



技术与机械

● 何润兵 李传友 王明武 主编



中国农业科学技术出版社



技术与机械

● 何润兵 李传友 王明武 主编



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农业排灌技术与机械 / 何润兵, 李传友, 王明武主编. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2014. 4
ISBN 978 - 7 - 5116 - 1570 - 1

I. ①农… II. ①何…②李…③王… III. ①排灌工程②排灌
机械 IV. ①S27

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 055406 号

责任编辑 穆玉红

责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106626 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)
(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82106626

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

印 张 8.75

字 数 160 千字

版 次 2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷

定 价 26.00 元

—— 版权所有 · 翻印必究 ——

《农业排灌技术与机械》

编 委 会

主 编：何润兵 李传友 王明武

副 主 编：熊 波 李学斌

编写人员：何润兵 李传友 王明武 熊 波 李学斌

李治国 张 莉 常晓莲 高 娇 王山松

赵 聪 王淑红 郭建业 闫子双

目 录

第一章 引 言	(1)
第一节 人类文明与水	(1)
第二节 人类活动与水	(3)
第三节 水利与农业	(8)
第二章 古代排灌技术	(10)
第三章 近代排灌工程技术	(22)
第一节 红旗渠的故事	(23)
第二节 上海郊区的水利史	(24)
第四章 现代农业排水和灌溉技术	(28)
第一节 灌溉渠道和管道系统	(28)
第二节 排灌机械	(33)
第三节 灌水方法介绍	(41)
第四节 田间排水技术	(43)
第五章 现代排灌工程简介	(53)
第一节 南水北调工程	(54)
第二节 引黄入淀	(72)
第六章 节水灌溉技术	(75)
节水灌溉与节水灌溉设备	(75)
附录1 低压管道输水灌溉工程技术规范	(111)
附录2 微灌工程技术规范	(119)
附录3 节水灌溉技术规范	(127)
主要参考文献	(132)

第一章 引言

第一节 人类文明与水

自古以来，人类就和水结下了不解之缘。水不仅孕育了生命，创造了大自然五彩缤纷的世界，而且还孕育了几千年灿烂的人类文明。

世界上最古老的文明大多产生于大河、大江流域。世界上四大文明古国——古代巴比伦、古代埃及、古代印度和古代中国就分别发源于几个大的流域。

第一个是古两河流域文明——即底格里斯河、幼发拉底河流域的文明，又叫做美索不达米亚文明，约出现在公元前 2 500 年。最早的美索不达米亚文明的创造者被认为是苏美尔人。苏美尔人在美索不达米亚南部开掘沟渠，建成复杂的灌溉网，成功地利用了底格里斯河、幼发拉底河的河水，从而创建了古两河流域文明也即人类历史上的第一个文明。这两条河均流过现在的伊拉克境内。底格里斯河和幼发拉底河每年会发生洪水，加之高山上常年积雪融化形成的洪水，不仅淹没和毁坏农田，还会造成人畜伤害。苏美尔人不能理解和预知洪水泛滥的时间和大小，认为洪水之神是一位恶毒的神。

第二个是古埃及文明。由于尼罗河从西北向西南横穿埃及全境，所以，又叫尼罗河流域文明。埃及位于非洲东部，尼罗河流域的东面是阿拉伯沙漠，西面是利比亚沙漠，南面是努比亚沙漠和飞流直泻的大瀑布，北面濒临地中海，是尼罗河三角洲地区少有港湾的海岸。尼罗河每年要发洪水。在洪水淹没过的下游两岸，会带来一些上游的泥沙和腐殖质，农民就在河流的两岸耕种，促进了农业的发展。肥沃的新农田每年生产出大量的剩余产品，供给在城市里聚集起来的各种有专门技能的人，从而又促进了城市的快速发展和商业的流通。同苏美尔人不一样，埃及人当时已经可以预知每年洪水发生的时间和大小，欣赏洪水给农业生产带来的好处，认为洪水之神是会给每个人带来欢乐的神。

同时，尼罗河就像一根天然的纽带，把整个流域地区连接成一个稳定、有效

的整体。尼罗河平稳的水流使北上的航行极为容易，而盛行的北风、西北风又使返航毫不费力。所以，最早的尼罗河文明是在尼罗河两岸兴起的。古希腊历史学家曾把埃及称为“尼罗河的赠礼”，是尼罗河带来了古埃及文明的繁荣与发展。

第三个是古印度文明，大约出现在古两河流域文明 1 000 年之后。由于古印度河的存在，为沿河两岸的游牧民带来了农田灌溉的条件，促进了农业生产的发展。古印度河文明主要是农业文明，生产的农作物主要有小麦和大麦，还有豌豆、甜瓜、芝麻和棉花等，古印度河流域是最早使用棉花织布的。同时，古印度文明在文学、哲学、自然科学等方面都对人类社会做出了贡献。

第四个就是我们古中国文明，主要指我们的黄河流域和长江流域文明。应该说，黄河流域是中华民族比较早的文明发祥地。由于黄河的存在，大约 180 万年前，人类就开始在黄河流域生息、繁衍。后来，有蓝田人、大荔人、丁村人、河套人都在黄河流域落脚。大约 6 000 年前，在黄土地上出现了以半坡文明为代表的母系氏族文化。在长江流域，河姆渡文化的发现与发掘，使中国成为世界上最早种植水稻的国家之一，说明长江流域也是中华民族古老的文明发祥地。中国历史上关于大禹治水的传说，更进一步说明了中华文化同水的不解之源。

因此，无论是从古代还是现代来看，凡是有水的地方，必有城市的兴起、区域经济中心的发展和崛起。陕西省会城市西安，也就是古时候唐代的国都长安，有“八水绕长安”的美称；山东省会济南，被称为“泉城”，因为整个城市里有多处泉水；据记载，“天津”这个名称出现于明朝永乐初年，为明朝皇帝朱棣所赐，意为天子渡河、也就是皇帝过河的地方，由此而见水与天津的关系。

再比如说深圳，“圳”这个字在广东话用得比较多，根据《中华大字典》的解释，“圳”的意思是田野里的水沟。从而从字面上，可以把“深圳”地名的含义理解为田野里深深的水沟。

全世界的大海港，比如纽约港、香港、新加坡、上海港、还有深圳的盐田港，都是由于水才兴起和发展起来的。

当然，也有一些由水而兴、因水而衰的例子。例如，埃及的尼罗河，由于修建了阿斯旺高坝，使下游的洪水减少了，但同时也减少了由洪水带到下游的淤泥和有机质，又使农业生产和生态受到影响。再如，我国历史上的楼兰古国，最早它是“其水清澈，冬夏不减”，就是说它的水是非常清的，冬天夏天的水量都是一样的。但是，到了汉代，由于现代水利技术的传入，楼兰人由游牧民族变为定居，屯田垦殖，引水灌溉，破坏了当地的水生态环境，加上连年干旱少雨，水就

没有了，生态环境恶化了，迫使楼兰人离开了家园，离开了原来兴旺一时的古国。

现代考古学也有越来越多的证据表明：在远古时期，人类为取水之便栖居江河两岸、湖泊周围。我们的祖先之所以循水而生，傍水而居，就是因为水是生命的命脉，是人类社会的必要要素。离开水人们就无法繁衍生息。

第二节 人类活动与水

水是地表的主要组成物质，也是环境中的重要自然要素。水在太阳热作用下进行着循环，不仅影响了地形地貌、气候干湿，同时影响社会财富的创造和生活质量。然而，水会给人类带来幸福和快乐，也会给人类造成巨大灾难和恶果，人类在发展过程中就要思考如何更好地利用水，让水为人类服务。人类活动不可避免的和水有关系。每个地区每个国家又因为条件不一样，就产生了丰富多样的水文化。

我国位于亚洲东部，地势西高东低，季风气候明显。降水季节集中，年际变化很大，地区分布不均。东南沿海地区年雨量约 1 800 毫米，西北内陆不及 200 毫米。水资源主要来自大气降水，年平均总量为 28 100 亿立方米，居世界第六位。中国雨热同步的气候条件、江河的丰沛水资源及江河中下游的广大冲积平原，都给中华民族的繁衍发展带来了有利条件。但水土资源的开发也伴随着与水旱灾害的斗争。人口的增长又加大了对水土资源开发的压力。至 20 世纪 80 年代，因人口众多，人均占有水资源量仅为世界人均值的 1/4。特别是水资源与土地资源的分布不相协调，南方水多而耕地少，北方水少而耕地多。例如，长江及其以南地区，江河径流量占全国的 83%，但耕地只占 33%；长江以北地区，耕地占全国的 67%，但江河径流量仅占 17%。这些都成为农业发展的制约因素。

历代有为的统治者，都把兴修水利工程作为治国安邦的大计。

相传在 4 000 多年的前的尧舜时代，我国黄河流域连续发生特大洪水。“汤汤洪水方割，荡荡怀山襄陵，浩浩滔天”。整个民族陷入空前深重的灾难之中。唐尧主持召开部落联盟议事会议，专门研究水患问题。当时他们一致推荐有治水传统的夏族首领鲧主持治水。鲧采用“堙障”办法，修筑堤坝围堵洪水。但是洪水如此凶猛，所修筑的堤坝频繁地被大水冲垮。

唐尧死后，虞舜继为部落联盟领袖。经过部落联盟议事会的推荐，又派鲧的

儿子禹继续治理洪水。禹吸取了他父亲治水失败的惨痛教训，改变单纯筑堤堵水的办法，采用疏导的策略。《淮南子·原道训》记载：“禹之决渎也，因水为师。”说他以水为师，善于总结水流运行规律，利用水往低处流的自然流势，因势利导治理洪水。他带领百姓，“疏川导滞”，根据地形地势疏通河道，排除积水，洪水和积涝得以回归河槽，流入大海。经过 10 多年的艰苦努力，终于制伏了洪水。“水由地中行，然后人得平土而居之”（图 1-1）。



图 1-1 大禹陵

禹平治水土，疏导江河，三过家门而不入，一直为后人所崇敬和怀念。战国时期仍有人感慨：“微禹，吾其鱼乎！”说要不是禹，我们现在早已变成鱼虾了。后来，大禹治水的传说普通流传，在以后世代的口口相传中，人们把远古时代许多重要的水利活动都附会大禹身上。甚至将一些自然力创造的奇迹，疑为鬼斧神工，也附会大禹的身上，更增加了几分神话色彩。传说大禹死后，葬在浙江绍兴的会稽山上，也就是今天的大禹陵。对大禹的缅怀，是对英雄的纪念，也是对治水的呼唤。

春秋战国时期，中国已先后建成一些相当规模的水利工程。其中，淮河的芍陂和期思陂等蓄水灌溉工程，华北的引漳十二渠灌溉工程，沟通江淮和黄淮的邳沟和鸿沟运河工程，以及赵、魏、齐等国修建的黄河堤防工程，都是这一时期的代表性水利建设。战国末期，秦国国力殷实，重视水利，及至统一中国，生产力更有较大发展。四川的都江堰、关中的郑国渠（郑白渠）和沟通长江与珠江水

系的灵渠，被誉为秦王朝三大杰出水利工程。国家的昌盛，使秦汉时期出现了兴修水利的高潮。汉武帝瓠子堵口，东汉王景治河等都是历史上的重大事件。在甘肃的河西走廊和宁夏、内蒙古的黄河河套，也都兴建了引水灌溉工程。值得一提的要数四川巧妙的都江堰工程。

战国时期秦国人李冰（图 1-2），昭襄王五十一年（公元前 256 年）任蜀郡守，在四川灌县（含都江堰市）岷江上主持兴办了驰名中外的都江堰水利工程（图 1-3），有力地促进了当地农业主产的发展。

都江堰枢纽工程位于岷江由山谷河道进入冲积平原的地方，沿江自上而下，由百丈堤、鱼嘴、金刚堤、飞沙堰、宝瓶口和人字堤等部分组成，其中主要是鱼嘴、飞沙堰和宝瓶口。



图 1-2 李冰石像

这三项主体工程是有机的整体，互相配合，相辅相成，缺一不可。加上百丈堤、平水槽、人字堤、马脚沱、节制闸等诸项附属项目，便构成一套科学、完整的排灌系统，达到了“分洪以减灾，引水以灌田”的治水目的。所有施工材料

都就地取材，采用当盛产的竹、木和鹅卵石等。



图 1-3 都江堰

都江堰水利工程的修建，使成都平原从此“水旱从人，不知饥馑。时无荒年，天下谓之天府”。李冰首创都江堰距今已有 2 200 多年了，虽经历代不断维修、改造，至今仍发挥着巨大的作用。

到了隋唐北宋五百余年间，是中国水利的鼎盛时期。社会稳定、经济繁荣，水利建设遍及全国各地，技术水平也有提高。隋朝投入巨大人力，建成了沟通长江和黄河流域的大运河，把全国广大地区通过水运联系起来，对政治、经济、文化的发展产生了深远影响。唐代除了大力维护运河的畅通，保证粮食的北运外，还在北方和南方大兴农田水利，包括关中的三白渠、浙江的它山堰等较大的工程共 250 多处。唐末以后，北方屡遭战乱，人口大量南移，使南方的农田水利迅速发展。太湖地区的圩田河网、滨海地区的海塘和御咸蓄淡工程，以及利用水力的碾、水碓等都有较大的发展。水利法规、技术规范已经出现，如唐《水部式》、宋《河防通议》等。

从元明到清中期，中国水利又经历了六百年的发展。元代建都北京，开通了京杭运河。黄河自南宋时期夺淮改道以来，河患频繁。明代大力治黄，采用“束水攻沙”，固定黄河流路，修建高家堰，形成洪泽湖水库，“蓄清御黄”保证漕运。这些措施对明清的社会安定和经济发展起了很大作用，但也为淮河水系留下严重的后患。在长江中游，强化荆江大堤，并发展洞庭湖的圩垸，促进了两湖地

区的农业生产。珠江流域及东南沿海的水利建设也有很大发展。但从整体而论,自 16 世纪下半叶起,中国水利事业和排灌技术的发展已趋缓慢。

清末民国时期,内忧外患频繁,国家无力兴修水利,以致河防失修、灌区萎缩、京杭运河中断,水利处于衰落时期。但是海禁渐开,19 世纪后期,由于西方近代科学技术传入中国,一批水利学者从国外学习归来,开办水利学校,传播先进科学技术。1914 年,中国第一所水利专科学校——河海工科专业学校在南京成立,成为第一个开设农田水利工程的学校。农业院校也开设了农田水利等专业。各地开始设立雨量站、水文站、水工试验所等。在这一期间也修建了一些工程,如 1912 年在云南建成了石龙坝水电站,20 世纪 20 年代修建了珠江的芦苞闸,30 年代修建了永定河屈家店闸、苏北运河船闸和陕西的关中八惠灌溉工程等。但在全国范围内,水旱灾害日益严重,整治江河、兴修水利、大力发展排灌技术,已成为广大人民的迫切要求。

新中国成立以来,党和政府领导广大干部群众,先后于 20 世纪 50 年代、70 年代和 90 年代,掀起三次大规模农田水利基本建设高潮。我国的农田水利事业取得了很大成绩,对抗御旱涝灾害,改良土壤、发展农业和牧业等生产起了重大作用。

但另一方面,我国水资源并不丰富,灌排工程有的配套不全,效益不高,远不能适应今后农业生产和国民经济发展的需要。因此,大力发展农田水利工程建设和节水灌溉技术仍是今后的长期任务。

在外国的文化记载中,也有很多关于水的故事。比如,伊斯兰文明发祥于无常年河流与大漠无边的阿拉伯半岛。“阿拉伯”一词即指“沙漠”的意思,历史上为了争夺水源,阿拉伯半岛的各部落间常常发生仇杀与战争。但是,正因为异常干旱缺水,水在阿拉伯先民心目中才弥足珍贵,无可替代。阿拉伯神话传说中有一则哈哲尔舍命寻水的故事:她为求水在两山之间往返奔跑了七次,但总是无功而返。然而,她的幼子伊斯玛仪却在砂地上双手挥动,两足猛蹬,于是巨石下涌出清泉,泉水潺潺流动,清澈见底。此泉即是著名的“渗渗泉”,位于伊斯兰发源地麦加的“卡尔白”石殿东北十余米。伊斯兰教兴起后,信徒朝觐卡尔白成为“五功”之一,凡来麦加朝觐者,都要效仿当年哈哲尔那样在两山之间疾行七次,然后痛饮“渗渗泉”,于是顿感甘冽清凉,沁人心脾。

第三节 水利与农业

人类所用的水，大多数都用于农业灌溉中。水对农业起着至关重要的作用，从古至今，水都被视作是农业的命脉，是发展农业的基本要素，没有水就没有农业。无论是提高单产，或是开垦荒地，扩大耕地面积均要足够的水予以保证。水直接决定着农业的收成。

人类的水利活动起源很早，文字记载可以追溯到六七千年前。远古人类择丘陵而处，逐水草而居就出现了防洪、供水问题；剡木为舟，结网而渔就出现了航运和水产问题；抱瓮灌园，桔槔取水就出现了灌溉及水利机具问题。随着科学技术的进步，人们在用水的历史进程中所用的技术和装备也不断的发展和进步。而随着全球水资源的日益短缺，人们用水的理念也产生了很大变化。

这是山东某地区记载的一段农业排灌技术发展的阶段特征：20世纪30年代以前，主要用水桶、吊杆、辘轳、水斗提水灌溉。40年代末，开始使用人（畜）推（拉）的铁制水车。50年代，开始使用单筒或双筒手摇水车、锅驼机（蒸汽机）、煤气机、农用水泵。1956年，拥有排灌动力机械5台42千瓦、无动力机械（农用水泵）4台。50年代末，开始使用电动机、柴油机、汽油机和离心泵、混流泵、轴流泵、潜水泵、深井泵等。1969年，拥有排灌动力机械1209台1073.20千瓦、无动力机械（农用水泵）617台，分别比1956年增长240.80倍、24.55倍和153.25倍。1976年开始使用喷灌机。1979年，排灌用动力机械增至5861台73422.75千瓦，无动力机械增至5547台（其中，农用水泵4933台、喷灌机614台），分别比1969年增长3.85倍、67.41倍和8.99倍。1991年，该地区实有排灌动力机械8962台97456千瓦（其中，电动机3139台34546千瓦、内燃机5823台62910千瓦），无动力机械8814台（其中，农用水泵8115台、喷灌机695台），分别比1979年增长53%、33%和58.90%。

从上面的记录我们基本可以看出解放前后农业排灌技术的大致发展过程。

本书即以时间为主线，主要给大家详细介绍从古至今人们在农业中进行排水和灌溉的各种设备和技术。使我们从一个新的角度认识农业的发展，也希望从这个过程中得到一些启发。

人类发展农田水利工程和技术的初衷，是为了调节地区水情，改善农田水分状况，防治旱、涝、盐、碱灾害，以促进农业稳产高产的综合性科学技术。在新

的历史时期又赋予了节约水资源的新内涵。农田水利在国外一般称为灌溉和排水。排灌技术涉及水力学、土木工程学、机械工程学、农学、土壤学,以及水文、气象、水文地质及农业经济等学科。其任务是通过工程技术措施对农业水资源进行拦蓄、调控、分配和使用,并结合农业技术措施进行改土培肥,扩大土地利用,以达到农业高产稳产的目的。此外,还要研究节水灌溉的原理与实践,防治灌溉土地盐碱化、沼泽化和水土流失,研究水利土壤环境的改善,以及咸水、废污水的改造与利用等技术措施。排灌技术与农业发展有密切的关系,农业生产的成败在很大程度上决定于农田水利事业的兴衰。

农田水利主要是灌溉和排水,兼及中小型河道整治,塘坝水库及圩垸建设,低产田水利土壤改良,农田水土保持、土地整治以及农牧供水等。由于各农业地区的自然条件和生产方式千差万别,需要进行农业水利区划和相应的灌排系统规划。农田水利还包括一些具有明显地区特征的类型,如黄淮海平原旱涝碱综合治理、盐碱地改良、圩区水利、牧区水利和垦荒水利等。在干旱、半干旱地区,灌溉是主要的,但为了防治土壤次生盐碱化,也需要排水;在盐碱化威胁较大和开垦盐碱荒地的地区,必须灌排并重,甚至无排水即无灌溉。在湿润、半湿润地区,由于降雨量较多,排水是主要的,但是,雨量的季节分布并不完全符合农作物生长的要求,需要进行补充性灌溉(图1-4)。灌溉与排水两者相辅相成,便构成农田水利的主要内容,也是这本书的主要内容。



图1-4 降雨排水

第二章 古代排灌技术

在第一章，我们简单介绍了古代的水利工程，了解了水源是如何调剂的，在实际的农业生产和劳动中，水又是如何到田里去呢？田里水多的时候又如何排水？排灌的方式经历了一个从人力到机械、从原始简单机械到现代电动机械的发展过程。

无论什么样的生产条件，要种庄稼，旱了就得浇水，涝了就得排水。所以，就让我们先从提水工具说起。从机械发明的角度看，人类历史中从提水器具到机械的发明是重要的进步。古代就已有各种提水器具，例如，埃及的链泵（公元前 17 世纪），中国的桔槔（公元前 17 世纪）、辘轳（公元前 11 世纪）和水车（公元 1 世纪）。比较著名的还有公元前 3 世纪，阿基米德发明的螺旋杆，可以平稳连续地将水提到几米高处，现代螺杆泵还是用的这种原理。

利用杠杆原理制作的提水机械（桔槔）、有垂直传动装置的辘轳、平行传动装置的龙骨水车和以水为动力的筒车，代表了古代最先进的提水机械，也代表了古代机械发展的重要方面，而这些机械发明的初衷都是为了方便农业生产和生活。18 世纪的工业革命，诞生了使用电能的抽水机，它标志着以自然能为动力的提水机械的终结。但是，古老的水力机械，因为没有供电问题而在边远的山区和农村至今仍在使使用。让我们看一下农业生产中用于排灌的机械经历了哪几个发展阶段，也回头看看我们的祖先有着怎样的智慧。

一、人力和畜力提水机械

先秦的时候就有文献描述园艺灌溉的取水方式，或许这就是最早提取地下水灌溉的方式。西安半坡村遗址距今 6 000 多年前水井中发现取水的陶罐。在河北藁城夏商时期的水井中，人们发现了扁圆形的水桶，口边有对称的两个方孔，应该是用于穿系绳索，用在较深的井中提水。

1. 戽斗和倒虹吸

戽斗是古代最常见的提水器具（图2-1），在木桶、柳条筐上系上绳子，两人相对而立，用手牵拉绳子，从低处戽水上岸。

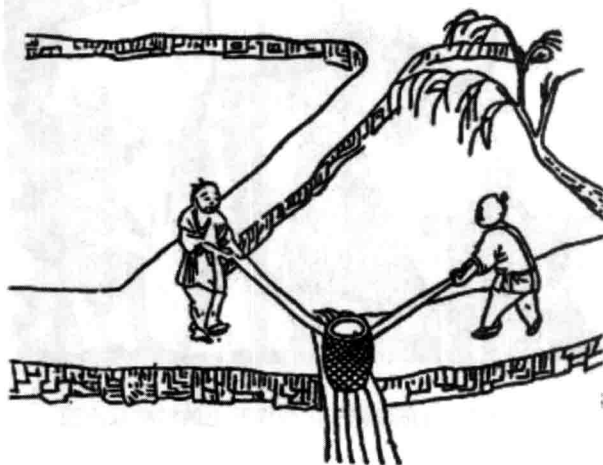


图2-1 戽斗及其工作情景

倒虹吸一类的提水设施在东汉时见于记载，中平三年（公元186年）大修宫城，掖庭令毕岚“又铸天禄虾蟆，吐水于平门外桥东，转水入宫。又作翻车、渴乌，施于桥西，用洒南北郊路，以省百姓洒道之费”。可见在那时人们已经为了节省人力而去设计取水机械。

2. 桔槔

桔槔始见于《墨子·备城门》，作“颉皋”。是一种利用杠杆原理的取水机械（图2-2）。春秋战国时使用桔槔的地区主要是经济比较发达的鲁、卫和郑等国（今山东西南、河南北部和河北南部）。

下面这条记载就可以证明：孔子弟子子贡南游楚国，过汉阴，见一丈人抱瓮入井出灌，向前介绍桔槔：“有械于此，一日浸百畦，用力甚寡而见功多，夫子不欲乎？为圃者仰而视之曰奈何？曰：凿木为机，后重前轻，挈水若抽，数如沃汤，其名为槔。”

桔槔的构造运用了杠杆原理（图2-3），取水时可一按而下，木桶盛满水后，杠杆的前端由重点变为力点，借助安置于后端的重物，只用较少的力上提，水桶就上来了。桔槔一直是我国北方地区比较常见的提水机械。



图 2-2 山东嘉祥东汉画像石上的桔槔取水图

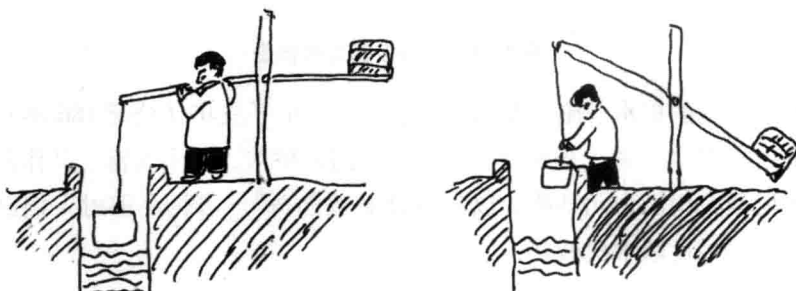


图 2-3 桔槔的构造

3. 辘轳

辘轳是利用轮轴原理做功的机械。用于提取井水的辘轳始见于汉代，作“桱𦉳”。李斯《苍颉篇》：“桱𦉳，三辅举水具也。”长安三辅地区多有使用。今湖北大冶矿冶遗址考古发现汉代辘轳木轴，这是矿井中提升矿石之用的起重设备。在汉代画像石中，用辘轳提水的题材较多，说明当时辘轳已经较多地用在生活和灌溉用水中。明代徐光启是这样描述辘轳的提水过程的：“虚者下，盈者上，更相上下，次第不辍，见功甚速。”意思是说空的容器下去，盛满了水上来，上上下下，很快就能提很多水。辘轳的关键设备是辘轳轴，利用定滑轮原理做功，辅助的设备有支撑架、盛水具、绳索等。