

王选的技术预见思想及创新实践

严俊¹, 谭超², 丛中笑³

1. 民主与科学杂志社, 北京 100101
2. 北京科普发展与研究中心, 北京 100101
3. 北京大学王选计算机研究所, 北京 100080

摘要 综述了王选主持的计算机汉字激光照排系统和后续研发工作, 探讨了其创新性人格特质及其秉持的跨领域研究和需求激发创造的观点。通过梳理王选如何找准科研方向及把握技术的发展脉络, 阐述了他的技术预见思想及其颠覆性技术创新实践, 展现其敢为人先、不断创新的科学家精神。

关键词 王选; 技术预见; 颠覆性技术; 创新实践

王选是著名的计算机应用专家, 主要致力于文字、图形、图像的计算机处理研究。作为开创性的贡献载入史册的, 是他 1975 年开始主持的中国计算机汉字激光照排系统和以后的电子出版系统的研究开发。此后, 王选又相继提出并领导研制了大屏幕中文报纸编排系统、远程传版技术、彩色中文激光照排系统、新闻采编流程管理系统和直接制版系统等, 这些成果达到国际先进水平, 在国内外得到迅速推广应用, 使中国报业技术和应用水平处于世界前列, 创造了极大的经济效益和社会效益, 成为中国自主创新和用高新技术改造传统行业的典范^[1]。

对王选贡献的论述及相关研究, 主要集中在科技人物述评^[2-3]、科技创新思想的整理与分析^[4-7]和

人才思想的阐发^[8-9]。本文阐述王选的技术预见思想及其颠覆性技术创新实践, 梳理王选如何找准科研方向及把握未来技术的发展脉络, 展现王选敢为人先、不断创新的科学家精神。

1 王选的技术预见何以可能

1.1 技术预见是创新的前提

技术创新是一种全新的探索, 需要不断确立崭新的思维, 保持超前的观念进行前无古人的探索并始终保持旺盛的活力。这种活力是与科研人员的预见能力紧密相关的。预见能力是对未来技术、市场和经济社会发展趋势和走向进行的预测。

技术预见过程在实践上包括预见和选择 2 个

收稿日期: 2023-12-21; 修回日期: 2024-03-05

作者简介: 严俊, 高级经济师, 研究方向为科技传媒, 电子信箱: yanjunbeijing@126.com

引用格式: 严俊, 谭超, 丛中笑. 王选的技术预见思想及创新实践[J]. 科技导报, 2024, 42(10): 87-93;

doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2023.12.01919

紧密相关的环节。预见是为了把握方向,选择是为了保证重点。技术预见所倡导的基本理念就是在通过对科学、技术、经济和社会在未来一段时间整体化预测基础上,系统化选择那些具有战略意义的研究领域、关键技术和通用技术^[10]。

王选于1975年开始主持的中国计算机汉字激光照排系统和以后的电子出版系统的开发,使延续上百年的中国传统出版印刷行业得到改造,被公认为“毕昇发明活字印刷术后中国印刷技术的又一次革命”,也为信息时代汉字和中华民族文化的传播与发展创造了条件。这与王选的技术预见思想是分不开的。他认为,科研选题首先要考虑项目的前景及未来的价值,新技术有时能创造出一个崭新的市场,对此一定要有远见,并提出“应该不完全根据当前的商业利益和市场需求,而是从技术发展前景和未来的市场需求来判断和决定研究方向”^[11]。

技术预见之所以可能,主要基于2个假设:一是技术发展和社会发展相互作用决定技术发展轨迹;二是未来存在多种可能性,未来可以选择。技术预见是信息占有者与相关利益人共同参与的前瞻性活动,是分析和综合过程的结合。技术预见涉及的不仅仅是“推测”,更多的是对所选择的未来进行“塑造”(shaping)甚至“创造”(creating)^[12]。可以说,技术预见思想贯穿王选科研工作的始终,在技术创新过程中一以贯之,是他取得成果并成功推广的基础。

1.2 创新性人格特质分析

首先,王选对科技创新和国家民族的发展,保有高度使命感和责任感。王选知道自己的特长是什么,能做什么,从而把自己的长处发挥到了一种卓越的境界^[6]。“献身科学就没有权利再像普通人那末样生活,必然会失掉常人所能享受的不少乐趣,但也会得到常人享受不到的很多乐趣”“优秀的科研领导人和管理者……应有战略眼光”“在应用科学领域内……应该有持续奋斗十多年,不断创新,最终使高技术产品在市场上雄居榜首的决心”^[13]。王选的这些话对科研和创新有永恒的指导价值。

王选认为,只有创新,才有前途;只有进入国际大市场,才能最终保住国内市场。跟踪国外先进技

术是必须的,但是不能停留在跟踪上。选择正确的研究方向对学术带头人来说极其重要。孙子兵法曰:“将者,智、信、仁、勇、严也”,有注家把孙子所述的将才标准中的第一字“智”解释为“先见而不惑,能谋虑,同权变也”^[14],周光召院士则解释成“智以择向”,对此王选非常认同^[15]。

其次,王选的数学基础和能力十分突出。心理学家认为,创造能力的潜质是人人都具备的,创造性的行为却并非人人都能做出,人与人之间确有天资才能的差异,其中数学能力尤其是数学定量分析能力会使人在某一创造性领域具有优势^[16]。1956年,王选在北京大学数学力学系上大学三年级的时候,选择了冷门专业计算数学。这一选择不但使王选从此与计算机结缘,而且首次体现出他与众不同的远见和洞察力。王选的数学功底使他在研究精密照排项目时解决了一系列的难题。

王选认为,在IT领域创新需要扎实的数学基础和工程实践的结合,这才能使创新成为可能^[11]。数学基础对从事计算机软硬件及应用系统的研究是十分重要的。计算机本身就是数学和电子学结合的产物。一是抽象是数学的本质,而计算机硬件、操作系统、高级语言和应用系统的设计中经常使用抽象的手法;二是数学基础好、逻辑思维严密的人,一旦掌握了软件设计和编程的基本方法和技巧后,就能研制出结构清晰、高效率和可靠的软件系统;三是好的算法往往会极大改进系统的性能,而数学基础对构思算法是很有帮助的^[11]。

1.3 有准备的头脑

1974年8月,在周恩来总理的布置下,原四机部(电子工业部)、原一机部(机械工业部)、中国科学院、新华社、原国家出版事业管理局等机构联合发起,设立了国家重点科技攻关项目“汉字信息处理系统工程”,简称748工程。748工程分为汉字通信、汉字情报检索和汉字精密照排3个子项目。子项目中的汉字精密照排因其价值和难度深深吸引了王选。

王选认为,对于通信而言,汉字与西文无多大差别,不会有什么特色。而情报检索系统虽然价值大,从长远看有很大的发展前景,但当时中国的硬

件条件、联网和使用情况还不足以使这类系统在较短时期内形成一个大的气候。尤其重要的是,情报检索系统的关键之一在于建立大容量的库。只有出版采用计算机系统后,才能方便地获得建库所需的信息,特别是文献的全文信息^[1]。彼时,王选具备如此的洞察力和精准的预见能力,皆因有准备的头脑,其中特别重要的一点是其文献挖掘能力。

王选自述,读文献的习惯使其终身受益并找到了自身发展的正确方向。大学毕业后,王选就养成了阅读英文文献的习惯。他当时下了一个决心,不看翻译过来的中文书,只看原版英文书。这样既锻炼了英文阅读能力,又避免译文错误所带来的一些误解。在阅读文章的同时,王选很关注作者的知识背景,以便分析他们做出创新的原因^[2]。早在20世纪60年代初,王选研究计算机体系结构和编译系统过程中,就大概看了近100篇国外文献,以后养成了每做一个项目先要了解国外现状的习惯。

1975年,王选开始研制精密照排系统,也是从了解国外研究现状开始的。当时一般的科技人员,不习惯查阅外国科技文献,而王选则大量地看外国文献,为此查阅了照排系统方面的有关文献以及印刷专业杂志的报道^[3]。文献调查对后来选择科研方向起了重要作用,王选很容易判断国内更早开始做项目的几家单位采用的技术路线是否正确。当时中国有5家机构从事汉字照排系统的研究,其中2家选择了光学机械式的二代机,另外3家采用了阴极射线管输出的三代机。对国内外情况的调查使王选于1975年得出下列结论:数字式存储将占统治地位;光机式二代机,尤其是汉字二代机难度很大,且没有前途;字模管式三代机和飞点扫描式三代机正在走下坡路,很快将被数字存储的CRT三代机所淘汰^[4]。王选的判断准确而具有前瞻性,20世纪80年代初,上述国内5家研究班子全部停止了照排系统的研制^[5]。

2 技术预见有径可循

2.1 跨领域研究的启发

计算机激光汉字编辑排版系统是一项难度大、综合性强的国家重点科研项目,涉及计算机硬件、

软件、文字分析、精密光学机械和化学材料等相关领域^[7]。王选对技术发展方向的精准把握,除了持续关注和跟踪国内外技术发展以及高度的技术自觉,他自认为决定性因素之一是跨领域研究,具体说来就是选择了软硬件相结合的研究道路。

做计算机相关研究,王选很早就体会到“硬件和软件高度结合的系统设计的必要性”。早在1961年,王选做出了一生中最重要的一个决定,从硬件转向软件,从事软硬件相结合的研究。王选非常理解控制论的创始人罗伯特·维纳说的:“在已经建立起来的学科之间的无人空白区上去耕耘,最能取得丰盛的成果”^[8]。

作为一个硬件工作者,王选在1958—1961年从事设计、制造和调试计算机的工作。1963年开始接触程序语言和编译系统,很快判断出软件的发展和程序语言的推广将给计算机的体系结构带来深刻的影响。为了促进适合软件的新型计算机的研究,他亲自参加软件实践,取得编译系统方面的实际经验。经过多年积累,在1975年2月提炼形成《介绍一种适合软件的新型计算机》一文。这篇文章是王选开展计算机软硬件结合研究的精华和总结,1978年发表于当时中国唯一的计算机杂志《电子计算机动态》^[9]。1976年12月,王选完成了748工程汉字精密照排系统方案说明,在第15章“系统设计的指导思想”中写道:在任何以计算机为主体的系统中,都必须十分注意软件和硬件的结合,让软件和硬件互相配合,提高整个系统的性能价格比。从该系统的全局到每个局部都贯穿了这一思想^[2]。这是王选强调软硬件相结合的最突出的实践。

因为有多年的硬件实践,并懂得微程序,软硬件两方面的经验使王选能够判断哪些操作可由软件来做,哪些操作必须由专门硬件配合微程序,从而使汉字字形信息描述、压缩、存储、还原输出等计算机处理速度得到极大提高^[11]。

又例如,王选带领团队用软硬件紧密结合的系统设计方法克服了激光逐线扫描所造成的困难,即由软件提供一种准确刻画版面的编辑信息给硬件,硬件根据编辑信息高速形成版面,结果问题迎刃而解^[19]。

在激光照排系统的研制中,尽管王选并未主管过软件开发,但软件的知识与实践有助于他做出正确的技术决策^[11]。高倍率汉字信息压缩技术、高速高保真还原和输出技术等一系列关键技术,无不体现了这一指导思想。这些技术成为日后王选获得1项欧洲专利和8项中国专利的主要内容^[6]。

2.2 需求对创造的激发

技术预见没有固定的模式,它往往因主体的不同而采用不同的方法和路径。依据英国技术预见专家、萨塞克斯(Sussex)大学政策研究所(SPRU) Ben R. Martin教授的观点,技术预见不仅关注未来科技的推动作用,而且着眼于市场的拉动作用,既包括对科学技术机会的选择,也包括对经济、社会发展相关需求的识别;技术预见不仅关注未来技术可能产生的经济影响,而且关注其可能产生的社会效益和对环境的影响,是所有利益相关者来共同参与塑造未来社会的过程^[20]。以市场和社会需求为导向,突出技术选择的需求定位,以促进科技与资源的最优化配置,这是技术预见极其重要的方面^[10]。

王选在技术预见和决策过程中,正是将来自产业(出版印刷业)的需求提升到对未来技术的选择上来。其中需求涉及的具体议题包括:产业需求的调查分析;经济、社会与文化对未来技术的需求趋势;由经济、社会与环境方面可能出现的问题而衍生出来的科技研发需求;经济、社会与文化方面对未来技术发展方向所可能施加的制约;国家必须干预的问题领域;一些瓶颈问题的解决等。王选不但考虑到了上述议题,且给出了具体解决方案,做到了看准未来方向,提前策划,及时切入市场^[21]。

王选提出:应该针对市场需要,大量吸收前人的好成果和分析已有系统的缺点,“需要”和已有技术的“不足”是创造的源泉。他认为,技术研发“接触2个‘最前沿’,创新的机会将大大增加。2个最前沿指的是技术发展的最前沿和需求(包括当前和未来市场的需求)的最前沿”^[13]。王选还认为,创新的技术进入市场后会源源不断地获得新的需求刺激^[21]。

改革开放之初,国家经济的快速发展,使人们

对科技知识的渴求越发强烈。科技图书作为科技信息的重要载体,对推进中国科技进步与知识创新起着重要作用,而传统的铅字排版技术严重限制着中国科教事业的发展。一般图书从发稿到出书要在出版社排队1年左右,科技图书甚至要拖上2~3年,许多新书发行时已经成了旧书,报纸杂志的数量也十分匮乏。在当时印刷品占信息量70%的情况下,中国平均每个人每年获得的文字信息仅15个字,而国外发达国家是中国的100倍^[2]。据统计,中国1984年应该出版而到1986年还没能正常出版的科技图书就多达3826种,1985年应出版而未出版的达5242种,其中大部分是科技书籍^[3]。出版印刷业的技术革命已经迫在眉睫了。

当时王选团队选择了数字存储的方案,由于汉字字形信息量太大,成为十分突出的问题。国外流行的黑白段描述方案压缩率低,日本京都大学的字根组合方案压缩率高,但质量不好。王选说:“假如当时国产计算机硬盘容量很大,我大概不会努力探索新的途径了,正是由于落后才迫使我们另觅新路,这是一种社会需求的压力”^[11]。

可见,技术的未来走向和发展战略是由科学驱动、经济拉动和社会需求等综合因素决定的,它们既可以决定技术的发展走向,又可以决定技术的发展周期和发展高度^[10]。王选在科研和创新过程中做出的技术预见,是在充分考虑各种因素的促进和制约条件下,确定技术发展路径和战略,最终选择了最有利于实现经济和社会中长期目标的技术。

3 颠覆性技术创新实践

3.1 不破不立,破而后立

20世纪90年代,美国著名管理学家克莱顿·克里斯坦森(Clayton M. Christensen)在他的经典之作《创新者的窘境》一书中首次提出了“sustaining technology”和“disruptive technology”的概念。sustaining technology可译为延续性技术或持续性技术或渐进性技术;disruptive technology含义更丰富一些,国内学术界多译为破坏性技术(直译)或颠覆性技术、突破性技术(意译),这里采用颠覆性技术这

一译法。沿着原有技术路线(轨道)发展的技术称作延续性技术;与原有技术发展逻辑不同,超出原有技术路线,并且对原有技术有不可逆替代作用的技术称作颠覆性技术^[10]。

颠覆性技术创新是最根本的,因为它产生破坏性的、非连续性的技术,产生新的产品和创造新的技术轨迹。同时,也会遭遇一定程度来自竞争和传统等方面的阻力^[10]。在技术创新的相关研究中,许多学者很早就意识到技术创新的突破作用,克里斯坦森只是第一个集中系统研究的学者。关于这个思想,王选也总结过:科学研究有时可以采取迂回策略,用创新的设计,绕过按常规方式发展会遇到的巨大困难,实现技术发展的跨越,往往能够走一条高效益的、事半功倍的捷径^[13]。

1985年以前,很多人对照排系统市场的前景表示怀疑,理由是中国劳动力便宜,铅字排版成本最低,认为激光照排是先进的技术,落后的效益,不可能推广。新技术在价格上很难与传统方法竞争,但王选始终坚信计算机激光照排带来的是一场深刻的技术革命,其好处是不可估量的,因而推广是不可避免的趋势。

直到1986年,国内所有的报纸和99.9%的书刊还是铅排^[5]。中国仍“以火熔铅,以铅铸字,以铅字排版,以版印刷”,印刷行业始终难以摆脱手工拣字拼版的落后状况。当时中国铸字耗用的铅合金达20万t,铜模200万副,每年还需要不断补充消耗掉的铅和铜模,不但能耗大,环境污染严重,最主要的问题是出版印刷能力极低^[2]。

当时在排版印刷领域,西方已进入照排时代,日本流行的是光机式第二代照排机,欧美流行的是阴极射线管第三代照排机,采用数字化存储^[15]。第四代激光照排机具有质量高、速度快、可文图合一输出等优点。尤其重要的是,激光束直接打在感光版材上,经过自动处理后,就可上轮转机胶印,免除了出底片、显影、定影、制版等工序。但是研制先进的汉字激光照排系统需要解决3个问题:汉字字模的存储量、高精度的激光输出装置和功能较强的软件系统^[17]。

王选的颠覆性技术创新集大成者,就是发明了

高倍率字形信息压缩技术和高速率字形还原技术,开发出了拥有自主知识产权的计算机激光汉字照排系统,用自主原创技术攻克了汉字精密照排的技术难关,在中国印刷和新闻出版界掀起了“告别铅与火,迎来光与电”的技术革命^[22]。这项技术的发明和推广,让中国出版印刷业没有经历第二代光机式照排机、第三代阴极射线管式照排机,从铅排直接跳到最先进的第四代激光照排;没有经历人工贴版的过程,直接跳到屏幕整页组版、整版输出^[21]。王选带领团队实现了在汉字字形信息描述、压缩、存储、还原输出等计算机处理技术及照排输出技术方面的颠覆性创新,使中国印刷业摆脱了数百年的落后状态,一举实现了从铅排铅印到照排胶印的历史性转变,这是中国印刷技术继发明雕版印刷和活字印刷两次革命之后的又一次革命^[7]。

颠覆性技术具有两面性。一方面,颠覆性技术具有“破坏性”,主要表现在:第一,它改变了现有技术标准,颠覆了竞争规则;第二,它改变了已有的技术模式和发展战略,某些颠覆性技术变革可能对于一些企业和行业形成巨大冲击。另一方面,颠覆性技术可以增强企业、行业和一个国家的竞争优势,因为颠覆性技术可以保持技术领先地位^[10],而且颠覆性技术创新必然带来一个大市场,对于这一点王选是深信不疑的^[11]。随着激光照排技术的推广使用,到20世纪90年代初,中国报纸从1978年的186种发展到2000余种,期刊从930种发展到7500余种,出版社从105家发展到543家。印刷业年排字量由20世纪80年代初的90亿字到1993年的275亿字,书刊年印刷量由1960万令增加到3817万令^[23]。

3.2 立而后行,行而后远

克里斯坦森提出的“创新者的困境”(the innovator's dilemma)这一概念,可以简单地表述为:现有技术为企业带来了丰厚的回报和成功,企业继续将资源投入原有技术研发项目中,这可能获得暂时的性能提高,造成了一种原有技术性能更胜一筹的“假相”。结果此“假相”浪费了企业的创新资源,企业因此失去创新机会和领先的优势。为避免这种困境,对创新者的技术决策和把握未来的能力提出

了更高的要求^[10]。

其实,王选较早地注意到了这个问题,并掷地有声地提出“在上一代产品即将成熟之际就开始下一代产品的研制是我们一贯的方针”^[11]。激光照排系统推广应用后,王选及其团队毫不懈怠,瞄准市场和社会需求,针对新闻出版和印刷领域的瓶颈问题,持续开展技术创新。

一是实现报纸远程传版,告别报纸传真机(1991年初开始)。1989年全国只有三四家中央级大报,在外地设有代印点儿。王选设想,把版面上的文字、图形、图片、照片等各种元素通过特殊方法转换成页面描述语言,其信息量就只有用传真机传送图像信息量的几十分之一,传输速度会极大加快。很快课题组就成功开发出页面描述语言BDP-DL,实现了王选的设想。到1992年年底,人民日报社已通过卫星向全国22个城市传送版面。传送速度缩短到平均2 min传完一版,从此全国大多数地区都能在同一天看上《人民日报》。王选直接推出以页面描述语言为基础的远程传版新技术,使中国跳过高速传真机方式的报纸传版作业,并且用新技术创造出一个新市场^[21]。

二是研制彩色桌面出版系统,告别传统的电子分色机(1992年初开始)。从20世纪70年代以来,中国的彩色制版领域就采用进口的电子分色机制作彩色出版物,价格昂贵,效率低。1987年,王选看到激光输出设备和彩色扫描输入设备精度电荷耦合器件(CCD)的集成度不断提高,照排机的分辨率和重复定位的精度也随之越来越高,不会亚于电子分色机输出部分的质量。这些新技术使得研制彩色出版系统成为可能。王选断定电子分色机迟早会被开放式的桌面彩色系统所取代,开始抓紧研制彩色出版系统。1992年1月21日,北大方正彩色出版系统在《澳门日报》投入生产性使用,在世界上第一次实现了彩色照片和中文的合一处理和输出。输出一页彩版仅需20多分钟,后来经过不断改进,时间缩短为2 min。中国印刷业又一次实现了彩色出版的技术跨越^[6]。

三是研制采编管理系统,告别纸和笔(1994年初开始)。1988年,王选的研究生提出了开发基于

微软Windows的中文专业排版软件的建议,王选认识到Windows未来发展前景很大,很快抽调了一批骨干,开发基于Windows的中文专业组版软件。1992年,北京大学计算机所推出了维思1.0,成为世界上最早的基于Windows的中文专业排版软件,也是国内Windows上的第一个大型应用软件^[6]。1994年1月,《深圳晚报》作为全国第一家采用方正开发的新闻采编流程计算机管理系统的用户,整个采编流程从采访、写稿、编辑传送、审定、签发,直到组版发排全部实现了电脑化管理^[21]。

作为“中文信息处理的领导者”,北京大学计算机研究所(现北京大学王选计算机研究所)联合北大方正电子公司秉承王选“科技顶天,市场立地”的宗旨,通过自主创新和核心技术来带动产品研发,持续全面为中文杂志、报纸及图书的排版工作服务,满足行业发展中每个阶段的不同需求。从1988年方正第一款中文排版软件面世,20多年间,方正书版、方正飞腾、飞腾创艺、方正飞翔等软件占据着90%以上的中文报纸、60%以上的中文图书、期刊排版应用市场^[24]。

在持续创新的过程中,王选深深地体会到,从某个新技术露出苗头开始,就要立即启动研发工作,因为一旦技术潮流成为市场潮流时,再开始研发就为时已晚。正如王选自己所说,预测未来的最高境界,是发明未来^[11]。

4 结论

汉字关乎中华民族的命运,汉字信息化关乎中华民族在信息时代的命运。正如王选反复说的,最可怕的是错过一个时代。王选用创新叩开了汉字信息化的大门,为汉字和中华文化进入信息时代提供了强有力的技术支撑,保护和促进了中华文化的发展。

王选的技术预见思想是宝贵财富,他坚持长期的技术积累,秉持创新精神,未雨绸缪提前布局,积极把握技术和产业的未来发展方向。这对于中国科技创新驱动高质量发展和建设创新型国家具有示范作用和现实指导意义,相信将产生深远的影响。

参考文献 (References)

- [1] 王选同志生平[EB/OL]. (2006-02-19)[2023-11-07]. <https://wangxuan.pku.edu.cn/shengping>.
- [2] 丛中笑. 王选传[M]. 北京: 学苑出版社, 2012.
- [3] 白晶. 方正人生: 王选传(大家丛书)[M]. 南京: 江苏人民出版社, 2009.
- [4] 周程. 科技创新典型案例[M]. 北京: 北京大学出版社, 2011: 17-47.
- [5] 赵志成, 夏保华. 王选的技术创新思想研究[J]. 科技进步与对策, 2010, 27(5): 20-24.
- [6] 刘海波, 李黎明. 方正大师: 王选[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2012.
- [7] 谭俊峤. 创新精神薪火相传——谭俊峤在“748工程”四十周年叙谈会上的讲话摘要[J]. 印刷工业, 2014, 9(10): 17.
- [8] 丛中笑. 王选的青年科技人才培养创新模式[J]. 人民论坛·学术前沿, 2019(19): 92-99.
- [9] 徐学超. 王选的创新人才思想研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2012.
- [10] 谭超. 技术路线图与技术发展的规律性研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2006.
- [11] 王选. 王选文集[M]. 北京: 北京大学出版社, 2006.
- [12] 丁云龙, 谭超. 作为技术预见工具的技术路线图及其应用前景[J]. 公共管理学报, 2006, 3(4): 40-45.
- [13] 王选经典语录[EB/OL]. (2006-02-19)[2023-11-07]. <https://wangxuan.pku.edu.cn/wencui?tab=jingdianyulu>.
- [14] 孙武. 十一家注孙子[M]. 北京: 中华书局, 2012: 9.
- [15] 王选. 正确的技术决策在发展激光照排系统中的重要作用[J]. 科学中国人, 1995(5): 8-10.
- [16] 金涌. 科技创新启示录: 创新与发明大师轶事[M]. 北京: 清华大学出版社, 2020: 40.
- [17] 北京大学计算机科学技术研究所. 打破部门界限, 实行大协作攻克重大科研难关——计算机—激光汉字编辑排版系统的研制[J]. 实验技术与管理, 1986, 3(2): 30-33.
- [18] 王选. 介绍一种适合软件的新型计算机[J]. 电子计算机动态, 1978, 15(11): 1-23.
- [19] 王选. 计算机—激光汉字编辑排版系统简介[J]. 计算机学报, 1981, 4(2): 83-89.
- [20] Martin B. Technology foresight: A review of recent government exercises[J]. Science, Technology, Industry Review, 1996(17): 15-50.
- [21] 王选. 抓住机遇, 实现技术跨越并占领市场[J]. 学会, 1999(11): 4-5.
- [22] 孙宝传. 假如王选还活着——写在“748”工程四十周年之际[J]. 中国传媒科技, 2014(19): 10-11.
- [23] 吴立群. “九五”淘汰铅排铅印 凸版纸前景暗淡[J]. 造纸信息, 1996(5): 7-8.
- [24] 中文排版设计工具——方正飞翔2011在京发布[J]. 出版参考, 2011(12): 18.

Wang Xuan's technology foresight thought and innovative practice

YAN Jun¹, TAN Chao², CONG Zhongxiao³

1. Journal of Democracy and Science, Beijing 100101, China
2. Beijing Development and Research Center for Popular Science, Beijing 100101, China
3. Wangxuan Institute of Computer Technology, Peking University, Beijing 100080, China

Abstract This paper summarizes the computerized Chinese character laser phototypesetting system that Wang Xuan presided over and the subsequent research and development work, and discusses his innovative personality traits and his viewpoints of cross-disciplinary research and demand-inspired creativity. The analysis shows how to find the precise research direction and grasp the development trend of technology, explains Wang Xuan's technology foresight thought and disruptive technology innovation practices, and demonstrates his scientific spirit of pioneering work and continuous innovation.

Keywords Wang Xuan; technology foresight; disruptive technology; innovative practice ●



(责任编辑 王丽娜)