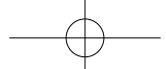


第五章



医疗人工智能：疫情、 死亡与爱

05



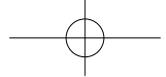
黑天鹅事件：疫情与流感

2020 年是世界“不幸”的一年，新冠病毒在全世界各地爆发，对全人类的生命和经济造成巨大影响。可以说，新冠肺炎疫情在全球的肆虐加速了世界百年未有之大变局的影响，如果说前者是“黑天鹅事件”，那么后者就是“灰犀牛事件”。受疫情影响，百年变局在多方面加速演进与裂变，推动了中国与国际关系的变化。也就是在这个进程中，以人工智能技术为代表的新科技正在发挥其独特的作用。

过去数百年，国际秩序之变往往由一场大战催生，如欧洲 30 年战争后的威斯特伐利亚体系、第一次世界大战后的凡尔赛 - 华盛顿体系、第二次世界大战后的雅尔塔体系。当前国际秩序的基本轮廓主要奠基基于第二次世界大战之后。但历经 70 余年，从 1991 年冷战结束，再经过 2001 年“9·11”事件、2008 年金融危机、2016 年特朗普胜选等多轮冲击，既有秩序已风雨飘摇。虽然“四梁八柱”尚在，但联合国（UN）作用有限，世界贸易组织（WTO）功能渐失，国际货币基金组织（IMF）和世界银行（IBRD）资金捉襟见肘，世界卫生组织（WHO）权威性不足，全球军控体系接近崩溃，国际准则屡被践踏，美国领导世界的能力和意愿同步下降，大国合作动力机制紊乱，国际秩序已处于坍塌边缘。

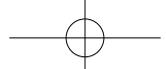
新冠肺炎疫情突发和泛滥，致全球哀鸿一片，锁国闭关，经济停摆，股市大跌，油价惨降，交流中断，恶言相向，谣言满天，其冲击力和影响力不啻一场世界大战，既有国际秩序再遭重击。旧秩序难以为继，新秩序尚未搭建，这正是世界百年未有之大变局的本质特征，也是当前国际局势云诡波谲的根源所在。

回顾历史，19 世纪以来公共卫生体系的完善、现代微生物学的发



展及医学技术的进步使得多数传染病得到控制，人类依靠文明和科学取得了疫情的阶段性胜利。但展望未来，病毒的快速进化、人类与动物的接触、城市规模及人口密度的提高、人员流动的加快等将使得新的疫情不断产生，并将持续挑战政府的社会治理及应急防疫能力、国际合作机制等，人类彻底战胜疫情仍然任重道远。从人类历史来看，疫情是与饥荒、战争等并列的重大灾难，黑死病、天花等疫情均造成数以亿计的人死亡，历史惨剧曾多次上演。面对疫情的威胁，人类社会在长期的应对中既有很多惨痛的教训，也积累了宝贵的经验和方法，文明在一次次危机中不断前进。

我们都知道 14 世纪的黑死病对欧洲社会制度的影响，但这并不是旧大陆的第一次大瘟疫。早在这次瘟疫发生的 800 年前，同样的疾病就曾以差不多的方式在欧洲和中东地区肆虐，这就是查士丁尼瘟疫。查士丁尼瘟疫从公元 541 年一直持续到大约公元 750 年。那次瘟疫于公元 541 年 7 月首次出现在埃及和巴勒斯坦之间的培琉喜阿姆，8 月传到附近的加沙地带，9 月传到埃及首都亚历山大。次年 3 月 1 日，东罗马皇帝查士丁尼声称“死亡事件已经遍及所有地方”。尽管东罗马帝国首都君士坦丁堡在一个月后才爆发瘟疫，由此带来的灾难却是毁灭性的：查士丁尼瘟疫流行期间，拜占庭的瘟疫持续了 4 个月，其中大约有 3 个月毒性最大。一开始的时候，死亡人数比正常情况多一点，然后死亡率持续上升，每天死亡人数都达到 5000 人，甚至超过了 1 万人。几乎所有拜占庭人都经历了亲手埋葬至亲的痛苦，甚至有人偷偷地或强行把死去的亲属扔进别人的坟墓里。最终，秩序在人性与惊恐中荡然无存——在原有的墓地被都占满后，人们就在城市其他地方一个接一个地挖新的墓地，把死者尽其所能一个个分开放进去。但后来死亡人数迅速增加，人们登上锡卡的防御工事的塔楼，掀开楼顶，然后把尸体乱扔在里面，几

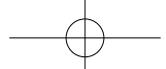


乎所有的塔楼里都填满了这样的尸体。

接下来给人类深刻印象的瘟疫就是黑死病，事实上它的周期性复发在欧洲一直持续到 17 世纪，在中东则持续到 19 世纪。这可能是历史上最著名的大瘟疫。当它在欧洲开始减弱的时候，西班牙人横渡大西洋来到新大陆，给后者带来了更具灾难性的瘟疫大流行。由于上个冰河时期的末期阿拉斯加和西伯利亚之间的连接处被海平面的上升所淹没，因而旧大陆和新大陆的人口和疾病环境得以独立发展。与美洲大陆相比，非洲和非裔欧亚大陆的居民与感染病原体的动物的接触更广泛，这种频繁的接触使人极易感染致命的传染病，如天花、麻疹、流感、鼠疫、疟疾、黄热病和伤寒。中世纪末期，在商业联系和随后的军事活动的推动下，旧大陆那些在过去独立的发病地区逐渐连接起来了，导致许多致命疾病在整个大陆传播开来。相比之下，美洲土著人生活的环境中并没有发生那么严重的瘟疫，他们以前没有经历过旧大陆经历过的那些灾难。对新大陆的探索和征服开启了艾尔弗雷德·克罗斯比所说的“哥伦布大交换”，横跨大西洋的联系导致大量的致命病毒迅速传入美洲。尽管新大陆以另一种方式传播了梅毒，但欧洲病原体对美洲的损害更加多样化，在许多方面也更具灾难性。

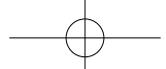
1918 年西班牙流感推动了各国在流行病警戒和控制方面建立全球合作机制，从而使得公共卫生体系成为国家治理中必不可少的关键要素并逐渐现代化。新冠疫情则推动了包括人工智能在内的数字化技术快速渗透到医疗产业并实现了针对垂直领域的数字化赋能与改造。

例如，Google 公司会定期发布不同地区的流动性报告，该报告从实时信息中提取位置数据，以反映美国各州居民的流动情况。Facebook 公司也推出了一套智能工具，通过汇总不同用户的位置数据，绘制踪迹模式，以揭示人们频繁出行的路线，并智能地预测未来可



能爆发疫情的地点。新冠肺炎疫情也推动了计算机参与药物筛选，科技巨头 IBM 公司和美国能源部橡树岭国家实验室（Oak Ridge National Laboratory）表示，它们使用 IBM 公司的 Summit 超级计算机筛选了 8000 多种化合物，并鉴定出 77 种小分子药物，这些药物有可能用于 COVID-19 的治疗。研究人员使用 Summit 模拟化合物影响病毒 S 蛋白感染细胞的过程。这项研究的结果发表在 *ChemRxiv* 杂志上。除此之外，总部位于多伦多的生物技术公司 Cyclica 则通过人工智能、计算生物物理学、生物分子数据重塑药物的发现过程，缩短制药周期，并且通过多元药理学、多靶向药物特性帮助制药公司评估药物安全性和有效性，同时与全球范围内的实验室和制药公司共同研发新药。Cyclica 公司通过早期投资机构之一——中关村大河资本与 CCAA 的介绍，与中国医学科学院开展合作，基于 Cyclica 公司自主研发的蛋白质组筛选引擎 MatchMaker，从美国食品药品监督管理局（FDA）已批准的临床安全的药物中筛选多种治疗新冠病毒肺炎的潜在药物。Cyclica 公司已把相关成果共享给中国医学科学院药物研究所进行测试，双方将长期合作设计多靶点抗病毒化合物，降低耐药性等其他副作用。

人工智能在新冠疫情防控领域的作为也值得强调。2020 年初在我国发生的新冠疫情防控救治工作中，CT 影像作为诊断与评估的重要依据之一，被写入《新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案（试行版）》。然而，由于患者数量多、肺内病灶多、进展变化快、短时间内需要多次复查等原因，医学影像的精准诊断、量化分析面临巨大的挑战。以 CT 影像的量化评估为例，现在大多数医护人员采用的是手工勾画 ROI 的方法，类似于 Photoshop 中的手动描边和抠图，每个患者需要勾画三四百张 CT 影像，往往需要五六个小时才能完成。而一位患者从入院观察到治愈出院，一般需要拍摄 4 次 CT 影像，使得放射科医生的工作量巨大。疫区



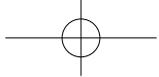
的医生或许可以凭借大量的病例“熟能生巧”，只需 5 ~ 10min 的时间就能根据 CT 影像确定患者的病情；可是对于非疫区的医生而言，由于接诊相关病例的经验少，在确诊过程中经常会举棋不定，直到核酸检测显示阳性后才敢确诊，这种延误可能造成交叉感染甚至是家庭聚集性传播。利用人工智能技术评估 CT 影像，可以保证检测出所有肺部结节，在避免遗漏的同时，可将从影像中获取结果的整个检验过程缩短至秒级。

事实上，人工智能对于医疗的影响并不限于智能诊断、智能治疗、健康管理和医疗管理等方面，药物挖掘、生物科技和精准医疗等也是人工智能可以发挥巨大作用的领域。从上面的分析来看，人工智能可以高效地推动医疗领域向智能化、日常化和人性化的方向发展，尤为重要的是可以促进精准医疗的发展。同时，这些变化也会对于医疗行业人员就业和人类对自身的认识产生重要影响。

从目前来看，人工智能在未来的医疗领域的发展主要有如下三个值得关注的积极作用。

第一，用人工智能的“医生”作为医护人员的补充，以解决医护人员短缺的问题。医护人员的培养过程非常复杂，成本较高，并且培养时间较长。即便在发达国家，缺乏有经验的医护人员也是一种常态。而一旦人工智能的技术应用取得突破，就可以在相对较短的时间内训练出无数具备相关技能的人工智能“医生”，由此就可以有效地解决医护人员短缺的问题。当然，这并不意味着在未来所有的医护人员都会消失，医护人员的作用仍然是不可替代的。除此之外，把日常诊断或者程序化的工作交给人工智能“医生”完成，可以节省医疗成本。

第二，人工智能可以提高药物挖掘的效率，加速药物研发的过程。药物的挖掘和筛选一直是医疗业的重要领域，药物研发的水平 and 规模在某种程度上决定了医疗业的发展形态。到目前为止，新药的研发仍然需



要极高的成本，既需要长期的试验和大量资金的投入，还需要反复进行安全性测试。即便如此，也无法保证最后能够研发成功。而人工智能的应用可以在很大程度上缓解相应的问题。例如，在新药筛选时，可以利用人工智能具有的策略网络和评价网络以及蒙特卡洛树搜索算法，从成千上万种备选化合物中筛选安全性最高的化合物，作为新药的最佳备选。

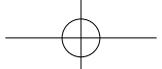
第三，在人工智能的基础上，提高个性化用药的水平，并通过精准医疗最终解决癌症这一难题。通过大数据和人工智能，可以检测出不同癌症患者的不同病变，确定个性化的用药方案，并完成换药和配药工作，这样就大大降低了药品的使用成本。同时，也可以检测患者的新病变，从而可以帮助患者及时更换新的药物。

简言之，人工智能在医学领域得到深入应用的整体发展趋势已经势不可挡。在这个过程中，人工智能一方面能够有效提高整体医疗水平和人类的健康状况，另一方面也会带来一定的社会挑战和冲击。这也印证了“科技是一把双刃剑”这一论断。然而，人们可以通过合理的谋划与协调，在积极享受人工智能带来的进步的同时，正确应对智能医疗给人类社会带来的冲击。

医疗人工智能的突破与伦理原则

在基本了解人工智能在医疗领域的应用后，我们来看医疗人工智能的伦理问题。相比人工智能在医疗领域的技术性乐观，大多数人更加担心的是医疗人工智能中的伦理问题。

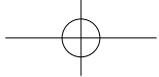
首先，病人的隐私问题需要妥善解决。大数据的收集必然会涉及广大病人的隐私，而如何协调隐私保护和数据获得之间的张力，则是智能医疗面临的重要问题。其次，社会观念与监管问题也需要正视。要获得



人们的信任，同样需要对人工智能健康医疗大数据和算法的使用进行有效监管，并制定相应的法律法规，在这方面，中国已经落后于西方的一些国家了。再次，人类的生命伦理也会面临挑战。如前所述，人类有望利用人工智能攻克癌症难题，但更为重要的领域在于基因编辑，一些科技巨头希望通过这一技术减缓或者终止人类衰老的进程。这一目标的实现不仅要面对许多技术难题，同样要面对难以克服的人类伦理问题。如果人类获得了某种程度上的“永生”，那么人类社会的伦理规则就会出现颠覆性变化。

近代以来，以希波克拉底医德思想为核心的传统西方医学人本思想逐步形成了系统的医学人道主义，其典型标志是《日内瓦宣言》等一系列国际医学人道主义文献的问世和以人道主义为灵魂的医学（生命）伦理学的诞生与完善。近40年来我国医学伦理学学科的发展成就可以从不同的视角、不同的方面予以总结和概括。例如，从学科概念的提出到学科理论体系的初步建立，从对历史上优良医学道德传统的挖掘以及对有关国家和国际组织医学伦理文献的批判吸收到我国医学伦理（道德）规范体系的确立，从对医学发展、临床实践和卫生事业发展的有关伦理问题（包括难题）的理论阐释到伦理决策与辩护、评价与审查、教育与修养的实践干预，等等。改革开放后，教科文卫事业的发展重归正常，为医学伦理学学科的确立和发展奠定了良好的基础。

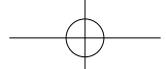
随着《医学与哲学》等学术期刊的创刊，早期也有诸如《医学伦理问题初探》《想起了希波克拉底誓词》等关于医学伦理和医学道德的零星论文发表。但要说我国医学伦理学研究的开端，当属1981年6月25—29日举办的我国第一次医学伦理道德学术讨论会。此次会议探讨了医学伦理学学科的一些基本问题，诸如：医学伦理学的意义，医学伦理学的研究对象、任务与范畴，医生道德规范，医德的评价，以及关于



医德传统的继承，等等。非常难得的是，此次会议就已经对安乐死和器官移植这些在当时比较前沿的伦理道德问题进行了初步探讨。此次会议还有一个非常重要的成果，也就是提出“全心全意为人民服务，救死扶伤，防病治病，实行革命的人道主义，应该是医务人员道德规范的核心和实质”。这一提法在此后逐渐为学界同行接受，并产生了广泛的影响。该思想被吸收到有关的医学伦理学教科书中，但具体表述有所差异。

如今，医疗人工智能伦理涉及个人数据等方方面面，与每个人密切相关，因此需要重视医疗人工智能伦理问题。接下来笔者将对医疗人工智能产业的伦理问题做全面的解构与重构，主要从患者与公众、医务工作者、公共卫生机构、医疗人工智能商业组织、社会管理这5个角度出发，在不同视角下引导大家构建医疗人工智能伦理的系统性思考框架。

首先，对患者与公众而言，安全性、自主性与医疗负担是关键指标。数据隐私是首当其冲的问题。医疗人工智能技术与产业的发展离不开海量数据信息的支持，无论是最常见的人工智能运用于医学影像还是现在已经开始在各大医院推行的电子病历和数字化医院管理系统，都以大量患者的个人隐私数据作为模式识别的训练基础。一方面，人工智能的发展需要收集大量的带标签的样本数据，以形成高可靠的数据集用于算法训练，以使人工神经网络确定参数值并建立数据评价机制，通过客观标准对未来发展情况进行精准预测并向患者提供个性化精准医疗。而患者正在享受基于医疗大数据训练的人工智能所带来的医疗科技红利，似乎能够更加便捷、高效地使用医疗资源。另一方面，精准医疗需要针对患者个体差异制订不同诊疗方案，使患者失去了对自身隐私信息的支配，患者享受到的这种便捷、高效、精准是通过将包括个人信息、疾病状况、过往病史、家族病史、生存环境、生活方式、饮食起居、临床数据、医学影像数据甚至基因组数据等个人隐私数据向医生公开来实现的。



一旦采集患者个人健康信息的医疗机构没有做好数据安全工作，数据出现泄露或被不法分子利用，甚至个别医疗机构在利益的诱惑下将广大患者的个人信息当作商品出售给其他个人或组织，在这个通信技术高速发展、数据速度大大超出有认知的时代，无疑会对患者造成严重伤害。银行与保险机构可能在掌握个人病史的情况下擅自提高贷款门槛或保险费用；企业可能在掌握私人健康信息，得知求职者曾患某种慢性疾病的情况下歧视甚至拒绝雇用求职者，尽管该慢性疾病并不会对生活造成不良影响；正在就医的患者一旦其个人诊疗信息被泄露并被广告公司获取，那么广告公司就有可能根据患者的疾病类型或健康状况向其定向精准推送药品或医疗机构广告，很有可能误导该患者，导致其私自用药、前往非法医疗机构，而不听取正规医疗机构的对策，最终延误病情，造成不可逆的严重身心创伤。

安全漏洞是决定医疗人工智能产业生死存亡的关键。人工智能产业链错综复杂，可想而知，出现安全漏洞的可能性很高。医生的成长需要十几年的刻苦钻研与上千小时的临床经验，知识架构与经验体系紧密相扣，哪怕中间有一层出现缺失，都无法成就其白衣天使的角色。而纵观整个医疗人工智能产业链，从基础层的数据分析与算力架构，到技术层的算法和平台建设，再到应用层的场景开发，一项落地并商用的医疗人工智能产品可能基于千万量级数据和上百万行代码，几个零件来自十几家供应商的几十条生产线，背后牵连着太多不同领域、不同方向的企业，这些企业的行业背景、技术资源、产品检验标准等差异悬殊，对患者来说，这无疑为人工智能的安全性投上了焦虑的阴影。例如，人工手术需要对主刀医师和医疗器械进行消毒，而机器人参与的手术则需要对机器人整体不留死角地消毒，考虑到机器人的精密性与耐久性，无法保证对机器人施行无死角的消毒，也无法保证是否会有别的有害物质感染。