

中国纺织科技史资料

中国纺织科学技术史编委会

第十四集

北京纺织科学研究所出版

《中国纺织科技史资料》第十四集

目 录

纺织机械发展史略	高汉玉等 (1)
棉纺织染实验馆筹备经过及其近况	聂光堉 (25)
中国丝绸生产技术的外传及其影响	黄赞雄 (48)
对《天工开物》中 有关染色问题的研究	谢峻峰 (54)
中国麻纺织史略	王裕中 (69)
中国近代蚕业史概论 (六)	周匡明 (79)
自动络筒机的发展概况	陈德光 (96)
译文 日本染色发展史	(日) 上村次郎 (101)

纺织机械发展史略

上海纺织科学研究院 高汉玉 王裕中

中国是世界上最早饲养家蚕和织造丝绸的国家，曾以“丝国”闻名于世。麻、毛纺织的历史也源远流长。在世界纺织史册上，中国历代创造的纺织工具与机械、工艺原理，以及绚丽璀璨的纺织品，在明代中、末期以前的漫长时期内，一直处于领先地位。它是世界物质文明宝库中的珍贵藏品，也是中华民族的文明古国的辉煌象征。

欧洲资本主义的崛起和发展，冲击和扫除了腐朽的封建主义及其残余，解放了生产力。十八世纪中叶，机器纺织机械的相继发明，迅速突破了工场手工纺织业低下的生产力，纺织工业成为英国工业革命的先声，开创了现代化机器大工业生产的新时代，与此同时，以文明古国著称的中华民族，仍处在封建主义的禁锢和束缚之中。因此，在近代的纺织技术领域里，中国却远远地落伍了。

新中国的诞生，勤劳聪慧的中国人民从此当家作主，为祖国纺织科学技术的迅速发展，显示出广阔的前景，古老的纺织业焕发出青春般的活力，丰富多彩的传统纺织品又重新活跃在国内外市场上。现在，纺织工业已成为我国社会主义经济的重大支柱，正为实现四化的宏伟目标，日新月异地迈步前进。

一、 纺 纱 机 械

众所周知，布是人们的生活必需品，而纱是布的构成基础。纺纱是将麻、毛、丝、棉纤维，经过工具和机械的梳理、牵伸、加拈、卷绕作用，制成细长体纱线的工艺过程。纺成的纱线可供制绳或织布之用。纵观纺纱机械的发展史，它已经历了古代的手工纺纱、近代的机器纺纱和现代的可锭纺纱三个发展阶段。

古代手工纺纱的历史可追溯到新石器时代。一九七七年冬天，浙江省文管会在余姚县罗江公社发掘了距今约七千年的河姆渡遗址，出土了石制的原始纺纱工具——纺专^{〔1〕}。纺专由专盘和拈杆组成。专盘用来自重牵伸和旋转加拈，拈杆用来卷绕纱线。纺纱时，人们用手指握持须条的一端，另一手搓动专盘旋转，使专杆钩点与手握持点间产生拈度。与此同时专盘的自重使须条牵伸。牵伸加拈作用完成后，立即停止专盘转动，将纱用手卷绕到拈杆上。照此动作，周而复始地循环进行。属于距今约五千多年的仰韶文化的西安半坡遗址也出土了大量石制的和陶制的纺专，全国各地的新石器时代遗址和先秦遗址中，也陆续出土了石、陶、木质纺专。专盘的重量轻重不同，用以适应不同原料的纺纱和纺不同支数的纱。例如，纺丝用的专盘要比纺麻的专盘轻些，纺粗支纱的专盘应比纺细支纱的专盘重些。纺专纺纱工艺，从原理上初步体现了纺纱的牵伸、加拈、卷绕三要素的作用。纺专纺纱的产量极低。据推算，如要纺一百公斤九公支麻纱，需化 12500 人时，到了春秋战国时代，奴隶社会向封建社会转变。随着人口的增加，衣着用品需要量也相应增大，这就要求提高纺纱产量，以满足各方面对纺织品的需求。因此，纺专已不再适应社会的要求。手摇纺车应运而生。它的

传动机构第一次应用曲柄和绳轮传动，第一次发明了大竹轮传小锭子的传动比原理，因而，使纺纱生产从完全手工发展到半机械水平〔2〕。这样，纺车的纺纱产量比纺专大大提高，约40倍以上。两汉时，出现脚踏单锭纺车，其传动机构采用了连杆滑动机件，它比曲柄传动省力，又将摇曲柄的一只手解脱出来。从而，为多锭纺车的问世创造了先决条件〔3〕。到东晋时代，脚踏三锭纺车出现在著名画家顾恺之为《列女传》的配画上〔4〕。纺纱时，手脚并用，操作自如。虽然牵伸加拈过程和卷绕过程仍是间歇进行，产量还是成倍提高。我国人民在距今一千五百年时，早就发明这样先进的纺纱机械是技术上的一大进步。马克思在《资本论》第一卷中指出：“在德意志，当初有人试图要使一个纺纱工人踏二架纺车，那就是同时用两只手和两只脚来劳动，但是太吃力了。后来有人发明了有两个锭子的纺车，但是，能够同时纺两根纱的纺纱工人，几乎和双头人一样不易找到。”〔5〕这就表明，我国三锭脚踏纺车的发明时间要比欧洲早千余年。唐宋时代是我国各种科学技术发展的全盛时代，宋代发明了32个锭子的畜力大纺车和水力大纺车，从而纺纱技术出现创造性的突破。这样的大纺车如用人力已拖不动了，故而，畜力和水力的利用势在必行。大纺车的机构与小纺车大不相同，它采用了类似近代纺纱机的导纱钩，用皮带集体传动锭子。两面排列，占地面积小，操作方便。据计算，其产量可比小纺车提高30~50倍。元代王祯《农书》记载：大纺车“昼夜纺绩百斤，不劳而毕，可代女工兼倍省。”〔6〕这“不劳而毕”是指大大减轻人工而言。它用畜力和水力代替了女工的劳动，故而“不劳而毕”是形容纺纱产量大大提高。欧洲在十八世纪的英国工业革命前夕的1767年，英国木匠海斯（Thomas·Higs）才发明水力纺纱机，其结构与我国宋代大

纺车有异曲同功之妙。可见，我国发明大纺车的时间要比欧洲早六百余年。我国宋代大纺车已大致具备了机器纺纱的结构原理，可以说它是近代纺纱机的雏形。但是，由于我国封建制度的禁锢和束缚，大纺车并未得到继续改进提高，仅在我国水力资源丰富的农村和山区，生存了一个时期而不幸地夭折了。而海斯大纺车却后来居上，经历次变革成为近代纺纱机的先驱，使英国成为世界近代机器纺纱工业的故乡。

纺纱技术的第二发展阶段是机器纺纱代替了手工纺纱。十八世纪中叶的英国工业革命，首先是从纺织业中革新纺纱机开始的。其革新过程大致这样，1764年，英国斯坦德希尔的织工哈尔格里沃斯（James Hargreaves 约1720~1778年）发明八锭手摇纺纱机〔7〕，取名珍妮机。（珍妮是哈尔格里沃斯妻子的名字）珍妮纺纱机后来增加到16~18枚锭子。它的体积不大，结构简单，可以分散在小作坊或手工业者家里操作，只要一个人用手摇，就能纺纱了。珍妮纺纱机降低了棉纱的生产费用，扩大了市场，给工业以最初的推动力。恩格斯非常重视哈尔格里沃斯的珍妮机，说它是从根本上改变英国工人状况的第一个发明，它不仅引起了工业无产阶级的发展，而且促进了农业无产阶级的产生。（《马克思恩格斯全集》第二卷第284~285页）1767年木匠海斯设计了18锭以上的水力纺纱机。接着，1769年，理发师兼钟表匠阿克来德（Richard Arkwright 1732~1792年）革新了水力纺纱机，并取得了专利权。阿克来德自己在1771年建立了第一个纺纱工厂发了大财，并顶上“爵士”的贵族称号。但由于他窃取了海斯的研究成果，故专利不能限制纺纱机的推广，使之迅速达到工业生产程度。〔8〕但是，仅局限于有水源的地方使用。1779年，童工出身的克隆普顿（Samuel Crompton 1753~1827年）将珍妮纺纱机和水力纺纱机的原理加以综

合创新，发明了水力骡机，（骡即杂交综合之意）即妙尔（mule）纺纱机，〔9〕也就是走锭纺纱机。每台妙尔纺纱机的锭子数已发展到300~400枚，纺出格外精细的棉纱，使洋纱布（莫斯林）的发展大有可能。从此，纺纱工艺就不再分散在农村中，而集中到城市的纺织工厂中来了。这时，纺纱产量比珍妮纺纱机提高十余倍。基于瓦特蒸汽机的发明首先应用于纺织业，1785年，英国建立起世界上第一个以蒸汽机为动力的棉纺织厂，它是完成工场手工纺织业向近代机器纺织大工业生产过渡的光辉标志。在马克思看来，科学是一种在历史上起推动作用的，革命的力量。（《马恩选集》第三卷，第575页。）他指出：“蒸汽、电力和自动纺机甚至是比巴尔贝斯、拉斯拜尔和布朗基诸公民更危险万分的革命家”。（《马恩全集》第十二卷第3页）恩格斯说“分工、水力、特别是蒸汽力的利用，机器的应用，这就是从十八世纪中叶起工业用来摇撼旧世界基础的三个伟大的杠杆”。（《马恩全集》第2卷第300页）到了三十二年后的1811年，英国的走锭纺纱机拥有纱锭500万锭，生产棉纱约4000万磅以上，输出量达到1000万磅以上。1860年，英国兰开夏和曼彻斯特的纺纱工人达到24万8千人，成为世界纺纱业的中心，整个欧洲的资本主义用近代机器纺纱武装起来了。1830年，英国靠棉、毛纺织业的发展为基轴，完成了工业化。1860年，英国走锭纺纱机的纺锭达3000万锭，生产棉纱9亿磅。棉制品输出金额达5200万英镑，约占总输出额的50%。〔10〕而后，纺纱机器继续改革。1825年，英国人劳巴滋（Roberts）发明自动式走锭纺纱机；1828年，美国人琼苏普（John Somp）发明环锭纺纱机。这样，将走锭纺纱机的加拈和卷绕的间歇机构改革成连续机构，生产能力又提高四倍以上。它逐步取代了机构繁杂的走锭纺纱机，而成为现代纺纱的

主要机器。十九世纪末，我国官办和民办的纺织企业，由英国进口各种纱锭约20万枚。直至解放前，全国纺纱业仍处于半封建半殖民地的束缚下，生产每况愈下。1949年全国棉纺纱锭发展到500万锭。解放后，在共产党的正确领导下，我国的纺纱业获得了新生。科技人员对环锭纺纱机的核心——锭子，进行了适应高速的三次革新。解放初，纺纱机上的主要部件锭子是平面型，第一次技术革新是从平面锭子改成轴承锭子，第二次技术革新又把轴承锭子改成分离式高速锭子，第三次又配备了高速钢丝卷和锥面钢领。每次改革都带来了生产水平新的飞跃。解放初棉纱的千锭时产量（折合20支棉纱计算）是18公斤，现在上海的棉纱千锭时产量达45公斤以上，比国外高三分之一，我国棉纱总产量跃居世界第一位。

纺纱技术发展的第三阶段是各种无锭纺纱机的创制和应用。它的自由端纺纱原理，突破了环锭纺纱的固有框框，为纺纱技术的发展，为大幅度提高纺纱产量开辟了新的领域。1967年，捷克斯洛伐克建成世界上第一个BD—200型气流纺纱工厂，纺杯的转速达到30000转/分，约为初期（1920年）环锭纺锭速的十余倍。见表一。

表一 纺纱机械生产水平发展简表

年 代	名 称	纺纱生产水平 (人时)	备 注
新石器时代	纺 专	12500	纺100公斤
十四世纪	单锭手摇纺车	3120	9 公支（英
1764年	手摇八锭纺车	392	支5.32）所
1790年	动力走锭机	32	需的人时数
1920年	环锭纺纱机	8	
1970年	气流纺纱机	0.63	

目前，世界已进入第二代气流纺纱时代，转速达 50000~60000 转/分。西德施拉夫特公司已开始研制第三代机型：Autocoro 型气流纺，其转速已达到 80000 转/分。1970 年，苏联试制成一台纺低支纱的静电纺纱机，纺纱速度为 50~60 米/分。1971 年，巴黎国际纺织机械展览会上展出一台美国的 20 锭静电纺纱样机。目前，西德、日本等国实验用的静电纺纱机，其磁性加拈器的转速为 80 万转/分，可纺 1000 拈/米的纱，输出速度为 800 米/分。1964 年，英国曼彻斯特科技学院和日本尤尼吉公司制成东洋纺 AS 型涡流纺纱试验设备。1971 年，波兰罗兹纤维研究所研制出 PF—1 型涡流纺纱机；1975 年，米兰国际纺织机械展览会上展出了 PF—1 型样机；目前在波兰波兹南市设有 10 台 PF—1 型中试车间，年产 40 公支细纱 2100 吨；并试制出 PF—1 X 型涡流纺纱机，装有 192 头纺纱器，纺纱速度为 80~200 米/分，可纺支数达 12.5~50 公支。1962 年，澳大利亚雷普科公司研究成功自拈纺纱机，纺纱速度达 220 米/分；1979 年，英国泼拉脱公司制成 MK 型自拈纺纱机，纺纱速度达 300 米/分。这些新型纺纱机均已正式投产。〔11〕

本世纪六十年代初，我国也开始各种无锭纺纱的研究工作。国产的气流纺纱机和自拈纺纱机已分别在上海、北京、大连、丹东等地进行棉、毛纺纱生产。目前世界上第一个静电纺纱车间已在上海建成，正进行长期的生产试验。棉纱产质量都已达到相当高的水平。

二、织布机械

织布是指用织机将纱线经纬交织成布的生产过程。织机是衡量织布生产力高低的主要标志。从织机的发展史表明，它和纺纱一样，也曾经历了古代手工织布、近代机器织布和现代无

梭织布三个阶段。

我国手工织布的历史，也可追溯到新石器时代。在距今约七千年的浙江河姆渡遗址出土了最原始的织布机——踞织机的另件。^{〔12〕}在踞织机上，提综用手工，引纬用杼子，打纬用砍刀。可见，它从织造原理上已初步形成了开口、引纬、打纬三个主要动作。踞织机的生产能力十分低下，如按织14磅粗布估计，每人每小时仅能织布半寸左右。到了春秋战国时代，由于社会对织品需求的激增，出现了较先进的斜织机。它第一次应用杠杆原理，由脚踏连杆带动综框进行开口，再用手掷梭子引纬、竹筴打纬。使织工的手与脚的动作得到合理的配置。^{〔13〕}后又改为平（卧）织机，从而使织布生产能力大幅度提高。每人每小时可织一尺到三尺，比踞织机的产量约提高20~60倍。随着科学技术的交流，我国的脚踏织机逐渐传输到中亚、西亚和欧洲各国，六世纪开始出现在欧洲，十三世纪才广泛应用。到了科学技术发展的唐宋全盛时代，我国已创造出按照织物品种要求的四类织机，即罗织机，平织机，多综多蹻机（现代多臂机Dobby Loom的前身），提花机（现代提花机Jacquard Loom的前身）。它们能生产纱、罗、绫、锦等各种平素和提花织物。据宋史《食货志》记载：“各路缴纳税绢达341万匹”。这些轻盈透明的纱罗织品，以及富丽堂皇的绫锦织物，在相当长的历史时期内，通过横贯亚、欧的“丝绸之路”运销世界各地。1819年，我国棉布以“南京布”输出330万匹，价值100多万银元。^{〔14〕}

织机发展的第二阶段是机器织布代替手工织布。英国的毛织业由于农业改革取得了大量羊毛原料，在十六世纪，参加毛织业活动的人数，几乎占成年居民的一半，但织布生产仍停留在手工织布的落后状态。十六世纪中叶，西班牙镇压尼德兰资

产阶级革命的时候,就约有三万名尼德兰工匠逃亡到英国。英国女皇伊丽莎白允许他们定居的条件是,每户外来工匠必须培养一名英国学徒。大量尼德兰工匠的迁入,对于英国纺织业的建立。吸收先进技术起着很大的作用。从此,英国的纺织品向尼德兰输出。十六世纪下半叶,英国另一个重要对手法国进行了几十年(1562~1598年)残酷的胡格诺(法国新教徒)战争,迫使新教徒带着资金和技术逃亡到英国,对于英国毛织技术的改善也起了重大作用。欧洲大陆工匠不断的移居英国,就把自己熟练的技术一起带到英国,从而提高了英国原有的纺织技术水平,进一步壮大了自己的技术力量,推动了工场手工业的发展,为夺取欧洲工业的优势创造了条件。到了十八世纪,英国拥有当时欧洲最先进的手工工场,同时向国外扩大市场,掠夺资金。伦敦的富商巨贾终于发动资产阶级革命,并战胜了西班牙、法国和荷兰。英国的织布产量一直在国际上处于垄断地位。但是,仍用落后的手工织机在工场内进行生产。英国的棉织业是新兴的工业部门,约在1685年间,由尼德兰的安特卫普移民传入,并在兰开夏首先建立起来。早在1733年到1738年间,凯伊(John Kay)发明了飞梭,^[15]这种飞梭是用投梭棒机械地左右打击梭子,代替了人工投梭操作。这样,产量提高了两倍。织布可以赚得更多的钱,原来兼营农业的织工,就放弃农业而专门织布了,这样就出现了一支新的无产者织工队伍。1779年,克隆普顿发明了走锭纺纱机,纱的产量激增,落后的织机跟不上,纺与织的产量出现新的不平衡,国内消化不了的棉纱只得输出。为了利用多余棉纱,就迫切要求相应地发明更先进的织布机。1784年,牧师卡德莱德(Edmond Cartwright 1743~1823年)发明了动力织机^[16],产量提高十倍,获得了一万镑奖金^[17]。后来于1803年经过贺洛克斯(H. Horrocks)诸人试用和改进,

制成了铁机而更加完善。使卡德莱德动力织机的生产能力相当于四十个手工织工。这样，使织工的生产追上了纺工。在棉纺工厂建立后，相继出现了织布工厂的大工业生产。从而，英国在资本主义国家中，最先走完工业革命的历程。1860年，棉纱输出达二亿磅，棉布输出达二十七亿码^[18]。棉制品和羊毛制品的输出金额高达6800万英镑，占总输出额的50%以上。

由于动力织机要人工换纬，影响了织机生产率的进一步提高。1893年，美国诺斯洛泼（Northrop）的自动换纤维机研究成功。投入生产，使棉布生产率又向前跨了一大步。英国棉布仍是主要的出口商品。日本从1868年明治维新作为起机，倡导利用本国棉花，发展机器纺织业，掀起创办棉织企业的高潮。但纺织机械全由英美购入，1900年，纺织工业部门占了全国工厂数的73%，全国马力数的46%，全国职工数的67%。1897年日本丰田佐吉氏又设计成功了自动换梭织机^[19]。1918年，日本棉纺织联合厂中的织布机发展到44000台。棉布产量达到六亿五千七百万码。输出量达一亿码。而后大力推广和扩大丰田自动织机的先进技术。1924年，日本棉布输出量达到十亿码。1929年为十七亿码。^[20]后起之秀的日本成为英国的主要竞争者。由于纺织业的发展，大大推动了日本工业化的进程。1920年，在全国工农业总产值的比重中，工业上升到61.1%。到1933年，日本的棉布输出量达到二十亿平方码。超过了英国而居于首位。解放后，由于我国社会主义制度的优越性，对自动织机进行了多次技术改造，到了六十年代，我国棉布总产量跃居为世界第一。1980年，用电子计算机控制的有梭自动织机工场，在上海交付使用。

织机发展的第三阶段是各种无梭织机的开发和应用^[21]。它主要是革掉了笨重的梭子，降低了噪音，提高了自动化程

度，大幅度地突破了有梭织机的生产水平。1768年，导针式无梭织机开始试验，首先在法国取得专利。1939年德瓦斯(Dewas)双剑杆织机的试验。美国德拉泼(Draper)织机公司在1945年正式发展无梭织机，经十余年的研究创造，现在用挠性钢带引纬的DSL型无梭织机，第一批生产45台于1957年试用。直到1960年底，约有1700台在工厂里生产。不装纤子的夹纬梭(片梭)，开始研究于1868年，1911年由玻士脱(Pastor)发明后取得专利权。瑞士苏尔泽(Sulzer)片梭织机，在1924年着手研究，历时25年之久，直到1953年才造出第一代织机，据报道，1962年已制造完成5000台。

现在已大量应用于棉、毛、丝、化纤等行业。五十年代，法国SACM剑杆织机、西德道尼尔(Dornier)剑杆织机、英国塔马克(Tumack)剑杆织机相继研究成功，并逐步推广应用。尤其适应色格织物的生产。

1917年，布罗克斯(Brooks)研究不用引纬器的喷气织机的大胆尝试，样机制造于1922年，箱幅24吋，用于织棉毛巾。1929年，白劳(E. H. Ballou)喷气引纬法又取得专利。近代喷气织机的研究工作开始于1945年后，瑞典的马格斯堡(Maxbo)喷气织机发展于1952年，在1955年正式试用，1958年在英国曼彻斯特国际纺织机械展览会上展出，至1960年装有100台。捷克斯洛伐克柯沃(Kovo)第一台P—45型喷气织机试造于1949年，在1955年比利时布鲁塞尔国际纺织机械展览会上展出，当时箱幅只有17.5吋(45厘米)，经过改进后的Kovo P—105型喷气织机，箱幅为41吋，在1961年于日本东京国际纺织机械展览会上展出，1965年一年生产了2268台。同时，捷克还研究了Kovo H—105型喷水织机，在1968年九月展出Kovo喷气织机的最新机型为69吋，主要适应于化纤长丝织物的生产。现按每

个织布挡车工的看台数计算，喷气无梭织机的产量比自动有梭织机（1925年）提高约四倍多。如表二所示。

表二 织布机械生产水平发展简表

年 代	名 称	织布生产水平 (市尺)	备 注
新石器时代	锯织机	0.5	1. 织14磅粗布每人每天
公元前五世纪	斜织机	10	11小时估计数
公元前一世纪	脚踏平织机	30	2. 普通织机，每人看4台。
十四世纪	手拉平织机	50	3. 自动有梭织机每人看
1885年	普通动力织机	520	12台。
1925年	自动有梭织机	1516	4. 喷气织机每人看24台。
1970年	喷气织机	5280	5. 本表根据上述条件进行实测推算而得各数据，

我国无梭织机的研究起步较早，六十年代，喷气织机、剑杆织机、片梭织机相继研究成功，并陆续投入生产。1980年，我国第一个应用电子计算机控制的喷气织机车间正式投产，它标志着我国喷气织机的技术水平已进入世界先进行列。

三、提花机械

提花机是织机中机构最复杂，原理最玄妙，也最能体现织花生产技术的机械。提花机在我国有着悠久的历史。早在距今三千多年前的河南安阳殷墟遗址出土了回纹提花丝织物；湖南长沙楚墓出土了对龙对凤锦和填花燕纹锦；一九七二年，湖南长沙马王堆西汉墓又出土了几何纹绒圈锦，经实物分析研究，战国和秦汉时代，已有花楼和双经轴装置的束综提花机。它巧妙地应用假经纬工艺，最早的织出了具有大小绒圈的高级丝织品，使绒圈锦收到了“锦上添花”的立体效果^[22]。束综提花机的织造原理可从南宋楼璘耕织图上看到其具体型制。这

比国外手工提花机要早一千余年。提花机的发展也大致经历三个阶段，即挑花结本式手工提花机、穿孔纹板式机器提花机、现代电子计算机自动程序控制式提花机。

挑花结本的手工提花机，在汉《西京杂记》、《机妇赋》、《三国志·魏书》方技传、西晋《织机赋》、宋《太平广记》、《楼涛耕织图》、元《梓人遗制》、明《天工开物》乃服篇中均有记载。挑花结本的原理最为奇特，所制成的花本是把纹样由图纸过渡到织物的桥梁。它是利用“结绳记事”的原理，根据纹样设计图的规律性，通过同类项合并，按一定规律把经丝编成很多组，并结集成一股股综绳，即挑结成花本。织造时，什么地方该起花，如何起花，只要根据“行话”，循着悬挂于花楼上的花本，拽提脚子线，织锦工就可以投梭织花了。挑花结本的制作过程主要有三个步骤：即挑花、倒花、拼花。其挑花工艺是根据单位意匠图上的经纬交织排列次序，用丝线或棉线挑制出织花纹的规律，经线显花的挑经不挑纬，纬线显花的挑纬不挑经。通常以丝线作经线（脚子线），以棉线或麻线作纬线（耳子线或过线）。挑花操作是在特制的挑花绷架上进行。按纹样挑花挑好后，对提花的浮点需要进行整理检查，是否符合组织结构原理。倒花工艺就是根据已挑的原花本，复制出同样花本的操作。按其复制花本的不同要求，可分为行本和拼本两种。行本是用于上机提花的；拼本是将复杂纹样的局部花本进行拼花，形成完整的上机花本。拼花的主要内容就是将两个花本的脚步线并列互相匹配。以上层花本为基础，把下层花本的脚步线，同上层花本的脚步线并列后，用上层花本的耳子线，把下层花本的耳子线（连同体现在其内的花）替换下来。拼花时要注意明缂的着色和排列次序必须完全相同，同梭同色才能拼花。若几个单位花纹的经线超过 600 根时，挑花就

需分开挑花拼花后，再倒花拼花。最后进行上机提花织造。手工提花根据纹样设计的规律性，编制的挑花结本原理，已包含了花型信息储存和程序控制的功能。我国自战国至秦汉，在唐代大致已完成了这种先进技术的提花机械，直到近代始终处于领先地位^[23]。这就是提花机发展的第一阶段。随着唐代丝绸之路的昌盛，这种束综提花机由陆路和海路先后传至亚欧各国。

提花机发展的第二阶段是用穿孔纹板代替挑花结本。挑花结本的提花机是现代提花龙头上穿孔纹板的前身，法国在十八世纪初发明的穿孔纹版机构是我国挑花结本的发展。法国织工最初是根据我国挑花结本原理，按组织变化规律，拉动小锤，线综传递经丝提升，织入纬丝，起出花纹。称之为小锤拉经提花机。1725年，法国织工布启（Bouchou）以纸带凿孔代替组织图上的经线起伏的组织点。每小绳各连一横针，使受纸孔的支配，纸带上孔眼的排列和织物组织点完全相同，以此来代替挽花工拉动线综，提起经浮组织点。称为布启纸孔提花机。1728年，法尔康（Falcon）又将布启纸孔提花机的绳结，以成行的小钩（拉刀）代替，其成条的纸带，则以一块一块联成的纹钉板代替。通过传动机构，用脚踏连杆带动线综。称为法尔康提花机。而后，莱尼（Reynier）又在法尔康提花机的基础上，革新成能装置150个以上提花拉钩，能织制200根经纱花样的提花机。1745年，费克松（Vocanson）又进行改造，能织600针大花纹。1799年，法国织机工匠贾卡（Jacquard）综合前人的革新成果，又进行机械结构上的再创造，发明了机构简单、配置合理的贾卡提花机，并在1801年巴黎展览会上获青铜奖章^[24]。它的特点是用提花纹版即穿孔卡片，既储存花型信息，又程序控制机械运动。并配有一定顺序的针和钩，通过大量和

协调的动作，根据纹版上的孔眼规律，提升经丝，织出花纹来。贾卡提花机是脚踏式的提花机，到了1860年，才完成动力机械传动的能织大型花纹的自动机器提花机。

法国的机械提花机最重大的技术成果就是用穿孔纹版（纸带）代替了我国古代手工提花机的“花本”。它将大块而复杂的花纹图案，即花纹显花的组织点储存于纹版之中，也就是花纹信息过渡到纹版上有无孔眼的程序控制规律，通过机械传动提拉经线升降，完成提花织造的功用。因此，法国式的穿孔纹版和我国古代的“花本”是用相同的科学原理制成的。穿孔纹版是“花本”的重要发展。

提花机发展的第三阶段是用现代电脑控制提花代替穿孔纹版。十九世纪中叶以后，最早的电脑原理发明者，英国数学家巴贝奇（Babbage 1792~1871年）首先将创造的电脑科学原理同法国纺织机械的重大革新，贾卡提花机使用纹版的程序自动控制系统结合在一起。1922年，巴贝奇设计的差分机基础上，完成了崭新程序控制的分析机，这是一台现代通用计算机的雏形。实现这一新的计算机控制装置，巴贝奇是受到了贾卡提花机穿孔纹版的启示。他到欧洲大陆讲学和作经济考察，意外地在法国巴黎展览会上看见了一台轰动整个纺织业的贾卡提花机。这个提花机是用穿孔卡片（纹版）自动控制提经线显花的。当纹针遇到有孔的地方就穿孔，通过传动机构提起经线，无孔的地方纹针就被纸带（纹版）挡住，不提经线。花纹图案预先按照织物组织结构程序，在依次的每一横列上穿孔记录在纸带上。从1824年起，法国贾卡提花机进入了英国市场，热衷于计算机发明的巴贝奇见此惊喜万分，马上想到可以把这项提花新技术，用到他的新型分析机中，使计算机的研究别开生面。1839年，他给朋友阿拉戈（Arago）的信中说，他正是：