

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中外科学家发明家丛书

王禛



一、王祜生活的时代

王祜，字伯善，生于公元 1271 年前后，山东东平人，是我国元代著名的农学家。

王祜生活的时代，正逢元朝的前期和中期。

1271 年，正是王祜出生的时候，忽必烈废除了“蒙古”国号，取《易经》中“大哉乾元”之义，定国号为“大元”（即“大的开始”的意思）。1272 年，迁都今北京，当时叫大都（也叫汗八里，即“大汗之城”）。1279 年灭亡南宋，中国复归于统一。

元朝的疆域，“北踰阴山，西极流沙（今新疆白龙堆沙漠），东尽辽左（辽东），南越海表”，比汉唐盛时更加辽阔。有些地方还超出了今天的国界，如辽阳行省就统辖着包括库页岛在内的整个东北地区。

元朝的中央统治机构有中书省、枢密院和御史台。中书省是最高行政部門，设中书令，右、左丞相，平章政事，右、左丞，参知政事等，统称丞相。中书省下辖吏、户、礼、兵、刑、工六部。枢密院掌兵权，设院使、副使。御史台掌司法，设御史大夫。

地方最高行政机构为行中书省，简称“行省”。大都附近的河北、山西、山东地区叫“腹里”，其他地区（岭北、辽阳、河南、陕西、四川、甘肃、云南、江浙、江西、湖广等）设立行中书省，作为中书省的派出机构。这些“行省”，后来发展成行政区的名称，初步奠定了明清乃至今天省区的规模。行省长官设置同中书省，有右、左丞相，平章政事，右、左丞，参知政事等。行省之下为路、府、州、县，设总管、府尹、州尹、县尹；又都各设“达鲁花赤（管民官）”，由蒙古人担任。

少数民族地区和边疆设有宣抚使司、宣慰使司、安抚使司，或宣慰使都元帅府，下设万户府、千户府等。

元朝统治者对各种宗教，如佛教、道教、伊斯兰教、基督教等，都加以提倡。这是因为蒙古人所建立的国家横跨欧亚，其中民族成分复杂；宗教信仰各异，故对于各种宗教兼容并蓄，以便维护自己的统治。元朝统治时期，上述各种宗教在中国都有了很大发展。

忽必烈封吐蕃喇嘛八思巴为国师，成为掌握吐蕃政教事务的首领。

1279 年，八思巴卒，得赐号为大宝法王、西天佛子、大元帝师。他的后继者也都称帝师。元统治者在修寺院、作佛事方面，每年都要花费大量钱财。

1291 年，全国估计共有佛教（包括喇嘛教）寺院 4 万余处，僧尼 20 余万人。僧侣们不仅在政治经济上享有种种特权，还经常得到元政府的赐予。

元代道教的地位仅次于佛教，在北方广为流传的是道教三大派别之一的全真教。1276 年元军攻入南方后，对正一教（天师道）也注意加以利用，曾召其天师到大都。

伊斯兰教徒在元代称为“答夫蛮”，多为大食人，善经商。元朝政府就利用这一点让他们为自己经商贸易，有时还任用为负责财政的官吏。

元代有所谓“也里可温”（意为信奉基督教的人，属“罗马派”），在蒙古军西征后陆续来到中国。忽必烈时，南北各大城市都有他们居住。

元代，阶级矛盾和民族矛盾交织在一起，十分尖锐。元统治者以少数民族入主中原，统治占人口大多数的汉族，采取了民族歧视和压迫的政策。他们把各民族人民划分成蒙古、色目、汉人、南人四个等级，以制造民族矛盾，

分而治之，达到巩固其统治的目的。

蒙古人为第一等，包括原来蒙古各部的人。他们是占统治地位的民族，拥有种种政治、经济、法律上的特权。但实际上，蒙古族的下层人民同其他各族人民一样，同样受着蒙古贵族残酷的剥削和压迫，生活十分贫困，有些甚至被卖为汉、回之家的奴婢。

色目人为第二等，包括西夏人、回回人、西域人和留居中国的一部分欧洲人。他们归附蒙古较早，故最得信任，政治地位仅次于蒙古人。

汉人为第三等，包括契丹人、女真人和原来在金统治下的北方汉人。

南人指南方的汉人和其他各族人，地位最低，属第四等。元朝统治者把汉族分汉人和南人，是为了分化瓦解他们，削弱他们的反抗力量。

各级统治机构的长官和掌实权的人都是蒙古人和色目人，其次才是汉人，南人则极少有这种机会。地方上的达鲁花赤一般由蒙古人担任，而以色目人当同知，汉人当总管。同知、总管互相牵制，都要服从达鲁花赤的指挥。在刑法上规定蒙古、色目、汉人分属不同机关审理。量刑上也不平等，如规定蒙古人打汉人，汉人不得还手；蒙古人打死汉人，只判流放充军，而汉人打死蒙古人则要抵命。经济上规定政府括马（强买民间马匹），蒙古人不取，色目人取三分之一，汉人、南人全取。此外还有汉人、南人不得私藏兵器等种种不平等的禁令。

元代的军事制度，是在蒙古政权军事制度的基础上日趋完备的。专门卫护皇帝的宿卫诸军，如怯薛军、五卫（左、右、前、后、中五卫）亲军等，是中央禁军。怯薛军由贵族子弟充任，设怯薛长，归皇帝亲统。五卫亲军隶于枢密院，设亲军都指挥使。此外，大朝会用的围宿军、大祭祀用的仪仗军、巡幸护驾的扈从军、守卫皇帝财产的看守军、夜间巡逻的巡逻军、保护漕运的镇遏军等，也都属于宿卫军。

镇守地方的是镇戍军，归枢密院调遣。其中，蒙古军由蒙古、色目人组成，屯驻“腹里地区”；探马赤军由契丹、女真人组成，其间杂以由北方汉人组成的汉军和南宋投降过来的新附军。在一些地方还有不出戍的乡军，如辽东的纛（ji）军、女真军、高丽军，福建的番（sh）军、云南的寸白军等。各地驻军都有屯田。军户另编户籍，子孙世袭。

元代在全国各地遍设驿站，签发民户为驿卒，叫站户（即站赤）。驿站有使用马、牛、狗、引车等的陆站和使用船的水站。站户的户籍也是独立编制的，“北地”的归通政院统领，“汉地”的归兵部统领。与一般驿站相辅而行的又有急递铺，用来传送紧急文书。

在元代，蒙古皇帝、王公、贵族、色目商人、寺院僧侣和一部分汉族大官僚地主组成为统治集团，剥削和压迫各族劳动人民。蒙古贵族在进入中原以后，都得到了皇帝赏赐的大量土地，从而变成了大地主。寺院也经常得到赏赐土地，大都的大护国寺有水陆田多达10余万顷。色目商人和汉族大官僚地主也都占有大量土地。他们就以这些土地作为剥削农民的手段。

元代北方农民负担的赋税名目有二：一为税粮（丁税、地税），以丁口和土地纳税。但丁税多地税少；一为科差，以户为单位征收。在江南，主要征两税和科差，这是正税。此外还有各种名目的附加税和强派勒索，如括马（强买民间马匹）、和买（官取民物只给很少的钱）、和雇（强派劳役）等等。

佃户对地主的人身依附关系很强，除交纳地租外，还必须忍受严重的超

经济剥削。地主可将佃户随田转让，甚至干预其子女的婚姻。

比佃户身份地位还低的是驱口。法律规定他们“与财物同”，可以公开买卖，如在大都即设有人市。驱口不能与“良人”通婚，而且“所生子孙，永为奴婢”。元代驱口主要来自战争俘虏，也有因犯罪、贫困自卖或被拐卖等情形而成为驱口的。

二、《王祯农书》的写作

元朝在忽必烈统治时期，开始重视恢复和发展社会生产，采取了一系列有利于生产发展的措施。

1260年，忽必烈上台不久就设立了十路宣抚司，以通晓农事者充劝农官。次年，设劝农司，置劝农使。

1270年，成立了专门负责农桑水利事宜的政府机构司农司，它可以派遣劝农官到各地巡视农业生产的情况，还有权申报地方官在农事方面勤惰的材料。攻下南方后，1288年在江南又设立了行大司农司和营田司。

司农司等机构的设立，对元初恢复和发展农业生产起了积极作用。

为了使农民掌握生产技术，提高农产量，忽必烈还派人遍求古今农书，组织写作，于1273年编成了《农桑辑要》一书。这部书在历代农书（如《齐民要术》等）的基础上增加了新的生产经验，记载了新作物的推广情况。元朝政府把它颁行全国，命令各地宣传推广，对指导农业生产发挥了很大作用。

元朝政府还在全国农村推行村社制度，以50家立一社，选年高晓农事者一人为社长，督促农民及时耕作，开垦荒地、修治河渠，经营副业等。农民都要在田旁立牌，书明属某社某人，以便社长随时检查。

元朝政府在兴修水利方面也做了很大努力，设置了都水监和河渠司以掌水利。最大的一项水利工程是凿通南北大运河。

大运河于隋代开通后，至元初已经年久失修，不能贯通，由南方北运大都的漕粮只好水陆两运。为了解决漕粮运输问题，元朝在1289年开会通河，即自须城（今山东东平）到临清的一段运河，长250余里；1292年又开通惠河，引大都西白浮泉等水穿过大都，东至通州入白河，长160余里，为运河最北段。这样，从杭州到大都的南北大运河又畅通了，它对漕粮北运、南北物资交流和沿岸农田灌溉都起了积极作用。此外，如江南三吴地区的淀山湖工程、陕西关中地区的泾水工程、西夏地区的水利工程等，也都是很重要的。

由于元朝政府在忽必烈时期采取了这些有利于生产发展的措施，在广大劳动人民的辛勤耕作下，农业生产逐渐得到了恢复。从垦田面积看，元朝中叶，江浙行省已有官、民田地99万余顷，河南行省有118万余顷；今内蒙、云南、新疆等边地亦有屯田15万余顷。

河南由于荒地大都垦辟出来，流民纷纷回籍，竟使地价涨至原来的十倍、百倍。其他如两淮、四川等受战争破坏严重的地区，土地也大都得到了开垦。

人口增加的数字见下表

年代	户数	口数
1235	870000余户	4750000余口
1271	近2000000户	
1290	13190000余户	58830000余口
1293	超过14000000	

垦田面积和人口的增加标志着农业生产的恢复和发展。

棉花的种植在元代得到了推广。

宋代，棉花还仅在闽广和陕西等少数地区种植，到元代就向江南和北方许多地区普及了。

1289年，元朝政府在浙东、江南、江西、湖广、福建等省置木棉提举司，年征木棉10万匹，以后成宗（1295—1307年）时又定江南夏税折征木棉等

物，说明棉花已广泛种植。这对改变中国人民的穿衣习惯，有很大意义。

王祯的家乡——山东东平，在元初已是封建文人荟萃的地方，早在窝阔台时代（1229—1241），万户严实就曾经在东平“兴学养士”。当时的名士，如李昶、王磐、徐士隆、李谦等都曾在东平先后设帐授徒，培养了一批为封建王朝服务的人才，著名的有徐琰、申屠致远、孟祺等人。其中孟祺在1270年曾任山东西道劝农副使，曾参与编写过《农桑辑要》一书。

王祯可能受孟祺的影响而开始接触农学，他在《王祯农书》中曾引用许多《农桑辑要》的资料。

王祯在1295年任宣州旌德县（今安徽旌德）县尹，任职6年，后于1300年调任信州永丰县（今江西广丰）县尹。他在旌德县尹任内，一直过着极为俭朴的生活，从未搜刮过民财。不仅如此，他还捐出自己的部分薪俸，办学校、建坛庙、修桥梁、兴办了不少造福于民的公共事业。此外，他还兼施医药，救济穷苦有病的人，深受当地人民的称赞。

王祯不仅是廉洁奉公的县官，而且是劝农兴桑，积极发展农业生产的农学家。他认为作为地方官，如果不熟悉农业生产，不懂得农业知识，就难尽到劝导农桑的责任。他不仅搜罗以前的历代农书，孜孜研读，而且经常注意观察各地的农事操作和农业机具，从而为他撰写农书奠定了坚实基础。他对那些只知鱼肉百姓的贪官污吏进行了无情的抨击：这些人自己都不懂“农作之事”，“安能劝人”。他们常以劝农为借口，前呼后拥地下乡敲诈勒索，名为“爱民”，实是害民。他还说，这些当官的只以“骄奢为事”，从来不想一想所享用的一寸丝、一口饭都出自“野夫田妇之手”，他们横征暴敛，尽力搜括民脂民膏来养肥自己。他的言行充满了对穷苦人民的深切同情。

《王祯农书》大约是王祯在做旌德县尹期间开始编写的，经过十几年时间，直到调任永丰县尹后才完成，1313年刻印发行。

王祯是中国古代著名的四大农学家之一，同汉代的氾胜之，北魏的贾思勰、明代的徐光启齐名。

氾胜之是西汉山东人。他的先人本姓凡，在秦统一中国的过程中，为躲避战乱，举家迁往汜水，因此改姓氾，汜水是济水支流，位于今山东曹县北20公里和定陶县分界处。

氾胜之在汉成帝（前32—前7）时，出任议郎。他曾在包括整个关中平原的三辅地区推广农业，教导种植小麦，而且颇有成效，许多热心于农业生产的人都前来向他请教，关中地区的农业因此取得了丰收。他因为推广农业有功，被由议郎提拔为御史。在总结农业生产经验的基础上，他写成了农书18篇，这就是《氾胜之书》。

贾思勰是公元6世纪前半叶，南北朝北魏人，曾任高阳郡（治所在今山东高阳）太守。他平时关心农业生产，具有丰富的农业知识。他从文献中搜集了许多古代和当时的农业生产经验和知识，又访问老农，在533—544年左右撰成《齐民要术》一书。全书分为10卷，共92篇，分别论述各种农作物、蔬菜、果树、竹木的栽培和育种；家畜家禽的饲养；农产品加工及副业等。他在《自序》中说：“起自农耕，终于醯醢，资生之业，靡不毕书。”这是我国古代的一部很有价值的农业科学著作。

徐光启（1562—1633），上海人，是明代卓越的科学家。他在数学、天文、历法和农学等方面，都作出了很多贡献。而在农学方面，他给我们留下了一部巨大著作——《农政全书》。该书60卷，约70余万字，内容比以前

所有农书都要全面，对农业生产的各个方面都有详尽的记录，特别对于蕃薯和棉花的种植技术作了重点的介绍，又对屯垦、水利工程及备荒三项作系统的叙述。书中大量地保存了《王祯农书》中的农器图谱，并且还有所增补，这是很可宝贵的。这部书不仅整理总结了古代农书，而且反映了农业生产实际经验，富有实践的科学精神，是一部实用性很强的科学书。

三、《王祯农书》的特点

《王祯农书》在中国农学史上占有极其重要的地位。他继承了前人在农学研究上所取得的成果，总结了元朝以前农业生产实践的丰富经验，全面系统地解释了广义农业生产所包括的内容和范围。

中国先秦的农书，只在《吕氏春秋》中保留了《上农》、《任地》、《辩土》、《审时》四篇。如《任地》：

“《后稷》（古代书名）曰：“子能以窞（洼地）为突（高地）乎？子能藏其恶（干燥的土）而揖之以阴（湿润的土）乎？子能使吾土（土）靖（干净）而𪔐（垅沟）浴土（土）乎？子能使保湿安地而处（存在）乎？子能使藿（生长于旱地的小苇子）夷（茅的始生者）毋淫乎？子能使子之野尽为冷风（小风，和风）？子能使藁（禾秆）数节而茎坚乎？子能使穗大而坚均乎？子能使粟圜（同圆）而薄糠乎？子能使米多沃而食之疆呼？无（为）之若何。

凡耕之大方（基本原则）；力者（坚硬的土）欲柔（柔软的土），柔者欲力；息者（休耕的土地）欲劳（频耕的土地），劳者欲息；棘者（贫瘠的土地）欲肥（肥沃的土地），肥者欲棘，急者（因干燥而过于实着的土壤）欲缓（因湿润而过于松软的土壤），缓者欲急；湿者（潮湿的土地）欲燥（干燥的土地），燥者欲湿；上田（高旱地）弃亩（垅台），下田（下湿的田）弃𪔐；五耕五耨（锄草），必审以尽，其深殖（植）之度，阴土（湿润的土层）必得；大（杂）草不生，又无螟蛾，泛指损害庄稼的害虫），今兹（年）美禾，来兹美麦，是以6尺之耜（6尺长的耒耜，6尺相当一步），所以成亩（耕地成垄）也；其博（耜面的宽度）8寸，所以成𪔐也；耨（锄草的农具）柄尺（耨柄长为1尺），此度也。其耨6寸（耨刃宽为6寸），所以间稼（在苗间耕田）也。……。”

汉代的《汜胜之书》只残存了3700字，已经无法见到它的全貌。

北魏的《齐民要术》虽然具有农业全书的性质，但在整体性和系统性上不如《王祯农书》，它在总论方面，只有“耕田”和“收种”两篇，在粪田和灌溉等方面都没有专篇论述。也没有“农器图谱”。

南宋时有一部《陈旉农书》，是陈旉（1076—1149）在1149年完成。分上、中、下三卷，12篇，连序跋共计12000余字。

《陈旉农书》虽然在理论体系方面有重要发展，但是囿于地区的局限性，只述及了南方地区的水稻种植、耕牛和蚕桑，尚不具备《农业全书》的性质。

元代的《农桑辑要》比《王祯农书》早40年成书，是元初官撰的农书，主要摘录元代以前农书的资料编辑而成，新的创造较少，并且主要是适应北方需要的农书。

《王祯农书》有两种版本：

第一种：37集本，包括“农桑通诀”6集、“百谷谱”11集，“农器图谱”20集。

第二种：22卷本，包括“农桑通诀”6卷，“谷谱”4卷、“农器图谱”12卷。

《王祯农书》有四个突出的特点：

第一：对广义的农业进行了比较全面系统的论述。

《王祯农书》中的“农桑通诀”部分，翻译成今天的话就是农业（农桑）总论（通诀），它比较全面和系统地论述了广义农业的内容和范围。

“农桑通诀”以“农事起本”、“牛耕起本”、“蚕事起本”这三个题目，叙述了农事和蚕桑的起源，把元代的农业同自古以来的农业联系起来；把元代的农业作为历史农业的一部分，使元代农业成为承前启后、继往开来的纽带。

然后，“农桑通诀”以“顺天之时，因地之宜、存乎其人”这一“天、地、人”的三才理论为指导思想，全面、系统地狭义农业的各个方面进行了论述。

开始，它以“授时”和“地利”两篇探讨对农业生产客观环境的复杂性和规律性进行了探讨，强调了“时宜”和“地宜”在农业生产中的重要性。在尊重天时、地利等自然规律的前提下，对人事的各个方面进行了全面系统的阐述：其中包括垦耕、耙劳、播种、锄治、粪壤、灌溉、收获等专篇，对农业种植中的各项问题进行了概述。

“农桑通诀”还分列了“种植、畜养、蚕缫”等专篇，对林、牧、副、渔等广义农业各个方面的内容进行阐述。

“农桑通诀”还以“孝弟力田”、“劝助”、“蓄积”等遍，对封建官府的重农思想和劝农措施进行宣扬。

读完“农桑通诀”之后，使人们对广义农业的内容和范围，以及农业生产中客观规律性和主观能动性的各个方面，都有了清晰明了的认识。这是《王祯农书》的一大特色。

第二：兼论南北农业，分析和比较了南北农业的异同。

《汜胜之书》主要总结了以整个关中平原三辅地区的西北农业生产经验。

《齐民要术》主要总结了华北地区今河北、山西、山东、河南一带的农业生产经验。

《农桑辑要》成书于元灭宋之前（1279年灭宋，1273年成书），主要总结了以金朝旧地为中心的北方农业生产经验。

《陈旉农书》偏于南宋半壁江山，主要讲以东南为主的南方农业。

《王祯农书》则能兼论南方和北方农业。它深入细致地分析和比较了南北农业技术以及农具的异同、功能，这是它的又一重要特色。

王祯在我国古代经济文化比较发达的黄河下游齐鲁之地成长，后来又长期在南方做地方官，他具备了对我国北方和南方的农业生产都比较熟悉的客观条件，所以他能从全国范围全面系统地阐述农业生产。

第三：有比较完备的“农器图谱”。

唐代的陆龟蒙写了中国最早的一部农具专著《耒耜经》，记载了江东犁、耙、砺碛和礮碓4种水田耕作农具，但没有图。

南宋曾之谨写了一部《农器谱》（该书已经失传），书中所收的农具，在数量上没有王祯的“农器图谱”多，而且也没有图。

《王祯农书》以后的《农政全书》、《授时通考》等重要农书中的“农器图谱”是从《王祯农书》中抄来的，没有增加多少新内容。所以说，《王祯农书》中的“农器图谱”是王祯在古农书中的一大创造。

“农器图谱”约占全书篇幅的4/5，有200多幅插图，涉及105种农具，称得上丰富多采、洋洋大观和别开生面。

第四：在“百谷谱”中描述了植物的性状。

《王祯农书》中的“百谷谱”，对各种作物栽培进行了分论。其中包括

谷属、藪(lu)属、蔬属、果属、竹木、杂类等内容。这一部分比其他古农书，多了植物性状的描述，这也是《王祯农书》的一项创举。如谷属中的梁秫，他的描述是：“其禾、茎叶似粟，其粒比粟差大，其穗带毛芒。”谷属中的蜀黍，描述为：“茎高丈余，穗大如帚，其粒黑如漆，如蛤眼”；藪属中的冬瓜，描述为“其实生苗蔓下，大者如斗而更长，皮厚而有毛，初生正青绿，经霜则白如涂粉，其中肉及子亦白”；藪属中的芋，描述为“叶如荷，长而不圆，茎微紫，干之亦中空，根白，亦有紫者，其大如升，食之味甘，旁生子甚多，拔之则连茹而起；藪属中的芡，描述为“叶如荷、皱而有刺，花开向日，花下结实；蔬属中的薤，描述为“叶似韭而阔，本丰而白深；”蔬属中的韭，描述为“丛生，丰本，叶青，细而长，近根处白。”

四、南北耕作体系的新概括

王祯为了在农业生产中贯彻“时宜”的原则，创制了“授时指掌活法之图”，简明总结了历法和授时问题。与此同时，他又指出：不要依照历书所载的月份，而要用节气定月，这样就可以正确代表季节性的变化；其次，图中所列的各月农事，只适用于一个地区，其他地区应该按照该地区所处的地理纬度和其他因素来变更。如果各地都能斟酌当地的具体情况制定这样一个农事的月历，在当地的农业生产中，对贯彻“时宜”原则将会有重要的帮助。

王祯为了在农业生产中贯彻“时宜”的原则，还创制了一幅《全国农业情况图》。这幅图是王祯根据全国各地的风土和农产知识绘制的，它能够帮助人们辨别各地不同的土壤，以便能遵循“地宜”的原则，实行因土种植和因工施肥。可惜原图已经佚失。

王祯强调在北方旱地耕作中要深耕细耙。他认为，只有“深耕易耨”才能“岁可常稔”。他不仅仅认为“犁深为功”，而且强调“耙熟为全功”。又说：

“耙劳之功不至，而望禾稼之秀茂实粟难矣”。

他还总结了先浅耕灭茬，然后再细耕多耙的新经验。

王祯对北方旱地和南方水田的耕作体系作了新的概括。他把北方旱地的耕作体系概括为“耕、耙、劳”。所谓“其耕种陆地者，犁而耙之，欲其土细，再犁再耙，后用劳，乃无遗功也”；所谓“犁耕既毕，则有耙劳，耙有渠疏之义，劳有盖磨之功”等，都是对北方旱地翻耕法耕作体系的概括。与此同时，王祯对南方水田的耕作体系概括为“耕、耙、耖”。即所谓“南方水田，耕毕则耙，耙毕则耖，故不用劳”。

五、总结北方旱地实行套耕的新经验

王禎提出：

“所耕地内，先并耕两犁，垆皆内向，合一陇谓之浮磷，自浮磷为始，向外缴耕，终此一段，谓之一缴，一缴之外，又间作一缴，耕毕，于三缴之间，歇下一缴，却自外缴耕至中心，作一墒，盖三缴中成一墒也。其余欲耕平原，率皆仿此”。

这是王禎总结的北方旱地采行内外套翻法，减少开闭垄，提高耕作质量的一个新经验，从而将北方旱地耕作水平推向一个新的阶段。

六、总结南方稻田旱作开磷作沟的新经验

南方一向有“水乡泽国”之称，因此，南方稻田在收稻之后复种旱作时，“最忌水湿”，这是实行稻麦两熟的一大障碍。经过人们的长期探索，大约在元代，才创造了“开磷作沟”，整地排水的经验。

王祯在他的《农书》中首先总结了“开磷作沟”的经验。

“高田早熟，八燥耕而爇之，以种二麦。其法：起拨为磷，两磷之间，自成一畎，一段耕毕，以锄横截其拨，泄利其水，谓之腰沟，二麦既收，然后平沟畎，蓄水深耕，俗谓之再熟田也。”

王祯这一经验总结，为南方稻田实行稻麦两熟，夺取稻麦双丰收，做出了重要贡献，时至今日仍然是南方稻区夺取二熟高产的关键措施之一。

七、强调秋耕为主春耕为辅的原则

北方旱地的气候特点是春旱多风，夏秋多雨，为了适应这个气候特点，以便保墒防旱，王祯引用《韩氏直说》中总结的经验：

“凡地除种麦外，并宜秋耕。秋耕之地，荒草自少，极省锄功，如牛力不及，不能尽秋耕者，除种粟地外，其余黍豆等地，春耕亦可。”提出了秋耕为主，春耕为辅的原则。

王祯还指出，对于土地的翻耕，要区别生地和熟地，熟地要相对耕得浅一些，这样不致把生土翻上来。他还引用北方农谚说，春宜早晚耕，夏宜兼夜耕，秋宜日高耕。

早晚耕和兼夜耕是为了防止跑墒，日高耕的目的是提醒人们在深秋要抓紧土壤化冻的机会及时耕地。

在《播种篇》，王祯还介绍了选种和播种的方法。

王祯吸取前人的经验，特别强调了良种的选择和保存。书中指出每年挑选好的穗子割下来挂在高处，或把种粒窖藏，播种前晒干种子，或者进行浸种处理，以促它发芽。

在播种方法方面，王祯介绍了漫种（撒播）、耩种（条播）、瓠种（点播）等几种方式。其中介绍的砵车和耩车配合使用的播种方法，增加了播后镇压工具，比北魏贾思勰《齐民要术》中的单纯耩种法进了一步。

除了对生产技术进行介绍，王祯在《锄治篇》里，还介绍了当时北方农村中出现的“锄社”。这是贫苦农民的农忙互助组织。它的办法是：

“以十家为率，先锄一家之田，本家供其饮食，其余次之。旬日之间，各家田皆锄治。自相率领，乐事趋功，无有偷懒，间有病患之家，共力锄之。故苗无荒秽，岁皆丰熟，……名为‘锄社’。甚可效也。”

从这里我们可以看到，我国古代劳动人民有团结互助的优良传统，早在600多年前就创造了依靠集体力量战胜农具劳力不足和病患等困难，取得好收成的成功经验。但是，在地主阶级统治下，这种可贵经验同劳动人民创造的其他许多先进技术一样，不可能得到广泛推广。

八、粪壤理论的新发展

汉代的《汜胜之书》在农业总论部分没有谈到增肥和灌溉问题，在各论部分记载了基肥、种肥和追肥 3 种施肥方法。

基肥结合整地，起到“和土”的作用，主要用之于粟、芋、瓠等作物；种肥结合播种，可以起到防虫、御旱、忍寒的作用，主要用于禾麦等粮食作物，追肥则是结合田间管理，以促进作物生长，主要用于种麻，这是中国文献上有关追肥的最早记载。在各论部分还叙述了作物的灌溉次数和用水量，在种稻部分记述了水温调节法，在种瓜部分记述了地下灌溉法。

水温调节法，主要用于种稻，即水稻生长初期，对水的温度要求较高，可将稻田的出水口和进水口，安排在田边的同一侧，使水在田的一边直线穿过，整田的水流动不大，保持原有水温。夏至后，水温过高不利水稻生长，可将出水口和进水口错开，水流斜穿过田面，田中的水换动较大，从而相对地降低水温。另外，用井水浇麻，可以将汲起的井水在太阳下晒一晒，以提高水温。

地下灌溉法主要用于种瓜，方法是将一口容积为三斗的瓦瓮埋在四棵瓜苗中间，瓮口与地面平，瓮中盛满水，然后用瓦盖住瓮口，水减少了又添加，经常保持瓮中水满。这种方法通过瓮的渗透作用，可使作物得到均匀的水分供给，减少地面蒸发，提高水的利用率，特别适用于干旱的北方。

北魏贾思勰的《齐民要术》中的总论部分也没有谈到增肥和灌溉的问题。在各论部分谈到了踏粪法和使用绿肥方法。

踏粪法是：

“凡人家秋收后，治粮场上，所有穰谷秸等，并须收贮一处。每日下 3 寸厚，每平旦收聚堆积之，还依前布之，经宿即堆聚。计经冬一具牛踏成 30 车粪。至 12 月、正月之间，即载粪粪地，计小亩亩别用 5 车，计粪得 6 亩。”

使用绿肥的方法是：

“凡美田之法，绿豆为上，小豆、胡麻次之，悉皆五六月中穰种，七八月犁翻杀之。为春田则亩收十石，其美与蚕矢熟粪同”。

《齐民要术》在个论部分还谈到了冬灌问题。总之，肥水问题在农业增产中仍然没有占据举足轻重的地位。

南宋时的《陈旉农书》设立了《粪田之宜》专篇论述增肥问题。他认为，如果能常给农田施用肥料，则可使土壤越来越“精熟肥美”，地力将“常新壮”。

《陈旉农书》的不足之处是，《粪田之宜》专篇重在理论阐述，实践性较差。

《王桢农书》不仅仅是将“粪壤”和“灌溉”摆在《农桑通诀》这个总论的重要位置上，而且在理论上和实践上都有新的发展。

农业土壤的本质特征，体现在“粪壤”二字的深刻含义中。因为，自然土壤和农业土壤有本质的区别，这种本质区别就在于自然土壤只具有自然肥力，而农业土壤不仅仅具有自然肥力，并且具有人工肥力，而“粪田”则是人工肥力的主要内容。

王桢从理论上论述了从自然土壤到农业土壤的转化问题：

“田有良薄，土有肥磽（qi o，地瘠薄的意思），耕农之事，粪壤为急，粪壤者，所以变薄田为良田，化磽土为肥土也”。

王祯还继承和发扬了《陈旉农书》中提出的“地力常新”理论，他指出：“所有之田，岁岁种之，土敝气衰，生物不遂，为农者，必储粪朽以粪之，则地力常新壮，而收获不减”。

王祯还首先阐发了施肥是化无用为有用的思想，他说：

“夫埽除之猥，腐朽之物，人视之而轻乎，田得之为膏润，唯务本者知之”。

九、广辟肥源的新努力

必须广辟肥源，才能增施粪肥。

王祯得到的肥源有苗粪、草粪、火粪、大粪、小便、泥粪、旧墙土、草木灰、糠粃、谷壳、腐草，败叶、泔水、马蹄羊角灰，沃鱼水、沟泥水、淘米水、禽兽毛羽亲肌之物等，比以前农书中得到的肥源大为增加了。

王祯不仅仅对绿肥的应用特别重视，而且首次对绿肥进行区分，把栽培绿肥称之为“苗粪”，把野生绿肥称之为“草粪”。

十、积肥沤粪的新措施

为了增积粪肥，王禛提出了设置常年积肥车的新措施。他说：

“农圃之家，欲要计置粪壤，须用一人一牛或驴，驾双轮小车一辆，各处搬运积粪，月日既久，积少成多，施之种艺稼穡倍收”。

为使粪肥腐熟，提高肥效，王禛提出了田头汇粪的主张：

“南方治田之家，常于田头置砖槛窑，熟而后用之，其田甚美。北方农家亦宜效此，利可十倍”。

十一、对农田灌溉的新认识

王祯在《农桑通诀》中专辟《灌溉篇》，把农田灌溉摆在重要地位。他通过对古代治水和修筑沟洫情况的追溯，说明兴修农田水利是我国自古以来的优良传统；还通过对古代水利工程遗迹以及难以计算的中小型水利工程的列举，说明“兴废修坏”是发展农田水利的重要途径；又对多种引水方法进行了介绍，指出了各种地势引水灌溉的方法；并对围田和圩田的经验进行了总结，指出了南方“水乡泽国”兴水利，除水害的途径。

王祯在《农器图谱·灌溉门》中还介绍了翻车、筒车、牛转翻车、水转翻车、高转筒车、水转高车、戽斗、刮车、桔槔、轳轳等水利灌溉的工具和器械，以及水栅、水闸、陂塘、水塘的效用和做法进行了介绍，并且指出，这些设施不但可以灌溉农田，而且“又得通舟楫，转激碾磴，”陂塘“又可畜育鱼鳖，栽种菱藕之类”，实现综合利用水资源，做到灌溉、航运、水力、水产业的结合。

十二、沷田法的重要变化

汉代的《汜胜之书》介绍了一种沷种法，又叫沷田法，其基本原理就是“深挖作沷”，在沷内集中使用人力物力，加强管理，合理密植，保证充分供应作物生长所必需的肥水条件，发挥作物最大的生产能力，提高单位面积产量，同时扩大耕地面积，把耕地扩展到不易开垦的山坡地。

《汜胜之书》先用一亩地为标准对沷田法作了一般性的介绍，然后又根据作物的种类和土地的肥脊对沷田作了具体的说明。

沷田法的沷深和沷间距离一般为 1 尺。但沷深往往因作物而异，从 0.5 尺到 3 尺不等，大致上植株大而蔓长根深，或者是块根作物要求深，植株较小的须根作物要求则相对浅些，沷间距离则因土而异，从 0.9 尺到 3 尺不等，土地肥则小些，瘠则大些，与种植密度有一定的联系。

《王祯农书》中所载的沷田法，与《汜胜之书》所载的沷田法相比较，有三个重要的变化：

第一：《汜胜之书》中所载的沷田法有带状沷田和方形沷田两种方式，而《王祯农书》中所载的沷田法，只有方形沷田一种方式。

第二：汜胜之所说的方形沷田有上、中、下三种方式，而王祯的方形沷田已经简化为一种方式，并将汜胜之时 6 至 9 寸见方的小沷改为 1 尺半见方的大沷；同时缩小沷间的距离，扩大了土地利用面积。

第三：元代的沷田还增加了间套复种的内容。

十三、南方特殊土地利用经验系统总结

南宋时，由于民族矛盾的关系，北方人民不愿在女真贵族的统治下生活，纷纷流入南方，使南方人口大为增加。

“建炎（1127—1130年）之后，江、浙、湖、湘、闽、广、西北流寓之人遍满”。

据1159年统计，南方有16840000人。而到1179年，南方则有29540000人。20年间，人口增加了1000多万。由于人多地少的矛盾非常突出，迫使人们开展了“与水争田”和“与山争地”的斗争。因此，自宋代以后，在南方各地出现了围田、圩田、柜田、涂田、架田、沙田、梯田等几种特殊的土地利用方式。

及至元代，王桢在他的《农书》里，首次对这些特殊的土地利用经验系统地进行了总结，这是王桢在农学上的重要贡献之一。

十四、新创制的耕耘器具

《王祯农书》中《农器图谱》部分最有特色和价值。这一部分卷帙最重，占全书篇幅的4/5，是农书的重点内容。

王祯在研究农学的过程中，深感农具的重要意义，认为“田非器不成”，没有好的农具，就不能发展农业生产。因此他以“至纤至细”的精神，极其详尽地介绍了当时和古代的以及他自己创制的各种农具、农业机械和生活用具，共达257种，并且逐一绘制成图谱306幅，图后附有文字说明，介绍各种农具的构造、发展演变的过程、使用方法和功效，并且做诗吟咏。这种内容丰富、特色鲜明的农学巨著，在元朝以前没有哪一部农书可以和他相比。

元朝以后的一些重要农学著作中，农器图谱部分也多转录或引据《王祯农书》。

我国劳动人民在长期的生产实践中，新农具的创制和发明层出不穷，但是往往不能推广，甚至年久失传。这除了社会原因以外，另一个重要原因是没有图谱和缺乏文字记载。

王祯利用图文并茂的表达形式，把这样浩繁的农器，分门别类，绘成图谱，这对交流和推广先进农具，的确是一件十分有意义的工作，并且为我们今天了解和研究我国古代农具发展情况，提供了极其珍贵的资料。

《农器图谱》共分田制、耒耜、钁耨、钱镈、铨艾、杷杵、蓑笠、箠箕、杵臼、仓廩、鼎釜、舟车、灌溉、利用、麩麦、蚕缫、蚕桑、织纴、纴絮、麻苧等20门。不仅仅工具的种类繁多，而且还包括了土地利用、农舍建筑、灌溉工程、运输工具和纺织机等方面的内容。

刚（犁）刀：这是一种形似短镰而刀背比较厚的工具。在开荒的时候和耕犁配合使用，先用刚刀把草根割断，然后再用耕犁翻耕，这样就可以节省人力、畜力，是我国农业机械史上一项别出心裁的发明。

铁搭：适应南方水田土壤的耕垦工具，一般具有4—6个铁齿。

秧马：能坐在上面行于泥中，便于水田作业的插秧专用工具。

耘荡：适于水田中耕除草的耕耘工具。

耘爪：用竹管加上铁尖套在手指上，用以耘田的工具。

耨锄：华北平原用于畜力耕耘的器具，一天可耘田20亩，工效很高。

耨锄：用于中耕除草的工具，由于它没有两刃角，在锄草时不容易伤到禾苗。

粪耨：在耨车上附加施种肥的装置，用来施种肥。

瓠（hù）种：在瓠上安木柄，瓠下安木嘴，用于垄畔播种的工具。

砣车：在耨车后面配上石制砣车，能沿耨角所开的沟进行镇压，能使种土相亲，有利于发芽出苗。

汉朝赵过发明的耨车，下有三个开沟器，播种时，用一头牛拉着耨车，耨角在平整好的土地上进行条播。到元朝，人们对古代耨车作了两项大的改进；一是在耨车上附加上粪耨，把播种同施种肥结合起来；二是在耨车后面配上砣车，把下种同镇压结合起来，使土和种子紧密接触，有利于保墒和种子发芽。这种播种工具结构简单，使用方便，一直延续到今天才逐渐被现代播种工具所淘汰。

十五、新创制的收获农具

推镰：这种用木做成横架及长柄，并安上小轮，收获荞麦用的农具，在割前可以把禾秆聚拢，割倒后能使禾秆向左摊成一行，便于捆束，而且不损籽粒，比一般的镰刀可提高工效好几倍，是当时一种很先进的收获工具。

麦绰：是将长镰形的麦衫装置在一个簸箕形的麦绰上面，在木柄和轴上系以绳索，一手执绳，一手执轴，收割麦子既整齐又快。在麦绰的后面带着4个小轮的麦笼及拖把。使用这种收割器，一人一天可以收麦十几亩，也是一种节省人力、功效很高的收获工具，并且很适合在较大的地块上工作。

钹：收割水稻的工具。

捃刀：割麦稻用的工具。

鉴刀：割谷穗用的工具，半月形，北方也称“爪镰”。

这些农具对提高收割工效也起了重要作用。

十六、新创制的灌溉机具

在《王祯农书·农器图谱》中，可以看到几种新创制的灌溉机械：

翻车：又叫龙骨水车，是一种重要的往高处提水的灌溉工具，也称为脚踏翻车。

水转翻车：这是王祯在前人设计的翻车基础上设计的。王祯在编绘《农器图谱》的过程中，不是简单地对农机具进行临摹，而是本着“既述旧以增新、复随宜以制物”的精神，进行了大量创造性的工作。水转翻车以水力作为动力，由一套复杂的机械装置组成。当水冲击立轴下面的大卧轮的时候，和卧轮同轴的上面的大齿轮同时转动，并且拨动水平轮轴上的小齿轮，这样就带动翻车，使它连续刮水而上，既节省了人力、畜力，又大大提高了工作效率。

牛转翻车：在没有流水的地方使用。下轮安置在车傍岸上，用牛拽转轮轴，翻车就会随着转动。这种翻车的工效大于人力翻车一倍。

驴转筒车：就是水转筒车，但由于转轴外端另行制造竖轮，竖轮旁边的岸上再安置卧轮，和牛转翻车的原理一样。这种水车适合于在“临坎井”或“积水渊潭”处使用。

高转筒车：是王祯设计的另一种灌溉机械。它适用于田高水低的地方，一般用人力或畜力转动，可以把水提高 33 米多，如果两台接运，提水高度可以到 66 米多。

水转高车：遇到流水岸边，需用高车时使用，这种车也是高转筒车的制做原理，但是要在下轮的轴端另外制做一个竖轮，旁边用卧轮拨动竖轮。“绝胜人牛所转”，效率更高，是一种很先进的灌溉机械。

刮车：是一种用上水轮的水车，它的水轮高度为 1.67 米，幅头宽 0.2 米，在水陂下田处使用。

这几种水车的原动力：翻车和刮车用人力；水转翻车、水转高车和高转水车用水力；牛转翻车和驴转翻车用畜力。可见在元代不仅已经利用人力、畜力以及水力进行灌溉，更为难得的是，这一时期已经比较广泛地利用机械原理，特别是对齿轮轮系的利用。

十七、新创制的农产加工机械

《王祯农书·农器图谱》中，对元代新创制的连二水磨、水转连磨、水击面罗、水轮三事等高效率的农产加工机械进行了记载，如水转连磨：

“水转连磨，其制与陆转连磨不同。此磨须用急流大水，以湊（湊的异体字，聚合、奔赴）水轮（意指聚水冲击水轮），其轮高阔，轮轴围至合抱（两臂围拢），长则随宜。中列三轮，各打大磨一槩（同盘，此处用作量词）。磨之周匝俱列木齿，磨在轴上，阁以板木（用木板载着，磨傍（通“旁”）留一狭空，透出轮辐，以打上磨木齿，此磨既转，其齿复傍打带齿二磨，则三轮之力，互拨九磨。其轴首一轮，既上打磨齿，复下打碓（duì，一种舂米谷的设备，也可用于捣碎茶叶等物品）轴，可兼数碓。或遇天旱，旋（随即）于大轮一周，列置水筒，昼夜溉田数顷。此一水轮，可供数事，其利甚博。

尝到江西等处，见此制度，俱系茶磨，所兼碓具，用捣茶叶，然后上磨。若他处地分间有溪港大水，仿此轮磨，或作碓碾，日得谷食，可给千家，诚济世之奇术也。陆转连磨，下用水轮亦可。”

王祯这种一机多用的设计思想是十分可取的。

“水轮三事”是王祯创制的。他在普通水磨的基础上，通过改变它的轴首装置，使它兼有磨面、舂稻、碾米三种功用。他在说明中指出：

“夫一机三事，始终俱备，变而能通，兼而不乏，省而有要，诚便民之活法，造物之潜机。今创此制，幸识者述焉。”表明这是由他创制的，希望别人推广。

以上这些创造和革新，是我国古代劳动人民的智慧和在生产斗争中所取得的伟大成就的反映。

《农器图谱》用图文并茂的形式，对这些新创制的农业机具进行了积极的宣传和推广，对当时的农业发展起了促进作用。

十八、复原古代机械

为了传播先进的生产技术，对于一些当时已经失传的古代机械，王祯搜集资料，刻苦钻研，千方百计加以复原。

史书中记载古代有人做过一种磨，只用一头牛就可以拉动八盘磨同时工作，可惜已经失传。

王祯“寻绎搜索”，反复研究，终于复原出来，“既图于前，复叙于后”，供人们效法。

王祯看到《后汉书》记载，东汉南阳太守杜诗，曾经制作过水排。

所谓“水排”就是利用水力推引鞴鼓风的器具，用于冶金。

生铁的早期发明，是中国对世界冶金技术的杰出贡献。要获得液态生铁，就需要较高的炉温。有风就有铁，鼓风技术对于生铁冶铸的发展有着极重要的意义。

从商周以来，都用皮囊鼓风。子继父业，年轻工匠必须学会缝制皮囊的技巧。说明早期冶铸匠师高度重视鼓风器具的制作。

鼓风装置由人力驱动（人排）发展到用畜力和水力驱动（马排、水排）是东汉冶铁技术的重大创新。

由于杜诗的倡导，水排至迟在公元1世纪上半叶于南阳地区已经比较多地使用。水排的功效不仅比人排，就是比马排也高得多。

杜诗发明的“水排鼓风技术”，到元代时，“去古已远，失其制度”。

王祯想到，“铜铁，国之大利”，用水排鼓风炼铁，不惟国用充足，又使民铸多便。于是多方搜访，反复研究，终于搞清了“水排”的构造原理，并绘制图，载入《农器图谱》中。

在复原过程中，王祯还把原来用皮囊鼓风，改为类似风箱的木扇鼓风。这样改既节省了费用，减轻了劳动强度，又提高了冶炼技术。

这项复制和改革在我国古代冶铁史上有重要意义，为我们今天了解和研究我国古代冶铁技术上的这一发明提供了重要依据。

王祯对水的功用有深刻全面的认识。他认识到水不仅可以用来灌溉农田，畜养水产、栽种菱藕、发展航运，而且可以作为动力，推动机械装置运转，代替人力、畜力，为人们的生产生活服务。为此，他除在“灌溉门”里介绍了不少用水力发动的灌溉机械外，还专门列了“利用门”一节，系统总结了我国在这方面长期积累起来的宝贵经验，介绍了14种用水力推动的农业机械和农产品加工机械，反映了我国古代人民广泛利用自然资源的高度智慧。这对于我们今天开发利用水力资源仍有借鉴意义。

《农器图谱》还介绍了当时的养蚕用具、缫丝装置、丝织和棉纺工具，如缫车、木棉弹弓、木棉搅车、木棉纺车等，反映了元朝纺织技术的发展情况和成就。

从《农器图谱》的编绘和许多先进的机械的创制可以看出，王祯不仅是一个学识渊博的农学家，而且是一位杰出的机械制造家。书中记述的许多高效率的机械装置，不仅运用了杠杆、滑车、轮轴等简单机械，而且广泛使用了绳轮、齿轮、曲柄、连杆等传动、变速件，显示了当时相当高的机械设计和制造水平。同时说明王祯对机械零件和机械原理的研究有较深的造诣。

十九、对林牧副渔各业的论述

《农桑通诀·种植篇》首先通过对历史上发展林业成功经验的介绍，阐述了发展林业是“利博”和“兴国”的大事，不可缓行。

王祯把他发展林业的重点放在栽桑、种果和材木等几个方面。

关于栽桑，王祯介绍了桑树的种类、性质、繁殖，以及施肥、修剪等管理方法。

在种植材木和果树方面，王祯介绍了前人种植材木和果树的“明效”，以及移栽树木的方法，并着重介绍了桑树和果树的六种嫁接方法：即身接、根接、皮接、枝接、靛接、搭接。

王祯在《百谷谱·果属》中介绍了梨、桃、李、梅、杏、柰、林檎、枣、栗、柿、荔枝、龙眼、橄榄、石榴、桔、柑、橙、银杏等南北果树的栽培方法。

在《百谷谱·竹木》中，王祯介绍了竹、松、杉、柏、桧、榆、柳、柞、楝、楮等林木的栽培管理方法，为发展林业生产提供了技术经验。

《农桑通诀·畜养篇》总结了养马、牛、羊、猪、鸡、鹅、鸭的经验。

北魏贾思勰的《齐民要术》在叙述养牛马驴骡这些役畜时，强调在使用时要量其力能，饮饲冷暖要求适其天性，总结出“食有三时，饮有三时”的成熟经验。

王祯在养马方面，继承和发扬了“食有三时，饮有三时”的经验。

在养牛方面，王祯认为“养牛，必有爱重之心，”然后才能收效：

“视牛之饥渴，犹己之饥渴；视牛之困苦羸瘠，犹己之困苦羸瘠；视牛之疫疠若己之有疾，视牛之孕育若己之有子也。”如果能这样，牛就一定蕃盛，还怕什么田地荒芜呢？

王祯认为要养好牛，就要在“勿犯寒暑”、“勿使太劳”、“时其饥饱”、“节其作息”等方面下功夫。同时还要准备充足的饲料，并及时为牛治病。

在养猪方面，王祯总结了不少新经验：

第一：江南水地可以“取萍藻及近水诸物”作饲料；

第二：江北陆地，可种马齿苋作饲料；

第三：山区可以用橡食或者药苗作饲料。

第四：创始了发酵饲料，即：

“用之时，铡切，以泔糟等水，浸于大槛中，令酸黄或拌麸糠杂饲之”。

在养鸡、鸭、鹅方面，王祯也总结了一些新经验。

在养蚕、养鱼、养蜂方面，王祯在《农桑通诀·畜养·蚕缫》中总结了养蚕、养鱼、养蜂的经验。如养蚕，王祯总结了择种收保、保存蚕种，饲养管理，调节室温，分抬簇蚕等经验。

在养鱼和养蜂方面，王祯也继承和发展了前人著作中所总结的养殖方法。

二十、发明木活字印刷术

北宋时的布衣(平民百姓)毕昇(活动于1041—1048年)为了弥补雕版印刷的缺点,发明了活字印刷术。

毕昇用胶泥刻字,一个字,一个印,用火烧,使活字陶化变硬。先预备好一块铁板,铁板上放着松香、蜡、纸灰等,铁板四周围着一个铁框,在铁框内密密地摆满字印,满一铁板为一版,拿到火上去热,药就熔化,用一块平板把字压平就可以开始印刷。为提高效率,用两块铁板,一块铁板印刷,另一块铁板又排字;这块板印完,第二块铁板又准备好了。这样互相交替着使用,印得很快。每个单字,都有好几个印,像“之”“乎”“者”“也”等常用字,则刻得更多,以备一版内重复使用。至于没有预备的生僻字,则临时写刻,用草火马上烧成。把字印按照韵目分类,安放在木格子里。根据毕昇的试验,只印两三本显不出便利,如果印几百、几千部,则极为迅速。

第一部用泥活字印的书是《玉堂杂记》,是南宋文人周必大(1126—1204)仿照毕昇遗法自印的。

元代杨古也用泥活字印过朱熹(1130—1200)的《小学》、《近思录》等书。

和雕版印刷术比,活字印刷工艺简便,使用方便,工效高,用料省,因此活字印刷术的出现,是印刷技术史上一项重要的成就。

毕昇的发明比德国谷腾堡(1400—1468)发明铅活字(1454年)要早400多年。但是,在中国,由于活字印刷一次性投资大,一套活字常常需要刻20万个活字,一般人购置不起,活字印刷效果比雕版印刷差,容易出错,加上其它的社会、技术条件,这项发明直到元代尚未得到推广,当时仍在大量使用雕版印刷术。这种方法不但费时,而且所刻雕版一旦印刷完毕大多废弃无用。

王祜为了克服胶泥活字“难于使墨,率多印坏,所以不能久行”的缺点,经过反复试验,创用木活字3万多个。同时,还发明了转轮贮字架。贮字架分韵轮和杂字轮两个;韵轮按音韵次序排列活字;杂字轮排列一般常用杂字。拣字工人坐在两个轮子之间,只要转动轮子,就可以很方便地取出所需要的活字,使工作效率大大提高。

公元1298年,王祜用这种新方法试印了由他主编的《旌德县志》。全书6万多字,不到一个月,就“百部齐成”。根据这次实际经验,他写了一篇《造活字印书法》,并绘制了“活字板韵轮图”附在农书末尾,成为印刷史上的珍贵文献。

二十一、诗人

王祯还是一位诗人。

王祯在《王祯农书·农器图谱》部分，对各种农具都要做诗吟咏，后人把这些诗摘编成《农务集》，并且编入《元诗选》。譬如：《咏水转连磨诗》：

昔闻圜绕磨相连，役水今看别有传。

一轴连轮方卧转，众机连体复旁旋。

要枢自假波涛力，哲匠谁偷造化权。

总道于人多饱德，好将规制示民先。

（圜绕：即环绕。圜，通环，这是绕的异体字。）

王祯不愧是我国 14 世纪伟大的农学家，《王祯农书》也不愧是一部有很高的科学价值的农业全书。

王祯和他的《农书》在我国农学史上占有崇高的地位。

由于受到阶级局限性和历史局限性的限制，《王祯农书》也存在某些不足之处。譬如在书中《祈报篇》中，他把出现自然灾害的原因归罪于对神祭祀不周到；《孝悌力田篇》中说士、农、工、商 4 种人的社会分工是上天安排好的，并认为“士为上，农次之，工商为下”。

王祯还认为只要让更多的人努力从事农业生产，并且注意兴修水利，节粮备荒，就可以“男有余粟，女有余布”，“公私两裕，君民俱足”，农民的悲惨境遇就可以改变，等等。

尽管《王祯农书》有这些唯心主义色彩和迷信落后观念，但是它仍不失为我国古代农业科学的一份宝贵遗产。王祯也仍不失为我国古代一位著名的农学家。

