



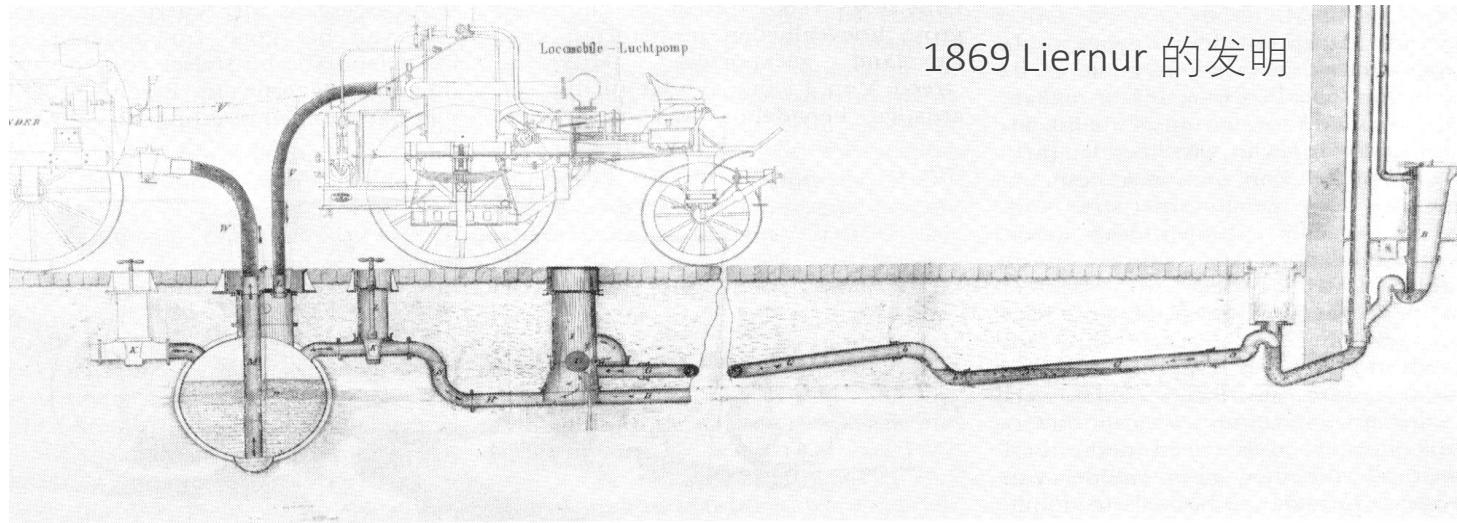
2021(第五届)中国农村污水治理与饮水安全提升高峰论坛

# 负压排水技术进展及在乡村振兴中的应用

万若环境

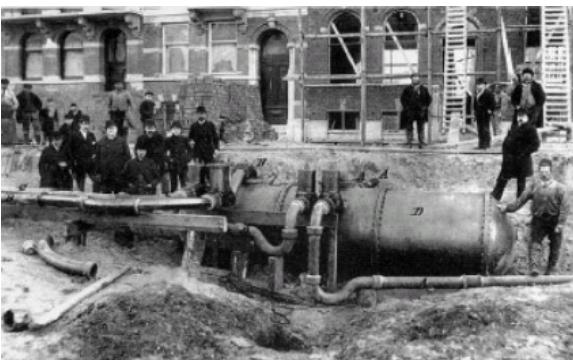
# 世界上最早的负压排水

Pneumatic sewerage system “气体输送下水道”

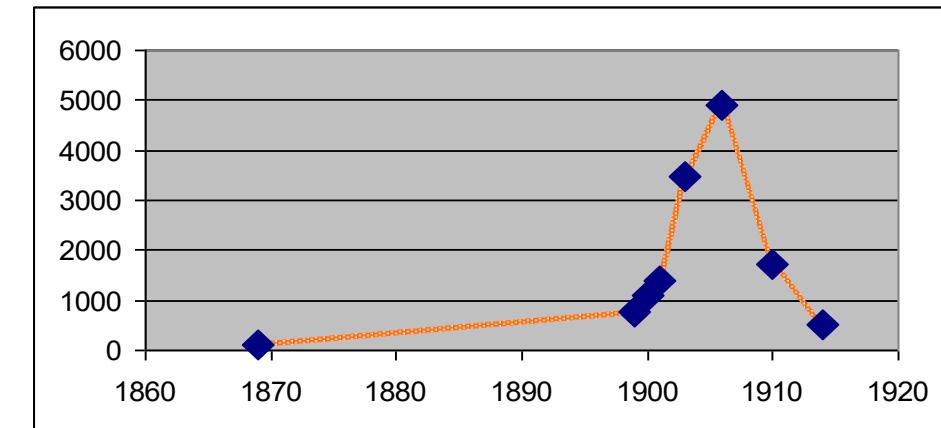


Liernur提出，城市的粪便、医院的废水，都应该单独收集起来，发明了用负压气体输送的方法把住户厕所的粪尿单独收集，在阿姆斯特丹、莱顿、多德雷赫特，以及捷克的布拉格和德国的Hanau得到应用。

在当时的技术发展水平下负压收集系统并不是全密闭的，也不能连续运行实现即来即排的功能。白天，维护人员两人一组，手动完成。



阿姆斯特丹服务户数



磷化肥生产厂出现

Haber-Bosch 发明合成铵

直到上世纪七十年代该技术渐渐复苏，但由于错过了市政建设的高峰期，在过去几十年中技术的开发和提升并不明显。

## EnviVac 万若环境 助力污水管理高质量发展

- **近百项国家专利授权**
- **多项国际国内新模式工程示范**
- **科技部创新基金, 十一五国家科技支撑计划项目, 十二五国家重大水专项, 十三五国家重点研发项目**

**2005—2009**

**主要工作:** 原始技术开发与产品化, 技术向应用高效转化, 市场启蒙。

**重大进展:** 建立首个源头用户多样化的负压源分离示范, 建立至今稳定运行十余年的**大型城市综合体负压排水项目**, **绿色建筑**黄褐分离负压系统投入使用, 建立国内外媒体广为报道的奥运森林公园黄水分离系统, 产品开始**出口澳洲**。

**2010—2015**

**主要工作:** 形成咨询设计、产品销售、EPC及系统运维商业模式。

**重大进展:** **城市更新, 新建区域**, 建立覆盖约6平方公里的室外负压排水系统, 建立首个乡村源分离的“万若模式”。开展EPC、运维业务。获得北京市科学技术奖。与清华大学合作获得盖茨基金全球重新发明厕所大赛两项优秀方案。

**2016—2020**

**主要工作:** 体系完善, 实用成熟, 国际前沿。

**重大进展:** **主编国际上首个《污水源分离排水系统工程技术导则》(住建部)**。入选北京市节能低碳技术产品推荐目录。建立国际最大规模负压源分离工程, “万若模式”开始复制, 央视新闻联播报道, 技术开始在非洲落地。

- **国家科技支撑计划-村镇小康住宅关键技术研究与示范** (与中国城建院、北京科技大学等合作)
- **国家重大水专项-农业排水污染控制技术集成与流域示范** (与中国农科院、中国环科院、中科院生态中心等合作)
- **国家重点研发计划 “高效节水器具研发、标准和产业化应用”** (与同济大学、青岛理工大学、西安建筑大学等合作)
- **国家重点研发计划 “农村厕所粪便高效资源化处理关键技术与示范”** (与同济大学、重庆大学等合作)
- **国家重点研发计划 “城镇高效节水”** (与北京科技大学、清华大学、中国农大、北京水科院等合作)

**国际交流与合作：汉堡工大、柏林水技术中心、瑞典环境院SEI、南非国家水研究院WRC、盖茨基金...**

**入选盖茨基金优胜方案及研发和商业化推广支持(与清华大学合作)**

**近百项国家专利授权**

# 先进可靠的硬件是基础设施的必须 专业负责的咨询是正确决策的保障

EnviVac® 万若环境



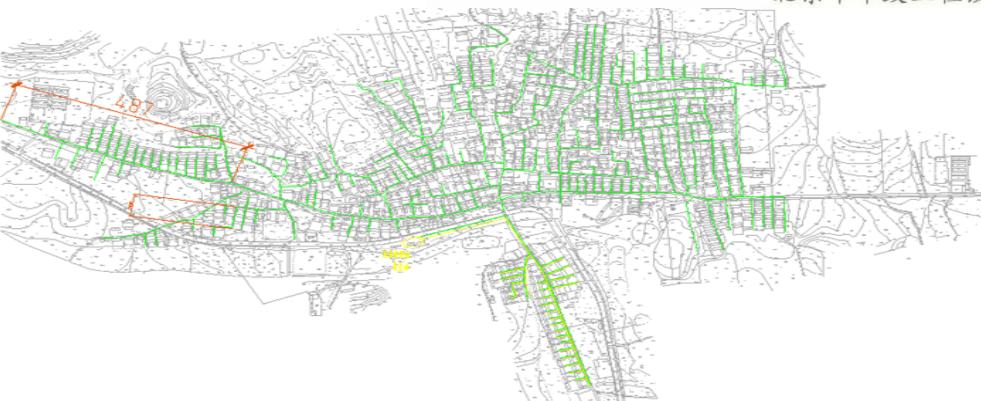
## 编写委员名单

顾 问: 钱 易 杭世珺  
主 编: 张 健  
副主编: 周 律 李子富 黄 鸥  
编 委: (以姓氏拼音为序)

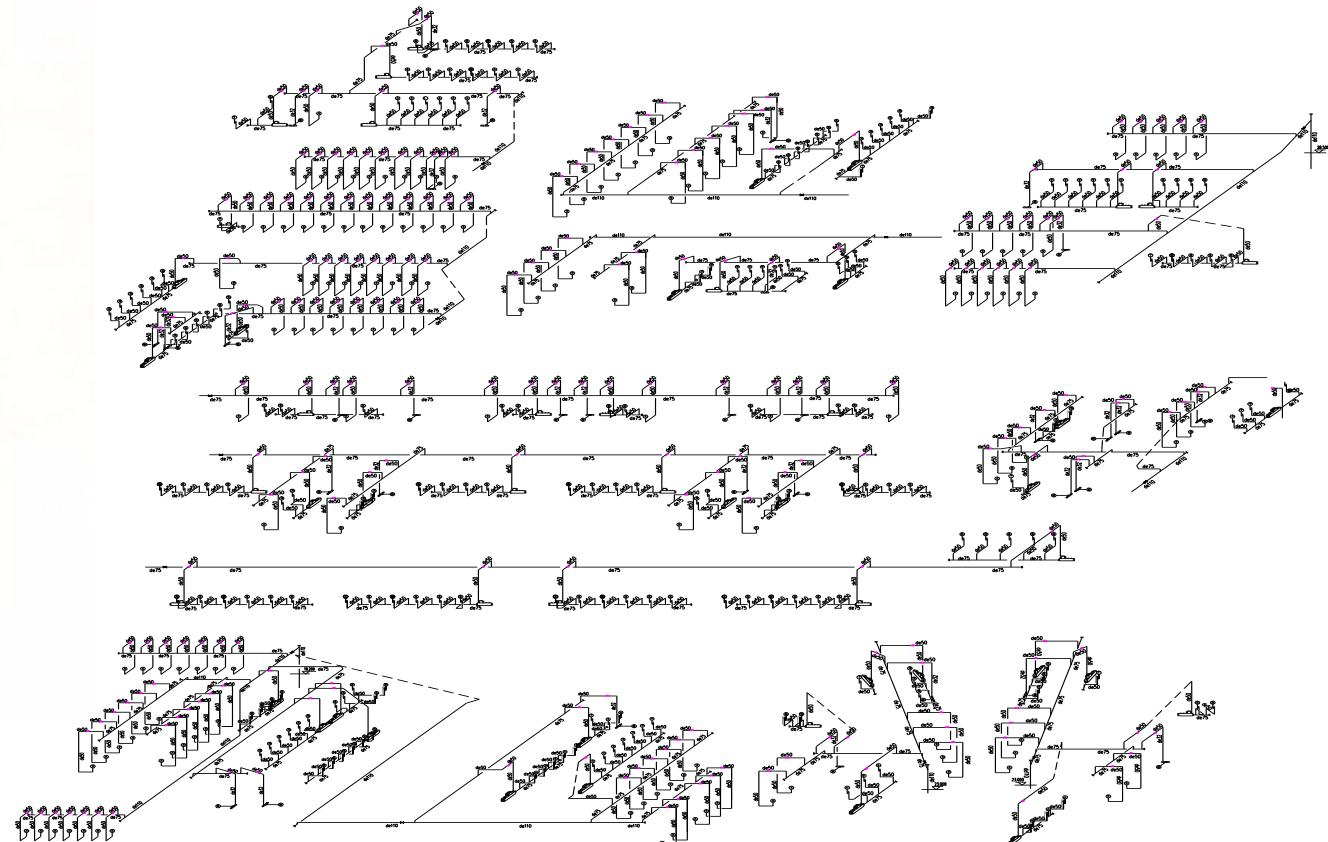
陈洪斌 程树辉 邓志光 范 翔  
高 旭 高世宝 郭建斌 郝晓地  
何伟嘉 黄 瑾 侯艳锋 李 萌  
刘 新 刘 旭 刘旭东 刘智晓  
陆继来 倪中华 时义磊 王 军  
魏 俊 吴 镛 许阳宇 叶 青  
张 果 张 磊 张敬宇 周 清  
周晓琴 朱 冰

## 编写单位名单

主 编 单 位: 万若(北京)环境工程技术有限公司  
副主编单位: 清华大学  
北京科技大学  
北京市市政工程设计研究总院



- 与国内外专家探索技术基础
- 为客户提供中性的方案优化
- 为客户提供性价比提升方案
- 在国内外专业杂志发表30余篇论文



# 目 录

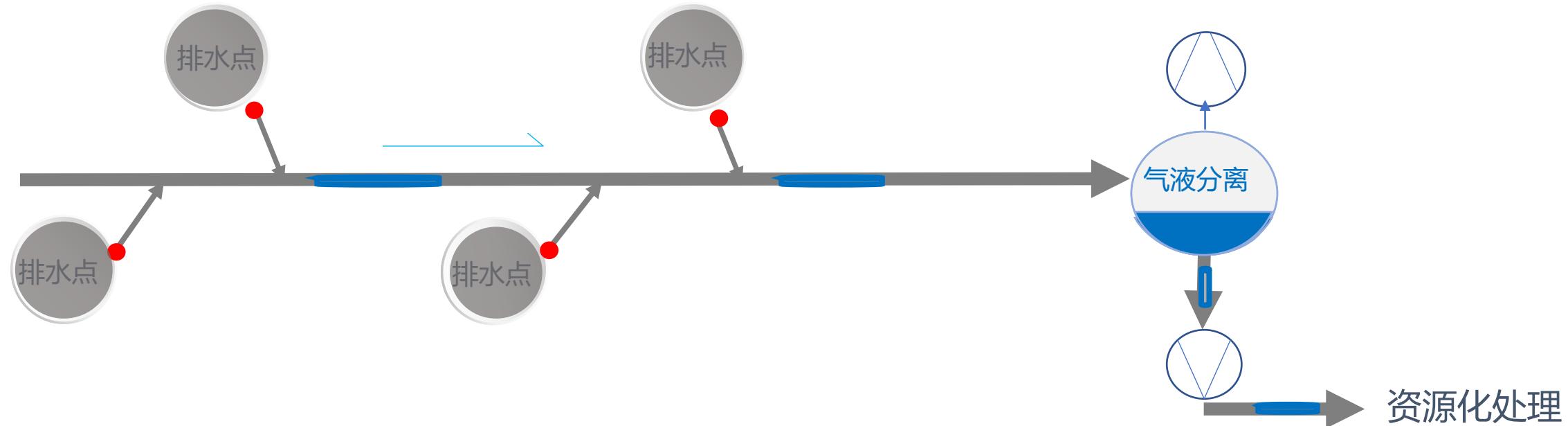
- 一、原理
- 二、应用领域
- 三、智慧运维

# 一、原 理

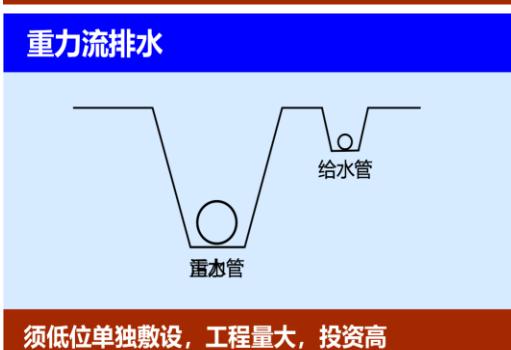
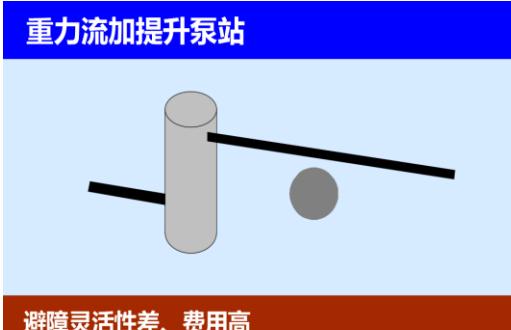
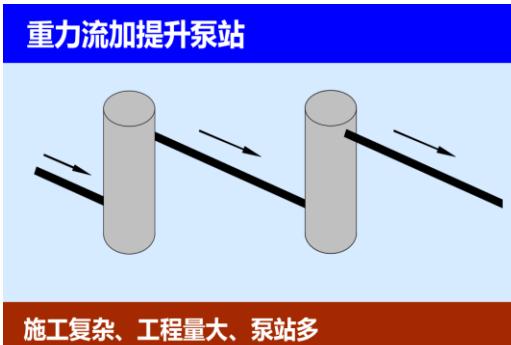


1. 利用管道内负压产生的气流输送污水。
2. 由收集单元、管道单元、负压收集单元组成。
3. 管径小，流速快，布置灵活。
4. 系统密闭。

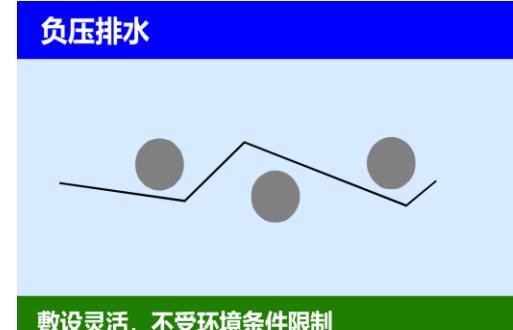
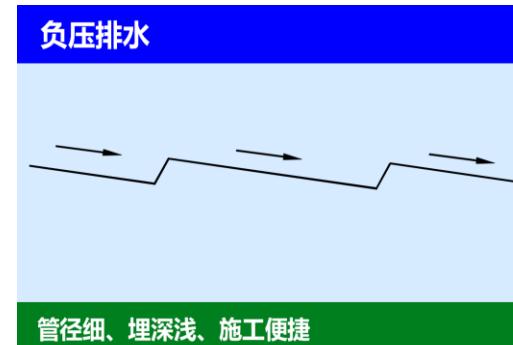
负压排水与自来水供水系统结构相似但流动方向相反



## 常规重力流



## 真空负压



常规重力流污水收集模式在收集率、管网建设及后期运维等方面受到较大局限。

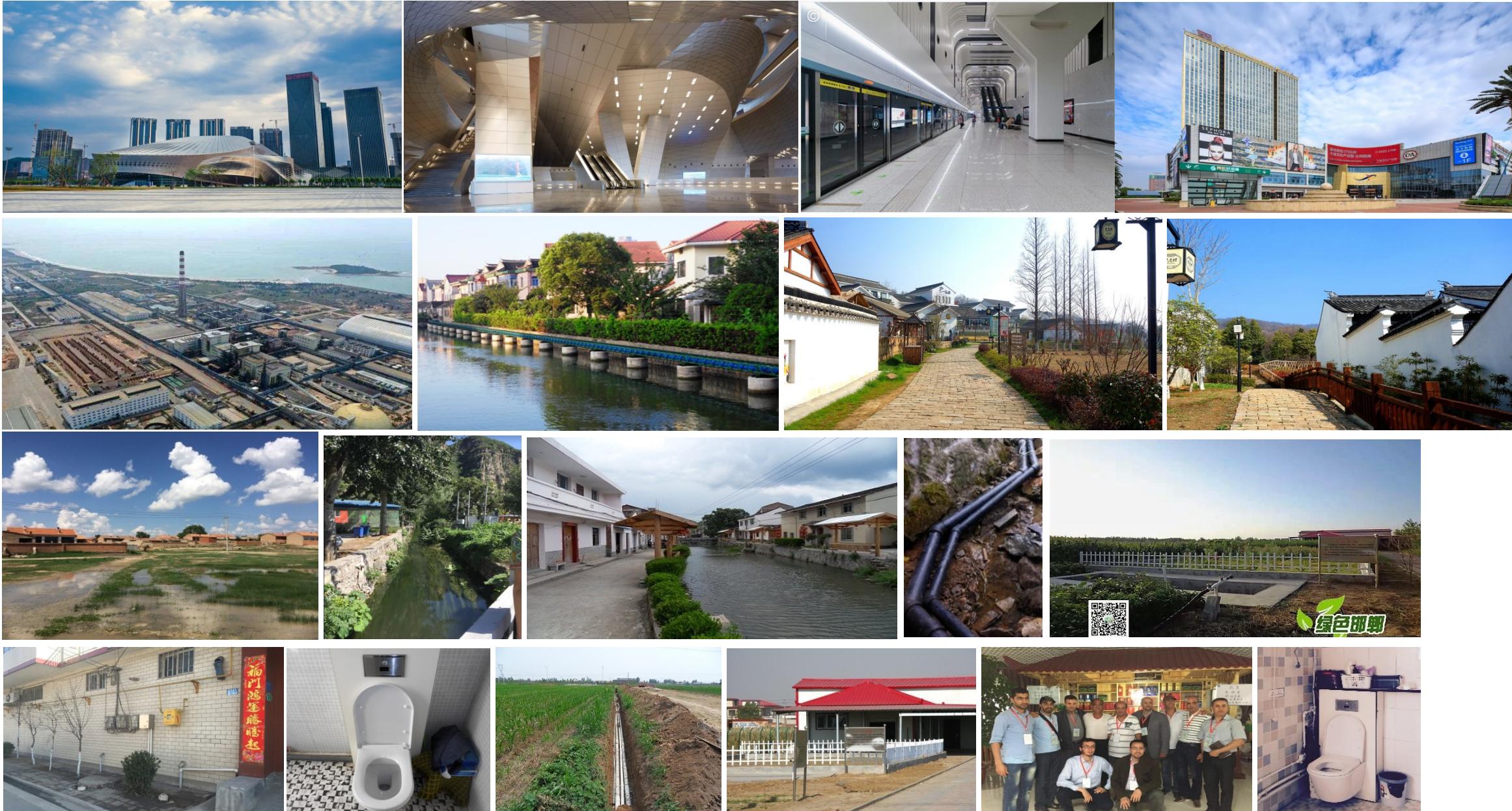
### 常规重力流在收集时具体存在的问题：

- 1、管径粗易沉淀，细易堵塞，地下水位高，起伏地势导致常规管网建设难度高且投资成本大；
- 2、检查井、管道污物淤积，跑冒滴漏严重，收集率低；
- 3、水量波动较大，雨水地下水易渗入，同时污水容易渗出及外溢，
- 4、从后期维护角度而言，常规排水的化粪池需定期清掏，随着劳动力成本以及清掏工作强度和环境的变化，清掏成本较高，粪污去处也是问题。

### 负压系统的优势：

- 1、管径细、埋深浅、摆脱重力束缚灵活敷设，不受地形地貌限制，极大地降低了施工难度，节约总成本；
- 2、收集率高，无异味，无积垢，无泄漏；
- 3、管路为负压状态，密闭性强，无流入无污染；
- 4、仅需对负压站进行配电；
- 5、维护简单，无需清掏，经久耐用，使用年限长。

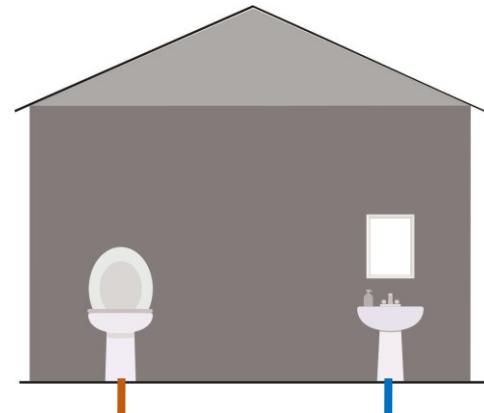
室内负压排水 室外负压排水 室内外联合 源分离



# 生活污水负压收集的不同应用形式

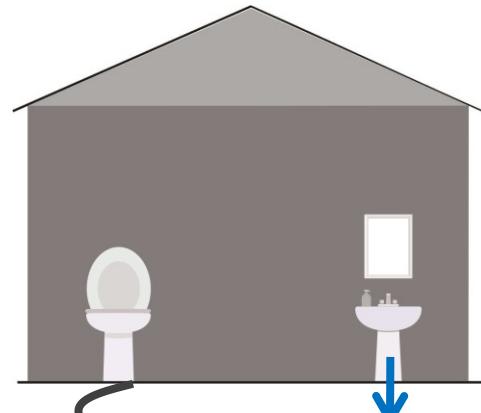
EnviVac® 万若环境

1: 室内重力流室外负压混合收集 2: 室内负压厕所室外负压混合收集



达标排放

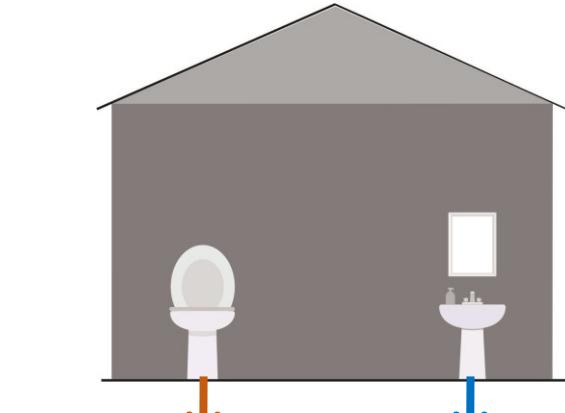
室内污水混排至负压收集器，  
经负压管网进入收集处理站



达标排放

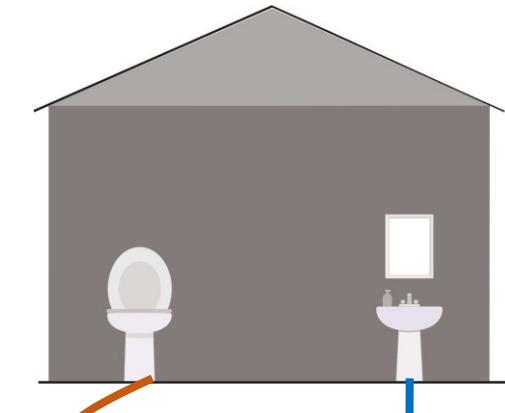
引入负压厕所，污水混排至负压收  
集器，经负压管网进入收集处理站

3: 室内重力流室外负压分质收集 4: 室内负压厕所室外负压分质收集



有机肥 再生水

室内污水重力流出户入负压收集器，  
经负压管网黑灰分质进入收集处理站



有机肥 再生水

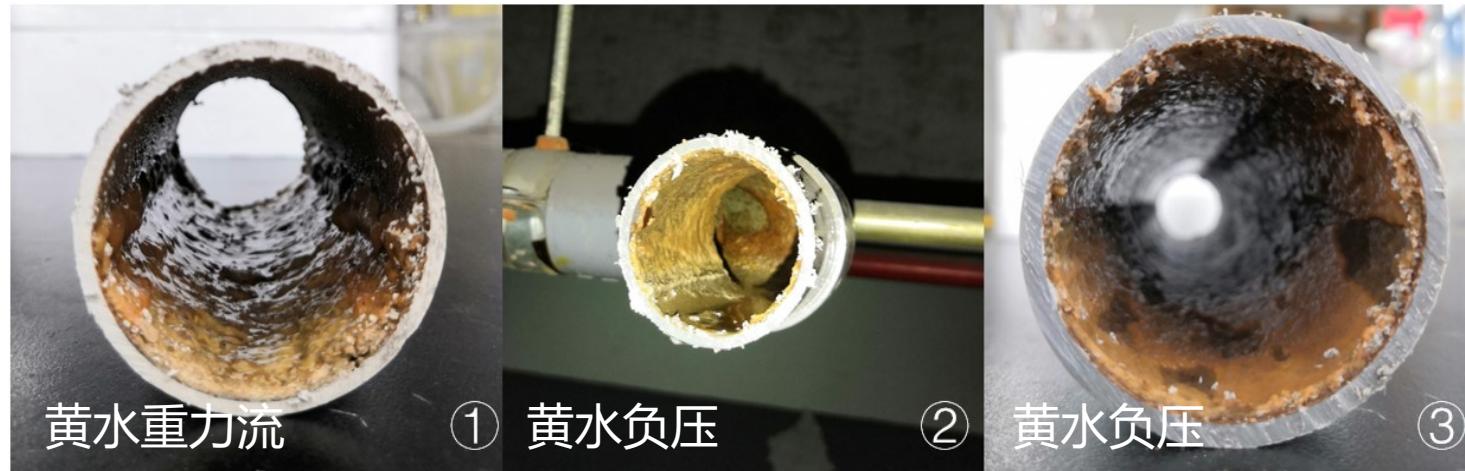
负压超节水厕所，灰水重力流出户入负压收  
集器，经负压管网黑灰分质进入收集处理站

# 源头分质收集管道使用情况

EnviVac® 万若环境

宁波世纪东方商业广场

2009年建设，大人流高频率使用，2019年管道使用情况检验检测



灰水重力流

黑水负压

污水负压

# 收集与负压管道输送

EnviVac® 万若环境



EnviroSystems

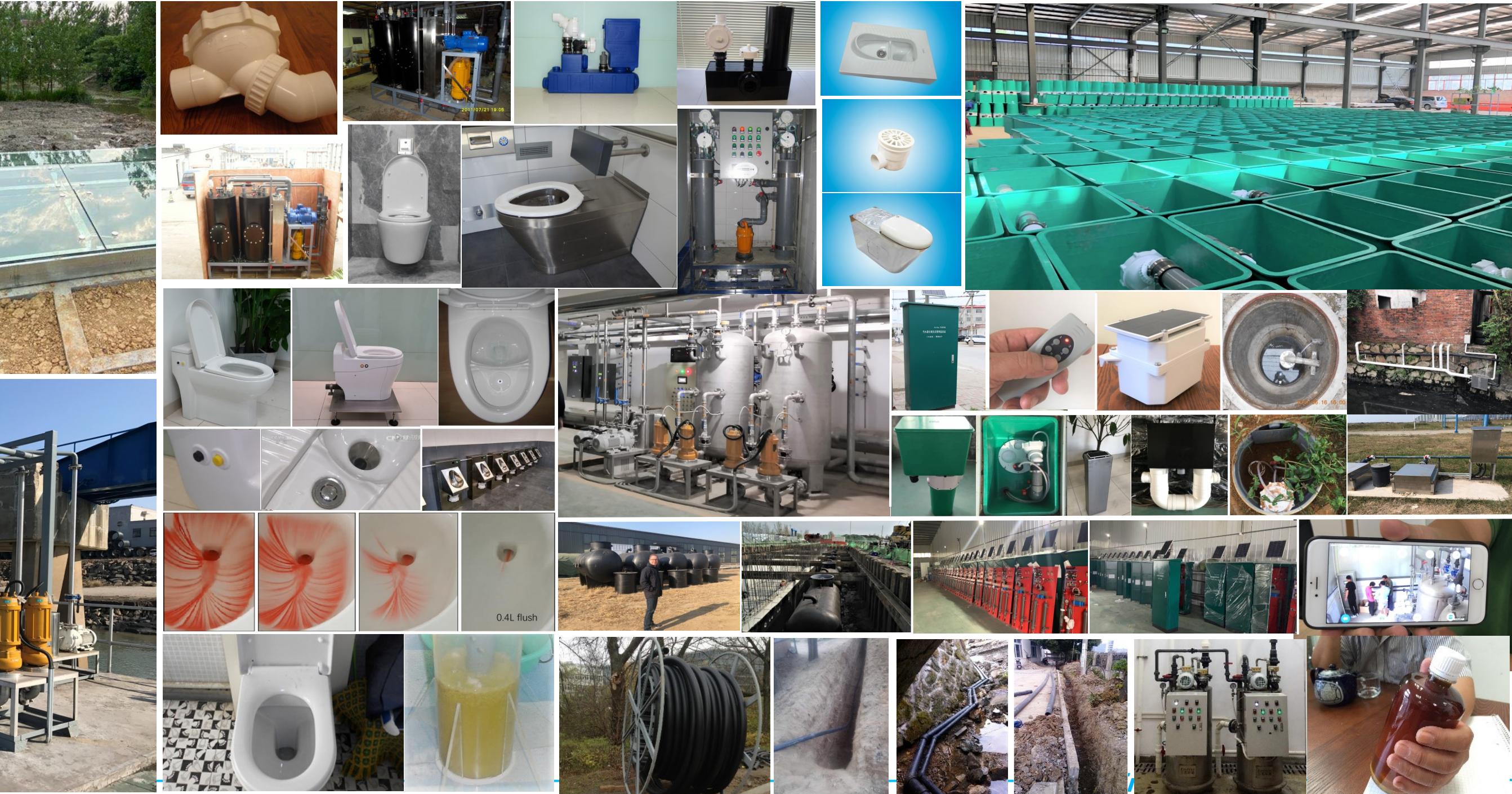
# 负压收集和处理中心

EnviVac® 万若环境



# — EnviroSystems —

# 标准化与产品化



## 二、应用领域

- 建筑及地下空间（地铁、管廊）
- 城乡市政排水
- 老街区、景区等基础管网设施改造
- 黑臭河岸边截污
- 工业园区废水零泄漏收集
- 节水、资源回收型排水系统

# 1) 建筑及地下空间 (地铁、管廊)

EnviVac® 万若环境



- 系统内压力低于环境压力，全密闭，卫生，安全。
- 管径细，坡度低，空间小，布置灵活，最大程度提升建筑师空间设计自由度。
- 可实现同层排水，污水可提升排放。
- 管道高速排水，实现自清洗。
- 应用负压微水气冲便器，冲厕用水比常规节水便器减少约70%以上。
- 可实现分质排水，收集高浓度污废水，利于后续资源化处置。
- 一个负压站可服务几到上万人规模。
- 全系统自动化控制，维护方便，系统可靠

夏季“达沃斯会议”等大型会议永久会址，总建筑面积13万平方米，满足密集高峰人群对厕所使用需求并实现超节水，解决特型创意空间多层建筑排水问题。



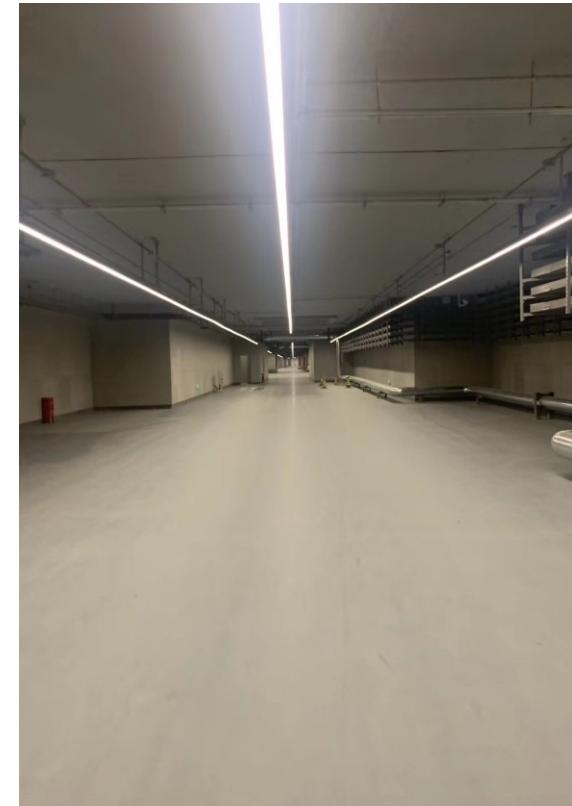
EnviroSystems

# 1) 建筑及地下空间 (地铁、管廊)

## ➤ 地下综合管廊

地下综合管廊无人值守，万若环境负压技术，节省造价，便于智能化管理，破解传统泵站方案带来的一系列缺点。

冬奥北京赛区，北京城市副中心综合管廊项目，成为行业标杆。



## ➤ 地铁及车用、医疗等地下设施

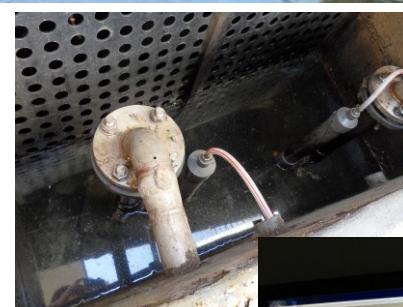
地铁真空排水越来越得到重视，成为新的市场需求。在一些特殊的地下设施为负压真空排水产品、设备的设计与制造提出了近乎最大的挑战，比如：

- 使用密度极高，但又不具备维护人员进入场所工作的条件。
- 对空气质量要求非常高。
- 既要智能化又要皮实耐用牢靠，设备要有可方便使用者纠错功能。
- 粪便、厨余要高效密闭收集输送处理。

## 2) 城乡市政排水

EnviVac® 万若环境

### 常熟后桃花 – 城市近郊、新区域流域治理污水负压收集 (2012)



该区域位于市政污水管末端，管道高程不够，无法采用传统重力自流管收集污水；常水位低，大管径重力流管道加分散泵站排污方式建设及维护成本高昂。

应用真空排水技术对该区域排污进行改造。后桃花村民居、电信大楼、江苏银行，区域人口约600人。常熟客运站，日客流量6000人。客运站周边宾馆、商业区排水也纳入真空系统。总排污量约40 m<sup>3</sup>/h。

## 2) 城乡市政排水

EnviVac® 万若环境

### 靖江市内河段污水收集 (人民南路、展泗巷、骥江东路) 2017



靖江城市污水管网完善工程新建污水管网主干网47.28km，出户管约10km，新建排污泵站1座，规模8000m<sup>3</sup>/d

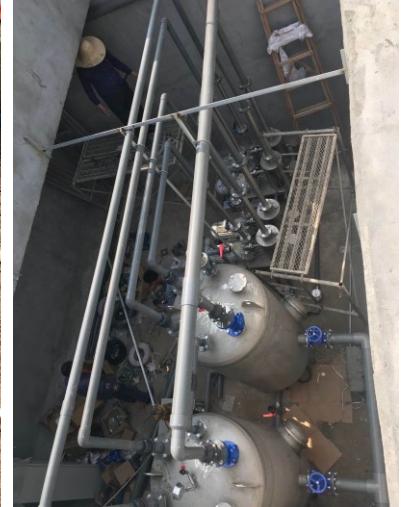
其中人民公园、北大街社区以及展泗港部分区域由于特殊的地理位置，经过多方论证采用真空排水。如：

1. 工程项目处于城市居住人口密集区，街道建筑之间人行通道/弄堂狭窄，地下管线复杂。
2. 施工开挖不易，大开挖影响周边民居生活，并影响周边老房，老城区弄堂狭窄。
3. 片区周边没有重力流市政管网可接入；片区没有泵站设置地。

## 2) 城乡市政排水

EnviVac® 万若环境

负压收集不受地形环境条件限制，管网敷设灵活且密封性强，降低了施工难度，提高收集率。



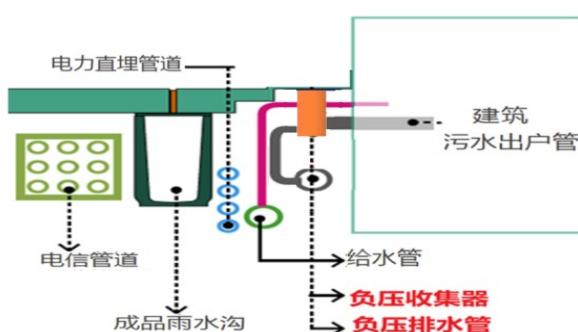
丘陵地形，排水点又分散，管网埋深大，导致户均投资大，不具性价比



EnviroSystems

### 3) 老街区、景区等基础管网设施改造

EnviVac® 万若环境



服务区域2平方公里

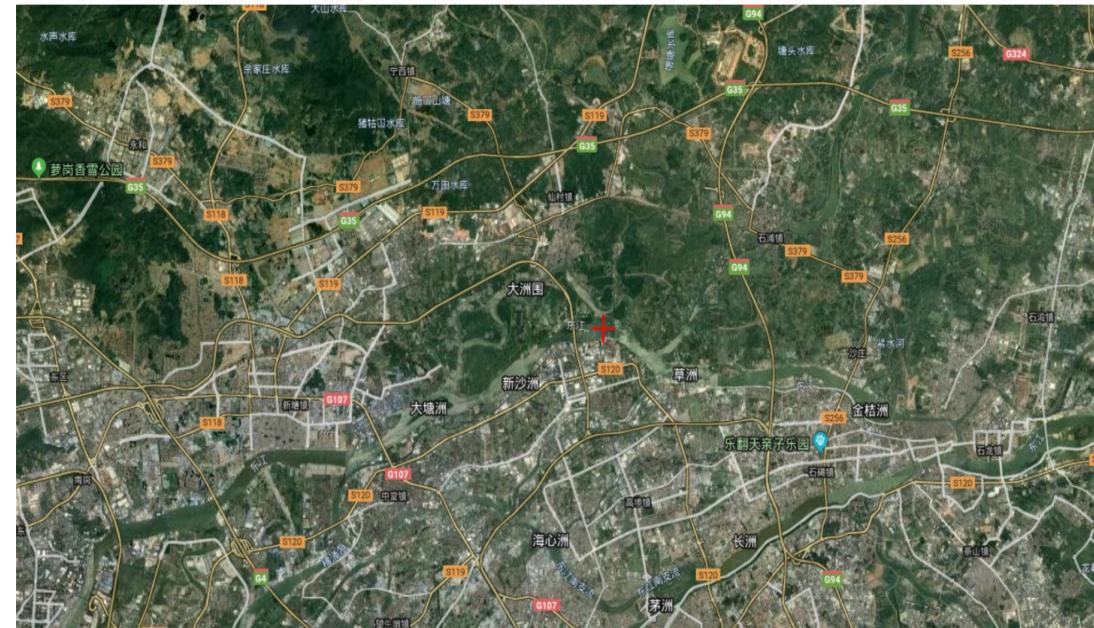


EnviroSystems

## 4) 黑臭河岸边截污

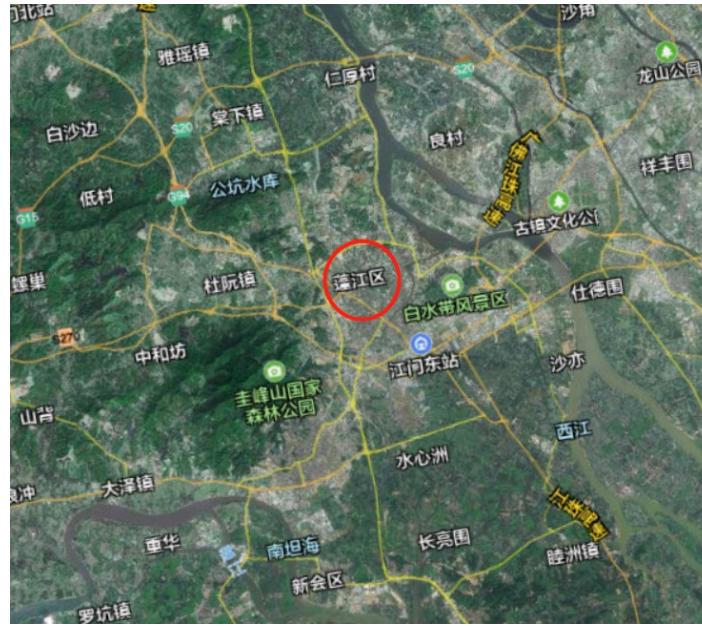
常规收集则面临以下难题：

- × 重力流纳受限于现场条件，无论从经济性还是技术可行性上都无法实现；
- × 采用沿岸建立多个小型污水泵站将污水打入岸上较远的重力流下水道，除了费用很高之外，还面临需要分散地安装大量污水泵及敷设相应的动力线，存在一定的安全隐患；
- × 现有污水岸边排放，排口性质、状况复杂，同时需克服雨季及涨潮等特殊当地气候因素。



- ✓ 采用壁挂式收集器，安装方便，污水经重力流管道收集至箱体内，达到排污液位后便排放，避免了建污水井而带来的施工难度大等问题；
- ✓ 收集器设备无需额外供电；
- ✓ 单套系统可收集所覆盖区域的所有生活污水，并采用半地下式站房，节省空间；
- ✓ 负压管道管径仅 $de75 \sim de110$ ，管线沿河堤一侧布设，不破坏原有道路，施工便捷。

## 4) 黑臭河岸边截污



负压排水系统由于密闭收集杜绝渗漏和异味，管径小，埋深浅，布设灵活，可挂管敷设，施工对环境扰动小，在特殊地质条件下施工费用低，可以实现污水的高效集中管理和分质收集，适用于无法自流收水及不适宜大型施工机械作业区域的污水收集工程。



仁厚村负压排水项目位于江门市蓬江区仁厚村，东侧临近西江，区域内地势整体较为平坦，收集约300余户。仁厚村负压排水示范工程对城市污水管道末端高程不够区域的生活污水进行收集，通过壁挂式（地埋式）收集器、负压管道系统、负压泵站等设备将原本排放至附近鱼塘的污水统一收集处理。



## 5) 工业园区废水零泄漏收集

广西防城港金山开发区负压废水收集 (6平方公里), 2014

EnviVac® 万若环境



## 海南省陵水县四村一镇负压收集



海南国际旅游岛先行试验区位于海南岛东南部沿海陵水黎安片区。是国际旅游岛建设的先导区，中国最大的文化产业聚集区及世界一流的旅游度假胜地。

将成为一座低碳节能、绿色宜居、人民富庶、的时尚滨海新城。先行试验区坚持基础设施建设先行，政府主导扎实推进先行试验区基础设施建设，水、电、路、网等基础设施建设是按100年不落后的标准建设。

先行试验区四村一镇采用万若环境密闭负压收集技术与产品，实现污水100%收集。



## 海南省陵水县四村一镇负压收集



化粪池污水直接排入潟湖



道路污水横流

收集范围包括黎安镇镇区及黎安周边4个村庄等区域，总流域面积约为196.68ha。

### 先行试验区背景

根据调查了解，黎安镇镇区和周边村庄现状暂未建设污水管网和污水处理设施，现状生活污水排至雨水管排至现状水系和黎安港内，或就近散排，或排至自建化粪池后往地下渗透，污染周边环境。

根据环境保护的要求，先行区污水需经过处理后方可排放。为了使污水得到处置，必须建立一套独立的污水管道系统。镇区的排水体制要从目前的雨、污水合流制，逐步向分流制过渡，为污水处理创造有利的条件。

### 推荐真空方案原由

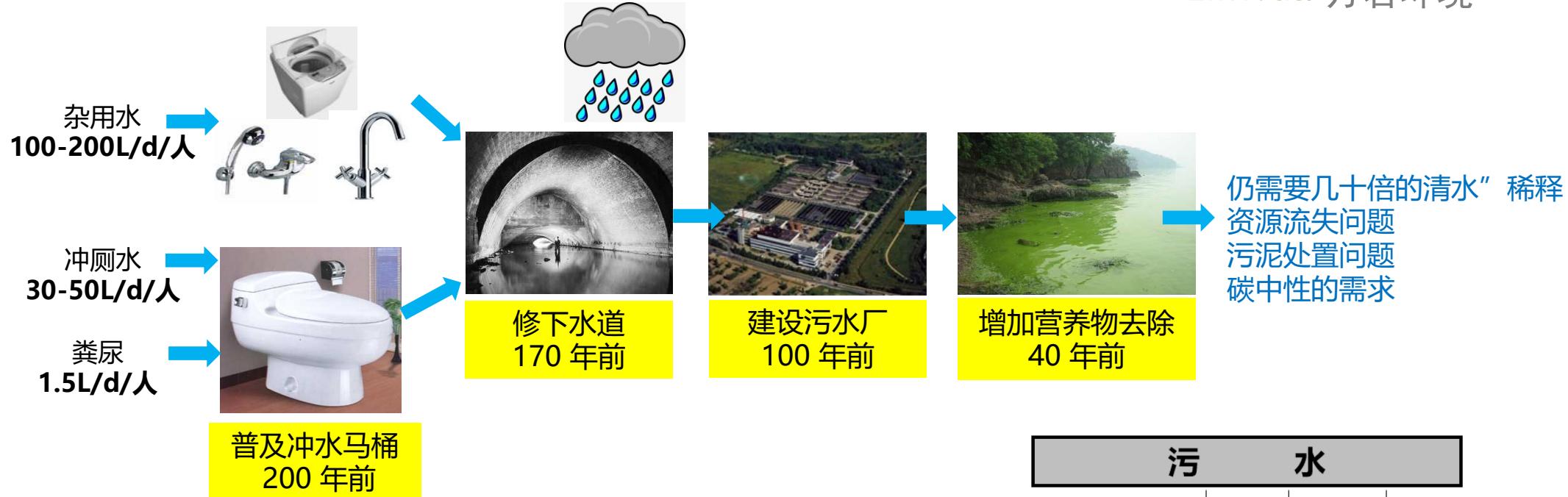
因真空管网不需保持严格的坡降，管径小，埋深浅，管线灵活，大大减少开挖量。同时管道气密性好，收集率高，污水与臭气零泄漏，同时也能做到雨污分流。根据规划区地势及地下水位，为了避免污水支管埋深过深、污水支管“跑冒滴漏现象”。在规划区内设置三处真空收集区域。因真空收集系统施工便捷，其他区域遇传统方式难处理、成本高、工期长等问题时，故推荐采用真空收集技术。

## 6) 节水、资源回收型排水系统

# 常规模式的由来及存在的问题

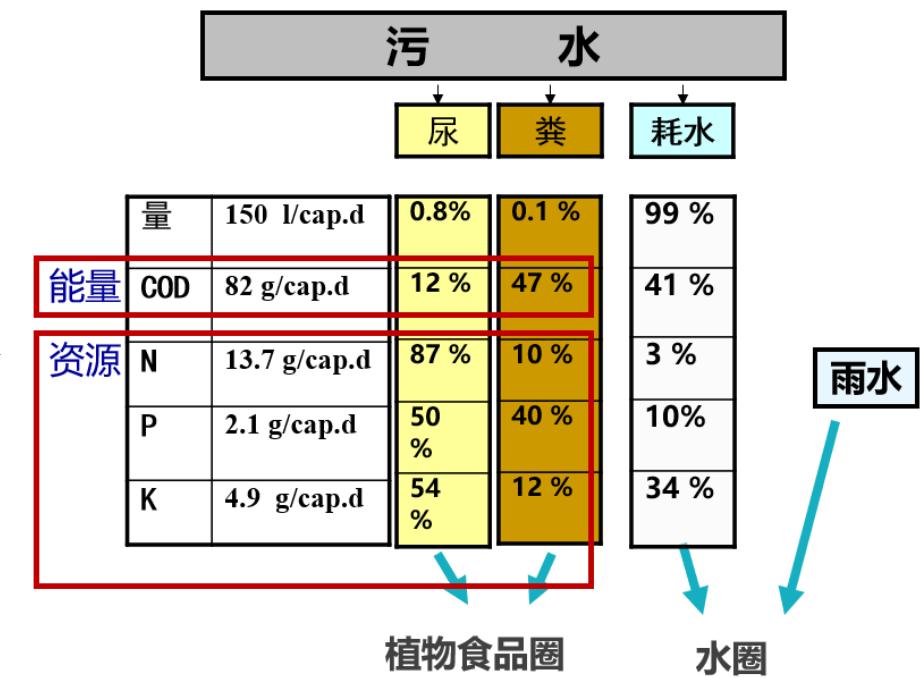
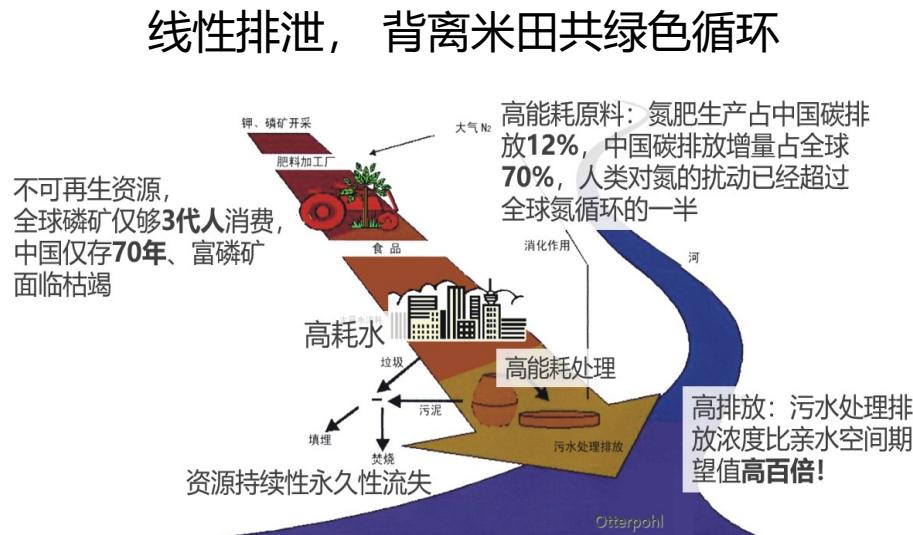
EnviVac® 万若环境

西方的历史选择



用生活废水、雨水作为载体将排泄为输送走，是一个半世纪前西方城镇化中的选择。

人的排泄物仅占污水总量的百分之一、二，但含有污水中大部分的有机物和绝大部分的营养盐。



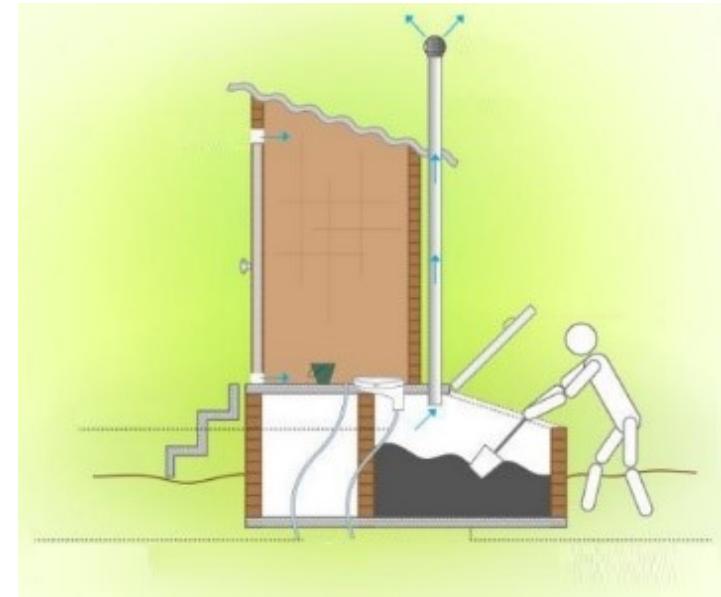
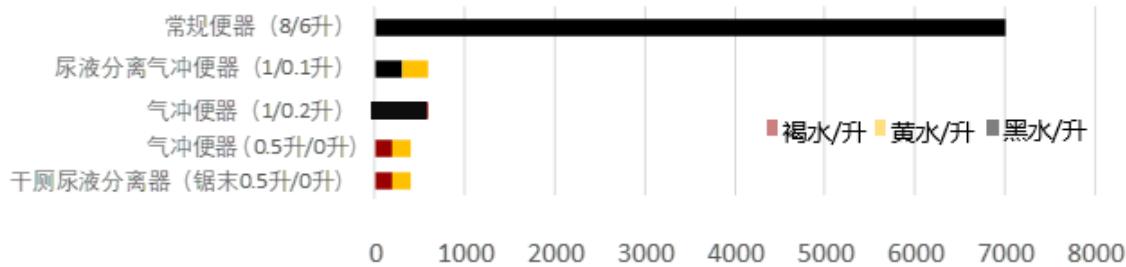
EnviroSystems

生态的（尿液分离）堆肥厕所实现了无水冲、制肥、资源循环。但如何方便在户内使用，如何在用户体验，无臭、保洁以及卫生条件方面与常规水冲厕具有竞争力？

气冲厕所实现既有生态堆肥厕所的环境效益，利用负压抽吸的原理，以环境气体作为冲厕介质，实现无水冲或微水冲，同时还可以将千家万户联网，密闭、卫生、节能、可靠地输送到资源化处理的地方，在改善用户体验的同时，得到的产物在量上最小化，在性质上易流动、易储运，为肥料化、能量化，提供具有竞争力的厕所方案，变革排污排水模式。

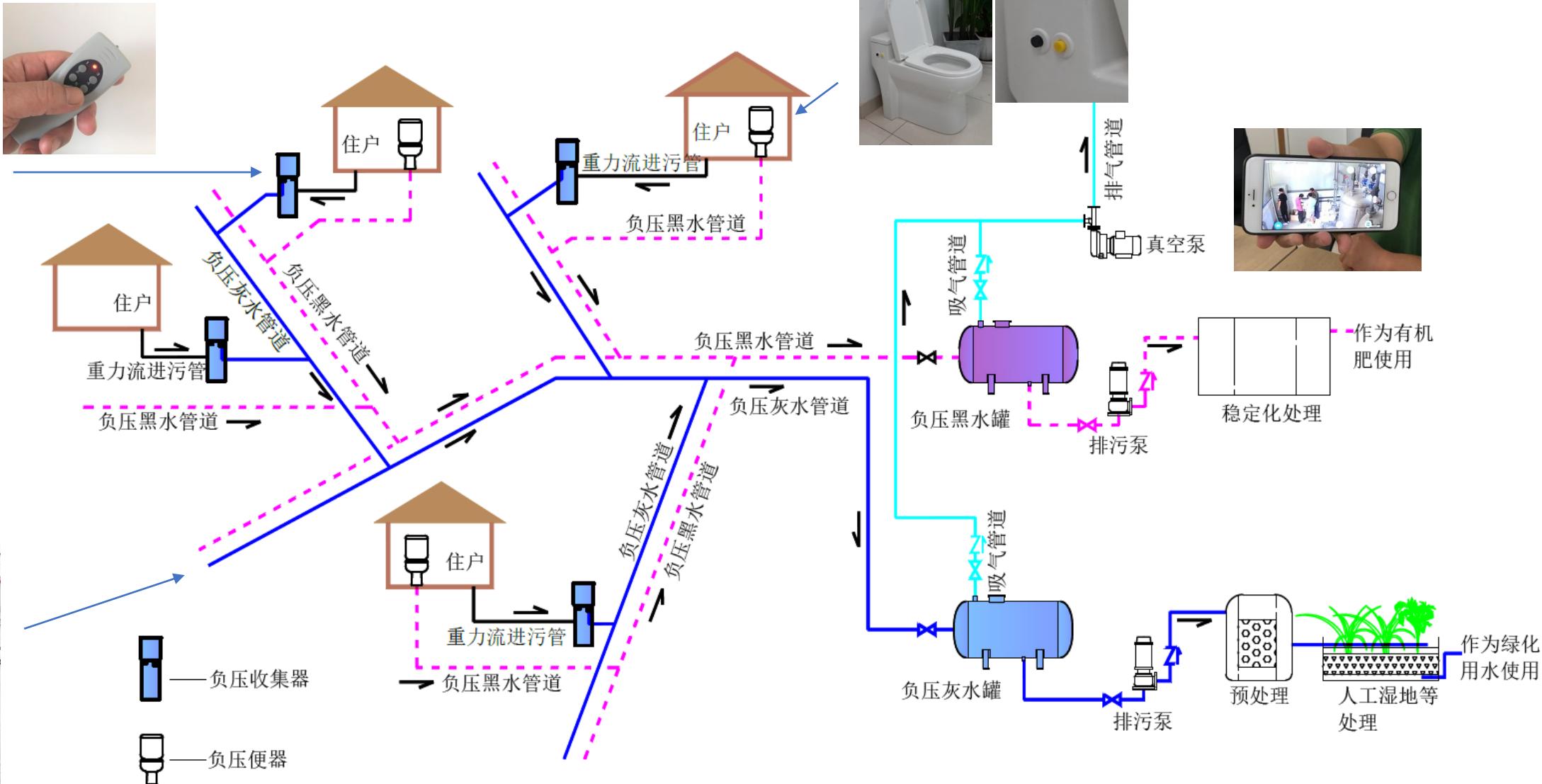


1000人次公厕每日耗水量、废水/产品量对比



# 微水冲负压厕所-黑灰分质负压收集

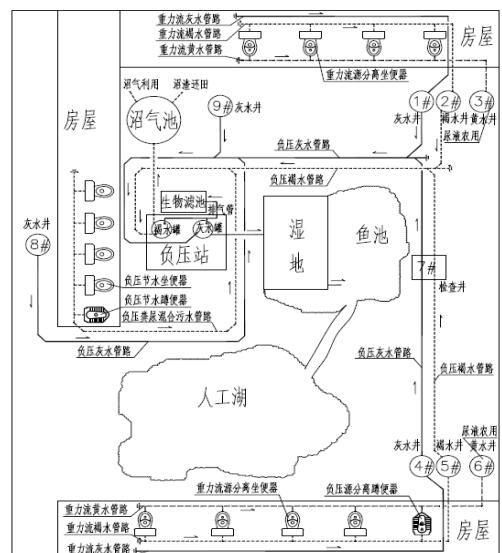
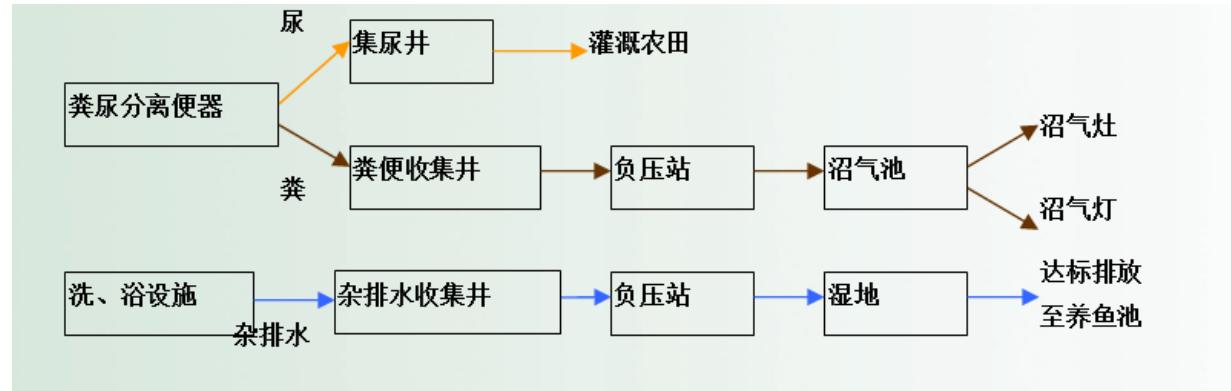
EnviVac® 万若环境



EnviroSystems

## 2008 北京小汤山，与北京建筑大学合作

昌平区兴寿镇东庄村（小汤山向北6公里处），面积约2公顷。本项目旨在集中示范可持续发展的技术手段，为新农村建设提供借鉴。



### 多项示范：

- 重力流和负压粪尿源分离厕所
- 负压节水厕所
- 粪便、有机垃圾厌氧发酵与沼气利用
- 尿液、沼渣作为营养盐回收与农用
- 杂排水湿地处理及景观利用
- 负压分质排水系统



国际水协主席Daigger博士参会并做主题发言

### “技术典范”

在2009年北京建工学院组织召开的《国际水协-城乡未来水基础设施》会议上国际专家认为该项目是“当今世界城镇可持续发展的技术典范”



# 改水改厕污水源分离黑灰分质负压输送与资源化

EnviVac® 万若环境

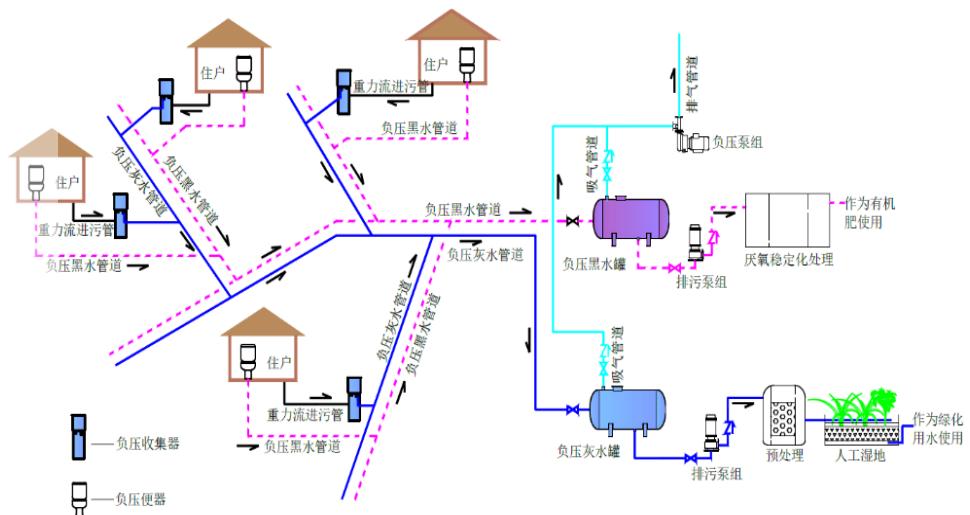
## 2013与邯郸南界河庄村联合建设（评为住建部科技示范）



农民兼职维护



有机农业



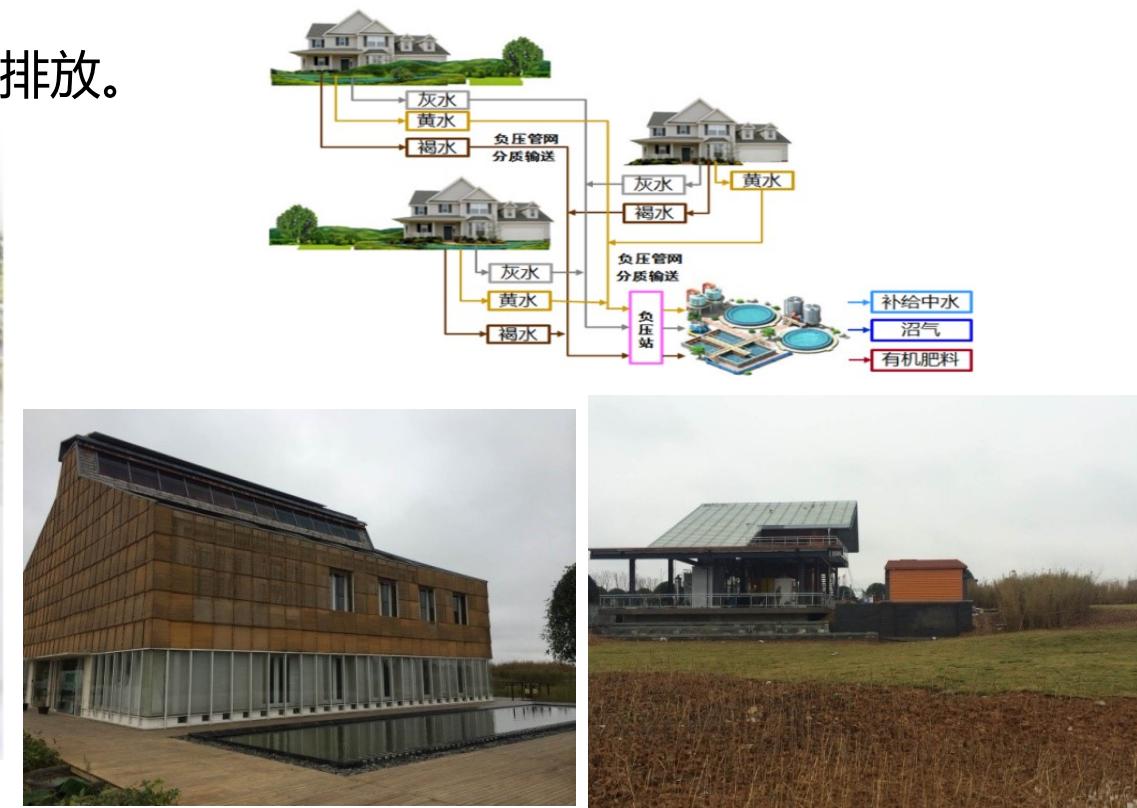
EnviroSystems

# 黄水褐水黑水重力流出口，负压分质收集分质资源化

EnviVac® 万若环境

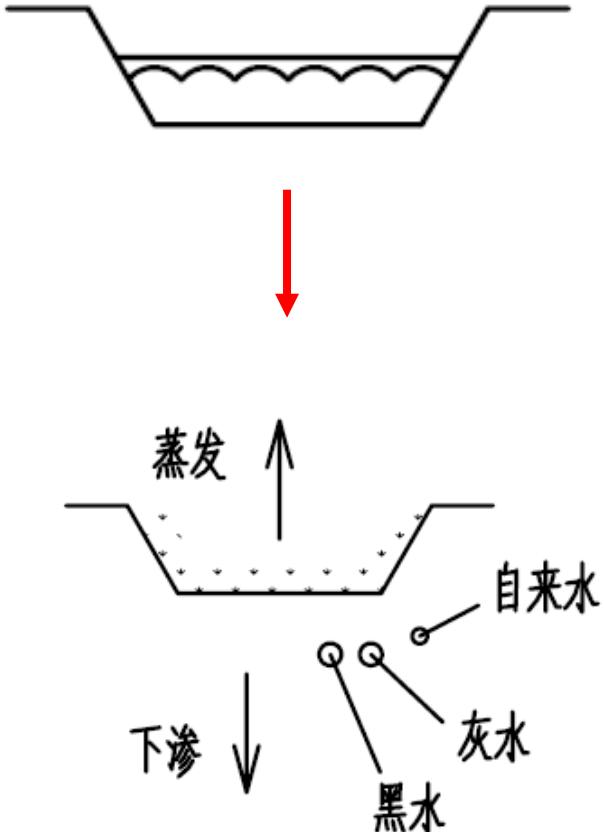
2015, 贵安新区生态文明创新园 (清控人居合作)

褐水、黑水、灰水室内重力流，室外负压收集，资源化零排放。





## 解决方案



长期以来缺乏基础设施，如厕难、污水横流。  
采用常规方法在技术经济性上遇到一系列困难。

CCTV 13

新闻

CCTV.com



星期日 13:31

据中国国家粮食和物资储备局向江西调拨防汛救灾物资，支持抗洪抢险。

CCTV

4200户：  
年节省冲厕水：5万立方米  
年生产再生水：30万立方米  
年产生有机肥：供上千亩有机种植

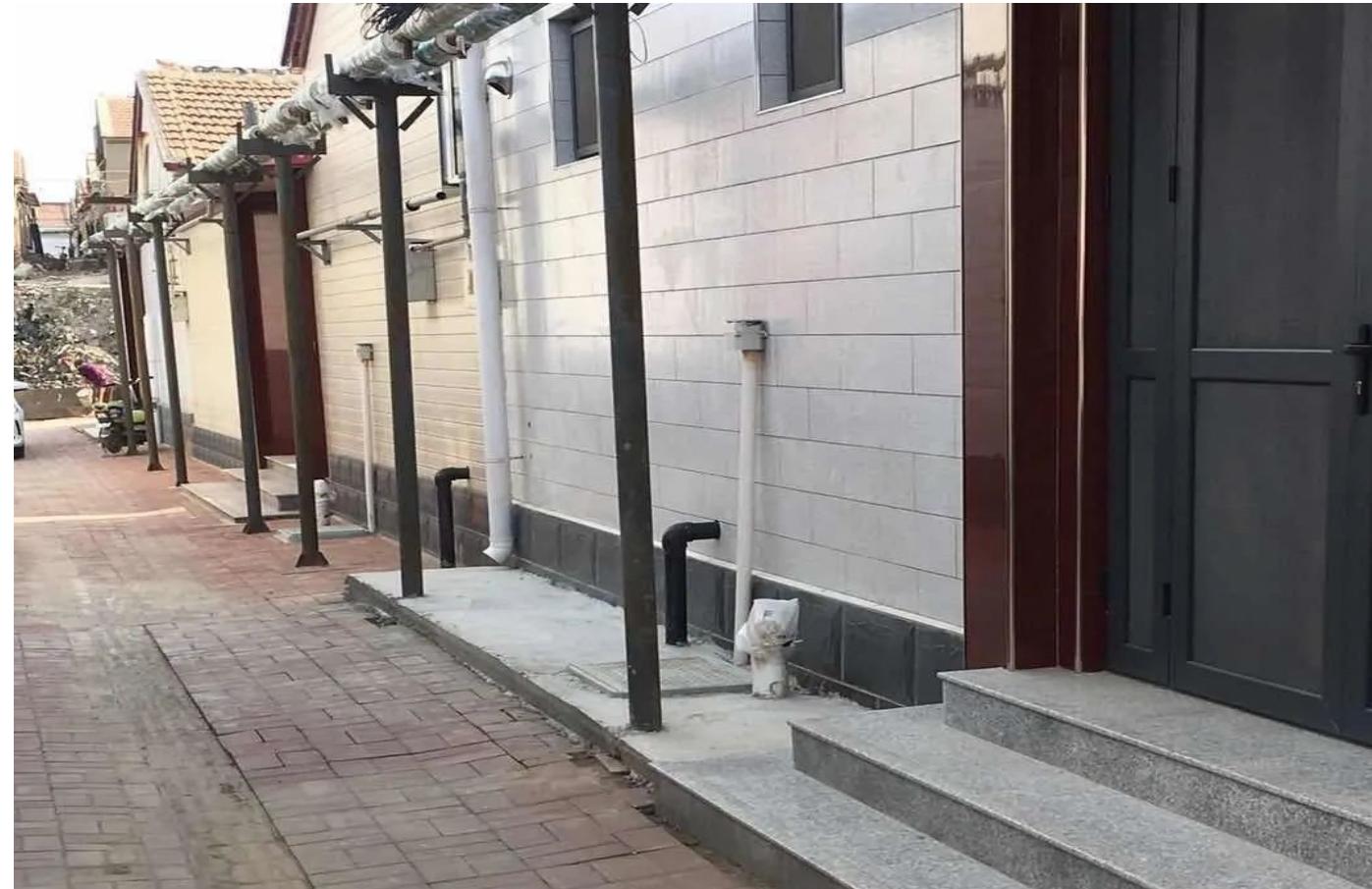
# 天津造甲村实施黑灰分离人居负压收集资源化，全球同类规模最大

EnviVac® 万若环境



天津市宁河区农委主任 王进：

采用的真空（负压）排污技术，不仅切断了污染源，而且从根本上解决了村民的如厕难问题。对保护和提升七里海湿地的水质和生态环境的改善，意义非常大。



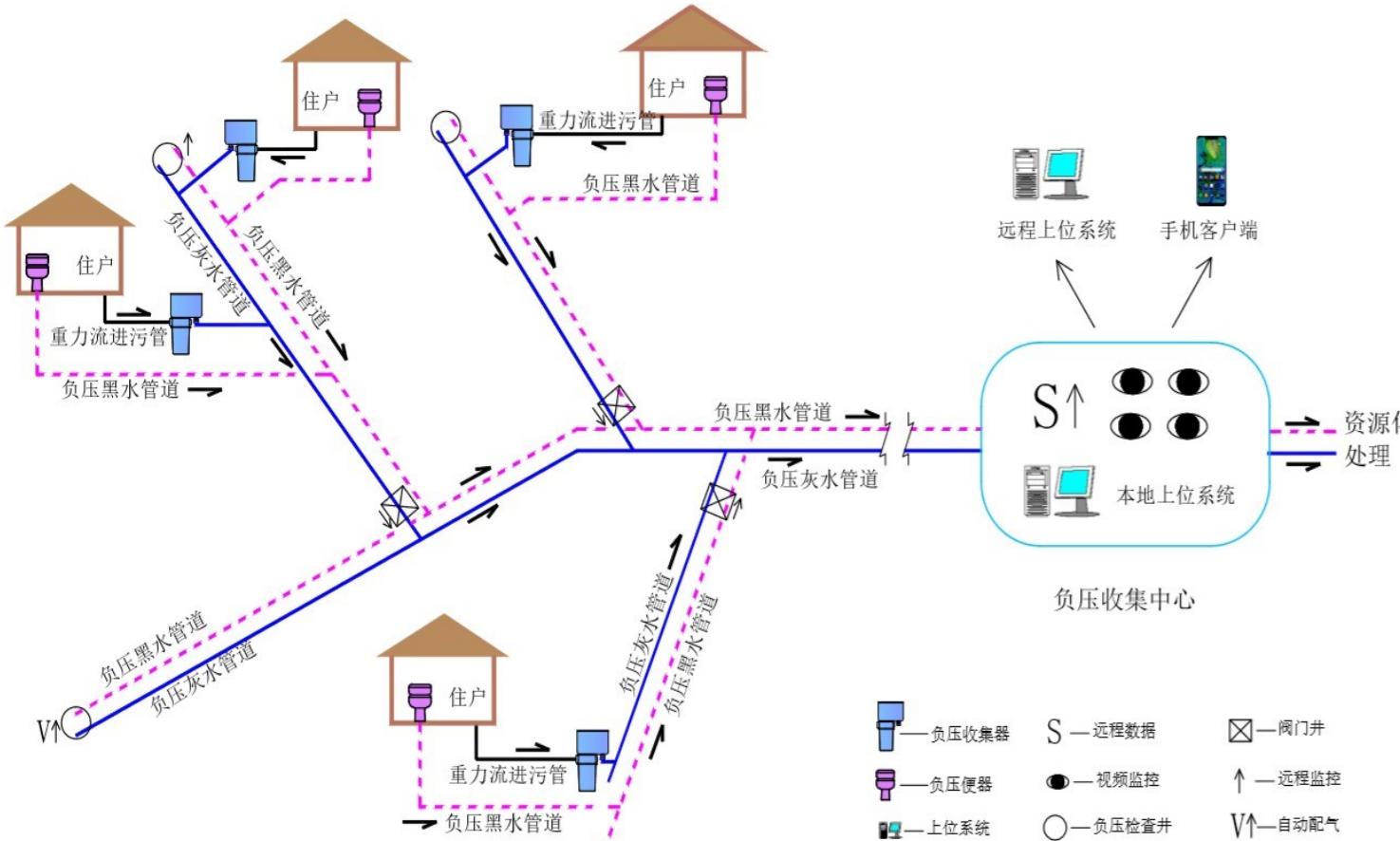
EnviroSystems

### 三、智慧运维

# 配备智能化监控 – 系统基本做到免维护

EnviVac® 万若环境

- 1) 分区域对管网做负压检测，将信号远程传输，起到监测管网系统真空度作用，保证管网系统的稳定性；
- 2) 在某些特定点位做负压检测+补气，有利于高峰流量时期的排污；
- 3) 在负压站配置远程报警和摄像头监视，可远程接受报警信号及了解负压站工作状态。



EnviroSystems



**谢谢！**

欢迎参观考察

