

# 工程中非常规水源（雨水） 利用量的评估



**中国建筑建筑设计研究院**

CHINA ARCHITECTURE DESIGN & RESEARCH GROUP

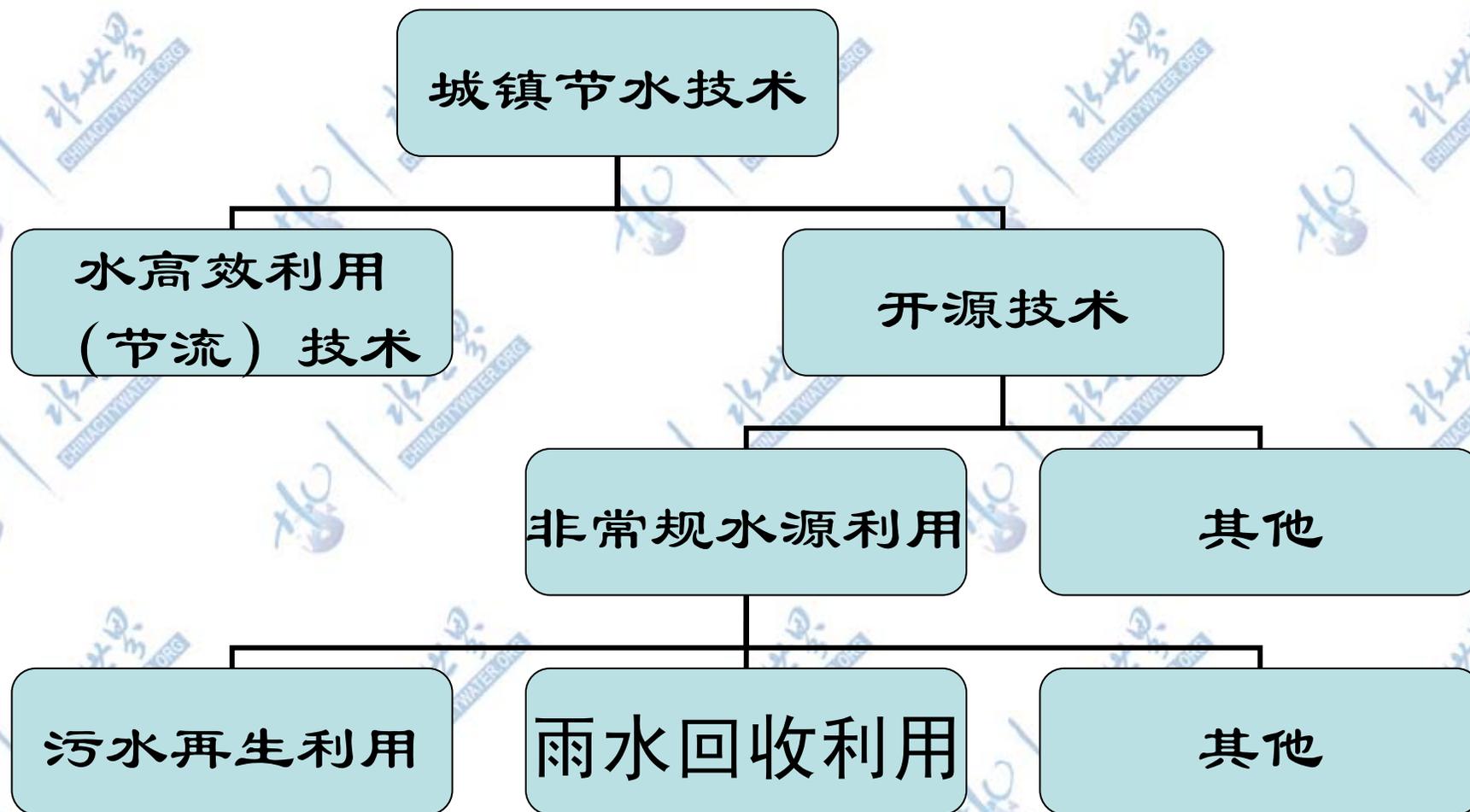
赵世明 副总工程师

[zhaosm@cadg.cn](mailto:zhaosm@cadg.cn)

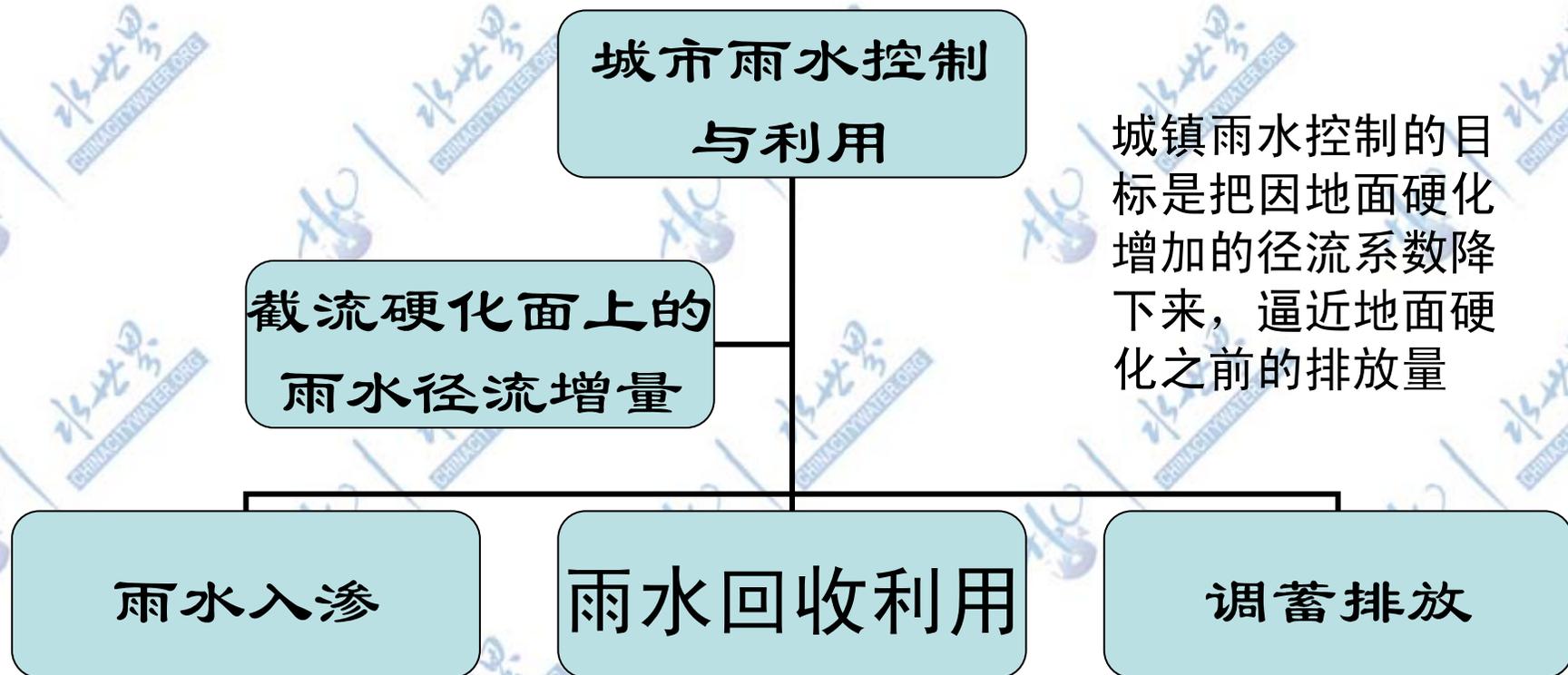
第四届城镇水务大会

2009-11

# 城镇节水与雨水回收利用

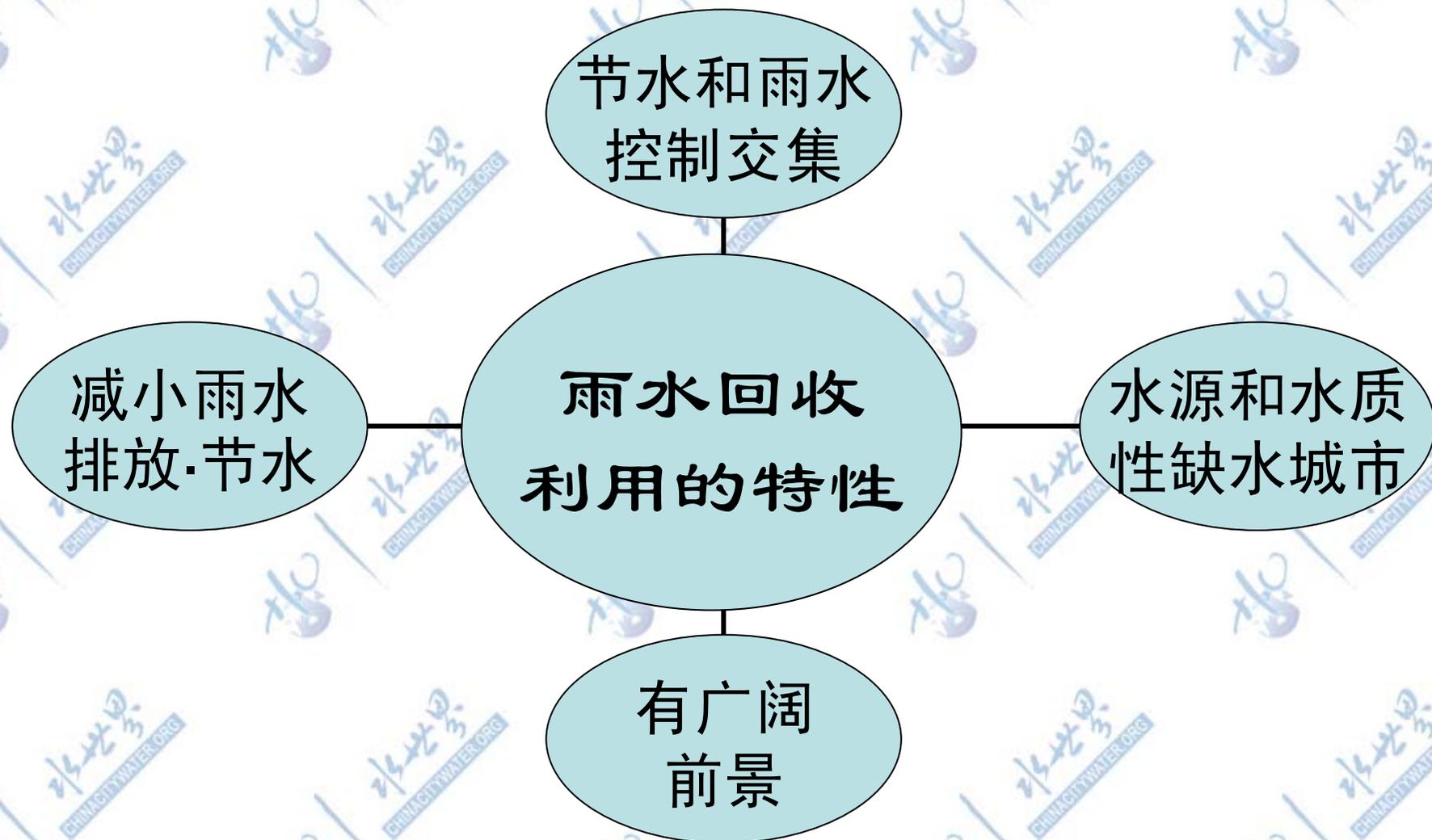


# 城市雨水控制与雨水回收利用



雨水回用节水在某种程度上是城市雨水控制的伴生产物





# 雨水回收利用的特性

- 雨水回收利用是城镇节水和雨水控制的交集。
- 雨水回用一方面截流雨水、减小雨水径流排放量，另一方面又替代了一部分自来水，起到节水作用。具有控制雨水和节水双重效果，得到广泛应用。
- 如果说再生污水利用适合于水源性缺水城市，则雨水回用在水源性缺水和水质性缺水城市都得到了发展。
- 随着城镇节水需求和雨水控制需求的增加，雨水回收利用技术具有广阔发展前景。



# 回收雨水利用量评估的必要性

- 雨水回收利用通过一个个具体工程来实现，我国目前的雨水控制主要是在工程建设项目中展开。
- 雨水利用工程的节水效果需要定量评估。其中最基础、最直观的指标之一是年利用雨水量，即替代节省的自来水量。
- 非常规水源利用工程的规模大小、工程的优化程度，都会影响年利用水量。
- 利用非常规水源的建设项目，需要在工程设计阶段定量评估替代城市自来水的用量，即非常规水源的利用量，比如：
  - ⊙国内标准绿色建筑项目
  - ⊙国外LEED标准建筑项目
  - ⊙节水建设项目或者社区等



## 目前常见的评估方法

按年降雨量  
折算年用量

按年需水量  
代替年用量

按月做雨量  
需水量平衡

按蓄水容积  
年周转次数

水量计算模型SWMM



# 目前常见的评估方法及问题

- 按年降雨量折算年用雨水量

$$W = \Psi \alpha \beta H F$$

$\Psi$ —径流系数；       $\alpha$ —季节折减系数

$H$ —年降雨量       $\beta$ —初期弃流系数

$F$ —汇水面积

⊙存在问题： $W$  只代表了雨水的可利用量，可利用量显然并不代表最终实现的利用量，比如没有用水需求。

- 按年需水量代替年用雨水量

年需水量是根据用户数量、日用水定额、用水天数确定的水量。

⊙存在问题：年可用降雨量显然会制约年利用雨水量，所以需水量并不代表利用量。



# 目前常见的评估方法及问题

- 按月做降雨量—需水量平衡，按月叠加算得年用雨水量

- ⊙存在问题

月降雨量—月需水量的平衡需要设计建造的雨水利用设施才能实现，不考虑设施因素求得的年用雨水量是片面的。比如没有足够的调蓄容积月平衡无法实现。

- 按蓄水池容积设定一年周转次数计算年用雨水量

- ⊙存在问题：周转次数的设定随意性太强，无客观依据

共同点是片面计算利用量，非常规水利用量夸大，运行时无法实现。

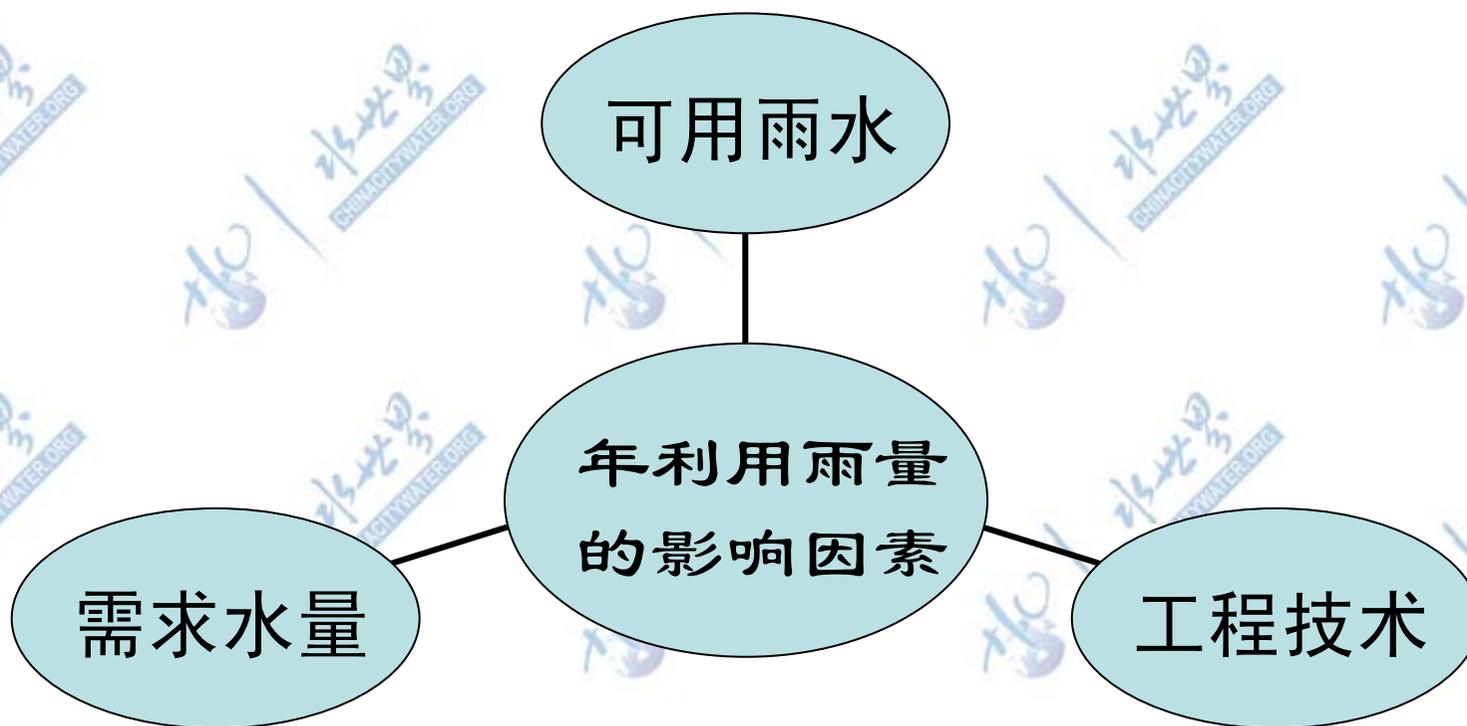


# 目前常见的评估方法及问题

- 年用雨水量的计算还存在一个重要方法，且影响较大——  
水量计算模型SWMM
  - ⊙应用该方法的最大困难是需要预先知道用户的逐日用水量变化曲线，以此为基础计算出雨水利用量。而预先掌握这个变化曲线是给排水工程设计中一直无法解决的问题并从来回避采用该曲线计算。
- 雨水利用量的评估方法需要重新建立。下面汇报的评估方法已应用到即将颁布的国家标准《民用建筑节能设计标准》中。



年降雨量、集水面积、无效雨量等



用户数量（或景观水体）  
用水定额、用水时间等

雨水蓄水容积、水质  
净化能力（需净化时）



# 可用雨水量

- 雨水回用系统的年可用雨水量按下式计算：

$$W_Y = (0.6 \sim 0.7) \times 10^6 \Psi_c h_a F$$

$W_Y$ ——雨水的年可用雨水量（ $m^3$ ）；

$\Psi_c$ ——雨量径流系数；

$h_a$ ——常年降雨厚度（ $mm$ ）；

$F$ ——计算汇水面积（ $hm^2$ ）；

0.6~0.7——无法收集回用的降雨量，包括不能形成径流的降雨、弃流雨水等。

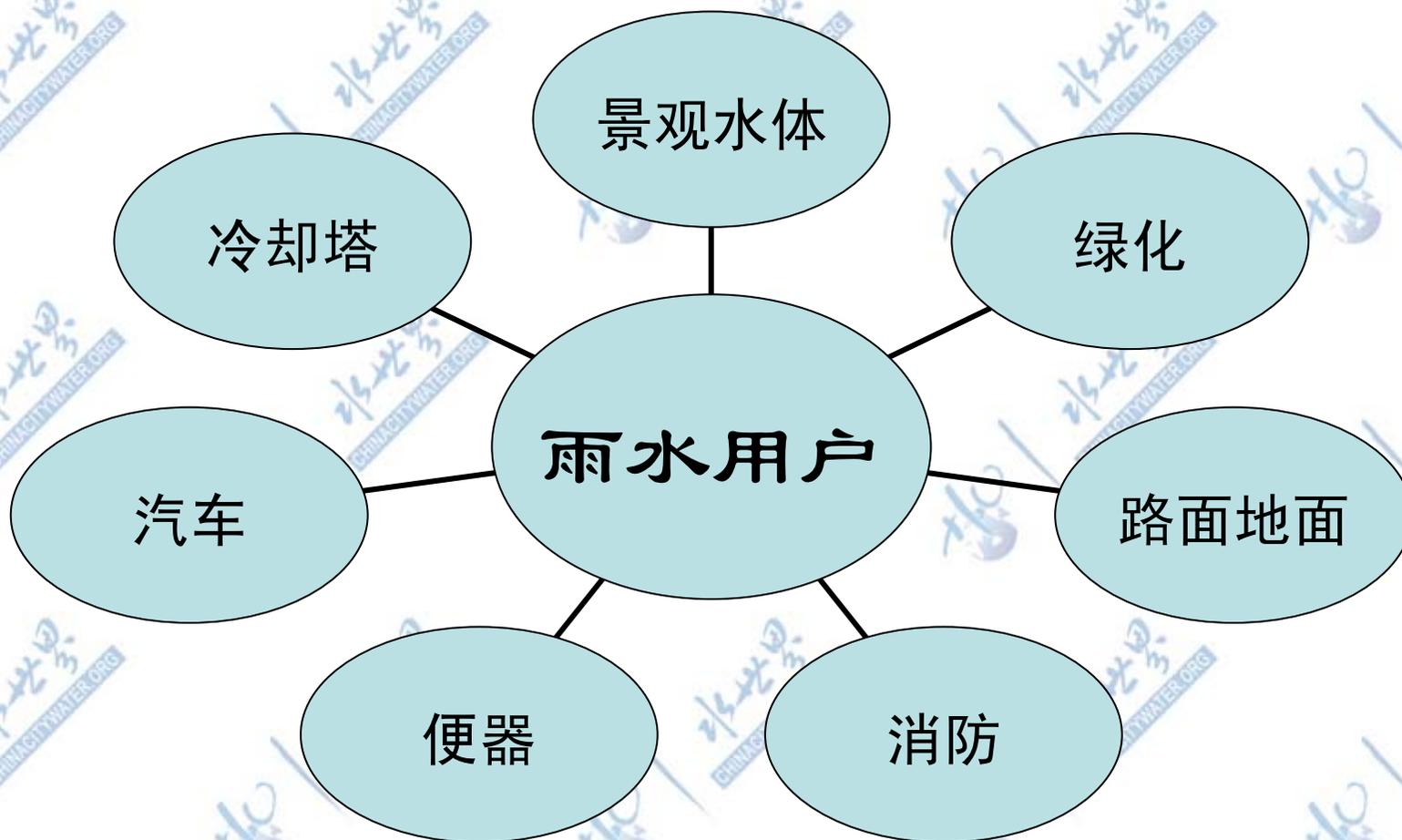
- 常年最大日可用雨水量按下式计算：

$$W_d = 10^6 \Psi_c h_d F$$

$h_d$ 为常年最大日降雨量



# 需求(用)水量



# 需求（用）水量

- 用户的需求水量随季节逐日变化，需要特别关注雨季需求水量和最高日需水量。
- 景观水体用水量取决于蒸发、渗透、水质净化消耗等
- 绿化用水和植物种类、季节、降雨状况密切相关。
- 冷却塔补水量取决于蒸发、飘水、浓缩排污、季节、地域（空调期或运行天数）等
- 消防用水不可动用，无消防时不用水，无法用雨水补充。



# 需求（用）水量

- 用户最高日需用水量（各用户最高日叠加）

$$Q_d = \sum Q_{di}$$

- 年需用水量

不同用户的年需用水量目前尚无合适的计算方法，需要做大量的监测和数据统计工作。

- ⊙ 比如冷却塔用水，需要调查不同气候区的年运行天数、用水量、平均日和最高日的用水量比率。
- ⊙ 绿地用水需调查雨季的浇洒规律或习惯等。

- 编制中的《民用建筑节水设计规范》在寻求解决年用水量的计算问题。



# 可用雨水量化为实际利用量的条件

- 北京常年最大降雨量

最大60min	最大24hr/ $h_d$	最大3日	最大7日
38mm	86mm	110mm	154mm

- 当水池容积  $V$  不小于最大日雨水汇集量，并且日耗水量  $Q_d$  不小于最大日雨水量的  $1/3$ ，则后续的降雨就能够收集进水池，雨水没有流失，全年的可用雨水量转化为实际用量。  
(雨水景观水体除外)

$$V \geq 10 \psi_c h_d F = W_d \quad (\text{日可用量})$$

$$Q_d \geq 10 \psi_c h_d F / 3 = W_d / 3$$



# 可用雨水量化为实际利用量的条件

- 年可用雨水量的实现，需要蓄水容积和日耗用水量都分别不小于式中的值，即日可用雨水量。
- 若水池容积  $V$  偏小，则雨水会有流失（比如最大日雨水）；同样若日耗水量  $Q_d$  偏小，则后续雨水不能全部入水池，则雨水也会有流失。（很大的雨水景观水体除外）
- 水池容积  $V$  和日耗水量  $Q_d$  都制约着可用雨水量的实现，任何一个参数偏小都会流失一些雨水，使雨水实际利用量打折扣，小于可用量。
- $V$  和  $Q_d$  都偏大的情况可保证年可用雨水量全部利用



# 年利用雨水量的评估

- 年实际用雨量取下列三个值中的最小者（很大的雨水景观水体除外）

1 年可用雨水量  $W_Y$ ;

2 蓄水池年可蓄积量

$$W_V = W_Y \frac{V}{W_d}$$

3 用户可实现的年雨水量

$$W_Q = W_Y \frac{3Q_d}{W_d}$$

- 其他技术因素 水净化能力
- 有条件做雨水景观湖时，蓄水量很大，能调节最大月降雨水量平衡，则日耗雨水量很小也不影响雨水的蓄集。



# 工程实例

- 5000m<sup>2</sup>屋面，集雨效率或雨量径流系数0.9，常年降雨600mm，常年最大日降雨85mm，蓄水有效容积350m<sup>3</sup>，雨水用于冷却塔补水和绿地浇灌，最高日用水量200m<sup>3</sup>。

- 年可利用雨水量

$$W_Y = 0.65 \times 0.9 \times 0.6 \times 5000 = 1755 \text{m}^3$$

- 日可用雨水量

$$W_d = 0.9 \times 0.083 \times 5000 = 374 \text{m}^3$$

- 蓄水池年可蓄集量

$$W_Y = W_Y \times V / W_d = 1755 \times 350 / 374 = 1642 \text{m}^3$$

- 用户可实现的年耗水量

$$W_Q = W_Y \times 3Q_d / W_d = 1755 \times 3 \times 200 / 374 = 2816 \text{m}^3$$

- 工程年利用雨水量为1642m<sup>3</sup>



## 工程实例

- 如果上述雨水设施是在住宅项目，雨水用于绿地浇灌和地面浇洒，最高日用水量减小到80m<sup>3</sup>。则

$$\begin{aligned}W_Q &= W_Y \times 3Q_d / W_d \\ &= 1755 \times 3 \times 80 / 374 = 1126\text{m}^3\end{aligned}$$

- 年实际回收利用雨水量为三个数值中的最小值1126m<sup>3</sup>（另2个值1755m<sup>3</sup>，1642m<sup>3</sup>）。
- 同样的降雨条件、雨水蓄存设施，实现的年回收雨水量因日用水量的减小而降低。当然，雨水蓄存容积的变化同样影响年实际用雨量。



谢谢!



**中国建筑设计研究院**

CHINA ARCHITECTURE DESIGN & RESEARCH GROUP