



旱区智慧农机创新与实践研讨班

节水灌溉在旱区中的应用

许景辉

西北农林科技大学旱区作物节水国家工程实验室

西北农林科技大学智慧水利系

西北农林科技大学智慧水利研究所

杨陵, 陕西, 712100

E-MAIL:x36936@163.com

目录

1 节水灌溉技术的重要性

2 节水灌溉技术介绍

3 节水灌溉工程案例

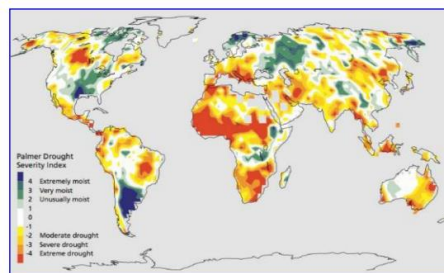
4 节水灌溉新技术

5 节水灌溉发展趋势

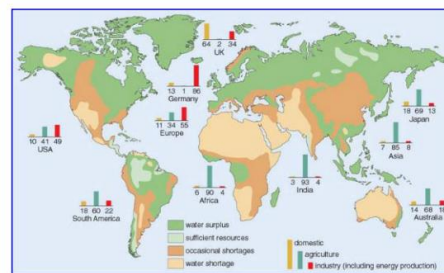


1. 节水灌溉技术的重要性

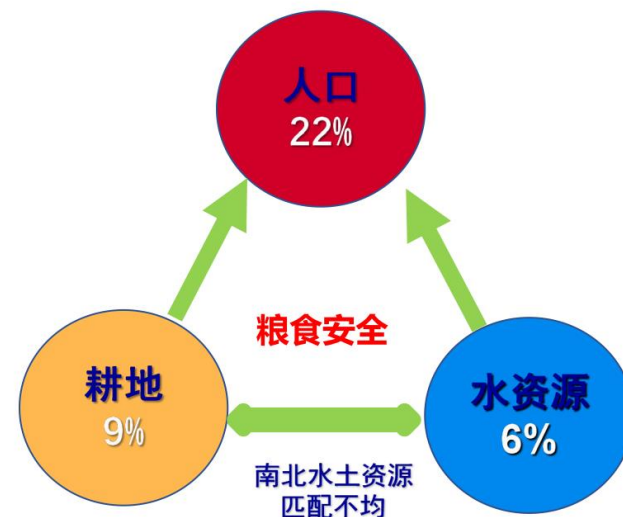
- 灌溉消耗了全球70%的淡水资源，每年用水量高达2,000立方千米。水资源总量不足、时空分布不均，水资源浪费严重，**灌水利用率低下**等严重影响中国以及全球农业生产的可持续发展。
- 干旱半干旱地球**粮食安全**主要受水的影响，水资源短缺是造成贫困的重要原因之一。
- 灌溉应**科学合理**，不合理灌溉会造成土壤养分淋失与地下水源污染。养分或溶质随灌溉水向地下水的迁移是污染的重要原因。
- 发展节水农业、提高灌水效率，是我国乃至世界农业发展的**必然趋势**。



全球干旱地区面积达41%以上

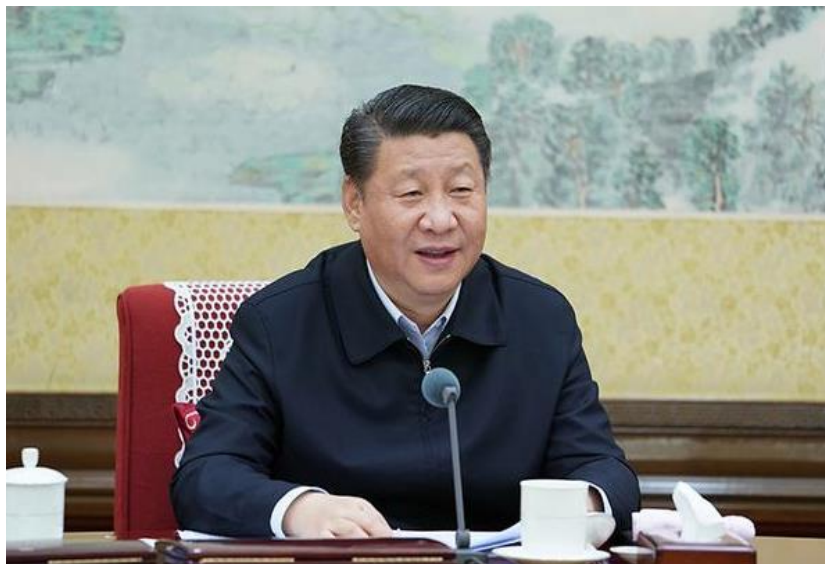


全球农业用水占60%以上



1. 节水灌溉技术的重要性

- 2014年3月14日，习近平总书记提出“**节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力**”的治水思路，为水利发展指明方向。
- 2019年9月18日，习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会并发表重要讲话。强调“**坚持生态优先、绿色发展，以水而定、量水而行，因地制宜、分类施策**”的生态治理理念。
- 2019年水利部提出的“**水利工程补短板、水利行业强监管**”水利改革发展总基调，为节水灌溉提出了新目标、新要求。



《国家大中型灌区建设的指导意见》
(2017年)

《四部委加大力度推进农业水价综合改革工作的通知》
(2018年)

《国家节水行动方案》
(2019年)

《关于开展中型灌区续建配套与节水改造方案编制工作的通知》
(2020年)

《关于开展“十四五”大型灌区续建配套与现代化改造实施方案编制工作的通知》
(2020年)

18、19年中央一号文件

2020年中央一号文件

1. 节水灌溉技术的重要性

- 在农业生产中，水和肥是作物生长的重要条件。水肥灌溉装备可对水、肥进行精准调控，提高农田产量和质量，减少化肥污染，提高农业管理效率，节约水肥及能源消耗。灌溉装备是节水的重要方式之一。
- 通过水肥调控，实现作物不同生育期的水肥管理需求，提高作物质量和产量，提高水肥利用效率。



2. 节水灌溉技术介绍

- 节水灌溉（water-saving irrigation）以最低限度的用水量获得最大的产量或收益，也就是最大限度提高单位灌溉水量的农作物产量和产值的灌溉措施。
- 但植株消耗的水分99%以上是用于叶面蒸腾和株间土壤蒸发，以调节作物体温、改善小气候和向植物体内输送养分。干旱会让作物的生长发育就会受到抑制和损害。
- 主要措施有：农艺、生理、管理、工程节水技术。



2. 节水灌溉技术介绍

节水方式

- 农艺节水：深耕、除草松土、覆盖、节水品种、保水剂；
- 生理节水：调亏灌溉（RDI）、分根区交替灌溉（ARDI）、部分根干燥灌溉；
- 管理节水：非充分灌溉、墒情预报、灌区配水；
- 工程节水：渠道防渗、雨水收集、喷灌、微灌（滴灌、微喷灌、涌泉灌、渗灌）、覆膜灌、地下灌溉。



喷灌



渗灌



微喷灌



涌流灌

2. 节水灌溉技术介绍-农艺节水



抗旱品种



除草松土

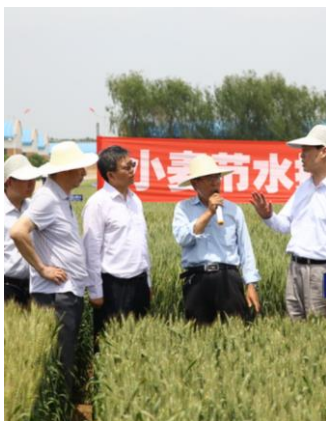


抗旱保水剂

保水剂



秸秆覆盖



抗旱品种



松土机



保水剂原理



地膜覆膜

调亏灌溉技术（RDI）

- 20世纪70年代中期由澳大利亚持续灌溉农业研究所提出。
- 在作物生长发育的某些阶段（营养生长阶段），人为的水分胁迫（需水临界），从而影响其光合产物向果实器官分配，提高产量，减少其他器官的生长量；
- 营养生长减小，提高作物种植密度，提高总产量，减少作物整枝消耗，改善产品品质。
- 只考虑在时间上的调亏和水量的优化分配，未从空间上考虑植物根系对水分利用的功能。



分根区交替灌溉（ARDI）

- 使土壤垂直剖面或水平面的某个区域保持干燥，仅让一部分区域灌水湿润，
- 下次灌溉时，交替灌水湿润与非灌水干旱区域，使根系的不同区域经受一定程度的水分胁迫，刺激根系吸收补偿功能。



玉米隔沟交替灌溉

控制性分根交替灌溉技术 (CRAI)

- 使作物根系的干燥区域交替出现；
- 干燥区的根系产生水分胁迫信号，传递到叶气孔从而有效地调节气孔关闭；
- 湿润区的根系从土壤中吸收水分以满足作物的最小生命之需，对作物的干旱胁迫保持在临界限度以内；
- 表层土壤总是间歇性干旱，减少棵间无效蒸发和总灌水量，改善土壤通气性，促进根系补偿生长。
- 可使小麦节水14.3%，玉米节水14.9%，棉花节水15.0%。



节水灌溉管理技术：

- 根据农作物的需水、耗水规律，控制、调配水源，以最大限度地满足作物对水分的需求，实现区域效益最佳。
- 土壤墒情监测与预报技术、节水高效灌溉制度、以区域总效益最大为目标的灌溉预报技术、输配水与灌水水量的测量，流量调节控制技术等。
- 激光平地技术，实施精细地面灌溉技术。
- 应用高效节水的地面灌溉技术和设备，实现地面灌溉自动化。



2. 节水灌溉技术介绍-工程节水

- 以工程形式达到节水目的的灌溉措施都称作**工程节水措施**，如渠道衬砌、管道输水灌溉、低压管道灌溉、喷灌、微喷灌等。



渠道防渗技术

- 土料压实防渗、干砌和浆砌石料防渗、混凝土衬砌防渗、塑料薄膜防渗和沥青护面防渗等。
- 混凝土护面防渗效果最好，是今后防渗的主要形式。
- 塑料薄膜防渗具有重量轻、造价低、运输方便、施工简单及抗腐蚀能力较强的优点。现在多采用塑料薄膜和混凝土护面双重防渗。



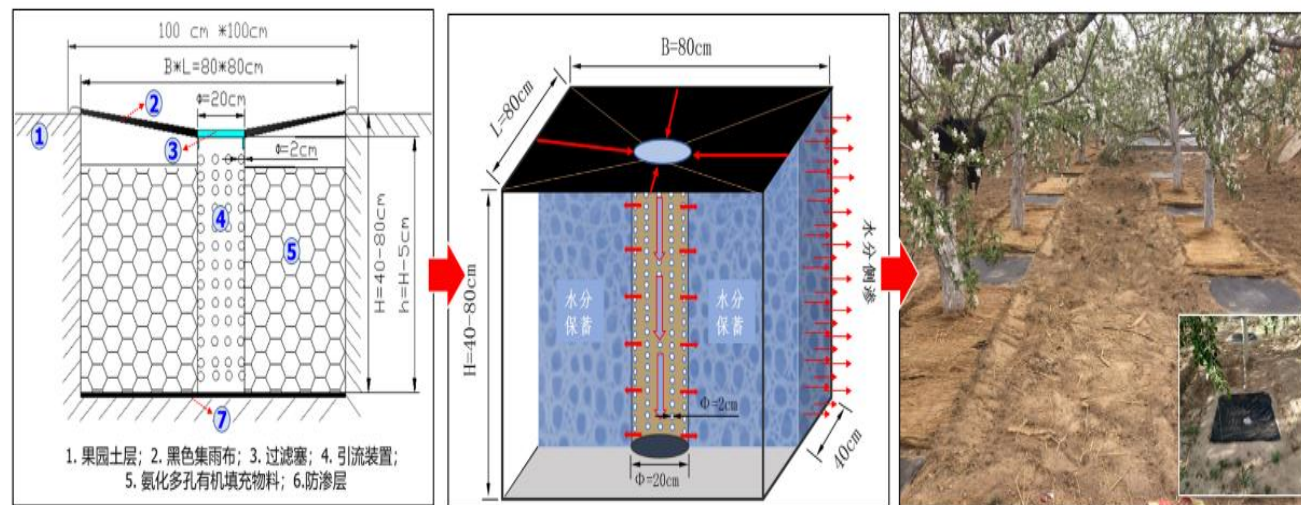
薄膜防渗



渠道防渗

集雨肥水坑

- 果树树冠地面投影处挖的一个半圆形浅坑。
- 中央的“小坑”为**肥水坑**：80cm*80cm*40cm。上部铺塑料膜，底部铺有防水渗漏的材料，雨水流向肥水坑。坑里有引流管，让水有效地流到苹果树根部。
- 扩蓄增容肥（油渣、秸秆等）分层填压充实，为果树提供所需的氮素、可溶性磷、可溶性钾等速效养分，油渣等还能够改善土壤结构，提升土壤肥力。
- 水分利用效率提高20%以上，苹果产量提高30%以上，同时也可减少无机化肥的使用，减少坡面径流，保持水土。



集雨肥水坑结构示意图

喷灌

- 利用水泵加压或自然落差将水通过压力管道送至田间，经喷头喷射到空中，形成细小的水滴，近似天然降水洒落在农田；
- 喷灌系统可分为移动式、半固定式、固定式三种。



固定式



半固定式



移动式

2. 节水灌溉技术介绍-工程节水

喷灌

- 利用水泵加压或自然落差将水通过压力管道送至田间，经喷头喷射到空中，形成细小的水滴，近似天然降水洒落在农田；
- 喷灌系统可分为移动式、半固定式、固定式三种。



吊架式



滚移式



卷盘式

2. 节水灌溉技术介绍-工程节水

太阳能喷灌机

- 移动式喷灌需要电网或者发电机进行电力供应，在一些偏远缺电地区难以得到保障。
- 以太阳能供电的电机驱动，替代传统的水涡轮驱动方式，降低了机组整体能耗。
- 对PE软管的回收速度实施无级调速，保证收管过程始终保持匀速，确保喷洒水量的均匀分布。
- 节约能源，而且灌溉均匀度高，有效解决了水资源匮乏、灌溉电力短缺、电力传输困难、灌溉效率低下等问题。



旱区作物节水国家工程实验室太阳能喷灌机

微灌技术

- 通过低压管道系统与特制灌水器，将水和作物生长所需的养分以较小的流量，均匀、准确地直接输送到作物根部附近的土壤表面或土层中的灌水方法。
- 微灌分为滴灌、微喷灌、涌泉灌等。
- 一般比地面灌溉省水1/3~1/2，比喷灌省水15%~25%。



滴灌



微喷灌



涌泉灌



渗灌

2. 节水灌溉技术介绍-工程节水

覆膜灌

- 用地膜覆盖田间的垄沟底部，通过膜上小孔渗入作物根部附近的土壤中进行灌溉。
- 深层渗漏和蒸发损失少，节水显著，土壤增温和保墒好。



膜下滴灌



膜上滴灌

2. 节水灌溉技术介绍-工程节水

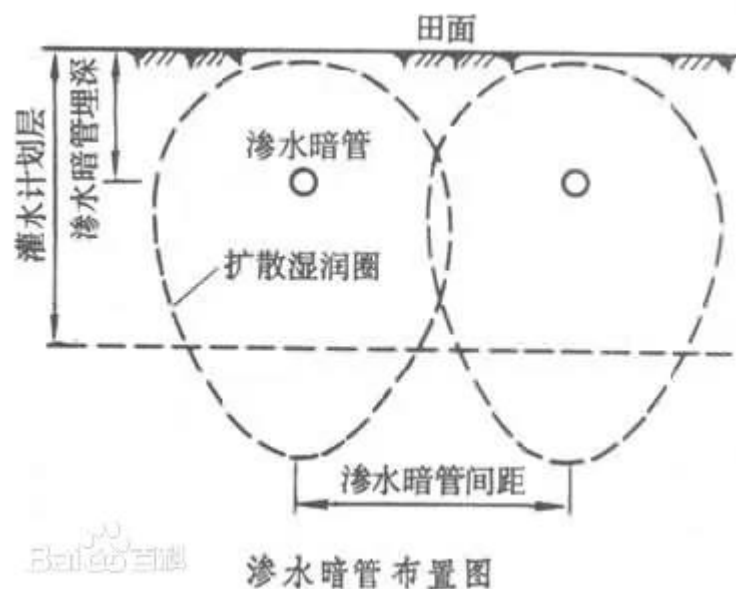
- 乌兹别克斯坦锡尔河州的中乌现代节水农业技术示范中心，新疆天业节水在乌兹别克斯坦实施6100亩棉花膜下滴灌工程；
- 推广滴灌栽培模式设计、农机配置、滴灌一体化系统、田间管理等全套技术，比同期常规种植增产5%，节水约46.7%，节肥约20%。



乌兹别克斯坦节水示范园

地下灌溉

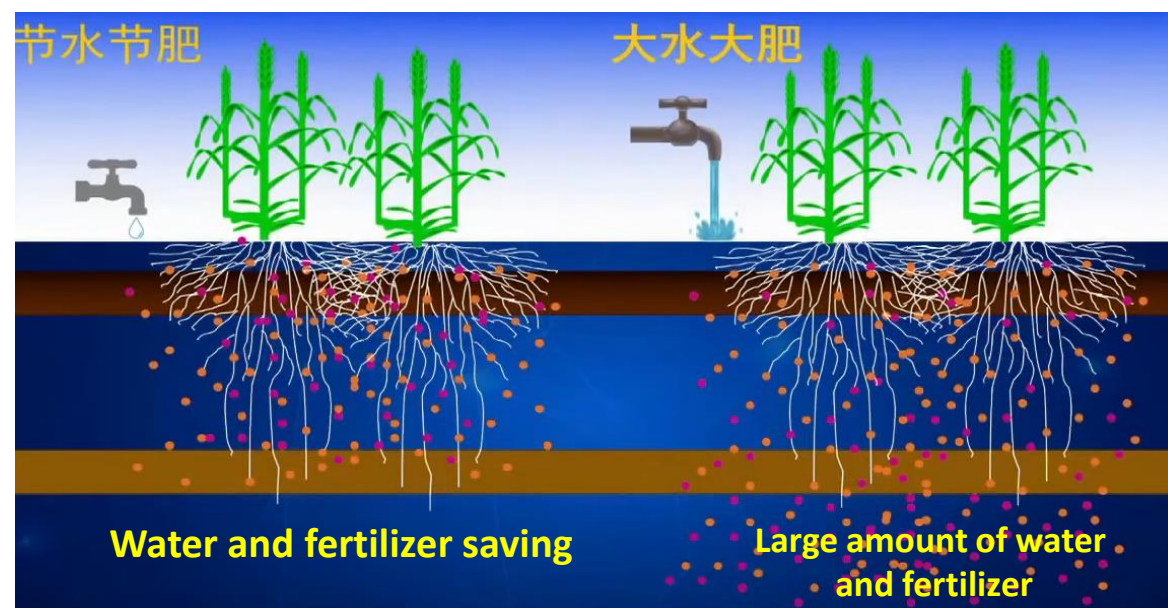
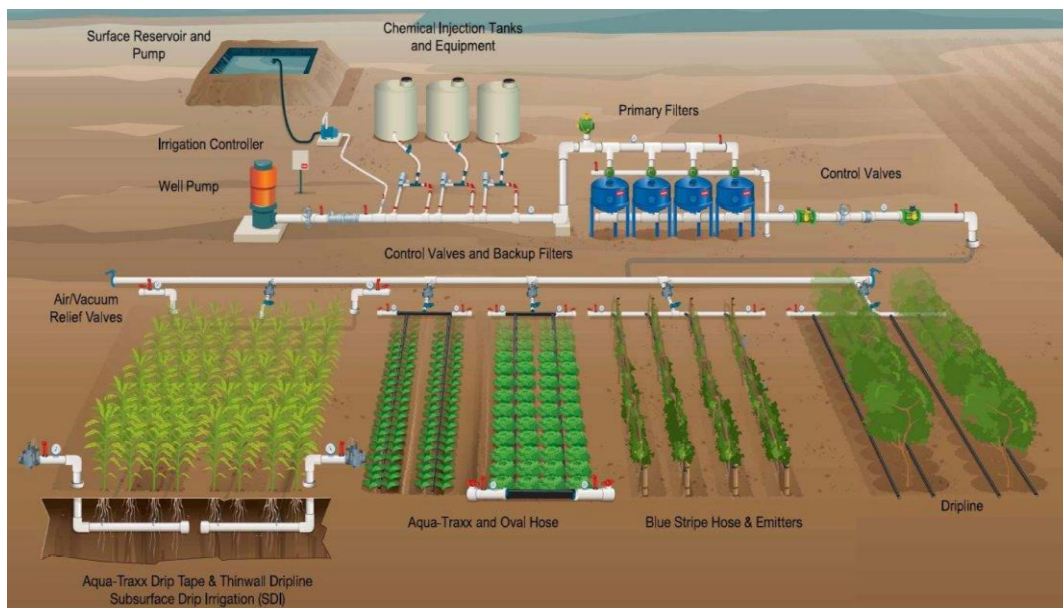
- 灌溉水引入田面以下一定深度，通过土壤毛细管作用，湿润根区土壤，以供作物生长需要。
- 有暗管灌溉和潜水灌溉。



地下滴灌

2. 节水灌溉技术介绍-工程节水

- **水肥一体化**灌溉装备能根据作物对水肥的真实数据需求，通过微控制进行**一键顺控**，实现对水、肥的**精量控制**，提高农业管理效率。
- 通过**精准水肥控制系统**，可实现水场、养分场的**靶向控制**，可实现**节水、节肥**以及提高粮食产量，减少化肥污染。



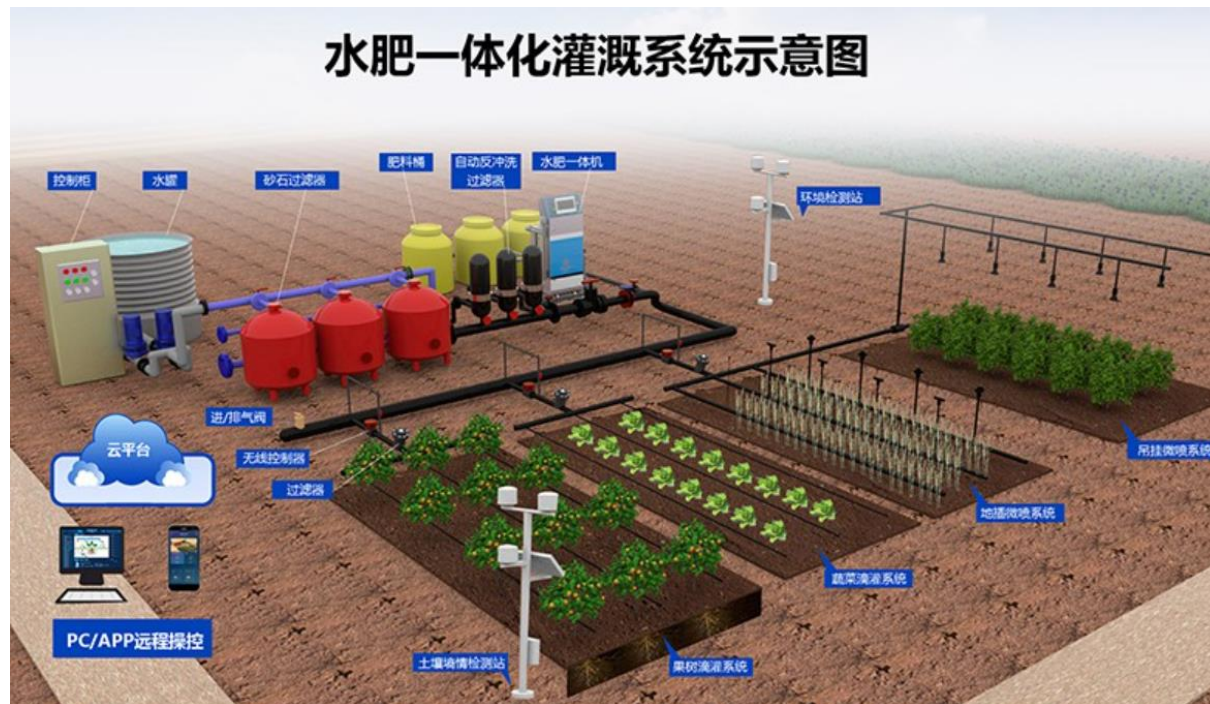
2. 节水灌溉技术介绍-工程节水

- 水肥一体化投资较大，但灌溉最为精准和智能，是智慧农业的重要组成部分。



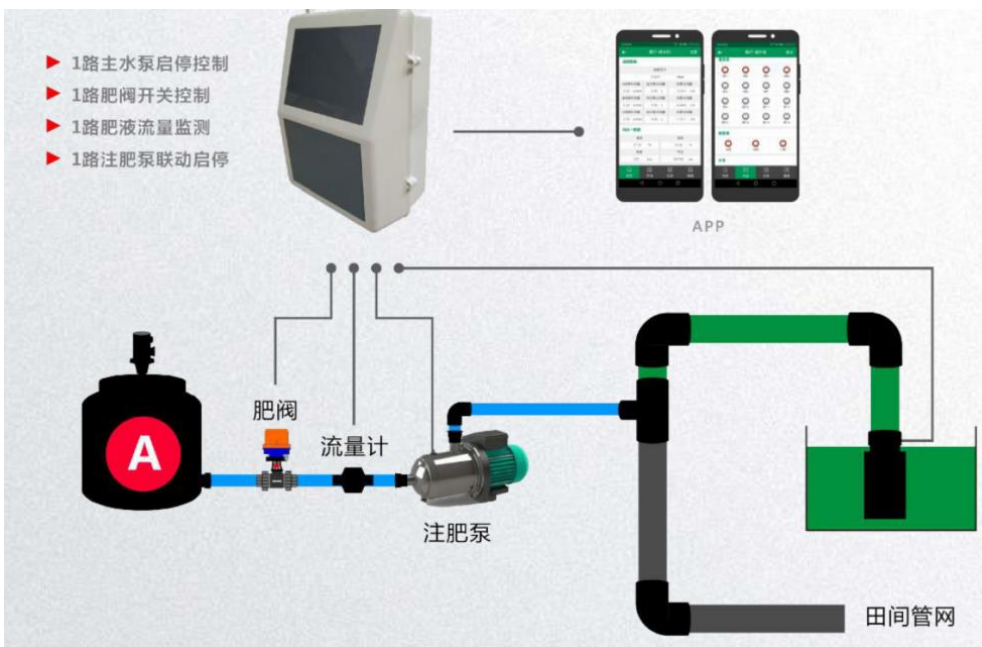
2. 节水灌溉技术介绍-工程节水

- 首部枢纽是整个滴灌系统的核心部件，它主要是解决动力和水质的过滤问题。
- 包含水泵、施肥（药）装置、过滤设施和安全保护及量测控制设备等。



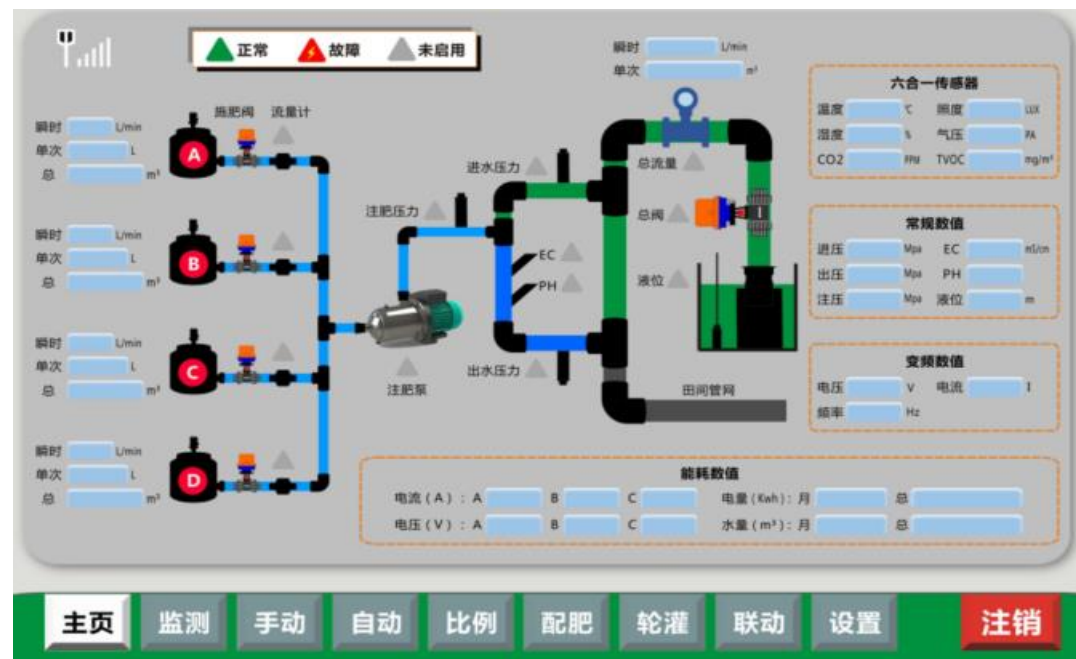
单通道注肥控制器

- 一个通道，水肥调控，简单实用，价格便宜。
- 具有手动启停、自动启停、智能记忆、流量调节、过载保护等功能。



多通道注肥控制器

- 嵌入式施肥灌溉控制器，完整实现人机界面显示，数据采集存储、设备控制、远程访问等功能；
- 系统具有**手动、定时、定量和智能**4种控制模式；
- 路田间阀门无线远程控制（太阳能+蓄电池供电）；
- 通过农业云物联APP进行远程监测及控制；



移动共享山地苹果滴灌系统

- 包括“移动共享首部”和“滴灌管道”两部分。施肥装置、过滤装置、进排气部件、流量压力计量控制部件等共享，快捷连接。
- 滴灌管和支管等“滴灌管道”则固定铺设在果园里。
- 灌溉亩均投入降低到300元以下，应用面积迅速扩大。



2. 节水灌溉技术介绍-工程节水

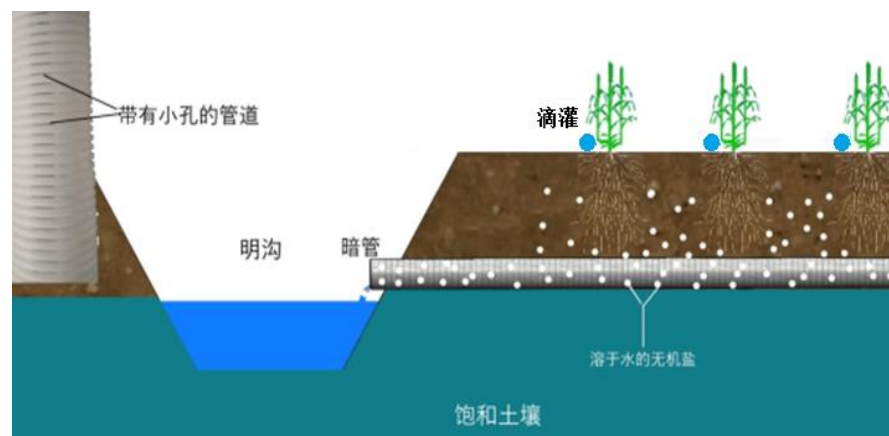
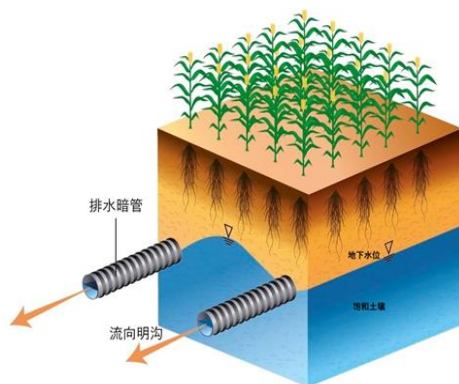
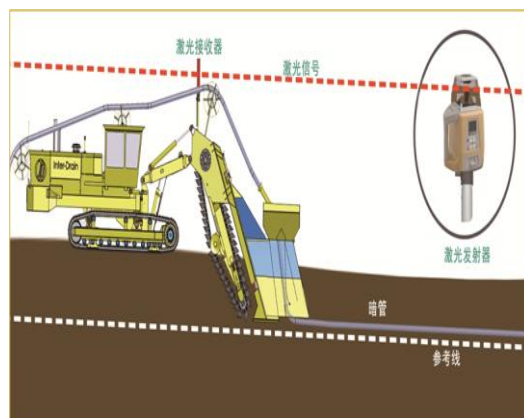
- 水肥一体化具有省肥节水、省工省力、下降湿度、减轻病害、增产高效等优点。
- 一个人一天可以负责几百亩的灌溉任务，水分利用率可以达到95%以上。均衡及时的水分供应是新梢花序抽生、果实发育的重要条件。
- 在果实发育期一直保持土壤均衡的水分供应，可以减少裂果，果实大小均匀，增加大果率。



水肥一体化应用案例-桔园

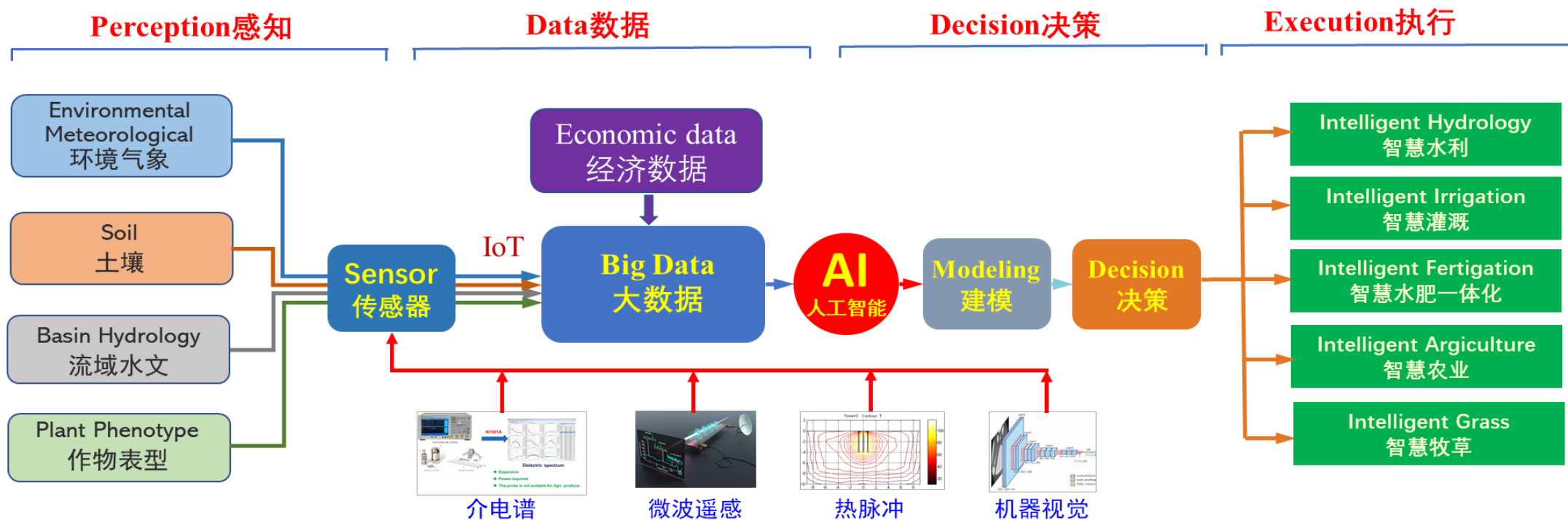
3. 节水灌溉工程案例

- “节水抑盐暗管排盐+滴灌自动化精准水肥系统”示范推广，建设兵团节水抑盐精准水肥一体化2222工程综合示范项目，即降盐20%、节水20%、节肥20%、增产增效20%，形成兵团农田精准水肥一体化技术体系，对推进兵团现代农业节水提质增效发展，促进节水抑盐精准水肥一体化产业在兵团规模化、标准化发展有重要意义。



4. 节水灌溉新技术

- 智慧灌溉：利用信息感知、物联网、大数据、人工智能、GIS和数字孪生等现代信息技术，构建智慧节灌信息化综合体系，全面提升田间管理和服务水平。
- 管理高效化、水肥精细化、决策智能化、效益最大化。



5. 节水灌溉发展趋势

➤ 结合智慧农业，智能化、绿色化是现代高效节水灌溉发展的总体趋势。



手动操作



经验判断



人工维护



电磁阀、电动阀远程控制



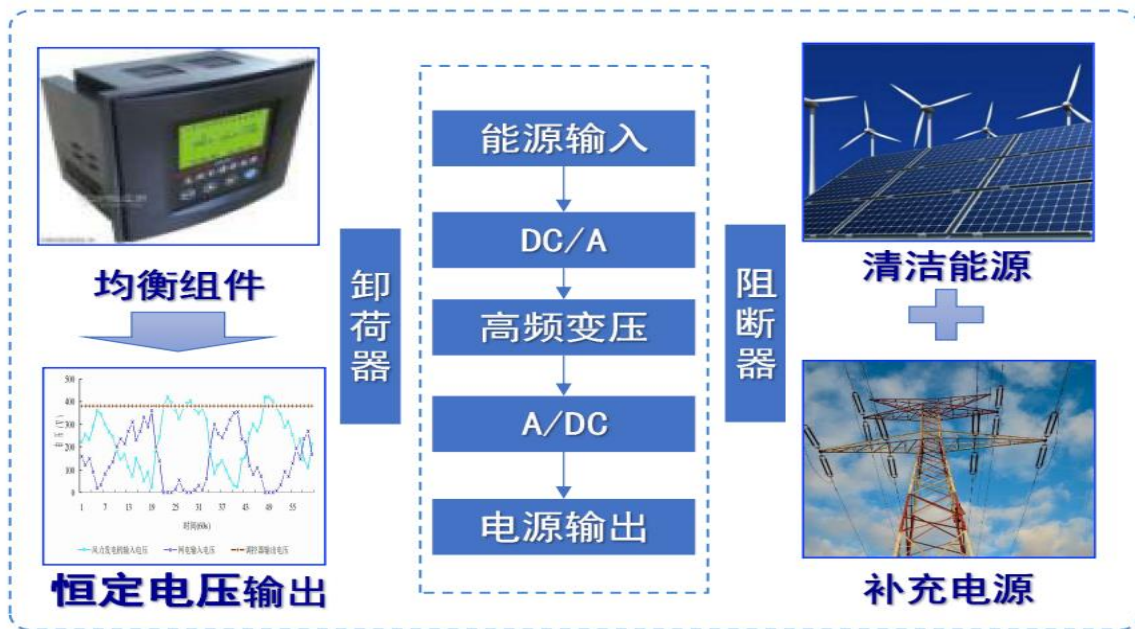
智能化感知决策



全自动自清洗过滤器

5. 节水灌溉发展趋势

➤ 结合智慧农业，智能化、绿色化是现代高效节水灌溉发展的总体趋势。



5. 节水灌溉发展趋势

➤ 节水灌溉日益多功能化，水肥气热一体化迅速发展。

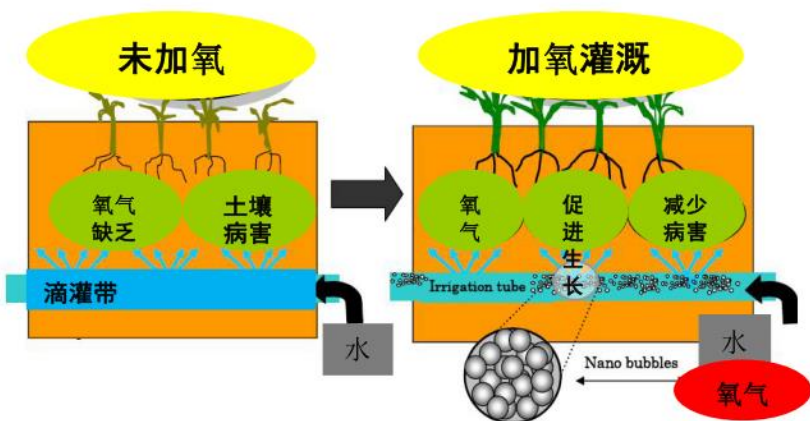


水肥一体化

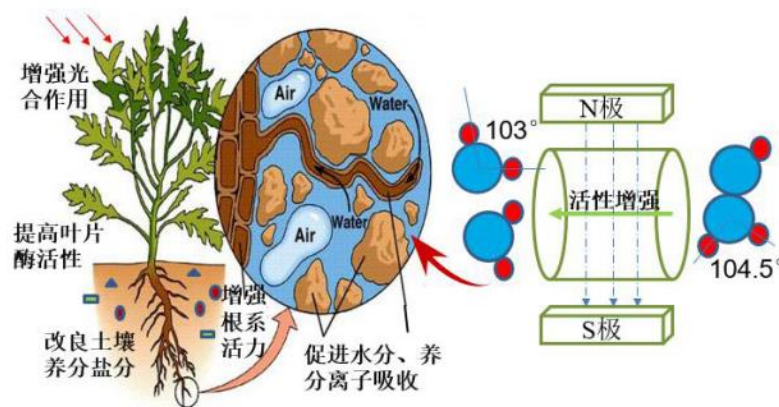
加氧灌溉

磁化水灌溉

加温灌溉



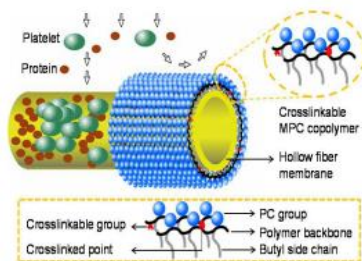
加氧灌溉原理示意图



磁化水灌溉原理示意图

5. 节水灌溉发展趋势

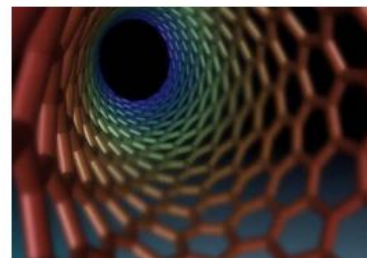
➤ 装备向优质、环保、低成本方向发展，新材料不断得到应用。



纳米抗菌材料



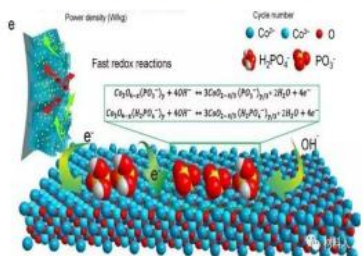
纳米抗菌PP-R管



树脂胶黏



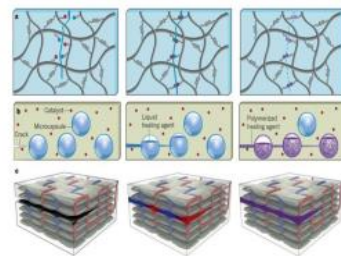
竹缠绕复合管



增强性聚乙烯材料



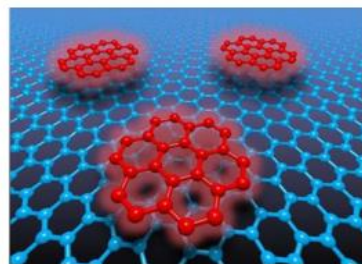
NETAFIM柔性管



喷锌防腐技术



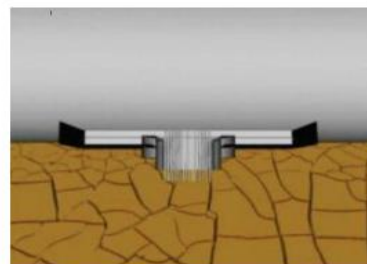
球墨铸铁管道



纳米半透膜



微润灌溉管



控水头结构



痕量灌溉管

NIVAFEM

敬请各位专家批评指正！

