学习·发现·交流

美国国家健康与营养调查中的信息化系统应用及启示

涂吉 何慧婧 胡耀达 潘利 单广良
中国医学科学院基础医学研究所/北京协和医学院基础学院流行病与卫生统计学系，北京 100730
通信作者：单广良，Email：health@ibms.pumc.edu.cn

【摘要】 美国健康与营养调查项目（NHANES）已历时六十余年，取得了许多具有国际影响力的重要成果。现代信息技术在NHANES中的应用为项目的高质量精细化实施提供了补充工具。本文从项目管理、受试者调查、体格检查、实验室检查、现场随访、数据共享和社会服务7个维度介绍NHANES的信息化系统应用状况，并进一步探讨了适合我国国情的国民健康调查信息化系统的建设与应用前景。

【关键词】 健康与营养调查； 信息化系统； 体格检查； 现场调查； 数据可视化
基金项目：中国医学科学院医学与健康科技创新工程（2021-I2M-1-023）

Application and Inspiration of Information System used in National Health and Nutrition Examination Survey of America

Tu Ji, He Huijing, Hu Yaoda, Pan Li, Shan Guangliang
Department of Epidemiology and Statistics, Institute of Basic Medical Sciences, Chinese Academy of Medical Sciences, School of Basic Medicine, Peking Union Medical College, Beijing 100730, China
Corresponding author: Shan Guangliang, Email: health@ibms.pumc.edu.cn

【Abstract】 The National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) of America has been running for more than 60 years and has achieved many significant achievements with international influence. The application of modern information technologies in NHANES provides a supplementary tool for the project's high quality and refined implementation. This paper introduces the information system of NHANES from seven aspects: project management, survey participant interview, physical examination, laboratory examination, field follow-up, data sharing, and social services. The construction and application prospects of the China National Health Survey Information System, suitable for China's native conditions, are also discussed in this article.

【Key words】 Health and nutrition survey; Information system; Physical examination; Interview; Data visualization
Fund program: Chinese Academy of Medical Sciences Innovation Fund for Medical Sciences (2021-I2M-1-023)

美国国家健康与营养调查[1]（National Health And Nutrition Examination Survey，NHANES）重视运用信息化技术助力项目执行和数据共享，支撑了全球众多科研团队的研究。NHANES信息化系统的历年详细资料可通过互联网自由获取，而英国、加拿大、日本等其他国家的健康调查信息化系统[2-5]

DOI：10.3760/cma.j.cn112338-20211109-00871
收稿日期 2021-11-09 **本文编辑** 万玉立
引用格式：涂吉，何慧婧，胡耀达，等. 美国国家健康与营养调查中的信息化系统应用及启示[J]. 中华流行病学杂志，2022，43(7)：1127-1133. DOI：10.3760/cma.j.cn112338-20211109-00871.
Tu J, He HJ, Hu YD, et al. Application and Inspiration of Information System used in National Health and Nutrition Examination Survey of America[J]. Chin J Epidemiol, 2022, 43(7):1127-1133. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20211109-00871.

鲜有翔实的公开资料。计算机、数据库、万维网等信息化技术的核心要素都是在美国诞生[6-7]，美国的信息化技术发展引领全球。本研究着重分析NHANES中的信息化系统，为中国国民健康调查（China National Health Survey，CNHS）信息化系统的架构设计和完善提供论证依据，从而提升调查研究组织实施效果、便捷调查数据的采集、提高调查数据的质量、完善数据共享机制与渠道。通过不断完善CNHS的信息化系统建设，支撑远程健康调查研究、助力慢病风险预测模型设计、助力人群疾病防治的适宜技术研发、助力健康调查研究成果转化。

一、NHANES简介

1956年美国《全国健康调查法》授权开展全国健康调查，以获得关于美国人口健康状况的信息[8]。自1960年代初以来，隶属美国CDC的国家卫生统计中心健康与营养调查司进行了一系列健康和营养调查，从1971年到1994年，NHANES定期进行。1990年国会通过了《全国营养监测和相关调查法案》，并依据此法案，确定了国家营养监测实施项目，同时以项目投入方式对营养问题进行监测和调查，正式建立了全国性的营养监测体系[9]。1999年后，NHANES连续进行。每年大约有5 000名各年龄段人群在家中接受访谈调查，并在移动体检车中完成体格检查和生物样品采集[8]。NHANES的目标人群是来自全美固定的15个城市的常住人口，包括非裔、亚裔和西班牙裔美国人。NHANES的队列随访研究（NHEFS）仅在部分年份开展。

NHANES研究内容：身体成分和骨密度、营养、肥胖、身体活动和功能、健康相关环境因素、生殖史和性行为、口腔健康、贫血、心血管疾病、糖尿病、传染病、肾脏疾病、呼吸系统疾病（哮喘、慢性支气管炎、肺气肿）、性传播疾病等[8]。

NHANES的主要目标[10]：

•估计美国人口和少数族裔中存在特定危险因素和患有特定疾病的人数和比例；

•监测特定疾病的流行趋势和控制状况；

•监测健康风险行为和环境暴露的水平和趋势；

•研究饮食、营养和健康之间的关系；

•探索新出现的公共卫生问题和新技术的应用。

相关研究者通过对这些调查数据的流行病学研究和健康科学研究，帮助政府制定健全的公共卫生政策，指导卫生规划和服务，并提升国民的健康素养[11-12]。

二、NHANES的信息化应用介绍

1. 项目管理：NHANES采用综合调查信息系统进行健康与营养调查的全过程信息化管理，其总体构架见图1。综合调查信息系统的数据流贯穿预约、访谈调查、体格检查、实验室检查、随访调查、数据共享、社会服务的各个环节[10]。统计师确定好抽样人群后，负责访谈的调查员在卫生部门和社区负责人的配合下，将愿意参加本次调查的人员信息通过平板电脑录入到综合调查信息系统预约管理模块中。访谈调查员通过NHANES定制的项目专用电话（安装专用APP、监控操作记录、统计操作情况），或者通过平板电脑与受试者沟通参加项目情况，沟通信息记录在手机通话电子记录程序（EROC）或平板通话电子记录程序中。这些程序将通话电子记录数据汇聚到综合调查信息系统中[13]。质量控制的信息化模块集成在综合调查信息系统中，质量控制内容涉及体检设备、调查数据、数据采集的过程规范等。体检设备的每日检查和每周检修日志都记录在综合调查信息系统中[14]。调查数据的异常和缺失也由综合调查信息系统质控模块进行预警。



图1　美国国家健康与营养调查项目管理信息化的体系总体架构

2. 受试者访谈调查：受试者首先在家接受NHANES调查人员的远程访谈调查，并提交电子版受试者调查问卷、家庭调查问卷、知情同意书（也提供纸质版）[10]。

家庭访谈调查数据通过计算机辅助个人访谈调查系统（Computer Assisted Personal Interview，CAPI）逐个入户收集，访谈调查内容包括个人及家庭信息、人口统计学、社会经济学等相关问题。有的访谈调查员还负责对受试者进行筛选，这些筛选标准被编程集成在CAPI筛选模块中，该程序只有英语和西班牙语版本。遇到华裔、日裔、法裔等，调查员则拿出事先印好的多语种小册子，让受试者自己勾选相关信息[10]。

家庭访谈调查完成后，受试者可以使用综合调查信息系统客户端预约管理模块预约移动体检中心（Mobile Examination Center，MEC）的现场访谈调查和体格检查时间。访谈调查流程、标准规范、调查内容，被设计成软件，集成到了CAPI中，用以指导和帮助访谈调查员按要求完成任务[13]。

移动体检车的现场访谈调查采用CAPI电子调查问卷，或者音频计算机辅助自我调查电子问卷（Audio Computer Assisted Self-Interview，ACASI）[10]。在移动车内进行的访谈调查内容是饮食和健康相关的问题。对18~19岁的受试者访谈调查青春期问题时，采用ACASI系统[14]。

访谈调查员统一采用平板电脑进行访谈调查，调查过程必须全程进行电子记录。访谈调查数据，每天远程传输到综合调查信息系统的服务器端程序中。该程序运行在NHANES办公室的电脑中[10]。

3. 体格检查：所有受试者的体格检查在MEC中进行，所有检查数据都记录在综合调查信息系统中[14]。2019-2020年的MEC布局见图2，由4辆移动车拼接组成，跟车所有工作人员总共16名。总共2套车，跟车人员共32名。体格检查前，在MEC内的综合调查信息系统的e-consent模块中使用电子签名签署知情同意书。体检结束后，向受试者的银行账户汇入一定的金钱奖励（完成所有项目可获得125美元），并报销受试者的来回出租车费。在综合调查信息系统的访谈管理模块中，可以根据奖励规则自动计算出每个受试者应得的报酬金额[10]。

受试者静坐至少3 min后，对≤4岁儿童采用利特曼儿科听诊器测心率、≥5岁受试者采用秒表记录1 min的右手脉搏数。检查数据记录在综合调查

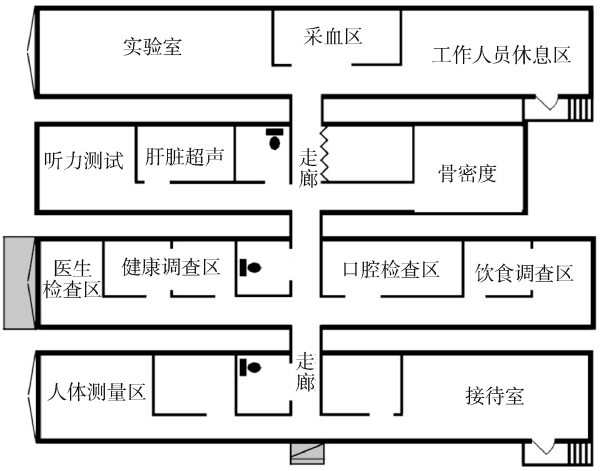


图2 移动体检中心的物理布局（2019-2020年）

信息系统的心率/脉搏模块中[14]。血压计采用欧姆龙HEM-907XL。肺活量采用OHIO-822肺活量计。骨密度和身体成分采用双能X射线DXA设备。所有体检项目的检查结果数据录入或导入到综合调查信息系统的相应模块中。

体格检查项目每年会有变化，1999-2020年的体格检查项目情况见图3[15]。老年调查对象所需检测的项目比年轻人多。

医生通过综合调查信息系统给MEC现场协调者发消息，安排每位受试者到医生检查区进行检查的时间。对于体检结果异常的受试者，综合调查信息系统生成一个体检结果说明及介绍信，以便于受试者自行联系当地的诊疗机构做核查[14]。

4. 实验室检查：全部内容为：血、尿、阴茎/阴道拭子、口腔灌洗剂、家庭食用盐样品、家庭水样品、孕检。除了婴幼儿，其他受试者都需要采血。其中，采集家庭里的盐和水时，扫描样品容器的二维码，标签信息自动存入CAPI的样品采集程序模块中。移动体检车中的血液分析仪采用Coulter® DxH 800，化验结果输入到综合调查信息系统中。实验室检查区域在MEC的第4辆车中，具体内部布局见图4[13]。

静脉穿刺采血前，调查者在综合调查信息系统的采血模块（phlebotomy）中录入受试者ID号，并完成采血电子调查问卷，以记录受试者当前影响血液化验结果的生理和行为信息以及判断是否纳入样本库[13]。当实验室的温度非17~25 ℃时，在采血模块的质量控制部分输入环境温度数据。综合调查信息系统的留尿程序模块以及其他检查内容程序模块的界面和功能，与采血程序模块设计理念一致。

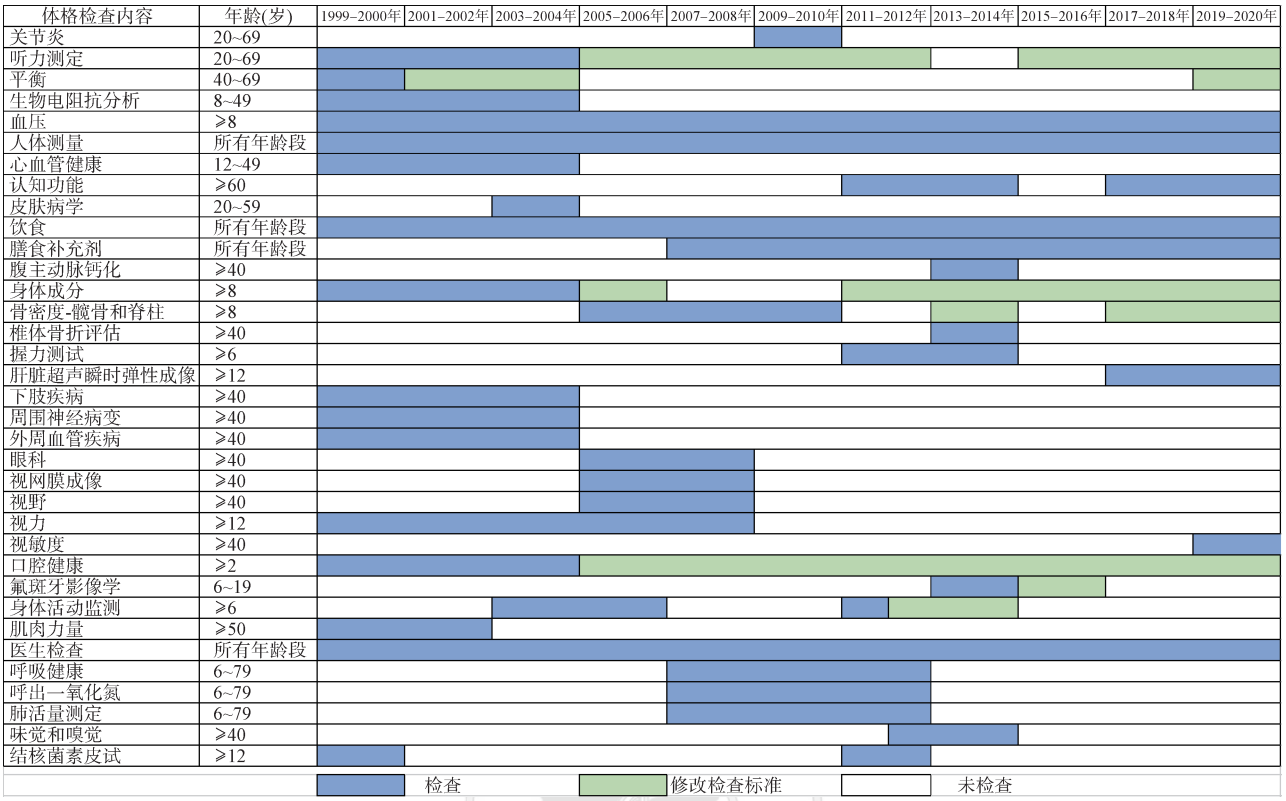


图 3　1999–2020 年美国国家健康与营养调查体格检查项目

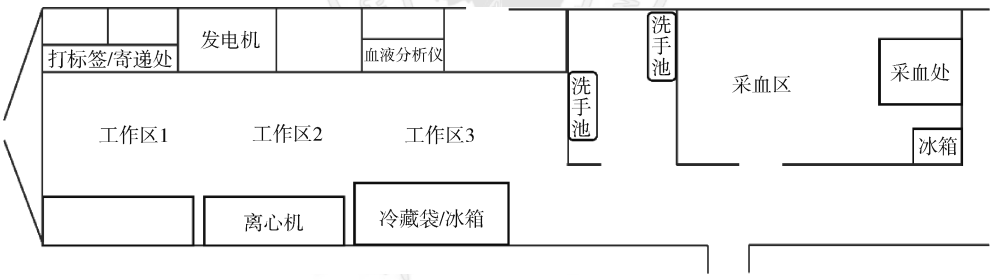


图 4　第 4 辆车的实验室内部布局

综合调查信息系统的实验室检查程序模块(Lab Sink)可实时追踪待做实验室检查的受试者信息,并展示当前进度。Lab Sink 的功能:向移动车中的医生端综合调查信息系统提交化验信息以备紧急转诊、在现场协调员的综合调查信息系统客户端弹出消息框、记录异常情况到综合调查信息系统的 UFO 程序模块中、在综合调查信息系统中调整化验流程、控制化验质量、管理知情同意书;管理血液、尿、盐、水、结核化验等的流程和数据、打印和管理标签信息、管理样本存储并采用表格可视化形式查看样本容器的使用状态、管理追踪在第三方实验室化验的样本。

受试者的体格检查和实验室检查报告,由综合调查信息系统导出打印,在 MEC 现场体检结束的 3~4 个月后,纸质邮件寄送到用户的家庭报箱里。不提供检查报告的网络查询和下载服务。

5. 现场随访:现场随访管理系统(Field Follow-Up Management System, FFMS)的功能包括随访预约安排和监控电话访谈调查过程[16]。

访谈调查员首先登录到 Westat 公司设计的 FFMS(软件版本持续升级更新,最新的是 10.3.0 版),输入用户 ID 和密码,自动远程连接后台数据库,在前端网页查看已预约的受试者信息和预约的时间。为了满足并发访问的要求,节省 Westat 公司使用的服务器的计算和带宽资源,FFMS 设计成一个小时销毁一次用户会话数据(session)。也即访谈调查员必须每小时重新登录一次 FFMS,以激活服务器进行交互。

电话访谈调查是通过网络电话进行的,使用计算机网络进行语音通话而不需要独立的电话线。

电话随访的网络通讯信息化架构见图5。访谈调查员戴上耳机，登录电话随访通话程序模块，受试者接通网络电话并愿意接受随访后，调查员点击FFMS的随访页面。在FFMS上的所有操作和访谈调查语音，都保存在Westat公司的数据库中。常规随访结束后，如果受试者愿意回答附加的15 min饮食和购物习惯调查问卷，将向其银行账户多汇15美元。FFMS的质量控制模块中的质控规范，一部分由访谈者实施完成，一部分由Westat公司的员工进行核查。NHANES办公室工作人员也会对访谈员的调查进行审查，并在FFMS中填写反馈意见[16]。



图5 3CX phone网络通讯信息化架构

6. 数据共享：NHANES的数据汇交给美国CDC。通过CDC网站的在线交互式查询工具和CDC的FTP文件服务器可直接浏览或下载NHANES的公开数据。公开的数据中已经去掉了能追溯到个人的数据项。不公开的数据包括社会安全号码（SSN，类似中国身份证号）、姓名、住址、电话号码、工作地点。

NHANES数据以SAS传输格式XPT文件进行共享，通过SAS viewer可以查看数据并另存为XML或CSV文件。公开数据无需申请、无需伦理文件，官方网站提供下载链接免费下载。在互联网、办公软件、电脑普及之前的年代采集的纸质数据，也被录入到数据库，并提供下载。NHANES的基因数据只有1991-1994、1999-2002、2007-2008、2009-2012年这些年份的，并且访问受限。如果需要下载基因数据等生物样本受限数据或申请生物样本，可以在官方网站的CDC研究数据中心栏目查看申请条件及费用。

除了数据共享，CDC还提供了NHANES的数据分析示例及SAS、SUDAAN、Stata、R编程语言的统计分析程序代码下载。

7. 社会服务：NHANES发布研究成果信息在CDC网站、博客、公共健康数字图书馆、Facebook（Meta）、Twitter、Instagram、YouTube、LinkedIn等社交媒体上。在官方网站中提供了交互式数据可视化查询功能，并集成了第三方Tableau系统进行数据可视化展示。Tableau平台也汇聚了公众对NHANES数据分析结果的可视化展示。NHANES数据简报网页可以下载健康与营养公共卫生主题的文章。NHANES电子健康统计网页可浏览和下载诸如肥胖、骨质疏松等数据统计表格。NHANES还单独设计了一个变量查询页面，公众可查询1999年以后的健康与营养调查数据库拥有的字段。公众可以订阅NHANES的免费电子邮件，从而获得最新的数据分析报告。

三、NHANES信息化系统的应用

NHANES的信息化系统应用随着信息基础设施和信息化技术的发展而发展。由于系统开发相对于新技术的迟滞性，以及考虑到工作人员和随访受试者的使用习惯，还有替换旧系统的成本和额外工作量等，NHANES的信息化水平与我国相关团队相比，没有技术代际优势，但有持续的巨额经费投入优势和细节迭代优化的优势。

NHANES的信息化工作比较细致，细致到调查问卷的每个问题都有固定的问答文本，并被集成在信息系统中。这类信息化架构设计，并不是单纯技术因素决定的，而是涉及到NHANES的业务具体实施的流程。因为NHANES的电话问卷调查是由Westat公司的没有受过医学专门训练的接线员来实施的，所以接线员只能按照信息系统中的内容来逐字逐句地念给受试者听，然后将受试者个性化的回答按照问卷手册中的固定字典匹配成标准数据集。

作者认为，NHANES信息化系统的优点是形成了健康与营养调查的标准体系和规范，经过几十年的发展和打磨，信息化系统的内容、细节极其完善，信息化辅助人工操作，节省了工作人员的数据录入人力和时间，加强了数据质量管理过程。缺点是，调查问卷沟通效率低、耗时长、受试者接受的商业公司的问卷调查中缺少医学人文的关怀。涉及到

用户主观性的问卷调查数据，由第三方公司Westat进行数据收集和质量控制，用户隐私、数据安全、数据质量都存在机制上的漏洞。NHANES只是Westat公司众多业务中的一项，该公司有能力将NHANES数据与其他业务数据进行后台关联分析。

美国的信息技术引领全球，但在使用这些信息化技术成果时，美国之外的用户享受到的服务与NHANES几乎一致。美国的医疗器械厂商与中国一样，各自独立，信息系统集成商难以贯通与各医疗仪器设备的数据接口，NHANES的MEC体格检查设备的数据目前没有实现自动汇聚到综合调查信息系统中。

NHANES的体检报告，采用纸质邮件寄递的做法，自20世纪60年代直到现在，一直没有更改。这种无提醒无应答的寄递方式，不适应我国居民的现有信息社会习惯。信息技术的应用，除了技术上的因地制宜，还需要培育社会大众的信息生活方面的文化习惯。

四、CNHS信息化系统建设及应用前景

我国健康调查相关信息化系统的建设正在向以大数据、云计算、移动互联网、物联网、人工智能为基础的智能化时代迈进。然而，技术的先进、概念的时代感，并不必然带来信息系统的实用和高效。各个健康调查相关信息化系统，由于与各自业务紧密联系，且与各自数据库相连，因此不能供其他团队直接使用。各信息化系统的建设都是一个长期维护和迭代升级的过程，因此，各团队的健康调查相关信息化系统的建设成效，主要取决于项目的信息化建设经费、项目管理人员的架构设计、质量控制人员的审核检验、开发人员的技术水平。

CNHS是一项科技部资助的健康调查项目[17-18]，始于2012年，目前已完成11个省份10个民族超过5万人的调查。项目采用多阶段分层整群抽样方法，收集了人口学、社会经济学和生活方式等信息，同时采集了体格检查和实验室检测等多样化数据。CNHS信息化系统的应用，不仅明显提高了人群健康调查的质量，而且也优化了现场调查的流程，提高了工作效率。但是尚未完全实现全程信息化，缺乏远程数据实时传输和质量控制手段。为了提高国内人群健康调查和专病调查的信息化和自动化管理水平，全面提高现场研究质量，提出3个方面的建议。

1. 数据采集：CNHS的数据采集涉及到受试者预约登记、现场调查、体格检查数据汇聚、实验室检查数据汇聚、物品耗材出入库数据登记、生物样本库数据采集等。实现CNHS信息化系统的核心是数据在系统软硬件各环节中的互联互通。体检仪器设备所采集的数据若自动汇聚到统一的综合管理信息化系统中，则数据质量可追溯，且能实现多方联动和快速反应，能减少后期数据录入和校验的工作量和时间，以及减少各环节出现的人为误差。数据自动汇聚的关键是统一数据接口标准。这需要仪器设备厂商开放数据链路层数据接口协议，以便实现各体检仪器设备的数据实时与CNHS信息化系统进行交互。

2. 数据传输：建议CNHS信息化系统建设私有信息传输通道，采用安全传输协议进行数据加密传输，同时规范数据申请与传输流程，方便数据在线申请与审批，确保数据流向有日志可追溯管理。网络传输时，确保数据内容加密、使用数字签名等技术对数据完整性加以保护、进行身份认证确认正确的接收者。高效安全可靠的数据传输，满足医学伦理的要求，能更好地保护受试者的个人信息。

3. 数据共享：建立CNHS信息化系统专用数据交换共享子系统，连通现场调查多个环节和多个团队构建或使用的数据库，使得存在于多个业务系统内的同一份数据内容一致。统一数据标准、数据管理流程及数据管理工具，出现质量问题时可快速有效追溯并修正。统一元数据管理，提供知识库管理和查询。支持以数据服务的形式封装数据，提供统一的数据开发共享能力，使得数据服务更便捷。

多种因素制约我国健康调查相关信息化系统建设。精通信息系统架构设计的技术人员对健康调查研究的业务需求深耕不够。精通业务需求的卫生工作者通常不熟悉信息系统设计的关注之处。信息化系统日常使用人员在信息化系统开发和验收过程中的参与度低。项目经费的投入额度和科研经费支出限制，没有充分激活信息化开发公司的人员精力时间付出。部分信息技术公司的团队骨干变动频繁，给信息系统的长期持续优化带来了额外的研发和维护重复投入。不同技术团队开发的信息化系统互联互通困难，难以实现模块化和平台化。

针对我国信息化系统发展过程中面临的以上共同挑战，团队负责人需要遴选适合的信息化公司，并在本团队中培养既精通业务又熟悉信息技术开发人员思维方式的信息系统需求交互对接人员。广泛征求信息化系统日常使用人员的意见建议，建

立常态化信息反馈通道。充分调研业务需求，并预先梳理出详细可行的信息化系统软件需求设计说明书，提高与信息化公司的沟通效率，减少信息技术开发人员的时间消耗和重复运维投入，从而一定程度上降低系统开发成本。重视信息安全和用户隐私的管理保护，在信息系统数据流中的各个环节都采用相应的安全保护机制和技术。

五、结语

NHANES中信息化系统的设计与实施，为我国健康调查相关信息化系统的建设和应用提供了参考案例。我国信息化技术蓬勃发展，信息基础设施建设具有后发优势。我国大众广泛享受各种数字化服务，为信息化系统的建设提供了良好的社会文化支撑。CNHS信息化系统的建设，既是健康调查技术发展的需求，又是社会人文环境形成的需求。CNHS信息化系统的应用，能提高数据质量和调查效率，可加快信息技术与公共卫生的融合发展。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　涂吉：论文撰写、资料收集；何慧婧：论文修改；胡耀达：讨论交流；潘利：信息协助；单广良：选题指导、论文修改

参 考 文 献

[1] Ma M, Feng ZW, Liu XL, et al. The saturation effect of body mass index on bone mineral density for people over 50 years old: a cross-sectional study of the US population[J]. Front Nutr, 2021, 8: 763677. DOI: 10.3389/fnut. 2021. 763677.

[2] 赵丽云, 马乐欣. 国外营养监测与营养调查的现况[J]. 国外医学:卫生学分册, 2009, 36(5):281-285.
Zhao LY, Ma LX. Current status of nutrition surveillance and nutrition investigation in foreign countries[J]. For Med Sci:Sect Hyg, 2009, 36(5):281-285.

[3] Dikariyanto V, Berry SE, Pot GK, et al. Tree nut snack consumption is associated with better diet quality and CVD risk in the UK adult population: National Diet and Nutrition Survey (NDNS) 2008-2014[J]. Public Health Nutr, 2020, 23(17): 3160-3169. DOI: 10.1017/S136898 0019003914.

[4] Varin M, Palladino E, Lary T, et al. An update on positive mental health among adults in Canada[J]. Health Promot Chronic Dis Prev Can, 2020, 40(3):86-91. DOI:10.24095/ hpcdp.40.3.04.

[5] Okui T. Age-period-cohort analysis of healthy lifestyle behaviors using the national health and nutrition Survey in Japan[J]. J Prev Med Public Health, 2020, 53(6): 409-418. DOI:10.3961/jpmph.20.159.

[6] Codd EF. A relational model of data for large shared data banks[J]. Commun ACM, 1970, 13(6): 377-387. DOI: 10.1145/362384.362685.

[7] Shao LD, Chu Z, Chen X, et al. Modeling layout design for multiple-view visualization via Bayesian inference[J]. Vis Soc Jpn, 2021, 24(6): 1237-1252. DOI: 10.1007/s12650-021-00781-z.

[8] NHANES. 2017 interviewer procedures manual[EB/OL]. (2017-03-01)[2021-11-02]. https://wwwn.cdc.gov/nchs/ nhanes/continuousnhanes/manuals. aspx? BeginYear= 2017. https://wwwn. cdc. gov/nchs/data/nhanes/2017-2018/manuals/2017_Interviewer_Procedures_Manual.pdf.

[9] 夏慧, 王宁, 彭亚拉. 美国国家营养监测计划及对我国的启示[J]. 中国食物与营养, 2013, 19(2):5-9.
Xia H, Wang N, Peng YL. Enlightenment of national nutrition monitoring program in the United States on China[J]. Food Nutr China, 2013, 19(2):5-9.

[10] NHANES. 2020 interviewer procedures manual[EB/OL]. (2020-03-01)[2021-11-02]. https://wwwn.cdc.gov/nchs/ nhanes/continuousnhanes/manuals. aspx? BeginYear= 2020. https://wwwn. cdc. gov/nchs/data/nhanes/2019-2020/manuals/2020-Interviewer-Procedures-Manual-508.pdf.

[11] 陈海峰, 王玉英. 美国国家公共营养监测状况[J]. 国外医学:卫生学分册, 2004, 31(5):314-317.
Chen HF, Wang YY. National public nutrition surveillance in the United States[J]. For Med Sci :Sect Hyg, 2004, 31(5): 314-317.

[12] Afarideh M, Sartori-Valinotti JC, Tollefson MM. Association of sun-protective behaviors with bone mineral density and osteoporotic bone fractures in US adults[J]. JAMA Dermatol, 2021, 157(12):1437-1446. DOI: 10.1001/jamadermatol.2021.4143.

[13] NHANES. 2020 MEC laboratory procedures manual[EB/OL]. (2020-03-01)[2021-11-02]. https://wwwn.cdc.gov/nchs/ nhanes/continuousnhanes/manuals. aspx? BeginYear= 2020. https://wwwn. cdc. gov/nchs/data/nhanes/2019-2020/manuals/2020-MEC-Laboratory-Procedures-Manual-508.pdf.

[14] NHANES. 2020 physician examination manual[EB/OL]. (2020-03-01)[2021-11-02]. https://wwwn.cdc.gov/nchs/ nhanes/continuousnhanes/manuals. aspx? BeginYear= 2020. https://wwwn. cdc. gov/nchs/data/nhanes/2019-2020/manuals/2020-Physician-Examination-Manual-508. pdf.

[15] NHANES. National health and nutrition examination survey: 1999-2020 survey content brochure[EB/OL]. (2020-10-01)[2021-11-02]. https://wwwn.cdc.gov/nchs/ nhanes/continuousnhanes/default. aspx. https://wwwn. cdc.gov/nchs/data/nhanes/survey-contents-508.pdf.

[16] NHANES. Phone follow-up dietary interviewer procedures manual[EB/OL]. (2008-01-01) [2021-11-02]. https://wwwn. cdc. gov/nchs/nhanes/continuousnhanes/ default. aspx. https://wwwn. cdc. gov/nchs/data/nhanes/ 2007-2008/manuals/manual_dietarypfu.pdf.

[17] He HJ, Pan L, Pa L, et al. Data resource profile: the China national health survey (CNHS) [J]. Int J Epidemiol, 2018, 47(6):1734-1735f. DOI:10.1093/ije/dyy151.

[18] 单广良. 京津冀自然人群队列研究的理念与实践[J]. 中华流行病学杂志, 2021, 42(8): 1493-1497. DOI: 10.3760/ cma.j.cn112338-20200615-00843.
Shan GL. Principles and practice on cohort study of general population in Beijing, Tianjin and Hebei province [J]. Chin J Epidemiol, 2021, 42(8): 1493-1497. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20200615-00843.