



# 城市水管理和温室气体减排

城市适应气候变化国际研讨会  
城市水环境分论坛

李子富 教授

生态城市研究委员会水学组 组长  
北京科技大学土木与环境工程学院





# 城市水管理和温室气体减排

## ◆ 温室气体

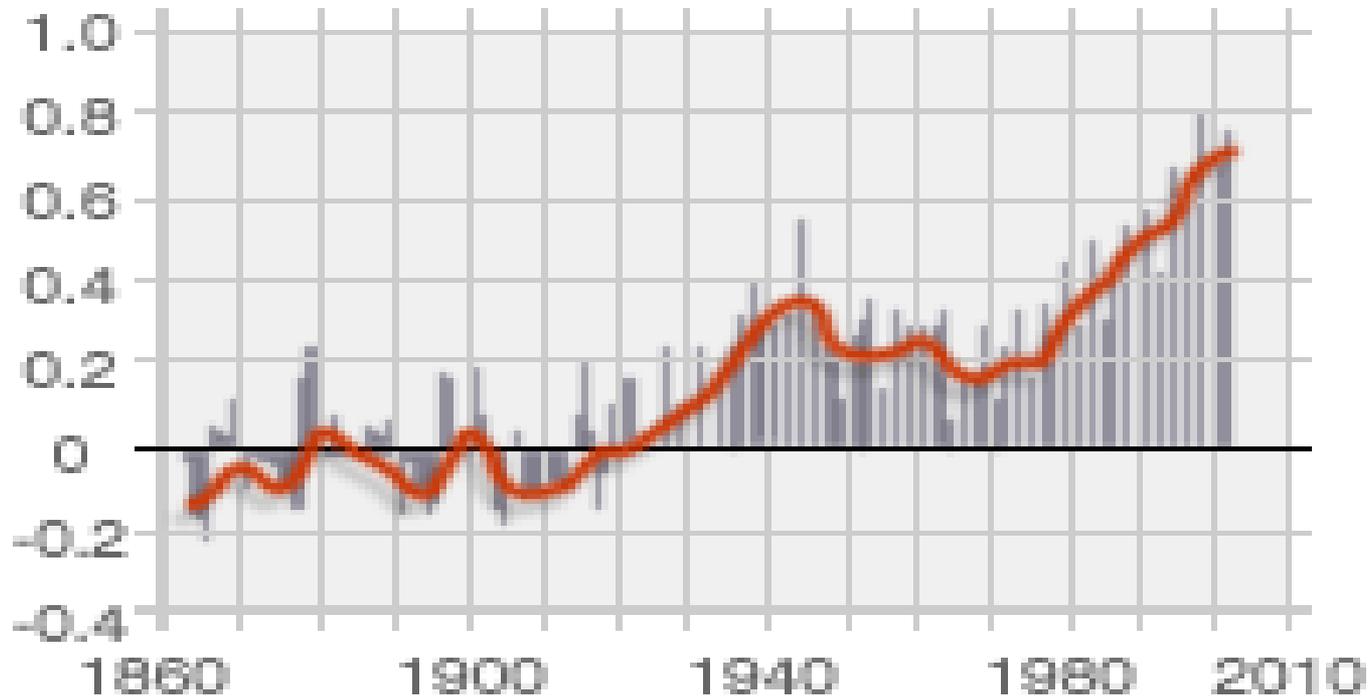
主要包括：水蒸气、二氧化碳、氮的各种氧化物，以及氯氟甲烷（HFCs）、氢氟化物、全氟化物（PFCs）、硫氟化物（SF<sub>6</sub>）；

联合国在清洁发展机制中规定了六种温室气体

（UNFCCC）：CO<sub>2</sub>，CH<sub>4</sub>，N<sub>2</sub>O，HFCs，PFCs，SF<sub>6</sub>；

N<sub>2</sub>O和CH<sub>4</sub>是两种重要的温室气体，其温室效应分别是CO<sub>2</sub>的298倍和23倍。

## TEMPERATURE VARIATIONS\*



\* Variations in global near-surface land temperature in degrees C

SOURCE: Hadley Centre

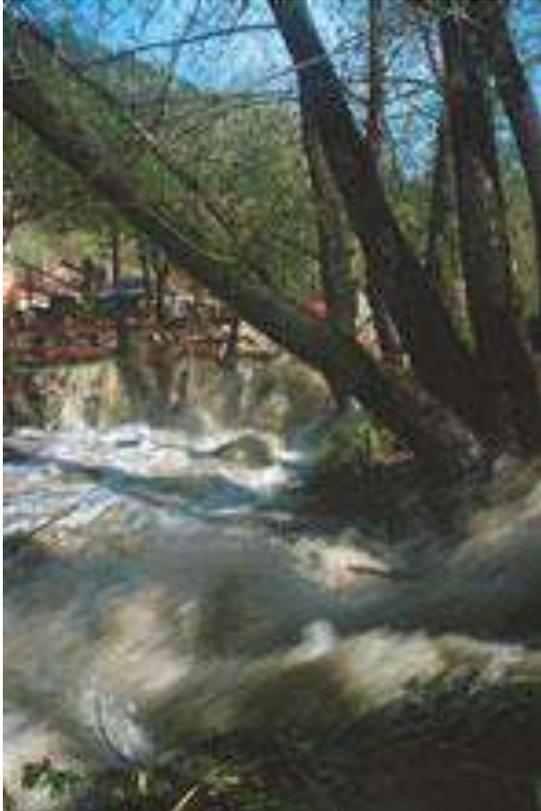
英国哈德利气象预测中心

**USTB**

University of Sci & Tech Beijing

# Climate Change

# 气候变化



**USTB**

*University of Sci & Tech Beijing*



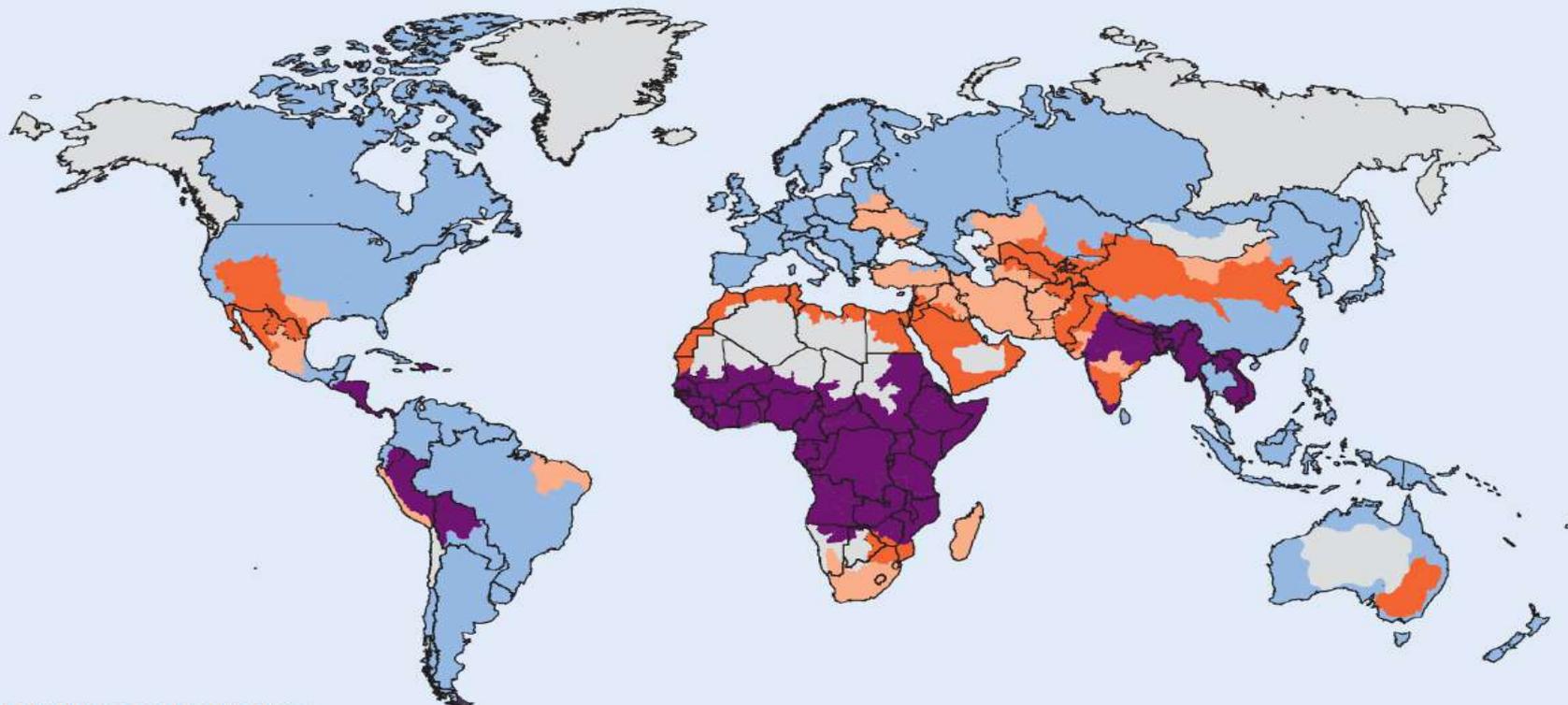
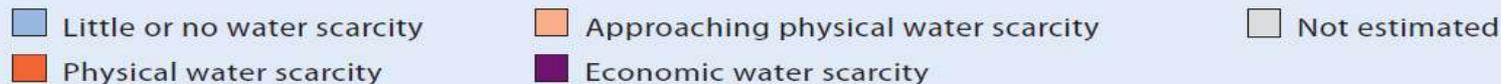
# 城市水管理和温室气体减排

## ◆ 城市水管理面临的挑战

1. 水资源缺乏
2. 雨洪
3. 污废水的管理

## ◆ 城市水管理与温室气体减排的关系

1. 城市排水系统温室气体排放
2. 水系统的温室气体减排功能



#### Definitions and indicators

- *Little or no water scarcity.* Abundant water resources relative to use, with less than 25% of water from rivers withdrawn for human purposes.
- *Physical water scarcity (water resources development is approaching or has exceeded sustainable limits).* More than 75% of river flows are withdrawn for agriculture, industry, and domestic purposes (accounting for recycling of return flows). This definition—relating water availability to water demand—implies that dry areas are not necessarily water scarce.
- *Approaching physical water scarcity.* More than 60% of river flows are withdrawn. These basins will experience physical water scarcity in the near future.
- *Economic water scarcity (human, institutional, and financial capital limit access to water even though water in nature is available locally to meet human demands).* Water resources are abundant relative to water use, with less than 25% of water from rivers withdrawn for human purposes, but malnutrition exists.

Source: International Water Management Institute analysis done for the Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture using the Watersim model; chapter 2.

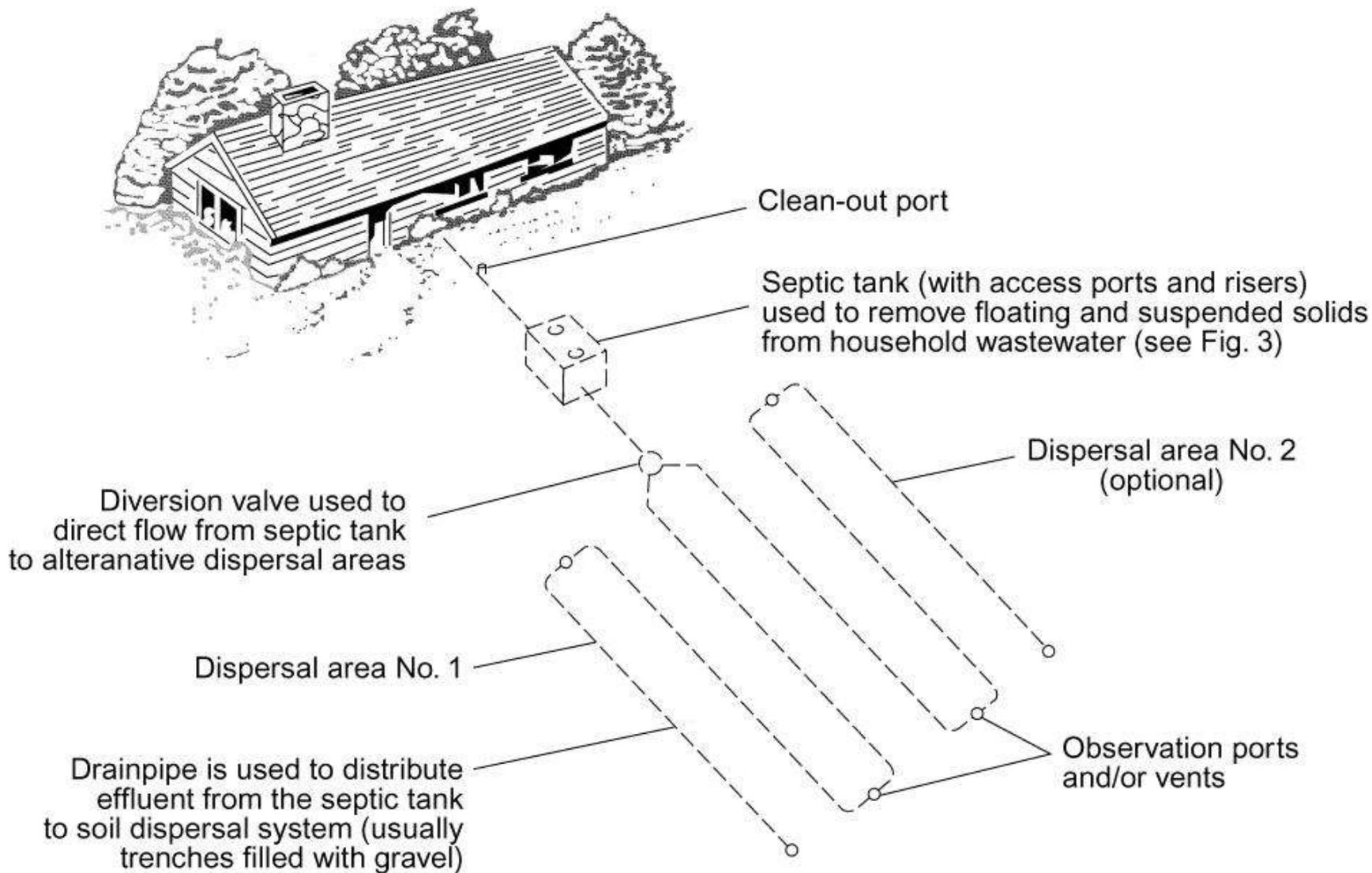
# 城市缺水问题：

- 1、中国共有**600**多城市
- 2、超过三分之二的城市存在缺水问题
- 3、其中约有**100**座城市存在严重的缺水问题

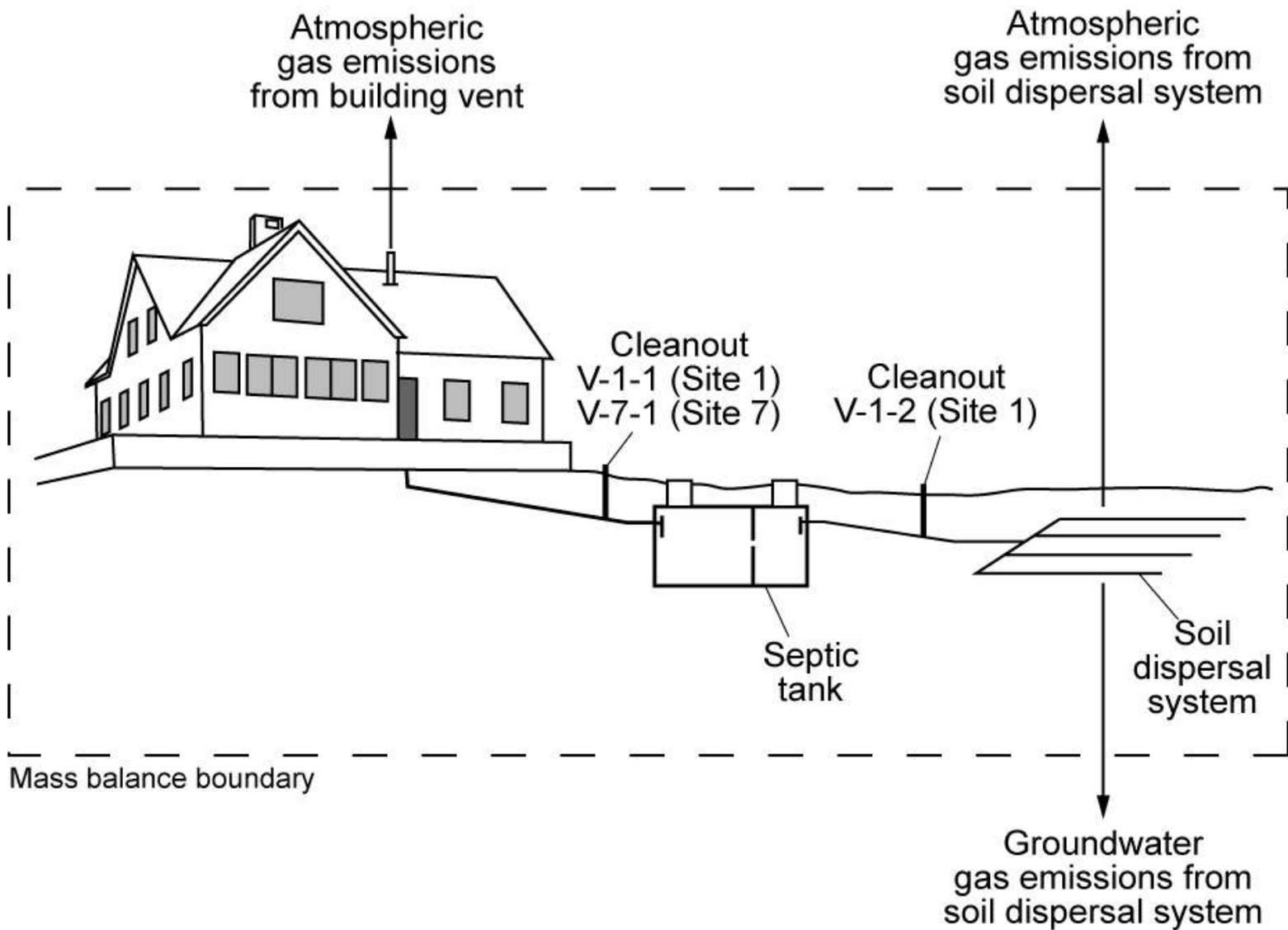


# 城市雨洪

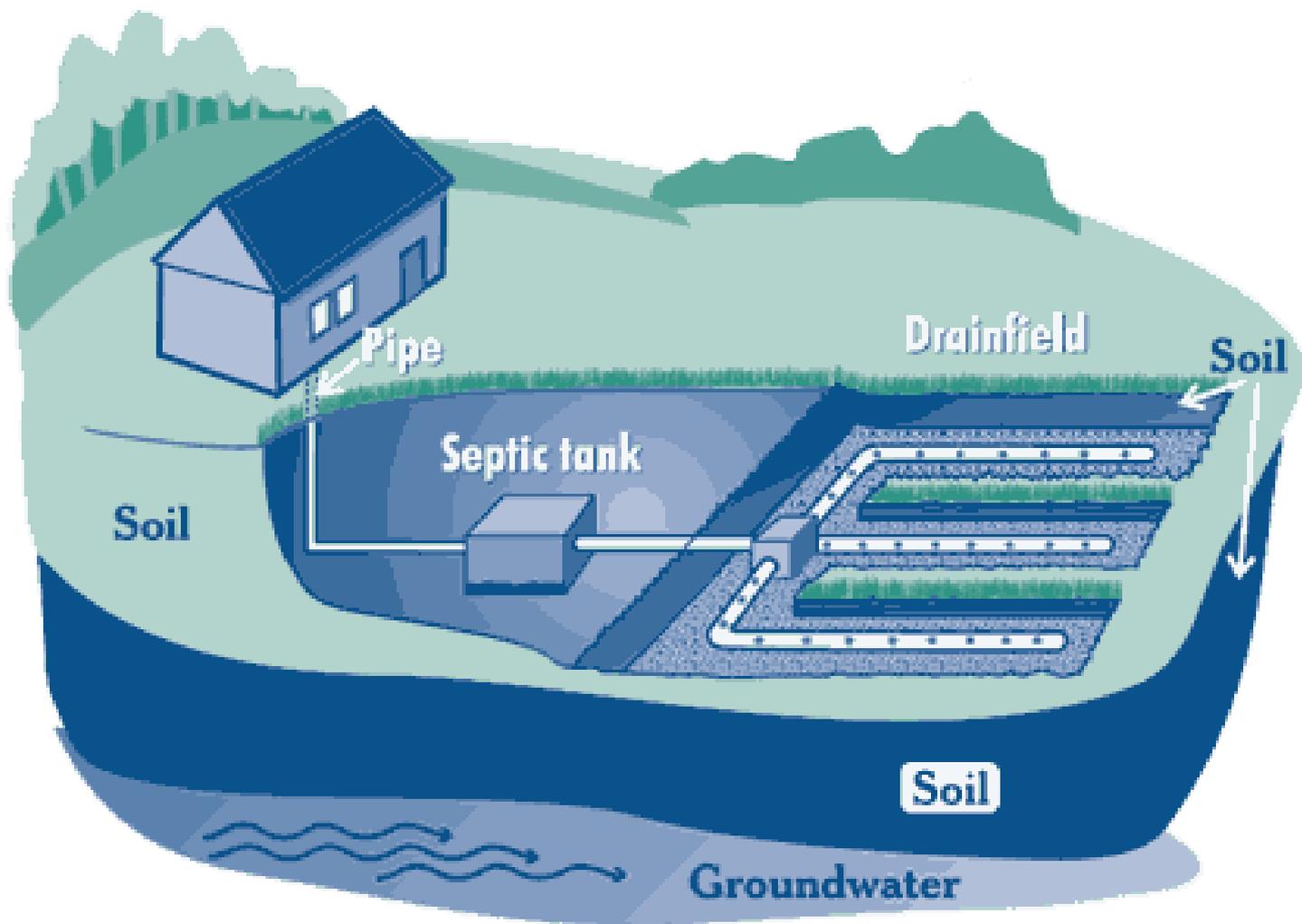




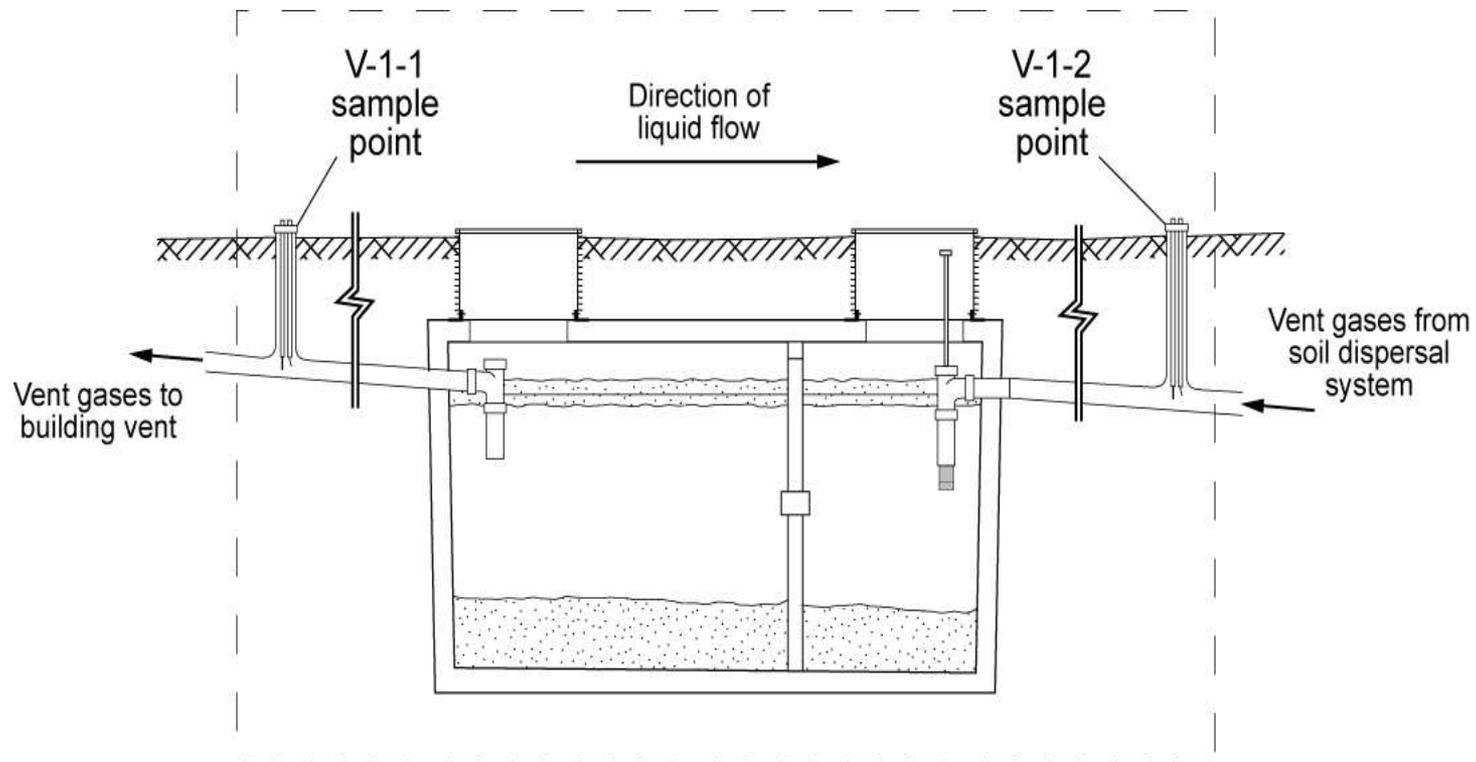
## 分散排水系统（化粪池+土壤渗滤系统）



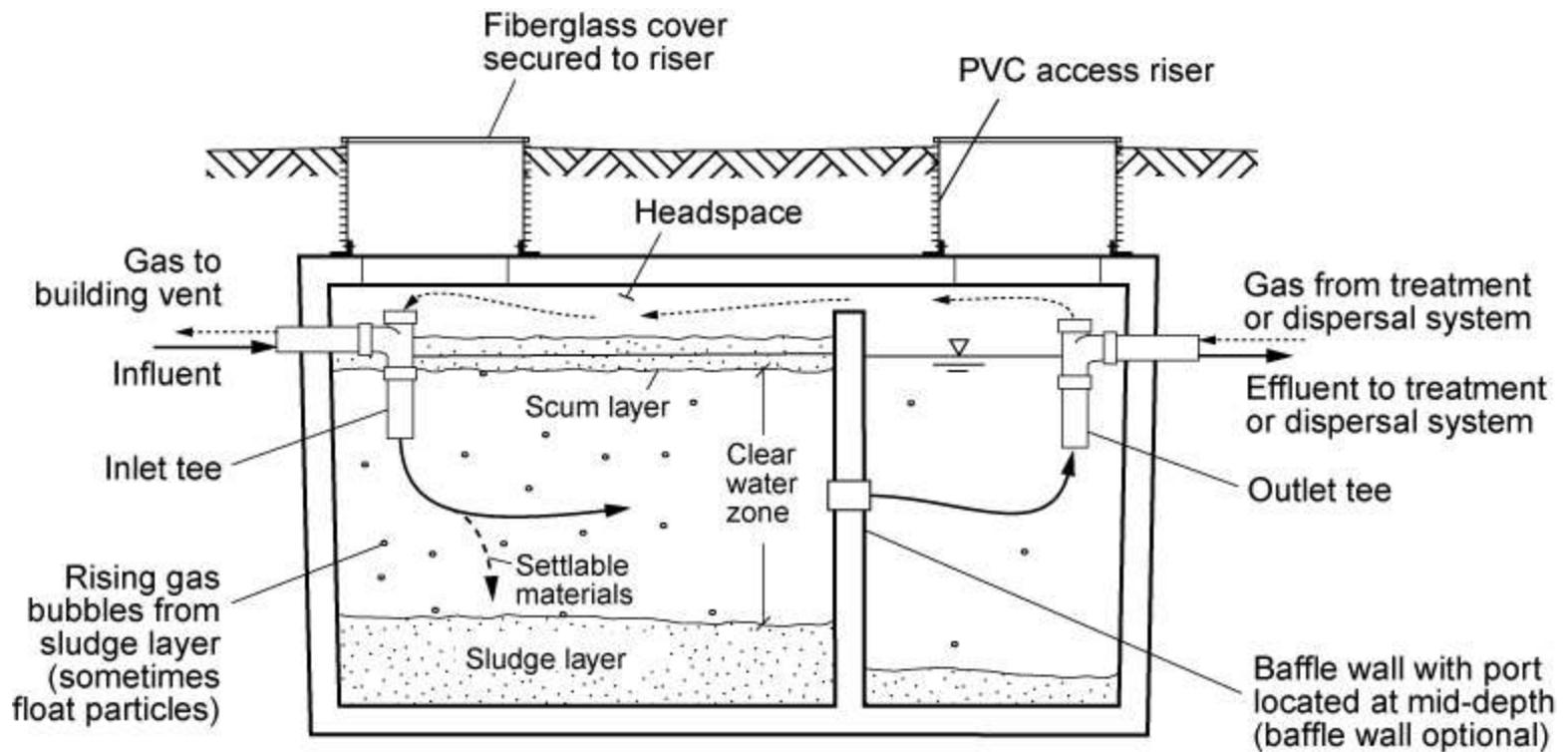
## 分散排水系统（化粪池+土壤渗滤系统）



排水系统中的化粪池



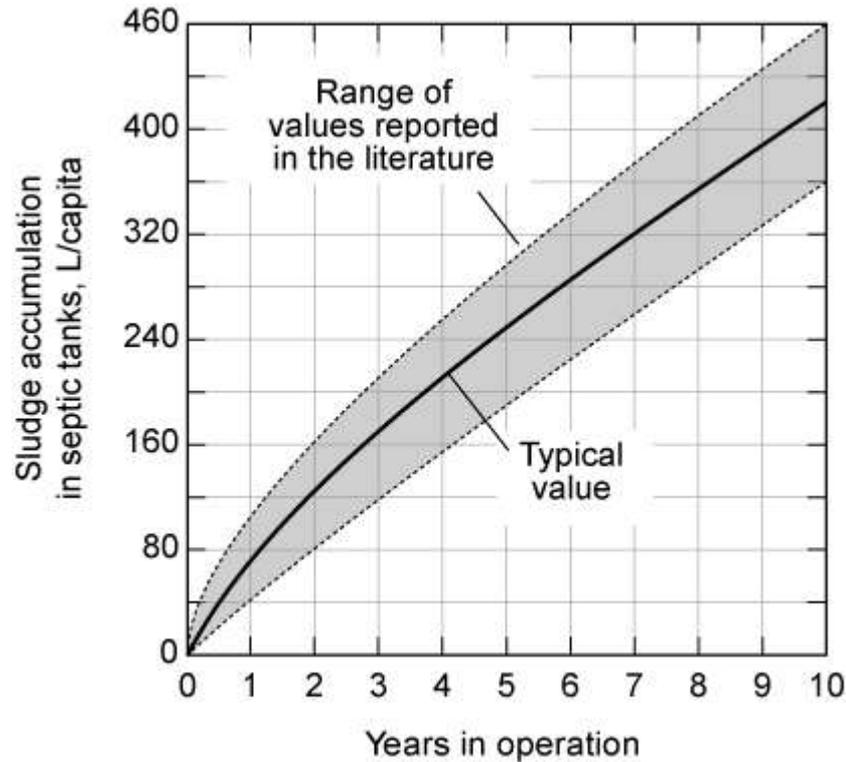
排水系统中的化粪池



排水系统中的双格化粪池

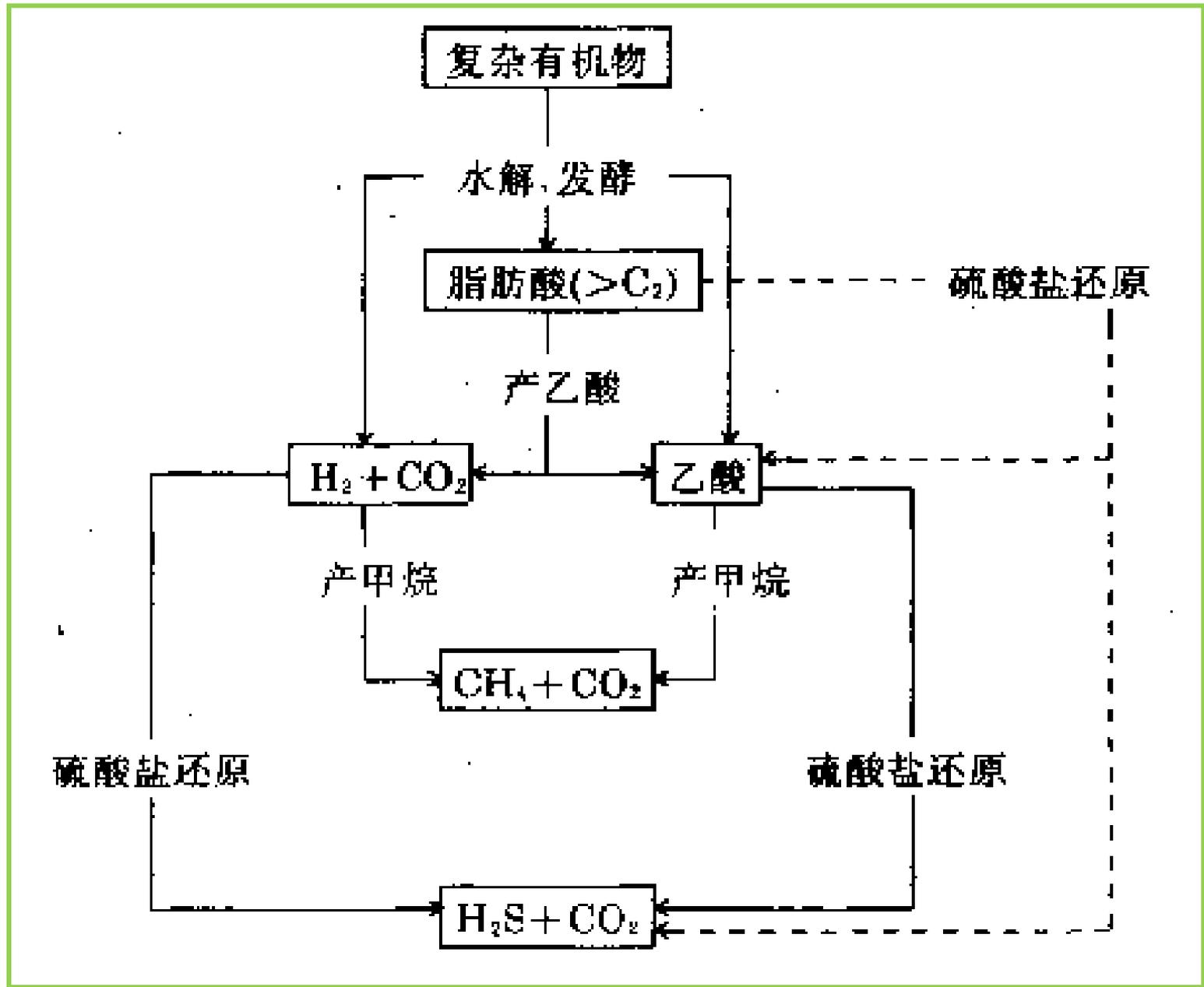


排水系统中的化粪池



## 化粪池中污泥和浮渣累积速率

**Sludge and Scum Accumulation Rates from Different Studies (Crites and Tchobanoglous, 1998)**



厌氧降解过程示意图

# 化粪池液面甲烷排放率估测值

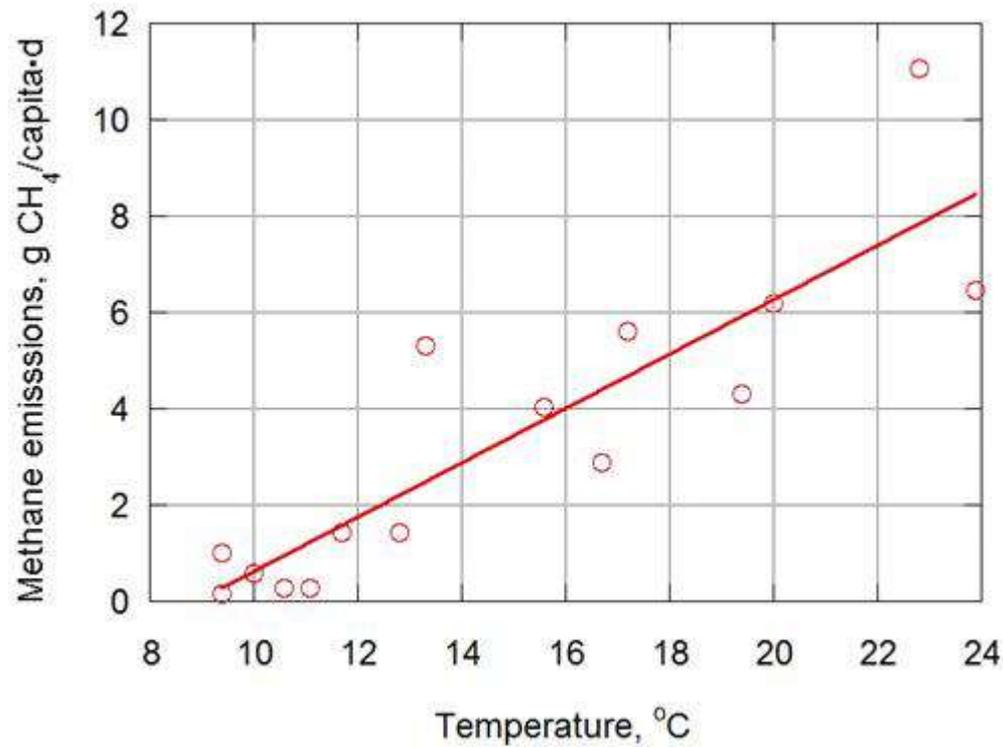
Method	Year	Methane estimate (g CH <sub>4</sub> /capita·d)
Kinnicutt et al.	1910	10.1 <sup>a</sup>
Winneberger	1984	14 to 18 <sup>a</sup>
COD loading	2009	11 <sup>b</sup>
IPCC	2007	25.5 <sup>c</sup>
Sasse	1998	18 <sup>d</sup>

a 测定值.

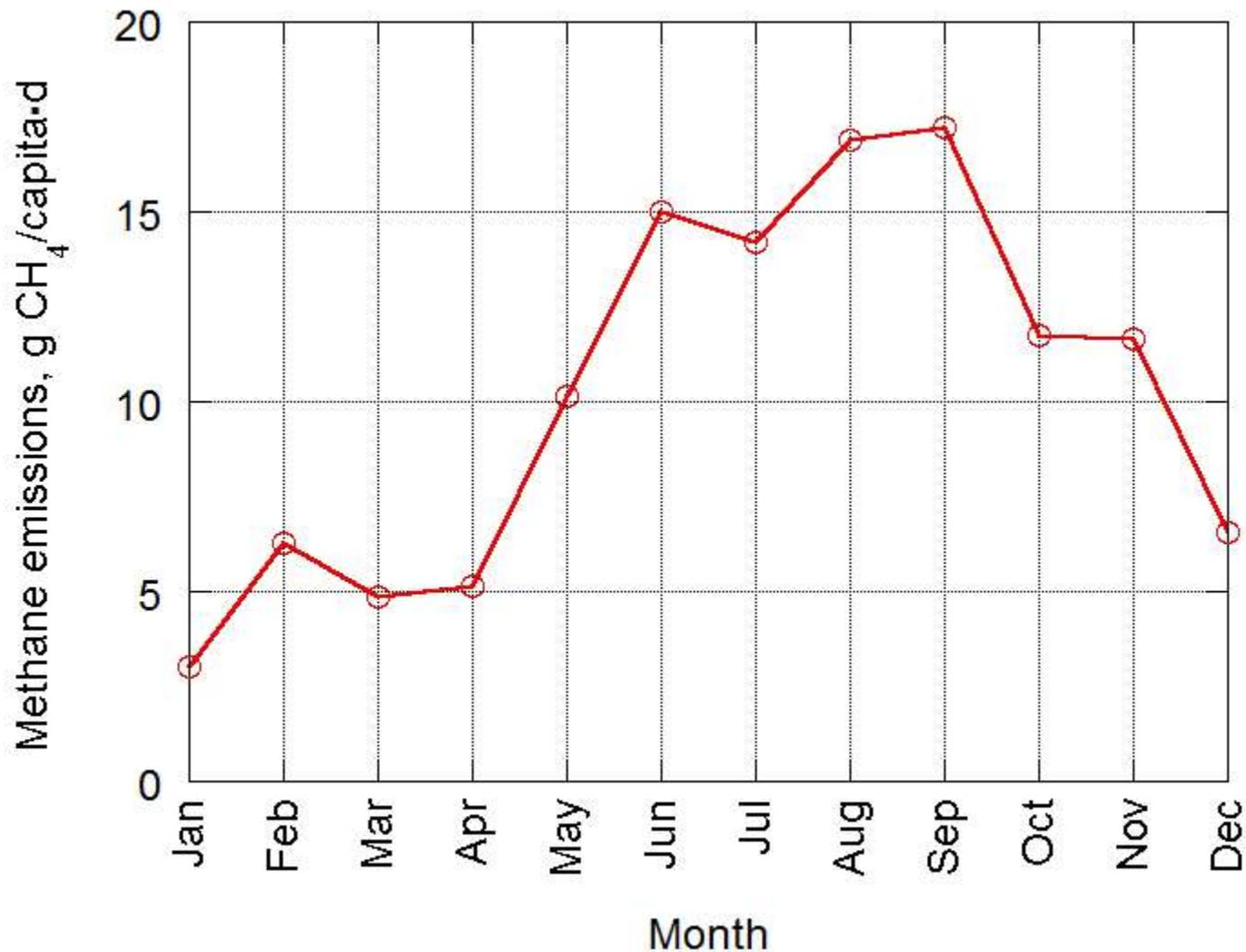
b 假设固体去除率为40%时的计算值.

c 假设进水COD50%被厌氧降解的计算值.

d 假设产生的甲烷25%溶解于水中的计算值.

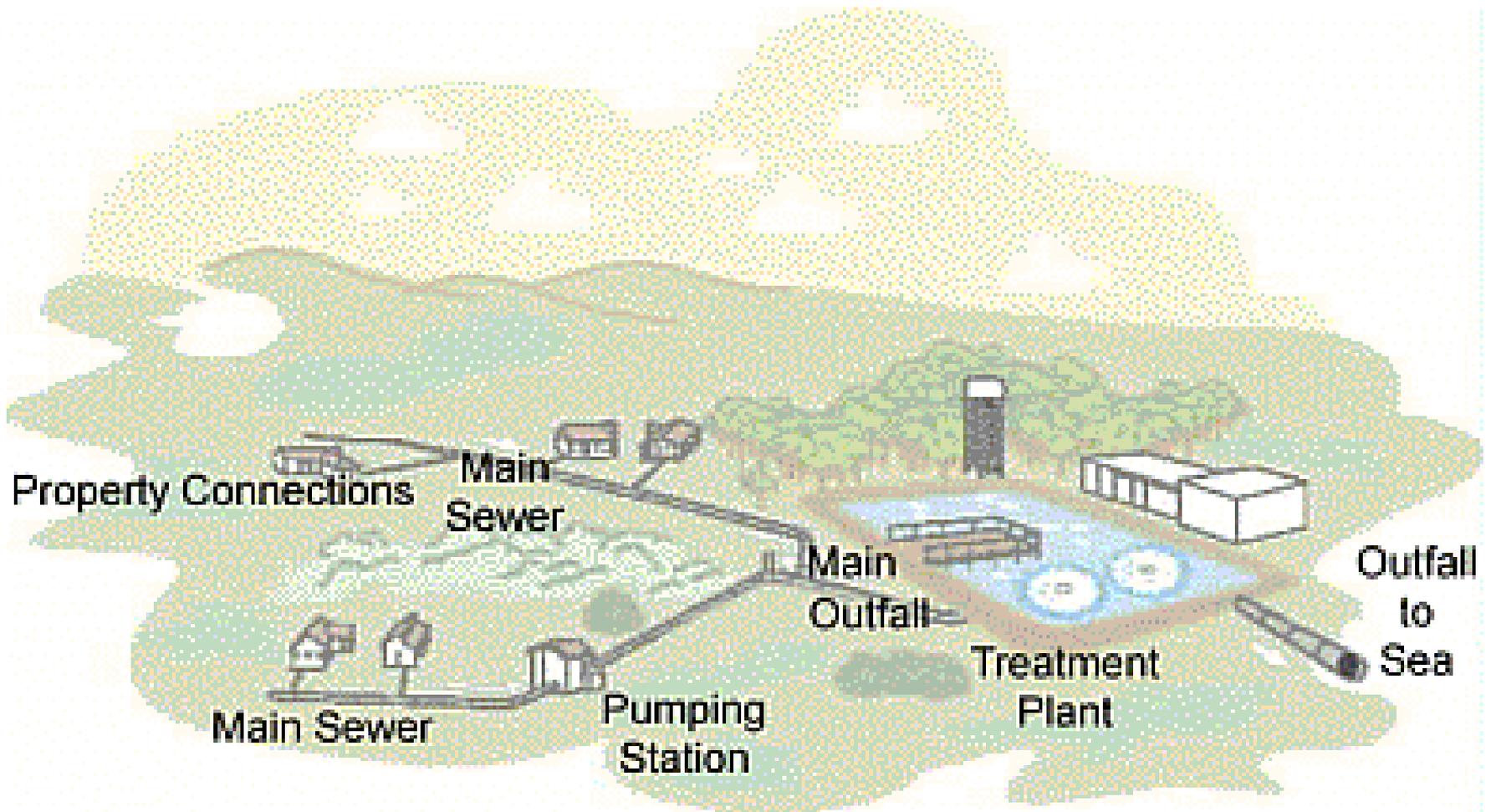


**化粪池液面甲烷排放率和水温之间的关系**  
**Relationship between Methane Emission Rates from**  
**Liquid Surface of Community Septic Tank and Water**  
**Temperature. (Kinnicutt et al., 1910)**



化粪池液面每月甲烷排放率

**Monthly Methane Emission Rate from Liquid Surface of Community Septic Tank. (Kinnicutt et al., 1910)**



传统的城市集中式污水排水系统

# 传统的城市集中排水系统

卫生和其他  
用水设施排  
水

就地收集设  
施

排水管道输  
送设施

污水处理设  
施



# 污水处理厂温室气体排放

Foley and Lant 在2009年发表了实验分析方法对澳大利亚的污水处理厂气体排放量进行评估。该报告研究了四个污水处理厂的甲烷和氧化氮的排放量。研究者认为污水收集系统的甲烷排放量被低估了。在各个污水处理设施进出水口测定的液体中甲烷量如下表所示：

## 澳大利亚三座污水处理厂测定的溶解性甲烷量 (Foley and Lant, 2009)

Wastewater system	Location	Flow m <sup>3</sup> /d	Inlet, mgCH <sub>4</sub> /L	Outlet, mgCH <sub>4</sub> /L
Lagoons <sup>a</sup>	Adelaide Hills, South Australia	1,200	3.2 – 7.2 <sup>d</sup>	0.3 ± 0.2
CAL <sup>b</sup>	Melbourne, Victoria	230,000	0.5 - 1.5 <sup>e</sup>	0.7 ± 0.4
PST <sup>c</sup>	Sydney, New South Wales	275,000	0.5 – 1.5 <sup>e</sup>	0.6 ± 0.1

a 未加盖的厌氧/兼氧塘.

b 加盖厌氧塘.

c 初级沉淀池.

d 原污水通过升流干管收集.

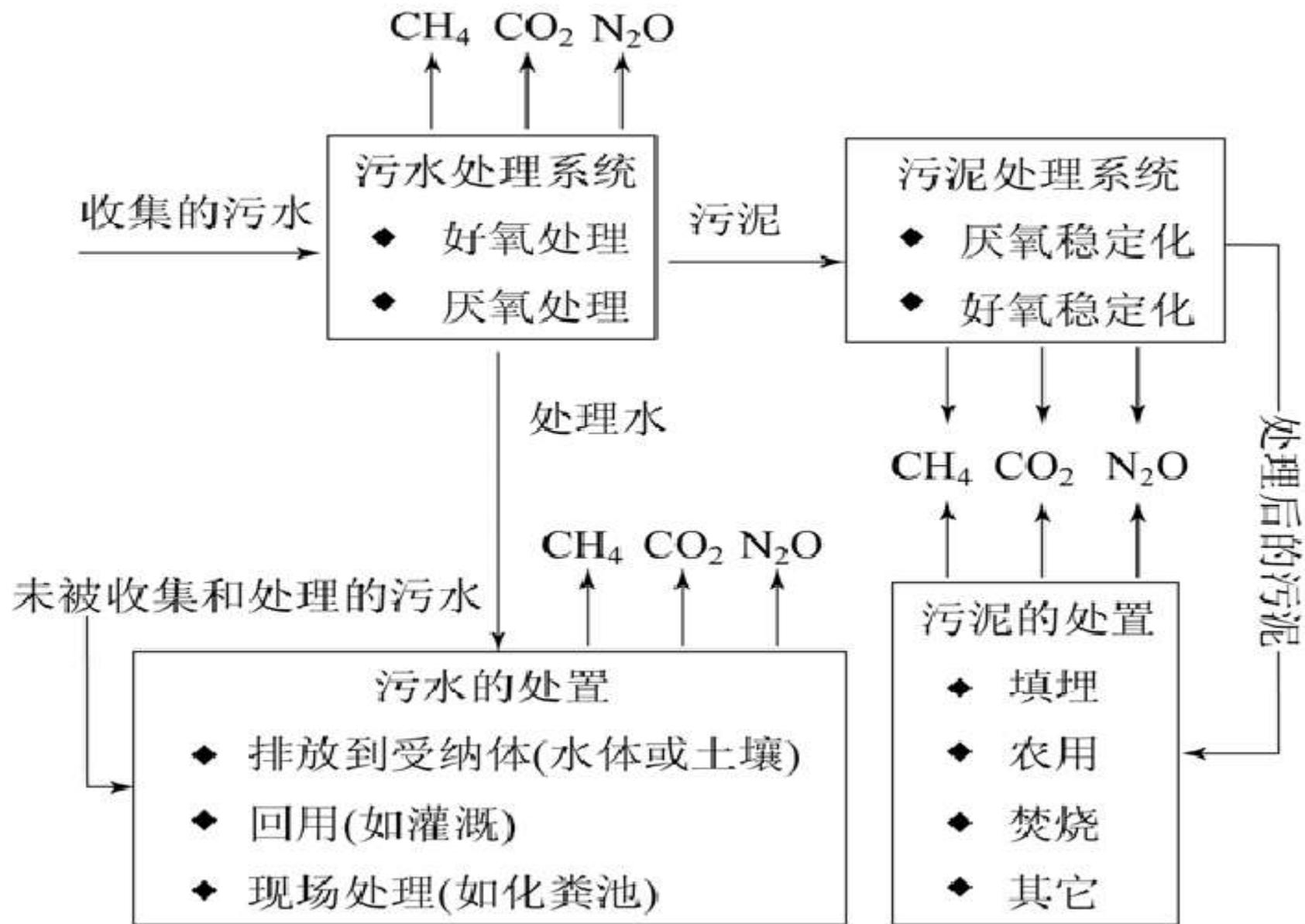
e 原污水通过重力收集.

# 美国污水排水系统温室气体排放

据估计，美国污水处理厂的甲烷排放量占总甲烷排放量的约4%，同时污水处理厂也是氧化氮的排放源，而氧化氮的温室效应相当于二氧化碳的296倍 (IPCC, 2007; U.S. EPA, 2009).

采用IPCC 测定法，美国环保局在2009年确定由于大量化粪池的使用和无控制的排放，甲烷的主要排放源来自于化粪池系统。

根据美国环保局2010年的报告，所有生活污水系统甲烷和氧化氮排放量分别相当于每年排放约15.7 and 4.9 Tg CO<sub>2</sub>e. 采用美国环保局2010年的测定方法，化粪池总的甲烷排放量相当于每年约12.8 Tg CO<sub>2</sub>e，而集中污水处理厂的甲烷和氧化氮排放量分别相当于每年排放约2.9 and 4.9 Tg CO<sub>2</sub>e.



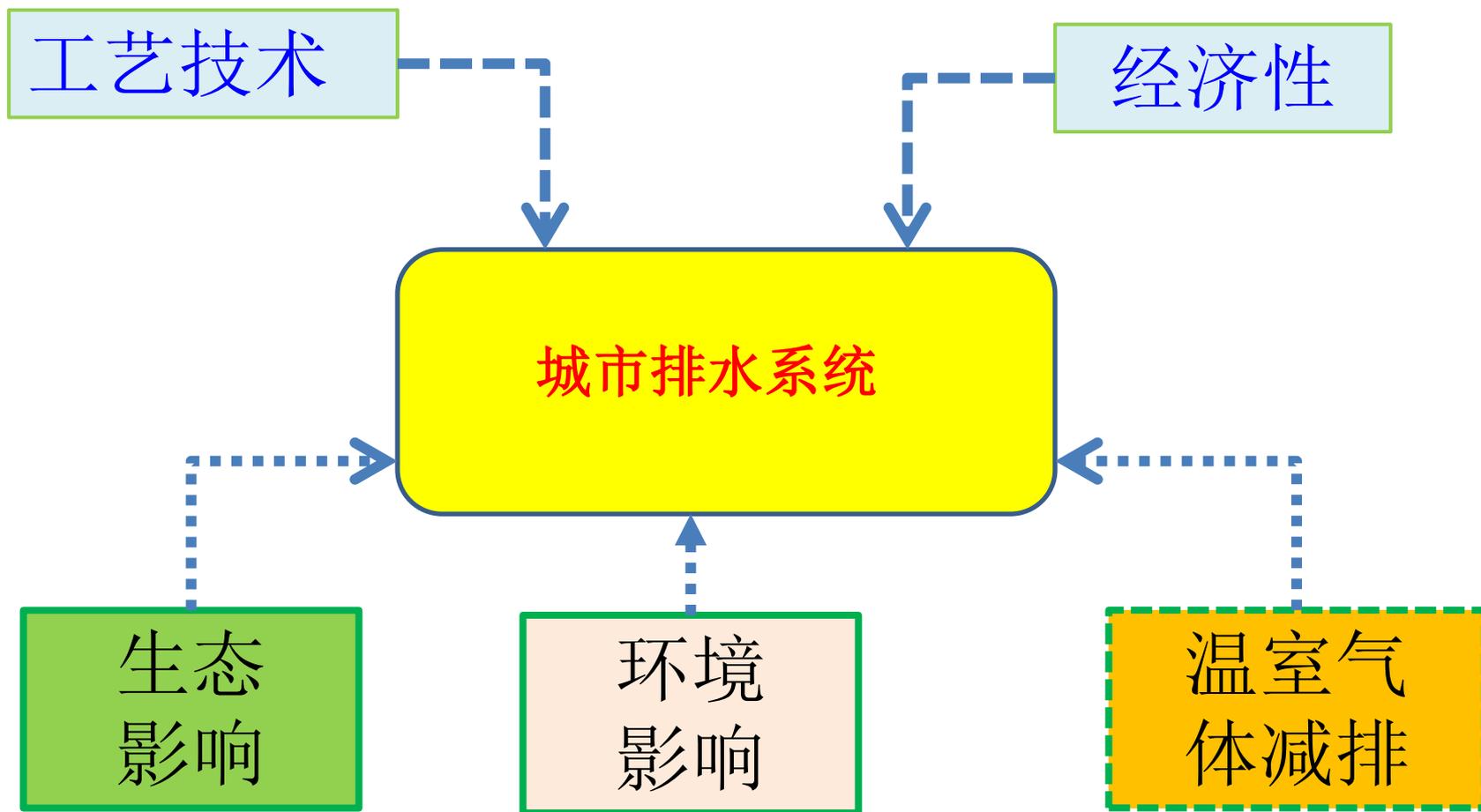
城市污水处理厂温室气体的排放 (郭静波等 2012)

# 城市污水处理厂温室气体的排放

潘涛等采用生命周期分析法(LCA)，对比常州市集中污水处理和通江小区垂直流人工湿地全过程排放。比较结果表明，两者在污水收集、处理过程、以及污泥处置等全过程排放都有很大不同。

集中污水处理厂处理模式的人均碳足迹为**116.1kg**二氧化碳当量，其中**污泥处理不当造成排放占37%**，**A<sup>2</sup>O厌氧段甲烷排放占33%**，**能耗间接排放占28%**，**N<sub>2</sub>O**排放仅占**2%**。垂直流人工湿地处理系统的全过程人均温室气体排放为**15.1kg**二氧化碳当量，仅分别相当于城市集中污水处理系统的**13%**，以及乡村现状排放的**14.4%**。温室气体减排效应明显。研究发现城市污泥填埋处置不当和乡村生活污水处理设施的缺失，不仅带来严重环境污染，而且造成大量温室气体排放。即使提高城市集中污水处理率，如果没有污泥消化处置系统，甲烷气得不到收集利用，污水排放甲烷量仍然得不到减少。

# 城市排水系统选择策略

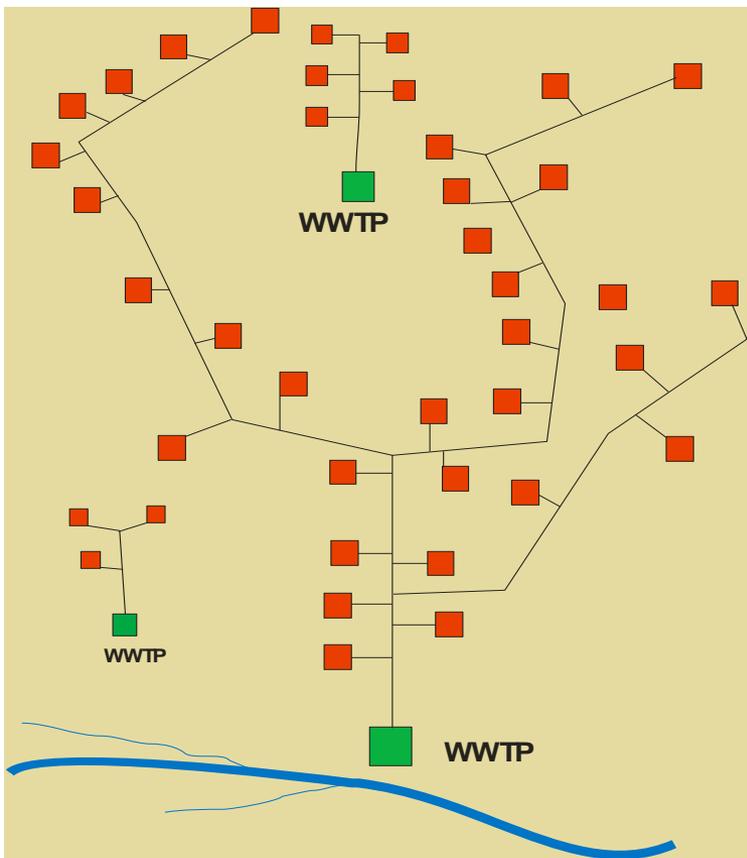


# 城市污水处理厂温室气体的减排对策

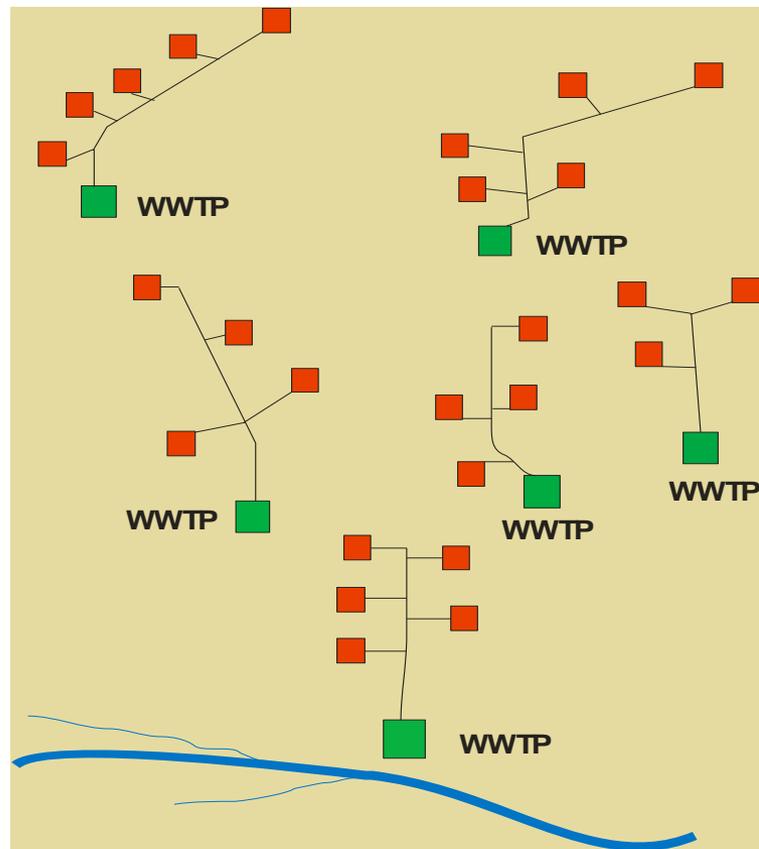
随着污水处理程度及营养物去除效率的提高，污水厂基础设施建设所需资源、污水深度处理所需药剂、污水处理设施运行所需能耗以及温室气体直接排放量的增加所导致的环境负担也随之增加。污水处理工艺、工艺运行条件、污水后处理及剩余生物固体的处理处置方式等的选择都将影响污水处理设施的温室气体排放量。

因此，结合污水处理厂温室气体的来源，污水处理厂温室气体的削减主要可以从污水处理工艺的选择、工艺运行参数的科学调控、处理水及剩余污泥的处理处置和资源化等方面进行

# 城市污水处理厂温室气体的减排对策

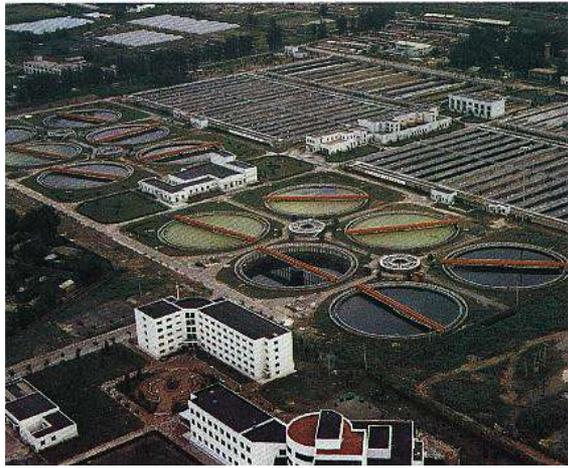


集中与分散相结合的污水处理模式



分散式污水处理模式

# 城市污水处理厂温室气体的减排对策



传统污水处理厂



# 构建生态缓冲区或过渡带 降低污水处理厂深度处理强度和温室气体排放？



## 结论与展望

温室气体导致的气候变化不仅对城市水管理提出了挑战，而且城市水管理的积极应对也会减少温室气体的排放。

城市水资源管理，包括温室气体减排和控制不可能通过某一项措施得到根本解决，需要综合考虑当地的自然地理及经济条件、实际的污水水质水量情况、污水收集、处理工艺类型及运行条件、城市水环境容量、城市生态容量等因素确立合理可行的温室气体减排方案，为应对气候变化做出积极的贡献。

目前我国关于城市排水系统温室气体排放的研究十分有限，亟需进一步加强。

THANK YOU VERY  
MUCH FOR YOUR  
ATTENTION!



谢谢!