家大工坊早在 19 世紀，即 **CNC** 機器和激光切割等現代化的精準輔助工具發明之前，便開始製造天文台認證懷錶。當中部分懷錶搭載簡單的機制，因此可影響計時精準度的變數較少。然而，大工坊亦有製作搭載複雜功能的天文台認證懷錶，並在 1890 年克服挑戰，創作了天文台認證的 **Grande Complication** 超卓複雜功能懷錶。

1992 年，積家啟用「**1000 Hours Control**（1000 小時測試）」認證。這是製錶業界其中一個最嚴格的檢測流程，不但測試機芯，還測試組裝好的腕錶，所要求的精準度比標準的瑞士天文台認證更高。首款獲「1000 小時測試」認證的機芯是 **Master Control** 大師系列腕錶的支柱——**899** 型機械機芯。



積家不斷尋求提昇計時精準度的方法，近年來的創新發明主要圍繞關鍵零件的材質，包括砵材質以及減少摩擦的全新潤滑劑，以改善能量傳輸。另外也有全新的齒輪和平衡擺輪結構及全新形狀的擒縱輪和擒縱叉，多項研發成果有效改善等時性，從而提高計時的精準度。

精準調節裝置

調節裝置是機芯的其中一個重要部分，由平衡擺輪和擺輪游絲（法語名稱為「spiral」）組成。它是機械機芯中令人迷醉的元素，彷彿擁有生命力，就如機芯的心臟。擺輪游絲的擴張和收縮控制「心跳」的規律性，也稱為等時性，是精準計時的關鍵要素。

積家是少數掌握相關專業技術的製錶工坊之一，能夠製作和塑造不同形狀的擺輪游絲。數十年來，大工坊的工程師孜孜不倦地就這個關鍵零件進行深入研究。早期的研究著重材質，而大工坊在 1890 年研製了創新的鈹金擺輪游絲；而近期的研究，則以擺輪游絲的形狀和陀飛輪為主。

擺輪游絲的形狀和連接部位（末端曲線）決定其擴張和收縮的方式。雖然使用扁平擺輪游絲是慣例，但積家工程師研究不同的配置，根據調節裝置的特定結構，找出能令擺輪游絲以最接近同心圓的形式，亦即最規則的方式擺動的游絲形狀。例如，工程師發現扁平（寶璣）擺輪游絲應用於 Gyrotourbillon 5 球型陀飛輪的效果最為理想，同時可維持 Gyrotourbillon 球型陀飛輪的小巧尺寸，而在 Tourbillon Cylindrique 圓柱游絲陀飛輪中，帶有兩個末端曲線的圓柱形擺輪游絲能夠以傳統擺輪游絲無法達到的同心度運作。大工坊的專家還為不同機械機芯研發了適合的球型和半球型擺輪游絲。他們不斷鑽研，精益求精。

考慮到地心吸力也會影響腕錶機制的微調平衡擺輪，他們將調節裝置進行整體研究，並在陀飛輪的設計找到解決方案。陀飛輪裝置在 18 世紀末面世以來長期被忽視，其透過在框架內旋轉的平衡擺輪以抵消地心吸力對腕錶走時的影響。1946 年，積家首款陀飛輪機械機芯——170 型機械機芯勝出納沙泰爾天文台精密計時大賽。1993 年，大工坊創作了首枚陀飛輪腕錶。

由於陀飛輪最初為懷錶而設，無法在所有位置抵消地心吸力的影響，所以積家製錶師增設第二個轉軸，以第一個軸垂直的角度轉動，以達至立體旋轉。2004 年，積家取得新的突破，推出首個多軸陀飛輪——標誌性的 Gyrotourbillon 球型陀飛輪，及後於 2012 年推出 Spherotourbillon 立體雙軸陀飛輪。2014 年，362 型超薄機械機芯面世，其配備固定在外圍的滾珠軸承框架的飛行陀飛輪和積家專利的 S 形擺輪游絲。積家以原型 Gyrotourbillon 球型陀飛輪為藍本，在 2016 年推出第四代 Gyrotourbillon 球型陀飛輪，並於 2019 年推出第五代 Gyrotourbillon 球型陀飛輪，將之搭載於 Master Hybris Mechanica Calibre 184 大師系列超卓複雜功能 184 型機芯腕錶。



精準複雜功能

精準走時的基本要求，是機芯發條盒必須以穩定的方式向調節裝置傳輸動力，以保持等時性，亦即機芯的規律「心跳」。

如果腕錶機芯需要額外驅動複雜功能，走時精準度可能會受影響，因為複雜功能本身需要動力才可運作。此外，腕錶在精準顯示時間的同時，還必須確保各項複雜功能顯示，例如月相、星空圖、已過秒數等在錶盤上精準顯示。

部分複雜功能以緩慢而相對規律的方式消耗動力，例如不同複雜程度的日曆功能。其他複雜功能，包括計時功能和三問報時，會在短時間內消耗大量能量。由於計時功能的目的是準確測量和精準顯示極短時間間隔的時長，因此對精準走時造成更大挑戰。

自積家大工坊建立初期，積家製錶師不僅掌握計時碼錶技術，還將此功能結合其他複雜功能，成功找出解決方案，可有效控制走時功能和複雜功能運作之間的能量傳遞，同時盡量減少對等時性的影響。

為解決走時與複雜功能之間矛盾的需求，積家工程師研發出 **Duometre 雙翼** 概念。2007 年推出的專利 **Duometre 雙翼** 機械裝置配備兩個發條盒，每個發條盒設有一組獨立的齒輪系，兩者均設於同一機芯內並以同一調節裝置連接。一組齒輪負責為時間顯示提供動力，另一組則驅動所有附加功能。這個概念確保複雜功能的運行不會影響走時功能，從而確保機芯運作的精準度，為愈益精密複雜的鐘錶製作帶來更多可能性。

積家製錶師在首次應用 **Duometre 雙翼** 概念時設定了艱巨的挑戰，那就是研發一款精準度可媲美天文台錶的計時腕錶。這款腕錶就是 **Duometre Chronograph 雙翼** 系列計時腕錶，搭載設有導柱輪的 380 型整合式機械機芯。自此，**Duometre 雙翼** 裝置亦應用於其他複雜功能，如月相顯示、GMT 功能、經典陀飛輪，以及 2012 年的球型陀飛輪。

2024 年，積家推出兩枚全新 **Duometre 雙翼** 機芯：第一枚是為 **Duometre Heliotourbillon Perpetual 雙翼** 系列三軸陀飛輪萬年曆腕錶提供動力的 388 型機械機芯，全新陀飛輪裝置圍繞三軸旋轉，締造「陀螺」般的視覺效果。第二枚是 391 型機械機芯，為 **Duometre Chronograph Moon 雙翼** 系列計時月相腕錶同時提供計時和月相顯示功能。

全新 **Duometre 雙翼** 機芯匯聚了積家累積了近 80 年的專業知識，代表大工坊在不懈追求精準之藝的道路上更進一步。延續由創始人開創的傳奇……



關於積家 —— 製錶師中的製錶大師 (The Watchmaker of Watchmakers™)

自 1833 年以來，積家憑藉對創新技術和創意巧思的不懈追求，並從積家大工坊所在地汝山谷靜謐的大自然環境汲取靈感，成功以掌握多項複雜功能和創製精準機械裝置而聞名遐邇。因著生生不息的造物精神，積家研發出 1,400 多種機芯並獲得超過 430 項專利，成為製錶師中的製錶大師 (The Watchmaker of Watchmakers™)。大工坊的製錶工匠運用 190 年累積下來的專業知識，設計、製作、潤飾、與裝飾最先進和精準的機械裝置，將製錶熱忱融匯百年精湛工藝，連繫過去與未來，令作品雋永卻永不過時。大工坊將 180 種製錶工藝匯聚於同一屋簷下，創作出多款兼具美學魅力、卓越技術與低調精妙之藝的高級時計。

積家 —— 精準大師

自 1833 年創立以來，積家不懈追求精準，這也是大工坊的核心理念。安東尼·勒考特 (Antoine LeCoultre) 的兩項重要發明為積家大工坊奠定了穩固的基礎，這分別是能夠以極高精準度切割小齒輪的工具 (1830 年)，以及世界上第一台微米儀 (1844 年)，對整個製錶業影響深遠。在積家大工坊，工程師和製錶師在對精準度的追求獲得了多項突破，首個多軸陀飛輪 (即 Gyrotourbillon 球型陀飛輪) 和不同形狀的游絲相繼問世。在複雜功能機芯方面，Duometre 雙翼系統確保腕錶的等時性 (機芯的規律「心跳」) 不會因複雜功能的運行而受到影響。對於積家而言，追求精準是創立以來的核心理念，日後也將持之以恆、精益求精。

jaeger-lecoultre.com