

Demography

2024年7月11日 16:47

W1 Basic

1) Population

- 人口事件: 1. Death (D); 2. Migration (M); 3. Births (B) (三要素)

(Natural Change = $B_t - D_t$ (Net Migration))

$$P_{t+1} = P_t + B_t - D_t + I_t - E_t$$

(出生) (死亡) (移入) (移出)

Rate:

$$\text{Rate} = \frac{\text{No. events in a given period}}{\text{No. People}}$$

Actual Growth 取决于人口形状和结构

作为人口增长/随时间变化的基底, 用 Rate (特定群体的)

Rate 也用于预测

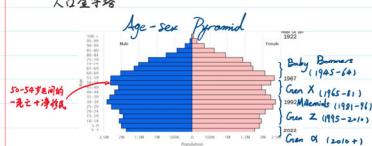
(用 Rate 层次更好, 因许多人口事件需分组)

人口结构

(受人口事件影响)

人口事件的风险不同年龄和性别不同, age-sex 人口结构对人口变化有直接影响

人口金字塔



2)

人口事件与人口结构互影响

I 事件 → 结构

Risk of a birth, death or migration varies by age & sex

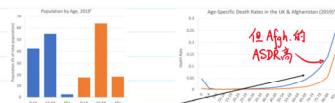
II 结构 → 事件

Age-sex structure 本身是之前人口事件的结果

1.

人口统计事件造就特定的 Age & Sex, 故人口结构影响人口变化方式

例:



UK CDR 为 10.4, Afgh. 为 6.16

小结: 巴西比美国有更多死亡因组人口更多

巴西每千人死亡率 (Crude death rate) 比美国少, 但人口更年轻

同组下美国有更低死亡率

控制人口差异后巴西比英国死亡率高的原因:

非人口统计因素

1. 财富差异

2. 非平均财富 一关键原因是财富不平等

3. 医疗水平质量 / 婴儿可接受医疗机会

II. 人口统计事件改变的速度影响结构:

人口结构随时间变化, 但其对人口的影响是静态的, 但随时间推移会继续影响

金字塔形状

新生儿死亡率也影响金字塔的基底

成人死亡率对金字塔形状的影响无出生率大, 且随年龄扩大

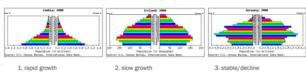
移民对特定的 Age & Sex 有大影响

人口金字塔揭示了最近的人口统计

In-class

(研究人口数量、结构与变化)

对政策和私企有用: a means of analyzing and predicting social, culture, and economic trends related to population

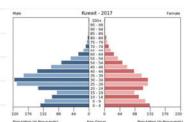


3)

Sex Ratios

$$\frac{\text{Males}}{\text{Females}} \times 100$$

- 会受不同性别的移民率影响
- 劳动力移民率不成比例的差异性



Dependency Ratios

· 人口中年工作年龄人口有多少被抚养 (抚养比)

· 儿童抚养率 = 儿童人口

· 老人抚养率 = 老年人口

· 抚养率 = 儿童 + 老者 / 工作人口

· 儿童抚养率:

$$\frac{\text{Population under } 15}{\text{Population aged } 15-64} \times 100$$

· 提供了人口统计结构的总结

· 总 $\times 100$ (每 100 个工作年龄的被抚养人数)

· 各国国家特殊因素变化 (一般儿童 = 小于 16, 老者 = 大于 65)

· 老者抚养率:

$$\frac{\text{Population over } 65}{\text{Population aged } 15-64} \times 100$$

· 抚养率(总):

$$\frac{\text{Popu. } 1-15 + \text{popu. 大于 } 65}{\text{Popu. } 15-64} \times 100$$

W2 Demographic Data

1)

人口统计基础数据

· 有关于人口 'Stock' (人数, 年龄, 结构)

· 有关人口统计 'Event' (生, 死, 移)

(计算时仅需以上两者)

· 确定期下 'Event' 数

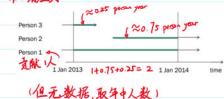
Rate = $\frac{\text{确定期下面临 Stock 人数}}{\text{确定期下面临 Stock 人数}}$

例: Crude Death rate \times 地区 N 年

$$\frac{\text{X 地 N 年死亡数}}{\text{X 地 N 年总人口}} \quad \begin{array}{l} \text{———} \\ \text{———} \end{array} \begin{array}{l} \text{———} \\ \text{———} \end{array}$$

——— 整年死亡人数相加
——— 人口为动态的 (一年有大转动)

准确应为:



· 越详尽的比例越有地域 (所需信息越多)

2) 数据来源

· Census

· Vital registration system

· Administrative records

· Surveys

· 其他来源

I. Census (人口普查)

(Complete enumeration (count) of population)

用途:

· 人口的大小及主要特征

· 计算人口普查之间年份的人口估计的基本数

· 资源分配

- 人口的大小及主要特征
- 计算人口普查之间年份的人口估计的基本数
- 资源分配
- 计划服务（社会服务、教育、企业）
- 为某些 Rate 提供 event 数
- Sub-national level

- 优势：**
- 总人口数据
 - 比如 Survey 有更好的反应
 - 完整的历史记录

- 问题：**
- 十年一次（过时）
 - Under-enumeration (并不完全包括所有人)
 - 有相对较少的人口统计事件的信息（无出生、死亡和移民的有限数据）
 - 等

- 人口普查间数据：**
- 人口普查是 Snap-shot, 快速过期
 - 用 Cohort Component 估测法
 - (以年龄/性别结构的 Population Balance Equation)
 - 年中：6月30号 (MYE)

例：2011年：人口普查人数(三周) + 出生 - 死亡 + 净移民 (3-6月30间)
 2012年：2011的MYE + 出生 - 死亡 + 净移民 (2011年7月1日 - 2012年6月30间)
 (预测需与下次(10年后)人口普查相匹配)

准确性：取决于普查期间出生、死亡、移民数据的准确性
 · 取决于人口普查的准确性

II. Vital Registration System (Vital Statistics 人口统计)

- 所收集的信息有 gaps
 (每条的出生记录不包括移民的生育率)
 由 ONS 汇总了各个地区和 disseminated
 因法律要求登记所有出生和死亡，故高质量

信息不足时：人口普查、抽样调查、间接估测

移民数据更成问题 (测量移民是复杂的)
 · 何为移民、定义不明确

III. Administrative Records

- 例：electoral registers
- Child benefit registers
- Pupil Level Annual School Census (PLASC)
- Pensions

IV. Surveys

- (当 Administrative Sources 不适用时)
- 优势：**更频繁且比人口普查更便宜地为人口样本基数
劣势：样本误差；国家级不是不确定的

V. 新型数据来源

- (可能公开收集数据)
- 例：
- 移动手机用户
 - 社交媒体数据
 - 地理标记数据
 - 卫星数据
-
- (可信程度仍在研究)

VI. Fertility

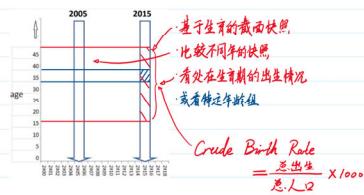
"Introduction"

- 问：当今美国女性平均生育多少孩子？
 注：个人生育期为30年(15-45岁)，可以问出30年内45岁女性有多少孩子，但此为单个以年代后期生子女性群体的平均值，无法反映当今生育行为

两种方法：

- I Period Fertility Analysis
 - 查看给定时期内出生率的 Snap shot (生育能力方面)
- II Cohort Fertility Analysis
 - 转变女性群体的生育 (纵向观察生育能力)

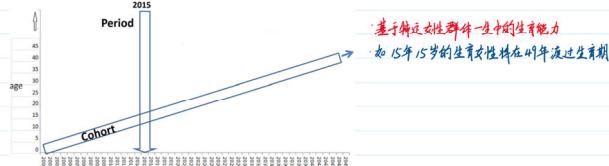
I. Period



Total Fertility Rate

· 基于给定年份 (e.g. 2015) 所有女性生育率的周期测量，以生成一个综合指标 (即若她经历了 2015 的生育率，她一生将生育多少？)

II. Cohort



2) Period Fertility Rate

1. 测量 Period Fertility: CBR (Crude Birth Rate)

$$\frac{\text{出生}}{\text{年中人口}} \times 1000 \quad (\text{可以以每千人呈现})$$

例: 苏格兰 2016 CBR:

$$\frac{54,488}{5,404,700} \times 1000 = 0.01008$$

(10.08 per 1000)

· CBR 所需数据少，易于计算和理解

· 可用 CDR (Crude Death Rate) 引出 CRNI (Crude Rate of Natural Increase)

例: 人口变化 = 出生 - 死亡 (+ 移入 - 移出)

2016 苏格兰 CRNI = 0.01 per 1000 (CBR) - 10.49 per 1000 (CDR) = -0.41 per 1000

但: CDR 是比较人口间生育率的有限指标 (分母为总人口，并假定的 'risk' 人口 (15-44 岁女性))

2. 测量 Period Fertility: GFR (General Fertility Rate)

$$\frac{\text{出生}}{15-44 \text{ 岁女性的年中人口}} \times 1000$$

例: 2016 苏格兰

$$\frac{54,488}{1,025,102} \times 1000 = 0.05264$$

(52.6 per 1000 Women)

改进了 CBR

但仍较粗糙: 1. 未计算 15-44 岁区间女性的分布变化

2. 不同年龄间女性生育变化大

3. ASFRs (Age-specific Fertility Rates)

生育与女性年龄相关

$$\frac{X \text{ 岁女性生育}}{X \text{ 岁女性年中人口}} \times 1000$$

· 可汇报为: Birth per Women (未来 1000)

Birth per 1000 (未来 1000)

· 比 CBR 或 GFR 需要更多数据 (要将年龄段分布的出生)

· ASFR 通常以 5 年为一组计算并呈现

例: 15-19 岁女性的 ASFR

$$\frac{15-19 \text{ 岁女性育龄}}{15-19 \text{ 岁女性年中人口}} \times 1000$$

$$\frac{194}{147,000} \times 1000 = 0.01349 \text{ Birth per Women}$$

(或 13.49 Birth per 1000 Women)

· ASFR 数据描绘随年龄变化时生育的变化

4. 总和比较生育的单一测量: PTFR (Period Total Fertility Rate)

· 假设女性在经历特定年龄段的年龄特定比率时的平均出生人数

(PTFR 需先有 ASFRs)

$$PTFR = \frac{\text{ASFR}_1 + \text{ASFR}_2 + \dots}{1000} \quad (\text{若 ASFRs 以 5 年为一组})$$

(只当 ASFRs '是每 1000 人的实际 1000')

· 是假定女性在经历特定年龄的年龄特定期率时的平均出生人数

(PTFR 常先有 ASFRs)

$$PTFR = \frac{ASFR \text{ 之和} \times S}{1000} \quad (\text{若 ASFRs 是每 } 1000 \text{ 人时的年龄特率})$$

(一生中经历过现有人口的 ASFRs 的一位女性其平均生育数)
(PTFR 通常称为 TFR)

· 是年龄标准化的生育测量，故可在不同人群中比较（即使是不同的年龄结构）

· 但：1. 需大量数据

2. 需仔细推算：若

女性是单独的

· 其一生中经历与收集数据的 *Calendar year* 相同的年龄特率

· 但使 TFR 并非衡量其实女性群体所生立的实际数，而是另一名女性的综合（假设）*Calendar*

PTFR = 一名女性所有子女数

3. 假设 TFR 为 1.3 ≠ 波兰女性实际有 1.3 Birth，意味着若 2011 年的年龄特率她在一生中不变下在波兰的女性平均平均有 1.3 Birth

4. 也难以解释 TFR 的变化，因可能只是女性分娩时间变化，并非继续生育的人数

5. 为时间测量 (Period Measure) 的经典问题，用 *Chart Fertility* 更佳，来衡量了实际经历该组的女性

比较 TFRs

Replacement Fertility

TFR 理论上人口从一代至下一代的替代率需大于 2 (确切取决于死亡率)

5. GRR (Gross Reproduction Rate)

· 是衡量人口繁殖程度的指标，为使一个种群自我繁衍后代至少需一个女儿代替自己

GRR：仅限于女性生育的 TFR

两种之一：

· 只用女性生育计算 TFR

· 将 TFR 基于女性生育百分比

(eg.: Angola 2007: 5.81 (TFR) $\times 0.498 = 2.83$ (女性生育 / 女人))

· GRR 为 1，人口替换（基于女性代替母亲的假设，不现实）

所以要 NRR

例：没出生地：105 男 : 100 女

则：女性生育率： $100 / 105 = 0.948$

男性比： $105 / 100 = 1.05$

总出生人口 ($105 + 100 = 205$)

6. NRR (Net Reproduction Rate)

NRR = 调整了死亡率的 GRR

(死亡率越高，GRR 与 NRR 差别越大)

如何调整死亡率？

1. 用 ASFRs 算出当年母亲的平均年龄 ('m')

2. 计算女性出生且活到该平均年龄的概率

(存活概率基于生命表 第六章)

$NRR = GRR \times \text{存活至 } m \text{ 岁的概率}$

m 的计算：

$$m = \frac{\text{中位 ASFR 之和}}{\text{ASFR 之和}}$$

例：

Age Group	Mid points	ASFR	Mid point x ASFR
15-19	17.5	0.168	2.9660
20-24	22.5	0.244	5.4900
25-29	27.5	0.272	7.4800
30-34	32.5	0.231	7.5075
35-39	37.5	0.164	6.1500
40-44	42.5	0.068	2.9900
45-49	47.5	0.016	0.7600
Total	1.1610		33.1825

$$M = \frac{33.1825}{1.1610} = \approx 28.6 \text{ (年)}$$

存活至 28.6 的概率

Probability of surviving from birth to age (x)

Age (x) 0.01195

20 0.98805

22 0.89365

23 0.799508

24 0.751934

25 0.79128

26 0.78629

27 0.7813

28 0.7764

29 0.77132

30 0.76633

31 0.76132

32 0.75632

33 0.74998

34 0.743218

35 0.73744

(28.6 存活 29 岁)

2007 GRR = 2.83

存活部分平均年龄 = 28.6

2007 年女性存活至 28.6 的概率 = 0.77132

NRR = 2.83 × 0.77132 = 2.18

Angola 女性平均有 2.18 Surviving daughters

· NRR 为表明人口可替换值

注：1. 测量是基于 Period Rates 而非真正群体的终生生育能力

2. 生育行为可能改变

- NRR 为表明人口可替换性
- 测量是基于 Period Rate 而非真正群体的终生生育能力
- 生育行为可能改变
- NRR 需长时间低于 1，人口才有实际下降（忽略净移民）

W4 Cohort Fertility

1) Cohort Fertility

(测量时间内一组女性的生育)

两种 Cohort: Birth (同一年出生的女性)

· Marriage (同一年结婚的女性)

In-class

与 Period 相比在长期生育变化更有可信度

· 可能同年龄不同 Birth Cohort 的累积生育经历

· 比较家庭大小时测量尤佳有用

但 Cohort: 长期数据

· 数据为 Censored (常指女性完成生育)

(如直至 20 年代,无法将 10 年代出生的人的完全生育力与其父母的进行比较)

CTFR (Cohort Total Fertility Rate)

1) Cohort 版的 PTFR

(计算从 cohort ASFRs 之和)

例:

Age	1961	1966	1971	1976	1981	1986	1991	1996	2001	2006	2011	2016
15-19	37.3	47.7	50.6	32.2	28.1	30.1	33.0	29.7	28.0	26.6	21.2	13.7
20-24	72.8	62.9	109.3	105.3	92.7	89.3	77.0	69.0	73.2	71.6	55.8	
25-29	179.0	174.0	162.0	118.7	120.1	128.8	119.4	106.6	91.7	100.6	104.3	98.8
30-34	103.1	97.3	77.1	72.2	68.8	78.0	86.7	89.8	88.0	104.8	111.9	112.0
35-39	48.1	45.3	32.8	18.6	24.8	32.1	37.5	41.5	53.8	62.1	66.9	
40-44	15.0	12.5	8.7	4.8	4.9	5.3	7.2	8.8	11.4	14.2	15.9	
PTFR	2.77	2.76	2.38	1.70	1.78	1.77	1.80	1.74	1.64	1.85	1.93	1.82

$$\text{CTFR} = \frac{137.3 + 176.0 + 153.2 + 51.2 + 21.7 + 4.8 \times 5}{1000} = 2.25$$

PTFR = 2.77

Average number of births to women
Averge number of births to cohort

If experienced ASFRs in 1961
aged 15-19 in 1961

Age	1961	1966	1971	1976	1981	1986	1991	1996	2001	2006	2011	2016
15-19	37.3	47.7	50.6	32.2	28.1	30.1	33.0	29.7	28.0	26.6	21.2	13.7
20-24	72.8	62.9	109.3	105.3	92.7	89.3	77.0	69.0	73.2	71.6	55.8	
25-29	179.0	174.0	153.2	118.7	120.1	128.8	119.4	106.6	91.7	100.6	104.3	98.8
30-34	103.1	97.3	77.1	72.2	68.8	78.0	86.7	89.8	88.0	104.8	111.9	112.0
35-39	48.1	45.3	32.8	18.6	24.8	32.1	37.5	41.5	53.8	62.1	66.9	
40-44	15.0	12.5	8.7	4.8	4.9	5.3	7.2	8.8	11.4	14.2	15.9	
PTFR	2.77	2.76	2.38	1.70	1.78	1.77	1.80	1.74	1.64	1.85	1.93	1.82

Cohort 问题: 只可计算完全的 cohort 的 CTFR

2) Censored data

· Censored data 的问题意味着 CTFRs 无法通过尚未到达 Childbearing year 来推导 Birth cohort

未解

可能的解决该问题的方法是用以完成 cohort 的数据去填补缺失的 ASFRs (年龄组越大越稳定,

e.g. 40-45 岁, 但对其它年龄段可能有问题)

填补 ASFRs:

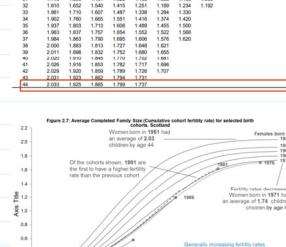
Year Born (Cohort)	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	CTFR
1941-45	37.3	176.0	153.2	57.2	21.7	4.8	2.25
1946-50	47.7	152.8	115.7	65.6	24.6	5.3	2.05
1951-55	50.6	128.9	103.3	53.0	17.8	3.2	1.85
1956-60	32.2	105.8	123.8	86.7	37.5	8.8	1.97
1961-65	28.1	92.7	119.4	89.8	41.5	11.4	1.91
1966-70	30.1	89.3	109.6	88.0	53.8	14.2	1.91
1971-75	33.0	77.0	91.7	104.8	62.1	15.9	1.92
1976-80	29.7	69.0	100.6	111.9	66.9		
1981-85	26.0	53.2	104.3	112.0			
1986-90	26.1	37.8	95.8				
1991-95	21.2	55.8					
1996-2000	13.7						

已完成的 Cohorts

当前有 21 年数据,

将更新这些 (数据已出)

Age	1961	1966	1971	1976	1981	1986	1991	1996	2001
15	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003	0.004	0.005	0.004	0.003
16	0.003	0.004	0.004	0.003	0.004	0.005	0.006	0.005	0.004
17	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.003	0.002
18	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001
19	0.238	0.217	0.164	0.143	0.147	0.143	0.138	0.133	0.117
20	0.261	0.234	0.187	0.164	0.168	0.163	0.158	0.153	0.133
21	0.205	0.187	0.144	0.121	0.125	0.120	0.115	0.110	0.090
22	0.205	0.187	0.144	0.121	0.125	0.120	0.115	0.110	0.090
23	0.192	0.174	0.131	0.108	0.112	0.107	0.102	0.097	0.087
24	0.192	0.174	0.131	0.108	0.112	0.107	0.102	0.097	0.087
25	0.155	0.137	0.094	0.071	0.075	0.069	0.064	0.060	0.050
26	0.155	0.137	0.094	0.071	0.075	0.069	0.064	0.060	0.050
27	0.142	0.124	0.084	0.061	0.065	0.059	0.054	0.050	0.040
28	0.142	0.124	0.084	0.061	0.065	0.059	0.054	0.050	0.040
29	0.125	0.102	0.071	0.048	0.052	0.047	0.042	0.040	0.030
30	0.125	0.102	0.071	0.048	0.052	0.047	0.042	0.040	0.030
31	0.125	0.102	0.071	0.048	0.052	0.047	0.042	0.040	0.030
32	0.101	0.082	0.059	0.045	0.049	0.044	0.040	0.037	0.027
33	0.101	0.082	0.059	0.045	0.049	0.044	0.040	0.037	0.027
34	0.092	0.070	0.050	0.037	0.041	0.036	0.032	0.030	0.020
35	0.092	0.070	0.050	0.037	0.041	0.036	0.032	0.030	0.020
36	0.083	0.067	0.047	0.034	0.038	0.033	0.030	0.028	0.018
37	0.083	0.067	0.047	0.034	0.038	0.033	0.030	0.028	0.018
38	0.080	0.064	0.044	0.032	0.036	0.031	0.028	0.026	0.016
39	0.080	0.064	0.044	0.032	0.036	0.031	0.028	0.026	0.016
40	0.080	0.064	0.044	0.032	0.036	0.031	0.028	0.026	0.016
41	0.080	0.064	0.044	0.032	0.036	0.031	0.028	0.026	0.016
42	0.080	0.064	0.044	0.032	0.036	0.031	0.028	0.026	0.016
43	0.080	0.064	0.044	0.032	0.036	0.031	0.028	0.026	0.016
44	0.080	0.064	0.044	0.032	0.036	0.031	0.028	0.026	0.016



3) CTFR vs. PTFR

· CTFR 比 PTFR 更少变量 (因 PTFR 反应历史 temp changes)

· 例: 1941-1945 从 1941-1945 世世代代人从 1941-1945 从 1941-1945

3) CTFR vs. PTFR

- CTFR 比 PTFR 更少变量 (因 PTFR 考虑了 tempo changes)
 - (如：结婚的年龄有延迟，更早生育会偏向 PTFR 而 CTFR)
- CTFR 只有同一 cohort 的女性比先前 cohort 有更多或更少生育时序移动
- 但要注意意味着当前 CTFR 的 cohorts 仅可在未来用 — 规划者和政策制定者想知道当前的 (故 PTFR 用途更广)

4) Estimating Cohort Fertility

(当无出生登记数据)

可用 Survey 样本的数据计算 CTFR

数据：

- World Fertility Survey (WFS) (1970s)
- Demographic Health Survey (DHS)

5) Proximate Determinants of Fertility Model

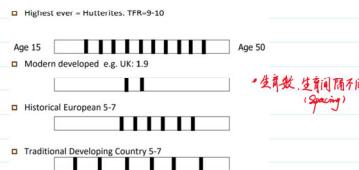
Fertility 与 population 的不同

1. Fertility level vary

计算与测量及种的方法：通过看生育率被抑制到假定某天以下的机制

(该机制为 "The proximate determinants of fertility")

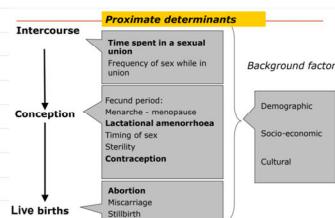
几乎所有生育率的差异都可以用这些近似决定因素中的3或4个来解释



2. Proximate Determinants

背景因素 (文化、社会、经济 etc.) 通过影响一个或多个 proximate determinants 影响生育

Background factors → Proximate determinants → Fertility



考虑人口间的生育差距

生育差距主要决定因素：

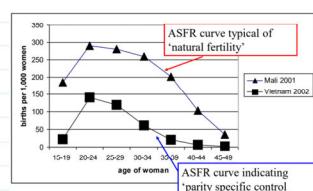
- 在 Sexual union 上花费的总时间 (以结婚为 proxy)
- 产后不敏感 (postpartum non-susceptibility) (哺乳喂养、哺乳期间性 (lactational amenorrhea))
- Contraceptive effect (导致出生后暂时性 infecundability) (可逆性避孕方法)
- 出生控制 (家庭计划) (Contraception and abortion)
- 永久性不育 (Permanent sterility)

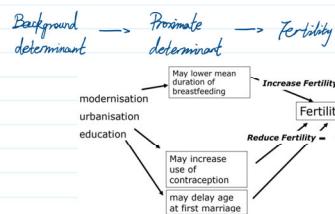
Contraception, abortion 用于：

- Delay 下一代 (Spacing behaviour)
 - ① 大剖腹产的子女数量往往低生育 (Stopping behaviour)
- Parity-specific regulation: 大规模避孕药具进行 parity-specific regulation
- 是生育率向小家庭 (norm) 转变的特征
- (其它 proximate determinants 不是 parity-specific 放大作用
效果节育的方法)

自然生育率 vs 胎次特异控制

- Natural fertility: 没有任何 parity-specific 控制行为下的生育能力
- 自然生育人口可画出 ASFR 明显的山形曲线识别，因生育率随女性年龄上升而下降
- 胎次特异控制的 ASFR 曲线趋势显示出随女性年龄生育高峰，一旦达到理想的家庭规模就停止生育

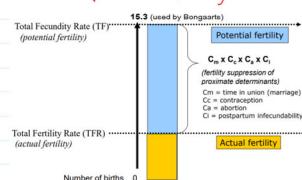




Proximate determinants model (Bongaarts Model)

(量化生育中4个主要 proximate determinants 的影响)
模型：该模型确定了在没有任何近似决定因素（即 universal marriage, 无产后绝育, 无避孕, 无堕胎）下, 女性将拥有的假设最大生育数

假定最大生育 = TFR (Total Fertility Rate)



用 Proximate determinants model 估计 PTFR

Bongaarts model

$$TFR = TFR \times C_m \times C_c \times C_r \times C_i$$

结婚 (避孕) (堕胎) (产后不育) (有名=1)

例: 结婚、无避孕、无堕胎、无产后不育

$$TFR = 15.3 \times 1 \times 1 \times 1 = 15.3$$

名单项计算 (本课无需知道 C_m, C_c, C_r, C_i 的公式)

C_m : 结婚比例

$$= \frac{\text{MASFR}_m \text{ 之和} \times \text{每个年龄组结婚比例}}{\text{MASFR}_m \text{ 之和}}$$

(MASFR_m = Marital Age Specific Fertility Rates)

C_c : Contraception

$$= 1 - (1.08 \times 1/m_{C_c})$$

取决于混合方法
(用 Contraception 的已婚比例)

C_r : 堕胎

(数据通常难得, 假设无堕胎, $C_r = 1$)

C_i : postpartum non-susceptibility

$$= \frac{20}{18.5 + i}$$

(产后复孕的平均持续时间)

W5 Mortality

1) Crude Death Rate

$$\frac{\text{年总死亡率}}{\text{年中人口}} \times 1000 \quad (\text{若以每}1000\text{人})$$

无法用于不同人口的比较 (未控制不同年龄结构)

ASMR (Age Specific Mortality Rates)
(特定年龄段下的死亡率)

$$\frac{\text{2岁龄死亡}}{\text{x岁年中人口}} \times 1000$$

需要更多数据

通常用于分析男性的死亡率

Strong-age / sex pattern 的死亡率

2)

死亡率随年龄增加 (除去前5年)

尤其是发展中国家, 其次5年可能有相对较高的风险

$$1. Infant Mortality Rate = \frac{\text{一年中, 小于1岁的死亡数}}{\text{年中出生数}} \times 1000$$

与母为总出生数

理想情况下男女分开 (但有时综合)

2. Child Mortality Rate $\frac{1\text{至}4\text{岁儿童死亡数}}{1\text{至}4\text{岁人口}} \times 1000$

跨人口比较死亡率

问题：死亡风险与年龄相关，比较Crude rate会误导

Crude rate掩盖了死亡风险年龄差异

解：用age-standardisation

比较每1000的ASMR

Age standardisation：总括当不同年龄性别时总人口的死亡率

(允许在消除人口的age-sex结构影响下比较)

两种方法：

1. Direct

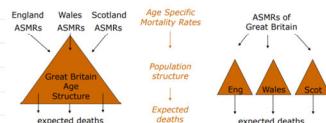
用3个人口年龄的age-specific死亡率
为一个相同的‘标准’人口结构来获取
预计死亡数

如：英格兰、苏格兰、威尔士汇总
为‘英国人口结构’，以此得一
个‘预期死亡’

2. Indirect

用同一‘标准’人口的age-specific死
亡率以获得3个人口年龄的‘预
计死亡数’

如：用同一‘英国人口Age-specific
Mortality Rates’代入英格兰、
苏格兰、威尔士以获得‘预计
死亡’



例：Chalk 和 Cheese 的 Directly Standardised Death Rate

步骤：(Chalk and Cheese)

1. 计算 Chalk 的 ASMRs： $\frac{\text{死亡}}{\text{人口}}$

2. 用 ASMRs 代入‘标准’人口 → 得整个国家的人口

3. 用标准人口得‘预期死亡’

4. 计算 Cheese 标准死亡率： $\frac{\text{标准人口的预期死亡}}{\text{总标准人口}}$

标准人口

(基于使用相同人口结构计算的比率进行比较) 差异反映了死亡风险的‘真实差异’，并非年龄
结构差异

· 标准年龄：若英文的ASMRs 可得 → 依年龄和性别标准化

3) Indirect Standardisation

ASMRs (标准人口) → 用于每个人口的结构 → 生成‘预期’死亡

(基于 Standardised Mortality Ratio (SMR))

计算 SMR：

1. 从标准人口(国家)取 ASMRs

2. 用 Chalk 的人口计算‘预期死亡’

3. SMR = 观察到的 Chalk 死亡 / 预期死亡

· 若真实死亡 = 预期死亡，则 SMR = 1

· SMR = 1.2 则该地比标准(国家)死亡率高 20%

· SMR 广泛用于比较 (优势：不了解感兴趣人群的 ASR，年龄结构和总死亡数)

4) Method Selection

· Direct：当比较人口时，所有地区的标准化比率都基于相同标准的人口结构 (更多数据 → 更精确)

但也要更多数据，每个感兴趣人群的 ASMRs 对小规模可能不适用

· Indirect：仅一个 ASMRs，人口结构和感兴趣人群死亡，对小规模更合适，标准人群更大故 ASR 有更多死亡而更可信

Standardisation 局限：

· 测量的是人口年龄结构上控制的差异

· 有利于揭示不同年龄结构人口间死亡率水平的差异，基于假定每个年龄结构的基本死亡模式 (ASMR 曲线) 相同

· 老年人群死亡率 (不仅有死亡率水平) 之间的关系在人口间不同 (年龄和年老者)，则其作为比较措施可能出问题

W6 Mortality

1) Life expectancy

(依特定年龄人口的死亡率，可测量人口中随年龄增长的预期寿命)

· 通常计算为 Birth measure 但也可计算为 Cohort measure

· 可计算任意年龄，但通常用 Life Expectancy at Birth (LEB) (此为若以现在 ASMRs 估算终身的新新生儿预期生活年数)

(通常男女区分，反映经历不同死亡率)

· 为测量死亡率的主要优势

· Age standardised → Comparisons

· Life expectancy at birth → a single figure summary of mortality of all ages

· 主要因素为新生儿死亡率的下降，对于发展中国家，近年预计寿命提升是老年死亡率的下降

2) Life Table

(基于一年数据组和另一数据组死亡概率)

· 创建一个新生儿的 Mortality Table 和对应的 Survival 和 Cumulative 百分比在 0-100 岁

2) Life Table

(基于一年数据和另一年数据间死亡概率)

· 制造一个新生儿的 Hypothetical Cohort, 再对其实 Ageing 和 Subjecting 至现在的 ASMRs 直至其全部死亡
(可使其一律, 只需 ASMRs 一个数据)

Life Table 可为
· Full life tables (用一年的 age (SYOA) information)
· Abridged life tables (用 grouped age information)
(之前的 Life Tables 假设了一个 Stationary Population)

作用:
· 任意特定时期下人类死亡的概率 (如: 前十年)
· 任选年龄下能存活至该年龄的概率 (如: 20 到 60)
· 其它作用: 如: 人寿保险公司在不同计划下需支付多少

Stationary Populations

(Life Tables 假设了一个被假定死亡数抵消的稳定出生数)
· Crude Birth Rate = Crude Death Rate
· Population growth is 0

无移民, 假设一个 'Closed Population', 人口变化的组合只有 Birth & Death

Constant Age Structure

· 每个年龄的数量随时间固定
· 每个年龄中, 每个年龄段与总数的比例不变
· 生命塔的形式随时间的变化相同, 但死亡率不同, 不同人口间也不同
(如: 高死亡率是个地基大的金字塔但上端迅速变细)

Making Life Table

将 ASMRs 转化为确切的死亡概率 ($nM_x \rightarrow nq_x$)
· Synthetic 是用一生时间内的生命的总数 - radix (通常为大整数)

一、死亡概率: nq_x

(为 q -type rates / initial rates)

· 年中率 (m type)
 $M_5 = \frac{5\text{岁人口当年死亡数}}{5\text{岁人口中人口}}$ (即平均下 5.5 岁的人)

· 初始率

$q_0 = \frac{5\text{岁人口当年死亡数}}{5\text{岁存活人口以年龄第 5 年}} \quad (\text{年龄确实为 5 的人口})$

通过 α_x :

· 年中预计人口 (P_x)
· 年内死亡人数 (D_x)
· 每个年龄的死亡人的平均比例 (α_x) (通常为 0.5)
(从初始至年中的死亡率为 $1 - \alpha_x$)
(例: $\alpha_x = 0.1$: 第一年死亡的人平均活了 0.1 年
 $1 - \alpha_x = 0.9$: 第一年 90% 发生在某出生后的年中)

· 得起始人口:

$P_x + (1 - \alpha_x)D_x \rightarrow$
(年中人口) \times (年初死亡概率) (死亡人数)

可得 nq_x

$$\overbrace{nq_x}^{\text{(年龄组的年龄)}} = \frac{nM_x}{1 + (1 - \alpha_x)nM_x}$$

(例: 那些在 1-4 岁死亡的人每年平均活 0.4:
 $q_x = \frac{nM_x}{1 + (1 - \alpha_x)nM_x}$)

二、存活概率: nPx

(x 至 $x+n$ 岁存活概率)

$$nPx = 1 - nq_x$$

三、特定年龄存活人数 I_x

· 基数为 I_0 , 通常以 10,000 或 100,000 代表假设 Birth cohort
· I_x 为从基数存活至 x 的人数

$$I_x = I_{x-n} \times nPx$$

四、准确年龄间死亡人数: nd_x

(x 至 $x+n$ 岁间死亡人数, 可看作两个 I_x 的差)

$$nd_x = I_x - I_{x+n}$$

五、准确年间存活的人数: nL_x

1. 每个在 x 至 $x+1$ 年龄的存活者均贡献了一整年
2. 每个在 x 至 $x+1$ 年间死亡的人贡献了一年的一小部分

$$nL_x = n(I_{x+n} + n\alpha_x \times nd_x)$$

对于最后一组的 nL_x

(需估计达表格上限 (如: 85+) 的人平均存活年 (对其进行 ASMRs))

$$L_{85+} = I_{85+} / M_{85+}$$

对于最后一组的 nL_x

(需估计达麦格上限(如: 85+) 的人平均存活年岁(对应用ASMRs))

$$L_{85+} = I_{85+} / M_{85+}$$

六、在确切年龄 x 后剩余存活的总人数: T_x

$$T_x = \text{total person-years lived after exact age } x$$

$$T_x = T_{x+n} + nL_x$$

七、年龄 x 的预计寿命: e_x

$$e_x = T_x / l_x$$

3) Interpretation

Life table 并非基于“真实”的人口 cohort (Period life table)

- 用假设的 cohort (radix) 及基于 ASMRs 单个 Calendar year 的 ASMRs 所得的死亡概率
- 只有当 ASMR 在未来 100 年内保持不变时, Real cohort 的经验会与 period life table 相匹
- 为计算真实人口的 life table (用 real birth cohort), 需等每个人死亡后才可生存 life table
- 预期寿命给出一个在假定出生率稳定的年岁时的预期年数
- 在死亡率下降的国家, 当年出生婴儿的实际 e_x 比 Life Table 中的要长
- (出生时的 e_x 是 L_x 的常见数据但并非唯一(如 20 岁时的 e_x 比较不同的死亡率))

出生 e_x 为指定时期内平均的总死亡率 (新生儿死亡率会带来高影响)

死亡率差异原因:

Compositional factors: 个体生存社会经济特征影响健康

Contextual factors: 地理片区特征影响健康 (远些发展且选择性移民使其加剧)

4) 小结:

- LT 基于 1 年和下 1 年间的死亡概率
- 死亡概率基于指定年的 ASMRs
- Periodic LT 建立一个受当前 ASMRs 影响的 hypothetical cohort (radix)
- Stationary population (无移民, 年龄结构不变, 相同的出生率相同的死亡)

Function	Description	Formula
M_x	Mortality rate between age x and $x+n$ (MRT)	$\frac{\Delta L_x}{L_x} \times 1000$
a_x	Probability of dying between age x and $x+n$ (population at start of the year)	$\frac{\Delta L_x}{1 + n/(1 - a_{x-1}) + M_x}$
d_x	Probability of surviving from age x to age $x+n$	$1 - a_x$
l_x	Number alive at exact age x	$L_x \cdot d_x$
A_x	Number deaths between x and $x+n$	$L_x - l_{x+n}$
I_x	Number of person years lived between age x and $x+n$	$(l_x - l_{x+n}) \cdot n$
t_x	Number of person years lived after age x	$l_x - l_{x+n}$
e_x	Life expectancy at age x	$\frac{l_x}{d_x}$

W7 Migration

1) 定义:

Change in a person's permanent or usual place of residence

$$P_{t+1} = P_t + B_t - D_t + I_t - E_t$$

数据作用:

- 人口变化重要组成部分
- 最频繁的人口统计学事件 (相对于自然变化影响较大)
- 最新预测
- 小国的主要变化
- Sub-national populations

2) 测量 (Gross & Net)

(通常为双向的)

Grosses: 所考虑区域内的全部移民之和

Net: 人流差

移民率组成



Net测量移入移出差

移民种类:

- Moves (时期内所有移动)
- Transitions (时期初和末地址不同者)
- Moves + Transitions between areas

(区域内 Moves 不影响总人口)
(缩小地域单位会增加移民体量)

3) 移民率

$$MR = \frac{\text{时期内人口移动量}}{\text{时期内有移动风险者}}$$

Transactions:
Out MR = $\frac{\text{时期内移出人数}}{\text{时期内人口}}$

Exodus:
常用 Out MR = $\frac{\text{移出人数}}{\text{区域内期中人口}}$

常用 In MR = $\frac{\text{移入人数}}{\text{区域内期中人口}}$

Gross MR = $\frac{\text{移入} + \text{时期内区域移出者}}{\text{年中人口}}$

Net MR = $\frac{\text{移入} - \text{时期内区域移出者}}{\text{年中人口}}$

(移民是年中人口估计中最弱的)

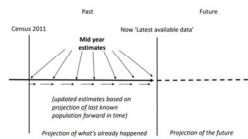
W8 Population Projection

1) Forecasts

- 预测需要:
1. 估计当前人口 → 追溯最新已知人口(上次普查)
→ 加入 Actual Counts (出生, 死亡, 移民)
2. 估计未来人口 → 假设关于出生, 死亡, 移民的假设

(Forecast quality 我们对未来有多准确 (不确定性))

(Projections specify 一些决定性变量)



作用: 国家与次国家级人口数据

控制未来趋势

分配资源

新资源投资

未来福利需求

商业营销

(为人口公式基础 P_t)

$$P_{t+1} = P_t + B_t - D_t + I_t - E_t$$

(现有人口时为预计实际事件, 未来人口时为假设的未来事件)

(公式相同, 但要有关于生育, 死亡, 移民的假设)

步骤:

1. 起始年的 B_{t0} 人口 (基数)
2. 预测计划内出生 (ASFR)
3. 以现有人口为初始人口 (调整死亡, 移民之前)
4. 应用所假设的 ASMR
5. 应用出入的 ASMR
6. 计算最终人口

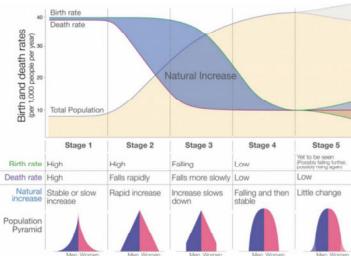
W9 Demographic Transition Model

1)

(Provides a framework to describe, compare and possibly predict demographic trend)

模型基于 Experience of Historical Europe

- 由 Pre-industrial 社会的 Social-economic transition 挑动



Stage 1:

High birth rate, High death rate, Stable or slow increase



Stage 1:

- 人口增长缓慢, 因生死均衡
- 生育高: '自然生育'无 deliberate Control
- 死亡高: 缺乏对疾病的理解
 - 缺少食物
 - 疾病致死率高

Stage 2:

- Early Expansion, 人口快速增加
- 死亡率低 (18世纪后期欧洲工业革命)
 - (更好食物, 更好医学, 卫生)
- 生育率高: 生死差距

Stage 3:

- Later Expansion, 人口仍增, 但增速放缓
- 生育率降低: 婚育意愿!
- 女性教育↑

Stage 4:

- 人口增长缓慢
- 生育降低, 小于死亡

Stage 5: Second Demographic Transition
(绝对为下降的, 因只有自然变化无移民)