

上海市水利管理处

Shanghai Water Conservancy Management

水利科技

- ▶ 水利科研
- ▶ 科技动态
- ▶ 论文集萃

信息搜索

中国传统灌溉工程及技术的传承和发展

中国兴修灌溉工程的历史悠久，早在两千多年前就创造了多种灌溉工程类型，之后不断发展，积累了许多工程技术经验。宋元明清时期传统工程技术已达成熟的程度。进入20世纪，引入西方的水工技术，到现今水工技术日新月异，应用了许多高新技术，在这种状况下，传统灌溉工程技术还有其一席之地吗？回答应该是肯定的。因为任何事物的发展皆有继承性和否定性两个方面，对传统技术我们要加以扬弃，吸收传统技术合理的，还有生命力的东西，用新的技术加以改造出新，这样的技术可能更适合于中国的国情。事实也是如此。在此就传统灌溉工程及技术在现今的传承和发展状况作较系统的论述。

一、传统灌溉工程类型在现今的传承

中国国土广袤，地形地貌多样，气候变化万千。既有逶迤起伏的丘陵山地，又有一望无际的平原；既有壮阔的高原，又有缓坦的盆地；既有西部内陆干旱半干旱区，又有东部季风湿润区。为适应各地水文、地理等自然条件的复杂性，古代人民创制了多种多样的灌溉工程类型，如引水渠道、陂塘堰坝、陂渠串联、圩垸、井泉、坎儿井、御咸蓄淡等工程类型，这些工程类型在现今皆得到了继承。可以说，我国当今的灌溉工程类型基本是古代创造而传承下来的。

引水渠道主要修建于北方平原地区。北方平原面积广大，因干旱少雨，河流密度不大，古代往往修建长距离的引用河水的灌渠工程。渠首处如河中水位过低不能满足自流入渠流量要求，则建拦河坝抬高水位引水；如河中水位和流量能满足灌区要求，则采用无坝引水型式。有坝引水最早的有战国初在今山西太原晋水上筑坝建的智伯渠，及在今河北临漳建的漳水十二渠。无坝引水有公元前256—251年间在今四川灌县建的都江堰等。又因北方含沙量大的河流多，我国很早就引多沙河流进行淤灌和放淤，做到同时利用水、沙资源，既灌溉作物，又改良盐碱地。漳水十二渠和公元前246年兴建的关中郑国渠皆引浑水灌溉，把大片盐碱地改良成了沃田。建国以后，有坝引水和无坝引水灌渠发展很快，如陕西省，截至2000年底，全省有效灌溉面积达144.93万公顷（主要为渠灌），新疆省干、支、斗、农四级渠道长30多万公里[1]。在利用多泥沙河流的水沙资源方面，建国以后成就很大，还打破了自明清以后不敢引用黄河下游水的“禁区”，进行引黄淤灌和放淤。目前，黄河下游已建成各类引黄灌区100多处，灌溉面积达到3000万亩，每年引用黄河水量100多亿立方米，利用黄河水沙放淤改土300多万亩，发展水稻田120多万亩，使盐碱沙荒地变成了良田[2]。

陂塘堰坝主要建于南方山丘区。南方丘陵山区，雨量充沛，但水流容易流失，干旱是农业生产要解决的主要问题。为此，古代劳动人民因地制宜，创造了多种类型的陂塘堰坝蓄水工程，起到滞洪蓄水的目的。有在溪流上筑坝拦蓄水流的灌溉工程，称之为“堰”、“坝”、“陂”、“塘”等；有在平地凿池，或在谷口及高地水所汇归处筑堤，就地滞蓄雨水的，称之为“塘”或“荡”。又平原地带筑坝拦蓄水的工程现称为平原水库，利用天然山丘间的沟谷洼地蓄水的工程现称为山谷水库。大型陂塘工程以公元前600年左右楚国在淮南修建的芍陂为最早，两汉时汉中、南阳、汝南地区陂塘工程很是发达，著名的山谷水库有马仁陂，平原水库有六门陂、鸿隙陂等。东汉时进一步向南方发展，浙江绍兴的鉴湖、余杭的南湖工程规模都很大。之后三国孙吴在江苏句容兴修赤山湖，西晋建丹阳练湖和新丰塘等。当时能因地制宜规划布置陂塘，巧妙地利用地形兴建平原水库或山谷水库，布设堤坝、水门和溢流设施，形成完整的蓄水工程体系。还创造了陂渠串联工程类型，以对水资源更充分地加以调节利用，增加灌溉面积，提高灌溉保证率。建国后南方山丘地区大量兴建陂塘堰坝工程。如1952年仅四川内江地区就累计新修和整修堰塘5万多口。因平塘占地多，工程量大，总蓄水量不多，为此当地积极想办法改进技术。1953年9月西南水利局组织基点工作组前往长寿县，经查勘，在葛兰场不远名叫“锁口丘”的地方，修建了当地第一口“山湾塘”。该地形肚子大，出口小，上面有较大集雨面积，下面耕地可自流灌溉。于是利用三面高一面低的地形，在低的一面修筑土坝，长40米，高3米，形成堰塘。此土方与蓄水的比例为1:10，比平塘1:1提高10倍效益。此后四川省水利厅将长寿县修筑山湾塘的经验向全省介绍。到1954年底，全省共建成各级“示范塘”1293口。1955年，“示范塘”迅速发展到了1796口。到1985年，全省已有山湾塘61.11万口，可蓄水261769万立方米，有效灌溉面积715.48万亩[3]。

陂渠串联工程古代多建于淮河、汉水流域，工程布置多样[4]。这种工程类型建国后称之为长藤结瓜式灌溉系统。工程主要在南方丘陵山区修建，规模从小型发展到大型，从小网联成大网，从开发小河流到利用大河流，从一个河系发展到与几个河系相连。如安徽史杭灌区，自1958年至1982年，在淮河水系的淝河、史河及长江水系的杭埠河的上游建成佛子岭、响洪甸、磨子潭、梅山、龙河口5座大型水库，这些水库成为多首制渠首，又沿岗峦起伏的分水岭修建总干渠2条，干渠13条，以及分干渠和支渠358条，沟通了数条大河，灌区内修建中型水库23座，小型水库1100多座，连同塘坝21万多口，以控制灌区内的地面径流，灌区内流域之间水资源通过库塘和渠道可得到调配，使安徽的六安、霍丘、寿县、舒城、合肥等11县市和河南的固始、商城等县的广阔丘陵和平原900多万亩农田受益[5]。

圩垸水利工程主要分布在南方沿江平原、湖区、下游三角洲及滨海地区。这些地区地势平衍，河湖密布，土地肥沃，水土资源丰富，但易被水淹，沮洳下湿，极大地影响农业生产的进行。唐宋后，大力开河筑圩，排水御洪，兴建独具一格的水网圩田工程，把卑湿的“涂泥”之地，建成富饶的鱼米之乡。如太湖平原唐后期至五代时已建成规整的塘浦圩田水利系统。鄱阳湖区唐代已兴修较大规模的防洪堤防工程，至清光绪六年（1880），鄱阳湖滨南昌、新建、星子、九江、都昌、波阳、余干、进贤八县共有圩堤591所。建国以来，太湖平原继续加强浚河筑圩工作，完善水网圩田系统。鄱阳湖区新建和整修了圩堤501座，堤线长2500公里，保障农田500万亩，能抗御21.71米（1983年最高湖水位）的湖泊洪水；湖区原有易涝面积330万亩，经治理，使200多万亩农田达到五年一遇以上的抗涝标准；还初步形成了一个大中小，蓄引提相结合的水利灌溉系统，使湖区农田的有效灌溉率达到80%以上[6]。

凿井提取地下水灌溉,在地表水缺乏的北方地区很是重要。我国新石器时期已开始浚泉凿井,春秋战国时在园圃中凿井灌溉已较普遍,之后不断发展,到明清时期华北平原已形成大范围的井灌区,水井型式多样。20世纪50年代,广大农村用于灌溉的水井大部分仍为土井,如华北平原建国初期有各种土井200多万眼。20世纪60年代以后,灌溉土井渐被机井所代替。进入80年代以来,个体户承包和联户经营责任制的发展,使得各种土井又发展起来。据1982年调查,仅天津、河北沧州、衡水等地区就有各种土井几十万眼。如沧州青县,1982年有真空井6100眼,人工手压井2000眼,各种大口土砖井5000眼;南皮县有手压真空井4500眼,机带真空井4054眼,砖井358眼[7]。土井主要开发浅层潜水,潜水平埋藏浅,雨水易渗入补给。而机井开采的是深层地下水,靠自然补给时间长。目前华北地区的京、津、河北省、河南省北部、山西省中东部已形成联成一片的大范围的地下水漏斗区,这是过量开采深层地下水,补给不易产生的重大问题。而开采浅层潜水一般不会引起地下水漏斗区。又浅井开采潜水后,降低了地下水位,有利于防止土壤返盐,改良盐碱地的效果显著。开采潜水井浅,技术较为简易,所费资金不多,农户可自行管理应用,经济上支出节省,适于小农经营。

此外,古代新疆吐鲁番、哈密等地开凿独特的引取地下潜水的坎儿井,东南沿海防御海潮袭击的海塘工程,及其他御咸蓄淡工程类型在现今也都得到了继承和发展。二、传统灌渠工程技术的继承和发展

我国古代灌溉工程技术是我国人民在实践中自行创造的,适应了各地的自然地理条件,因地制宜,类型多样,内容非常丰富,不少工程技术在现今得到了继承和发展。

传统灌渠工程技术的继承和发展主要体现在以下一些方面:如建国后都江堰灌区认真总结了兴建无坝引水灌渠的传统技术和传统施工技术经验,使这些技术更加发扬光大。水利部和水利水电科学研究院曾组织人员对溢流过水坝的传统技术进行研究和推广,取得实质性的突破。又渠道防渗技术各地多利用当地材料发展传统技术。传统淤灌和放淤技术在继承的基础上也得到很大提高。成都平原的都江堰,建于战国后期,是闻名于世的渠首为无坝引水的工程,在长期的岁修管理中,积累了丰富的引水、防洪和排沙技术经验[8]。而防御洪水和清除泥沙是世界水利学界公认的两大技术难题,都江堰却破解了这些难题,创造了世界水利史上的奇迹。其技术经验在多方面得到了继承。一是灌区各分水口广泛利用鱼嘴分水分沙,布置旁侧溢流堰(飞沙堰)泄洪排沙。如1962年修建的锦水河分水工程,在蒲阳河石坝子引水处,先在河中心修筑鱼嘴,将蒲阳河分成左支清白江,右支锦水河,汛期蒲阳河洪水流量为800—1200米³/秒,锦水河可分洪300—400米³/秒,而锦水河分干渠只能进50米³/秒,多余的水量则由设在鱼嘴以下600米的溢流堰泄回清白江,其工程布局与都江堰渠首工程的格局很相似。二是利用弯道环流原理,把进水口设在河道的凹岸,引取清水。都江堰渠首这种布置方式在灌区得到广泛的应用。如1962年所建蟆水河引水工程,引水比很小,采用无坝引水方式,修筑了弧形导水堤,形成较稳定的凹岸,在凹岸顶点稍下游处建进水闸,推移质沿主水槽左侧凸岸排往下游,进水口一直没有被淤。四川省当今修建的无坝引水灌渠是很多的,其工程技术深受都江堰无坝引水工程技术的影响。如果河道的水位和水量不能满足灌区引水要求,则需要建闸坝抬高水位或形成水库取水。传统技术所筑的坝一般为土石坝、堆石坝和砌石坝。1949年建国后,在水利水电事业建设中,坝工建设有很大发展,到1990年已经修建82900多座水坝,在这些大坝中,土石坝占绝大多数。已建的2680多座30米以上的高、中坝(坝的用途包括引水、蓄水、发电等),土石坝约占80%,砌石坝约占14%,混凝土坝约占5%[9]。采用土石坝可以利用当地材料,节省工程量,这是我国最早修建,并得到广泛应用的坝型,目前在中低坝中仍大量采用土石坝,说明传统坝工得到较多的继承和发展,特别是对过水坝的研究和应用,成绩较大,体现出传统坝工技术持久的生命力。

在今湖北省荆门市北部的仙居河上,有一座建于同治十三年(1874)的赵家闸灰土护面过水坝[10]。该坝由当地乡民修建,建成100多年来,经历无数次洪水过流,1935年坝顶过流水深达3.9米,竟未被冲毁,大坝至今依然完好,能使两岸3000亩农田受益。赵家闸坝高8米,坝顶长47米,基础为板状砂岩,坝身由粘土夯筑,外包1米厚灰土夯筑层。这种由夯实粘土外包灰土保护层作为河道滚水坝的独特建筑方式,国外从未见有报导。除赵家闸外,百余年前兴修的过水坝还有湖北荆门黄陂闸,此闸建于1859年,坝高5米,1935年大水堰顶水深达3.9米,未冲毁,至今仍安全运行。此外,山西平遥梅槐头、黎基坝等也是过水坝,这些坝都较低,只有5—10米高。

受古老过水坝的启示,1958年,清华大学应届毕业生组成过水坝设计组,对过水坝进行不透水面板的试验,肯定了这种坝型的优点,还提出修建时要注意的技术要求。1975年8月,河南发生暴雨,使50年代治淮工程建成的两座水库——板桥和石漫滩土坝漫顶。于是土坝过水问题被再度提起。水利水电科学研究院对许多省市进行土坝过水的调查,发现1958年后不少地方按清华大学的办法修建的过水坝,经多年洪水考验,运用良好。从1975年起,吉林、安徽还修建了沥青材料护面的过水坝。1980年10月,水利部委托吉林省召开土坝过水经验交流会,将各地经验进行交流。1983年水利水电科学院在室内试验的基础上,先后在山西省岚县上明水库和内蒙古东胜市武家沟建成两处灰土水泥土过水坝,经历数年风化冻融和几次较大洪水的考验,工程完好无损,节省工程造价1/3以上。可见,我们祖先创造的灰土溢流坝具有很大的现实意义。据了解,国内已建成的各类坝中,90%以上是土坝,而其中66%没有泄洪建筑物。因此,让土坝的一部分过水,或在已建成土坝上加修溢洪道,也是很现实的课题。故而传统的过水坝工程技术仍有发扬之必要。

传统施工技术以宁夏引黄灌区的草土工程(俗称“埽坝”、“卷埽”)和都江堰的杓槎、竹笼、干砌卵石等工程最具特色。宁夏引黄灌区,在1960年青铜峡枢纽建成以前,均为无坝引水,灌区普遍使用草土筑坝。如春季岁修,用草土封堵渠口,再进行修浚;用草土修筑渠河护岸,及桥、涵、闸、斗和护坡;修筑临时性的拦水坝等工程。元代宁夏水工修筑埽工已很出名[11]。灌区千百年来,草土工程一直应用于各种渠道工程。它具有就地取材,造价低,技术简便,施工快,稳定和防渗漏性好,抗震性强,对基础清理要求不高,及拆除容易等优点。建国以来,宁夏引黄灌区的草土工程,在各地大型水利水电围堰工程上相继使用。如1956年修筑甘肃省兰州市供水厂,其进水口黄河围堰工程首次使用草土工。之后,刘家峡、盐锅峡、青铜峡、三盛公、陕西省石泉石门电厂汉江进水口围堰、浙江省黄坛口电站护坦围堰,1979年援非洲建马里电站护坦围堰等,都取得了成功,且费用省,进度快。之后,人们对这一传统技术经验系统地进行了总结[12]。

都江堰灌区历年维修管理都采用传统的杓槎[13]、竹笼[14]、干砌卵石、桩工[15]、羊圈[16]等施工技术。它们的优点主要能就地取材,技术简易,施工方便,投资节省。一般应用于截流分水、筑堰护岸、抢险堵口、整治河道、维修渠道、保护桥闸堤堰等工程[17]。目前都江堰灌区岁修截流工程仍用传统的截流方法,用的是杓槎、竹笼、卵石和黄土。岁修时内江架设杓槎后,截流合龙只需40多分钟。这种截流方法人们认为是一种生态型的截流技术,无机械的噪声,体现了人与自然的和谐相处,而且经济、合理、安全。

渠道加以防渗措施可减少渠水的渗漏损失,提高渠道有效利用系数,这在水资源缺乏的北方尤其重要。传统渠道防渗技术措施主要有夯

土、砌石、铺灰土、铺草皮等，这些防渗措施就地取材，施工简便，经济实用（比混凝土、塑料薄膜、沥青材料衬砌省费用），防渗效果也显著[18]，各地多有应用，并不断改进技术。

灌渠还采用地下输水管道，这种设施具有节水和省地的优点。早在3000多年前的殷商时代，城市中已铺设地下陶水管道，这在安阳殷墟、郑州洛达庙商代遗址中皆有发现。元代《王祯农书·农器图谱集之十三》所载阴沟，即行水暗渠也，是一种用砖砌的暗渠。山西省一些城镇几百年前的陶管下水道一直使用至今。20世纪60年代，山西翼城县利民灌区试验用陶管修建灌溉输水工程，但未能成功运行。1974年山西临汾市屯里井灌区试验陶管灌溉输水，获得成功，多年运行状况良好，使用年限可达40年。在进行经济效益分析后，认为这种工程还是比较经济的[19]。又河南省偃师县东寺庄1957年就修建了地下瓦管渠道灌溉网[20]。之后，传统地下输水管道技术不断发展。现在将低压管道输水灌溉，简称为“管灌”，这一技术已成为目前我国北方地区一种很好的节水灌溉措施。80年代末，水利部将“管灌”作为北方农田全面节水的基础设施来抓。据统计，目前我国“管灌”面积有4500万亩，其中河北、山东、河南、北京、天津等省市的“管灌”技术发展很好，仅山东、河北、河南三省的“管灌”面积就达266.67多万亩[21]。这项技术具有省水、省地、省工、节能、省投资等优点，值得进一步发展推广。此外，江苏无锡县人多地少，为了节省土地，20世纪60年代以后发展“三暗”工程。三暗工程是灌水暗渠、排水暗沟、渗水暗管三者的简称，这些暗渠沟皆用灰土筑成，采用的是传统施工技术。1965年冬无锡埭乔公社刘巷大队建成第一条灰土暗渠，至1978年春全县已建成暗渠2588公里，灌溉面积50余万亩，占农田总数的62%。从1973年开始又进行暗沟、暗管的建设，与暗渠配套使用，形成灌、降、排、调、控综合运用的立体水利系统，为建设吨粮田创造了条件。“三暗”工程与明渠、明沟、明塘相比，具有提高土地利用效率，灌水快，排水畅，降水效果好，减少渗漏，农机操作方便安全，减少岁修，取材易，造价低，节省水旱田开明沟用工多等许多优点。“三暗”工程在农田水利建设中的运用，实是在传统技术基础上的创新，这为高速发展农业，实现农业现代化迈出了新的一步。

又石质倒虹管道可视为特殊的地下输水管道。清代嘉庆十四年（1809），四川合江县锁口乡刘士朝主持修建了一条引水过河灌溉的渠堰，渠道过河处设置了石质倒虹管，全长266米，水头26米，进出口高差仅0.407米。管道用竖石预先凿成63.5×40×40厘米的插榫式管节，内径13.5厘米，用糯米粥拌石灰作为管与管间胶结材料，并用这种材料抹平管内壁，以减少摩擦阻力。石质倒虹管能承受较大强度的水压力，这一倒虹管至今保存完好。解放后此种石质倒虹管在合江县得到了推广应用[22]。

我国北方含沙量高的河流多，我国人民早在2000多年前已进行引洪灌溉和淤地活动，发明了淤灌和放淤技术，以利用河流中的水沙资源。在长期的历史实践中，积累了丰富的技术经验，尤其在宋代熙宁年间，政府曾组织空前规模的大放淤活动，取得选择适时放淤水情，做好淤田工程，预备退水出路，正确处理放淤与防洪，放淤与航运等许多技术经验。这些技术在现代进一步得到继承和发展。如陕西省传统引洛灌区，现已突破了引水含沙量不得超过15%（重量比，相当于166公斤/立方米）的规定，引进含沙量高达60%（965公斤/立方米）的浑水进行淤灌，基本解决了灌区汛期水量供需之间的矛盾，并改良了大片盐碱地。当今引洪漫地（放淤）已作为水土保持和农田基建的一项内容被得到重视。如关中赵老峪流域是古老的放淤区，下游富平县境内有引洪漫地34000多亩，是将上游铜川市境内来的洪水泥沙，全部引入地中淤漫。漫过的地，每亩亩产400斤，有的甚至超过千斤，多年来，发生大暴雨，下游都不发洪水，原来的河床，现在变成了农耕地。河北省张家口地区通桥河引洪灌区，面积11万亩，上游河道流域面积3060平方公里，引洪能力每秒450立米，多年来河道上游洪水基本上全部不出灌区，保护了下游的农田和村镇。万全县在五道沙河沿岸共建大小引洪渠道800多道，总引洪能力达863米³/秒，一般年引洪水总量为2000万立方米以上，初步达到大水不出县的水平。由于一般洪水已不流入洋河，从而减轻了下游河道和水库的泥沙淤积[23]。可见引洪漫地能起到良好的水土保持作用，这也可认为是传统技术在今天的发扬。

三、传统塘堰和开发地下水工程技术的继承和发展

历史上山丘区的拦蓄水工程统称为塘堰、塘坝，有“堰”和“塘”之分，又有山塘（山湾塘）和平塘之分。建国后大力修筑山湾塘，一些南方省区山湾塘已达数十万座。有些地区对老式塘坝加以改造，以增加其蓄水量。如安徽省肥西县对丘陵区冲洼里的拦冲塘，将原有塘底挖平，挖出的土垫高塘埂，增加了塘的蓄水深度；或把拦冲坝加长增高，成四面筑坝式；在较大冲洼里，根据地形，或在“水深”处建塘，加高塘埂，“水浅”处不建塘，仍为田，或上下冲两面筑坝成塘；或建成层递式，高处蓄水灌高地，低处蓄水灌低地，头层塘的放水渠兼作第二层塘的引洪沟，第二层塘的放水渠，兼作第三层塘的引洪沟，做到有层递的引蓄，有层递的灌溉。通过改造，蓄水深增加，老式塘坝蓄水面积与其灌区耕地面积比为1：4.6，改造后为1：9，满足了浅丘区农田灌溉的需要[24]。

我国北方地区，在地面挖掘或在洼地筑坝形成的拦蓄径流的工程叫涝池、坑塘等。建国后，北方地区群众继承以往的传统做法，继续修筑涝池，涝池数量发展很快。如陕西省黄河流域内在1956年有涝池1240座，1985年达8940座，30年增加6.21倍，总容量2588万立方米。北方陕、甘、晋、内蒙、青、宁、豫七省（区）1985年黄河流域共有涝池19.8万座，总容量8343万立方米[25]。华北平原沧州地区通过开挖坑塘，拦蓄降雨径流，滞沥、除涝、灌溉，取得了治理旱、涝、碱的经验[26]。原来在20世纪50年代末，华北平原大搞地上蓄水灌溉，不重视排水，造成了土地的次生盐碱化。进入60年代，只排不蓄，大量水资源白白流失。70年代，大力发展井灌开发利用地下水，但由于深井井布局不合理，使得地下水位普遍大幅度下降，出现了大面积的漏斗区。浅井区多年只采不补，地下水位也普遍下降，使许多浅井报废，而转向打深井井。地表水由于连年的干旱和上游节节拦截，河道全年断流。通过多年的实践，人们逐渐认识到，要利用传统的坑塘设施，拦蓄降雨径流，散蓄散排，解决抗旱灌溉水，雨时将涝水排入其中，只要注意把坑塘水位控制在返盐临界水深以下，并与沟渠连通，就不会引起盐碱化。坑塘深度不宜少于3—4米，一般应深5—7米，面积15—30亩，最大不超过40亩。这样就解决了长期存在的“旱、涝对立”，“排灌矛盾”，使涝水转化为灌溉水源，还能利用坑塘采补地下水。历史上黄淮平原因为年际、年内的降雨量分布极不均衡，出现水少时强调修筑坑塘蓄水灌溉，水多时强调开挖涝沟以排除洪涝和防止土壤返盐。旱涝碱问题，排灌矛盾得不到妥善解决。而沧州地区在近30年来，通过改进传统的坑塘技术，积极开挖和改进坑塘，将坑塘与井、渠联合调控，较好地解决了旱、涝、碱问题，这一方法亦成为治水改土的一条重要途径。

我国古代在开发利用地表水的同时，也很重视开发利用地下水，主要通过挖泉凿井加以利用。建国以后，传统的打井方法和提水机具继续使用，并加以改良，尤其是开凿筒管井的技术进展较大。筒管井的雏形在清代已经出现，清代郭云升《救荒简易书》卷三已载有增加新、旧井出水量的方法：早年将两根已打通各节的长竹竿插入井底数丈，则“井水泉汪洋”。此方法简便，又能增加出水量。现代称由上部直径较大的筒井和下部的管井联合而成的井为筒管井。在筒井的井底加凿管井，可增加出水量；又筒井开挖过深施工不易或不经济，筒管井则比同样深的筒井更经济些。1956年河南省创制了一种凿井方法，称为“56”打井法。其井结构上部为8块扇形砖砌筑，形成直径为0.5米的小砖

筒井，下部为水管管井。这种井取用几层含水层，出水量大增。之后，筒管井又发展为水柜，即将筒井部分用大的集水坑代替，坑底再加凿几个管井。单个井又发展为井群，各井互相通联，统一集中管理。

开凿传统土井的好处是很多的。土井主要开发浅层潜水，埋藏浅，雨水当年即能补给，一般不会产生地下水漏斗区。开采潜水后降低了地下水位，能防止土壤返盐，达到改良盐碱土的目的。目前采取井、渠结合，或井与渠、坑塘结合，河道节制闸、深渠与浅井结合等方式。如在枯水季节利用浅井，提取地下水灌溉农田，降低地下水位，腾空“地下水库”库容；汛期丰水季节，通过渠道引水灌溉和蓄水侧渗，补给“地下水库”水量。人们已认识到解决华北平原土壤盐碱化的主要途径是井渠结合的方法，该地区的灌溉抗旱，也形成以井灌为主，井渠结合的方式。

关于提取井水的工具，群众也运用传统汲水工具的工作原理，演化和革新出一些简易的汲具。如拉水井，其原理与古代渴乌利用筒内形成真空，产生压强差汲水相同。其制作简易灵巧：用一根长约八、九米的八号铁丝，一端接一小小的活塞，塞入一直径约30毫米的塑料管内，管的下端塞一木制进水活门，上端将露在管外的铁丝弯成钩形，然后将塑料管装入打入地下的外井管里，一个拉水井就做成了。制成一眼拉水井全部费用仅50元（1993年价）左右[27]。由于打井简便，取水方便，不花水钱，所以拉水井在一些地区推广开来，几乎达到每户一井，甚至一户数井的程序，有些菜园、瓜地也建造了这种井。

四、传统圩田水利和海塘工程技术的继承和发展唐后期至五代吴越时期，太湖平原已形成纵横塘浦交加圩圩相接的水网圩田系统，皖南沿江平原亦建成一些大圩。宋代以后，圩田建设更加兴盛，并发展至长江中游两湖平原、鄱阳湖平原和珠江三角洲等地区，更加讲究圩田修筑方法，提出“筑堤、浚河、置闸”是筑圩的三项基本技术要素，“缺一不可”[28]。又出现了分区分级控制和联圩并圩等圩区治理技术。这些卓越的技术经验在当今得到进一步的继承和发扬。

太湖下游苏州地区地势低洼，历史上修筑了大量的圩田。建国后，苏州地区在继承前人技术经验的基础上，总结出圩区治理的“四分开，两控制”原则，即内外分开、高低分开、排灌分开、水旱分开，控制沟港水位、控制地下水位，以全面解决洪、涝、旱、渍各方面的问题。许多圩子和圩区治理时皆遵循这一技术原则。如苏州地区昆山县同心圩由低洼低产圩田改变成高产稳产农田，重要的就是正确实行了“四分开，两控制”的水利技术原则。同心圩圩形长方，南北长3.5公里，东西平均宽1.8公里，总面积6.3平方公里（9380亩），其中耕地面积6300亩。该圩是1958年由许多零散小圩联井而成，联井前的各个小圩圩岸单薄，河网零乱，田块碎小，土壤板结，抗洪能力低。联圩时，加高培厚圩堤，同时开挖了一条长3.5公里的中心河。之后又整治圩内水系，发展机电排灌，田间深埋排水暗管，按“四分开，两控制”原则进行整治[29]，提高了抗洪排涝能力，特别是地下排水技术，突破了传统圩田水利技术，具有很大的创造性。这项技术70年代被江苏省水利厅加以推广。到90年代，低洼圩区治理从联圩并圩，利用老河网，已发展到以治理涝渍为主，实行高筑圩，双配套（闸站），四分开（内外分开、高低分开、灌排分开、水旱分开），三控制（控制内河水位、控制地下水位、控制土壤适宜含水量）。一些条件好的圩区，发展田间“三暗”工程，进行暗灌、暗排、暗降，为农业的高产创造了基本条件。于是“四分开，三控制”也成为其他圩区治理的基本技术原则。我国东南沿海很早就修筑海塘工程，以防御海潮的侵袭，保护农田和城镇的安全，江浙海塘是修筑的重点地段。东汉时已在钱塘县建防海大塘，三国时孙吴在金山筑咸潮塘，唐代时已在江浙沿海建成系统海塘工程，五代至明清频繁地兴修海塘，不断改进海塘结构。五代以前所筑海塘都是土塘，之后海塘结构从土塘逐步发展到竹笼木桩塘、柴塘、斜坡式石塘、直立石塘、鱼鳞石塘等，每一类海塘结构又有多种型式，以适应不同的潮势和土质，同时还修筑了护塘、护滩和挑溜工程。

目前江浙海塘，仍有土塘、各种柴塘和石塘，有些是清代一直沿用到现在，清代修建的条块石塘和鱼鳞石塘，“到目前浙西海塘尚有约80公里，仍屹立海滨”[30]。建国后继承了“鱼鳞石塘”这种型式，在材料等方面加以改进，建成“新鱼鳞石塘”。如1955年在海宁县建筑的“新鱼鳞石塘”，塘身上部采用水泥沙浆砌条石，下部采用水泥沙浆混凝土块，塘顶盖面石和塘底盖桩石均为混凝土块，基桩采用钢筋混凝土桩，这样的海塘工程更能抵御汹涌的海潮冲激。在海盐、海宁、平湖、绍兴等地也修筑了一些不同型式的“新鱼鳞石塘”[31]。可见结构坚固、耐久的“鱼鳞石塘”，今后仍是一种可继续采用的较好的海塘结构型式。此外，还可借鉴传统的海塘工程设计技术思想，如根据不同的海岸地质和动力条件，因地制宜采用各种不同的海塘工程结构，使海塘工程更加牢固耐久。

总之，我国在数千年修建灌溉工程的实践中，创造了众多的水利工程类型和卓越的灌溉工程技术经验，体现了我国劳动人民杰出的智慧。这些传统的工程和技术是适合我国各地的自然、地理条件的，体现了因地制宜的原则，所以具有很强的继承性。从工程类型来看，大致北方多兴修引渠灌溉工程；南方的山丘区以蓄水塘坝为主，低洼平原以水网圩田为主，沿海则修筑海塘、堰闸等拒咸蓄淡工程；江淮地区位于南北过渡地带，多修建陂渠串联工程。北方还发展井灌，新疆修筑坎儿井等。这些多样的灌溉工程类型经历了数千年的实践检验，具有强盛持久的生命力。又传统灌溉工程多利用当地具有的土、石、木等建筑材料，这些材料经济适用，施工技术群众易于掌握，现今各地在修建灌溉工程时仍较多采用。不少传统灌溉工程技术内涵丰富，具有合理性和科学性，在现今仍能吸收利用，有的甚至能解决技术难题。自古以来工程技术随着社会的发展不断进步，同一个技术在以往的基础上逐步提高，应用范围扩大，还常出现创新技术。我们要总结工程技术发展的规迹，尤其要重视探讨传统工程技术思想，如灌溉工程规划思想、设计思想、水利家的治水思想，水利著作中的水利理论认识，及人们对技术发展内部规律的认识等，这些思想往往能给我们以重要的启迪和借鉴作用。例如都江堰的系统工程规划设计思想，北方多沙河水土资源利用的设计思想，区域治水规划思想等都是前人给我们留下的珍贵遗产，需要继续发扬光大。此外，传统工程技术具有简便、经济、实用等诸多优点，我们应吸取其精华，用现代技术改造其不足的方面。如新疆坎儿井，具有能自流灌溉，不用提水工具；水质优良，水流稳定；冬季不封冻，可供全年灌溉和饮用；施工设备简单，农户易于操作；水行地下，能减少蒸发和避免风沙的侵袭等优点。但其开挖和维修工程量大，工作环境艰苦，费时费人力，目前掌握此技术的人员已经很少了。所以要改进坎儿井的挖掘技术，采用机械挖进提升设备，改善劳动条件，加强对坎儿井的管理和维护，使之发挥更大的作用。建国初期，吐鲁番地区的吐、鄯、托三县几乎全靠坎儿井及泉水灌溉，后来修建了防渗渠道、小型水库和机井等水利工程。目前吐鲁番地区利用地表水3.88亿立方米，利用地下水9.94亿立方米，总的用水量增了几亿立方米，但坎儿井水和泉水的水量都显著减少了，代替它们的是每年用机井提取利用地下水四五亿立方米，原来不花钱的泉水和坎儿井水，现在变成了要支付电费和油费的机井水。故有人主张要大搞坎儿井的维修和改建工程，并把它作为今后该地区水利建设的主攻方向[32]。所以我们要认真地总结传统灌溉工程技术，使之与现代技术相结合，从而在水利建设中发挥更大的作用。

注释：

[1] 《中国水利》2001年第9期“陕西水利建设”，“新疆水利建设”。[2] 邹广荣《我国农田水利建设四十年来的成就》，《水利水电技术》1989年第9期[3] 古传庆：《山湾塘的由来》，《四川水利》1997年第6期。[4] 详见张芳：《中国古代淮河、汉水流域陂渠串联工程技术》，《中国农史》2000年第1期。[5] 《淮河纪行》，上海教育出版社，1985年。[6] 徐文开：《我国最大的淡水湖——鄱阳湖》，《水利史志专刊》1992年第1期。[7] 张天真：《中国水利与环境》，科学出版社，1990年。[8] 都江堰管理局《都江堰》，水利电力出版社，1986年。以下出处同。[9] 贺珍《我国的坝土建设》，《中国水利》1990年第1期[10] 范瑛《民间过水坝赵家坝》，《中国水利》1990年第3期[11] 《元史》卷66《河渠志三》称：元至正十一年（1351）贾鲁堵筑黄河白茅堤决口时，“作西埽者，夏人水工，征自灵武。”[12] 详见《草土围堰施工方法与经验》，《宁夏水利科技·宁夏水利史志专辑（一）》1983年第1期。[13] 杓槎：用竹绳将三根圆木捆绑成鼎足形，成为支架，中设平台，台上置石块，保持稳定。应用时以多个支架排列成行，在迎水面上架系横木及竖木，外置竹席，并加培粘土，即可起挡水作用。开堰时只要砍断捆绑杓槎顶上的竹绳，并用大绳拉倒，杓槎就自行解体。[14] 竹笼：用竹篾编制成直径0.6米，长10米的笼（标准笼），笼内装满卵石。[15] 桩工：在基础打入木桩，如卵石滩打桩困难，则采用挖坑栽桩的办法，以保护岸脚和建筑物。[16] 羊圈：一般在3—4米见方的木框内填石，用于水流湍急处作护岸基础和堰坝的基础。[17] 都江堰管理局：《都江堰》，水利电力出版社，1986年，104-111页[18] 《我国渠道防渗主要衬砌形式简介》，《水利水电技术》1979年第3期[19] 刘世清：《陶管在灌溉输水中的应用》，《农田水利与小水电》1986年第2期[20] 河南省水利厅办公室整理：《介绍河南省偃师县东寺庄社的地下渠道灌溉网》，《水利化经验选集》，科学普及出版社，1959年。[21] 滕流慧、聂建平：《我国节水灌溉技术的现状与发展前景》，《水利水电技术》1997年第3期[22] 徐国荣、罗项明：《清嘉庆年间的石质倒虹管》，《四川水利》1986年第5期[23] 张惟：《关于利用多泥沙河流发展引洪淤灌的几个问题》，《水利水电技术》1983年第9期；辛树帜等《中国水土保持概论》，农业出版社，1982年。[24] 侯文渠：《关于丘陵地区改造老式塘坝的几点意义》，《安徽水利科技》1980年第3期。[25] 涂兴文：《黄河流域涝池塘坝的历史发展》，《黄河史志资料》1993年第1期。[26] 左振民：《坑塘建设是治理旱、涝、碱的有效途径》，《水利水电技术》1983年第2期。[27] 周昕：《论传统农具在当代农业生产中的地位和作用》，《中国农史》1995年第2期。[28] [元]任仁发：《浙西水利议答录》；[明]顾炎武：《天下郡国利病书》卷17《江南五》。[29] 朱正文：《低洼圩田吨粮田建设中的水利措施——四分开两控制》，《水利水电技术》1979年第7期[30] 江苏省水利厅、水利学会：《中国古代太湖水利技术成就·海塘工程》，《江苏水利科技》1983年第2期。[31] 黄宗壁：《鱼鳞石塘的结构及其影响》，载《太湖水利史论文集》，1986年。[32] 唐其钊：《新疆水资源的开发和利用》，《新疆水利科技》1984年第2期。

作者简介：张芳（1942—），女，南京农业大学人文学院教授，博士生导师。

附件：

作者：张芳

来源：水利工程网

日期：2009-02-10

[首页](#) | [信息公开](#) | [行业管理](#) | [信息简报](#) | [水利科技](#) | [党的建设](#) | [便民服务](#)

上海市水利管理处

地址：上海市南苏州路333号华隆大厦23楼 邮政编码：200002 电话：63216790 Email: shsl@shsl.org.cn

（建议您将电脑显示屏的分辨率调整为1024*768浏览本网站）