

行動中的川流發電：

小水力綠能技術創新的行動者網絡分析

楊弘任

國立陽明大學科技與社會研究所

綠能時代來臨之後，相較於歐、美、日等技術先進國家，做為技術後進國家的台灣社會，有沒有可能在「綠能技術移轉」之外，也有自身獨特的「綠能技術創新」？如果有，這樣的技術創新，會有哪些技術與社會之特質？本文由技術社會史深度描述入手，刻畫台灣社會技術後進狀態下技術創新之特質。分析架構上則以行動者網絡理論(ANT)為主軸，適度納入技術的社會建構(SCOT)之挑戰與修正，追溯並分析一位戰後初期出生於雲林農村，小學畢業、低制式學歷、高地方知識的本土發明家兼中小企業主；這位在地綠能技術創新者以全台灣遍布農田水圳為基礎，發明全世界獨一無二的「川流式水力發電」水輪機系統。創新者原係鐘錶師傅背景，多年拆解、組裝與改良鐘錶，不斷面對外來技術物「以物瞭悟」原理之後，演變出後進社會獨特的技術課題與技術解答。藉由這樣的「後進技術框架」與「工業地方知識」，川流發電系統逐漸形成更多人與非人之異質聯結，並在協商過程中嘗試強化新萌生網絡之穩固性。

關鍵詞：工業地方知識、行動者網絡理論、技術創新、後進技術框架、綠能

Green Energy in Action: ANT Analysis of the Innovation of the Micro Hydropower System in Taiwan

Hung-Jen Yang

Institute of Science, Technology and Society, National Yang-Ming University

In the age of green energy, is it possible that Taiwan, as a latecomer compared with European countries, the United States, and Japan in terms of technology, can have its own unique "green technological innovation" instead of merely relying on "green technology transfer"? If the answer is yes, then what are the characteristics of such innovation, specific to Taiwanese society? This paper starts with a deep description of the social history of technology, elaborating on the characteristics of technological innovation in such a latecomer society as Taiwan, by tracing and analyzing the story of a native of Yun-lin County, Taiwan, who, born shortly after World War II, is an inventor as well as an entrepreneur. The analytical frame of this paper is based on actor-network-theory (ANT), while applying and revisioning the social construction of technology (SCOT). With little formal education, but a large amount of industrial local knowledge, this green-energy technological innovator invented "small-scale water current turbines," based on traditional irrigation systems, an infrastructure constructed all over Taiwan. This innovator began his career by repairing clocks and watches, and after many years, he identified technological problems and developed technological solutions unique to a latecomer society, by constantly confronting himself with and developing his knowledge of foreign objects. Through the "latecomer technological frame" and "industrial local knowledge," small-scale water current turbine systems have gradually formed heterogeneous associations between humans and nonhumans and have attempted to negotiate and thus stabilize the emerging network.

Keywords: industrial local knowledge, actor-network-theory, technological innovation, latecomer technological frame, green energy

一、前言：川流，是不是綠能？

本席所提版本與行政院版本有幾個比較大的差異如下：第一、我們將水力排除在外，這與世界趨勢有一些差異，因為台灣的地質條件與國外川流式的不同，我們看美國尼加拉瀑布上游的部分，在美國與加拿大的水力發電並不會對環境造成衝擊，同樣的瑞典與挪威的水力發電也是採取川流的方式，但其截流設施不見得對河川的行水造成阻流的作用。反觀台灣的水庫發電，基本上對生態有極大衝擊……。（立法院公報第 94 卷第 54 期委員會紀錄，頁 393，郭俊銘委員發言，2005 年）

我相信不用我多講，大家都看到茂迪一再成為股王，茂迪總經理也曾對本席表示非常可惜，他們做了這麼多的太陽能板，結果都外銷到德國。事實上，德國太陽能的熱能大概只有我們的三分之一，也就是他們發展太陽能的成本是我們的三倍高……。（立法院公報第 94 卷第 54 期委員會紀錄，頁 394，田秋堇委員發言，2005 年）

〈再生能源發展條例〉於 2009 年夏天立法通過，台灣社會在政策意義上正式邁入了綠能時代。從歷年立法院公報看來，這部難產的再生能源法，自 2000 年立法院次級團體永續發展促進會提出第一部草案以來，足足經過九年時間，最後在包含行政院版本共計 8 個版本併案審查下，終於誕生了。實則，〈再生能源發展條例〉並不是特別複雜的法律設計，從立法宗旨、主管機關、條例用詞定義，到既有電力網的併聯義務、躉購費率審訂機制、輸變電設施土地使用權利、爭議調解等事項，共計 23 條文。

從不被重視的邊緣提案，到非通過不可的進步立法，關鍵因素牽

涉到全球情勢的急遽變遷。2000 年，全球首部再生能源法於德國立法通過。同年，台灣關心生態環境的立法委員提出第一部草案，但行政院並未有相應準備，該案因此未送交審查。2002 年底，行政院函請審議〈再生能源發展條例草案〉，與永續會立委擬具之〈獎勵再生能源發展條例草案〉，一起送交立法院經濟與能源委員會併案審查。可以說，從行政院提出相應草案版本後，再生能源議題才正式進入具體協商的議程中。

2002 年底至 2005 年中，表面上看來，立法院已進入一場再生能源的協商大戲之中。包含行政院版本，2005 年中總計八個版本的再生能源立法草案進場了，但這時的協商爭議，主要環繞在以生態環境為考量的立委對抗以再生能源發電補助為考量的立委。「生態立委」極力排除來自「補助立委」想把燃燒垃圾、燃燒稻穀、建造小水庫發電等納入再生能源定義之企圖。¹

「生態立委」與「補助立委」就各版本再生能源草案不斷協商，但立法進度幾乎原地打轉，隨著每屆立委選舉後成員的更替，經濟部官員、能源局官員也不斷被邀請到經濟與能源委員會就相同議題一再的重複說明。這一切要到 2008 年新的全球局勢變遷時，才有具體前進的動力。2008 年，全球從已開發、開發中到未開發國家，一起經歷一場「原油價格飆漲」的大恐慌。隨著國際原油價格逼近每桶一百美元以上，在這一年，替代能源、再生能源的議題變得具體而急迫。也就是在此時，立法院重新審查擱置兩年多，停留在 2005 年的再生能源法諸多草案。2008 年的全球能源危機，接續到 2009 年的全球暖化危機，這一次的急迫感，讓朝野各黨團協商加快腳步，到了 2009 年夏天，這部僅僅 23 條文、最後定名為〈再生能源發展條例〉的綠能法案，終於三讀通過完成立法了。²

1 這一階段關於前此「汽電共生」補貼政策的弊端不時被提出檢討，關心生態的立委們明確指出汽電共生制度扭曲了鼓勵能源多元化的原意，只成不合理的、過度優惠廠商的補助狀態，非常不願意看到再生能源法重蹈覆轍。詳見立法院公報 92 卷 33 期或 95 卷 12 期，行政院答覆立法委員彭添富、林國慶關於「汽電共生」弊端問題。

2 〈再生能源發展條例〉於 2009 年 7 月 8 日公布施行。

「川流發電」的議題何時進入立法協商過程呢？2005 年到 2008 年的立法審查，有一項議題從谷底爬升，原先各黨派已有共識，除非是非常少數的「非抽蓄式水力」，否則水力發電都應排除在再生能源定義之外。「生態立委」做好最佳的把關，凡是傳統抽蓄式水力發電都將牽涉到築成壩體、形成水庫、蓄積水量，也因此將對河川生態造成重大破壞。2005 年，選區位在台中縣（今台中市轄區），也參與大甲溪生態保育多年的立法委員郭俊銘，在經濟與能源委員會中於是明確發言表示，「我們將水力排除在外，這與世界趨勢有一些差異，因為台灣的地質條件與國外川流式的不同……台灣的水庫發電，基本上對生態有極大衝擊……」。

2005 年取得共識的明確立法方向「將水力排除在外」，到了 2008 年，朝野各黨派無論「生態立委」或「補助立委」卻都改變立場，同意將「川流式水力」列入最終條文。2009 年夏天三讀通過的立法條文，其中第三條即如此規定，「本條例用詞，定義如下：一、再生能源：指太陽能、生質能、地熱能、海洋能、風力、非抽蓄式水力、國內一般廢棄物與一般事業廢棄物等直接利用或經處理所產生之能源，或其他經中央主管機關認定可永續利用之能源……五、川流式水力：指利用圳路之自然水量與落差之水力發電系統。」在〈再生能源發展條例〉的最終條文中，川流式水力發電復活了。

本研究發現，最後被納入再生能源定義中的「川流式水力發電」，並不是台灣社會、甚至人類社會既有的技術物或技術系統。就在〈再生能源發展條例〉幾年之間不斷立法協商的過程中，新的技術物與新的發明者進場了。新的發明者有其自身的技術生命史轉折，他之所以在 1990 年代晚期涉入電力發明場域，並不是事先預知 2008 年能源、暖化危機即將到來或〈再生能源發展條例〉即將實現。新的技術行動者在遠遠早於這一波全球性危機發生之前開始設想「非傳統水力發電」的可能性，這位原先只是中小企業主兼石英鐘錶的創新改良者，因早年學徒時期經常拆解、重組、仿製德國老爺鐘，進而要求自己全盤掌握老爺鐘的各種精細槓桿、齒輪、彈簧、風阻葉片、重力銅

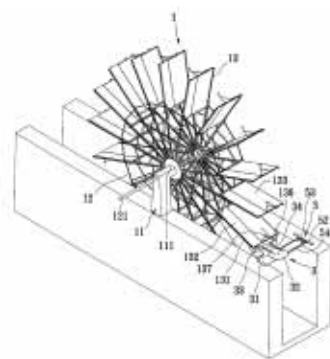
錘等設計原理，其後逐步推敲並昇華這些技術零件的設計概念、尺寸與材料。這些原先無法預料到最終用途的精細機械原理，在晚近十餘年卻被這位技術創新者轉換、挪用並昇華為綠能重工業設計之依據，也就是「高低落差重力式水力發電」與「川流式水力發電」這兩大系統。其中，尤其當「川流式水力發電」的全新技术系統在宜蘭灌溉渠道具體出現、試驗運轉之後，原先綠能立法協商過程的角力形勢也全然不同了。

這位創新改良者所發明的川流式水輪機，表面上看似傳統水車，但傳統水車無論如何難以發電。當川流式水輪機被設計出來、取得多國專利、真正能夠發電之時，以事後之見回溯分析，傳統水車與川流水輪機的最大差異即是，當灌溉渠道中水流開始驅動機體之時，傳統水車只是藉以實現直接由低處取水、或者效率極低的簡單傳動功能，這樣的水車只要前後左右平衡設計得宜就能正常運轉，其機體運轉時的啓動力量與水車中軸的反作用力都不大；但發電水輪機則全然不同，水輪機中軸的運轉力量必須足夠克服最終端發電機裡磁圈轉動時所產生的巨大反作用力，啓動之後又必須達到相當程度的每分鐘轉數 (revolutions per minute, RPM)，發電才成為可能。因此，以灌溉渠道小水力的水流來驅動發電水輪機，首先必須以極佳的啓動狀態為前提，也就是要能以相對輕微力道來啓動力矩極大的重型水輪機，也需避免水輪機中軸承受的瞬間力量過大而扭斷；事後之見看來，在水輪機設計上，啓動之時必須經由一定比例的葉片迎水、一定比例的葉片順水以便將水流控制在輕微力道階段，同時又必須以高度平衡與高效率連動之設計，讓水輪機在輕微力道下即能啓動。事實上，水車存在人類世界已久，想把水車拿來發電也早已不是新鮮事，雖然全球各地許多人都曾看著水圳水流而興起取用發電之想，但實際嘗試後幾乎都是敗興而歸，其中的困難就在這裡。整個創新設計的關鍵即是，如何在不影響灌溉渠道正常水流狀態下讓水輪機整體能維持高度平衡狀態，不會左右晃動甚至前後倒轉，旋轉時葉片也不會把水帶上來反而影響轉速；如何讓水輪機的直徑夠大而又能省力啓動；如何分段逐步加速直

到足以發電之每分鐘轉數；如何讓水輪機中軸不致因為水流力道與電磁反作用力相拮抗而扭曲或折斷；以及，如何將發電時動量極大的水輪機逐步煞車停止運轉（見圖一）。³

凡此種種，關於水輪機創新設計的一切細節，無不指向一種關於精細槓桿、控制葉片、材料與機械回饋之控制系統。從這位技術創新者發明川流式發電系統的過程中也將看到，各種功率的「發電機」早已模組化、各種轉速的「齒輪變速箱」也只需大小尺寸齒輪套裝配置、甚至「電力併聯技術」在電力私人經營的社會中也並非難事，真正難以克服的仍舊是，如何創造出足以有效取用小水力水流動能的機械連動裝置。亦即，關於發電機、齒輪變速與電力併聯都是只要組裝既有零件或既有系統即可，但如何從看似簡單的灌溉水流中有效取用其中動能用以發電，卻是最為困難之處。

川流，是不是綠能呢？從以上老爺鐘精細機械原理，以致水輪機的精細槓桿、控制葉片、齒輪變速等等，就技術物機械面向而言，這的確是省力、節能，極為有效取用小水力水流動能的綠能機制。就生態環境面向而言，川流發電無須築成壩體蓄水，不再以位能來發電而



圖一 川流發電原型水輪機全貌

資料來源：中華民國專利公報(2009/11/11)，專利證號 1316987。

3 圖一係川流發電水輪機之原型機體，專利名稱為「可控制之傳動系統及方法」。121 是水輪機中軸；31 至 34、以及 52 至 54 是針對葉片開合自動回饋機制之創新設計；131 至 137 則是葉片開合之裝置，藉由 136 之金屬勾啟動前述回饋裝置，決定多少葉片迎水、多少葉片通水，形成不同的受力程度，類似「打檔」意涵。

是利用水流動能來發電，對溪流河川生態環境的影響降至最低，也不影響農田灌溉需求。對比起來，在國外雖已有許多「小水力發電」案例，但小水力不必然是利用動能，縱使勉強利用之後也不必然能有效發電。進一步而言，當普通灌溉水圳的水流動能足以被有效取用而用於發電時，就為農業與電業相互加乘提供基礎條件，農業與電業不會互相搶水而能和諧共生，日後甚至能演變出農業與電業在地理景觀上的特殊風貌，連串水輪轉起之時，灌溉、照明等農業用電可以就近取用，鄰近的農田、菜園或果園也將與水輪機形成相互輝映的景色。

總之，「川流發電」綠能在地創新的技術史故事裡，一方面研究者看到技術後進國除了從技術先進國整廠輸出(turnkey solution)或局部模仿新技術之外，也可能援引先進國各階段工業化時期所打造之舊技術，轉化並昇華為在地的新技術，而且是省力節能的綠能技術；另一方面本研究也將看到綠能技術必然被包含在既有電力網的「大型技術系統」之中，就算任何創新技術獨立運作時能有其技術效率與成本效率，但若無法被納入再生能源立法定義中，則所產出電力不能強制要求既有電力網實現併聯與收購義務，這樣的綠能技術勢必難以抗衡於傳統發電。無論如何，綠能就是依賴於無法時時穩定一致的風力、陽光、水流等等，不像傳統發電由燃煤、燃油或核能製造水蒸氣推動渦輪進而發電，或者水庫大量蓄水由落差水柱衝擊渦輪穩定發電；也就是說，在有效又便宜的儲電電池系統出現之前，綠能必然要搭配在傳統電力系統中，以併聯方式，由既有電力網進行合宜的電力調度。就此意義而言，一項新的綠能技術創新能不能被納入再生能源立法定義中，就構成這項技術能否真實存在的關鍵基礎了。也就是在這樣的因素之下，我們很難區分哪些是技術的問題、哪些是社會的問題，相當程度而言，像綠能這樣的大型技術系統，自始就把技術與社會考量的各個層面融合在一起。以川流發電系統來說，從具體的水輪機、槓桿、控制葉片、齒輪加速器、煞車等機械系統，一樣具體的發電機、電箱、併聯網等電力系統，水流強度屢有變動的水圳系統，金融借貸、景氣變動的財務系統，水利會人事變動的派系系統，以及關鍵的

再生能源立法協商系統，任何一項子系統都是「大型技術系統」技術創新過程中不容忽視的因素，也因此諸多敏銳的研究者開始以打破技術與社會二分、人與非人(human and non-human)二分的分析視野來掌握這樣的技術創新現象，嘗試以多元子系統或多重網絡與異質行動者來定位這些現象。⁴

本研究也將指出，縱然藉助技術與社會研究之取向，研究者嘗試避免掉入「技術決定論」與「社會決定論」的任何一端，但最終仍須清楚界定出台灣社會作為技術後進社會之社會特質。技術後進社會，不同於技術先進社會，在後進社會中，技術行動者接觸外來的先進技術物之時，已像是接觸既存的自然物一般，很容易就進入拆解、模仿、製程改良，甚至是在地化解讀人造物原理、重新組裝進而創新原理的後進技術狀態。像台灣這樣的技術後進社會也不同于技術脫落的第三世界，技術後進社會持續被技術先進社會納入成為效率極高的生產線環節，每當先進技術物有其市場化量產需求之時，技術後進社會也就承接成為生產者，同時不斷打造出每一時期足以因應先進技術物的工程師、技師、黑手師傅等技術支援網絡。一定程度而言，所謂後進技術狀態即可說是，因應先進技術物效率化生產需求的過程中，在後進社會同時形成的技術支援網絡與工業地方知識。是以，本研究縱然以打破技術與社會二分、人與非人二分的視野入手，但關於「技術後進社會」的社會特質，仍是整體分析中時時浮現、相當重要之參照脈絡。

二、從技術史研究到行動者網絡理論

自 1980 年代中期以來，關於科技與社會研究(STS)的技術史或技術社會學研究領域，有了重大突破。首先，史陶登梅爾於 *Technology's*

4 關於電力系統等「大型技術系統」的技術動量、多元子系統與技術創新可能性等討論，詳見 Hughes (1989, 2004)。關於以「人」與「非人」之異質行動網絡來掌握當代科技與社會現象，則係行動者網絡理論之創見，詳見本文下述。

Storytellers（技術的說故事人）回顧了1959-1980這二十餘年間，在技術史研究重鎮 *Technology and Culture*（技術與文化）期刊中，總計272篇期刊論文(Staudenmaier 1985: 13)。經過這樣的回顧，史陶登梅爾指出當時技術史研究的重大缺陷，亦即研究者極易掉入技術決定論的進步史觀，將現存的技術現象當作唯一的、必然的、進步的技術現象。爲了克服這樣的史觀，他建議日後的技術史研究者應該注意：技術創新過程中沒有走的路、從勞動者觀點看到的技術、技術移轉時的文化衝突、非西方的技術、對資本主義的批判、女性與技術等六個面向(Staudenmaier 1985: 173-181)。關於技術知識的性質，史陶登梅爾也明確指出「技術不是應用科學」，技術知識有四大特徵區隔於科學知識：其一，技術知識是「挪用」(appropriate)科學概念，而非直接應用科學概念，就像愛迪生團隊嘗試發明電燈與電力系統時，並不是以科學最佳化的狀態來使用相關物理公式，而是以對比於既有煤油燈系統時成本最佳化的狀態來加以挪用。其二，技術知識、工程知識是一開始即納入「環境」(ambience)中經驗資料的知識，技術與工程知識的形成過程，仰賴諸多測試與運轉的數據資料，這些經驗值形成一種技術決策時的決疑資料(problematic data)。其三，工程理論也不同于科學理論，工程理論在「對象上」是人造設施而非自然，在「尺寸上」則經常必須面對全尺寸設施的運轉狀況而非實驗室的縮小尺寸模型。其四，技術知識與實作的技術技能(technical skill)極度相關，縱使歷史上不斷有人想將技術知識改造成類似技術食譜(recipe)、技術俗諺、技術幾何模版等明文化之企圖，但這仍是更爲凸顯技術知識之性質不同於科學知識(ibid: 103-120)。

1985年史陶登梅爾提出這些針對技術知識性質與技術史研究取向的反省與挑戰之後，形成一座重要的里程碑。到了1980年代中後期，無論「技術的社會建構」(the Social Construction of Technology, SCOT)或「行動者網絡理論」(Actor-Network-Theory, ANT)，這兩種處理技術與社會現象的理論化模式固然有其不同的社會本體論宣稱，一方主張「相關社會團體」(relevant social group)是最爲關鍵的技術創新或技術

變遷之因素，另方則主張「人與非人的異質聯結」(the heterogeneous association of human and nonhuman)才讓「某些技術物」與「某種社會」同時萌生出來，但兩者在理論架構中或顯或隱都深刻回應了史陶登梅爾關於避免輝格史觀技術敘事、細緻化技術型塑的社會機制等反省。

在 SCOT 理論架構中延續了「科學知識的社會學」所主張的「相對主義的經驗方案」(the empirical program of relativism, EPOR)，並將研究對象從「科學知識」轉向了「技術物」。為因應「技術物」的設計方向之詮釋彈性、設計過程的各種爭議、設計穩固後的詮釋封閉、以及使用者對既有設計要求解開黑箱再度實現詮釋彈性等狀況，SCOT 大膽提出必須在「相關社會團體」、「技術課題之界定」(technological problem)、「技術解答之設計」(technological solution)三項機制相互循環關連的架構下，解開技術物之黑箱。因為重視「相關社會團體」在工程或技術物設計過程中直接或間接的影響力，SCOT 成功的將社會與技術關連起來，而且不致因為重視「社會」而粗糙化約了特定工程或技術物的細節過程(Pinch and Bijker 1989)。在納入多股力量以考察工程或技術物設計方向與後續變遷時，SCOT 也自然避免了「輝格史觀」的陷阱。

研究者認為，早期 SCOT 一派固然有效的將社會帶回技術之中，但關於以「相關社會團體」來界定社會之性質，卻顯過度微觀取向，無法看到同一技術在先進的核心國家、後進國家，以及第三世界之間的流動或變化狀態。然則，1990 年代後期 SCOT 成熟作品中已陸續提出「技術框架」(technological frame)一說，該說將特定社會之技術目標設定、設計方法與基準、工程知識與默會知識、測試程序、技術物範例、使用者實作習性等要素，共同列為該社會「技術框架」之所以不同於另一社會「技術框架」的整體差異所在(Bijker 1997: 122-127, 269-290)。換句話說，經由技術框架之考察，研究者發現不同社會中的技術行動者可能形成不同的技術課題與技術解答。如果把這一架構轉放在更大的「先進／後進」、「核心／邊陲」、「殖民／被殖民」

等世界之構成當中，的確，後進邊陲的被殖民國家，其中的技術課題與技術解答之界定方式，或者說關於技術或技術物的接觸、習得、組裝、仿製、挪用、創新等等，將大大不同於先進核心的殖民國家。先進技術物來到後進社會，先是以近似「第二自然」的狀態被認知與接觸，無中生有的「物」來到了後進社會，人們把玩它、拆解它、組裝它、改造它，最後逼近一種對「物」之原理的「在地瞭悟」，這種「在地瞭悟」並不直接等同於其源頭先進核心國家裡技術實驗室或工作坊所經歷的一切。再換個方式說，技術後進社會狀態之下，技術行動者經常是藉由外來的「準自然物之技術物」而習得、挪用，甚至昇華或突破各階段累積之「工業地方知識」。這些即是台灣在技術面向上相對於先進社會的後進社會特質。

經由 SCOT 取向之啟發，本研究將緊抓「後進技術框架」的分析要點，但在實際進行川流發電「技術／社會」現象分析時，ANT 確有其獨特的擅長之處。研究者看到，ANT 研究取向一開始即標舉「跟隨行動中的科學家或工程技術者」，在特定工程或技術物以及特定社會關係的萌生過程中，緊緊跟隨其中「人」與「非人」的網絡結盟狀態，並注意其中的各種聯結與替代(association and substitution)，尤其看到創新發明者如何轉譯(translate)其他異質的「人」或「非人」的既有興趣，建立有效代言人(spokesman)的過程。然而，當特定創新發明者嘗試以「正向方案」(program)進行拉長化的網絡結盟時，其他人或非人的行動者可能也在進行「反向方案」(anti-program)的動員。所謂一項成功或失敗的技術創新發明過程，也就是「正向方案」與「反向方案」各自網絡結盟角力之後的結果 (Latour 1991: 103-131)。

本研究將以「後進技術框架」來定位台灣社會技術創新之特質，這是屬於巨觀層次的社會特質。但在微觀分析上，ANT 所提示科技與社會係同時萌生的觀點，仍給予研究者極有意義之啟發，避免研究過程中過度或過早以社會因素將技術因素化約掉。早在 ANT 早期經典之作 *Science in Action* (行動中的科學) 一書中，拉圖即由「方法上的七條規則」入手，指出科技／社會現象之研究，首先必須釐清，所研

究現象必須是「行動中」的科技／社會現象，而非已形成的現象。縱使常識中被定論為某種「已形成」的科學事實或科技人造物，ANT 都將還原其中的「黑箱化」過程，盡量找出原初的各種爭議如何出現、如何排除、如何穩固某種命題或機器。在這樣的過程中，無論是習以為常的「自然」、「社會」或「科技」，都不能當作解釋的起點，而是必須當作解釋的終點。以各種異質性的人與非人的結盟、角力、背叛為起點，最終才足以解釋「自然」何以萌生為某種「自然」、「社會」何以萌生為某種「社會」，以及「科技」何以萌生為某種「科技」。ANT 的解釋方式中，破除輝格史觀的英雄式技術史，讓各種行動力量與原初的可能方向都還原出來，說明了技術發展並非以事後之見注定非如此不可。ANT 在駁斥自然或科技決定論之時，同時也不遺餘力的駁斥了社會決定論。再次強調，在 ANT 看來，科技現象的事事物物都是在異質行動體(heterogeneous actant)興趣轉譯而結盟、進而形成穩固網絡後，所謂自然、科技與社會才同時萌生出來。自然、科技與社會都不是事先以確定形態與作用力存在的「確定實體」；自然、科技與社會都是各類異質行動體聯結之後的一種特定展演(performance)，等到既有的網絡聯結受嚴重考驗而不再穩固時，這些自然、科技或社會的「確定實體」中的異質聯結行動體都將再次叛離而使「確定實體」不再存在(Latour 1987, 1993; Law 2007, 2008)。

依照 ANT 之建議，本研究將緊緊追隨「川流發電」行動中的在地綠能技術創新者，並考察其中各種人與非人的結盟或叛離狀態。在《行動中的科學》一書分析中，拉圖以諸多科學史、技術史的重要科學事實發現或技術物發明過程為例，指出行動者能否實現成功的科技行動，有三項重要的作用機制：其一，強修辭：將科技現象加以數據或圖表之銘刻化；其二，建立要塞：將機器黑箱化並進行興趣之轉譯；其三，拉長網絡：擴大異質結盟並將網絡穩固化(Latour 1987)。

然而，在使用 ANT 時，首先必須指出，拉圖固然以「正向方案」、「反向方案」凸顯了科技行動絕非注定非如此不可的英雄史觀，但他對「工程與技術知識」之性質，卻未如史陶登梅爾一般，清

楚界說這種知識與「科學知識」性質之不同。關於台灣社會川流發電的個案研究，則必須堅守「工程與技術知識」之特殊屬性，原因在於，該項技術物的主要發明者少小失學，只有國民小學的教育資歷。就其自學技術創新或發明之過程，絕大多數都是在「做中學」的狀態中完成，也可以說，他善用工程技術知識的經驗性「決疑資料」性質，在「人造物」、「全尺寸」的工程技術環境下，以某些「默會技能」或「技術食譜」，必要時也模式化的挪用某些「科學概念」，慢慢累積歸納出一些獨特的發明模式(Staudenmaier 1985: 103-120)。在此意義下，博藍尼的「默會知識」(tacit knowledge)概念仍十分受用；所謂內斂或銘刻在身體中的技能化知識，仍有其師徒制的特殊習得過程，以及累積突破的特殊形態(Polanyi 1958；楊弘任 2010)。同時，在柯林斯的分析中，這樣的默會知識則可歸入「涵化模式」(enculturational model)之中，將與明言化、公式化的「算則模式」(algorithmic model)形成往返運行狀態，實現知識之習得或創造(Collins 1982, 1989, 2001)。

此外，再次強調，關於以 ANT 分析台灣社會的川流發電個案，本研究嘗試由 SCOT 晚期成熟論證之「技術框架」一說，推演出「後進技術框架」之社會特質，藉以挑戰並修正 ANT 未能審慎慮及的後進科技／社會狀態。簡而言之，以全球尺度而言，台灣社會絕非如法國社會一般，自啟蒙時代自然科學革命以來，即是以「先進科技的發明者或創新者」自居。當拉圖信手拈來，談起法國納入細菌行動者的巴斯德化過程，或者法國功敗垂成試圖建造的「個人化快速運輸大眾交通系統」(personal rapid transit, PRT)之時，其中的科技行動者都是形象鮮明、強而有力的巨型行動者(Latour 1988, 1996)。台灣社會，無論如何總是緊緊跟在歐洲、美國、日本之後的技術後進國家，長期以來在工業創新或發明的全球歷史中，台灣擅長的是在「技術移轉」之後做出高效率的「製程改良」或「輔助性的周邊創新」(吳泉源、林宗德 2000；吳泉源 2002)。是以，關於後進社會獨創性的技術創新過程，本研究將提出「工業地方知識」與「後進技術框架」等分析概

念，以這些巨觀面向上的社會特質，界定川流發電的在地綠能技術創新，但在微觀面向上的技術／社會分析，則仍將適度取法行動者網絡理論所建議之社會本體論、認識論與研究方法（Callon 1999; Latour 1988, 1991; Law 1986, 1991；林文源 2007）。

三、研究方法：在社會聯結中 跟隨技術創新行動者

本研究中以台灣農田水圳平緩水流帶動「水輪機」發電的「川流式水力發電」綠能技術系統的創新發明者即是劉正獅。戰後初期 1951 年（民國 40 年），劉正獅出生於雲林縣大埤鄉的農家，小學畢業後因家境因素，他被家人送到鐘錶店當學徒。1974 年，23 歲的劉正獅已創立「凱本企業股份有限公司」，1977 年經自行技術研發後已能自製德國老爺鐘機芯，也已能自製自銷石英鐘錶機芯，無須再仰賴日本廠商。⁵

在 1989 年第 27 屆十大傑出青年的介紹資料上，劉正獅的發明家生平梗概以如上敘事方式為開頭被再現出來。十大傑出青年的推選必須是年紀 40 歲以下，其專長事蹟對社會有傑出貢獻者。在劉正獅之前一兩屆傑出青年，有環工學者馬以工、打擊樂音樂家朱宗慶，在劉正獅之後一屆則有病理與防疫專業者蘇益仁。小學畢業的劉正獅，何以入選十大傑出青年？他被認定的傑出貢獻與專長是什麼呢？

在中小企業體制為主的台灣社會中，劉正獅其實一度被媒體暱稱為「台灣的愛迪生」，多年來許多日常科技的小型發明均已取得專利。⁶除了小型日常科技發明之外，到了 1996 年，劉正獅發明了全世

5 見「十大青年聯誼會」第二十七屆劉正獅「推薦理由及特殊貢獻」欄。

6 解嚴前劉正獅被媒體稱為「中國的愛迪生」，解嚴後稱為「台灣的愛迪生」，晚近則逐漸出現「華人的愛迪生」稱號。國族認同與定位會變，但愛迪生的發明家象徵隱喻則不變。當然，愛迪生在蒙洛公園的大型實驗室社區，以及在不同系統競爭成本考量下善用電學力學之發現以降低系統成本，或者愛迪生被稱作另一群美國建國之父，都不是台灣中小企業發明家劉正獅的形象。關於愛迪生的技術系統與政治性，詳見 Hughes (1989, 2004) 以及 Winner (1986)。

界首創的「高低落差重力式水力發電」系統，取得多國專利後，曾在福建省長泰縣丘陵地帶水圳旁運轉。1997年劉正獅以「高運量自走式逃生梯」新發明專利，獲得台灣發明金頭腦獎。到了2007年6月，劉正獅與雲林農田水利會合作，首次將低水頭、極低落差的「川流式水力發電」第一版手工打造的水輪機試驗系統安置在雲林縣林內鄉濁水溪南岸濁幹線第二進水口附近，集集攔河堰灌溉渠道系統水圳上。⁷ 2008年9月則與宜蘭農田水利會合作，在冬山鄉萬長春圳正式設置成熟版的川流發電水輪機、變速箱、發電機與併聯系統。

自2008年9月在宜蘭冬山鄉安農溪流域的萬長春圳設立「L.C.S. 川流式水力發電系統」之後，關於「川流發電」的訊息開始引起廣泛注意。首先是宜蘭農田水利會與行政院農業委員會合作，在川流機器試運轉後，陸續以「深耕農業」、「永續農業」或「健康農業」等系列置入性行銷，在各大電視台新聞時段播放。⁸ 同時，在主要報紙科技新聞或地方版上也都報導這一項創新的綠能科技系統。⁹ 接著，慈濟大愛電視台也在綠色能源專題節目中，將川流發電列為重要項目。¹⁰ 經由電子媒體或文字媒體報導後，再生能源網、環境資訊電子報或苦勞網等民間團體電子報也陸續轉載與討論。

可以說，當直徑8公尺高、3.5公尺寬、15公噸重、發電效率100瓩的「水輪機」在宜蘭萬長春圳平緩水流中經由「齒輪變速箱」開始帶動「發電機」進行發電，當這樣的「技術／社會展演」實現初步的說服力之時，「川流式水力發電」的議題也正式浮上檯面，在太陽能、風能、生質能對綠能的主導意象中擠上了一小方席位，成為台灣社會中值得重視的綠能技術議題。

7 見人間福報(2007/6/28)。至於本項新發明專利之申請與通過時間，詳見中華民國專利公報(2009/11/11)。

8 如2008年9月20日台視新聞「台灣優鮮報 永續農業」、中視新聞「世界第一」、民視新聞「效率農業 永續水利」、年代新聞「健康農業」、八大第一台新聞「永續農業」、宜蘭新聞台等新聞影像報導。

9 如2008年9月20日《中國時報》「全國首座川流式發電站 宜蘭亮相」、《聯合報》「無落差渠道發電 劉正獅示範」、《自由時報》「川流式水力發電 冬山首適用」、《蘋果日報》「川流式水力發電 全台首座」等報導。

10 2009年9月27日大愛電視台，大愛全紀錄，「用心發現新能源」專題報導。

本研究從諸多電子媒體與文字媒體中關於川流發電與再生能源議題的彙整與過錄開始，同時以立法院公報回溯釐清〈再生能源發展條例〉歷經九年的立法爭議過程。在確認川流發電系統發明人劉正獅係十大傑出青年後，也多方搜尋相關訊息，循序查詢發明人所創凱本股份有限公司沿革。關於劉正獅的多款新式樣、新型或新發明專利項目，則藉由中華民國專利公報進行文獻資料蒐集。

隨後，以行動者網絡理論所建議「跟隨行動中的科學家或工程技術者」的研究方式，研究者自 2010 年 1 月底起即多次以「發明家口述史」方式，陸續多次深度訪談劉正獅先生。在訪談過程中，研究者取得更多事件當時的相關報章期刊文獻、發明家的發明獎項申請文件與專利文件，以及關於凱本公司的技術專長與資本規模介紹等文件，同時也翻拍或掃描相關技術物發明過程的各類相片。於多次再訪時，發明家進一步將關鍵契約書或公文影本提供參考，也展示了川流機器重要零件的原寸厚紙板模型。在這些基礎上，研究者進一步對川流發電當時的主要代言人農委會前副主委，以及農田水利聯合會企畫組長、宜蘭農田水利會總幹事、法務組長、機電組長，最後是農委會水利處灌溉管理科承辦技正等人進行訪談，交叉檢證川流發電在立法協商與技術創新過程的種種興趣轉譯、方案角力、異質聯盟或叛離等重要行動過程（詳見附錄）。

行動者網絡理論明確建議「技術／社會現象」的最佳研究方法，即是「在社會聯結中緊緊跟隨科學家或工程技術者」，其中的行動者(actant)不只包含人物，也包含了非人的技術物。川流發電技術創新個案的研究過程之中，研究者有時以人追物、有時以物追人，逐步交織出萌生中的技術行動網絡。藉由發明人與初期主要代言人，研究者逐漸彙整了川流規劃工程圖、訴訟文件、簽約文件、專利公報圖說、中山科學研究院的測試報告書，也實際看到了老爺鐘機芯、銅錘、鍊條、月曆紙張背面的設計草圖、川流葉片控制槓桿的厚紙板模型，以及宜蘭三星鄉月眉圳的渠道、水流與 28 座鋼筋水泥築體；其間，藉由非人技術物的出現，研究者也得以反過來再追蹤是哪些人物跟這些

技術物產生聯結、衝突或斷裂的關係，哪些人在哪個時間讓創新者接觸、拆解並成功模仿再製了老爺鐘機芯，哪些人讓川流系統的水輪機軸承、齒輪、葉片、骨架以成本優勢而模具化生產出來，哪些人協助組裝出發電機、齒輪箱與併聯控制系統，以及哪些人的有效同意後讓水圳上的水泥築體能如此迅速建造起來。

「在社會聯結中跟隨科學家或工程技術者」，這樣的原則一步步交織出人與非人結盟或背叛的諸多事件與節點，我們的研究也因此逐漸能擺脫「技術決定論」與「社會決定論」的雙重要脅。本研究中，無論「技術」或「社會」都不是既存的實體，也都沒有固有的權力；實體與權力，都是在行動網絡聯結過程中顯現出來，越是能抵禦各種崩解力量，穩固聯結的行動網絡就越加實體化，也越能辨識出權力的出現形態與作用方式。

最後，本研究在跟隨「L.C.S.川流式水力發電系統」的技術創新過程中，藉由農委會承辦小水力發電業務之技正，也延伸接觸了另一組來自成功大學電機工程學系的「農電農用」極小功率川流發電試驗團隊，並追溯該團隊與景觀水車製造廠、齒輪箱裝配廠等技術支援網絡之聯結過程。成大團隊以電磁、力學等文本論述，以及全國水圳考察數據與川流發電實驗室數據，提供本研究極佳之對照，讓川流發電各項「技術課題」與「技術解答」的關鍵處更能突顯出來。

四、川流發電的技術創新行動者網絡

（一）以川流機器轉譯人與非人的既有興趣

小學畢業的中小企業發明家劉正獅沒有實驗室，當然也沒有將實驗成果進行數據或圖表文本化銘刻的知識配備。對於低學歷的中小企業發明家來說，「做出實體來」、「讓實體能運轉」才是對其他異質行動者最大的說服力來源。

90年代行動者網絡理論為回應該理論無法處理「權力」議題的質疑時曾提及，如果某項陳述或文本無法直接引發人們的興趣、改變人

們的行動方式或使用需求，則「打造一個物質化的黑箱」成為最佳的、必要的途徑，此時黑箱化的物質設置將與人及其陳述，一起對他人或其他的非人元素形成「權力」的效應，「權力」在此時才萌生出來。在拉圖相關個案中，當德國柏林旅館經理以「請交回房門鑰匙」的口語文本為聯結的號召時，多數房客是叛離於這個文本呼籲。但當「一塊厚重金屬繫在鑰匙上」的物質化設置出現時，旅館經理、厚重金屬、鑰匙，加上「請交回房門鑰匙」的陳述與標語，這個網絡聯結突然變得強而有力。房客絕大多數改變既有習慣或興趣，自然而然將房門鑰匙交回旅館櫃臺(Latour 1991)。同樣的，我們也可以如此解讀拉圖先前的工程技術個案研究，該個案引發轉譯效應的過程不同於科學實驗室，當柴油引擎剛組裝成一個龐然大物的年代，每次賣出一部引擎，都還要附帶配置十餘位協助啟動、操作的工程師，此時的技術物雖然是個可運作之「機器」，但並非經過成熟「黑箱化」而無須使用者時時拆開黑箱的技術物。一直到後續許多工程師慢慢修改 Diesel 原始設計之後，柴油引擎真正黑箱化了，此時技術物的運轉軌道才真正從技術工作室鋪展到消費者日常生活中(Latour 1987)。無論柏林旅館的厚重金屬或 Diesel 的柴油引擎，都要在具體的物質性技術黑箱出現後，才使原初的「發明構想」、「技術陳述」或後來的「數據與命題文本」獲得無法忽視的重量，繼而成為真實的存在物。

陳述的物質化，進而是機器的黑箱化，對於小學學歷的劉正獅而言，更是嚴酷的課題；有了技術黑箱，綠能技術創新的修辭將強而有力，沒有技術黑箱，則任何小學畢業的黑手師傅一點都不會引起其他人太多注意。

劉正獅利用農田水圳水流驅動的「川流發電」水輪機系統，設定在每小時 35 瓩到 100 瓩的發電功率，標榜出無須高水頭的落差，只要千分之三的極緩坡降即可，這是利用水流動能而非位能的新系統。這樣的設計並陸續在台灣、中國、韓國、日本、越南、馬來西亞、菲律賓、澳洲、美國、加拿大、巴西、南非等十餘個國家取得新發明之專利。在這樣的技術系統特性中，意味著創新發明者必須具備一套善

用水流的知識，並且在水輪機、齒輪變速箱與發電機的設計或組裝上必須有極佳的運轉功率。本研究發現，在地發明家劉正獅的技術創新之處，即是善於掌握農田水圳特性、善於創新諸多槓桿、齒輪與葉片等相關組件，以極省力方式放大發電功率。

劉正獅與他的川流發電，如何進行「轉譯」(translate)的必要過程呢？在 ANT 相關研究案例中，法國巴黎「個人化快速運輸大眾交通系統」技術構想無法真正實現，關係到其中原型機體在「小尺寸」模型軌道的一次展演，該展演無法呈現正確的機體間音波偵速方式、或者精確的停車候客停駐點等等，經過這場失敗的展演，媒體記者帶著原初充滿好奇的閱聽群眾紛紛叛離，所有重要人群的聯結關係逐漸崩潰，以致「個人化快速運輸大眾交通系統」與工程師的興趣引不起更多異質行動者的興趣(Latour 1996)。對比於十九世紀巴斯德在農莊牧場的有效展演，該場展演，則是將「細菌」這個行動者有效發明出來了。因為巴斯德一開始即將農莊改造為與實驗室一樣的條件，將實驗室的微觀世界軌道一路鋪展到農莊與全社會的巨觀世界軌道來，興趣的轉譯才成為可能（Latour 著，雷祥麟譯 2004）。

然而，對於農田水利會與全社會而言，劉正獅與他的川流發電系統，要如何切斷水利會與地方派系既有的興趣方向、切斷全社會對太陽能、風能等既有綠能項目的興趣方向，有效說出「你所要的，正是我所要的」，進一步達到「不必迎合他人的興趣、不必讓人們相信他們通常的道路已被切斷，甚至不再需要發明新群體、新目標、或委婉的引起興趣的多次漂移」呢(Latour 1987: 120)？相關報導中已看到，2008 年 9 月完工的成熟版川流發電系統即是座落在宜蘭萬長春圳上。「蘭陽平原」的全年雨量勝於台灣其他地方，以及更重要的，冬季沒有像台灣西半部一樣明顯的枯水期。這樣的軌道鋪展，的確有利於型塑從技術試驗點到全社會的興趣轉譯之展演舞台。劉正獅沒有實驗室，沒有「允許必要錯誤以累積正確的實驗室」，只要一次錯誤，他就得黯然退下。但某個意義而言，劉正獅卻像是把「社會」打造得像他的水輪機轉動所需穩定水流的「實驗室」，他試圖在人們不注意處

操控水流流量，以便讓川流系統的萌生更具說服力。這裡的前提當然是，他的機器要夠強，要能夠通過水流力量的考驗而不致瓦解。

宜蘭萬長春圳的第一座成熟版川流發電，從水圳之上的鋼筋水泥築體到水輪機、齒輪增速箱、發電機，以及併聯系統，整體原型機組的總造價數百萬元。這個數百萬元的機器當天在農田水圳水閘門放出適當水流開始運轉時，發電機點亮了現場百盞燈泡中的數十盞燭光。在現場，宜蘭農田水利會的會長與幹部們是主人，其他縣市農田水利會的成員來了，經濟部能源局與農委會相關人員也到場，當機器運轉時，全國或地方的媒體紛紛對著舊水圳與新水輪機擷取鏡頭，發明人劉正獅則與農田水圳中再自然不過的水流一樣，低調隱身在機器一旁。¹¹

宜蘭固然是農田水圳水流豐沛穩定的機器展演場景，但是這樣的水流早已流遍蘭陽平原數百年。沒有人到場的話，沒有適當的代言人的話，機器與水流的聯結本身並不會構成任何有效的展演。那麼，問題就變成是，誰有能力把農田水利會幹部、經濟部能源局官員、農委會官員、宜蘭台電人員動員來了？一個原先沒有工程技術設計藍圖、沒有技術說帖、沒有測試數據報告的小學畢業中小企業主「腦袋裡的奇特構想」，憑什麼將其他人動員到技術現場呢？

循著技術現場的主要動員機制「川流機器」，我們追溯到前於「川流機器」的轉譯機制。當這樣追溯之時，劉正獅非意圖的川流發電技術創新生命史開始浮現，原來他一開始並不是著眼在農田水圳的平緩水流上，雖然出身自雲林大埤鄉，但少小離家後，他接觸鐘錶與精密機械的時間遠遠高於接觸農田水圳的時間。在 2008 年秋天宜蘭萬長春圳川流機器運轉之前，2007 年他已先在雲林濁水溪畔農田水圳有過一次在尺寸、材質與概念上尚未成熟的第一版川流機器，該機器運轉之時包括當時的經濟部部長、能源局官員、農委會、水利會相關

11 見註 8、註 9 農委會以「永續農業」等標題置入行銷的相關報紙與電視新聞報導。

人員都在現場一起見證。¹²

如果說，宜蘭成熟川流機器的有效展演，其中人與非人之所以被有效徵召，源於雲林的雛形川流機器；那麼問題就必須往前追溯而變成，雲林的雛形川流機器，當機器尚未實體化而又欠缺文本化的數據圖表之前，又是如何徵召這些前來現場見證的人們？透過歷次深度訪談，劉正獅透露雲林農田水利會曾前往福建省長泰縣觀摩他的電力發明基地，當地丘陵地形必要的落差高度，讓他充分試驗了「高低落差重力式水力發電系統」。然而，這個發電系統的動力來源，一點都不是水流本身衝擊或流動所致；這個系統的動力竟是由大型水管引入一桶一桶溪流中的水，以每一桶水向下運動的重力來持續啟動齒輪、槓桿與鍊條以便帶動原動機進行發電。簡言之，「重力式發電」與長泰經驗，一點都不是後來「低水頭川流發電」的直接原型，長泰經驗只是讓創新者熟悉了發電相關工程細節，並讓雲林水利會等觀摩者確信水圳可以發電。「川流發電」的真正萌生，還牽涉到創新發明過程中斷裂的、錯接的技術史事件。

研究者：最早是雲林水利會來找你？

創新者：不是，是我去找他們。本來是想在雲林找類似福建長泰的高落差地點，後來找不到高落差，他們就建議配合農田水圳水流，回去發明低落差試試看……雲林水利會去過長泰參觀我的高落差發電，宜蘭水利會是後來才來雲林看第一版的川流發電。

研究者：雲林那次川流發電示範是什麼情況？

創新者：第一次做好了要啟動，我那時候第一次，每一個啟動都很可怕，水那麼大要過來，如果沒有搞好的話會瞬間損壞……我說，「每一秒給我三立方。」就

12 2007年當時的經濟部長是何美玥，相關新聞報導或相片中均顯示何部長親自到場見證川流發電。

是每秒三立方水量通過。可是水還離很遠的時候我就聽到聲音「吼……」我想這個……怎麼會這樣呢？我說，「趕快停！」工作人員說，「什麼事？」我說，「趕快停就對啦！」嚇到了，原先沒想到水量那麼大帶過來了，嚇死了，就五米寬的渠道而已。原來這就叫做「空載運轉」，每秒再多兩立方就變成「低負載」，開始發電點燈，這樣我就知道多少水可以產生多少電，確定原先的判斷是對的。

（2010/1/27 創新者劉正獅初訪）

劉正獅早先之發明，設置在福建長泰的「高低落差重力式發電」，係直接轉換使用「老爺鐘」銅錘重力的機械驅動原理，這項發電機制必須依賴丘陵地形，落差需達二十餘公尺以上，亦即將溪流部分水源擷取到發電機械之載水工具中，每一桶水就像是老爺鐘的銅錘，經重力落差降到地面，順勢再傾倒回溪流之中，此一動力即用以驅動齒輪變速箱、達到足夠轉速帶動發電。總體而言，「高低落差重力式發電」雖不需築成壩體，但取水、倒回過程，對溪流生態影響仍不小。對比起來，低水頭川流發電則是直接在灌溉水圳某一側的小部分空間安置水輪機即可，主要水流照常流動，水圳生態影響程度大為降低。另一意義是，台灣的電力事業幾乎是台電公司獨占狀態，中國的電力事業則早有相當多中小型的私有經營者與大型電力網並存。在福建長泰，藉由與當地中小型電廠合作，發明者劉正獅才有機會真正觀摩並試驗發電過程，以及學習與主要電力網的併聯技術。

無論如何，農田水圳低水頭的「川流發電」原來純然是非意圖的後果，因為在台灣已找不到類似福建長泰丘陵地形的高落差溪流，水利會人員轉而建議他將台灣在地最豐沛的農田水圳水流當作技術創新的基礎條件。在這意義上，掌管農田水圳的農田水利會就像是技術的社會建構論(SCOT)所稱的「相關社會團體」，左右了創新者原初界定的技術課題與發明方向(Pinch and Bijker 1989)。劉正獅說起了，因為

長泰經驗，他已熟悉發電運作與併聯技術的細節，也初步觀察到丘陵地溪流的流動狀態。當返回台灣與水利會人員整體考察農田水圳狀況時，他驚訝萬分，原來在地有這樣不同的水流，原來農田水圳已是這麼完備的鋼筋混凝土水道設施，水閘控制狀態也已這麼成熟。在他的腦海裡，農田水圳的水流開始變成動力源，驅動某種機器之後，最後將帶動發電機發電。

那麼，是什麼人、在什麼情境下，將創新者從福建的丘陵溪流帶回到台灣各縣市的農田水圳？同時，這樣的技術創新也必須在一開始就把發電成本設想在內，如果發電設施的建造與營運不敷成本，沒有人想採用這套系統的話，這項技術物也等於不曾存在。

研究者：第一次跟雲林水利會接觸，當時沒有任何模型、也沒有任何機器運轉的影片……你怎麼接觸到水利會長？怎麼讓他信任你、願意試試看？

創新者：那時候認識農委會前副主委林先生，因為他對農業瞭解，他也是十大傑出青年，以前就認識了。他說，「我帶你到各個水利會去看看有沒有適合高落差的地點。」他帶我去找雲林水利會長，那時候他們很支持。

研究者：一開始就找集集攔河堰下游這一帶？

創新者：差不多，因為山上就不是他們的權力可以決定，山腳下的作業渠道才是水利會的權力。

研究者：在找高水頭地點的時候，你反而開始構想低水頭的發電。你的創新發明構想除了是技術的方面，一開始你就把建造成本、發電成本都想進去嗎？

創新者：那當然。多少重量、多少水，材料我也滿懂的，大概都可以算嘛。所以那時就抓出低水頭川流發電系統反而比原來高落差系統便宜。……因為低水頭、川流式這個系統，台灣的灌溉渠道本來就都做好

了，那就便宜多了。台灣的渠道只要再稍微加強或簡單處理一下就可以。光是渠道這一環就便宜多。

（2010/2/06 創新者劉正獅二訪）

的確，在這位中小企業主兼技術創新者的腦海中，「發明」從來就不是個別組件或技術物從無到有的創造過程而已；「發明」就是在市場競爭潛能下，以實體感演練出哪些材料、多少廢料如何再利用、哪些設計、哪些既有設施條件下，新的技術物需要多少建造成本、營運成本，如何調節出有競爭力的創新系統。在這個意義下，如果一項技術系統沒有市場競爭力，也等於沒有發明一樣。然而，當時將川流機器與農田水圳及水利會結盟起來的關鍵行動者，農委會林前副主委一開始又是如何被小學畢業、沒有設計圖、沒有模型、沒有測試資料的創新者所說服？在林前副主委的訪談中，他說劉正獅透過商界友人的人際網絡，在 1997 年前來拜訪同樣是十大傑出青年的自己。當時劉正獅已擁有一項重大發明專利，設置在圓山飯店只需人自身重量而無需外加動力運轉的「高運量自走式安全梯」。在這些條件下，林前副主委幾年間多次親自帶團考察劉正獅在福建長泰高達 23 公尺落差的「重力式發電」設施。在劉正獅自行出資建造「川流機器」的前提下，水利會樂於提供農田水圳當作試驗點，而林前副主委也樂於邀請經濟部長、能源局與農委會官員、各地水利會人員前來雲林、宜蘭觀摩見證。¹³

關於一場有效技術展演的人員徵召部分完成了，接著，就看非人的機器本身是否能通過農田水圳水流力量的考驗、電力市場的考驗、水利會多角化經營需求的考驗，以及各單位專業工程師專家知識或專業意識形態的考驗了。

13 資料來源：2010 年 3 月 23 日訪談農委會林前副主委。

（二）川流發電網絡中人與非人的力量考驗

當 2007 年雲林的第一版川流機器成功聯結了農田水圳與水利會，實現有效的技術展演之後，「川流式水力發電」的議題開始進入立法協商的場域，試圖將先前被排除的水力發電議題翻轉回來，要求同樣被列入〈再生能源發展條例〉的綠能定義中。這個立法協商其實反過來高度牽涉到「川流發電」技術創新能否真實存在，可以想見，如果「川流發電」未被納入再生能源定義中，未能獲得政府政策補貼，則注定無法與便宜的火力或核能系統相競爭，此時，縱使劉正獅有了專利權，新興的能源公司或水利會也不可能與他及他的技術系統積極結盟。未被納入再生能源定義時，第一版尚未成熟的「川流發電」技術物實體雖然已在雲林濁水溪農田水圳邊試運轉，但整體卻還是半虛構的技術系統。

從這一角度看來，立法協商的成敗，牽涉到這項綠能技術創新在台灣社會是否足以存活的問題。讓我們繼續跟隨行動者網絡理論，也就是跟隨在地綠能技術創新行動者，檢測「川流發電」這一項萌生中的技術系統，是否能繼續進行轉譯，先切斷各類行動者的既有興趣，並經過迂迴或漂移之後，將他們的興趣結盟過來，最後足以拉長網絡並穩固網絡，讓「川流發電」萌生為技術／社會中一項新的實體。

首先可能引致行動者背叛、網絡崩潰的力量試驗者，即是環境運動者與生態立委。簡單說來，當劉正獅跟他的「川流發電」構想聯結了最地方化的農田水利會與派系行動者之時，也就同時造成另一個必要聯結場域失去興趣轉譯機制的可能。當〈再生能源發展條例〉展開多次朝野協商時，環境運動者與生態立委一方面積極促成太陽能、風能、生質能等綠能之政策補貼機制，另方面必須不斷辨識並抵禦來自資本或派系力量挾綠能之名行破壞環境之實的提案。他們相當清楚，許多資本與派系力量試圖挾「小型水力發電」之名進行鑿穿山脈的越域引水工程，還要以小型發電綠能名義要求政府補貼。但當這樣的抵禦之戰發動時，「農田水利會」卻意外成為「川流發電」的代言人，代言了劉正獅與他的水輪機技術系統進入立法場域。

研究者：後來立法院處理再生能源發展條例時，水利會有參與嗎？

創新者：有，去公聽會說明。因為涉及到水利會的權限，都在他們的渠道裡面嘛。我提供一些資料讓水利會去說明。

研究者：哪一個水利會帶頭去爭取的？

創新者：全部都有啊，這是他們的利益啊。你看，全台灣如果十七個水利會都配合，是可以裝到三萬部左右川流發電……每年可以有幾百億電費收入。現在農田水圳的水每天都流掉，也沒有做什麼，太可惜了。

（2010/2/23 創新者劉正獅三訪）

在「川流式水力」的立法協商過程中，我們看到「命名」的重要性也出現了。對這項技術系統的命名，絕不亞於技術設計能力、技術專利、技術建造能力、水圳中的水流狀態、水利會中的頭人特質等因素。一旦命名錯誤，整體技術系統的相關行動者仍會紛紛叛離。在命名上，不能讓這項技術系統有被資本或傳統派系力量魚目混珠的機會；這項命名，必須將破壞生態的傳統抽蓄式水力發電清楚區辨開來。最後，「L.C.S.川流式水力發電」符號勝出了。進一步，在 2009 年夏天通過的〈再生能源發展條例〉中，出現了全世界獨一無二的項目「五、川流式水力」。ANT 分析中，拉圖特別強調特定情況下，「符號」、「命名」的確產生了不亞於人或技術物的重量，一旦取消或變更某項科技物的命名，整體網絡可能萎縮或消散，而恰當的命名，則讓技術物或技術系統的網絡聯結更形穩固，更加實體化了 (Latour 1991: 103-131)。

農田水利會如何設想並評估「川流發電」這一項新的綠能技術？在經濟部能源局幾次關於再生能源「躉購價格」的聽證會中，「川流式水力發電」都是由農田水利聯合會綜合企畫組組長吳工程師提出規劃報告書。但當 2010 年 1 月第一次的躉購費率訂定出來之時，川流

發電與生質能躉購價格每度只有兩塊多，遠遠不及太陽能每度接近十三元、風能每度七元以上的價位。¹⁴ 關於這樣的結果，聯合會吳組長相當不能認同；在他的估算中，每度收購電價至少應該在四元以上，這樣才足以在建造、營運成本外，有足夠的利潤鼓勵水利會多角化投資經營。

研究者：川流式水力發電是吳組長親自過去跟能源局做說明的，還是……

吳組長：對。去年能源局有一個費率的審訂會……我在審訂會的現場做一個書面的簡報。

研究者：這次川流發電的立法或費率審訂，有比較積極的立委代言嗎？

吳組長：這就是現實面的問題，現在政府比較注重所謂的高科技，在太陽光電這一塊比較有人在重視……目前注意到小水力發電這一塊的立委也不是很多啦……之前其實有一個雲林的張碩文很積極，他算是水利系統出身的，後來因為選舉訴訟有狀況，現在也不當立委，所以在這一塊就沒有明顯的可以代言的立委了。

研究者：當初您的評估，這整個川流發電的系統，發電功率是可行的嗎？

吳組長：全台灣農田水圳主幹線有 3,600 多公里，支線有 4,800 多公里。其實這些水量如果政府有在重視，能有比較好的躉購的價位，讓水利會能去做一些投資開發，其實對台灣這片土地是好的。

（2010/3/26 農田水利聯合會吳組長訪談）

14 見經濟部 2010 年 1 月 25 日函。躉購費率審定之相關項目如下：10 瓩以上至 500 瓩太陽光電，12.9722 元／度；1 瓩以上至 10 瓩風力，7.2714 元／度；川流式水力與生質能，2.0615 元／度。

簡單說來，當 2006 年農委會林前副主委將技術創新者引介到雲林農田水利會之時，雲林農田水利會除了擁有豐沛的水流之外，更擁有立法院的一席立法委員。在「川流機器」順利結盟了農田水圳之際，立法院的公聽會、能源局的聽證會也正強而有力的進行著，在正式、私下協商中，明確區辨「川流發電」是利用圳路的自然水流，並非再築壩體影響生態的傳統水力發電。

小學畢業、中小企業出身的技術創新者，不可能自己成為立法協商時的主要代言人，在相關公聽會或聽證會時，劉正獅還刻意低調以農民模樣列席旁聽。然而，當「川流式水力」順利列入再生能源定義時，立法的代言人張碩文卻因選舉過程涉及利用水利會系統進行賄選，被判選舉無效。張碩文的父親，擔任雲林農田水利會會長的張輝元也因實際執行該項賄選而被判刑。¹⁵ 原本「川流發電」越來越穩固的人與非人的結盟，因「川流機器」有效展演而帶來的興趣轉譯，此時遇到了極大的阻力。沒有有效代言人，「川流式水力」固然被列入再生能源定義中，但當下一輪握有權力的機制開始運作時，經濟部能源局初次審訂會議過後，川流發電的每度價格遠遠落後於其他再生能源。這樣的權力並不在原來的「川流發電」網絡之中，或者說，除非「川流發電」網絡萌生過程同時就打造出該網絡擁有權力的代言人，否則就無法確保原來網絡的穩固性。

當川流機器與雲林水圳的結盟關係，因為居中媒介者的社會關係不再穩固時，川流機器本身也不再穩固了。接著，仍是透過農委會林前副主委的引介，成熟版的川流機器來到宜蘭水圳尋求聯結。依照水利聯合會吳組長的分析，全國十七個水利會，除了位在台北市的七星、瑠公水利會財務健全之外，其餘水利會都屬財務困窘狀態，這個情況讓各個水利會有意願尋求多角化經營的出路，其中，在「川流機器」出現後，水圳發電的構想引發極大的興趣。其中背景是，台灣民主化過程中，農田水利會的水權、水租逐漸削弱，加以務農人口逐年

15 見中央社(2009/6/30)、蘋果日報(2009/11/12)。

降低，都使水利會出現虧損狀況。當時仍能維繫較佳財務狀況的水利會，多數是出租水利會所轄高價值土地而獲利，並不是原先水權、水租之收入。是以，只有都會區水利會的財務狀況較佳。¹⁶

2008年3月中，劉正獅在宜蘭冬山鄉萬長春圳開始安裝模塊化量產的成熟版「川流機器」，同年9月底，川流發電正式運轉，同樣有水利會人員、能源局與農委會官員，以及更多主流媒體，一起見證了這項技術的有效展演。而且，這一次技術創新者改善了水輪機材質與迎水葉片設計方式，讓轉動的骨架更輕、更堅固、更能耐水，也改善了葉片受力的自動控制機制，讓啟動以至各檔負載的水流力量更容易控制，而機器的磨損更少。至於川流機器與相關水泥築體的總造價，仍是控制在數百萬元上下。簡單來說，這次的技術展演，讓看過雲林階段雛形版川流機器的人們，更有信心了。

原本網絡中的「正向方案」(program)正準備勢如破竹一路擴大聯結並鞏固自身，在宜蘭川流機器設置運轉期間內，農田水利聯合會策劃了好幾次動員各縣市水利會人員的觀摩行程，都將宜蘭萬長春圳列為重點。同時，宜蘭農田水利會進一步規劃在三星鄉月眉圳設置28座每座發電量55瓩的川流發電機器，期能於2010年2月底完工營運。¹⁷但後來在宜蘭農田水利會提供給創新者的契約草案中，卻產生新的「反向方案」(anti-program)不穩定因素。該版本總計32條契約草案中，關於契約期間、履約保證金、用水調節費、試運轉期之用水費用，甚至居民或農民抗爭而衍生之費用等等規定，所有這些費用都需由創新者來支付，這樣的契約規定讓劉正獅覺得頗不合理，決定暫時擱置雙方合作的進展。¹⁸

在我們跟隨技術創新行動者考察異質結盟的人與非人之時，三星

16 若對台灣社會民主化之後水利會制度變革的政治與經濟分析，或對民主化之後水利會類型與營運盈虧狀態有進一步瞭解之興趣，可參閱邱崇原等(2011)。

17 資料來源：台灣省宜蘭農田水利會未公開契約草案，2009年8月，「宜蘭三星川流式水力發電站用水契約書（草案）」。

18 關於異質結盟過程「正向方案」與「反向方案」角力的概念，詳見 Latour (1987, 1991)。

月眉圳 28 座川流發電系統簽約不成的事件，構成極為鮮明的里程碑。經由宜蘭農田水利會現任總幹事、法務兼財務組長、機電股長之訪談，「異質結盟」何以失敗的關鍵處逐漸澄清。機電股長首先針對發電功率的技術評估略有微詞，他認為劉正獅保護川流發電之技術創新、完全排除水利會人員進入「發電站」協同觀測的可能性，但又廣為招來中國、東南亞、東非、中美洲等相關商貿人員進入參觀。最關鍵的是，水利會總幹事明確指出，水利會之所以就三星月眉圳刻意訂出嚴苛要求草約，即是考驗廠商劉正獅是否願意全權經營，以便讓水利會退回「收水租」、「營業分成」的角色；也就是說，水利會必然是「保守」的團體，首要考慮農民用水穩定性，其次才可能轉向不違背農民用水需求下的新收入。這一立場，在針對農委會水利處灌溉管理科承辦技正訪談時，得到更明確的訊息；承辦技正明確說明，一開始即與水利聯合會及各水利會清楚交代，農委會鼓勵多角化經營，但必須謹守「本業優先」的原則，本業即是農民用水灌溉狀況不應受到干擾。¹⁹ 萬長春圳水閘門口並不是常態流動的農田水圳，原來，看似完美的劉正獅川流機器展演舞台，仍受制於水利會「放水與否」、「放水量多寡」的權力作用。「水流量」這項非人的因素，就這樣變形而成爲水利會、農民與川流機器力量較勁之所在。

換個角度看來，我們也可將農田水利會本身視爲一個異質行動體，其興趣也是在歷次的不同行動過程中一起萌生出來。台灣社會民主化之前，農田水利會壟斷了灌溉水權、水租等等機制，並無任何「本業優先」之設想需求；一旦水權、水租壟斷優勢失去，水利會面臨多角化經營之轉型需求，此時反而才在多種可能計畫的嘗試實作中重新劃定自身形象與範圍，界定出什麼是「水利會多角化」的容許邊界，因而同時萌生了「本業優先」的新興趣。

萬長春圳水閘門口的成熟版「川流機器」早已在 2010 年初拆除

19 資料來源：2010 年 8 月 6 日訪談宜蘭農田水利會總幹事、法務組長、機電組長；以及 2010 年 10 月 18 日訪談農委會水利處灌溉管理科承辦技正。

收藏，完成了整整一年又一季有餘的技術展演。當然，「川流機器」做為物質化黑箱對其他人與非人的興趣轉譯能力，縱然經過水圳水流與當年秋颱的考驗，最終仍需經過市場的考驗。在發電市場的利潤問題上，關於審訂電力收購費率的有權機關，以及農田水利會與技術創新者之間的利潤與風險分配問題，都是需要不斷進行再協商的状态。的確，「川流機器」技術状态的有效展演，並不能保證後續的人與非人網絡聯結能延續與擴張。但擁有一個黑箱化的機器，擁有關於機器運轉的有效展演之紀錄，而且擁有十餘國專利權，仍是讓小學畢業的中小企業技術創新者擁有了等待有利協商或再次啟動新網絡結盟的能力。

（三）沒有實驗室，但有工業地方知識

行動者網絡理論提醒，所謂拉長網絡，一端是最在地且有其特殊脈絡的地方知識，另一端則是不斷去除脈絡、留下數據、精煉數據、形成公式的實驗室「計算之中心」。當網絡足夠長度，納入更多人與非人的異質聯結時，牽一髮動全身，這樣的網絡就不是輕易可被挑戰或取代；網絡本身更形穩固，而科學事實或技術物也就更加實體化了（Latour 1987: 215-257）。

人類學的出身背景，讓拉圖注意到初民部落中「地方知識」的現象，但他的「拉長網絡」以鞏固網絡聯結的論點，卻使「地方知識」永遠落在網絡中相對於實驗室的另一端。「地方知識」被提取了知識之元素或形式，但脈絡則還給地方自身。在著名的〈給我一個實驗室，我將舉起全世界〉一文中，拉圖靈巧敏銳的筆觸如此陳述，科學家巴斯德無須帶走農莊牧場的牛隻、泥土、氣味，或者農場主人的女兒，他只需帶走一些炭疽病牛隻的切片檢體，就能發現或發明出「細菌」這個新的行動者，並讓自己成為這個有力行動者的唯一代言人（Latour 1998[1983]）。

在 ANT 各類實際個案的分析中，的確很少看到「地方知識」可以作為異質行動者網絡聯結的起始點；甚至，很少看到「地方知識」

可以是科技行動者的重要行動基礎。關於這樣的落差，研究者的初步看法是：一方面，拉圖極欲為當代科技行動建立一種有說服力的、聯結人與非人的、某些情況下賦予「非人」以能動性(agency)的科技／社會分析，因而，我們總是形象鮮明地看到科學家或工程師的這一端，但看不清楚常民生活與地方知識的那一端。另方面，作為歐洲科技先進國的經驗，加上法國對工程文化與技術創新之高度活絡氛圍，我們容易看到的就是個人化快速運輸大眾交通系統、協和號客機，或者科學家巴斯德。

當研究者遵循 ANT 之建議，追隨了台灣社會綠能技術創新行動者之時，明顯發現故事無法如拉圖擅長的分析一般，全然定位在「實驗室」或「計算之中心」這一端。做為科技與工業後進國家，就高速鐵路、雪山隧道、太陽能光電模組、風力發電自動控制系統等大型技術物或技術系統而言，我們經常是在對許多先進國「技術移轉」或「代工組裝」中做出某些輔助性創新。而要說有一種完全源自自身的技術創新，則非與工業時代地方知識息息相關的小規模技術創新莫屬。就台灣這樣的技術後進社會而言，「工業地方知識」足以、而且經常是原創性的小規模創新之出發點。我們沒有實驗室，我們的「工業地方知識」就是原初的實驗室。

以此角度，本研究發現台灣社會晚近重要的技術史研究個案，都呈現類似這樣的特質。在吳泉源長期調查分析中，從網球拍到半導體，從黑手到電腦輔助工程，都出現如此後進國家的技術特質。原初的「工業地方知識」狀態，就是網球拍設計與製造的起點。只是，原初的「工業地方知識」，後來開始跟電腦輔助工程對話了（吳泉源、林宗德 2000；吳泉源 2002）。在林崇熙關於拼裝車的長期、多面向考察中，或他關於自力造屋、造舟等研究中，也都直、間接指向了後進國家「脈絡化知識」、「地方知識」的特質（林崇熙 2001, 2003）。在楊弘任考察屏東林邊蓮霧變成黑珍珠的栽培技術，或者考察嘉邑行善團的造橋工程技術時，也都發現強烈的「地方知識」特質（楊弘任 2007, 2010, 2011）。

小學學歷的中小企業技術創新者劉正獅，剛好為這樣的「工業地方知識」給出最好的註腳。劉正獅所處環境是科技與工業後進狀態下的台灣社會，而他所受的制式教育年數不多。多次深度訪談中，我們慢慢探索到他的工程技術知識來源，以及當他面對新的「發電」技術場域時，如何習得新的知識。從十來歲的青少年時代起，劉正獅就沉浸在鐘錶的精密機械世界裡。台灣社會早期工業化過程裡，鐘錶即是小型民生工業的一環。但不可勝數的鐘錶師傅之中，只有極為少數的師傅像劉正獅這樣，以二十餘年拆解及組裝德國老爺鐘、摸索機械與石英鐘錶所累積的精細槓桿、齒輪、風阻葉片、銅錘、鍊條等經驗，以及設立凱本公司決定自行生產完整石英鐘錶時，自行建立多家衛星工廠而同時熟練材料、模具、塑膠射出成形，以及相關電子設計等面向。劉正獅說了，通常發明家不像他一樣對各種材料、模具、機械形態有這種熟悉到如數家珍的「實體感」，因而無法迅速在構想中調配各種設計的可能性；這樣的「實體感」進一步被他稱做「實體學」，對比於實驗室或研究機構之「原理學」。同時，他更說了「精密機械不懂重工業」，通常摸熟精密機械的師傅們，也就讓自己侷限在精密機械的世界裡了。劉正獅卻從早年接觸德國老爺鐘的經驗中，將其中的動力來源「銅錘」、控制銅錘下降速度的「風阻葉片」，以及「齒輪」、「槓桿」、「鍊條」等基本組件與作用原理，首先挪用而發明了只需以人的體重當作銅錘重量，在啟動安全梯之時同時啟動風阻葉片的「高運量自走式安全梯」，設置在圓山飯店提供給共計十三層樓各樓層旅客逃生之用。隨後，他以相似原理將人的重量改變成一桶一桶的「水」來帶動，在福建長泰丘陵地落差二十餘公尺的溪流邊，引入一桶一桶水的重量，仍是以鍊條來帶動各類齒輪與槓桿，讓簡單的重量足以有效啟動原動機、維持原動機的運轉，進而帶動發動機發電。

研究者：自走梯發明的過程可以介紹一下嗎？你怎麼開始無中生有構想一件新的逃生機械，甚至它是不用外加

動力？

創新者：那跟老爺鐘有關係。

研究者：喔，你說說看。

創新者：老爺鐘那個銅錘，銅錘下來就像緩降一樣，裡面的結構都跟它有一點點關係。但是精密機械的人不知道重工業。我也一直在想那個東西嘛，然後就可以換算出來。……事實上我是把現有的東西……把所有工業的東西拿來用，又把它重新組裝起來。

研究者：剛剛您提到「精密機械不懂重工業」……這很有意思……所以川流發電你所克服的就是把精密機械的槓桿原理用到發電的重工業來？

創新者：應該是對槓桿的各種控制。你看像老爺鐘或一般時鐘，每到時間它會打、會敲，老爺鐘十五分鐘有一次音樂，就像西敏寺音樂，同步有十幾個槓桿，一般沒有辦法利用這些技術，但我就懂啊。那裡面很多槓桿，物理很深入，拿來應用當然就綽綽有餘了。因為槓桿有上下槓桿、左右槓桿、傾斜槓桿、圓周槓桿，或者以小搏大、以大搏小……。

研究者：但是從小規模變大規模之後，材料強度必須調整吧。

創新者：第一個，小東西同樣出於那個硬度它不會磨損，因為力量很小、硬度一樣，不會斷掉啊。重大工程負重，互相牽扯力量很大，你就不可以直接參照，那就要考慮、要經驗。這完全是兩回事，當然要一段時間測試，所以測試研究費用很貴啊。

研究者：你說你有一套不同的算法，可以讓我們稍微理解你都怎麼算嗎？

創新者：我都是以現有的東西來算，比如說人家已經做好的東西，它可以這樣的負載是多重。我都是用比例

法。主要的機器不能用比例法，負重的東西可以。
比例法的換算很快，我是用這樣的方式，弄好以後
再測試，然後再看它整個磨合的過程。比如說用最
不好的材料，測試它最負荷的重量，看它變成怎麼
樣。
(2010/5/26 創新者劉正獅四訪)

除了源自德國老爺鐘諸多精密機械原理的推敲，以及生產石英鐘錶時摸熟各種材料、模具、電子設計等基礎之外，劉正獅的「川流發電」技術系統同時也必須建立在雲林、宜蘭，以及台灣各地農田水圳的脈絡性知識基礎上。可以說，沒有水圳的脈絡特質，就沒有川流發電的技術創新。就這一點而言，主張知識的去殖民化、去西方中心化的研究者，陸續提出相關的有力論證。當馬格林考察印度農莊的「九糧共生」農作方式時，他主張應該讓每個農莊都變成「實驗室」，讓地方知識以師徒制、身體化的傳習方式進行再生與創新(Marglin 1996)。當藤布爾考察中世紀歐洲歌德式高塔教堂數百年跨世代建造時，他也指出工匠以「交談、傳統與模版」(talk, tradition, and template)代代傳承身體化的建築地方知識，只不過有些知識開始以木片、金屬的幾何模版而傳遞。²⁰ 關於地方知識的進一步討論，晚近楊弘任考察嘉邑行善團造橋實作，也提出「常識準則」、「在地分類」與「默會技能」三種狀態；簡單說來，常識準則像是模版化的實作經驗知識，在地分類則牽涉到地方關於水火風土的感知與分類，默會技能則是銘刻在身體的師傅實作知識（楊弘任 2010, 2011；林崇熙 2003；謝國雄 2003）。

就此意義而言，我們可以說「農田水圳」就是劉正獅的另類實驗

20 針對廣義的地方知識相關研究作品，可以歸納為三大類型：一是「地方知識」(local knowledge, LK)、二是「在地知識」(indigenous knowledge, IK)、三是「默會知識」(tacit knowledge, TK)。地方知識著眼在與「地方分類」相關的知識形成；在地知識著眼在「殖民」與「後殖民」知識經驗；默會知識則與「科學的社會學」傳統下實驗室知識研究相關。詳見Agrawal (1995)或Sillitoe等(2002)關於地方知識與科學知識關係的深入討論。

室。在瞭解水圳特性之後，他才能構想並設計突破性的新水輪機，同時組裝或訂製成本最佳化的齒輪變速箱與發電機。換個角度來看，「脈絡」(context)本身就是「形式」(form)，川流發電的設計過程，如果放棄了脈絡，就沒有形式。

研究者：川流發電整個發明構想的主要原理，可以簡單說說看嗎？

創新者：第一個，在一個灌溉渠道裡面，如果單設一座是不可能的，因為它不是像一般發電廠很大一個，幾十萬瓩或幾萬瓩在一個廠裡面。川流發電是很多小型併在一起變成一個大型的發電廠。所以，譬如說幾公里或是幾百公尺的水圳，其中或者設了幾百部、幾千部川流發電，第一優先必須要考慮不管在什麼狀況底下，你都不能影響它的水流。它每秒幾十立方在通過，你在施工或保養的時候都不能停水來做。這個非常重要，也就是說你還沒有發明這樣東西，就先要考慮怎麼樣都不影響這個水流，工作要照做。

研究者：所以農田水圳本身也是一種限制……。

創新者：這也就是說你在施工要領裡面必須顛倒來做了，先要考量水圳，再來設計機器。川流發電因為它水流隨時那麼多，不能從水閘開關那邊控制現在給多少水，或是發多少電。灌溉是第一優先，要知道水流平均量多少，要顛倒控制，也就是有多少水就必須要做多少事。以前傳統的水車，一般都是觀賞用的，或者是少許發電，不合乎經濟效益……以前的人是有那樣的構思，可是沒有那樣的材料與設計。先進的國家即使有那樣的技術，卻沒有那樣的環境跟需要，他就不會去做。其實光是十幾年前，像川

流發電這麼小 35 瓩到 100 瓩的發電，對他們沒有必要啊。（2010/6/12 創新者劉正獅五訪）

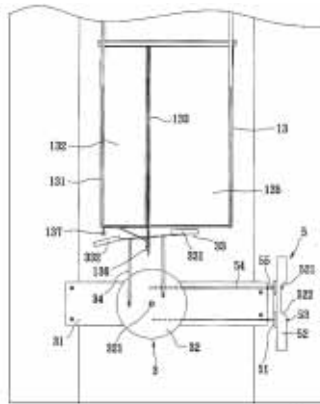
劉正獅在東亞、北美、南美、南非等十餘個國家陸續所獲得川流發電之「新發明專利」，即是以「可控制之傳動系統及方法」為專利名號。歷次訪談過程中，劉正獅說明了，雖然自己不做機械工程製圖，但最初的構想都是以草圖畫在日曆紙張背面，隨後就以紙箱厚紙板當作模型素材，配合實體的螺絲、細部鐵片機構等組件，做出雛形實體來。接著，長期合作的專利法律事務所進場了，專利律師配合製圖人員，現場觀摩劉正獅的紙製模型或由協力工廠初步打造的雛形實體，就每一組件細節與整體形貌，充分繪製成機械工程圖面，標定每一細部組件名稱與功能，隨後向各國專利機構提出「可控制之傳動系統及方法」新發明專利申請。²¹ 至於向日、韓、美、加等地申請時，則是另聘請當地專利律師協助翻譯圖說。

歷次深度訪談中，關於日本專利的申請過程，劉正獅顯出既佩服又想超越對方的複雜心態。²² 當台灣的專利律師傳來日本特許廳審查官對主要機械之機構組件設計疑問時，劉正獅認為這是各國專利申請經驗中最為瞭解關鍵處的詢問。日本審查官針對水輪機「葉片控制機構」（見圖一、圖二）充分提問，要求說明如何保證控制槓桿能明確執行「開啓」或「閉合」葉片，以達成控制水流力量之作用。²³ 在我們訪談農委會承辦技正時，他也提及日本早於台灣十年發展小水力或微水力發電，但每瓩的設計製造成本過高，因此不考慮直接引進或技

21 劉正獅長期合作之專利律師事務所為「聯誠國際專利商標聯合事務所」與「道法法律事務所」，其中多數律師兼具機械、機構、材料、化工、電子、資訊等工程學科背景與法律學科訓練背景。

22 川流發電「可控制之傳動系統及方法」日本專利申請案（發明名稱為「制御可能傳動系統裝置」），於平成 22 年 10 月 19 日(2010/10/19)特許查定，專利編號為「特願 2007-212109」。

23 圖二藉由 136 勾動 33、34 機制，決定葉片 132、135 開合程度，全閉時受力最大，全開時水流直接通過。也可反過來由 51 至 55 機制，決定 32 至 34 旋轉幅度，進而控制葉片開合程度。



圖二 葉片之控制機構設計

術移轉。²⁴兩相比較，擁有工業地方知識的劉正獅，在這裡以相對簡單而靈巧的槓桿機構設計方式，大幅降低了每缸成本。

在地技術創新者的自豪之處即是，以簡單槓桿來調控葉片，即足以處理水輪機的啟動與換檔，以便符合空載運轉、低負載運轉、滿載運轉的不同水流力量要求，如此一來，水流控制的組件成本大大降低。本研究訪談與農委會合作川流技術創新的成功大學電機系團隊時，主要執行者提及光是 3 缸發電時，發電機產生反作用力極大，很容易就讓水輪機轉軸扭斷。成大電機團隊後來選擇與造園景觀的水車業者合作，並且外加蓄電池以電力來平衡反作用力。²⁵ 劉正獅的老爺鐘工業地方知識在這裡又一次勝出了。以 100 缸水輪機為例，劉正獅以成本最佳化的金屬材料設計了 240 片可控制之葉片，每 80 片形成一個控制單位，當槓桿控制了葉片全部放水通過，或者閉合 80 片葉片、閉合 160 片葉片、閉合 240 片葉片時，水輪機受力就可分成四個等級，既避免轉軸啟動時容易扭斷的問題，又讓發電負載能在控制之

24 2010/10/18 訪談農委會承辦技正時，他特別提及引進日本微水力發電，成本與效率不成比例。

25 資料來源：2010/10/18 訪談農委會承辦技正、2010/12/27 訪談成大電機團隊、2011/4/1 訪談工研院綠能所，以及 2011/5/23 訪談台中北屯景觀水車與齒輪箱業者。

下有效漸增，這也就是專利名號所稱「可控制之傳動系統及方法」。²⁶在這樣的技術設計基礎上，劉正獅也極力將自己的技術物歸類為「水輪機」，不願被簡單稱作「水車」發電。

總之，擁有工業地方知識但沒有實驗室的中小企業綠能技術創新者，不只在儀器配置上沒有大學或研究機構的實驗室優勢，也沒有研究經費之補助。更為關鍵的是，中小企業技術創新者必須步步為營，避免技術資訊過早曝光，造成仿冒可能性。這些因素都使這樣的技術創新無法輕易獲得政府機關的技術信賴。

劉正獅跟他不斷修改中的川流機器，必須更努力找出他們的出路，讓機器更穩固、更黑箱化，也讓必要的測試文本與技術論述的說服力更為強勢。²⁷

五、結論：後進狀態的技術物時差性

做為科技與工業後進國家的台灣社會，在產業技術特質上經常是以「技術移轉」方式引進先進國家之技術，進而在移轉過程中做出諸多「輔助性的創新」，取得全球分工之市場利基。²⁸

「川流發電」的小水力綠能技術創新行動網絡個案，則是鮮明不同於直接「技術移轉」的模式。本研究發現，創新行動者技術知識的出發點竟是早年學徒時期逐漸累積的關於德國老爺鐘或日本石英鐘錶的精密機械原理。所謂個人早年的技術知識，也就是台灣社會戰後早期工業化的一環。鐘錶的技術實作，原是不起眼的民生工業，來自先

26 至於「齒輪變速箱」與「發電機」，無論成大電機團隊或中小企業技術創新者，其實都是組裝或訂製早已成熟的各類套裝組件，在這幾個環節上因此稱不上創新。

27 L.C.S.川流式水力發電系統，目前正在花蓮吉安鄉有新的發展結果。藉由發明者提供技術，花蓮農田水利會出租水圳土地，原住民成立合作社即將以3座各55瓩川流發電設施，做為農特產倉儲之電力來源。該地也將成為川流發電示範園區，日後將提供國內外廠商實地觀摩之需。

28 見Edgerton (2007)以「克里奧技術」(Creole technologies)來分析後進國家的技術引進，以及在使用中所進行的改良創新。這是一種帶有在地文化特性，但又不斷挪用、雜合外來文化的狀態。類似的觀點，Hård與Jamison (2005)則以「雜合體」(hybrids)來定位這樣的現象。

進國家鐘錶的進口、維修、拆解、模仿與製造，這些精密機械技術知識的衆多環節，在 1990 年代中後期刺激一位中小企業實作師傅，思索了「精密機械不懂重工業」的侷限，陸續以對槓桿、齒輪、銅錘、鍊條、風阻葉片等原理的實作感，再以「比例法」以及對材料、模具、電子設計的熟悉，陸續設計出無須外加動力的「高運量自走式安全梯」、「高低落差重力式水力發電系統」，以及「L.C.S.川流式水力發電系統」。這些發明都陸續取得包含台灣、中國、東南亞、澳洲、南非、南美洲，以及北美與日本等諸多先進國家的專利權。

藉由行動者網絡理論靈巧的技術／社會分析方法與相關本體論、認識論視野之引領，本研究緊緊追隨技術創新行動者而能細緻刻畫出行動中的川流發電這一個案。然而，在個案基礎下開始分析時，本研究也發現技術的社會建構一派所提出關於不同社會將有不同「技術框架」之說，亦即不同社會中的技術行動者將形成不同的技術課題、技術解答，或者進一步即是特定社會有其不同於其他社會之技術目標設定、設計方法與基準、工程知識與默會知識、測試程序、技術物範例、使用者實作習性等要素，這樣的分析取向對如何界定技術後進社會之特質極具意義。本研究發現，像台灣這樣的技術後進社會，其中的技術課題與技術解答，的確相當不同於技術先進社會。

如果說技術先進的核心國家必須「無中生有」，從許多電學、力學、機械原理推敲出某些「技術物」的型態；技術後進的邊陲國家，則是先接觸到「技術物」本身。換個方式說，當技術先進國將任何新的「技術物」以商品全球分工的生產與消費模式帶到技術後進國來，後進國的人們是以「準自然物」的眼光認識了這些技術。此時，「物」將因「技術時差」而以「第二自然」的狀態來到後進國家。技術後進國，尤其是其中不斷「代工」先進技術物生產過程的各種實作師傅、下包工廠等等，不斷經歷不同時期來自先進國各種新發明的「準自然物」，這一時期是老爺鐘、發條錶、石英鐘錶，下一時期是電子家電產品、機車、汽車，再下個時期是半導體、晶圓，接著又是太陽能電池、矽晶生產等等。每一時期，技術後進國培育了能進行

「拆解」、「組裝」、「效率化量產」的一批批工程師、技師、黑手師傅；亦即，每一時期，隨著這些「準自然物之技術物」的不斷生產，也不斷留下熟練的技術行動者。一定程度，人們可以說，技術後進國在代工生產過程中，除了生產出良率極佳、成本極低的高競爭性產品之外，也同時生產了「工業地方知識」以及其中的各層次技術擔綱承載者。技術後進國的這些工程師、技師、黑手師傅，設定了全然不同於技術先進國的技術課題與技術解答；在台灣社會，第一階段的技術課題與技術解答於是像是「如何完整拆解來自先進國的準自然化技術物」、「拆解之後，如何完整無誤的組裝還原」、「最後一步，如何跳脫原裝設計過程的技術框架，找出更權變的效率量產方法」。

再次強調，經過呈現技術後進狀態而重新與技術的社會建構論對話之後，研究者反而更能精準定位台灣社會的特殊性；但實際就技術／社會個案進行分析之時，行動者網絡理論仍有其無可取代的長處。本研究中，研究者嘗試挑戰與校正行動者網絡理論對後進與先進狀態重大差別的忽視，重新界定技術後進國的獨特技術課題與技術解答，進而將「物的時差性」安置進來，經此挑戰與校正，行動者網絡理論仍是對後進社會技術創新型態極具啟發性的分析取向。同時，藉由這一挑戰與校正，我們也能跳脫行動者網絡理論以「地方／全球」或「地方知識／中心知識」二端長網絡聯結的分析架構之困境；亦即，如仍以「地方／全球」視角來分析，縱使納入「長網絡」的聯結觀，我們仍看不清「先進技術物」換裝變貌為「第二自然物」進入技術後進國的情況。事實上，技術後進國的人們，經常不得不把先進技術物當作「無中生有」的外來之物，只有在開始拆解組裝、代工生產該技術物之時，才足以重新體會其中的各種原理。再換個角度看來，後進狀態其實不必然意味著落後，有時反而因為後進人群首先面對的是「準自然之技術物」，人與物直接面對面衝擊，反而不會被先進實驗室、工作坊裡發明過程或原裝過程的技術框架、技術心態、技術典範或習性所套牢或限縮。以物開悟，因為不斷針對先進技術物進行拆解組裝與代工生產，反而另有概念、材料或尺寸上的各種刺激而能另開

新局，這就是某種獨特的「技術後進優勢」。

在川流發電綠能技術創新個案中，研究者還進一步看到，後進社會的「技術物時差性」帶來更積極的技術組裝進而創新，或者知識組裝進而創新之重要意義。在個案中呈現出後進社會不只對先進技術物進行製程改良、良率提升，同時，前一時期的技術物也可能啟發某些足以因應下一時期社會需求的後進在地技術創新。個案中之例證，針對如鐘錶等外來技術物進行拆解組裝或製程改良之時，不必然因為一開始是鐘錶，最終也只能受限在鐘錶之中。事實上，鐘錶之中意涵著種種精確的槓桿、齒輪、葉片、發條、銅錘等等機械組件，以及種種機械連動之概念、尺寸、材料等等原理，從鐘錶的拆解組裝與代工生產之中，有可能啟發少數幾位技術行動者掌握了原理，進而將原來的原理重新加以組裝、轉換、挪用。當然，絕大多數的拆解組裝或代工生產者並無動機或能力走向技術創新一途，但其中就是會有少數比例的技術行動者「以物開悟」進而變成在地的技術創新行動者。

再從另一面看來，鐘錶，即是工業革命的前身；從中世紀以來原型的時鐘即是被設計在教堂的鐘塔裡，幾世紀以來不斷局部翻新機械連動的設計概念。鐘錶就是複雜精準而節能的槓桿、齒輪與風阻葉片設計。人們並不驚訝，十八世紀中後期以來，少數鐘錶工匠開始涉入水力驅動半自動織布機等設計；甚至今天在英國仍有某些絲織工廠保持以水車直接帶動織布器械。²⁹ 當然，並不是多數鐘錶工匠能轉型變成織布機械設計者，但是，極少數鐘錶工匠的確因為參透了鐘錶精準驅動原理，轉而設想到織布機械上。類似的故事，現在以後進狀態技術物時差方式而在台灣社會中再現。在台灣，不是多數鐘錶師傅有條件變成川流發電設計者，但是，至少其中一位很特別的中小企業家兼黑手師傅，年輕學徒時期經由全盤拆解、要求自己理解德國老爺鐘的

29 直至今日，在英格蘭 Hampshire 的 Whitchurch Silk Mill，或在 Cheshire 的 Quarry Bank Mill，十八世紀末到十九世紀初以來水車動力直接驅動的織布機械仍在運轉。另在倫敦的科學博物館(Science Museum)也以模型長期展出十九世紀中期某些輪船之設計，這些輪船也是由水車所驅動。

每一細部槓桿、齒輪、風阻葉片、發條、銅錘種種作用原理與材質特性，到了晚近他則大膽跨出來，回應了當代的最大需求；如何「節能」、「省力」進行各種事物之生產，如何以最小力道精準驅動水流控制葉片，進而讓水輪機在槓桿與齒輪作用下，能有最佳化的水流能量取用，在啟動時力道該小則小、在運轉時力道該大即大、在煞車時力道漸緩即緩，既克服了發電時的巨大反作用力也同時能保持足以穩定發電的水輪機轉速。於是，我們可以說技術後進國的第二階段技術課題與技術解答就像是「如何全盤拆解外來先進技術物，進而掌握各種部件設計之原理」、「從技術物獲得各種原理之後，如何轉而放在不同概念、材質與尺寸的設計上」、「進一步，如何跳脫原來技術物的框架，進而將某些原理放在全然不同的新技術物設計上」。某個角度而言，這也就是川流發電創新者之所以用「實體學」來形容自身技術與知識的習得與突破過程之因由。「實體學」不是單純在良率、製程上面的提升，也不是單純的逆向工程或仿冒可以說盡。以物而開悟的過程，讓極為少數的技術實作者經歷兩階段的技術課題與技術解答設定，一開始是全然拆解、提升良率、降低成本，最終則是逼近「實體學」之下的後進狀態在地技術創新模式。

物的時差性所帶來的在地技術創新形態，經此界定與澄清之後，後進社會的社會特質也越來越清晰。固然在技術先進社會中，仍有其拼貼修補匠(tinkerers)之非正式文化，也是藉由拆解、組裝先進技術物而開啓工匠技師自身工業地方知識之傳習與突破，但這樣的非正式文化相當受限於技術先進社會的資源配置形態與自我認同取向。簡單說來，技術先進社會中，國家、研究機構挹注極高比例之經費與人力資源，期能不斷「無中生有」出現劃時代的技術創新，如此氛圍下，拼貼修補匠的非正式文化並不是最被鼓勵的技術文化。在技術先進社會中，拼貼修補匠最多能醞釀接近於前述第一階段的技術課題與技術解答，也就是熟習於拆解、重組技術物。整體社會並不鼓勵拼貼修補匠逾越本分，跨入大學或產業之實驗室所擅長的創新發明領域中。另一極端則是第三世界國家，固然在第三世界中人們也是像技術後進社會

一樣，先接觸如第二自然之先進技術物，但第三世界長久脫落於技術先進社會的全球分工環節，幾個世代之後，多數第三世界國家已無充足而能銜接先進技術物之技術支援網絡，工業地方知識也並未成熟自足而能自我更新。對比於技術先進社會與第三世界國家之後，像台灣這樣技術後進社會的社會特質也就更加清晰可辨了。技術後進社會鼓舞了在地的工程師、技師、黑手師傅等，不斷以「拆解模仿」、「製程改良」、「成本降低」而能準確銜接技術先進社會要求之技術物產能狀態，後進技術文化因而持續生產並更新了有效的技術支援網絡與工業地方知識；世代傳習之後，除了第一階段的技術課題與技術解答被敏銳注意之外，也開始出現少數比例的技术行動者，更深入「以物開悟」，從先進技術物的在地解讀之中出發，進而跳脫原先技術物概念、尺寸、材料等框架，邁向一種以物開悟之後屬於後進社會獨有的「無中生有」的技術創新模式。技術物的時差性，在先前技術支援網絡與工業地方知識的社會基礎下，同時也造就了技術後進社會的特殊社會形貌以及技術後進優勢。

附錄 「川流發電技術創新」深度訪談與現地勘查一覽表

受訪者／現地勘查	時間、地點	訪談或勘查大要
創新者劉正獅初訪	2010/1/27、陽明研究室	技術創新者生命史初訪
創新者劉正獅二訪	2010/2/06、台大咖啡館	高低落差到川流發電
創新者劉正獅三訪	2010/2/23、劉正獅家中	老爺鐘組件、紙版模型
農委會林前副主委	2010/3/23、林前副主委台北公司辦公室	率團考察長泰及引介雲林與宜蘭農田水利會過程
農田水利聯合會企畫組吳組長	2010/3/26、台中農田水利聯合會辦公室	水利會多角化經營轉型方向、川流壘購價格問題
創新者劉正獅四訪	2010/5/26、劉正獅家中	中國大陸、東南亞、東非、中美洲接洽川流發電
創新者劉正獅五訪	2010/6/12、陽明研究室	如何評估一地適不適合作川流發電
會同公共電視拍攝川流發電模擬情境	2010/6/23、新店曲尺	曲尺水圳實際觀察水流，機器如何因應各種水流
現地勘查宜蘭三星月眉圳築體	2010/7/7、宜蘭三星鄉	安農溪引水至月眉圳使水流平穩化、28座川流築體
宜蘭農田水利會陳總幹事、林法務、王機電股長	2010/8/6、宜蘭農田水利會辦公室	就技術與財務評估三星川流發電合作到破裂過程
與台電宜蘭區陳業務經理現地勘查萬長春川流發電位址	2010/8/13、宜蘭冬山鄉萬長春圳	宜蘭台電公司對川流發電效能之評估
農委會農田水利處灌溉管理科李技正	2010/10/18、行政院農業委員會辦公室	農委會對民間與大學團隊不同小水力創新之評估
成功大學電機工程學系王教授	2010/12/27、成大電機系館	討論農委會委託小水力發電實驗之因由
工研院綠能與環境研究所李博士	2011/4/1、工研院綠能所辦公室	討論古坑川流發電實驗實作與數據結果
古坑川流發電水車設計者與齒輪變速箱生產者	2011/5/23、台中北屯區水車與齒輪工廠	現地觀察並訪談關於水車設計與齒輪配置等事務

參考文獻

- 人間福報(2007)水車式水力發電系統 測試成功。6 月 28 日。
- 中央社(2009)中國國民黨籍立委張碩文 當選無效定讞。6 月 30 日。
- 中國時報(2008)全國首座川流式發電站 宜蘭亮相。9 月 20 日。
- 中華民國專利公報(2009)可控制之傳動系統及方法。11 月 11 日。台北：經濟部智慧財產局
- 立法院公報(2003)第 92 卷第 33 期院會紀錄。台北：立法院。
- (2005)第 94 卷第 54 期委員會紀錄。台北：立法院。
- (2006)第 95 卷第 12 期院會紀錄。台北：立法院。
- 自由時報(2008)川流式水力發電 冬山首適用。9 月 20 日。
- 吳泉源(2002)從黑手到電腦輔助工程：社會階層、專業意識型態、與技術典範的轉移。見「科技、醫療與社會研討會」論文集，頁 35-60。高雄：國立科學工藝博物館。
- 吳泉源、林宗德(2000)從網球拍到半導體：台灣產業技術特質的探討。見「台灣產業技術發展史研究學術研討會」論文集，頁 50-100。高雄：國立科學工藝博物館。
- 邱崇原、湯京平、黃建勳(2011)地方治理的制度選擇與轉型政治：台灣水利會制度變革的政治與經濟分析。人文及社會科學集刊 23(1): 93-126。
- 林文源(2007)論行動者網絡理論的行動本體論。科技、醫療與社會 4: 65-108。
- 林崇熙(2001)沈默的技術：嘉南平原的拼裝車。科技、醫療與社會 1: 1-42。
- (2003)異時空的地方知識辯證。見「技術、文化與家：潭南協力造屋之省思研討會」論文集，頁 106-27。高雄：國立科學工藝博物館。
- 楊弘任(2007)社區如何動起來？——黑珍珠之鄉的派系、在地師傅與社區總體營造。台北：左岸文化。
- (2010)專家系統下的地方知識：嘉邑行善團的造橋實作。科技、醫療與社會 10: 129-190。
- (2011)何謂在地性？：從地方知識與在地範疇出發。思與言 49(4): 10-34。
- 經濟部(2010)函：經能字第 09904600393 號，中華民國 99 年度再生能源電能躉購費率及其計算公式。台北：經濟部。1 月 25 日。
- 謝國雄(2003)茶鄉社會誌：工資、政府與整體社會範疇。台北：中央研究院社會學研究所。
- 聯合報(2008)無落差渠道發電 劉正獅示範。9 月 20 日。

蘋果日報(2008)川流式水力發電 全台首座。9月20日。

——(2009)爲兒賄選找頂包 張輝元將入獄。11月12日。

Agrawal, Arun (1995) Dismantling the Divide between Indigenous and Scientific Knowledge. *Development and Change* 26: 413-439.

Bijker, Wiebe E. (1997) *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change*. Cambridge, MA: MIT Press.

Callon, Michel (1999) Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the Scallops and the Fishermen of St. Briec Bay. Pp. 67-83 in *The Science Studies Reader*, edited by Mario Biagioli. New York: Routledge.

Collins, H. M. (1982) Tacit Knowledge and Scientific Networks. Pp. 44-64 in *Science in Context: Reading in the Sociology of Science New Directions in the Sociology and History of Technology*, edited by B. Barnes and D. Edge. Milton Keynes, UK: Open University Press.

——(1989) Experts Systems and the Science of Knowledge. Pp. 329-348 in *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, edited by Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes and Trevor J. Pinch. Cambridge, MA: MIT Press.

——(2001) What is Tacit Knowledge? Pp. 107-119 in *The Practice Turn in Contemporary Theory*, edited by Theodore R. Schatzki, Karin Knorr Cetina, and Eike von Savigny. New York: Routledge.

Edgerton, David (2007) Creole Technologies and Global Histories: Rethinking How Things Travel in Space and Time. *HoST* 1: 75-112.

Hård, Mikael, and Andrew Jamison (2005) *Hubris and Hybrids: A cultural History of Technology and Science*. New York: Routledge.

Hughes, Thomas P.著，楊佳羚、林宗德譯(2004)美國的電氣化過程。見吳嘉苓、傅大爲、雷祥麟編，科技渴望社會，頁19-77。台北：群學。

Hughes, Thomas P. (1989) The Evolution of Large Technological Systems. Pp. 51-82 in *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, edited by Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes and Trevor J. Pinch. Cambridge, MA: MIT Press.

Latour, Bruno (1987) *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society*. Milton Keynes, UK: Open University Press.

——(1988) *The Pasteurization of France*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

——(1991) Technology is Society Made Durable. Pp.103-131 in *A Sociology of*

- Monsters: Essays on Power, Technology and Domination*, edited by John Law.
London: Routledge.
- (1993) *We Have Never Been Modern*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- (1996) *Aramis, or the Love of Technology*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- (1998[1983]) Give Me a Laboratory and I Will Raise the World. Pp. 258-75 in *The Science Studies Reader*, edited by Mario Biagioli. New York: Routledge.
- Latour, Bruno 著, 雷祥麟譯(2004)直線進步或交引纏繞, 見吳嘉苓、傅大為、雷祥麟編, 科技渴望社會, 頁 79-105。台北: 群學。
- Law, John, ed. (1986) *Power, Action, and Belief: A New Sociology of Knowledge?*
London: Routledge.
- (1991) *A Sociology of Monsters: Essays on Power, Technology and Domination*.
London: Routledge.
- Law, John (2007) Making a Mess with Method. Pp. 595-606 in *The Sage Handbook of Social Science Methodology*, edited by William Outhwaite and Stephen P. Turner.
London: Sage.
- (2008) On Sociology and STS. *The Sociological Review* 56(4): 623-649.
- Marglin, Stephen A. (1996) Farms, Seedsmen, and Scientists: Systems of Agriculture and Systems of Knowledge. Pp. 185-248 in *Decolonizing Knowledge: From Development to Dialog*, edited by Frédérique Apffel-Marglin and Stephen Marglin.
New York: Clarendon Press.
- Pinch, Trevor J., and Wiebe E. Bijker (1989) The Social Construction of Facts and Artifacts. Pp. 17-50 in *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, edited by Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes and Trevor J. Pinch. Cambridge, MA: MIT Press.
- Polanyi, Michael (1958) *Personal Knowledge*. Chicago: University of Chicago Press.
- Staudenmaier, John M. (1985) *Technology's Storytellers: Reweaving the Human Fabric*.
Cambridge, MA: MIT Press.
- Sillitoe, Paul, Alan Bicker, and Johan Pottier, eds. (2002) *Participating in Development: Approaches to Indigenous Knowledge*. London: Routledge.
- Winner, Langdon (1986) *The Whale and the Reactor*. Chicago: University of Chicago Press.