

# 古代干旱地区的教训

Fred Pearce

“即使没有现代工程的恩惠，人们也曾于现在认为无法居住的地方生存下来。当我们的水资源日益枯竭的时候，我们能向祖先学习吗？”

从特拉维夫向南通往内格夫沙漠的道路有很长一段通过雅法地区广阔的桔林，它由水泵从北方加利利海送来代价昂贵的水进行灌溉。葱郁的田野是“建立沙漠花园”的以色列之梦的具体化，但他们把以色列的水源榨取到了极限，水泵消耗了该国五分之一的电力。

然而，驱车深入更远的沙漠，你会突然碰到荒芜了若干世纪的过去的农业文明的迹象，它除了雨水什么也没用。1500年前内格夫居住着纳巴泰人的沙漠商队，这些商人建造了伟大的山顶城市皮特拉、阿夫达特和希夫塔。他们通过“收获”当地雨水灌溉田地而种出食物。现在他们城市的废墟吸引着旅游者，他们的一些农场已被以色列科学家复兴，沙漠里又一次长出了庄稼。

在阿夫达特城墙下(当地年降雨量只有100毫米)，附近雅各布·布劳斯坦沙漠研究所的佩德罗·伯林奈指给我看一个旱谷出口周围纳巴泰人的农场。已是三月底，这里有一个月没下雨，但是沙漠土壤是潮湿的，田里的小麦生长迅速。那里的巴旦杏已绽出绿叶，阿月浑子树也发了芽。他说：“我们这里已种出了《圣经》上提到的大部分庄稼”。

流动的研究，能为中心地理论提供几点有益的补充：

第一，城市等级体系内高等级地区可以向低等级地区出口他们的货物，低等级地区也可以向高等级地区出口他们的货物。高等级地区虽然生产所有低等级地区生产的货物，但并不意味着他们可以维持货物的自足，他们仍然可能从其它地区进口一些货物。通常，高等级地区出口高等级货物，进口低等级货物。更进一步说，一个地区即使某种货物不能自足，也可以出口那种货物；反之，一个地区某种货物自足有余，仍可以进口那种货物。按照我们的模型，城市体系等级之间能够通过两方直接的产业流动建立贸易平衡，而不是通过农业部门的间接贸易。

第二，通过本文模型可以计算出经济基础比率。虽然这方面的研究还有待深入，但从本文实例计算的结果来看，非基础比率趋向随城市规模增加。当两个不同等级地区的

贸易模式不同时，低等级地区比高等级地区可能有更高的非基础比率。每一地区的非基础比率是贸易系数、门槛因素、嵌套因素、在体系中的等级位次和地区在体系中的地理区位的函数。

第三，城市在中心地体系中的相对区位对城市的增长有很大影响。体系中等级地区的出现会改变现有城市的相对规模，使城市出现新的增长形式。相同等级的城市，靠近大城市者增长较快。原来属于相同等级的城市随着体系中等级数目的增加，其间的规模差异会变得更大，其结果会形成连续的城市等级。城市规模的连续性是由他们的相对区位引起的，而不是因为不确定的随机性。本文模型为把投入——产出分析和重力模型与中心地理论相结合提供了理论思路。

张弘芬 张文合译自《Journal of Regional Science》，1988年第3期，杨燕凤校

这一成功的秘密是六道石墙，每道约半米高，从农场蜿蜒伸出，跨过干谷，爬上两旁的山。每年有一两次，这些墙把骤然而降的短暂的倾盆大雨分流，雨水巧妙地通过一条集水道和沟渠水网灌溉一些田地。

以色列人已把沙漠农场看作会在非洲赢得朋友的援助方案的示范计划。但是因为今年干旱席卷了以色列，靠供水而繁荣的沙漠农场就象是对该国本身的某些问题的回答。伯林奈说：“我们的阿月浑子果至今经济上还不能盈利，但是随着现代农场水价提高，这种径流式农业会越来越具有吸引力”。

一旦你开始寻找石墙，它们在内格夫沙漠中到处都有出现，沙漠远不是空旷的不毛之地，经常兴建取水工程。绝大部分石墙并非把水引向农场，而是引向山腰挖的蓄水池以保证山羊和绵羊群及贝督因牧民全年的饮水。沙漠研究所的一个孤独的阿拉伯主义者叶呼达·内沃说这些蓄水池在纳巴泰人来到以前很早就是沙漠上生存的基础。“它在这里已存在了几百年，也许有几千年。对贝督因人来说，在沙漠中任何地方也没有饮水问题”。

内格夫没有什么独特之处，除了个别例外，汇集雨水必然是世界沙漠中的法则，也许在印度西部塔尔沙漠这也是最好的贮水办法。那里的水箱、贮水池、石墙、水坝、人工水窖和其它方式的设施仍然能获得足够水量，使它成为世界上人口最稠密的沙漠，每平方公里养活60个人。

利比亚的卡扎菲上校花了200亿美元建造他的“大运河”，设计了一套庞大的管道和泵站网络从撒哈拉地下古代的蓄水层提水送到沿海农场。然而测量员们指出人工河流径的路线在80年代里不时引起考古人员的注意，顺这条路在巨大的干谷的岩石中发掘。研究人员已经发现阿拉伯人2000年前也在这里汇集稀罕的雨水以保障这些干谷的农业。

英国曼彻斯特大学考古学家巴里·琼斯为联合国教科文组织（UNESCO）利比亚流域文明规划工作时发现农民在这干燥的山谷种植无花果，橄榄树、葡萄和大麦；几乎2000年前利比亚就以罗马帝国的谷仓而远近闻名。

没有一滴水被浪费。“利比亚研究”杂志1989年发表的一份UNESCO报告总结道：“洪水在高原边缘被石墙和涵洞导入谷底，由另外的或宽或窄的石墙加以控制。……在高原上也一样，洪水由石墙引入淤积的浅难以改善放牧（条件）。”

美国人和利比亚人一样花费数十亿美元把水送过沙漠，因为他们已经失掉了收集沙漠降雨的知识。19世纪90年代一位美国测量员在亚利桑那州索诺兰沙漠中写道：“整个地区是无可救药的沙漠，不适于农业。然而当七月开始下雨时，帕帕戈族印第安人种下了玉米、南瓜和甜瓜。”

被白人定居者圈进塔克森西部San Xavier保留地的帕帕戈人以漏斗边似的长堤把雨水汇集到几公顷大的区域来收水已有几百年了。50年代曾被植物学家埃德加·安德森描绘为“世界上最值得注意的农业系统之一”的这个系统今天已经几乎完全被放弃。法院给了帕帕戈人一个用亚利桑那中央计划提供的水源恢复农业的机会来代替，这是一项用价值30亿美元的高架水渠把水从邻州的科罗拉多河引到沙漠城市菲尼克斯和塔克森的计划。它在法律上表现出为时已晚的公正。但是，劝说帕帕戈人不再收集雨水，然后花费数十亿美元把几千公里之外怀俄明山区的雪水带给他们，这很难看成是现代世界的一个胜利。

帕帕戈人并不是在美国西部的不毛之地耕种的第一个印第安人群体。19世纪中叶建立的菲尼克斯城（凤凰）得名于它座落于霍霍卡姆族用来使盐河改道流到他们的田地的一个灌溉网的遗址上。当16世纪西班牙人来到时，他们给最初的部落起名“纳瓦霍”人，意思是“巨

大的种植场。500年前，在科罗拉多高原以北，阿那萨基人建造数以千计的小坝截留暴风雨过后冲下山坡的雨水和肥沃的淤泥，用来在干旱的峡谷里种玉米、豆子和蔬菜。

更引人注意的还是在墨西哥和南美的发现。在秘鲁安第斯山坡上，陡峭的山腰有数百万公顷靠石墙灌溉的梯田和数百公里长建造精巧的渠道，供应印加人“太阳帝国”和他们现已消失的马丘比丘城。这些只是较为明显的遗迹。同等重要的发现是供养巨大人口的古老农业，它建立于排水不良的南美大草原，那里为水浸透的土壤今天最多只能用于牲畜的季节性牧场。

这些发现始于1960年，当时石油勘探者乘沼地马车穿过玻利维亚遥远的东北低地的利亚诺斯—德莫诺斯草原，它每年因亚马孙支流的洪水泛滥而淹没。平坦的平原显露出一条无穷无尽的浅浅的连续隆起——足够马车在上面颠簸地前进。航空摄影辨认出许多明沟和土堤构成的波纹的景象，每道高度都不超过半米，穿过200平方公里利亚诺斯低地。威斯康辛大学的威廉·德内凡研究了这条隆起，他说是当地的部落象阿拉瓦坎—马约人和鲍里人在大约1000年前构筑的这条隆起。他们建成的这个景观的规模让现代农业专家惊讶得透不过气，使几十万人能在这土地上生活。这伟大的土方工程不但使隆起的土壤能排涝，而且造就了灌溉的水源和排洪沟底持续生长的绿藻形成的肥料。

正象沙漠的石墙，一旦隆起的台田被认可它就开始到处出现：在哥伦比亚北部，厄瓜多尔紧靠瓜亚基尔国际机场的地方，至今还在台田上种玉米，沟里是水稻；以及苏里南沿海地区。到目前为止发现的规模最大的“组合”台田在秘鲁南部奥梯波兰诺高原，的的喀喀湖周围。宾夕法尼亚大学的克拉克·埃里克森说，该地的特点是“致命的霜冻、严重的旱灾和大洪水”，今天粮食“产量一般较低”。绝大多数印第安人宁愿放牧牛群。然而3000年前湖畔的村社在这无人占有的平原上构筑了800平方公里台田。这些台田在大约500年前被遗弃，也许因为一次入侵——更可能是印加人而不是欧洲人的到来。

在的的喀喀湖畔埃里克森劝说当地盖丘亚印第安人实施了一项引人注意的实验，用当地固有的工具筑起台田，然后种上安第斯土豆和谷物。结果十分壮观。“我们的实验田每公顷产10吨土豆，是邻近农场收成的3倍，这些农场得买化肥而不施用沟底的绿藻”。

在1982—1983年旱灾中按常规管理的田地颗粒无收时，台田继续生产粮食。三年后，一场大洪水吞没了周围的农田，台田使庄稼保持干燥。台田使作物免受地面的霜冻，延长了生长期，同时渠道把鱼、鸟类甚至乌龟吸引到这个地区来。德内凡说：“真想不到这里会有一个完整体系，在欧洲人来到以前已被放弃，现在又被当地部族恢复了”。

两位研究者相信他们的发现比满足好奇心更有价值。“现代农学家难得考虑保留传统或值得研究的史前遗迹，”埃里克森说。他相信遍布于南美的数以千计的台田平原的复兴能把一个常规农业发展规划频繁失败的大陆的农业生产率改变。

在墨西哥边远的北方高原，今日墨西哥城郊的棚户居民中，大陆上过去富饶的农业只留下一小部分。当这山谷是阿兹特克人那样500年前还很繁荣的伟大文明之乡时，湖水覆盖着大部分流域。特奥蒂华坎人，那些巨大的金字塔城的建造者们，还要早1000年。在湖面上，古代农夫建造了浮动花园，或叫“Chinampa”（人造草坪）。埃尔南·科尔特斯1519年洗劫阿兹特克首都时放过了当时也许已有2000年历史的人造草坪，它大多未受到触动。几年后，一名传教士阿科斯塔神父描绘“在水上漂浮的花园”是如何“用大堆苔草和芦苇建造的……在这些花园上人们种植和耕作，作物生长并成熟，他们把这花园从一个地方拖到另一个地方”。

**浮动花园的果实** 当地人建造这种可耕花园的芦苇垫子长达100米以上，其厚度足以使其能拖走并拴于浅水的湖底。由于挖出的湖泥的不断滋养，在拖到另外的地方之前，这些花

园几百年都保持着肥沃。它们一度遮盖了这流域的几个巨大的湖泊水面。但是自从来了科尔特斯以后，随着西班牙人逐渐排干这个流域，这些湖面及浮动花园都缩减了。

在墨西哥流域，今天只有霍奇米尔科湖还幸存着这种花园，上面有六、七种庄稼依然每年生长。它仍属墨西哥生产率最高的农场之列，长着豆子、土豆、玉米、辣椒，欧洲作物如洋白菜和洋葱以及花卉，以适合于当地旅游小册子关于Chinampa是一种“花园”的想象。直到50年代墨西哥城污染最厉害时水里还满是鲍鱼和蝶蛱，这对它们娇弱的肉体是一个谜。但由于墨西哥现代农业的弱点导致平均每天1千移民涌入墨西哥城，没有几个墨西哥人怀疑最后的浮动花园很快会被淘汰。

古代管理水利与农业的系统种类很多，每种都经历了数百年针对当地景观的尝试和改进，映衬出在效率的名义下强求一致的现代化工程的贫乏。英国地理学家、许多传统与现代农业系统的研究著作的作者比尔·亚当斯说：“我们对殖民地时代以前的农业学习得越多……就越要谦虚谨慎地对待有关鼓吹创新和彻底的社会经济变革。”

最值得注意的传统水利技术是暗渠，一种用于引出水渠的隧道。为了寻找淡水，在波斯山区干燥的、能烫出水泡的山坡种地，农民们已深深挖掘了2000多年。他们在山坡上深入冲积层挖掘隧道，追逐沙床后面和砾石之下渗出的水源。为了洞口能持续地自流供水，他们的略微倾斜的隧道须延伸出10公里或更长。已知最长的暗渠超过40公里，其出口宽度足以让一匹马和骑马者通过。

在遍布亚洲西南部的丘陵地区，暗渠仍然是传统的水源。在伊拉克北部的库尔德用它能给某些地球上最古老的城市象苏莱曼尼亚供水。在阿富汗，巴基斯坦和中国西部它以坎儿井闻名。在新疆，一千多条坎儿井给当地仍然提供着三分之一的用水，并且正由官方加以修复。在阿曼的传说中它是falaj——“不竭之泉”，而且至今点缀着塞浦路斯和摩洛哥的风景，在这些地方被称作“foggara”（地下水管）。它曾一度为摩尔人统治时期的马德里供水。西班牙探险家甚至把它用到智利北部，那儿的阿塔卡马沙漠的硝酸矿有15条隧道。

今天伊朗依然拥有世界最多的暗渠，估计有4万条隧道，共长27万公里，等于穿过地球直径20次。直到50年代，这些大多已有2000年之久的隧道还给这个中东人口最多的国家提供着四分之三的用水。虽然许多伊朗城市靠暗渠供水，传统体系早已衰颓。60年代英国地理学家比得·博蒙特看到，随着许多新机井水位的下降，德黑兰周围瓦拉明平原6年之内有50条暗渠干涸。他警告说：“传统灌溉系统与环境的平衡将不复存在，已证明是易被滥用的现代化系统将取而代之”。

在当地条件下很少有现代方法能天生就比传统办法技高一筹的。在印度的不列颠帝国最伟大的水利工程师之一亚瑟·科顿爵士在晚年回忆说：“土著带着藐视公正地谈论我们……他们过去说我们是一种文明的野蛮人，对打仗惊人地在行，但是与他们伟大的人民相比是如此低能，我们甚至无法维修他们构筑的供水工程，连模仿它们都差得远。”

评价第三世界经济发展如何才最有效率的争论近年来已两极分化，形成了热衷于大型“现代化”计划的和“小型但美妙的”传统主义者两派。但从现在的研究完全能看出“传统”民间工程的规模和大胆。象横穿南美大草原平原的台田那样规模的现代灌溉计划还不曾设想过，也没有象改变了西南亚的暗渠那样雄心勃勃的地下水计划。现代工程师又作出什么计划获取沙漠的全部降雨来使它繁荣兴旺呢？

孟加拉国今天正奋力寻找一条既能预防危险的洪水又不中断巨大的恒河和布拉马普特拉河水冲到其平原的肥沃的淤泥的道路。在世界任何地方都很少有更棘手的工程计划。在殖民

# 对尼泊尔农业生产的几点分析

Mike Sill

农业是尼泊尔经济和社会的中心。在这个面积不大的喜马拉雅内陆山国，91%的劳动力从事农业生产。农业提供该国国民生产总值的55%，提供工业原料的80%，提供国家出口产品产值的36%。但尼泊尔农业生产的进一步发展也面临着一系列问题。由于山区面积广，耕地资源有限，近年来人口增长较快，人多地少的矛盾更加突出，再加上季风的不稳定性，交通不便，市场不足，使尼泊尔农业生产发展困难重重。

一、农业生产水平低下 谷物产量占尼泊尔所有农作物产量的76%。自1974年5月到1986年7月，尼泊尔总的谷物产量仅增加了9%。表1提供了尼泊尔在70年代中期以来4种主要谷物产量和单位面积产量的变化状况。从表中可知，在此期间，水稻、玉米和谷子的单位面积产量停滞不前，有的甚至有所下降，唯有小麦单位面积产量有明显增加。

自1986年7月至1988年9月，尼泊尔谷物产量增长迅速，从410万吨增至540万吨，增长了31%。这两年增产与扩大耕地面积和季风来得适时有关，但更重要的是采取了一系列措施，

---

统治以前，西孟加拉湾的当地人以重新设计恒河三角洲精确地做到了这一点。

他们使河水沿7条巨大的运河分流，使其更平稳地分开通过三角洲，使抵御危险的洪水和给平原提供淤泥二者兼顾。殖民统治者没有看懂这个系统并大肆破坏它，用几十年硬性禁止孟加拉人在运河岸上开口使泥水流向田地。泛泛地回答那个系统可能或将要恢复的问题是是不可能的。它象原计划一样取决于当地的环境。现代工程师将受到强硬压力去弄清如何在恒河口再造孟加拉系统，他们很难有信心对原工程沿线作必要整修。另一方面，埃里克森已经证明在的喀喀湖周围能再造台田并可盈利——这可以靠村庄的首创精神办到，而不是政府鼓励的辉煌的庞大计划。

暗渠情况更困难。传统上它要靠大批下层阶级农奴（称做mughani）来养护。以色列水利学家阿利叶·伊萨尔在60年代参观伊朗后报告说：“对外国人来说，对丧生的挖掘者宿命论的评价令人震惊。”男孩子们背着挖出的砂石通过隧道，以至其尺寸——和今后进洞人的风险——可以减少。在伊朗中部一片有高度事故风险的地区，Mughani们穿着丧服干活，如果他们所在的隧道塌方，他们的同事就不必把他们挖出来洗净更衣进行埋葬了。

但在其它地区，挖掘暗渠也许更象采矿——肮脏、有时还很困难，但能设法保障安全。而且它能得到现代工程的援救。80年代的一项商业性研究发现用现代设备挖一道8公里的暗渠成本可降到100万美元，其本身30年内就可偿还。伊萨尔梦想用机械而不是苦力来挖掘暗渠式的隧道进入死海南部阿拉伯断层山谷的巨大峭壁面，把内格夫沙漠的地下水引出来。他说水因重力自流通通过隧道，廉价地把水引到地表是最好的途径。

对古代集水技术没有理由固守不变。但是真正的教训是：从南美大草原到内格夫沙漠，从伊朗的暗渠到墨西哥的浮动花园，管理水的多种伟大的专业技术在向现代社会的轻率奔跑中已经丧失。考古学家能把碎片拼在一起。但如何更好地学习实践者自己的智慧？也许在那些苦力，贝督因人和农民手中掌握着条件苛刻的大陆上农业成功的秘诀。

胡季平译自《New Scientist》Dec. 1991. 12~18, 杨燕凤校