

计算装置历史演变选析及对构建“计算技术考据学”的若干思考

刘宇航¹ 谭丽娅²

¹ 中国科学院计算技术研究所 ² 合肥子木园博物馆

引言

科技创新文化是一个国家综合国力特别是软实力的重要组成部分。我国历史悠久、人力资源丰富,历史上曾有诸多发明创造。然而,在漫长的历史进程中,受多重因素影响,系统性的、持续引领发展的科技创新文化未能完全形成。改革开放以来,科教兴国上升为国家战略,科技取得了长足进步,初步形成了一定水平的创新文化,但目前仍需大力培育和涵养^[1]。

科技创新成果本质上是相对历史基础而言的增量,因此科学研究需要处理好继承与创新的关系。创新难,继承亦不易。研究者如果不完整准确地了解历史基础,就很难正确判定自己的“成果”是否为创新。为了避免重复开发或浅尝辄止的研究,就需要注重继承,包括长时间跨度的继承。计算技术的创新不是线性上升的,某种技术的变化会导致某些思想过时,另一种技术的变化可能将那些“过时”的思想复活。计算技术的演进不是线性的、单调的,而是充满偶然性和曲折性。

把考据学用于计算技术的历史沿革及其规律的研究,是一个值得探索的思路。考据学,也被称为“考证学”,是一种学术研究方法,目的是通过详细、严谨的证据收集和分析来验证或揭示历史文献、文物或其他研究对象的真实性、年代及其背景等信息。考据学尤其

强调对原始资料的细致分析和对历史事实的精确还原。对于考据学,梁启超在《清代学术概论》中提到:其治学根本方法,在“实事求是”“无征不信”。本文第一作者多年来持之以恒贯彻这一思路,倡导将历史思维贯穿计算机科研过程^[2-4],并对计算机科学的一批开创性经典文献进行系统解析,力图把概念的内涵和外延考证清楚^[5-6]。第二作者创办了我国第一家集展示、教育、互动于一体的计算机博物馆,本文后续介绍的10款文物均为该博物馆藏品。传统的考据学方法在历史研究中有深厚的积淀和广泛的应用,如果将其与计算技术史相结合,有望形成一个新兴的研究领域,不妨称之为计算技术考据学。

计算技术考据学是指以考据学的办法研究计算的概念、方法和装置的演变轨迹及其背后的规律。计算技术考据学以严谨的实证研究为基础,借助多源史料互证和数字技术,为技术文明演进研究提供新的视角和方法。计算技术考据学包括但不限于:1) 文献典籍互证:对古籍进行多版本校勘,构建计算术语溯源和演变追踪系统。这种研究方法有助于还原计算概念在不同历史时期的演变,为计算技术史的研究提供坚实的文献依据。2) 装置实物勘验:装置实物勘验为研究不同历史时期计算装置提供了直观的证据,以更准确地了解当时当地人类的计算装置的实际情况。3) 算法逆向工程:将不同历史时期的算法转化为现代高级语言代码,验证其有效性,有助于深入理解不同历史时期算法的原理和价值。4) 跨文化比较:跨文化比较研究能够揭示不同文明在计算技术发展过程中的共性和差异,为研究计算技术的起源和传播提供重要线索。

DOI: 10.11991/cccf.202507013

基金项目: 国家重点研发计划项目(2023YFB4503904); 中国科学院战略研究与决策支持系统建设专项项目(GHJ-ZLZX-2021-06); 国家自然科学基金专项项目(L2124012)

通信作者: 刘宇航, E-mail: liuyuhang@ict.ac.cn

计算技术考据学是实现技术溯源和开源的必由之路和必要凭借。随着计算技术的不断发展,技术黑箱化困境日益突出。很多技术因为不开源或不能溯源,导致没有被充分传播、利用和持续维护,甚至导致单一技术濒临“灭绝”,降低了基于多个单一技术凝聚形成更高级技术的可能。技术开源的目的不仅仅是公开代码,更在于全面揭示技术的内在规律、成功密码,让技术的“奥秘”不再神秘,让技术的精髓和诀窍克服时间、空间、主体的限制,赓续传承、历久弥新。

计算技术考据学与科学智能(artificial intelligence for science, AI4Science)双向赋能。计算技术考据学为 AI4Science 提供深层历史认知与方法论工具箱,而 AI 技术则赋予计算技术考据学大规模分析能力与预测洞察力。二者共同构建的“历史-未来”双向通道,将重塑科学研究的范式(从经验驱动到数据-历史双轮驱动),科学假设的生成既依赖实验数据,也受技术史规律约束。最终,这一融合将催生“循环增强的科学智能”:AI 不仅加速新知识生产,更能从技术史中提炼元规律,反哺科学方法论本身的进化。当技术史与 AI 科学深度交织,人类对真理的探索将迈入“以史为鉴、以智为器”的新纪元^[7-8]。

计算技术考据学与计算考据学只有一词之差,实则具有本质区别。计算技术考据学以计算技术本身作为考据对象,是对象导向的专门学科,强调以考据学方法研究计算技术史。计算考据学是计算方法的考据应用,是方法导向的跨学科实践,强调计算工具对传统考据学的赋能。

计算装置的历史演变

计算装置的发明与演进在人类发展的进程中,发挥着至关重要的作用。计算技术作为科学技术的一部分,计算装置作为生产工具的一部分,从古至今,渗透到各行各业,深刻影响着社会经济的发展^[9]。对计算的概念、方法和装置的演变轨迹的研究,有助于深入理解人类认知的发展和技术文明的演进^[5]。古老的计算工具不仅是当时数学智慧的结晶,更反映了特定时期的科技水平和文化背景。

计算装置经历了阶段性的历史演化,包括原始计算期、手工计算期、机械计算期、电子计算期。从本研究

后续的章节分析可以看到,计算载体从绳子、木质到金属,从全手动到半自动再到全自动,计算效率越来越高。这一结论,似乎在意料之中,但是这是几千年来人类辛勤探索的结果,凝聚了无数能工巧匠的智慧。人类对计算的需求从古至今一直存在,人类从古至今也一直不断求索和革新计算技术以满足自身不断增长的计算需求。

计算装置文物具有培育历史思维、涵养技术创新文化的作用。凝视一件件计算装置历史文物,抚今追昔,可让人穿越到文物诞生时所处的历史之中,启发人们换位思考:在当时的历史条件下,是否能做得更好?历史思维,要求敬畏历史、以史为鉴。事非经过不知难,后来者不应有一丝傲慢来轻视文物的落后。每一件文物都可能是当时人类的最高水平,都可能凝聚了当时人们绞尽脑汁的奇思妙想。数百年数千年后的人们再看我们认为先进的当下的计算装置,可能也是“落后”的印象。

计算装置演变呈现“技术基因”的叠加特征,主要体现在以下3个方面。1) 物理载体:从算筹到计算尺,再到算盘,反映了计算的物理载体的演变,是计算技术发展水平的重要体现,不同材质的计算装置适应了不同历史时期的计算需求。2) 符号系统:符号系统是计算技术的重要组成部分,它的发展和演变对计算技术的进步起到了关键作用。3) 操作范式:操作范式的演变反映了计算技术从手动操作向自动化操作的发展过程,不同时期的操作范式之间存在着一定的传承和发展关系。

由于我们之前已进行了计算机经典文献的解析^[2],作为构建计算技术考据学的示例,本文聚焦于分析计算装置的历史演变,接下来将围绕10款代表性实物分3个历史时期分别介绍。

古代计算装置文物选析

结绳记事的实物——基普

古代文明的计数和记录系统是人类历史研究的重要组成部分,它们反映了特定时期的文化、经济和社会发展水平。基普(Quipu)作为南美印加部落独特的计数和记录工具,具有较高的研究价值。如图1所示,基普由一根较粗的主绳和众多从主绳垂直垂下的细绳构成。这些细绳颜色丰富多样,包括黑色、棕色、白色等,

部分细绳的末端还带有小结。细绳数量较多,从形态特征来看,部分细绳上存在不同的打结方式和间隔。相关研究表明,这些不同的打结方式和间隔可能用于记录不同的信息。



图1 基普(产地:南美印加部落,生产时间:大约17世纪)

基普是古代南美印加部落语言发音,意为“打结的绳子”,其制作材料为羊驼毛或骆马毛编成的彩色绳子。具体来讲,就是在—根横粗的主绳上垂直地系上许多条细的副绳。主绳通常直径为0.5~0.7 cm,副绳像缨子一样垂着,一般系有100多根,有时甚至多达2000根。在副绳上距主绳不同的距离处打着一个一个结头,结头的形状和数量表示所需要计算的数目。距主绳最远的结是个位,再上一个结是十位,然后是百位和千位;万是印加人知道的最大计数单位,代表它的结也最靠近主绳;零则用在绳上的对应位置不打任何结来表示。

印加是起源于公元前3000年左右南美洲安第斯山脉(现秘鲁境内)的一个古老部落,大约15世纪时骤然崛起成为大帝国,后来被西班牙殖民者征服。印加人借助基普绳的不同颜色,结的形状、大小和位置,以及绳和结的旋转方向与次数等来记载各种重要事件和自然现象,也用来进行各种统计,特别是村民的人口统计。西班牙统治该地区后,基普也被用作记录当地的贡品、商业纠纷以及殖民者的所作所为等。目前世界上已知大约留存有700余件基普结绳实物,被美国自然史博物馆、德国柏林民族博物馆以及秘鲁当地博物馆等机构或其他地方的私人收藏。

17世纪的纳皮尔算筹

纳皮尔算筹如图2所示,该算筹由多根木条构成,每根木条上均刻有数字和乘法表。这些木条被排列在一个矩形框架内,框架底部设有底座。这种设计使得算筹在使用和存放时具有一定的稳定性和规范性。图片右上角展示了一个木制的算筹盒,用于存放纳皮尔

算筹。盒子表面有雕刻的图案,这不仅体现了当时工艺的精细,也反映了算筹在当时可能具有一定的文化和装饰意义。



图2 纳皮尔算筹(产地:英国,生产时间:1650年左右)

纳皮尔算筹的发明者是约翰·纳皮尔,他是苏格兰数学家,其最大贡献是发明了对数。1612年,纳皮尔发明了由10根木条组成的算筹,每根木条上刻有数码,右边第一根木条固定,其余可根据计算需要进行拼合或调换位置。这一设计体现了发明者的巧妙构思,为后续的计算操作提供了便利。

纳皮尔算筹的材质是多样的,木条、金属、硬纸板,甚至最初可能是兽骨。算板用来在计算时盛放算筹,算板的左边框从上至下标注着1~9,与每根算筹上的9个方格一一对应。算筹一般有10根,每根都有10个方格,最顶部的第一个方格从左至右依次标注0~9,下面的9个方格都划有对角线,里面分别填着0~9与左边框对应数字的乘积,并将十位数与个位数分开,且每根算筹都可根据计算的需要进行拼合或调换位置,这么做是为了使用一种格子乘法,简单地说,这是一张九九乘法表。纳皮尔算筹可以用加法和一位数乘法代替多位数乘法,也可以用除法和减法代替多位数的除法,从而简化了计算。

纳皮尔算筹在1617年出版的《筹学》(*Rabdologia*)中被详细描述。纳皮尔算筹对中国也有影响,清代女数学家王贞仪深受纳皮尔思想的影响,撰写了《筹算易知》《西洋算筹增删》等介绍西方算法的书。

我国明代后期的21档算盘

中国的算盘,是一种古老的计算装置,已有2500多年的历史。根据应用的不同,它的宽度也不同。它通常有7个以上的杆。算盘在明代开始普遍使

用。北宋名画张择端的《清明上河图》闻名中外,在画卷的最左端,在“赵太丞家”的中药铺的柜台上放着一架算盘,说明算盘在北宋时期就已经成为老百姓的日常用品。图3为中国明代21档楠木珠带底板错银黄花梨算盘,算珠完整、榫接紧密、木质细腻、包浆厚实。明代算盘形制简练、算珠肥厚、档间距大,一般为铁梨木底板、黄花梨木框、楠木算珠、铜钉包脚、错银量度,该算盘上二珠下五珠,符合明代后期的算盘特征,另外从做工来看,推断为中国北方地区制作。

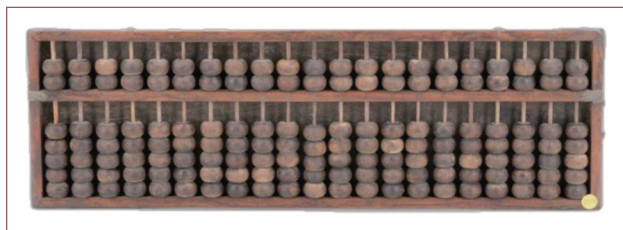


图3 明代21档楠木珠带底板错银黄花梨算盘(产地:中国,生产时间:16世纪末即明代后期)

明代后期,算盘逐步改进成了上二珠、下五珠,每档能表示0~15,成为一种16进制和10进制通用的计算工具。这是因为中国古代长度和容积单位采用10进制,而主要的质量单位却是16进制,1斤为16两,上二下五珠,每一档可计算到15,这样满16就向前进一档;此外,中国古代乘法采用留头乘,上一珠不够用,必须上二珠,所以使用上二下五算盘。

在机械构造方面,传统算盘存在2种典型制式,北方制式采用“上二下五”的珠位设计,南方制式则为“上一下四”的变体。这种设计通过梁体分隔,构建起10进制与16进制的复合运算系统。每颗算珠的移动轨迹都精准对应着数理逻辑的具象化呈现:下珠依据“五升制”达成进位压缩,即满五则向高位进一;上珠承担位值倍增功能,一颗上珠代表的数值是下珠的五倍。在运算过程中,手指对算珠进行“置数”“归位”“清盘”等操作,形成了一套系统完整的人机交互范式。

从历史维度进行考察,算盘的发展历程可追溯至汉代的“游珠算板”。在唐宋时期,随着商业经济的蓬勃发展,算盘逐渐完成定型。到了元明时期,《直指算法统宗》等专业著作的出现,标志着珠算体系在理论层面达到成熟。值得着重指出的是,算盘的发展自始至终与中国古代的赋税制度、市舶贸易、工程营造等社会经济需求保持着紧密的联系。它不仅是日常计算的工具,在明清晋商票号中,算盘更演变成了一种商业加密

符号系统,体现了其在特定商业环境中的重要作用,反映出算盘在社会经济发展中的多维度价值。

欧洲的比例规

比例规是在17世纪前后欧洲人使用的一种数学工具,人们经常把它的发明归于英国数学家胡德(Thomas Hood)和意大利物理学家伽利略。比例规在明末传入中国并被广泛应用。

比例规有两面,功能可多可少,常见的刻度线有:平分线、分面线、更面线、分体线、更体线、分弦线、节气线、时刻线、表心线、五金线。此十线类别中,又可根据不同情况使用不同用法。如要将一线段平分为 N 份,那么就以此线段作为等腰三角形的底,以比例规上平分线的刻度100位置为腰,将比例规张开一定角度使上述要求成立,保持此角度不变,之后寻找平分线上刻度为 $100/N$ 的位置,则此时2个刻度 $100/N$ 位置之间的长度即为所求线段的 $1/N$ 。其余诸线,其刻度值各不相同,但基本操作与上例相似,都是先以已知线段或弧为底,以比例规线上某一刻度值长为腰,而后保持角度不变,再取线上所算刻度值,以此值长为腰,此时两腰之间底即为所求。

图4为德国科赫制比例规。规体正面刻有德文“科赫制于柏林(K. Koch fecit Berolini)”,做几何计算和工程计算之用。



图4 德国科赫制比例规(产地:德国,生产时间:1756年)

近代计算装置文物选析

世界上首台商业成功的机械计算器

法国人查尔斯-泽维尔·托马斯·德科尔马(Charles-Xavier Thomas de Colmar)以莱布尼茨计算器结构为基础设计的一种机械计算器——“四则运算机”

(Arithmometer),它是世界上第一台商业上成功的机械计算器,俗称“托马斯机”,于1820年获得专利,如图5所示。该机主体为黄铜结构,装在橡木盒中。该机正面下端中部是置数装置,在10个槽中有10个滑钮,每个槽有0~9共10个位置,通过每个滑钮在各自槽中的位置来输入数字。置数装置左边是加乘/减除选择滑钮,右边是计算手柄。上端是显数窗口,长位(16位)显示结果数,短位(9位)显示计算手柄转数。显数窗口两边是把手,提起它左右拉动可实现进位;同时把手也可实现清零,左侧把手旋转为结果数窗口清零,右侧把手旋转为手柄转数窗口清零。



图5 托马斯计算器 (产地: 法国, 生产时间: 1866 年)

托马斯是第一个创立一家企业来生产机械计算器的人。这个时期,没有现代化的生产制造,计算器都是由钟表匠手工打造的。1850年,他正式将托马斯机投入商业化生产,至1915年共产出5500多台。托马斯机的使用和推广,使人们使用工具手工计算的习惯动作由计算尺的抽拉变成计算器手柄的旋转,一个“手摇计算”的时代正式开始。

世界上首款可变齿轮的机械计算器

瑞典发明家奥德涅尔 (Willgodt Theophil Odhner) 在俄罗斯制造了世界上首款可变齿轮的计算器。该机器利用齿数可变的齿轮,代替了莱布尼兹的阶梯形轴,这在计算机发展史上是个突破,有着里程碑的意义,奥德涅尔计算器如图6所示。许多国家的公司也在纷纷按照类似的结构原理生产计算机。在20世纪最初的二三十年间,手摇计算机已成为人们主要的一种计算装置。

20 世纪计算装置文物选析

支撑存储程序思想实现的打孔卡

打孔卡的历史悠久,在18世纪打孔卡被用于控制



图6 奥德涅尔计算器 (产地: 俄罗斯, 生产时间: 1886 年)

纺织机。法国发明家约瑟夫·玛丽·雅卡尔 (Joseph Marie Jacquard), 设计出人类历史上首台可设计织布机——雅卡尔织布机, 对发展出其他可编程机器 (例如计算机) 起了重要作用。特别是织布机的打孔卡的应用为后来计算机程序存储技术的发展奠定了基础。在1890年, 美国发明家赫尔曼·霍尔瑞斯 (Herman Hollerith) 开发机上打卡记录和存储信息的方法被用于美国人口普查。后来他成立了IBM公司。赫尔曼·霍尔瑞斯被称为“数据处理之父”。

打孔卡在20世纪上半叶 (尤其是初期至中期) 是存储和检索数据的主要方法, 其主导地位在20世纪60年代开始被磁带、磁盘和交互式终端等更先进的存储与输入/输出技术所取代, 如今鲜有发现和使用。早期的计算机无法像今天的计算机那样存储文件。因此, 如果要创建数据文件或程序, 则将数据与其他计算机一起使用的唯一方法是使用打孔卡。使用打孔卡机, 可以在打孔卡上每一列上打孔以表示一个字符, 从而将数据输入卡中。一旦完成卡片或按回车键, 该卡片就从技术上“存储”了该信息。因为每个卡只能容纳这么多数据, 所以如果使用打孔卡编写了一个程序 (每行代码一张卡), 那么将有一堆打孔卡, 这些打孔卡必须保持顺序。早期计算机打孔记录纸如图7所示。



图7 Qty 3 型黑色纸带 (产地: 美国, 生产时间: 1946—1958 年)

第一代真空管电脑, 使用真空管为材料以打孔卡片作为外部储存媒体、以磁鼓作为内部储存媒体、程式

语言为机器语言及组合语言。

世界目前仅存一台的道尔顿计算器

图8所示为道尔顿计算器,全世界现存仅此一台。这是来自雷明顿兰德打字机博物馆的詹姆斯·刘易斯·道尔顿的个人展示型号。这台加法器是专门为道尔顿设计的原型机,美国国家博物馆收藏的道尔顿加法器均为其衍生型号。本展品虽不常使用,但功能健全。它内部使用了铝制结构,比常见的计算器轻便得多,很便于运输。道尔顿常随身携带此加法器,并把它介绍给有兴趣的人。



图8 道尔顿计算器 (产地: 美国, 生产时间: 1907 年)

道尔顿原本是美国中西部最大的百货商店的老板,曾担任过密苏里州议员。1901年,道尔顿为霍普金斯兄弟提供资金制造十键加法器。为报答道尔顿的资助,霍普金斯兄弟将一半的股份分给道尔顿,并请道尔顿出任公司总裁。然而一年后,霍普金斯将公司股份私下出售给美国计算器有限公司,直接影响了道尔顿的投资。为了重新获得控股权,道尔顿向美国计算器有限公司支付了4万美元,获得了该机器制造和销售的所有权,并成立了新公司——道尔顿加法器公司(Dalton Adding Machine Company)。此后他将所有时间都花在了机械计算器制造和销售上,在世界各地开设了200多个办事处,每月销售额高达数百万美元。

图灵破译的德国英格玛密码机

英格玛密码机配有3个原装密码轮,标准QWERTZ键盘,26个键,如图9所示。英格玛是一台由德国发明家亚瑟·谢尔比乌斯发明的战争密码编码器,英格玛1型被德国陆军和空军使用,后来也被德国海军采用。这台二战期间德军加密核心装备,全球仅存百台,其复杂电路曾改写大西洋战役的胜负天平。

英格玛密码机看起来像是一台打字机,里面装满了电器元件。在其被发明投产后的几十年中,被认为是有史以来最为可靠的加密系统之一。英格玛密码机是德国二战期间的重要装备,由于盟军短时间内不能破译德军密码,最显著的后果是在1942年之前,装备了英格玛的德国潜艇部队一共击沉了盟军舰船1000余艘,盟军在北大西洋的军事补给线面临着灭顶之灾,导致二战中大西洋海战一度呈现一边倒的态势。



图9 英格玛密码机 (产地: 德国, 生产时间: 1944 年)

世界上第一台个人电脑牛郎星 8800

牛郎星8800(Altair 8800)被认为是人类历史上第一台个人电脑,图10所示这台牛郎星8800 S-100更是全世界独一无二的,它是MITS公司开发牛郎星计算机的原型机,由它验证了S-100总线技术并从它发展出了牛郎星8800a、牛郎星8800b等系列产品。它的外壳和内部组件中留下了工程师历次改进作出的笔迹或记号,在其中一块面板上,还贴有原MITS总工比尔为防止其他员工误搬运而写的纸条(“DO NOT SHIP, Bill”)。在合肥子木园博物馆收藏前一直由原MITS公司工程部经理汤姆·德尔森保存。保罗·艾伦在其上验证了他为牛郎星电脑开发编写的一套BASIC语言。

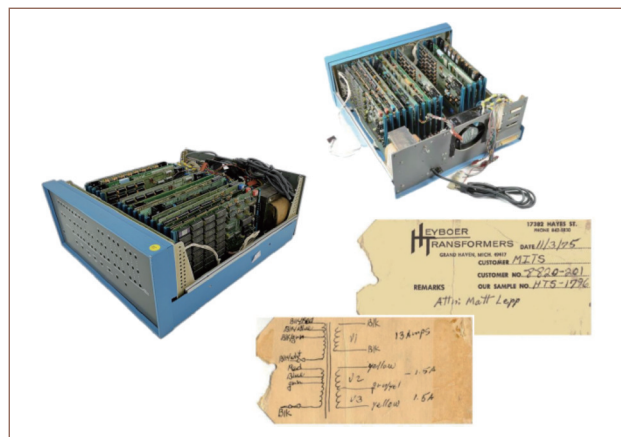


图10 牛郎星 8800 (产地: 美国, 生产时间: 1975 年)

发展计算技术考据学的建议

发展计算技术考据学,需要从基础理论、工具链、史料库等维度系统地构建和推进。

构建计算技术考据学基础理论

计算技术考据学需要基础理论。目前科学技术史专业承担了一些考据工作,但对计算机学科发展影响还有待提高。需要计算机科学技术一级学科下设立专门的二级学科进行计算技术考据学的研究。建议从计算技术创新中的历史思维、计算技术的文物实证、计算技术的历史文献解析等方面开展研究。

设计对计算技术的重要概念和方法进行文献溯源的方法,活化不断累积的大量的在大部分时间处于“沉睡”状态的历史文献,提升文献的利用率,提高科研的效率。建立基础理论将传统考据学中思想和方法应用到计算技术考据学中。设计历史分析方法对软件迭代逻辑进行分析,追踪重要算法的历史演变。通过对编程语言标准文档进行历时对比,解析语法变迁背后的设计哲学。

建立技术史料分层理论模型,该模型包括但不限于硬件(物质层)、代码(符号层)、社群(实践层)等维度。建立基于计算抽象度的分层理论模型,包括但不限于具象操作层、符号编码层、机械程序层、电子逻辑层,为计算技术史的分期提供新的标准,更准确地描述计算技术的发展阶段和特点。

开发计算技术考据学工具链

为应对史料碎片化的问题,构建多模态数据融合平台,整合考古报告、器物铭文、口述史等史料。建立计算技术考据工具集,开发历史代码解析器、硬件特征数据库。

开发开源软件溯源工具,支持多版本代码差异可视化工具,以标注关键设计决策节点;构建“编程语言语法树分析器”,自动识别历史版本中的范式转型,提升开源软件系统的质量和演进效率。

设计支持芯片蚀刻标记识别的硬件扫描系统,将制造工艺与设计文档进行关联。开发三维建模工具,用于复原早期计算机内部结构,研究和继承可以借鉴的技术特征。

研发计算技术考据学大模型,解析计算技术的概念、方法、装置的历史基因,以深入理解计算技术的发展历程和原理,打破计算技术黑箱,促进计算技术传承,加速计算技术与应用场景的适配。构建计算装置知识图谱,挖掘计算装置背后的文化内涵和历史价值。

整合计算技术考据学史料库

计算技术考据学需要历史文献、文物在内的数量巨大、模态多样的史料。这些史料的管理、保存、挖掘需要专门的研究,可以借鉴已有较为成功的数据集对应的经验^[10]。

整合代码史料库,包括但不限于归档历史操作系统源码,建立版本谱系树,收录开源社区关键讨论。建立硬件数据库,包括但不限于创建芯片铭文库,关联制造商标记与生产年份;扫描早期计算机手册,构建可检索的数据库。

与计算机历史博物馆、互联网档案馆合作,获取稀缺资源。这些机构拥有丰富的历史资料,与它们的合作能够为计算技术考据学提供更多研究素材。鼓励公众参与史料的捐赠、展览、修复与逆向工程,提高公众对计算技术历史的关注度和参与度。

结束语

人类对人工智能飞速发展的期望,要求计算技术快速演进,进而需要更大的迭代创新动能,使得对计算技术自身历史演变规律的研究变得愈发重要。计算技术考据学,是以考据学的方法研究计算技术,构建连接计算技术过去与未来的认知桥梁,其价值不仅在于还原历史真相,更在于为当代计算技术创新提供深层反思,揭示人类认知抽象化的深层规律,在历史纵深中洞察计算技术演进的脉络,培育出根植传统、面向未来的计算技术创新文化。期待有识之士共同思考论证构建“计算技术考据学”这个新学科。■

致谢: 本文是作者参与中国工程科技 2040 发展战略(信息与电子领域)研究的一部分。中国科学院自然科学史研究所司宏伟对文物信息提出了建议。中国科学院计算技术研究所李国杰院士对本文提出了宝贵建议。



刘宇航

CCF 高级会员,《计算》编委。中国科学院计算技术研究所副研究员。主要研究方向为计算机系统结构、高性能计算、存储系统、智能并发系统。

liuyuhang@ict.ac.cn



谭丽娅

合肥子木园博物馆馆长,副研究馆员。中国科学技术大学文物硕士研究生实践导师。主要研究方向为博物馆学、计算装置演变史。hfzimuyuan@163.com

参考文献

- [1] 孙凝晖. 对信息技术新体系的思考 [J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(1): 8-14.
- [2] 刘宇航, 包云岗. 计算机系统设计方法学: 历史-计算-数

- 据-结构 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2022.
- [3] 刘宇航, 包云岗. 计算机系统开创性经典文献选读与解析 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2023.
- [4] LIU Yuhang, SUN Xianhe, WANG Yang, et al. HCDA: From Computational Thinking to a Generalized Thinking Paradigm[J]. *Communications of the ACM*, 2021, 64(5): 66-75.
- [5] 刘宇航, 张菲. 计算概念谱系: 算势、算力、算术、算法、算礼 [J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(10): 1500-1510.
- [6] 刘宇航. 经典并行与量子并行: 提升并挖掘计算系统的潜在性能 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2024.
- [7] TURING A M. Computing Machinery and Intelligence[J]. *Mind*, 1950, 59(236): 433-460.
- [8] RUSSELL S J, NORVIG P. 人工智能: 一种现代方法 [M]. 张博雅, 陈坤, 田超, 等译. 4 版. 北京: 人民邮电出版社, 2022.
- [9] 钱学森. 论技术科学 [J]. 科学通报, 1957(3): 97-104.
- [10] DENG Jia, DONG Wei, SOCHER R, et al. ImageNet: A Large-Scale Hierarchical Image Database[C]//*proceedings of 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. Piscataway, NJ: IEEE, 2009: 248-255.

Selected Analysis of the Historical Evolution of Computing Artifacts and Some Thoughts on Building Computing Technology Philology

Yuhang Liu¹, Liya Tan²

1. Institutes of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences

2. Hefei Zimu Garden Museum

Abstract: To cultivate an innovative culture, foster historical thinking, extract patterns and insights from history, and build greater momentum for present and future technological innovation, this article explores and proposes the establishment of a new academic discipline—Computing Technology Philology. Computing Technology Philology refers to the study, through philological methods, of the evolutionary trajectory and underlying principles of computing technologies throughout the course of human civilization, with the aim of promoting and accelerating innovation in the field. As an example, the article introduces ten authentic and rare historical computing artifacts that were painstakingly collected over several decades from around the world by the second author, who invested significant resources in this endeavor. Finally, the article offers several concrete recommendations for the development of Computing Technology Philology.

Keywords: computing technology philology; computing artifacts; historical relics; evolutionary patterns; historical thinking; technological innovation

摘要: 为了培育创新文化, 涵养历史思维, 从历史中总结规律并启迪思路, 为当前及未来积聚更大技术创新动能, 文章探讨提出构建一门新的学科——计算技术考据学。计算技术考据学是指以考据学的方法研究计算技术在人类文明发展史上的演变轨迹及其背后的规律, 以此推动和加速计算技术革新。作为示例, 文章介绍第二作者斥巨资历时数十年从世界各地收集的 10 款人类历史上真实的计算装置珍贵文物。最后, 文章给出若干发展计算技术考据学的具体建议。

关键词: 计算技术考据学; 计算装置; 历史文物; 演化规律; 历史思维; 技术创新

中图分类号: TP32; K86

中文引用格式: 刘宇航, 谭丽娅. 计算装置历史演变选析及对构建“计算技术考据学”的若干思考 [J]. 计算, 2025, 1(3): 88-95.

英文引用格式: Yuhang Liu, Liya Tan. Selected Analysis of the Historical Evolution of Computing Artifacts and Some Thoughts on Building Computing Technology Philology[J]. *Computing Magazine of the CCF*, 2025, 1(3): 88-95.

(本文责任编辑: 司宏伟 郭得科)