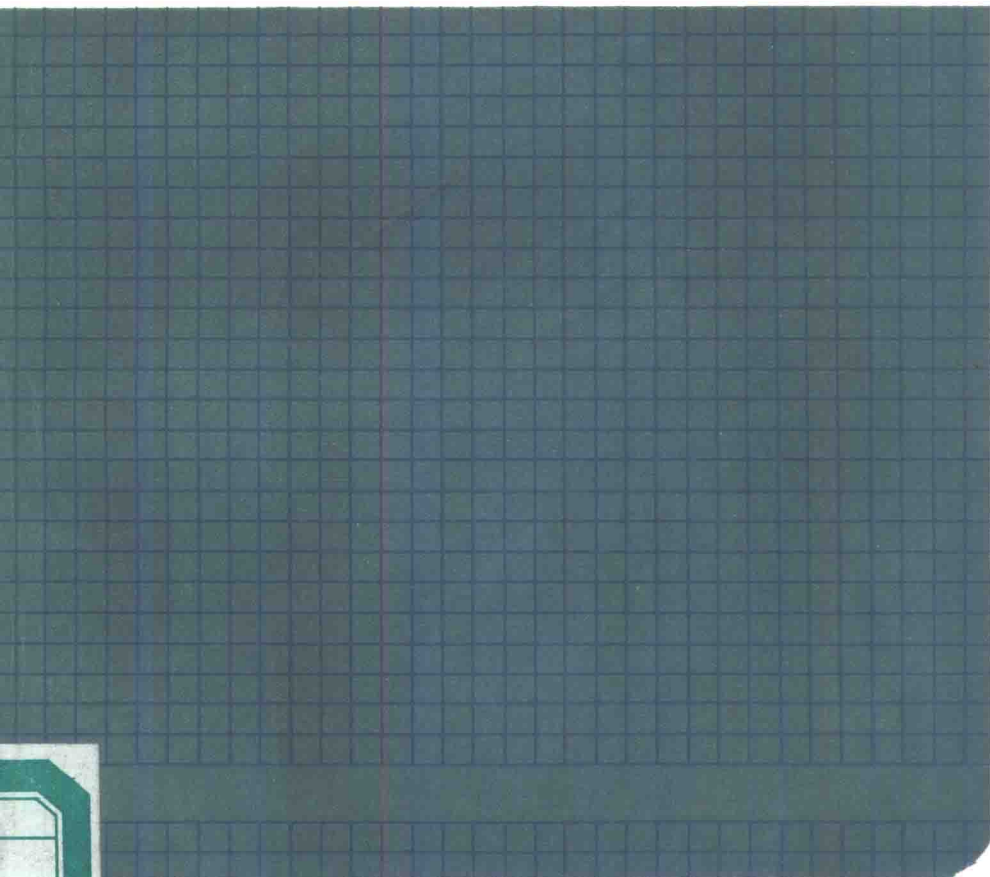


人口控制论

宋 健 于景元 著



科学出版社

人 口 控 制 论

宋 健 于景元 著

科 学 出 版 社

1 9 8 5

内 容 简 介

本书应用现代控制理论、系统科学、系统工程和计算机技术,对人口发展过程作了系统的研究。主要内容包括:人口系统的各种控制模型;各项人口参数的定义和计算方法;人口系统的动力学特性;人口系统的稳定性;人口系统的能控、能观测性;人口系统的预报;人口系统的最优控制;人口目标和零增长人口发展过程等。

本书的特点是定性研究和定量研究结合,社会科学和自然科学结合。本书的研究背景来源于我国人口控制问题,所得到的一般理论又用于我国的计划生育工作,因此,理论和实践的结合作是本书的另一特点。在写作上,既注意了科学的严谨性,又写得深入浅出,通俗易懂;既有严格的理论又有大量的实际人口数据,内容丰富。

本书对于从事人口学、生态学、控制论、计量经济学、系统科学和系统工程的科学工作者是一本很有参考价值的著作。对高等学校有关专业的教师和学生也是一本很好的教学参考书。

人 口 控 制 论

宋 健 于景元 著

责任编辑 李淑兰 唐正必

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1985年5月第 一 版 开本:810×1168 1/32

1985年5月第一次印刷 印张:9 7/8

精 1—2,750 插页:附 3 平 1

印数:平 1—3,000 字数:259,000

统一书号:15031·614

本社书号:3780·15—8

布脊精装 3.80 元
定价:平 装 3.00 元

序

一百多年前，当世界人口仅有十亿左右，地球上还显得相当空旷的时候，恩格斯就曾在写给考茨基的信中预言：“人类数量增多到必须为其增长规定一个限度的这种抽象的可能性当然是存在的。但是，如果说共产主义社会在将来某个时候不得不像已经对物的生产进行调整那样，同时也对人的生产进行调整，那么正是那个社会，而且只有那个社会才能毫无困难地做到这一点。”他接着又写道：“无论如何，共产主义社会中的人们自己会决定，是否应当为此采取某种措施。至于在什么时候，用什么办法，以及究竟是什么样的措施，我不认为自己有向他们提出这方面的建议和劝导的使命。那些人无论如何也不会比我和你笨。”在恩格斯讲这些话以后的近百年来，世界人口增长了近五倍，中国的人口也增长了两倍半。我们赖以生存的地球已显得十分拥挤，中国的近一千万平方公里的辽阔美丽的土地相对十亿人口来说也颇嫌狭小了。控制人口数量已经成为全世界政治家、思想家和各国人民所关注的当代重大问题之一。控制人口增长在一百年前还只有抽象的意义，今天已成为现实的紧迫任务。近百年来世界人口状态的这种变化是人类发展史上的巨大转折。

虽然从古希腊的亚里斯多德（公元前 384—公元前 322），中国战国时代的韩非（公元前 280—公元前 233），清朝的洪亮吉（1740—1809），英国的马尔萨斯（1766—1834）、李嘉图（1772—1823），到清末的汪士铎（1802—1889）都曾注意到人口的增长迟早要加以限制，但是，人口控制问题只有到本世纪初，特别是第二次世界大战以后才为人们普遍重视。二十世纪初以来，人口增长的速度之快引起了众多思想家和科学家的关注，人口科学也随之蓬勃发展。人口统计学、计量人口学、动态人口学等等均相继诞

生。本世纪五十年代以来,系统论和控制论科学的出现,给人口学注入了新的思想和方法。本书的目的是用系统论和控制论的思想、观点和方法叙述现代定量人口科学的主要成就和应用范围。作者希望能用“人口控制论”这一名称来概括现代人口学的历史使命和方法论方面的主要特征。这也是对恩格斯留给后人的关于人口命题的一个可能的答案。人口学历来被认为纯属于社会科学范畴。这本书中所综述的问题,社会科学家可能不认为是属于传统的社会科学领域的东西;另一方面,自然科学家们又至今不愿承认这是自然科学的一部分。如果人口控制论这个新的学科所遇到的仅仅是这种分类学方面的困难,那么作者将认为他们的目的已经达到,并为此感到高兴。马克思曾经设想过:“自然科学往后将会把人类的科学总结在自己的下面,正如同关于人类的科学把自然科学总结在自己下面一样,正将成为一门科学。我们称这种自然科学与社会科学‘成为一门科学’的过程为自然科学与社会科学的一体化。”人口控制论将可能因有幸成为这个“一体化”过程中的新生学科之一而在科学史上留下它的足迹。

作者编写本书的意愿发源于《人口预测和人口控制》一书的草就过程中。本书部分内容取材于为《Population Control in China Theory and Application》一书草拟的中文稿,后者是本书作者之一在美国檀香山东西方中心工作期间编写的。我们衷心感谢东西方中心的赵利济博士的热情支持和帮助,使我们有机会广泛了解和学习世界各国人口学家的成就而受益甚大。上述英文书的合作者之一,段纪宪先生对人口控制论在解决人口问题中的作用的深刻见解和很多宝贵意见,对改进本书的叙述方法和促进本书的出版,均起了推动作用。作者对上述各位表示衷心感谢。另外,作者还感谢王彦祖同志和研究生杨同增、何湘伟、宋予合、谢劲红、黄晓星等,他们为校准公式、整理原稿和作图制表花费了不少力量。

现代文明建设前进的急速步伐、控制人口任务的紧迫感和本职工作的压力,催促着我们早日将书稿交出。虽然作者们曾尽力核对过书中引用的材料和数据,以求减少差错,但谬误和缺陷仍然

• • •

会有不少,诚恳欢迎读者批评指正。

宋 健

一九八三年十月三十日

目 录

序.....	iv
第一章 引论.....	1
1.1 人类的自由和束缚	1
1.2 地球和人类	6
1.3 中国的人口	12
1.4 人类和生态系统	17
1.5 人类发展从必然到自由的过渡	22
1.6 人口控制论的任务	26
1.7 方法论	34
参考文献	39
第二章 人口系统的数学模型.....	41
2.1 连续人口发展方程	43
2.2 离散人口发展方程	50
2.3 人口发展随机方程	56
2.4 人口大系统	68
2.5 死亡率函数	72
2.6 妇女平均生育率和生育模式	76
2.7 女性比例函数	84
2.8 连续人口发展方程的解	89
参考文献	92
第三章 人口指数.....	95
3.1 静态人口指数	96
3.2 平均寿命和平均期望寿命	103
3.3 人口纯再生产率	117
3.4 女性两代间隔	121
3.5 人口老化指数	124
3.6 劳动力指数和抚养指数	125

3.7 妇女平均生育率的计算	127
参考文献	130
第四章 人口系统的动态分析	132
4.1 人口系统的传递函数和时间常数	132
4.2 人口系统的能观性	143
4.3 人口状态的类型和转换	147
4.4 人口算子的谱特性及其半群的渐近性质	157
4.5 离散人口模型解的渐近性质	167
参考文献	178
第五章 人口系统稳定性理论	180
5.1 人口系统的稳定性概念	180
5.2 妇女临界生育率	184
5.3 连续人口系统方程的稳定性	190
5.4 离散人口系统方程的稳定性	198
5.5 中国的妇女临界生育率	202
5.6 人类当前的历史使命	208
参考文献	213
第六章 人口预报和人口政策	215
6.1 预报的意义和方法	215
6.2 基本人口函数的外推	219
6.3 人口预测的计算方法	227
6.4 关于预报精度	231
6.5 中国人口短期和长期预报	234
参考文献	248
第七章 理想社会的人口结构	250
7.1 理想社会的人口	250
7.2 零增长率	252
7.3 零增长率人口状态精细结构	255
7.4 适度人口概念的演变	259
7.5 中国的适度人口	265
参考文献	274
第八章 人口发展过程的最优控制	276

8.1 关于命题的引言	276
8.2 人口系统的能控性	279
8.3 优化指标和约束条件	284
8.4 连续人口方程的最优控制	288
8.5 有约束情况下的最优控制	290
8.6 最优妇女平均生育率的计算方法	294
8.7 年时三角形优化方法	298
8.8 计算结果和人口控制	304
参考文献	308

第一章 引 论

1.1 人类的自由和束缚

人类自从出现在这个世界上迄今几百万年以来，无时无刻不在与大自然搏斗。现在，人们终于依靠智慧和社会的力量征服了自然，取得了辉煌的胜利。我们已经把全部植物界置于自己的管辖之下，把它变为生活资料的取之不竭的源泉。对人类出现以前数千万年就已埋藏在地层深处的植物残骸，我们也有办法找到它，挖出来，当做燃料，一点一点地烧掉。我们已成为全部动物界的统治者，战胜了狼虫虎豹和毒蛇猛兽。它们曾伤害过许多人类的祖先和同类。现在，我们终于报仇雪恨了，让它们用生命来偿还历史上欠下的血债，把它们的肉做成美味佳肴，把它们的皮毛做成舒适的衣着，就连骨头，有时也拿来泡酒喝。海洋中巨大而凶猛的鲸鲨，虽然和我们的祖先未曾结下深仇夙冤，但对人们今天的水中活动却构成威胁，所以也休想逃脱人们的追捕，最终还是要把它们的肉做成粉，把翅当作珍品吃掉。我们驯服了江河，驾驭着闪电，使它们像牛马一般为人类服务。我们学会了驾驭对我们的远古祖先曾构成危险的火，让它驱动汽车、火车、飞机和火箭，使我们得以驰骋在地球表面，遨游于太空之中，走进月宫，向金星、火星等太阳附近的行星，以及太阳系之外的银河系派去了使者。总之，我们胜利了，我们主宰了世界，我们征服了太空，我们赢得了自由！

人类是仁慈的，眼泪的存在就是证明。我们爱怜纯洁的天鹅、善歌的画眉、忠诚的鸳鸯、娇痴的熊猫、健美的麋鹿和顽皮的金丝猴。当世界上人数还少的时候，我们可以容许珍兽异禽自由地产卵和繁殖，和我们共存。唐朝诗人李白（701—762）曾描写过：

朝辞白帝彩云间，

千里江陵一日还。
两岸猿声啼不住，
轻舟已过万重山。

可见一千二百多年前长江三峡两岸是猴子的天堂，乘舟飞渡，一路上猿声不绝于耳。据记载，那时中国人口只有4800万左右，仅为现在的二十分之一。今天我国的人口已达到十亿，必须开垦荒地，伐林耕作，以养吾生。今天三峡两岸的猴子已经不见了，就是鸳鸯、画眉，也不能保障它们有产卵的地方。为养育四十三亿人口，地球已嫌太小了。中国要养育十亿人口，耕地也感不足。可爱的动物应该懂得，人类的仁慈是有限度的，我们只能在动物园里或者指定的保护区里给你们留下一个角落，使你们的种族不至于灭绝。你们应该感谢人们的这种宽厚和善良。如果这样仍然不能使你们避免灭绝，那就实在是爱莫能助了。

被恩格斯称之为有辩证法思想的法国启蒙思想家卢梭(1712—1778)有句名言：“人是生而自由的，但却无时不在枷锁之中。”应该记住，我们不能过分陶醉于对自然界的胜利，不管我们取得了多么辉煌的成就。“我们连同我们的血、肉和头脑都是属于和存在于自然界的；我们对自然界的整个统治，是在于我们比其他一切动物强，能够认识和正确运用自然规律。”^[1]人类的产生和进步是地球上生物进化的结果，人类的历史是在地球表面上展开的，我们被牢牢地束缚在地球的生物圈之中。科学已经证明，这是人类在可预见的未来所不可摆脱的束缚。

几千年来，人类仰望天空，幻想着能在“九重天外”找到自己的同类和邻居，渴望能发现天外绿洲，以便在患难时能迁往安居。多少年来人们编造了无数动人的神话故事，设想过种种幸福的天堂，以期解脱在地球上的苦难和不幸。月亮是人类向往的第一个目标：美国人看到月亮上有一个男人在劳动，印度人看到的是兔子，萨摩亚人看到的是一个女人在纺织，中国人看见的是自己的同族——一位为逃脱凶恶丈夫的欺凌而逃奔的娇女嫦娥在月亮上面翩翩起舞。南宋诗人辛弃疾有一首著名的词《木兰花慢》说：“可

怜今昔月，向何处，去悠悠？是别有人间，那边才见，光影东头？是天外，空汗漫，但长风浩浩送中秋？飞镜无根谁系，姮娥不嫁谁留？”这说明 800 年前的人们是相信月亮上可以住人的。然而在 300 年前，天文学家终于弄清了月亮上的情况。1969 年 7 月 20 日，两位美国宇航员第一次登上了月球，在上面考察了 3 小时又 47 分钟。后来又有 16 人去过月球，累计在月面上考察了 600 多人小时。结果完全证实了天文学家早已作出的科学结论：月亮是一个没有空气，没有水，被荒沙和砾石覆盖着的死寂的星球，从来没有过而且永远不会有类似生命的东西存在。如果没有特制的宇宙服保护，任何发源于地球上的生物将立即窒息而死。男人、女人、小兔等等，那不过是古人的幻想罢了。

直到十几年前，科学家们还期望着，能在太阳系中离我们最近的火星上找到类似生命的东西。自从发明望远镜以来，人们看到火星上好像有运河、冰雪或绿色的草地。1976 年 7 月 20 日，海盗 1 号飞船第一次安全降落在火星表面，摄取了清晰的照片，精确地测量了各种数据，并发回地面。火星表面气压太低，相当于地球表面 30 公里以上高空的大气密度，而且主要成份是二氧化碳，温度时常低到摄氏零下 130 度，没有发现任何有生命的东西。不管将来在那里能否找到最低级的生命物质，火星上不是人类居住的地方，这已是肯定的科学事实。1975 年 10 月 22 日，另一艘飞船降落到离地球最近的第二个行星——金星上，测到了令人生畏的数据：金星表面大气太稠密，比地球上的大气压高 100 倍，几乎全是二氧化碳，昼夜温度都在摄氏 500 度左右。发源于地球上的任何生物置于这种条件下将立即化为灰烬。1974 年和 1975 年水手 10 号飞船三次掠过水星，已经查明它和月亮一样荒凉死寂，没有空气，夜间是摄氏零下 160 度，白天是零上 300 多度。太阳系中的其它行星因为离太阳太远，更不可能具有人类可能生存的条件。

在太阳系以外探寻我们的同类是令人神往的课题，最近二十年来吸引了众多的科学家，成立了专门学会和研究组织。人们的

确有理由期望，几百万年前人类在地球上的出现并不是无垠宇宙中的孤立事件。 仅在我们的银河系中就有 1000 多亿个类似太阳的恒星，每个恒星都可能有自己的行星。 既然科学已经证明了地球上的所有化学元素普遍地存在于整个宇宙之中，就不能排除在另一些星球上也存在适合生命发生和进化的环境的可能性。也许在某个遥远的星球上，比地球更早地出现了生命，那里有比地球上的人类更为高级的生物，有比我们更高的文明、更先进的科学技术、更伟大的智慧、更美好的社会。有的科学家甚至还具体地“算出”了在银河系内约有 10 万多个恒星附近可能存在“地外文明”。遗憾的是，即使在宇宙中确有别的“人间”，离我们也是非常遥远的。现代科学已确实查明，离我们最近的一个更为年轻的“太阳”叫作半人马座比邻星(中国名南门二丙星)，离我们约 4.2 光年，约合 40 万亿公里。光或无线电信号要走 4 年多才能到达；如果有人乘坐具有每秒 30 公里速度的飞船，要飞 4 万年以上才能到达。这真是望尘莫及了！至于它的周围有没有类似地球的行星？行星上有没有人类可以生存的条件？今天的科学还无法作出回答。1972 年美国科学家发射的重 290 公斤的先锋 10 号飞船，在太阳系中漫游了 11 年以后，于 1983 年 6 月 13 日穿过海王星的轨道而进入银河系，向天鹰星座方向前进。然而，只有在 22 万年以后才能达到该星座的牛郎星附近。

和人类的良好愿望相反，科学已经证明了的事实是，今天在离地球 40 万亿公里的范围以内没有人间。人类赖以生存的地球是浩瀚宇宙中的一叶孤舟，是沿着那无法摆脱的轨道绕太阳旋转的一艘飞船。在太阳系的周围，人类没有近邻可以互相召唤，没有什么天然的外空基地可以停靠，不存在人类可以迁居的天外“绿洲”。地球的这种多少令人失望的境遇至少还要延续上万年，因为即使考虑到我们的地球被太阳牵动着正以每秒 250 公里的速度绕银河系中心转动着，要走过上述 40 万亿公里的距离还要 5000 年以上，何况太阳系是背离南门二的方向而去。

空间科学技术近年来所取得的伟大成就又激起了人们新的遐

想。富于幻想的人们又在兴致勃勃地谈论着在外层空间建造“轨道城市”或“月球村庄”，似乎有朝一日人类可以在那里开创新的文明世界。我们认为这是对科学成就的误解。宇航员们的轨道飞行和月球探险是人类探索大自然的伟大壮举和英勇献身精神的体现，而他们的科学实验结果恰恰证明了外层空间不是人类能够长期居住的地方。对于人类生活来说，就是地球上汹涌澎湃的大洋，干旱不毛的沙漠，永世封冻的南极冰洲，甚至空气稀薄的喜马拉雅山巅，都比那没有空气的外层空间要安全和舒适上万倍。既然空气和水是生物界存在的先决条件，在外层空间中，人工建造的保护措施一旦有些差错必将导致居住其中的一切生物灭绝的灾难。所以，如果人类必须开辟新的居住空间的话，应该向沙漠、大洋、高原或极地进军，而不是外层空间。在可以想象到的遥远未来，后者只能是科学家们探索的目标和探险家们的领地。

整个人类的产生、生存、繁衍和进化都被牢牢地束缚在地球上；地球孕育了我们的祖先，哺育着今人，等待着接纳我们的后代。我们的一切，包括生命本身，都离不开大地，就象鱼儿离不开水一样。这是我们研究未来学的科学基础，特别是研究未来人口学的基本出发点。陈毅元帅曾写过一首诗：

宇宙无穷大，
万国共一球。
展望天外天，
想做逍遥游。
后羿夸射日，
羲和逐光流。
人类百万年，
实为地之囚。
生命在代续，
知识无尽头。

这首诗表达了一种深刻的科学信念：我们不能把幻想当作真理，把希望当成现实；我们应该严格区分那些是科学已经证明了的东

西,那些是尚未得到证明的假设。至少在今后数千年的未来,人类社会的问题,尤其是人口问题,只能在地球上解决。任何政策上的轻率、任性和浪漫,只能给后代带来不幸和灾难。

1.2 地球和人类

我们赖以生存的地球是一个悬浮在宇宙空间的,平均半径为6371公里的球体。它象一个巨大的陀螺,以每昼夜一周的速度在永恒地旋转着。它沿着一条半径约为1.5亿公里的近圆轨道,以每秒29.76公里的速度,绕太阳转动了至少已有46亿年。地球是如何生成的?我们知道得很少,虽然科学家们提出了很多假设,恐怕永远得不到证明。然而地质学家和古生物学家已确切地证明了,生命是在20亿年前开始在地球上出现的,在5亿年前出现了无脊椎动物,4亿年前有了鱼类,3亿年前出现了两栖类动物,而哺乳类动物仅有6500万年的历史。人类的直接祖先——猿类只是在200万年至300万年前才出现在这个世界上。人类是大自然的创造物,是地球上生物进化的产物。大地是我们的母亲,它赐予我们以生命,它是人类诞生和进化的摇篮,是人类生存的基地。图1.2-1和图1.2-2示出的两张照片,一张是宇航员在月亮上拍摄的半个地球,另一张是在空间远处拍摄的西半球全貌。地球是美丽的、伟大的,然而在无限宇宙中它又是多么渺小!

地球的表面有五亿一千万平方公里,其中海洋占三亿六千万平方公里,未被海水淹没的陆地约为一亿五千万平方公里,仅占地球表面的百分之二十九。随着人口数量的迅速增长和智力的发展,今天,人类已住遍了整个大地的百分之九十,即一亿三千五百五十万平方公里的陆地上已经有人定居。人类在力所能及的范围内大规模地、随心所欲地改造着大自然,改好了的和改坏了的都有。今天,人类已经无可争议地成为整个地球的主人。人类牢固地统治着全部动物界。然而,人是当今生存在地球上的动物界资历最浅的一个成员。地质学家和生物学家根据不同地质年代的地层中找

到的动物化石,已经相当准确地弄清了各类动物的“出身”和经历。下面这张表(表 1.2-1)中所列数据是发人深思的,几乎所有现在尚存的动物在地球上的生活资历都比人要老得多。古猿的直立行走

表 1.2-1 一些动物的资历

动物名称	在地球上出现年代	已经历过的时间
水母、蛤	古生代寒武纪	6.3 亿年
虾、蟹	古生代奥陶纪	5 亿年
蜘蛛	古生代奥陶纪	5 亿年
龟、蛙	古生代石炭纪	3 亿年
蛇	古生代二迭纪	2.8 亿年
鼠	中生代侏罗纪	1.8 亿年
鸟类	中生代白垩纪	1.3 亿年
鸡、鸭	第三纪古新世	7000 万年
马	第三纪始新世	6000 万年
牛、羊、鲸鱼	第三纪始新世	5000 万年
猫	第三纪渐新世	3500 万年
狗	第三纪中新世	2500 万年
森林古猿	第三纪中新世	1500 万年
腊玛古猿	第三纪中新世	1400 万年
云南元谋猿人	第四纪更新世	170 万年
蓝田猿人	第四纪更新世	100 万年
“北京人”	第四纪更新世	50 万年

被人类学家认为是人的出现的重要标志之一。1964 年我国古人类和古动物学家在陕西蓝田发现的人类化石证明,蓝田猿人是北方直立人的早期代表。如果他们正是我们的祖先的话,那么距今仅有 100 万年左右。如果把 1965 年在云南元谋发现的猿人化石看作是东亚人的祖先(距今 170 万年),那么人类迄今的全部历史也不会超过 200 万年至 300 万年。

人类一旦出现在地球上,凭着他的智慧很快就战胜了所有的对手——狼虫虎豹而称雄于世。自从掌握了用火的技术以后,学会了吃熟食,人的营养大为改善,脑容量和智力迅速发展。从采集食物到向农业和畜牧业的过渡,丰富了人类的食物来源,人口的繁殖加快,人口的数量日益增多。古代的世界人口数量并无记录传

表 1.2-2 对公元前世界人口发展的估计^[28]

公 元 前	时 期	本期延续时间	期初世界人口数	每千年人口增长率
100 万年	旧石器时代前期	9×10^5 年	1~2 万人	每千年小于0.01%
10 万年	旧石器时代中期	7×10^4 年	20~30 万人	每千年 3%
3 万年	旧石器时代后期	15000 年	100~300 万人	每千年 8%
15000 年	中石器时代	8000 年	1000 万人	每千年 8%
7000 年	新石器时代	5000 年	5000 万人	每千年 40%
2000 年	金属器械时代	2000 年	1 亿人	每千年 14.8%
公元元年	—	—	2.5~3.0 亿	每千年 73.2%

表 1.2-3 近千年来世界人口变迁的估计

年代(公元)	世界人口总数	每年平均增长率(%)
1000	275×10^6	0.02
1100	306×10^6	0.11
1200	348×10^6	0.13
1300	384×10^6	0.10
1400	373×10^6	-0.03
1500	446×10^6	0.18
1650	553×10^6	—
1750	726×10^6	—
1800	919×10^6	0.24
1850	1325×10^6	
1900	1617×10^6	0.57
1910	1755×10^6	0.82
1920	1811×10^6	0.31
1930	2070×10^6	1.3
1940	2295×10^6	1.0
1950	2490×10^6	0.8
1960	2982×10^6	1.8
1970	3632×10^6	2.0
1980	4400×10^6	1.9
1982	4585×10^6	1.9
1983	4670×10^6	—
1990(预测值)	5260×10^6	1.8
2000(预测值)	6230×10^6	1.7