

老龄社会治理专栏

人口学视野下 APC 方法的困境及解决策略

——以中国老年人口健康研究为例

秋丽雅¹, 李建新²

(1. 内蒙古大学民族学与社会学学院, 内蒙古呼和浩特 010021;

2. 北京大学社会学系, 北京 100871)

摘要: 老年健康研究与年龄、时期、队列等时间因素息息相关, 这三个时间因素共同构成了社会科学研究的基本理论模型。人口学的列克西斯图为实现该理论模型提供了基本解析思路, 而后来发展出来的 APC 三维分析模型实现了该理论模型的统计方法尝试, 虽然具体模型存在“天然缺陷”, 但其试图从统计技术和概念上解决“识别问题”。以 HAPC 模型为例, 提出合理应用 APC 三维分析模型应该重视队列分组依据, 以理论驱动分组, 明确结论适用范围。遵循上述步骤, 分析中国老年人口健康的社会分化与演变, 通过 HAPC 模型描绘不同出生队列的真实年龄效应。研究发现: 教育和经济带来的中国老年人健康的社会分化稳健且持久, 贯穿了不同年龄和出生队列; 中国老年人健康的社会分层演变存在年龄效应和出生队列效应, 累计优势/劣势理论、死亡选择性和病态状态扩展假设都无法单独解释老年人健康社会分化的演变。未来 APC 三维分析模型研究可能在范式转变、队列内轨迹细化、数据使用等方面获得突破。

关键词: APC 模型; 出生队列分组; 老年健康; 生长曲线模型; 列克西斯图

中图分类号: C92-05 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4149 (2026) 01-0091-15

DOI: 10.3969/j.issn.1000-4149.2026.00.007

一、引言

近十年间, 我国 65 岁及以上人口年均增长率均超过 4%, 为 1949 年以来最高值, 到 2024 年, 我国 60 岁和 65 岁及以上老年人口分别为 3.10 亿和 2.20 亿, 占比分别达到 22.0% 和 15.6%。伴随着我国人口急速的老龄化, 老龄高龄健康问题日趋严峻且紧迫。党的十九届五

收稿日期: 2025-06-27; 修订日期: 2025-11-19

基金项目: 教育部人文社会科学重点研究基地重大项目“中国人口长期均衡发展关键问题研究”(22JJD840001)。

作者简介: 秋丽雅, 内蒙古大学“骏马计划”特聘研究员; 李建新, 北京大学中国社会与发展研究中心研究员, 北京大学社会学系教授, 博士生导师。

中全会第一次提出了“实施积极应对人口老龄化国家战略”，党的二十届四中全会通过了《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》，就加快建设健康中国、促进人口高质量发展作出部署，可见老年健康是老龄化问题中的重要议题，对其准确、深入地研究不仅有助于提高老年人生活质量，减少老龄高龄人口因疾病或失能造成的个人、家庭和社会负担，也是更好地促进人口高质量发展、实现国家发展战略的重要内容。

老龄健康的相关研究可分为描述健康趋势、探索健康的社会分层、研究健康的决定因素、预测健康水平的发展等方面^[1]。目前我国的老年健康研究基本围绕这些主题展开，内容较丰富，但是常常存在着研究结论不一致甚至相互矛盾的情况。这与人口健康相关指标常常受到时间因素影响有关。人口学中最重要时间因素是年龄（Age）、时期（Period）、出生队列（Cohort），如何分解这些时间因素，获得净效应，一直是老年健康研究关注的重要内容，而相关研究方法被称为年龄—时期—队列分析，本文称之为APC三维分析。

人口学历来关注时间因素，本文从人口学的经典图示列克西斯图出发，落脚在APC三维分析模型上，梳理相关模型的起源、发展以及问题和争议，并以中国老年健康的社会分化与演变为例，示范如何合理使用该统计模型。本文主要有以下两个目标：一是以人口学知识体系与方法论的视角对APC三维分析模型的演变进行再梳理和概括，以深化对该模型的全面认识，并示范如何合理使用有“天然缺陷”的具体统计模型。二是模型的本土化的实际应用。这一模型对分析中国老年健康具有很强的现实意义，因为厘清相关研究不一致的结论能更加准确认识老年人口健康的社会分化和演变过程，为我国老龄健康政策的制定提供依据。

二、方法的缘起：列克西斯图及其意义

19世纪德国人口学家列克西斯（Lexis）创建了后来以其命名的列克西斯图（Lexis diagram）（见图1），该分析结构图为后来实现APC三维分析模型提供了基本思路和原理。根据列克西斯图，人口的出生日期、观察日期和年龄有着线性关系，并且可以相互推算，比如只要知道某个人口事件发生时间（出生日期）和事件离起始时间的长度（年龄），就容易推算出该事件发生的日历年份（观察日期），这就为确定统计模型中三个时间变量的关系提供了依据^[2-3]。列克西斯图还

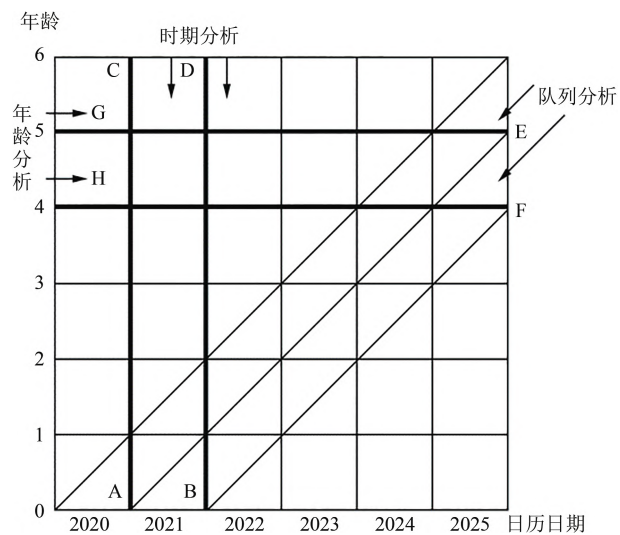


图1 列克西斯图示例

反映了时间效应分析的复杂性。图中既包含队列分析，如沿斜线划定的ABEF；又包含时期分析，它是对处在生命历程不同阶段（如年龄）的多个队列在同一时期（一年或数年）人口现象的分析，如沿垂线划定的ABCD；还包含横线的年龄分析EFGH。当一份数据涉及多

时点多队列时, 队列间 (多个对角线间)、时点间 (多个垂线间)、年龄间 (多个横线间) 的差异将混杂在一起, 需要加以区分; 即使是仅对一个队列所做的追踪调查, 依然存在时期效应和年龄效应的混淆。列克西斯图对于个体或人群的时空测量也极大地启发了后来社会学家对生命历程以及个人与社会结构之间关系的研究, 进而为后来构建可操作化的 APC 三维分析模型打下了坚实的人口学基础。

事实上, 从社会学视角来看, 年龄 (A)、时期 (P) 和队列 (C) 共同构成了社会科学研究的基本理论框架。当我们将个体看作韦伯意义上的行动者时, 他们必然身处某个时空, 对其理解应结合其与更广阔的社会结构和历史变迁的关系来达成, 因此正如米尔斯 (Mills) 所言, 社会科学探讨的是个人生活历程、历史和他们在社会结构中交织的问题, 也是在这个意义上, “人生、历史与社会这三者就是有关人的恰当研究的坐标点”^[3]。

生命历程视角和理论为上述原则提供了操作化的注脚, 为具体研究如何挖掘个体生命历程中的社会力量和历史力量提供了典范。年龄与时间的联系是理解这一视角的核心^[4]。首先, 历史力量表现为队列效应。出生年份为出生队列提供了精准的历史位置, 不同人生阶段的人拥有不同的经验和资源, 所以同样的历史变化对当时不同年龄的人有不同的含义和影响, 表现出一种队列效应, 比如 20 世纪 30 年代美国大萧条对当时“奥克兰”儿童的经济影响更小, 但对比他们年幼 7—8 岁的“伯克利”儿童来说则更大。其次, 历史力量还表现为一种时期效应, 即社会变化的影响对不同队列来说相对统一。另外, 队列内的变化也非常重要, 可以用来说明社会变化, 比如对经历了“上山下乡”的城市青年来说, “文化大革命”对他们家庭的组建、受教育的机会和职业发展的影响反映了社会变化与个人生命历程的交叉。所以, 正如埃尔德 (Elder) 所说, 如果队列效应让我们看到了“生命历程模式”这个“森林”, 那么队列内的变化则让我们看到了“树木”^[4]。最后, 在年龄和历史时期的关系能表现为上述队列效应、时期效应和队列内变化之外, 它本身也是一种社会结构, 其区分了生命历程, 具有社会意义。通过年龄期望 (age expectations)、非正式批判 (informal sanctions)、社会时间表 (social timetables)、普遍性的年龄等级 (generalized age grades) (如儿童期、青少年期) 等, 年龄不仅反映了生物/心理学变化, 还代表了一种社会学时间, 反映了社会文化对社会角色、期望、等级的年龄规范。所以, 我们可以通过对年龄效应、队列效应、时期效应以及队列内变化的分析将看似宏大的社会结构力量与历史力量揉入具体研究中, 实现用人生、历史与社会三个坐标点共同研究人的目的。

列克西斯图虽然为实现上述社会学理论模型提供了基本解析思路, 但它并不能解决自身反映的时间变量效应间的混杂问题, 也不能计算出效应系数, 实现这一目标需要更加复杂的统计模型来实现。

三、APC 三维分析模型及其困境和解决路径

20 世纪 70 年代, 美国统计学家梅森 (Mason) 及其合作者将年龄、时期与队列纳入同一个分析框架来思考, 创建年龄—时期—队列多类别模型 (Age-Period-Cohort Accounting/Multiple Classification Model), 尝试解决同一模型中具有线性叠加关系的三种时间变量 (即时期=年龄+出生队列) 造成的识别问题^[5-6]。这一模型的创建不仅是将人口学上的列克西斯

几何图数理模型化,将“形”与“数”结合起来,而且也是历史社会结构理论模型朝可操作可计算的统计模型迈出的一大步,后续的相关学术探索与争鸣在社会科学领域催生了大量APC方法论的研究。

APC三维分析模型的实现,要求在统计模型中同时计算出三种时间变量的净效应,其实现的难度较大。一方面,虽然普通的回归模型能实现单时间或双时间变量模型,但建立多个单时间或双时间变量模型并依次计算年龄、时期和队列效应的做法不能获得时间变量的净效应。以社会经济地位与健康的关系为例,常见策略是用横截面数据观察不同年龄段人群的健康差异,分析这些差异的年龄趋势,这暗含着一种假设:健康的社会经济地位差异及其变化在所有出生队列中都相同,但在经济、制度、文化、技术发生了巨大发展的今天,尤其在经历了社会革命和变革的中国,此假设不能成立。利用长时期数据的研究也有类似的问题,比如有研究者使用多期横截面数据分析健康的社会经济地位差异的时期效应,样本由不同的出生队列构成,不同出生队列可能具有不同年龄和时期效应,因此观察到的趋势是不同出生队列的趋势叠加的结果,这意味着模型估计的时期效应会受年龄结构影响而产生较大波动。同样的,即使发现了某个出生队列的人群在不同年龄的健康差异,此差异不一定由年龄因素决定,还可能和时期因素有关,如不同时期的公共卫生和医疗技术状况的影响等。所以,只要未控制剩余的时间变量,单时间或双时间变量模型的估计值就是混杂的。另一方面,将年龄、时期和队列变量放在同一个回归模型中会出现识别问题(identification problem,又称不确定性问题)。即在线性模型中同时纳入三个时间变量,且三种时间变量具有线性叠加关系(可表达为:时期=年龄+出生队列),这会导致实际计算时出现完全共线性问题,该式无唯一解,具体推导见奥布莱恩(O'Brien)的研究^[7-8]。

因此,虽然APC分析框架中最基本的线性回归模型避免了单时间或双时间变量模型估计结果的混杂问题,但是识别问题导致其不能获得唯一解,无法完成量化理论模型的任务。近几十年来,研究者们试图通过各种统计技术、理论发展来解决上述问题,根据前人的研究和总结,本文将这些尝试主要分为两条路径。

第一条路径是基于原始假设的APC分析框架来实现模型识别。所谓原始假设是指三个时间变量间线性可加,存在独立的时间效应。其包括两种具体方法,一种是增加约束条件算出唯一解,有多种做法,如假设仅有两个时间变量影响结果^[9-10];如预先判定两个年龄、两个时期或两个队列效应相等使模型恰好被识别^[6, 11, 18];再如IE方法(Intrinsic Estimator)通过去掉X矩阵中没有意义的维度来构造方程求得此条件下的模型唯一解,但IE方法在其模型设置、估计结果的有效性和系数解释等方面多有争论^[12-13];又如代理或机制的方法用其他变量作为时间变量的工具变量,代入模型解决识别问题^[14-15],和前几种相比,这种方法的理论性更加充分,也能进行某种程度的模型拟合度检验,已经得到了推广和拓展。另一种是考察非线性的关系,该方法放松了年龄、时期和队列变量的线性关系假设,但仍将三种时间变量看成是独立的、可识别的效应。其代表方法有平滑队列模型、分层APC模型(HAPC),HAPC模型包括交叉分类随机效应模型(CCREM)、生长曲线模型(GCMs)等。比如HAPC模型的核心思想是假设年龄、时期、队列中某些变量为固定效应,某些为随机效应,打破前述 $P = A + C$ 的线性可加关系,使得识别问题不再成为问题,这是对分层模型

(HLM) 的一种应用。

第二条路径是将队列视为年龄和时期的交互项的 $C = A \cdot P$ 的框架, 从概念上重塑三种时间变量的关系, 绕开识别问题。这种思路采用瑞德 (Ryder) 在 1965 年提出的队列概念^[16], 即队列是个体组成的群体, 队列效应则是指个体在形成阶段所经历的社会事件和历史变迁的独特体验, 被定义为年龄和时期效应之间的相互作用 ($C=A \cdot P$), 所谓相互作用就是统计学意义上的交互项。对所有年龄层的人产生一致影响的社会或历史变革不会产生队列效应, 同样地, 一个与年龄相关的过程, 如果在所有时间段都以同样的方式运作, 也不会产生队列效应^[17-18]。在统计模型上, 罗 (Luo) 和霍奇斯 (Hodges) 建立了年龄—时期—队列交互模型 (APC-I) 来实现此路径。该路径呼应了第一条路径中基于机制的 APC 模型等对理论的关注, 与考察非线性关系的路径也有继承关系^[17]。

无论是哪种路径都存在某些“天然缺陷”, 但都使量化时间变量的净效应成为可能。在统计技术上, 如增加约束条件中, 模型的约束条件和实际情况不一定相符, 且难以进行数学方面的验证; 再如时间效应系数与一般回归模型不同, 理解难度高, 减小了模型正确使用范围; 又如 HAPC 模型中, 不同模型设定和出生队列分组会带来不同结果, 影响解释。 $C = A \cdot P$ 等框架来解决识别问题的方法在强假设上, 比如队列的间隔、主效应的时间变量选择上, 依然存在问题。但是, 从实现理论模型的意义上看, 增加约束条件的做法真正在技术上实现了年龄、时期和队列效应的分离, 考察 APC 变量间非线性关系的方案在时间变量关系形式的理论问题上迈进了一步, $C = A \cdot P$ 等框架将瑞德的队列概念重新拉回 APC 统计模型中, 在解决识别问题之外, 增加了关于队列内等时间变量内动态的知识。所以, 尽管具体的统计模型存在或多或少的“天然缺陷”, 但至少让量化时间变量的净效应成为可能。特别是 HAPC 系列模型的推广和应用, 使得涉及时间效应或者趋势分析的研究更具可比性。

四、模型应用: 中国老年人口健康的社会分化与演变

本文以用 HAPC 模型来分析中国老年人口健康的社会分化与演变为例, 展示如何合理使用 APC 三维分析模型。与既往研究不同的是, 我们不仅考虑了从不同时间维度来分解中国老年人口健康的变化过程, 社会分化标准亦有所不同。社会分化标准中最经典的是社会经济地位, 其以教育、职业、收入为主要指标, 本文以受教育程度和收入为依据来塑造教育经济变量。

1. 数据和变量

本文使用的数据来自中国老年人健康长寿影响因素调查 (CLHLS)。从 2002 年开始, 该调查加入大量 60—79 岁低龄老年人样本, 且经济水平这一关键变量也从这一年开始出现, 因此本文使用 2002—2018 年六期数据。通过筛选 (年龄 ≥ 60 岁、累计参与调查次数 ≥ 3 轮、所有使用变量无缺失值), 获得样本量为 24691 个, 共计 7903 人。

被解释变量分别为自评健康水平 (0—4, 越高越好)、心理健康程度 (5—25, 越高越好)、认知能力得分 (0—24, 越高越好)、生活自理能力 (ADL, 6—18, 越高越好), 各变量均为连续变量。

解释变量为社会经济地位, 为分类变量, 具体使用受教育程度 (是否为文盲) 和人均

家庭收入（以50%为分界）来衡量，分组为文盲且收入较低组、文盲但收入较高组、识字但收入较低组、识字且收入较高组，共四组。

时间变量为年龄和出生队列。年龄是连续变量，取值范围是60—114岁；出生队列分为1916年之前、1916—1927年、1928—1934年、1935—1939年、1940年及以后，共五组。影响人类健康和寿命的因素多种多样，从流行病转变理论视角来看，随着现代化进程推进，主要因素正在从传染病向退行性疾病转变^[19]，对1894—1953年间出生的中国老年人口来说，他们出生、成长与衰老的过程也是中国现代化的过程，因此我国传染病的防治和公共卫生体制的完善是影响这些老年人健康的重要因素，其重要节点可作为出生队列划分依据。近代中国对传染病的防治有以下重要节点：1916年北洋政府内务部公布了《传染病预防条例》，这是我国第一个控制传染病的法规；从法规的颁布到落地还需要摸索和实践，直到1928年国民政府设置卫生部，公布一批有关传染病预防、环境卫生管理的条例规定，增设防疫处所等；但在1934年前，各省份卫生行政均未设专管机构；直到1940年，颁布省卫生处组织大纲后，省卫生行政机构才有统一规定，趋向专业化^[20]。正是根据这些节点，我们划分了上述五组出生队列。

控制变量为人口社会因素（性别、城乡所在地、出生所在地、婚姻状态）、生活方式因素（是否抽烟、是否喝酒、是否锻炼）、童年逆境（童年是否挨饿、童年是否获得足够的医疗）、职业类型。为了尽可能控制死亡选择性，我们考虑了个案在下一调查中的状态，即把存活、死亡或失访作为控制变量加入模型。另外，除了模型使用的被解释变量外，其他各健康变量也会纳入。表1是样本在各变量上的分布。

2. 统计模型与分析策略

研究者开发了两类HAPC模型，当数据为重复测量的横截面数据时，可使用CCREM模型；当数据为多重队列的追踪数据时，可使用GCMs模型。两种具体模型的策略基本相同：首先，根据取值数量是否有限、随机误差是否实际存在、对平均截距项估计的标准差、对数据信息的利用程度等，将年龄设定为固定效应（位于个体层面）和将时期和队列设定为

表1 描述性统计结果(N=24691)

变量	均值 (或百分比)
解释变量	
文盲且收入较低	30.8
文盲但收入较高	21.1
识字但收入较低	20.8
识字且收入较高	27.3
被解释变量	
自评健康	2.5
心理健康	18.6
认知能力	20.7
生活自理能力	17.6
时间变量	
年龄	81.0
出生队列	
1916年之前	13.7
1916—1927年	33.8
1928—1934年	21.4
1935—1939年	22.4
1940年及以后	8.7
控制变量	
女性	51.9
所在地为城镇	45.7
出生地为城市	12.8
已婚且与配偶同住	45.7
抽烟	38.2
喝酒	34.6
日常锻炼	48.8
童年挨饿	71.6
童年有足够的医疗	44.3
农林牧渔业	64.4
专业技术人员	5.4
行政管理/军人	5.1
一般职员/服务人员/工人	14.5
家务劳动/无业人员	7.1
其他	3.6
下次调查时存活	84.0
下次调查时死亡	10.3
下次调查时失访	5.7

随机效应(位于群体层面)建立分层模型;其次,根据研究需要,在方程中加入时间变量的二次项或多次项以及感兴趣的各种变量以探究该变量对被解释变量影响的时间趋势。但两个具体模型的目标略有差异:CCREM模型的目标是分层剥离年龄、时期、队列三种效应,但其年龄效应是虚拟队列的年龄效应;GCMs模型的目标是分层剥离年龄和队列效应,其能够提供年龄变化的真实效应,但其使用的多重队列追踪数据中,年龄变化过程就是时期变化过程,存在所有个体观察的时期几乎完全一样的假设,时期效应基本无法识别。针对不同的研究目标,研究者应作出取舍。

根据CLHLS的数据特点,本文使用HAPC模型-GCMs模型(HGCM)。策略如下:第一步,建立与四个被解释变量相对应的四个基础模型,纳入解释变量、时间变量、控制变量,考察教育经济变量、年龄、出生队列对被解释变量是否存在显著影响。第二步,建立四个时间效应模型,在基础模型中加入教育经济变量、年龄与出生队列的交互项,考察在控制出生队列效应的前提下,老年人健康的社会分化如何随着年龄演变,这些演变在不同出生队列中是否存在差异。基于以往研究,模型中会纳入年龄和年龄平方,考察其线性和非线性关系。在第二步中,如果年龄平方与出生队列的相关交互项不显著,将从模型中删除,以保持简洁。以自评健康为例,具体模型如下:

第一步模型:

第一层:

$$y_{it} = \beta_{0i} + \beta_{1i}age_{it} + \beta_{2i}age_{it}^2 + \beta_{3i}EI_{it} + \beta_{4i}Control_{it} + e_{it} \quad (1)$$

其中, y_{it} 为个体*i*在时间*t*上的自评健康水平;根据以往研究的经验,本文对年龄进行中心化处理,这样系数 β_{0i} 、 β_{1i} 和 β_{2i} 分别是平均年龄处的自评健康水平、自评健康水平随年龄变化的线性斜率和二次斜率; β_{3i} 是教育经济变量的系数, β_{4i} 是控制变量的系数; e_{it} 是个体的测量误差,服从均值为0、方差为 σ 的正态分布。

第二层:

截距模型:

$$\beta_{0i} = \gamma_{00} + \gamma_{01}cohort_i + u_{0i} \quad (2)$$

其中, γ_{01} 是队列对自评健康变化曲线的截距的影响,代表队列的影响; γ_{00} 是其他变量取值为0时,1916年前出生队列(队列设定为0)在平均年龄处的自评健康水平值; u_{0i} 是截距的随机效应,服从均值为0、方差为 σ 的正态分布。

第二步模型:

第一层:

$$y_{it} = \beta_{0i} + \beta_{1i}age_{it} + \beta_{2i}age_{it}^2 + \beta_{3i}EI_{it} + \beta_{4i}Control_{it} + e_{it} \quad (3)$$

第二层:

截距模型:

$$\beta_{0i} = \gamma_{00} + \gamma_{01}cohort_i + \gamma_{02}EI_i + \gamma_{03}EI_i*cohort + u_{0i} \quad (4)$$

斜率模型:

$$\beta_{1i} = \gamma_{10} + \gamma_{11}EI_i + \gamma_{12}cohort_i + \gamma_{13}EI_i*cohort + u_{1i} \quad (5)$$

二次项参数模型:

$$\beta_{2i} = \gamma_{20} + \gamma_{21}EI_i + \gamma_{22}cohort_i + \gamma_{23}EI_i*cohort + u_{2i} \quad (6)$$

其中， γ_{01} 、 γ_{12} 、 γ_{22} 是对截距、年龄一次项和年龄二次项的影响，代表队列的纯效应； γ_{02} 是教育经济变量的效应，代表同一个队列内（intracohort）教育经济变量对自评健康水平变化的影响； γ_{03} 是队列与教育经济变量的交互项，代表教育经济变量对自评健康水平变化的影响的队列间差异（intercohort）； γ_{11} 是同一个队列内，教育经济变量对自评健康水平随年龄变化效应的影响； γ_{13} 是教育经济变量对自评健康水平随年龄变化效应的影响的队列间差异，也就是年龄、时期、社会经济地位变量的三项交互，是考察在控制队列效应的前提下，教育经济变量对自评健康水平影响的年龄效应是否存在的基础，同理， γ_{21} 和 γ_{23} 则是年龄二次项相应的影响； u_{0i} 、 u_{1i} 和 u_{2i} 分别是截距、一次斜率和二次随机效应，服从均值为0、方差为 σ 的正态分布。

3. 模型分析结果

表2是被解释变量为自评健康、心理健康、认知能力和生活自理能力的基础模型。根据上述四个模型，教育经济变量（以文盲且收入较低组为参照组）对各被解释变量存在显著影响，中国老年人口健康存在社会分化。与收入相比，教育在老年人心理健康、认知能力和生活自理能力上发挥更重要的作用，这体现在识字收入较低组上，他们比文盲收

表2 HGCMs基础模型结果(N=24691)

变量	自评健康	心理健康	认知能力	生活自理能力
固定效应模型参数				
截距模型				
截距	2.4619***	18.0059***	20.6298***	17.5514***
队列	-0.0840***	0.2475***	0.0445	-0.0385**
教育经济变量				
文盲收入较高	0.1004***	0.2522***	0.4228***	-0.0369*
识字收入较低	-0.0253	0.2721***	1.1043***	-0.0873***
识字收入较高	0.0685***	0.4292***	1.1366***	-0.0925***
线性增长模型				
截距	-0.0043**	0.0133**	-0.1084***	-0.0161***
二次项参数模型				
截距	0.0006***	0.0010***	-0.0028***	-0.0011***
控制变量	控制	控制	控制	控制
BIC	61013	125824	132500	78947

注：* $p < 0.1$ ，** $p < 0.05$ ，*** $p < 0.01$ ，**** $p < 0.001$ ；下表同。

入较高组有着更好的健康表现；但在自评健康上，识字收入较低组和文盲收入较低组没有显著差异，识字收入较低组比文盲收入较高组、识字收入较高组的自评健康低，这意味着收入发挥着更重要的作用。

年龄对健康的影响是非线性的，表现在二次项参数模型截距项均显著但是其影响方向不同。随着年龄的增长，自评健康和心理健康存在“U”型变化，认知能力不断下降，生活自理能力存在倒“U”型变化，从82岁起快速下降。这些趋势差异可能因为主观健康指标的特殊性。随着年龄的增长，人们的认知能力和生活自理能力变差，进入高龄阶段后，客观健康指标（如认知能力、生活自理能力）的恶化速度加快。主观健康指标反映的不仅仅是个人的身体情况，更会受到社会文化背景、认知框架、个人感受的影响，成为主客观互动的结果，这种特征尤其表现在较低社会经济地位人群对自身健康状态的评估上^[21]。

除了认知能力外，出生队列对各被解释变量存在显著影响，且影响方向不同。对自评

健康和生活自理能力来说, 出生队列越年轻, 这两项指标表现越差: 这可能和死亡选择性相关, 虚弱的个体在生命早期被淘汰, 能够存活下来的是强壮的个体, 这种选择性随着年龄而不断积累, 因此出生队列越早, 死亡选择性越强, 使得强壮的个体占比越高, 表现出更高的自评健康和生活自理能力。从另一个角度来看, 随着医疗技术、生活水平的提高, 以往可能被淘汰的个体获得更长时间的存活, 这被称为病态状态扩展假设^[22-23], 即出生队列越年轻, 病态状态扩展越强, 使得他们更可能带着疾病生存, 表现出更低的自评健康和生活自理能力。有趣的是, 出生队列越年轻, 心理健康水平越好, 这也许体现了不同指标间的差异。

表3是被解释变量为自评健康、心理健康、认知能力和生活自理能力的时间效应模型。根据上述四个模型, 图2描绘了控制出生队列效应后, 中国老年人口健康社会分化的纯年龄效应。在自评健康上, 文盲收入较低组和识字收入较高组的差异随着年龄而收敛, 其出生队列差异在于何时出现弥合。比如同样在88—98岁之间, 1916—1927年组差异已经收敛至消失, 1916年前组的差异依然较大; 同样在76—86岁之间, 1928—1934年组差异已经收敛至消失, 1916—1927年组差异依然较大, 以此类推。此结果不支持累计优势/劣势理论, 也就是社会经济地位高组的健康优势没有随着年龄不断积累, 而是出现了与社会经济地位低组同化的趋势, 支持了前面提到的死亡选择性

表3 HGCMs 时间效应模型结果(N=24691)

变量	自评健康	心理健康	认知能力	生活自理能力
固定效应模型参数				
截距模型				
截距	2.2644***	17.9483***	19.6861***	17.2730***
队列	-0.0756***	0.2507***	0.0122	-0.1338***
教育经济变量				
文盲收入较高	0.1288**	0.1205	0.4296*	-0.1786**
识字收入较低	0.0130	0.0979	0.8991***	-0.1745*
识字收入较高	0.0802	0.4153*	1.0120***	-0.2201**
队列×文盲收入较高	-0.0266	0.1646	-0.0531	0.0936*
队列×识字收入较低	-0.0387	0.1227	0.0983	0.0634
队列×识字收入较高	-0.0319	0.0578	0.1010	0.0851*
线性增长模型				
截距	0.0039	-0.0170	-0.1482***	0.0064
队列	-0.0034	0.0292***	0.0046	-0.0154***
教育经济变量				
文盲收入较高	-0.0065	-0.0329	0.0483+	0.0049
识字收入较低	-0.0095	0.0079	0.0656*	-0.0090
识字收入较高	0.0056	-0.0276	0.0790**	-0.0179*
队列×文盲收入较高	0.0025	0.0108	-0.0227	-0.0018
队列×识字收入较低	0.0027	-0.0104	-0.0024	0.0089
队列×识字收入较高	-0.0061+	0.0062	0.0013	0.0084
二次项参数模型				
截距	0.0001	0.0027***	-0.0018+	-0.0026***
队列		0.0008*	-0.0003	0.0002
教育经济变量				
文盲收入较高	0.0004	0.0013	-0.0015	0.0004
识字收入较低	0.0006+	-0.0012	-0.0008	0.0006
识字收入较高	-0.0002	0.0009	-0.0021	0.0010+
队列×文盲收入较高		-0.0010+	0.0001	-0.0005*
队列×识字收入较低		-0.0003	0.0007+	0.0000
队列×识字收入较高		-0.0006	0.0012+	-0.0003
控制变量	控制	控制	控制	控制
BIC	60877	125720	132392	78838

注: 时间效应模型中, 由于自评健康模型中教育经济变量×年龄平方×出生队列的交互项均不显著, 因此被剔除出模型, 以免模型过于复杂。

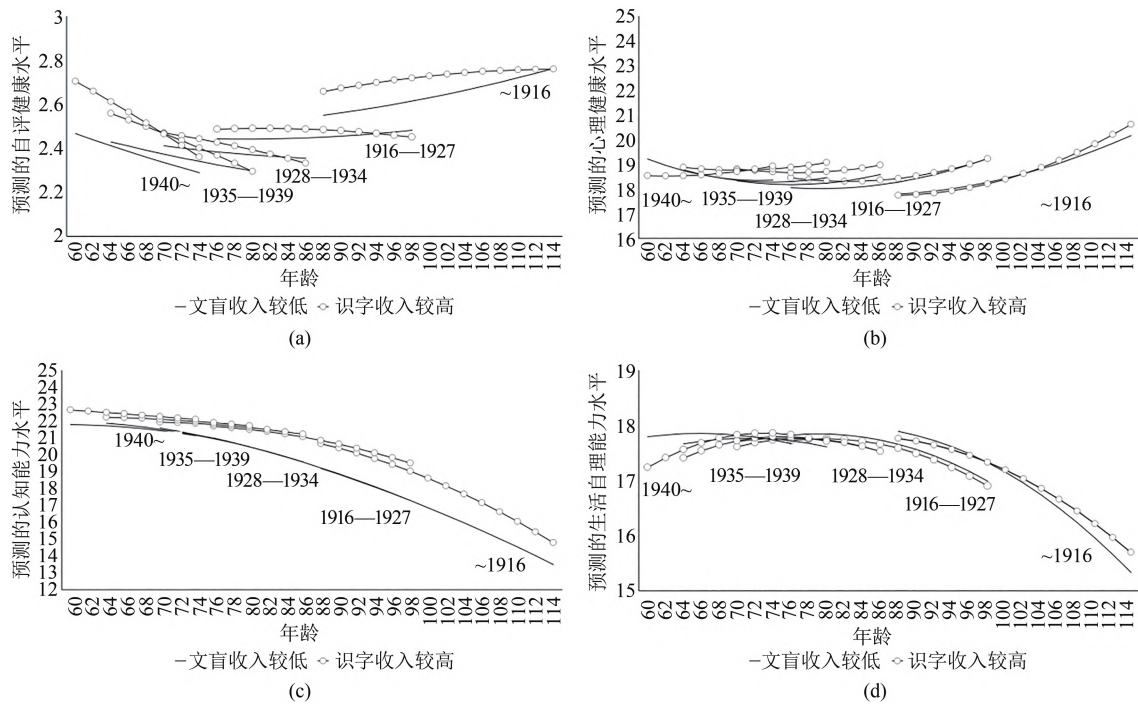


图2 自评健康、心理健康、认知能力、生活自理能力的社会分化演变趋势

说明:分队列的年龄变化趋势仅保留显著组。

和病态状态扩展假设。出生较晚的队列在更小的年龄弥合，出生较早的队列在更大的年龄弥合，说明在出生较晚的队列中，新技术和物质条件让更多具有社会分层优势的虚弱个体存活，使得此组在更小的年龄中展示出带病状态，减少了和社会分层劣势组的差异。

在心理健康上，文盲收入较低组和文盲收入较高组差异的年龄效应先发散后收敛；在出生队列上，出生较晚组的年龄效应多为发散，出生队列较早组的年龄效应多为收敛，与年龄效应相互印证。这说明了随着年龄增长，社会经济因素对心理健康的影响逐渐让位于生物因素的影响。

在认知能力上，随着年龄的变化，文盲收入较低组和识字收入较高组的差异不断发散，从出生队列的变化上来看，随着出生队列的后延，两组的差异也在不断扩大。此结果有力地支持了累计优势/劣势理论，但主要反映在文盲收入较低组和识字收入较高组之间，意味着需要足够大的社会分层才能展现显著变大的健康差异。

在生活自理能力上，随着年龄的增长，文盲收入较高组逐渐高于文盲收入较低组，但这种优势在接近高龄时消失并出现反转，即文盲收入较高组一直低于文盲收入较低组，直到接近百岁时，文盲收入较高组的优势再次出现，并不断增大。随着年龄的增长，生活自理能力的社会分层出现至少两次反转；第一个反转是社会经济因素的影响逐渐让位于生物因素的影响，也是死亡选择性和病态状态扩展的力量展现，使得社会分层的低组在减小与高组的差异时还展示出更好的生活自理能力。第二个反转是社会分层的高组重获生活自理能力优势的过程与低组的差异是发散的，这是因为该反转出现在百岁老人中，这些百岁老人可能有长寿基因，对这个群体来说，死亡选择性和病态状态扩展的力量影响较小，而社

会经济因素的影响更加明显, 特别是较高的收入能获得更好的医疗条件和辅助器材, 从而保持更高的生活自理能力。不同出生队列的变化, 也印证了上述生活自理能力的社会分层的年龄效应。

综合以上分析, HAPC 模型能够区分老年人健康的社会分化的年龄净效应和队列净效应, 根据模型系数能够描绘不同出生队列的真实年龄效应, 我们从而得到以下发现: 首先, 中国老年人健康的社会分化是明确的, 但其演变趋势较为复杂。一方面, 老年人健康的社会分化随年龄而变化, 但存在指标上的差异。如自评健康是收敛的、心理健康在较早队列中是收敛的而在较晚队列中是发散的、认知能力是发散的、生活自理能力是先收敛后发散的。这也说明累计优势/劣势理论、死亡选择性和病态状态扩展假设都无法单独解释老年人健康社会分化的演变。另一方面, 老年人健康的社会分化随年龄而变化, 还存在出生队列上的差异。如在自评健康上, 收敛时间存在出生队列差异; 在心理健康上, 年龄效应方向存在出生队列差异等。这展现了 APC 模型在细化趋势分析上的优势。此外, 我们发现文盲收入较低组和识字收入较高组之间的差异是最明显的, 这意味着教育和经济带来的社会分化稳健且持久, 贯穿了不同年龄和出生队列, 而在有些健康指标上, 如认知能力上, 教育程度具有特别重要的意义, 如图 3 所示, 随着年龄变化, 识字老人的认知能力一直高于文盲老人, 且恶化速度和程度都更低。

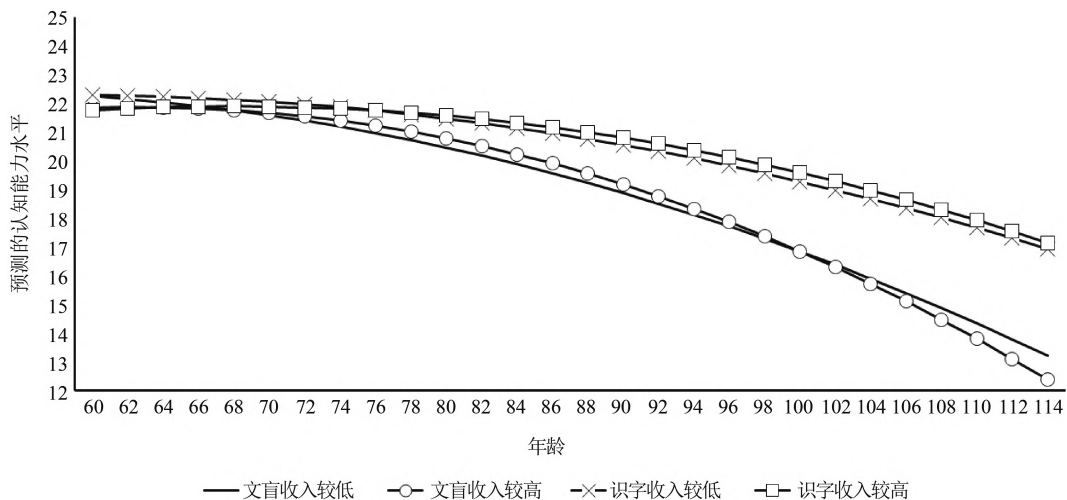


图 3 认知能力的社会分化演变趋势

五、结论与讨论

本文从列克西斯图出发, 分析了人口学视野下年龄—时期—队列构成的理论模型, 并落脚到 APC 三维分析模型及其统计模型的实现上, 在中国的社会情境下基于 CLHLS 2002—2018 年数据, 应用 HAPC 模型—GCMs 模型分析了老年人健康的社会分化与演变。本文强调, 在实践中指出具体模型的缺陷、提出应对方法、明确适用范围是合理使用 APC 三维分析模型的前提。本文以应用较广的 HAPC 模型为例, 展示了如何合理使用 APC 三维分析模型。贝尔 (Bell) 等人的系列文章指出 HAPC 模型存在局限^[24-26], 研究者根据先验假设设置的具体模型和数据实际的生成过程 (data generating process, DGP) 不一定相符, 不同模型设置和

出生队列分组将得到不同结果，从而影响解释。因此，第一，应重视队列分组。较多研究直接使用3岁、5岁或10岁分组^[27-28]，这种分组方式虽然是人口学、流行病学研究中的常用做法，但是当队列分组对模型结果影响特别明显时，应说明其研究问题中队列分组的合理性，若无说明或以学科惯例为理由，通常意味着研究者低估或者没有意识到队列分组的理论意义和对系数估计的影响。第二，队列分组需要以理论为基础，不能通过“数据驱动”产生。我们无法判断出生队列分组和现实数据的生成过程是否匹配，除非使用模拟数据，否则现有统计工具无法捕捉现实世界数据的生成过程，这也是量化社会科学研究固有的特点。不能通过重新划分队列、比较不同模型系数的方式确定何种划分方式更符合实际，不仅因为模型结果可能都是错的^[29]，更是因为不同分组的理论或现实基础不同^[30]，因此划分队列更可靠的方式是依靠理论。第三，模型结论存在适用范围，应限于研究设定的出生队列分组。本文出生队列分组具有合理性，但仅限于分析中国老年健康的分析，不能随意扩展到其他人群或指标上。遵循上述步骤，HAPC模型描绘了不同出生队列的真实年龄效应，让我们能够发现：教育和经济带来的中国老年人健康的社会分化稳健且持久，贯穿了不同年龄和出生队列；中国老年人健康的社会分层演变存在年龄效应和出生队列效应，累计优势/劣势理论、死亡选择性和病态状态扩展假设都无法单独解释老年人健康社会分化的演变。

APC三维分析模型是实现年龄—时期—队列构成的理论模型实用工具，但是没有通用的APC统计模型，几乎所有具体方法都存在“先天缺陷”。研究者需要通过扎实理论基础、说明研究结果的局限等来使估计结果尽可能靠近“真实”的时间效应。APC模型无法解决和尚未解决的问题，导致单纯积累应用研究难以带来甚至可能阻止方法上的反思和发展。因此，未来APC模型发展应以实现核心目标为导向，即通过对年龄效应、时期效应、队列效应以及队列内变化的分析将看似宏大的社会结构力量与历史力量揉入具体研究中，实现用人生、历史与社会三个坐标点共同研究人的目的。在此意义上，APC模型可能在范式、内容和数据应用三个方面获得突破。

首先，范式转变主要指年龄、队列和时期变量的互动关系以及由此形成的概念框架变化。APC模型发展至今，应用了各种各样的统计技术，就像费恩伯格（Fienberg）所言，很多新研究中充斥着复杂公式、矩阵和几何图形，支持或反对某种特定的技术解决方法，但都没有在实质上解决APC模型的问题^[31]。未来APC模型的突破性发展率先体现在三种时间效应的互动关系上，比如 $C = A \cdot P$ 就是一种有益的尝试，这也是本文将其单列为一种路径的原因。另一种范式的萌芽则蕴含在代理或机制的方法中。在纷繁复杂的社会现象中，三种时间变量可能存在多种组合关系还是均为某个“元关系”的变种？代理或机制的方法试图揭示各种社会现象中与年龄、时期和队列相关变化的过程，这有助于回答上述问题。

其次，核心目标还要求关注队列内变化，这呼吁APC模型描绘更细致的变化轨迹。APC-I模型对队列内变化的检测和奥布莱恩对三种时间效应内部稳定性的检验都有助于呈现队列效应内部的变化^[32]，但这并非二者的主要目标（前者被视为新范式的优势，后者明显是一种检验工具，无法计算时间效应本身）。未来APC模型研究可通过两种方式分析队列内变化，以补充现有研究的不足，包括在现有APC实证研究的基础上，使用同样的数据，检测三种时间效应的稳定性，或者以队列内变化作为主要研究内容，进行全新的实证研究。

最后, 大数据及其相关技术为 APC 模型提供了新的数据来源和检验工具。大数据是源于各类电子媒介产生的人类活动痕迹数据, 以传统统计技术难以处理的海量、结构化、半结构化和非结构化混合的形态、价值密度较低为特点^[33-34]。对 APC 模型的发展来说, 大数据挖掘能够提供两种数据: 一是抽取部分主体作为样本进行多轮问卷调查获得的调查数据; 二是上述样本的痕迹数据, 这些数据的获得、保存和使用成本将大大低于传统的调查数据, 特别有利于数据的长期积累, 而且利用手环、支付记录等获得的以天计甚至以小时计的痕迹数据将为 APC 模型研究提供超过传统单位的数据, 有助于时期变量突破以往的分组。此外, 前沿社会科学研究已经可以通过机器学习进行数据挖掘, 并尝试建立一种理论、调查方法、大数据挖掘方法深度融合的研究范式, 在此研究范式下, 研究者可以根据理论假设、调查数据、数据挖掘结果建立初步模型, 并不断收集调查数据以校正算法, 使模型接近实际^[35]。APC 模型也能通过这种方式建立和检验三种时间变量间的互动关系, 这在某种程度上提供了检验强假设的工具, 甚至可能是 APC 模型研究中理论和数据混合驱动的新范式。

参考文献:

- [1] 曾毅. 人口分析方法与应用 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1993: 2-4, 20-21.
- [2] 刘铮. 人口学辞典 [M]. 北京: 人民出版社, 1986: 215-216.
- [3] 赖特·米尔斯. 社会学的想象力 [M]. 李康, 译. 北京: 北京师范大学出版社, 2017: 6, 199.
- [4] ELDER G H, GEORGE L K. Age, cohorts, and the life course [M]//SHANAHAN M J, MORTIMER J T, JOHNSON M K. Handbook of the Life Course: Volume II. Cham; Springer International Publishing, 2016: 59-85.
- [5] FIENBERG S E, MASON W M. Identification and estimation of age-period-cohort models in the analysis of discrete archival data [J]. Sociological Methodology, 1979, 10: 1-67.
- [6] MASON K O, MASON W M, WINSBOROUGH H H, et al. Some methodological issues in cohort analysis of archival data [J]. American Sociological Review, 1973, 38 (2): 242-258.
- [7] YANG Y, LAND K C. A mixed models approach to the age-period-cohort analysis of repeated cross-section surveys, with an application to data on trends in verbal test scores [J]. Sociological Methodology, 2006, 36 (1): 75-97.
- [8] 罗伯特·M.奥布莱恩. 年龄-时期-队列模型——聚合数据分析方法 [M]. 王培刚, 姜俊丰, 等译. 北京: 社会科学文献出版社, 2018: 24-27.
- [9] CLAYTON D, SCHIFFLERS E. Models for temporal variation in cancer rates. I: age-period and age-cohort models [J]. Statistic in Medicine, 1987, 6 (4): 449-467.
- [10] YANG Y. Trends in U.S. adult chronic disease mortality, 1960-1999: age, period, and cohort variations [J]. Demography, 2008, 45 (2): 387-416.
- [11] HARDING D J, JENCKS C. Changing attitudes toward premarital sex: cohort, period, and aging effects [J]. The Public Opinion Quarterly, 2003, 67 (2): 211-226.
- [12] YANG Y, SCHULHOFER-WOHL S, FU W, et al. The intrinsic estimator for age-period-cohort analysis: what it is and how to use it [J]. American Journal of Sociology, 2008, 113 (6): 1697-1736.
- [13] LUO L. Assessing validity and application scope of the intrinsic estimator approach to the age-period-cohort problem [J]. Demography, 2013, 50 (6): 1945-1967.
- [14] HECKMAN J, ROBB R. Using longitudinal data to estimate age, period and cohort effects in earnings equations [M]//MASON W M, FIENBERG S E. Cohort Analysis in Social Research: Beyond the Identification Problem. New York, NY; Springer New York, 1985: 137-150.
- [15] O'BRIEN R M. Age period cohort characteristic models [J]. Social Science Research, 2000, 29 (1): 123-139.
- [16] RYDER N B. The cohort as a concept in the study of social change [M]//MASON W M, FIENBERG S E. Cohort Analysis in Social Research: Beyond the Identification Problem. New York: Springer, 1985: 9-44.
- [17] LUO L, HODGES J S. The age-period-cohort-interaction model for describing and investigating inter-cohort deviations and intra-cohort life-course dynamics [J]. Sociological Methods & Research, 2020: 0049124119882451.

- [18] KEYES K M, LI G. Age-period-cohort modeling [M]//LI G, BAKER S P. Injury Research: Theories, Methods, and Approaches. Boston: Springer, 2012: 409-426.
- [19] OMRAN A R. The epidemiologic transition: a theory of the epidemiology of population change [J]. The Milbank Memorial Fund Quarterly, 1971, 49 (4): 509-538.
- [20] 张大庆. 中国近代疾病社会史1912—1937 [M]. 济南: 山东教育出版社, 2006: 88, 105-110.
- [21] JYLHÄ M. What is self-rated health and why does it predict mortality? towards a unified conceptual model [J]. Social Science & Medicine, 2009, 69 (3): 307-316.
- [22] FRIES J F. Aging, natural death, and the compression of morbidity [J]. The New England Journal of Medicine, 1980 (3): 130-135.
- [23] GRUENBERG E M. The failures of success [J]. Milbank Quarterly, 2005, 83 (4): 779-800.
- [24] BELL A, JONES K. Another “futile quest”? a simulation study of Yang and Land’s hierarchical age-period-cohort model [J]. Demographic Research, 2014, 30: 333-360.
- [25] BELL A, JONES K. Don’t birth cohorts matter? a commentary and simulation exercise on Reither, Hauser, and Yang’s (2009) age-period-cohort study of obesity [J]. Social Science & Medicine, 2014, 101: 176-180.
- [26] BELL A, JONES K. The impossibility of separating age, period and cohort effects [J]. Social Science & Medicine, 2013, 93: 163-165.
- [27] 智冬晓, 许晓娟. 生育率结构性变化与新生儿人口激增——基于北京的APC模型实证研究 [J]. 统计研究, 2016 (3): 106-112.
- [28] 刘欣, 顾源. 收敛还是发散: 社会经济地位影响老年人口健康的年龄—世代轨迹 [J]. 社会科学, 2023 (3): 148-159.
- [29] 许琪, 王金水, 吴愈晓. 理论驱动还是方法驱动? ——年龄—时期—世代分析的最新进展 [J]. 社会学研究, 2022 (6): 36-58, 227.
- [30] 秋丽雅, 李建新. 中国成年人抑郁的社会分化: 动态视角与交叉视角 [J]. 社会学研究, 2023 (5): 180-202, 230.
- [31] FIENBERG S E. Cohort analysis’ unholy quest: a discussion [J]. Demography, 2013 (6): 1981-1984.
- [32] O’ BRIEN R M. Estimable intra-age, intra-period, and intra-cohort effects in age-period-cohort multiple classification models [J]. Quality & Quantity, 2020, 54 (4): 1109-1127.
- [33] GÜNTHER W A, MEHRIZI M H R, HUYSMAN M, et al. Debating big data: a literature review on realizing value from big data [J]. Journal of Strategic Information Systems, 2017, 26: 191-209.
- [34] 邱泽奇. 大数据给社会学研究带来了什么挑战? [M]//钟杨. 实证社会科学 (第六卷). 上海: 上海交通大学出版社, 2018: 7-31.
- [35] 罗家德, 高馨, 周涛, 等. 大数据和结构化数据整合的方法论——以中国人脉圈研究为例 [J]. 社会学研究, 2021 (2): 69-91, 227.

The Dilemma and Solutions of the APC Model from a Demographic Perspective: A Study on the Health of the Elderly Population in China

QIU Liya¹, LI Jianxin²

(1. School of Ethnology and Sociology, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China;

2. Department of Sociology, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: Research on elderly health is closely linked to temporal factors such as age, period and cohort (APC). These three factors collectively form a fundamental theoretical model in social science research. The Lexis diagram in demography provides a basic analytical framework for this model, while the later-developed APC three-dimensional analysis model attempts to operationalize it statistically. Despite its inherent “natural defects”, the model seeks to address the “identification problem” through statistical techniques and conceptual refinements. Using the HAPC (Hierarchical Age-Period-Cohort) model as an example,

this paper argues that the proper application of the APC model should emphasize cohort grouping based on theoretical considerations and clearly define the scope of conclusions. Following these steps, the study analyzes the social differentiation and evolution of health among China's elderly population. The HAPC model reveals the true age effects across different birth cohorts, demonstrating that education and income contribute to robust and persistent social disparities in health among Chinese elderly, transcending age and cohort boundaries. Furthermore, the evolution of social stratification in elderly health exhibits both age and cohort effects, which cannot be fully explained by the cumulative advantage/disadvantage theory, mortality selection or the expansion of morbidity hypothesis alone. Future research on the APC model may achieve breakthroughs in paradigm shifts, intra-cohort trajectory refinement and data utilization.

Keywords: age-period-cohort model (APC model); birth cohort grouping; elderly health; growth curve models (GCMs); Lexis diagram

[责任编辑 崔子涵]