

LIFE 科學文庫

輪



生活科學文庫

編輯顧問

雷內·杜博斯

亨利·馬根諾

C. P. 斯諾

輪

威爾弗雷德·歐文

紐約 時代公司出版



叢書:

航海的人們
第二次世界大戰
人類的行爲
世界原野奇觀
世界各大城市
縫紉的藝術
人類的起源
時代生活園藝百科全書
生活攝影叢書
世界烹飪叢書
時代生活藝術文庫
人類的偉大時代
生活科學文庫
生活自然文庫
家庭實用叢書

專輯:

生活雜誌精粹
生活的電影世界
生活在戰爭中
嬰兒是怎樣製成的
瀕臨絕種的動物
攝影的技術

SERIES:

THE SEAFARERS
WORLD WAR II
HUMAN BEHAVIOR
THE WORLD'S WILD PLACES
THE GREAT CITIES
THE ART OF SEWING
THE EMERGENCE OF MAN
THE TIME-LIFE ENCYCLOPEDIA OF GARDENING
LIFE LIBRARY OF PHOTOGRAPHY
FOODS OF THE WORLD
TIME-LIFE LIBRARY OF ART
GREAT AGES OF MAN
LIFE SCIENCE LIBRARY
LIFE NATURE LIBRARY
FAMILY LIBRARY

SINGLE TITLES:

BEST OF LIFE
LIFE GOES TO THE MOVIES
LIFE AT WAR
HOW BABIES ARE MADE
VANISHING SPECIES
THE TECHNIQUES OF PHOTOGRAPHY

生活科學文庫

輪

內容提要

人類的所有機械發明，從來沒有任何其他一種對其生活方式的改變像輪這樣激烈的。甚至文化方面的技術進步也可借有輪車輛的使用方式而加以衡量，足以見其影響之大。本書論述這一段過程，從古代牛車所用的車輪到時速達 130 哩的日本新幹線快車和利用渦輪推進的貨車，追溯車輪發展的各個階段，並指出足以改變未來人類社會形態的一些革新。

本書每章正文後間以“圖與文”。譬如第二章圖與文“鋼軌上的一匹鐵馬”，是補充第二章所述有關鐵路由早期的蒸氣機車進步至最近的內燃機車的發展過程。第七章圖與文“不擁擠的城市”附於有關城市交通問題的可能解決辦法論述之後，同樣起着補充說明作用。

作者

威爾弗雷德·歐文(Wilfred Owen): 現任美國華盛頓布魯金斯研究院運輸研究計劃主任。在甘迺迪總統時代曾任商務部運輸政策專案小組主持人。他也曾任職於世界銀行印度經濟考察團、哈佛大學駐巴基斯坦顧問團及聯合國亞洲暨遠東經濟委員會，並曾為二十世紀基金會主持關於歐美運輸問題的特別研究。他的著作很豐富，包括《獲取機動性的策略》(Strategy for Mobility)、《大都市運輸問題》(The Metropolitan Transportation Problem)與《距離與發展》(Distance and Development)等書。

埃茲拉·鮑恩(Ezra Bowen): 現任時代-生活叢書助理總務編輯。曾任《體育運動畫報》(Sports Illustrated)編輯，參與時代-生活叢書工作後曾任《驚人世紀》叢書主編及《美國西部歷史》叢書主編，並為《美國荒原》叢書中之《高峻列峯》(The High Sierra)一書作者。

編輯顧問

雷內·杜博斯(Rene Dubos): 洛克斐勒大學名譽教授，是一位微生物學家兼實驗病理學家，以研究抗生素而著稱。他的一本著作《環境塑造了人》，在1966年得拱門科學獎，在1969年得普立茲獎。他的著作中最著名者為《健康的幻象》(Mirage of Health)、《人類適應》(Man Adapting)，他同時也是本叢書中《健康與疾病》(Health and Disease)一書的合著者。

of Physical Reality), 是本叢書之一《科學家》(The Scientist)的合著者。

C. P. 斯諾(C. P. Snow): 科學小說作家，著作甚豐。他的小說聞名國際，其中較著名的有《新人類》(The New Man)、《事件》(The Affair)、《權力走廊》(Corridors of Power)。這三本書都闡明了科學對現代社會的影響。

亨利·馬根諾(Henry Margenau): 耶魯大學物理及自然哲學名譽教授，光譜學及原子核物理權威著有《遼闊遠景》(Open Vistas)、《物理實物的本質》(The Nature

戚建邦: 本書中文版編輯顧問，西德史圖格大學自然科學博士，現任教於香港中文大學。學術研究範圍包括金屬與半導體晶體缺陷、電子透射顯微術等。

封面與封底

一輛拖車式貨車的車輪和輪胎，使這個公路運輸的基本工具任重致遠。輪胎有四呎高，橡膠之中層層交織着鋼絲，使它能載重8,800磅，行駛100,000哩。封底的圖案顯示一隻輪轉動一周所行走的直線距離。

目錄

原序 7

1	這個滾動的世界 圖與文：偉大的發明 16	8
2	蒸氣機的到來 圖與文：鋼軌上的鐵馬 38	30
3	特別快車的如雷怒吼 圖與文：經營鐵路的方法 62	52
4	從小汽車到流線型汽車 圖與文：汽車的影響力 86	76
5	文化的大動脈 圖與文：車輪王國 108	100
6	克服天然障礙 圖與文：橋樑的建造藝術 132	122
7	商業中心的兩難 圖與文：不擠迫的城市 156	146
8	自動車輪 圖與文：明日的車輛 178	168

橋樑中的五大翹楚 193

汽車的混合系統 194

參考書目及誌謝 196

索引 197

圖片來源 200

時代 - 生活叢書

中文版

編輯：徐東濱

副編輯：蕭輝楷

助理編輯：張柱

編輯助理：嚴慧

本書中文版編務顧問：陳國成

本書譯者：時代公司 許延輝

出版者：時代公司

Authorized Chinese language edition
©1976 Time Inc. Reprinted 1978.
Original U.S. English language edition
©1967 Time-Life Books Inc. All rights reserved.

原序

這本書不只是輪的一部歷史。它也詳細記敘交通運輸與人類經濟社會活動之間的交互關係。

作者追循陸上交通的演變，從古老的原始牛車一直到今日複雜的車輛與運輸系統。在過去幾百年，人類對車輪這基本而簡單的裝置發展出許多新技術，擴大了人類對於車輪的使用範圍。各種車輛的改良和原動力的新來源，再加以各種行車道路——如公路、鐵路、橋樑甚至地下道——使運輸系統所需要素為之齊備。這些減少“空間摩擦”的辦法，成功地獲致速度的增加，與客貨輸送費用的降低。可是，這些變化對社會所起的影響，並不一定都是好的。有時候新的旅行條件使人有機會採取生活和謀生的新方式；可是有時候運輸條件會限制社會的運行。

今天，我們正享受着有史以來最快速最廣博的運輸設備，但同時也在它們的限制之下感到苦惱。在這許多系統中某些重要環節效能太低，負荷太大，陳舊過時。為了取代它們，工程師們已經造出各種新“硬件”（道路、車輛等）及改善各種“軟件”（資料處理、分析方法及營運控制系統）以求使各個硬件單元合成有效的組合系統。

我們現在正發現：能量供應的限制，和保護環境的需求，使在運輸計劃上必要採一個新方針。我們認識到，尤其是在大的市區，區域的結構必須和運動工具的供應携手并進，而運輸必須包含各類的方式和服務，以適合所服務的社會。

哈默·E·戴維斯

加利福尼亞大學
運輸與交通工程研究所名譽所長

1

這個滾動的 世界



任重道遠無所不在的輪

在大阪東北方的山地，新幹線快車的鋼輪在軌道上急速旋轉，唱出勝利速度之歌，運送着世界上最快速的列車在晨霧中前進。從大阪開出三小時十分鐘之後，車上一千多名旅客就到達 320 哩以外的東京。平均速度為每小時 100 哩，中途只停站二次，全線無一分道。

在世界的另一角落，印度魯帝亞拿市外的壓出軌跡的土路上，牛車の木輪在黑夜中緩慢地前進。駕車人正在返回塞荷拉小村家中，距離不過三哩，但需一小時左右方可到達。這速度比 4,000 年前印度農人最初使用此種車輪時的速度，並無任何改進。

在侯士頓市外，海灣高速公路的平坦混凝土的路面上，一位駕車者正開着一架空氣調節的新型轎車去上班。當時交通繁忙，公路擁擠；六哩長的路上，每小時均有汽車和貨車 5,500 輛，但交通十分流暢。在中央控制室內有一位警官，注視一排閉路電視機，留意公路上發生車輛拋錨或意外事件。附近還有電腦記錄交通情況，並調節公路入口處的交通燈號，以控制從各個小路導入公路的車輛數目。在交通繁忙時，車行速度大概略高於每小時 30 哩；當擁擠情況緩和後，速度定為最低每小時 45 哩，最高每小時 55 哩。

全世界各地。日日夜夜，數以億計的車輪在路上轉動，擔負起人類交通的重任。有些車輪，比如在高速公路或新幹線上的那些輪子，發出二十世紀技術的快速節奏，載着現代的主流匆忙前進。另外有些車輪，比如塞荷拉村外土路上的牛車，却奏出古代緩慢的節拍，使其鄉村與國家停滯於原始技術的死水之中；全世界仍有一半以上的人口在這死水中消沉。今天，在地球上的每一角落，都可以感受到從靜態的石器時代到動態的現代社會一直在控制着人類進步的車輪的影響。任何地方的車輪，不論轉動得快或慢，它的步伐就是人類的步伐。事實上，衡量一個國家的進步，最有把握的辦法就是看它運輸系統以及輸送客貨的速度。

在 1970 年，美國擁有大約一億輛汽車，貨車及公共汽車——幾乎每二人就有一部機動車輛。它們的車輪轉動在大約 3,000,000 哩數有路面的道路上，其中包括將近 70,000 哩複線公路。此外還有大約 30,000 輛火車頭和 1,800,000 輛鐵道客車，在 200,000 哩的鐵路上轉動。這許多輪子的轉動，使每一個美國人的生活都受到影響。從 1840 年以來，美國的成長方式就受車輪所決定：篷車和火車使國土擴張到密西西比河以西；美國城市多半是

汽車燈光的流線顯示出洛杉磯的海灣高速公路——第六街與第七街的網狀交通迴旋處。美國對車輪的主要利用是汽車，在洛杉磯這個城市中，它確實是日常生活的必需品。

在鐵路主要站開始培養長成；電車和T型福特汽車使城市向外發展；而現在則因為近代汽車的流動性，使大都市發展得不可想像，甚至差不多不可控制。

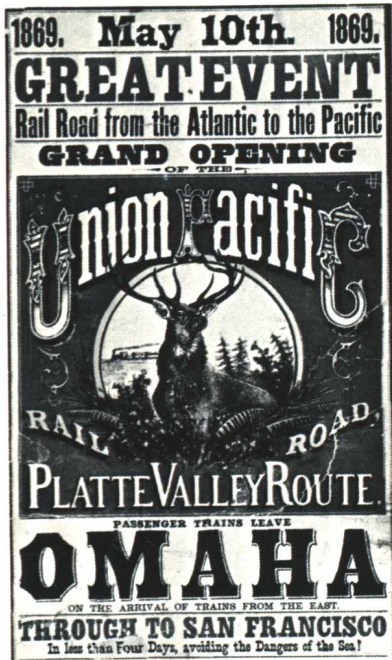
今日美國每人所用的物品，幾乎沒有一件不是曾經由鐵路或公路輸送的。百分之九十七的牛奶，百分之七十的水菓蔬菜，以及全國所售的差不多每一件衣服，都是由貨車送到商店。學校也因汽車而徹底改變：從第一輛校車出現後，全國 225,000 間只有一個課室的校舍，已被更大更好的地位適中的學校所取代。在這些學校讀書的兒童長大後，他們的職業極可能依靠汽車或與汽車有關的事業。比如說，全國所生產的玻璃片，有百分之七十五用於汽車上；所有橡膠百分之七十，與所有收音機百分之四十多也都是用於汽車。

除龐大的汽車活動外，美國鐵路系統的貨運每年約八千五百億噸哩；還有 160 萬車穀類，三億七千五百萬噸的煤炭，和一億一千萬噸的森林產品也利用鐵路輸送。

滾動滾出麻煩了

就總體說，美國的車輪和道路使它比其他國家具有更大的流動潛力，因而有更高水準的生產力與繁榮。不過，美國雖然有豐富的運輸技術，可是這些車輪的轉動實在仍不算流暢。全美國的交通情況非常惡劣，即使在愛阿華州西打拉必（人口：103,000）這樣一個小城，在交通繁忙時，橫過全城，僅七哩的旅程，平均需時45分鐘。在洛杉磯市外，有一天的早晨，在聖太·亞那和海灣高速公路上曾發生 150 輛汽車連環相撞的車禍，幸而無人死亡；但在其他日子裡，駕車人就往往沒有如此幸運了；在過去25年間汽車已使一百萬美國人喪失生命。

鐵路則仍有其他的問題。六十年前鐵路曾以快速而有效的方法在陸地上輸送旅客和貨物。市際的旅客坐在豪華快車上，有時以每小時70哩的速度在幹線上風馳電掣。運載貨物的列車，有時一連串35節，以每小時25哩的速度隆隆奔馳於城市之間。當時，剛經過五千年緩慢的畜力運輸，鐵路上的速度和動力令人感到簡直是奇蹟。可是時至今日，當其他種類的運輸工具和技術已躍進到新的領域，許多鐵路仍以陰沉老舊的設備苟延殘喘，因此美國前總統林頓·詹森在六十年代曾感慨地說，“我們已有三倍音速的飛機，也有環繞火星飛行的電視攝影機；但是在城市之間我們仍有與三十



一八六九年，在美國東部各地遍發海報，宣佈一條橫跨全國的鐵路通車；而在其後的25年內，還有另外四條橫貫全洲的鐵路開始啓用。它們共同開發了美國西部。聯邦政府把沿線的一億三千萬英畝土地撥給鐵路，於是它們就變成熱烈的殖民者。鐵路派人在各城市登廣告請人徙居，在紐約碼頭剛抵達美國的移民之中招募農夫，甚至到歐洲去賣火車票，載運移民進入美國的內陸。

年前相同的疲憊無力而且供應不足的運輸工具。”其實，鐵路運輸比往年反而退化，例如有一條鐵路線的平均運輸速度六十年來竟減低百分之三十。

加州大學運輸與交通工程研究所前任所長，哈默·戴維斯曾經對美國車輪出毛病的癥結加以下列概括說明：“過去對運輸的研究大都局限於較小的範圍進行，甚少對全面問題作探討。”另一位麻省理工學院的運輸問題專家說，“我們要明瞭一點：大約三十年前，車輪的發展已不再是各項技術分道揚鑣的發展。”現時的挑戰是把這各種線編織成一張流動性的地毯，使全國客貨的運行速度可以反映噴射時代，而不是反映蒸氣時代。

滾動到未來世界去

爲了應付這項挑戰，美國政府曾支出數以千萬元計的經費，作廣泛研究和示範計劃，目的是發展全世界第一個完整的運輸系統。這系統可能包括日本新幹線式的列車，有電視偵察的公路，電腦控制的交通系統，以及電腦控制的調車場，或者還有密封貨櫃，可以在數分鐘內由貨車轉到火車、飛機、輪船，差不多完全不用人動手。有一位運輸權威曾說：“未來運貨車可能只是一座有輪的平臺。”在現有技術之外，將來還可能發展出各種嶄新的導行路，運行控制系統，以及新式車輪，有的車輛也許根本不用輪子。

系統本身實遠較個別的技术更爲重要。一個配合妥善的工作網，可以使汽車、火車、輪船、飛機都能分別負擔本身部份的運輸量；在各種運輸過程中可以由一種運輸工具順利地轉換到其他運輸工具，而不會因提供多餘服務，交通擁塞、機器陳舊而攪成一塌糊塗。

美國在尋求一個新運輸系統以配合太空時代需求，而在這時候，像印度、巴基斯坦、泰國、哥倫比亞、和中國這些國家——它們有世界三分二人口——却還在試創一種交通運輸的基本型態，以養活和教育他們的人民，以發展出近代工業社會，使仍然憔悴於古舊困難中的多數人民可以興起。不過，如果沒有足夠的車輪和道路，這些理想便沒有一個可以達成。在非洲只有50,000哩鐵路，而這少量里程竟有九種不同的軌距，因此根本無法以同一列車橫跨非洲，有時甚至由一國至他國亦不可能。泰國有2,170哩鐵路，而曼谷至清邁的火車仍以燃燒木柴的機車牽引着穿越森林和稻田。

在墨西哥每30人有汽車一輛，而許多鄉村的運輸仍然依靠驢。在克什米爾，一輛貨車就是使人敬畏的東西，車上掛一個金屬牌，寫着“薩蒂曼”三字，意思是“全能”。巴基斯坦雖然聚集有柴油貨車，福特汽車、德國小

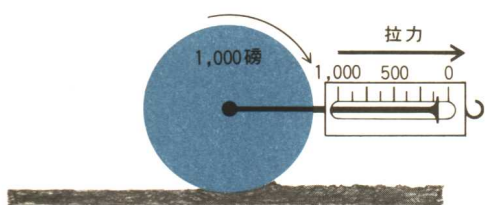
轎車、腳踏車、手車、及兩輪馬車，但民間所用主要仍是牛車。而一輛牛車，不論載運人或他的產品都有一定的限界，不能越出本鄉範圍。印度的570,000個鄉村中只有百分之十一具有不受氣候影響的道路，通往國內其他地方。在馬雅布拉達斯省的一個鄉村，沒有人志願擔任當地米糧配給工作，因為道路太壞。在那個鎮上，一位老人曾說：“我們村子裏幾乎從沒見過一個陌生人，所以我們不知道外面發生的事情。”即使求婚也受惡劣運輸的影響：居住地區如果道路不良，通常就很難找到一個好太太，因為女家父母多半不願跋涉於泥濘道路去探訪婚後的女兒。

今日世界各地都在爭取流動性，人類過去一萬年一直在如此爭取。而在多數地方，用來爭取的武器還是和過去一樣。泰國燃燒木柴的機車始於1850年代。塞荷拉那種牛車在基督時代就在滾動着。漫步沿墨西哥山徑而下的驢子，其實也就是數千年前在埃及平原上負重流汗的驢，而那時候世界上還沒有任何車輪存在。

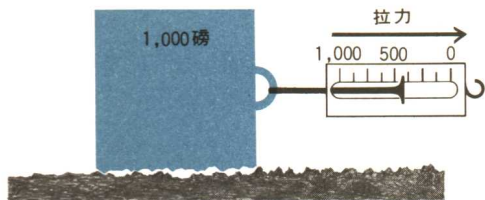
尚未有車輪的時代是緩慢得要命的日子，但却佔有人類歷史大部份時期。最初一個人的移動只靠雙腿。一日往返旅程的半徑為十五至二十哩。不論任何距離，他背上所能負載的最大重量不過90磅左右。直到公元前五千年，人類才開始訓練第一隻負重畜類。那可能是一條驢，也可能是一頭牛；無論怎樣，如果他將重物綁載在那頭馴獸身上，他可以攜帶較他本人所能背負的三倍重量。以後人們又將牛身上的負荷取下而放在一個橇上；這是一個粗陋的平台，下面裝置粗重的滑木。用軛桿將橇綁在兩頭牛的身上，就可以拖曳3,000磅重物。這方法是比較像樣了。可是仍舊需要更好的方式。

輪的誕生

有一天，這個更好的方式出現了。約在公元前四千年時代，在底格里斯河和幼發拉底河肥沃的三角洲，一個不知名的撒馬利亞人作出人類有史以來最偉大的一樁技術成就。他造出了一個輪。究竟他是誰，究竟他為什麼製造那個輪，我們永遠無法知道了。他也許是一個戰士，製成第一輛戰車；也許是一個送喪者，對某一位特別受他敬重的死者，供應一段更平穩的旅程。關於輪最早的紀錄是約在公元前3,500年，由撒馬利亞的一位會計師所繪製。從圖上看，該車顯然是一輛殯儀車，樣子甚為古怪，車架前端翹得很高，很像舊式的那種溜冰鞋。這表示它很可能是緊接着橇而發展



輪的好處在於它受到的摩擦阻力很低。當它轉動時(上圖)，它前面的地面被擠出一個小山坡，輪就得從它上面滾過去。這種所謂滾動摩擦比拖一個東西在地面引起的摩擦小得多。如用粗陋的木輪運載1000磅的負載，只需要大約80磅拉力就可以保持前進(如圖中輪旁的彈簧秤所示)。如果在地面上平拖一個重物(下圖)，就會產生較大阻力，這是由於重物與地面的表面都有不規則處，互相鈎扯。這種所謂滑動摩擦比滾動摩擦大得多，所以拖動1000磅的木質負載竟需要大約400磅的拉力。



出來的新產物。車身上的一端有一個帶有尖形屋頂的高箱。下面肯定無疑地有兩對車輪。車輪直徑約為二呎，以木板製成，用橫檔綑紮，然後以當時所能利用的原始銅製工具小心加工儘量做成圓形。兩根車軸固定在適當的位置上。前軸並不能向左右迴轉，所以那輛車在轉彎時必須橫拖過來或者擡動轉向。

摩擦力受到打擊

初期車輪的技術並不十分精美。但它們已經使撒馬利亞人的葬禮機械化，並且給予世人一種新的流動模式。驟然間人類在地上搬運物品的本領提高了，不再限於本身——或牲口——背上所能負載的重量，也不限於拖撬滑動的能力。

製造出第一個車輪，可說是有頭腦的撒馬利亞人的多方面創新。用科學名詞來說，他們創造了一個被動性滾軸，這工具可以減少物體在地上移動時的表面摩擦。在車輪誕生以前，用兩頭牛去牽引撬上 3,000 磅重的貨物時，必須使出大約 1,200 磅拉力，以克服地面和物體間的表面摩擦。一個車輪可以將地面與物體間的摩擦減到百分之一。事實上，鐵路列車所用車輪既圓又硬，如果在平穩而堅硬的軌面上轉動，只需九磅力就可使 3,000 磅的負載移動。但初期的木輪，既不十分圓也不十分硬。此外，車輪在泥土路面上會陷下，因此總是在爬上小坡。即使如此，如果製造出足夠堅固的車輪和車軸，那麼一對壯牛至少可以牽引二至三倍於用同一組牛以撬所能移動的負載量。

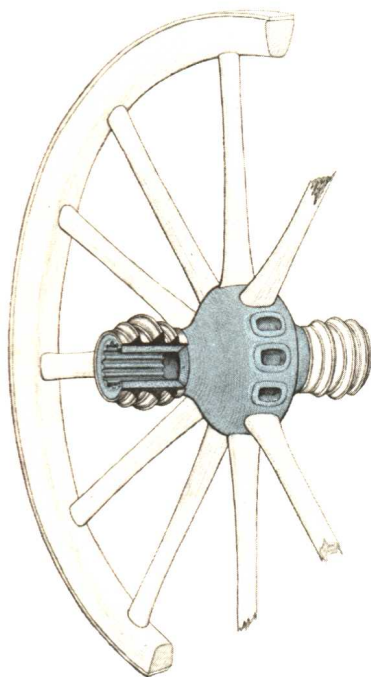
以更廣大的意義來說，撒馬利亞人在製造車輪的同時，無意之中也創造了另外的東西。他們建立了第一個近代陸地運輸系統。最初的车輪，裝置在原始的木車下，上邊載着東西——當時只不過是運載屍體——用兩頭牛拉在崎嶇的泥土路上前進，由一處到另一處，但這已經比以前載運類似物品更有效率得多。輪的發明就是爲了這目的。到今天這仍舊是使用車輪的目的；它在精巧複雜的運輸系統中仍是一個重要因素。當人類逐漸改善車輪和發動機的技术時，他發現，車輪所能負載的重量，和它可以旋轉的速度，幾乎是毫無限制。但是，要發展車輪的全部潛能，還需要很多年月和很長的里程。

約在公元前 2,000 年，黑海附近大草原的幾個部落帶了一種跑得很快

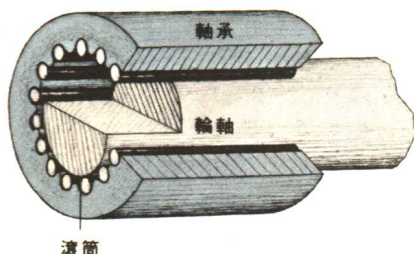
的叫做馬的奇怪動物出現在底格里斯 - 幼發拉底河流域，同時他們還帶來

一個有輪輻、直徑較大的車輪，這種車輪在崎嶇地方較一般整塊的車輪容易轉動，它較輕也更易操縱。後來其他種族亦採用這種新式技術：非利士人、埃及人，以及巴比倫人、希臘人與中國人。

在羅馬帝國時代——不是在羅馬本地而是在西歐的塞爾特人中間——古代的車輪技術發展到巔峯。塞爾特的車輛製造者非常優秀。他們建造第一輛前軸可以旋轉的車輛，在轉彎時可以左右擺動。爲了減少輪轂內部的摩擦，塞爾特人裝置了硬木的滾筒軸承，所以車輪不再與車軸直接摩擦，而在軸承上轉動，軸承則在車軸上滾動。由輪轂向外伸出14根細長的輪輻，再用榫眼接合在輪輞上，輪輞是用整片櫟木加熱彎成圓形。輪箍也是一整片——用長鐵片接合成，並捶擊成箍狀，再將兩端熔接。鐵箍的直徑較輪輞略小，加熱後立即套上。當鐵冷卻後輪箍收縮，就緊緊包在車輪上了。



公元前一世紀的一個原始的滾筒軸承，是一架殲儀車的一部份，與其他一些部份在丹麥出土。它們的優秀性能使當時塞爾特人的車輪成爲古代最先進的發展。軸承可以減低輪轂轉動時與固定不動的輪軸之間的摩擦。這軸承是從整塊的橡木輪軸延伸出來(上圖，藍色部份)，內部刻出半圓形溝槽。每個槽內包着一根小的木滾筒，(詳見下圖)當輪子轉動時，滾筒就動起來，使車輪在輪軸上滾動，而不是圍着輪軸硬磨。



基本的改善

就基本技術來說，這些塞爾特車輛在畜力牽引的車輛之中已經差不多登峯造極，不需要甚麼改良。一位古代尼薩的學者格雷戈里在回顧早期利用畜力加強活動的高潮時很感激地評論說：“因爲我們自己身體移動緩慢和困難，所以驅遣牛馬供應我們的需要，爲我們服務；它們大出勞力，使我們生活過得舒服些。”

格雷戈里說的話雖然十分適當，但他並不很了解畜力牽引車輪的經濟價值。古時牛車移動速度爲每小時一哩半。用馬拉車輛可以較快，但不能持久。古代套馬的挽具只是牛軛的改版，加上頸帶和腹帶。這種設備放在粗壯隆起的牛肩上倒還舒適，但放在馬身上時，頸帶向後拉會壓迫氣管和頸靜脈。結果，大宗貨物在陸上搬運時十分緩慢而且無把握，一車穀類運輸 100 哩，價格就得加倍。所以居住距離主要市場或港口超過30哩——兩天的行程——的人都不能夠將種植剩餘的糧食或其他產品運去出售。在這情形之下大多數鄉民的生活始終停留在勉強糊口的水準。

最後，在九世紀時，查理曼統治下的法蘭克人發現了利用馱馬的好辦法。他們開始使用一種硬性頸圈，套在馬的肩胛骨一帶，這樣它就可以全力牽引而不致產生不舒適的感覺。

這樣一來，用馬拖動的重量終於和兩頭牛的負載相同，而速度比前增快差不多一倍。以前每天可行15哩，現在至少可達25哩。同時從十一世紀開始流行用馬蹄鐵，所以馬匹行走一整天後也不會有跛足的現象。由於獲

得更有效的馱馬，整車穀類的價格，每運行 100 哩，只增百分之三十，而整車羊毛則只增價百分之三。這對於生產剩餘物資大有鼓勵作用。在西歐的田地，平均每人生產量增加了百分之四十。本來分散居住在十戶八戶小村莊的農民，開始向較大而集中的城鎮遷移：因為他們的馬車速度較快，每天可以往較遠的田地工作，而仍能在天黑前回家。在 1577 年基度巴爾度·地·蒙特在他所著的《機械學六卷》中的一卷寫道，“因此，機械學逐漸進步；車輛載運物資、器具、及各種重載來往於各鄉鄰之間，又將必需品從原產地帶給我們。”

共同的缺點

在以後的幾個世紀，這種中古車輛被一批一批更堅固、更輕、更美、更有效的各類馬車所取代，比如：有槓桿式剎車設備的康奈士托加貨車與庫科特驛車；華麗的篷馬車；有橢圓形彈簧、乘坐輕鬆、各地均有的四輪單座馬車；車軸上有彈性板的輕車（當時的輕便貨車）；美麗的雙座四輪馬車；二輪單馬車；二人乘坐的雙輪輕便馬車；雙輪輕便馬車；有篷小馬車；小型敞篷單座馬車；低輪有篷輕馬車和雙馬二輪馬車。每種各有它的用途，而每種在它本身而說，都代表一種努力，要使車輪成為更好的運輸工具。但它們有兩項共同的缺點：它們都是由一具稱為馬的發動機拖曳；而它們都是行走在泥路上，或者充其量是在碎石路上。一直到 1817 年，將貨物由辛辛那提運到紐約，仍然需要 50 天時間。1816 年美國參議院有一位參議員曾抱怨說：“在美國也許有一個煤礦距離一個極有價值的鐵礦不到 10 哩，但兩者都毫無用處……因為陸上運輸太貴，彼此都不能負擔。”在那時期一輛驛車由馬利蘭州的菲力特烈到西維吉尼亞州的威靈，全程 222 哩，行駛在比較高級而鋪有碎石路面的坎伯蘭公路上，這已是當時全國最好的公路，但最快的行車紀錄仍是長達 23 小時半。

當時所需要的是一具更好的發動機，使車輪轉得更快，也需要有更平滑、更可靠的路面以供車輪行走。以前所弄的甚麼硬性馬頸圈、槓桿剎車和橢圓形簧板等等，實在說來，都不過是技術上的一些改良代用品；而真正需要的乃是一個全新的運輸系統。值得慶幸的是，在英國和美國的一些地方，正有少數想像力豐富的人士在試驗這種系統——他們用蒸氣做原動力，而以鋼鐵做道路——以應付當時已經投入工業革命的社會對更大機動性的需求。

偉大的發明

輪應該列為人類最偉大的技術成就。自然界並沒有甚麼類似輪的東西可供摹倣或改造；它必須徹頭徹尾從人的想像力之中創造出來。五千多年以前一個撒馬利亞的天才居然取得這一成就，它就對人類文化起了決定性永久性的改變作用。車輪對社會的影響太大了，我們甚至可以環繞着一個國家的車輪運輸發展來寫該國的歷史。有了車輛古代的農民就可以將剩餘收穫運到發展中的城市，使其他人可以抽出時間從事非農業工作。亞述和埃及的戰車幫助他們建立了當時最強大的軍隊和王國。大篷車和驛車是美國開發西部發展的主導動力。

在今日，這些過去年代的車輪仍舊在世界許多角落繼續緩慢地旋轉；只要有這種情形存在，就表示技術和文化的發展滯緩。右頁圖片的吉普賽人簡陋的木輻車輪就是一個時代的生活遺跡，在那時代數以百萬計的畜力拖曳車輛，曾經吱吱咯咯地呻吟出人類旅程的坎坷。

篷車的最後傑作

一輛現代的西班牙吉普賽車，實際上已包括歷代篷車製造者的所有手藝成就。它有包鐵的後車輪，直徑約五呎，容易在爛路

上滾動，而較小的前輪可在車身下左右擺動，以操縱方向。後輪的刹車與車身下的簧板則屬於最後添上去的改良品。