

Every Last Drop
Rainwater Harvesting and Sustainable
Technologies in rural China

珍惜每一滴水
中国农村雨水集蓄利用和可持续技术

朱强 李元红 [新西兰]约翰·高德 著 朱强 译



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

Every Last Drop
Rainwater Harvesting and Sustainable
Technologies in rural China

珍惜每一滴水
中国农村雨水集蓄利用和可持续技术

朱强 李元红 [新西兰]约翰·高德 著 朱强 译



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

图书在版编目（CIP）数据

珍惜每一滴水：中国农村雨水集蓄利用和可持续技术 / 朱强，李元红，（新西兰）高德著；朱强译．—北京：中国水利水电出版社，2014.7

书名原文：Every last drop: rainwater harvesting and sustainable technologies in rural China

ISBN 978-7-5170-2311-1

I. ①珍… II. ①朱… ②李… ③高… III. ①农村—降水—蓄水—水利工程—研究—中国 IV. ①TU991.34

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第181841号

审图号：GS (2014) 1265 号

The first edition of 'Every Last Drop' was published in an English language edition by Practical Action Publishing, Rugby, United Kingdom in 2012.

书 名	珍惜每一滴水 中国农村雨水集蓄利用和可持续技术
原 书 名	Every Last Drop Rainwater Harvesting and Sustainable Technologies in rural China
原 著	朱强 李元红 [新西兰] 约翰·高德
译 者	朱强
出 版 发 行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址：www.waterpub.com.cn E-mail：sales@waterpub.com.cn 电话：(010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心（零售） 电话：(010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	170mm×230mm 16开本 9.25印张 166千字
版 次	2014年7月第1版 2014年7月第1次印刷
定 价	40.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

中文版序

水是生命之源、生产之要、生态之基，解决缺水问题需要节约、保护、治理、配置、管理综合施策。雨水集蓄利用是常规水利用的重要补充，是水资源节约集约使用的有效途径。推进雨水集蓄利用，便捷实用、费省效宏、环境友好，正日益受到国际社会重视，有着非常广阔的发展前景。

我国是一个水资源短缺的国家，特别是西北黄土高原沟壑区、华北干旱缺水山丘区和西南喀斯特地形区，地形地质条件特殊，人口耕地分布零散，水资源供需矛盾十分尖锐，因地制宜建设雨水集蓄利用工程非常必要。我国高度重视雨水集蓄利用工作，中央明确提出要支持农民兴建小微型水利设施，显著提高雨洪资源利用和供水保障能力。目前，全国共建成各类蓄水设施上千万个，雨水集蓄利用规模居世界第一。从实际效果看，雨水集蓄利用工程在解决群众饮水困难、提高农业综合生产能力等方面发挥了不可替代的重要作用，同时还一定程度上解放了农村劳动力，提高了农民生活水平，改善了区域生态环境，为农民增收、农业发展和农村稳定提供了有力支撑。

我国在雨水集蓄利用规划设计、工程建设、技术推广、管理维护和扶持政策等方面积累了大量经验，通过雨水集蓄利用消除贫困、改善民生和保护生态等方面的成功做法受到了国际社会的高度评价。为促进雨水集蓄利用的国际交流和示范推广，中国的朱强、李元红和新西兰的约翰·高德（John Gould）等三位专家联合撰写了《Every Last Drop》一书。该书以甘肃省为例，介绍了我国雨水集蓄利用的实施背景、发展规模、工程建造、技术创新等，描绘了旱区群众通过雨水集蓄利用摆脱生产生活困境、走上脱贫致富道

路的生动画面，并针对我国雨水集蓄利用面临的主要问题和挑战提出了可行性建议和下一步研究方向。该书既是介绍雨水集蓄利用技术的工具书和参考书，也是宣传节约用水的普及知识读本，2013年出版问世后引起了国内外读者的广泛关注。相信此次中文版的出版，不仅对我国雨水集蓄利用发展起到积极的示范、推广、促进作用，而且对深化水资源节约保护宣传教育也具有十分重要的参考价值和启迪意义。

当前和今后一个时期，随着工业化、城镇化深入推进和全球气候变化影响加剧，我国水资源条件发生深刻变化，供需矛盾更加突出。我们要始终秉持节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力的战略思想，牢固树立节约用水就是保护生态、保护水源就是保护家园的意识，大力倡导珍惜每一滴水，着力营造全社会爱水、节水、亲水、护水的良好氛围。希望各地因地制宜大力推进雨水集蓄利用，不断提升工程建设管理水平，切实提升雨水资源利用效率和效益，让这一利国惠民的德政工程、民心工程抓实办好！

是为序。

中华人民共和国水利部部长



2014年5月

前 言

本书讲述了一个为许多世人未知的故事：进入新世纪以来，在中国广袤的地域上，成千上万的农民如何改善了他们的生活、他们的环境和他们的未来。而这一故事的中心是一个宏大的雨水集蓄利用项目。书中以中国最贫困省份之一的甘肃省作为案例，讲述了这一快速的社会经济转化是如何取得的。在中国西北的干旱省份，此种改变不啻为一场真正的革命。

这本书的目的不仅要为读者提供这样一个令人振奋的农村发展的成功案例，还要用大量技术细节对在特定条件下进行的这项技术实践进行评估，是否能在其他地区实施。虽然自 1995 年以来，已经有了大量的中文著作介绍这些技术和可持续的水管理实践，但英文文献却很少，因而使那些在中国之外的人们难以获得这些活动的详细信息。这本书着重于介绍在干旱黄土地区为农村供水和小规模灌溉而进行的雨水集蓄利用，是要把多年来中国所取得的经验和知识财富用英文提供给全球的读者。

本书分为四个部分。第一部分主要介绍用于家庭供水的雨水集蓄利用，其背景和有关这方面的创新，以及如何解决水质问题，包括太阳灶的利用。第二部分介绍了雨水集蓄利用在农业生产上的应用，包括被广泛应用的、高产而出而又廉价的温室大棚及其和雨水存储和微灌系统的联体建设。还介绍了如何有效地利用储存的雨水，进行雨水富集和采用优化灌溉制度，使天然降雨作为有限供水和补充灌溉的效益得到最大化。第三部分介绍了雨水集蓄利用和环境治理，叙述了小流域治理中的问题，例如修建梯田和采用微集水和等高种植方法植树种草等防治土壤侵蚀的方法。第四部分对雨水集蓄利用面临的挑战和今后发展前景以及有关技术和管理可持续策略作

了论述。最后是本书的结论。

尽管书中有些内容技术性较多，读起来会比较枯燥，但这些适用技术和方法所造成的影响却值得读者看完它们。2011年全球的干旱造成的饥荒使诸如东北非洲和朝鲜等地持续遭受灾难，而采用食物救济等短期行为和对策所造成的依赖性，实际上影响了这些地方实行可持续方法的前景。而在贫困和边缘化条件相似的甘肃省和中国其他遥远而干旱的地方，雨水集蓄利用和其他简易技术的采用却使他们得以战胜干旱。

可持续发展远非新概念。在经过谈论它的几十年以后，世界上正在开始认真对待这一理念。从2007年以来，公众越来越感受到气候变化、环境退化、人口增长和资源匮乏的持续压力，迫使我们不得不在今后接受更为可持续发展的途径。

2000年，世界各国领导共同通过了新千年发展目标，确立了减贫和改善公众健康、教育、卫生和供水等雄心勃勃的指标(www.un.org/millenniumgoals)。但2015年越来越近，更多的国家看来不像能完成所有这些目标，要做的事还很多。当多数国家在努力使可持续发展的宏大计划变为现实，中国的甘肃省已展示了他们所做成的事情。

约翰·高德

2011年11月

致 谢

本书是由两位中国作者和一位新西兰作者合作写成的，并得到了这两个国家和其他国家及地区的许多组织和个人的支持和帮助。在此我们要十分感谢那些曾在此书写作过程中协助过我们的人们，但不可能在这里把所有的人全部列出。这里，我们要向以下为本书作出贡献的人们表示感谢。

在中国，我们要感谢黄子雍提供了太阳灶方面的资料和照片；郭晓东教授慷慨地允许我们使用她在 2010 年兰州发展中国家国际雨水利用培训班讲课中有关温室大棚的照片和其他资料；甘肃省水土保持局和甘肃省水土保持研究所提供了小流域治理方面的研究报告和照片。我们还要感谢内蒙古自治区水利科学研究院提供的照片，以及定西、会宁、秦安、静宁和庄浪县（市）水利局帮助我们收集案例等方面的资料。

特别要感谢甘肃省水利科学研究院，承担了写作此书过程中的费用，提供人员支持和研究报告（见“参考文献”中更详细的资料）和甘肃水资源高效利用创新团队支付了购买 300 本书的费用。

我们要感谢新西兰的 Althea Campbell、Liz Martyn 和已故的 Cynthia Guyan 校对了全书的清样，特别要感谢坎特伯雷大学工程系的 Hugh Thorpe，他全面审阅了本书。还要感谢克赖斯彻奇姐妹城市委员会和克赖斯彻奇市政厅的 Ruth Fischer-Smith 和其他官员的支持和鼓励。也要感谢新西兰中国友好协会的 Dave Adamson 和其他成员。

特别要致以感谢的是原国际雨水集流系统协会主席 Andrew Lo 教授（居于台湾），英国华威（Warwick）大学技术开发中心的 Terry Thomas 教授

和瑞典 Uppsala 的 Karen Ekstrom 对本书的审阅、技术性编辑和提出的有益建议。

最后，我们要对英国 Rugby 实际行动出版社 (Practical Action Publications) 的 Clare Tawney 和 Toby Milner 表达我们衷心的感谢。他们在修改书稿中表现出高度责任心，提出了许多建设性的建议、指导和监督了整个印制过程。尽管我们已尽最大努力来保证本书中所有资料的正确性、尽量避免错误，但在此繁复的编辑过程中，难免发生的一些错误，应由我们作者来负责。

著者 朱 强

李元红

约翰·高德

2012 年 5 月于兰州

目 录

中文版序

前言

致谢

概述	1
----------	---

第一部分 雨水集蓄利用和农村家庭用水

第1章 甘肃省农村雨水集蓄利用的发展	5
1.1 甘肃省的气候和水资源条件	5
1.2 雨水储存	10
1.3 传统水窖	11
第2章 改进的水窖设计	14
2.1 薄壁水窖	14
2.2 混凝土穹顶水窖	15
2.3 圆柱形水窖	17
2.4 雨水集蓄利用系统设计方法的研究	20
2.5 甘肃省雨水集蓄利用技术的推广	23
2.6 雨水集蓄利用系统得到快速推广的原因	24
第3章 水质问题和推广太阳灶	27
3.1 水质问题	27
3.2 太阳灶技术简介	28

3.3	甘肃省推广太阳灶的情况	35
3.4	案例：李强和他的华能太阳灶有限公司	36

第二部分 雨水集蓄利用和可持续农业

第4章	廉价温室大棚的研究和推广	41
4.1	背景	41
4.2	甘肃省温室大棚的一般介绍	44
4.3	温室的设计要点	47
第5章	甘肃省雨水集蓄灌溉系统的发展	53
5.1	旱地农业面临的挑战和创新方法	53
5.2	雨水集蓄灌溉系统	56
5.3	雨水集蓄灌溉的原理和可行性	61
第6章	雨水灌溉方法	65
6.1	简易价廉灌溉方法	65
6.2	微灌系统	71
6.3	微集水技术	77
6.4	优化灌溉制度	80

第三部分 雨水集蓄利用和环境治理

第7章	小流域治理	89
7.1	背景	89
7.2	防治土壤侵蚀的科学方法	91
7.3	梯田	94
7.4	植树种草	101
7.5	防治土壤侵蚀的生物工程措施	106
7.6	甘肃省小流域治理的效果和影响	110

第四部分 挑战、未来展望和结论

第8章	甘肃省雨水集蓄利用面临的挑战和展望	119
-----	-------------------------	-----

8.1 为家庭供水的雨水集蓄利用所面临的挑战	119
8.2 雨水集蓄进行补充灌溉所面临的挑战	120
8.3 雨水集蓄利用的未来展望	121
8.4 结论	123
附录1 甘肃省收集雨水的净化系统	125
附录2 太阳灶设计细则:如何绘制抛物线	129
注释	131
参考文献和其他资料	133
后记	135

概 述

20 世纪 90 年代以来，位于中国干旱内陆区的甘肃省黄土高原上，许多贫困农村发生了巨大的变化。有数十万家庭摆脱了贫困，他们的健康和饮食条件得到了改善，他们的孩子有了更好的前景。这一变化主要原因之一是实施了简易、价廉而可持续的雨水集蓄利用、廉价温室大棚和灌溉技术。与此同时，其他一些改善家庭供水条件、提高作物产量和恢复小流域生态等适用技术也得到了广泛应用。除了改善生活条件和促进农村经济外，这些措施也逐步改变了整个生态环境，提高了原来贫瘠土地的生产力，使原先光秃的山岭覆盖了树林和植被。

造成这一变革的中心内容是一项简易然而十分有效的技术，即对用黏土防渗的埋藏式水池储存雨水的古老技术进行的更新改造。由于采用现代技术和材料改进了传统水窖技术，使收集和储存雨水的效率大为提高，从而显著提高了甘肃省成千上万农村社区的供水和食物安全性。雨水集蓄利用的综合和整体性能是其得以被广泛接受和快速发展的关键所在。而从 20 世纪 80 年代以来，甘肃省水利科学研究院（以下简称：甘肃水科院）对雨水集蓄利用所进行的大量研究和野外试验以及示范推广工作，并和水土保持研究工作相结合，指导和促进了这些技术迅速发展。而当地政府部门和社区的强有力介入，是对这一创新得以快速推广并且不断得到加强的保证。

上面介绍的技术实践在以广袤黄土高原为中心的中国干旱内陆地区正在得到越来越广泛的应用，包括甘肃、陕西、宁夏、山西和内蒙古的部分地域。黄土高原丘陵沟壑区面积约为 51 万 km^2 。尽管这一干旱地区存在着种



种不利条件，它却是 8000 万人口的家园。本书将主要讲述这一创新在甘肃省的作用。这是因为它给甘肃省带来的变化更为巨大，而且报道这种变化的文献也较多。甘肃省一直是中国最贫困省份之一。几世纪以来，造成甘肃省及其他类似省份贫困的根本原因是缺水、干旱和土地退化。这也是发展中国家干旱、半干旱地区面临的共同挑战。尤其在长期被贫困、旱灾和不时发生的粮食短缺所困扰的非洲多数干旱地区，更是如此。

需要着重说明的是，虽然这里介绍的技术方法在中国得到了成功应用，但它们是为了满足生活在甘肃省特定的地理、气候、文化和社会条件下社区的需要而发展起来的。这些创新只有部分能适用于其他地方，而要在中国以外地方推广一定要结合当地条件进行，虽然如此，这一农村可持续发展的革命性成果，其原则却是到处适用的。

下述基本原则是所有项目都需要遵循的：

——必须基于当地的知识和传统智慧；

——不论是引进一项技术或者推动对传统农业实践的改进，社区必须成为项目所有实施阶段的中心；

——现场试验和示范应和未来的使用者共同进行，并听取他们的经验和改进建议；

——采用的技术或对实践的改进应能为使用者承担得起并且是切实可行的，或者对补助或贷款的机制加以落实。

在这一悄然发生的对自然资源可持续管理的革命中，有些技术和实践可能会发生变化，例如单个家庭使用的太阳灶在社区和电网连接后，可能会舍弃不再使用。其他一些则是可以长期应用的，例如修建梯田和第 7 章中所介绍的生态恢复工作。这些不仅为当地农业生产提供了发展前景，而且由于土壤和植被是空气中二氧化碳的巨大潜在储蓄库，还能在未来世纪中有助于抑制二氧化碳，从而推迟和缓解气候变化的影响。

第一部分

雨水集蓄利用和农村家庭用水

第1章

甘肃省农村雨水集蓄利用的发展

1.1 甘肃省的气候和水资源条件

甘肃省位于中国西北部（见图 1.1），人口 2600 万，是中国最干旱的省份之一。多年平均年降水量仅为 306mm，而潜在蒸发量达到 1500～2500mm。缺水阻碍了经济社会的发展和改善人民生活的各种努力。表 1.1 是世界、中国和甘肃省的降水量和水资源量。长期水短缺是当地低下的农业生产 and 民众贫困的主要原因之一。

表 1.1 世界、中国和甘肃省的多年平均年降雨量和多年平均年水资源量（2003 年）

	多年平均年降水量 (km ³)	多年平均年水资源量 (km ³)	人均年水资源量 (m ³)	水资源量和降水量比
世界	108000	47000	7300	0.435
中国	6190	2800	2070	0.452
甘肃省	129.7	29.5	1150	0.231

注：1. 世界和中国多年平均年降水量、水资源量和人均水资源量根据《联合国粮农组织：世界各国水资源，2003》（FAO Review of World Water Resources by Countries, 2003）。

2. 水资源量指地表水加地下水减去两者重复量。

在位于甘肃省中、东部的黄土地区，情况更差。广阔的黄土高原丘陵区被大量的沟谷和冲沟所切割。深厚的黄土层¹最深达到 300m，渗透性强，吸收了绝大部分降雨量。这里的地貌是历史上风积和河流冲积形成的黄土高原。降水中只有少部分能形成河川径流，平均径流系数仅为 0.08～0.1。多