



住房和城乡建设部行业标准

# 城镇供水管网漏损控制 及评定标准（2018版）解读

报告人：刘阔

中国城镇供水排水协会城市供水分会

北京市自来水集团有限责任公司

2023年12月



# 汇报提纲

1

**漏损控制综述**

2

**《标准》基本规定**

3

**漏损控制技术及管理**

4

**评定指标及评定标准**

5

**《标准》实施要点**

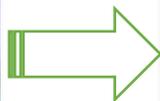
# 供水系统管理的3个核心问题



## 供水系统全链条



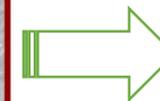
水源取水



水厂净化



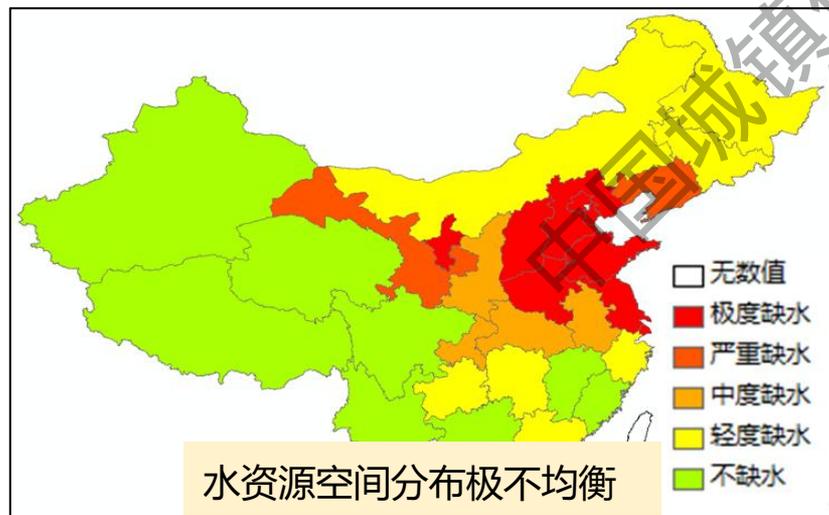
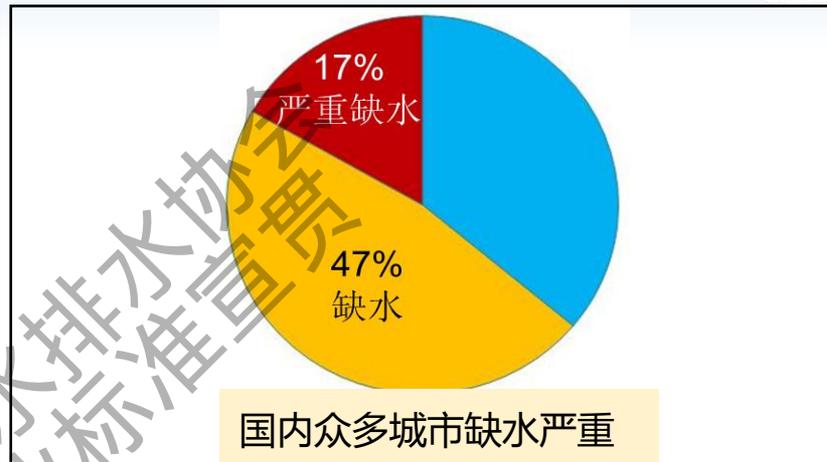
管网输配



用户用水

- ◆ **水质保障**：最基本的民生问题，事关人民群众身体健康和美好生活。
- ◆ **漏损控制**：贯彻新发展理念的必然要求，推动高质量发展的重要途径。
- ◆ **智慧供水**：变革重塑管理模式、提高效率效益的必由之路。

# 漏损控制的必要性



- ◆ 我国人均水资源量约2000立方米，仅为世界平均水平的1/4，且空间分布极不均衡。
- ◆ 在全国600多个城市中，64%的城市存在缺水问题，**缺水形势严峻。**

# 漏损控制的必要性



## ◆ 习近平总书记重要讲话

- 2014年，在中央财经领导小组第5次全体会议上，提出“**节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力**”的新时期治水思路。
- 2019年，在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上，提出要“坚持**以水定城、以水定地、以水定人、以水定产**，把水资源作为最大的刚性约束”。
- 2020年，在江苏考察时，提出“北方地区要从实际出发，坚持以水定城、以水定业，节约用水”。
- 2021年，在推进南水北调后续工程高质量发展座谈会上，提出要“坚持节水优先，**把节水作为受水区的根本出路**，长期深入做好节水工作”。

## ◆ 国家部委相关文件

《关于加强城市节水工作的指导意见》  
《关于加强公共供水管网漏损控制的通知》要求：到2025年，全国城市公共供水管网漏损率力争控制在**9%**以内。

## ◆ 北京市“十四五”规划纲要

深入开展独立计量区建设和管理，做到供水管网“逢漏必知”，到2025年，城镇供水管网漏损率力争降至**8%**。

# 漏损控制的必要性



漏损造成水资源浪费，增加企业运营成本

集团真实漏失下降1个百分点

节约

原水费  
1224万元



动力费  
316万元



材料费  
144万元

城镇供水价格  
管理办法

城镇供水定价  
成本监审办法



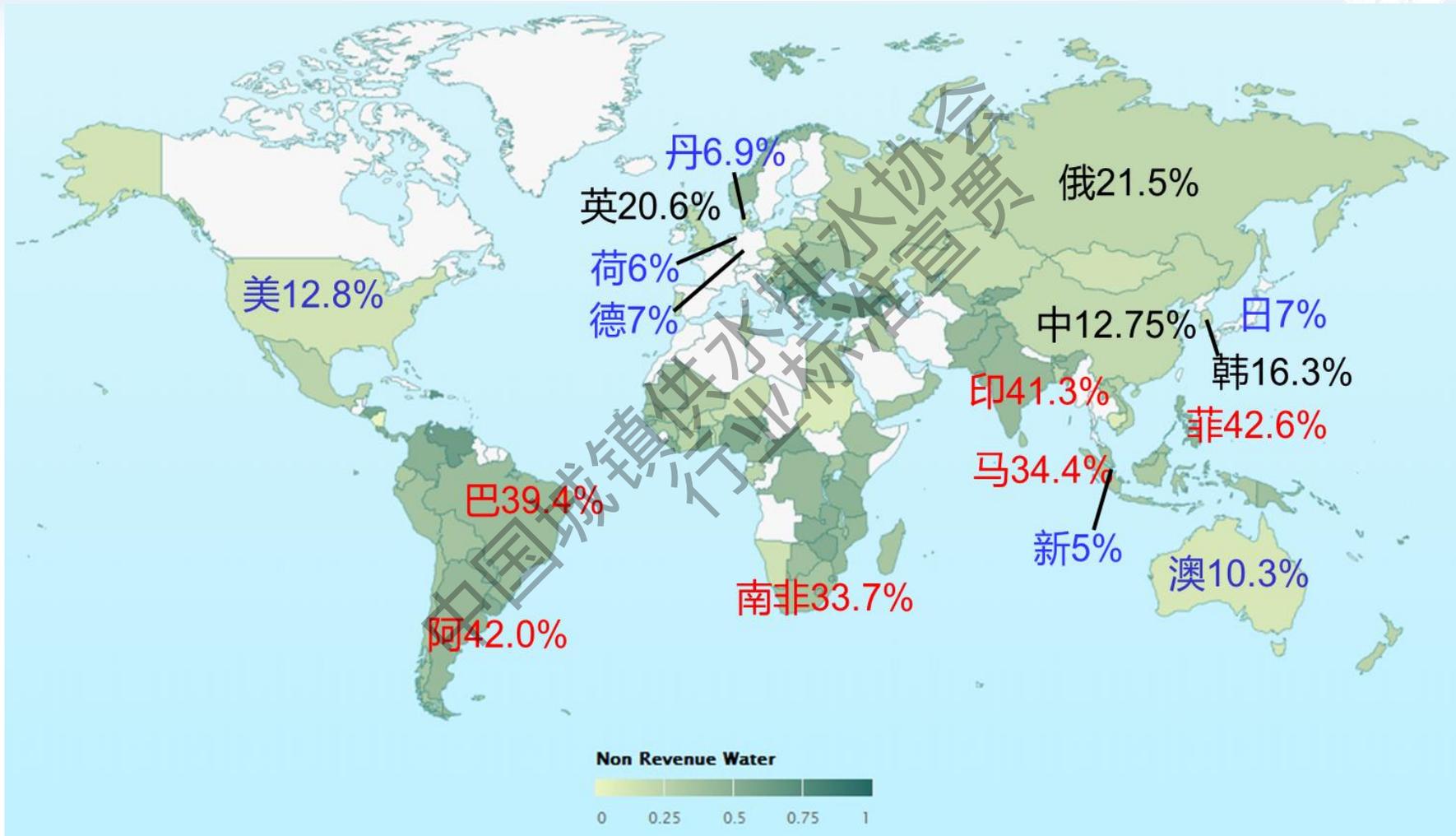
建立健全以“准许成本加合理收益”为核心的定价机制，漏损率高于一级评定标准的，超出部分不得计入成本。

集团表观漏损下降1个百分点

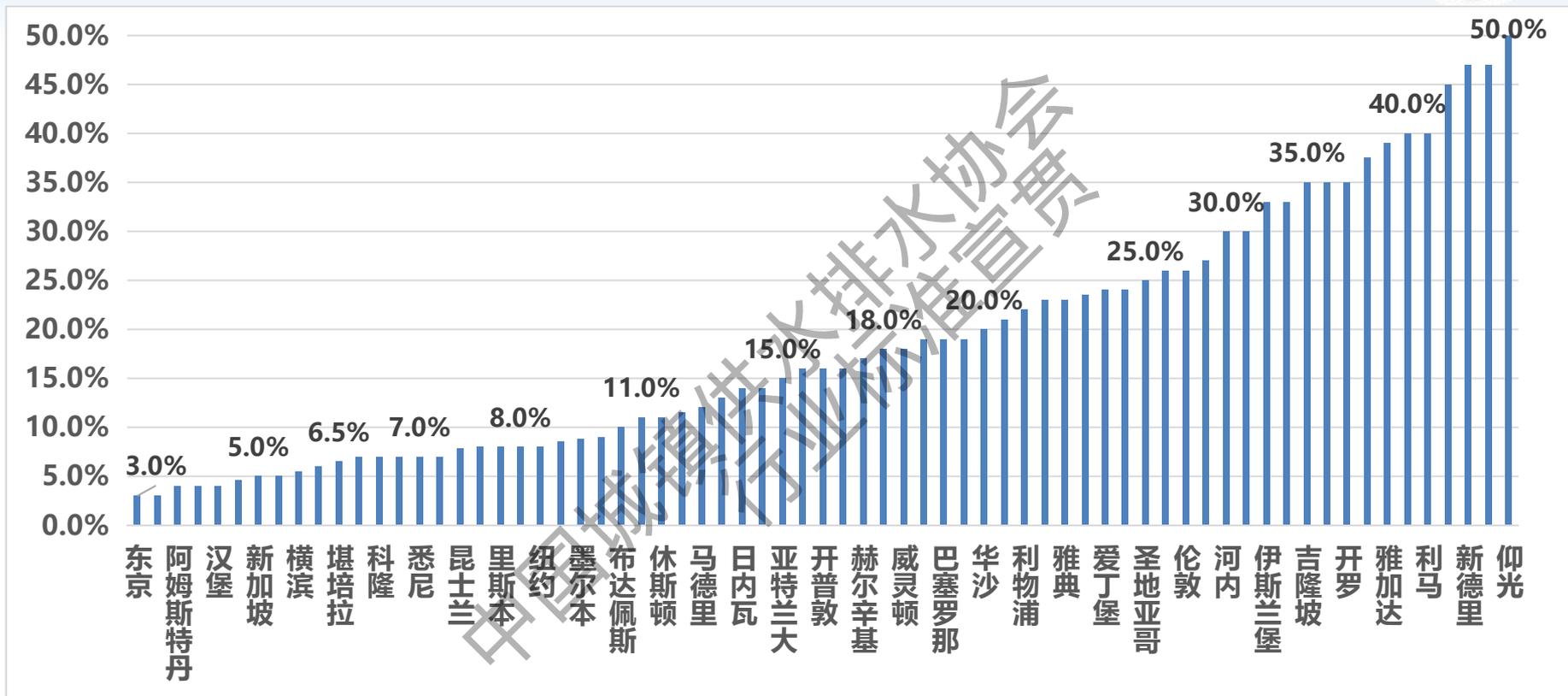
增收

综合水费8277万元，其中水费3639万元

# 漏损国际对标分析——主要国家漏损率



# 漏损国际对标分析——主要城市漏损率



漏损控制较好的发达国家城市主要包括芝加哥、柏林、**新加坡**、首尔、**东京**等，漏损率均在**5%以内**。

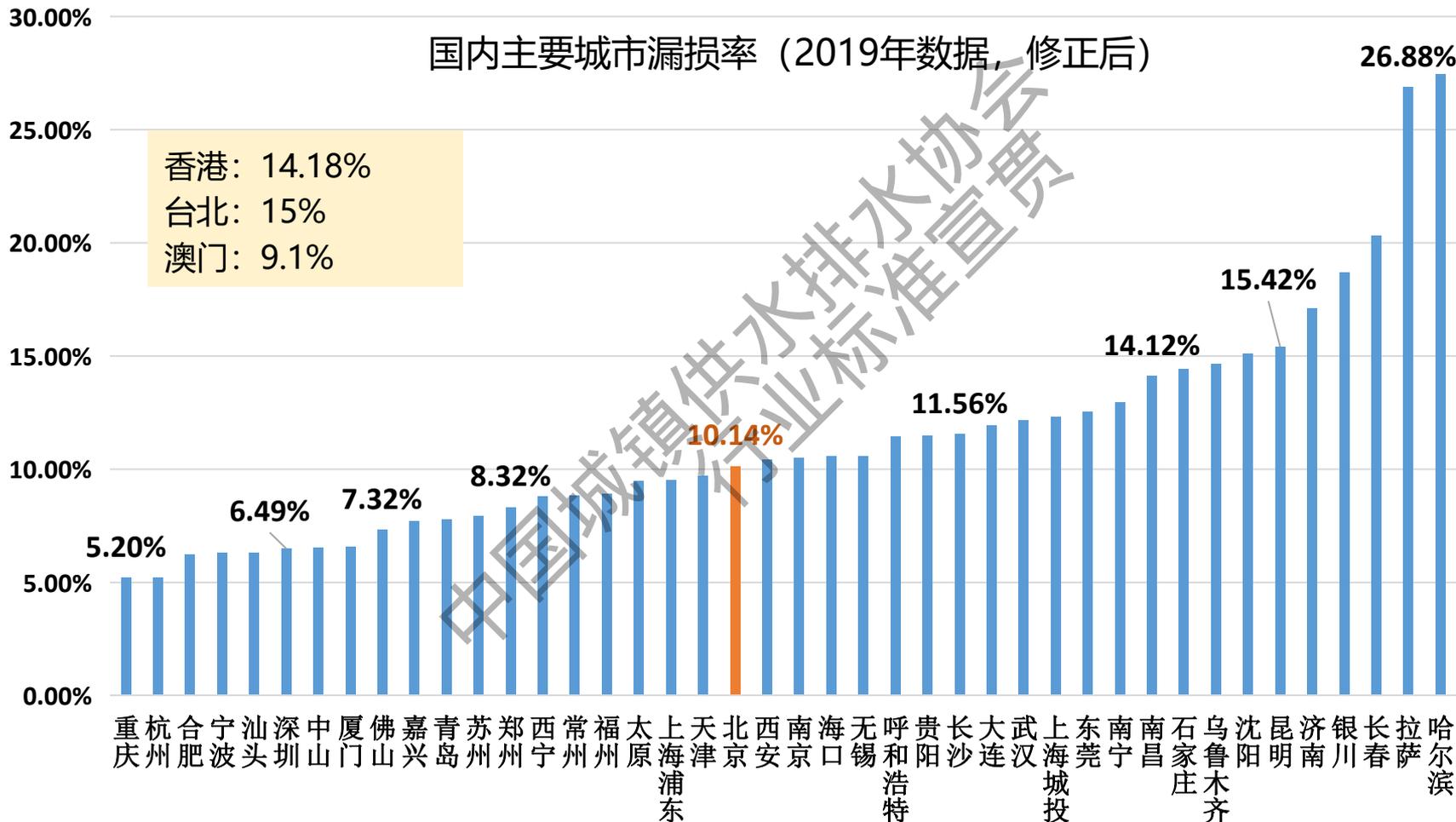
# 漏损国内对标分析——各省漏损率



# 漏损国内对标分析——主要城市漏损率



国内主要城市漏损率（2019年数据，修正后）





# 汇报提纲

1

漏损控制综述

2

《标准》基本规定

3

漏损控制技术与管理

4

评定指标及评定标准

5

《标准》实施要点



## 基本规定

### 计量管理

制度要求 3.0.1 -- 3.0.2

计量要求 3.0.3 -- 3.0.4

表具要求 3.0.5 -- 3.0.6

### 管网运行管理

压力管理要求 3.0.7 -- 3.0.9

检漏要求 3.0.10

管网管理要求 3.0.11 -- 3.0.14



**3.0.1 供水单位应建立用户的注册登记制度，对所有用户进行注册登记管理，并应对用户信息进行动态维护。**

**3.0.2 供水单位应制定计量器具管理办法、抄表质量和数据质量控制的管理措施。**

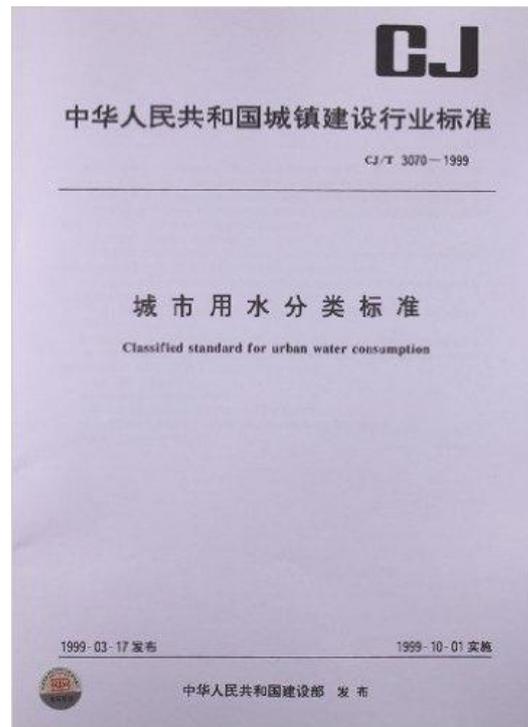
用户管理和计量器具管理是计量管理制度的两个方面，是开展漏损水量分析和漏损控制工作的前提和基础。对登记注册的用户根据用户类别和用水量等信息变化进行动态更新，及时、准确、完整掌握用户信息十分必要；对计量器具、抄表和计量数据的质量进行严格管理，可减少表具故障、人为估数、甚至人情水等导致的水量损失。



**3.0.3 消防用水、水池（箱）清洗、应急供水、管网维护和冲洗用水宜进行计量。**

**3.0.4 城镇供水范围内下列水量应进行计量**

- 1 自产供水量；**
- 2 外购供水量；**
- 3 注册用户用水量中的居民家庭用水、公共服务用水、生产运营用水以及向相邻区域管网输出的水量等。**





3.0.5 水量计量方式的选择和计量器具的选配、维护、检定及更换工作，应符合现行行业标准《城镇供水管网运行、维护及安全技术规程》CJJ 207和《城镇供水水量计量仪表的配备和管理通则》CJ/T 454的规定。

3.0.6 计量仪表的性能及安装应符合国家现行标准《封闭满管道中水流量的测量 饮用冷水水表和热水水表》GB/T 778.1~3、国家现行行业标准《电磁流量计》JB/T 9248和《超声波水表》CJ/T 434的有关规定。



3.0.7 供水单位应具备管网压力监测的技术手段。压力监测点设置除应符合国家现行行业标准《城镇供水管网运行、维护及安全技术规程》CJJ 207的相关规定外，还应在实施**压力管理**的区域设置压力监测点。

3.0.8 供水单位宜建立管网水力模型系统，并应根据管网运行情况的变化及时校核与更新。

3.0.9 供水单位应以管网压力监测数据为基础，结合水力模型计算结果进行压力管理。



**3.0.10 供水管网的漏水探测和修复工作，应符合国家现行行业标准《城镇供水管网运行、维护及安全技术规程》CJJ 207、《城镇供水管网抢修技术规程》CJJ/T 226和《城镇供水管网漏水探测技术规程》CJJ 159中的有关规定。**

《城镇供水管网漏水探测技术规程》CJJ 159

《城镇供水管网运行、维护及安全技术规程》CJJ 207

《城镇供水管网抢修技术规程》CJJ/T 226



**3.0.11 供水单位应建立完整、准确的供水管网档案，对管网资料进行应及时更新，实施动态管理，并应建立管网地理信息系统。**

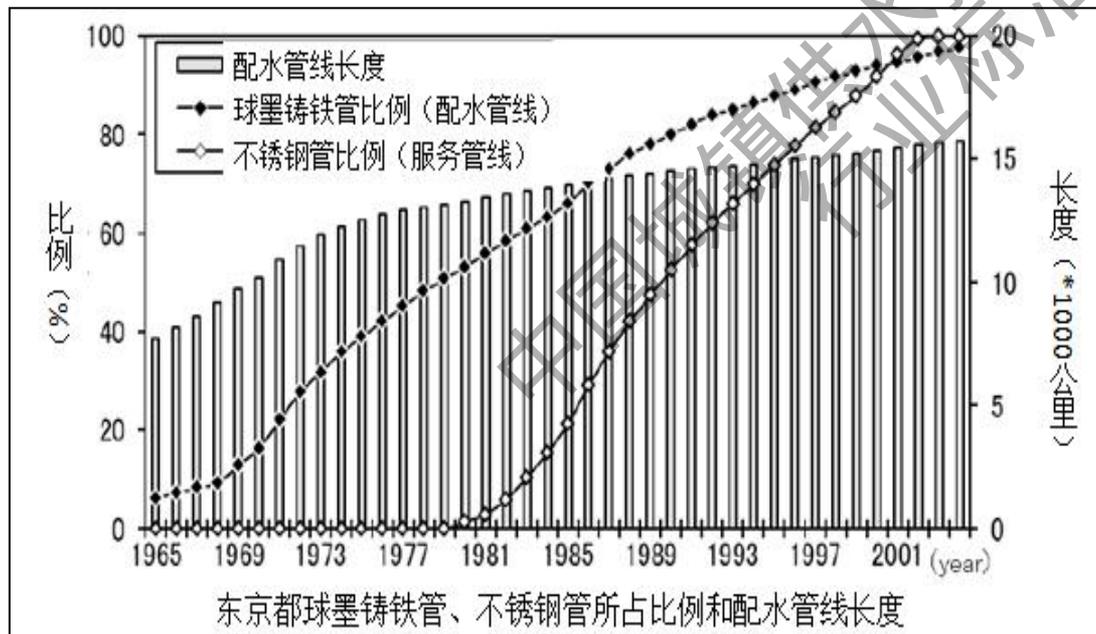
**3.0.12 供水管网的年度更新率不宜小于2%。供水单位应根据管网漏失评估、水质及供水安全保障等情况，制定管网更新改造的中长期规划和年度计划。**

**3.0.13 管网改造应因地制宜，可采取开挖换管和非开挖修复技术相结合的方式，管道施工应符合国家现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268和《城镇给水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 244的有关规定。**

# 管网运行管理——管网管理要求



**3.0.14 新铺设管道的材质应按照接口安全性高、破损概率小、内壁阻力系数低和全寿命周期成本低的原则进行选择，并应符合现行行业标准《城镇供水管网运行、维护及安全技术规程》CJJ207的有关规定。**



韩国首尔从1984年开始采用球墨铸铁管和不锈钢管对老旧管网进行更换，到2013年时更换1.32万公里，更换率96.1%，供水效率从1989年的55.2%提高到2013年的94.4%。老旧管网计划2018年全部换完。



# 汇报提纲

1

漏损控制综述

2

《标准》基本规定

3

漏损控制技术与管理

4

评定指标及评定标准

5

《标准》实施要点



4.1.1 供水单位应进行漏损控制，采取合理有效的**技术**和**管理**措施，减少漏损水量。

4.1.2 漏损控制应以**漏损水量分析**、漏点出现频次及原因分析为基础，明确漏损控制重点，制定漏损控制方案。

4.1.3 供水单位应按国家现行行业标准《城镇供水管网运行、维护及安全技术规程》CJJ 207的有关规定进行管网**巡检**和**维护**，及时发现隐患并提前处理，减少管道破损事故的发生。

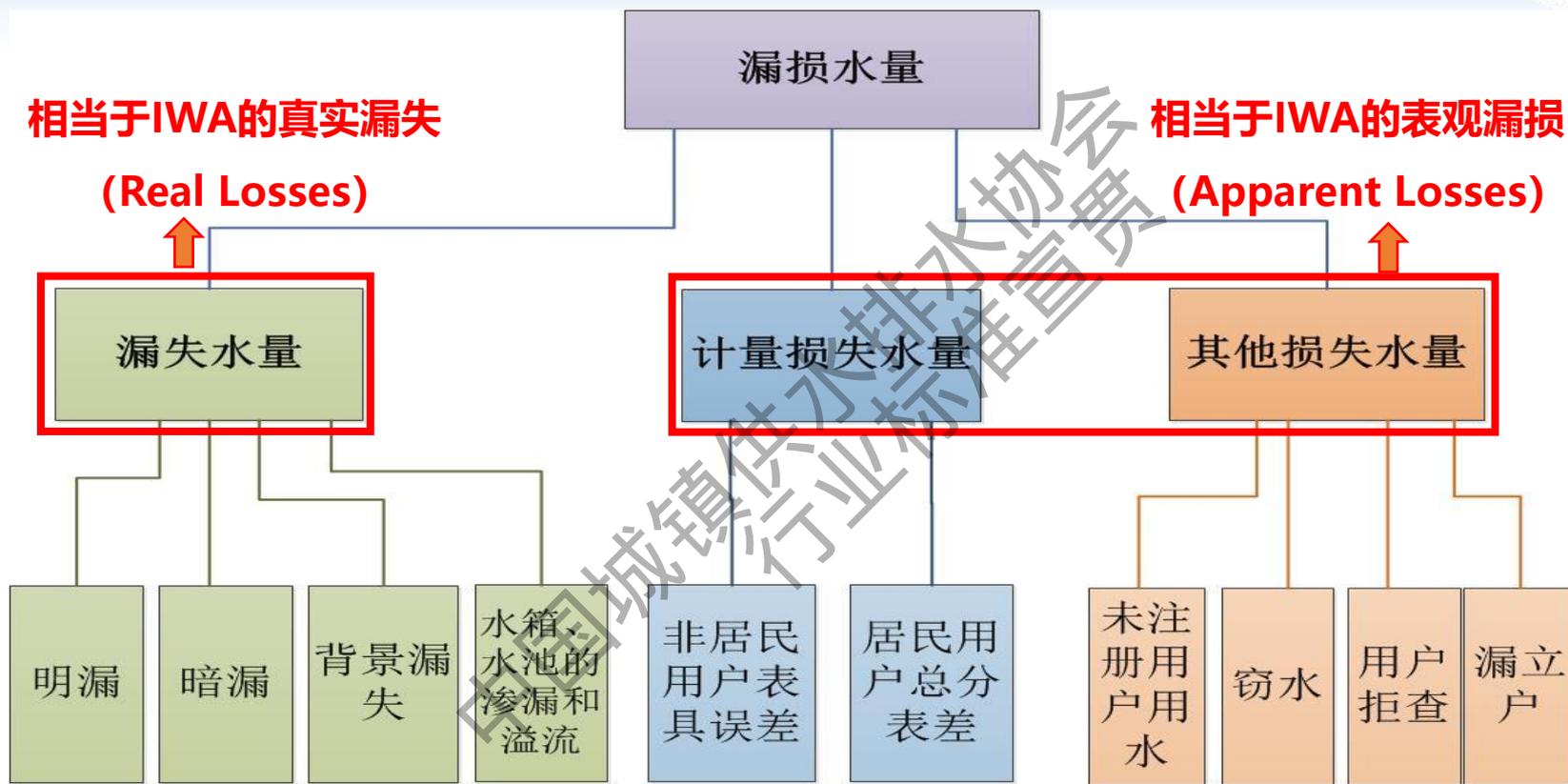


**4.2.1 供水单位应根据水量平衡表确定各类水量，并每年进行一次漏损水量分析。**

**4.2.2 供水单位应对出厂入网水量、区域水量、独立计量区和用户水量等进行水平衡分析，量化不同区间的水量损失。**

**4.2.3 进行漏损水量分析时，应明确管网边界，确保收集的水量数据时间一致、完整和准确。**

# 漏损水量分析——概念和构成



- ◆ 漏损不完全等于漏水，漏损 = “漏” + “损” = “漏失” + “损失”。
- ◆ 漏水水量与节约水资源相关，损失水量（计量+其他）只与企业运营管理相关。

# 漏损水量分析——水量平衡表



## 供水

## 用水和漏水

自产供水量	供水总量	注册用户用水量	计费用水量	计费计量用水量
		漏损水量	免费用水量	计费未计量用水量
外购供水量	从供水单位的自有水厂（补压井）输入到管网的水量		计量损失水量	免费计量用水量
		从其他单位或区域输入到管网的水量		免费未计量用水量
				明漏水量
				暗漏水量
				背景漏失水量
				水箱、水池的渗漏和溢流量
				居民用户总分表差损失水量
				非居民用户表具误差损失水量
				未注册用户用水和用户拒查等管理因素导致的损失水量

# 漏损水量分析——水量平衡表



## 供水

## 用水和漏水

自产供水量	供水总量	注册用户用水量	计费用水量	计费计量用水量
			免费用水量	在供水单位登记注册的用户 的计费用水量和免费用水量
外购供水量	供水总量	漏损水量	漏失水量	明漏水量
				暗漏水量
				背景漏失水量
				水箱、水池的渗漏和溢流水量
外购供水量	供水总量	漏损水量	计量损失水量	居民用户总分表差损失水量
				非居民用户表具误差损失水量
外购供水量	供水总量	其他损失水量	其他损失水量	其他损失水量

供水总量和注册用户用水量之间的差值。由漏失水量、计量损失水量和其他损失水量组成。

# 漏损水量分析——水量平衡表



## 供水

## 用水和漏水

在供水单位注册的计费用户的用水量		注册用户用水量	计费用水量	计费计量用水量
			免费用水量	计费未计量用水量
自产供水量	供水总量	漏损水量	漏失水	免费计量用水量
				计量损失
外购供水量				明漏水量
				背景漏失水量
				水箱、水池的渗漏和溢流量
				居民用户总分表差损失水量
				非居民用户表具误差损失水量
				未注册用户用水和用户拒查水量
				按规定减免收费的注册用户的用水量和用于管网维护和冲洗等水量

# 漏损水量分析——水量平衡表



## 用水和漏水

自产供水量	供水总量	计费用水量	计费计量用水量
		免费用水量	计费未计量用水量
外购供水量	供水总量	漏失水量	免费计量用水量
			免费未计量用水量
			明漏水量
		用户损失水量	暗漏水量
			背景漏失水量
			水箱、水池的渗漏和溢流水量
			居民用户总误差损失水量
未注册用户拒查水量	非居民用户总误差损失水量		
	未注册用户拒查水量		

各种类型的管线漏点、管网中水箱及水池等渗漏和溢流造成实际漏掉的水量

水溢出地面或可见的管网漏点的漏失水量。

在地面以下检测到的管网漏点的漏失水量。

现有技术手段和措施未能检测到的管网漏点的漏失水量

# 漏损水量分析——水量平衡表

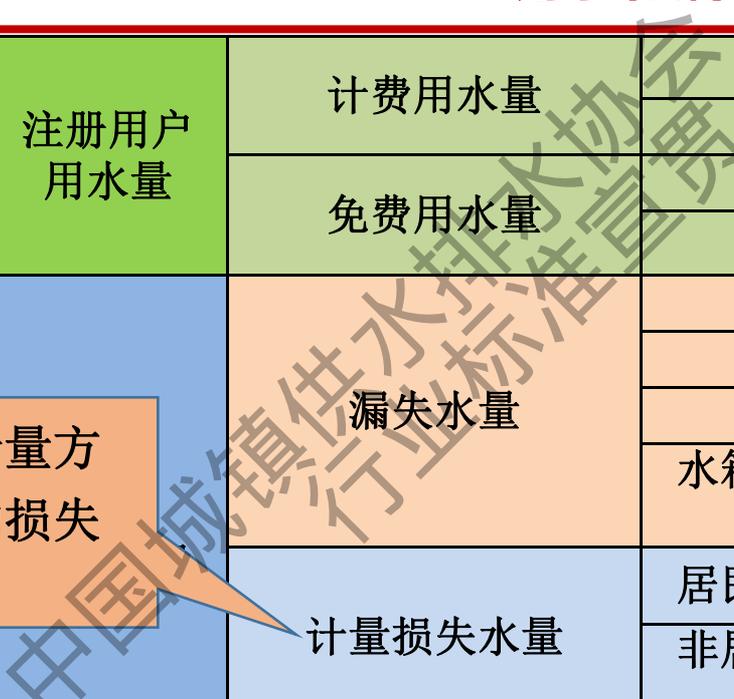


## 供水

## 用水和漏水

自产供水量		注册用户用水量	计费用水量	计费计量用水量
			免费用水量	计费未计量用水量
外购供水量		漏失水量	漏失水量	免费计量用水量
				免费未计量用水量
其他损失水量		其他损失水量	其他损失水量	明漏水量
				暗漏水量
				背景漏失水量
				水箱、水池的渗漏和溢流水量
			计量损失水量	居民用户总分表差损失水量
				非居民用户表具误差损失水量
				未注册用户用水和用户拒查等管理因素导致的损失水量

计量表具性能限制或计量方式改变导致计量误差的损失水量



# 漏损水量分析——水量平衡表



## 供水

## 用水和漏水

自产供水量	供水总量	注册用户用水量	计费用水量	计费计量用水量
			免费用水量	计费未计量用水量
漏损水量		漏失水量	免费计量用水量	明漏水量
			免费未计量用水量	暗漏水量
			背景漏失水量	水箱、水池的渗漏和溢流水量
		计量损失水量	居民用户总分表差损失水量	
非居民用户表具误差损失水量				
外购供水量	其他损失水量	未注册用户用水和用户拒查等管理因素导致的损失水量		

未注册用户用水和用户拒查等管理因素导致的损失水量

# 漏损水量分析——水量平衡表



自产供水量	供水总量	注册用户用水量	计费用水量	计费计量用水量
				计费未计量用水量
			免费用水量	免费计量用水量
				免费未计量用水量
外购供水量		漏损水量	漏失水量	明漏水量
				暗漏水量
				背景漏失水量
			计量损失水量	水箱、水池的渗漏和溢流水量
				居民用户总分表差损失水量
				非居民用户表具误差损失水量
其他损失水量	未注册用户用水和用户拒查等管理因素导致的损失水量			

- 摒弃表观漏损的概念，将漏损水量分解为漏失、计量损失和其他损失。
- 重新定义漏失的构成要素，将漏失水量分解为明漏、暗漏、背景漏失等。
- 修正后的水量平衡表将其他损失水量作为最后一项进行计算。

# 漏损水量分析——统计计算步骤



## 1 统计供水总量

按流量计量设备的水量数据统计计算



## 2 统计计费用水量

按用户收费系统数据或记录统计计算



## 3 统计免费用水量

按计量或相关单位提供的数据计算



## 4 计算注册用户用水量

计费用水量加上免费用水量

## 5 计算漏损水量

供水总量减去注册用户用水量。



## 6 计算漏失水量

明漏、暗漏、背景漏失及水箱、水池的渗漏和溢流水量之和



## 7 计算计量损失水量

居民用户总分表差、非居民用户表具误差损失水量之和



## 8 计算其他损失水量

漏损水量减去漏失和计量损失水量

# 漏损水量分析——免费用水量计算



类别		水量计算方法	
计划停水水量	管网改造工程	勾头	存管+放水
		冲洗	正式冲洗+4管水
	其他管网工程	DMA建设	存管+放水
		安装倒流防止器	存管+放水
	消火栓增建	存管+放水	
消防水量	训练水量	消防局报送	
	火灾现场	消防局报送	
	日常检查消火栓	消防局报送	
水车水量	应急供水车水量	容积、加水次数、台班	
管网维护用水量	修漏水量	存管+放水	
	水质问题放水	$2.2 \times \text{数量} \times \text{时长}$	
	DMA零压测试	存管	
	水黄小区末端放水	孔口出流	
	换闸换栓换排气阀	存管+放水	
	排气阀维护	0.1立方米/座	
	消火栓维护	0.1立方米/座	
	调闸冲洗	正式冲洗计算公式	
管网定期冲洗	正式冲洗计算公式		

# 漏损水量分析——漏失水量计算



## ◆ 明漏、暗漏的漏点流量计算

$$Q_L = C_1 \cdot C_2 \cdot A \cdot \sqrt{2gH}$$

## ◆ 明漏水量和暗漏水量的计算

漏点水量 = 漏点流量 × 漏点存在时间

明漏存在时间：自发现破损至关闸止水的时间。

暗漏存在时间：一般取管网检漏周期。

## ◆ 背景漏失水量的计算

背景漏失水量 = 单位管长夜间最小流量 × 管网总长 × 时间

单位管长夜间最小流量在DMA样本区域开展检漏后测定。

## ◆ 水箱、水池的渗漏和溢流水量的计算

根据实际情况估算。

# 分漏损水量分析——计量损失水量计算



## ◆ 居民用户总分表差损失水量的计算

$$Q_{m1} = \frac{Q_{mr}}{1-C_{mr}} - Q_{mr}$$

式中  $Q_{m1}$  ——居民用户总分表差损失水量 (万 $m^3$ ) ;

$Q_{mr}$  ——抄表到户的居民用水量 (万 $m^3$ ) ;

$C_{mr}$  ——居民用户总分表差率, 根据样本实验测定。

## ◆ 非居民用户表具误差损失水量

$$Q_{m2} = \frac{Q_{mL}}{1-C_{mL}} - Q_{mL}$$

式中  $Q_{m2}$  ——非居民用户表具误差损失水量 (万 $m^3$ ) ;

$Q_{mL}$  ——非居民用户用水量 (万 $m^3$ ) ;

$C_{mL}$  ——非居民用户表具计量损失率, 根据样本实验测定。

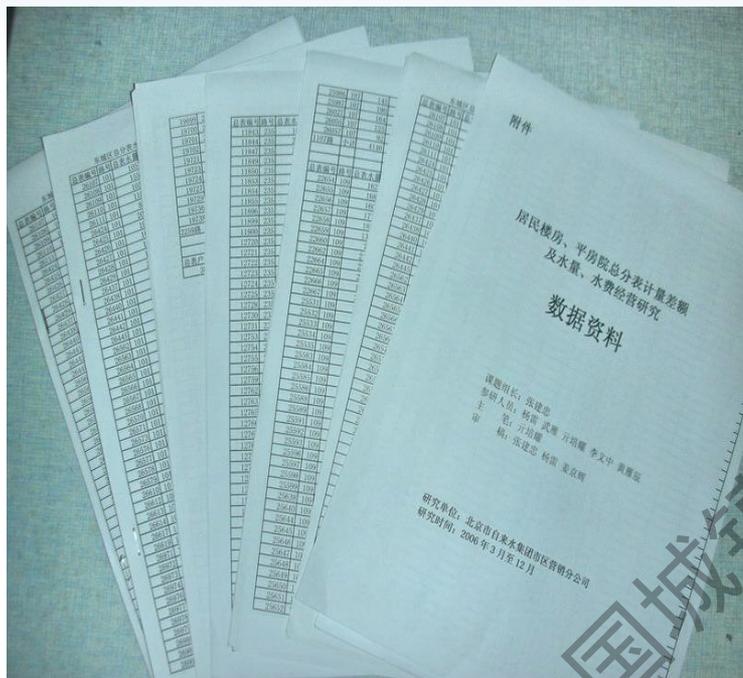
# 漏损水量分析——相关参数测定



DMA名称	初始最小夜间流量 (立方米/小时)	管网长度 (公里)	户数	单位管长夜间净流量 (立 方米/公里/小时)	管材
科学园南里	3.52	2.229	1338	0.38	普通铸铁管
安宁里北区	4.15	1.798	1557	0.58	
菊园	6.04	3.564	1668	0.76	
梅园	6.42	3.888	742	1.27	
双槐里	6.31	1.753	1505	1.88	
塔院	16.06	5.022	2410	2.24	
高家园	12.6	4.929	683	2.28	
露园小区	13.82	3.315	2594	2.60	
东花市北里	10.9	2.901	1644	2.62	
翠林小区	17.23	3.646	3582	2.76	
槐柏树街南里	9.21	1.86	1816	3.00	
双龙南里	37.7	7.879	6394	3.16	
东王庄小区	18.68	4.175	2726	3.17	
红庙北里	20.27	4.284	2328	3.65	
宝盛里	13.64	2.334	1661	4.42	
松榆里	47.46	7.65	5867	4.67	
西罗园	78.65	11.822	7364	5.41	
天宝园六里	3.79	3.73	1392	0.27	球墨铸铁管
回龙观7区	4.57	3.816	1498	0.41	
回龙观1区	19.29	11.157	5332	0.77	
泰和园三里	6.03	3.441	1327	0.98	
回龙观8区	25.59	14.054	5602	1.02	
百旺家苑	12.56	5.174	1380	1.89	
阳光上东	8.12	3.28	395	2.23	
来春园	16.14	3.585	1506	3.66	

北京市区配水管网背景漏失参数为**0.64**立方米/小时/公里。

# 漏损水量分析——相关参数测定



集团居民用户总分表误差研究

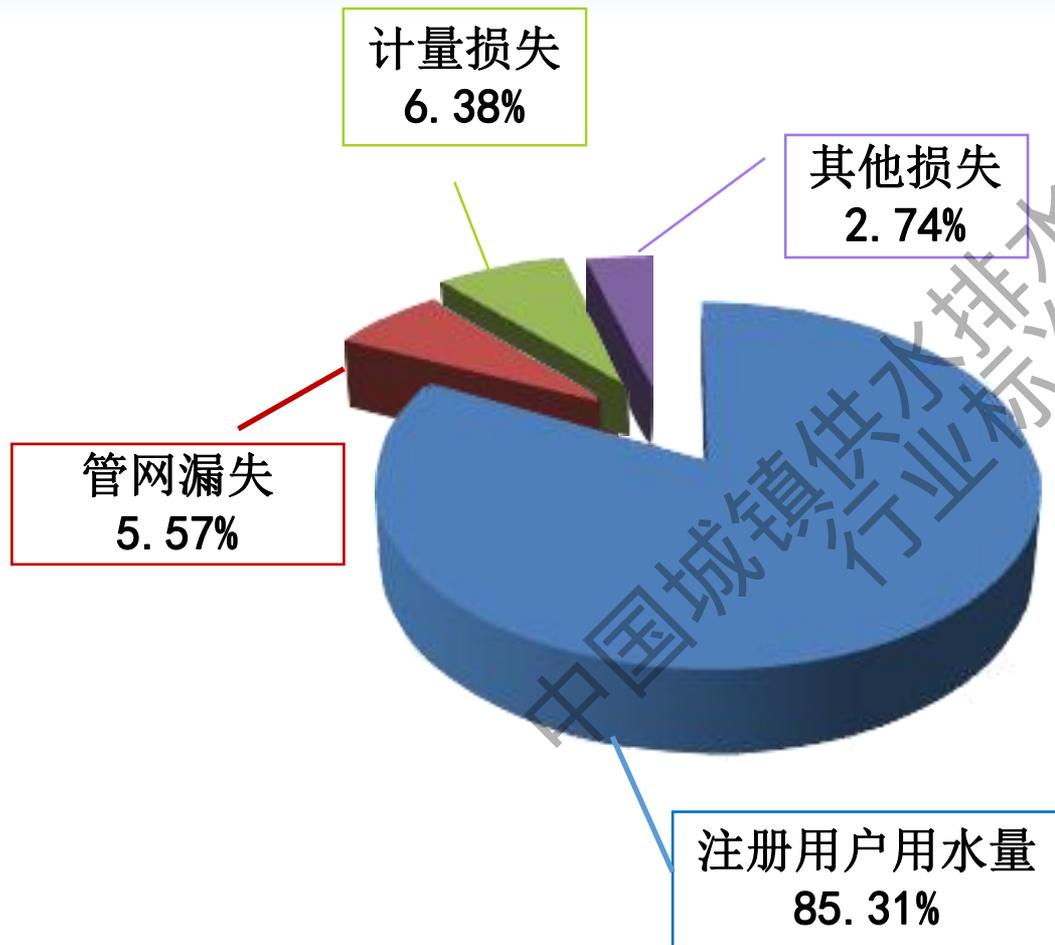
地点	计量误差
实验地点1	6.86%
实验地点2	22.06%
实验地点3	3.80%
实验地点4	6.94%
实验地点5	3.95%
实验地点6	10.99%
按水量加权平均	<b>5.34%</b>

集团大口径水表计量误差研究

◆由于抄表方式改变，居民用户总分表差平均约为**8%**。

◆由于表具精度较低，非居民用户表具误差平均约为**5%**。

# 漏损水量分析——集团漏损水量分解



根据集团开展的多项课题研究，结合多年的数据积累，近年来集团各类水量构成要素所占比例平均值为：**管网漏失5.57%**，**计量损失6.38%**，**其他损失2.74%**。



4.3.1 供水单位应建立管网漏点检测管理制度，确定检漏方式、检测周期和考核机制，检测周期不应超过**12个月**。

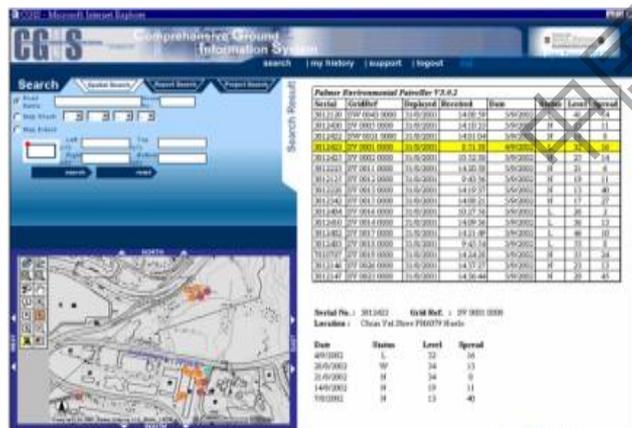
4.3.2 供水单位应**自建检漏队伍或委托专业检漏单位**，按现行行业标准《城镇供水管网漏水探测技术规程》CJJ 159的有关规定进行漏水检测。

4.3.3 供水单位在应用听音法、相关分析检漏法、区域检漏法等技术进行漏水检测的基础上，可采用新的技术和设备，提高漏点检出率。



4.3.4 供水管网宜设置管网漏点监测设备、建立管网漏点主动监测和数据分析系统。

4.3.5 供水单位应详细记录明漏、暗漏的原始信息，包括漏水原因、破损面积、事故点运行压力等，并进行漏失水量的分析和统计。



附录 A 供水管网漏水探测漏点记录表

表 A 供水管网漏水探测漏点记录表  
填表日期 年 月 日

漏点编号	漏点位置
管材	管径 (mm)
管道埋深 (m)	管道埋设年代
地面介质	管道破损形态

探测方法和使用仪器简要说明

漏水排查点简要说明 (附位置示意图)

开挖验证相关说明 (漏水点照片, 漏水点定位信息, 计算漏水量等)



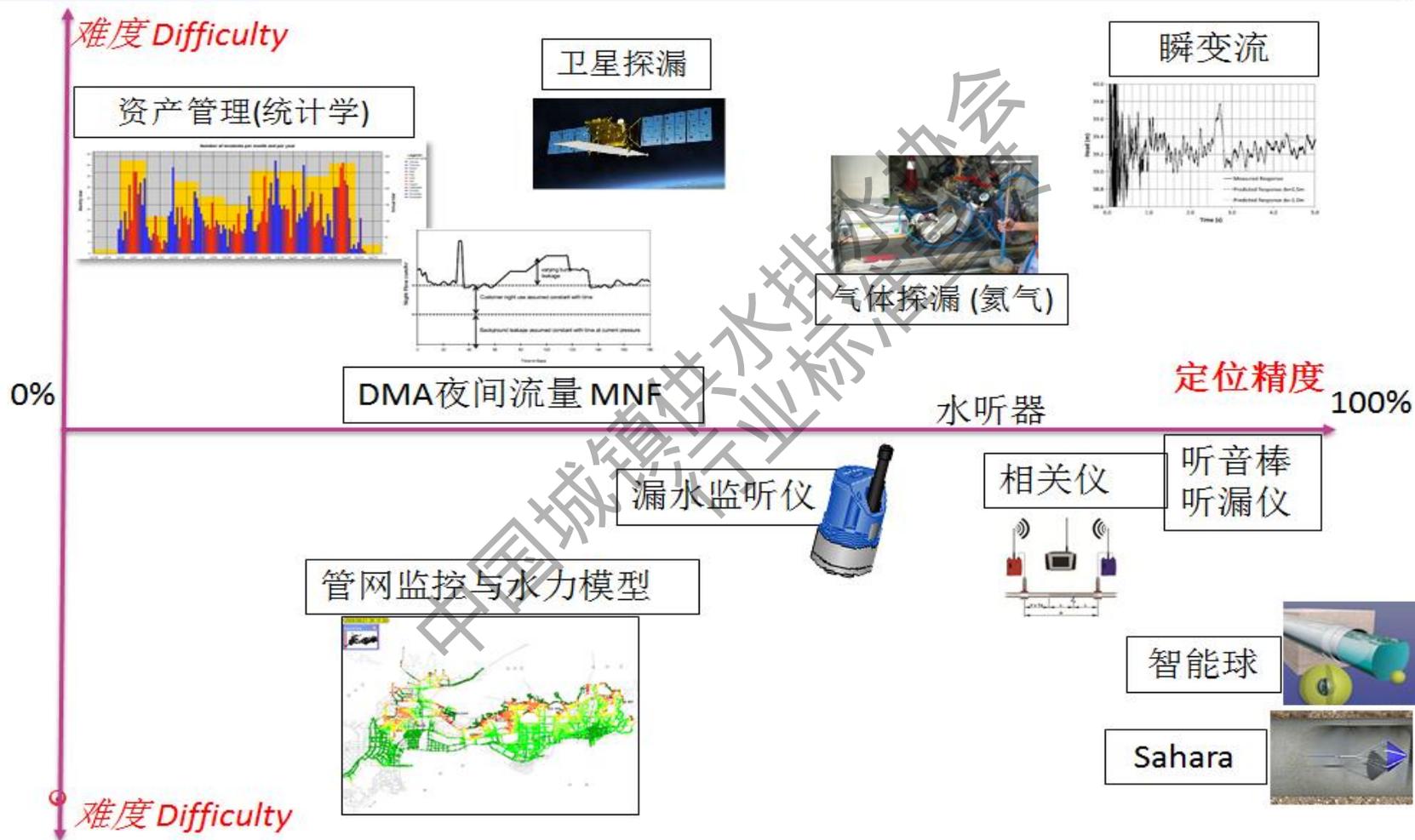
**4.3.6 供水单位应建立应急抢修机制，组建专业抢修队伍，合理设置抢修站点，按规定对漏水管线及时进行止水和修复。**

《城镇供水管网运行、维护及安全技术规程》7.2 维护站点的设置的要求；7.4 维修养护对漏点的止水、修复以及供水单位应组织专业的维修队伍，实行24小时值班等，都进行了详细的规定。

7.4.1 供水管道发生漏水，应及时维修，宜在24小时以内修复。

7.4.2 发生爆管事故，维修人员应在4h以内止水并开始抢修。

# 漏水管理——全技术栈



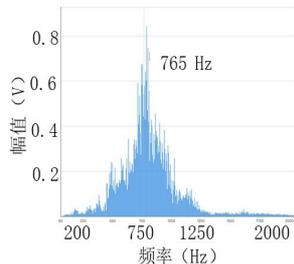


## 泄漏声波特性与传播规律

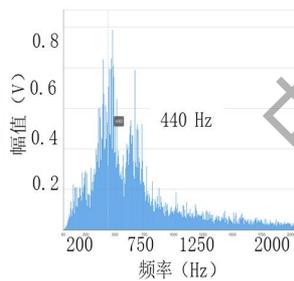
- 开展不同场景下泄漏声波特性与传播衰减规律研究



DN100铸铁管  
圆孔泄漏



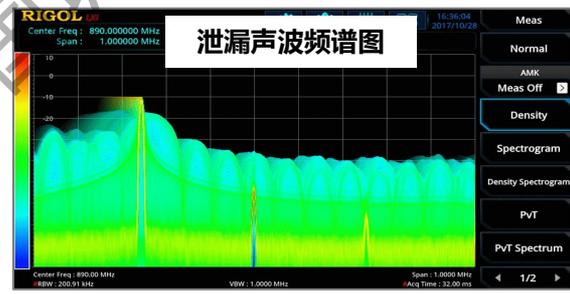
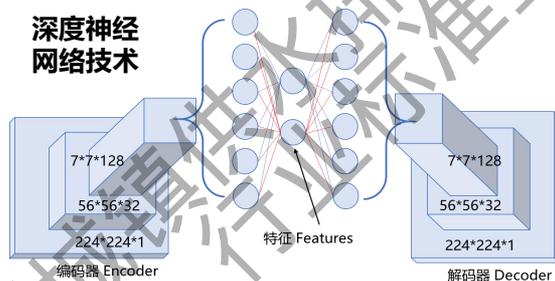
DN100铸铁管  
裂缝泄漏



## 泄漏噪声监测预警技术

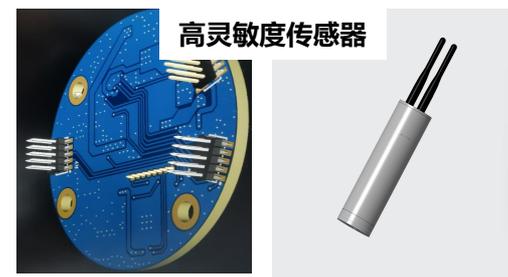
- 结合机器学习与专家经验  
开发泄漏监测预警模型

深度神经网络技术



## 噪声采集与漏点定位设备

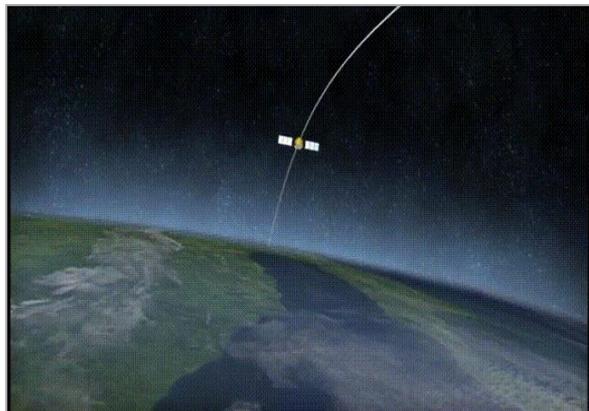
- 研制基于北斗授时的高精度  
低功耗漏点定位设备



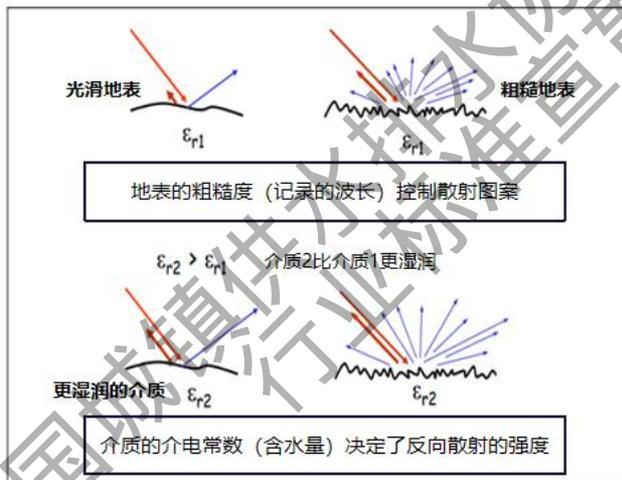
# 漏水管理——卫星探漏



供水管网**卫星探漏**采用**长波段雷达卫星**的大范围全极化影像数据，提取**介电常数**来分析土壤含水量，从中解译出供水管道的**疑似泄漏点 (POI)**。



长波段雷达卫星在轨飞行



常用材料	介电常数
真空	1.0 (按照定义)
金属	无穷
<b>水</b>	<b>55.5 (100°C) -87.9 (0°C)</b>
干沙	2-6
湿沙	10-30
油类	介电常数
烃类	2.1-2.4
PAO	2.1-2.4
PAG	6.6-7.3
多元醇酯PAG	4.6-4.8
二酯	3.4-4.3
磷酸酯	6.0-7.1

- **土壤信息**——L波段SAR穿透性极强，可穿透云层和植被，获取土壤信息
- **介电常数**——利用L波段的强穿透性，反演全极化图像的每个像素的介电常数 ( $\epsilon$ ) 来寻找“含水量”
- **泄漏检测**——水具有独特的大介电常数，通过介电常数，确定含水较多的土壤范围，实现漏损的检测

# 漏水管理——卫星探漏



卫星探漏工作流程包括2部分，“天上”卫星提供漏点“寻宝图”、“地面”人工核查定位开挖修复

## 1. 卫星作业 — 天



卫星拍摄



算法解译



疑似漏水点图

## 2. 核查作业 — 地



核查听漏

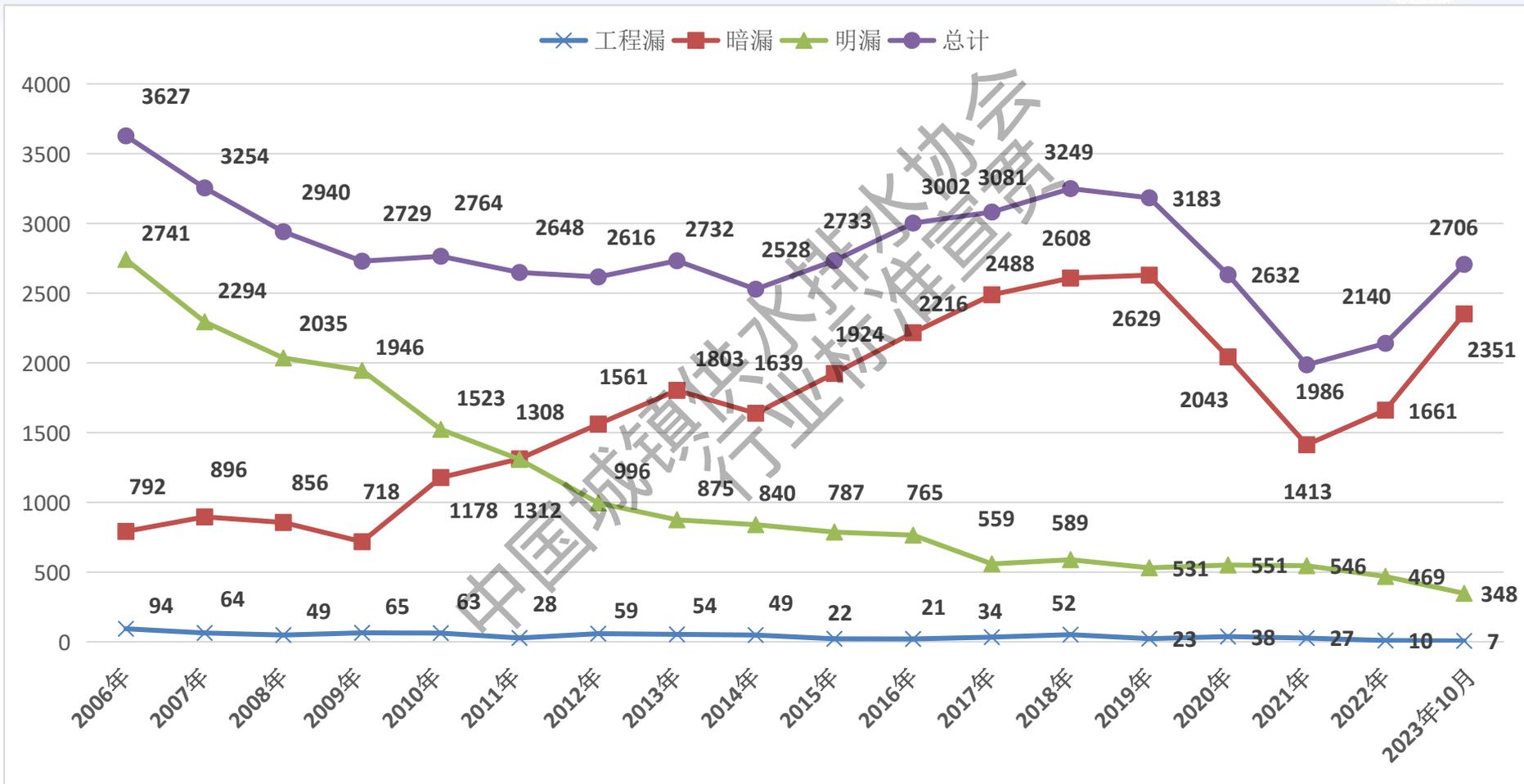


定位漏点



开挖修复

# 漏水管理——集团漏点检测成效



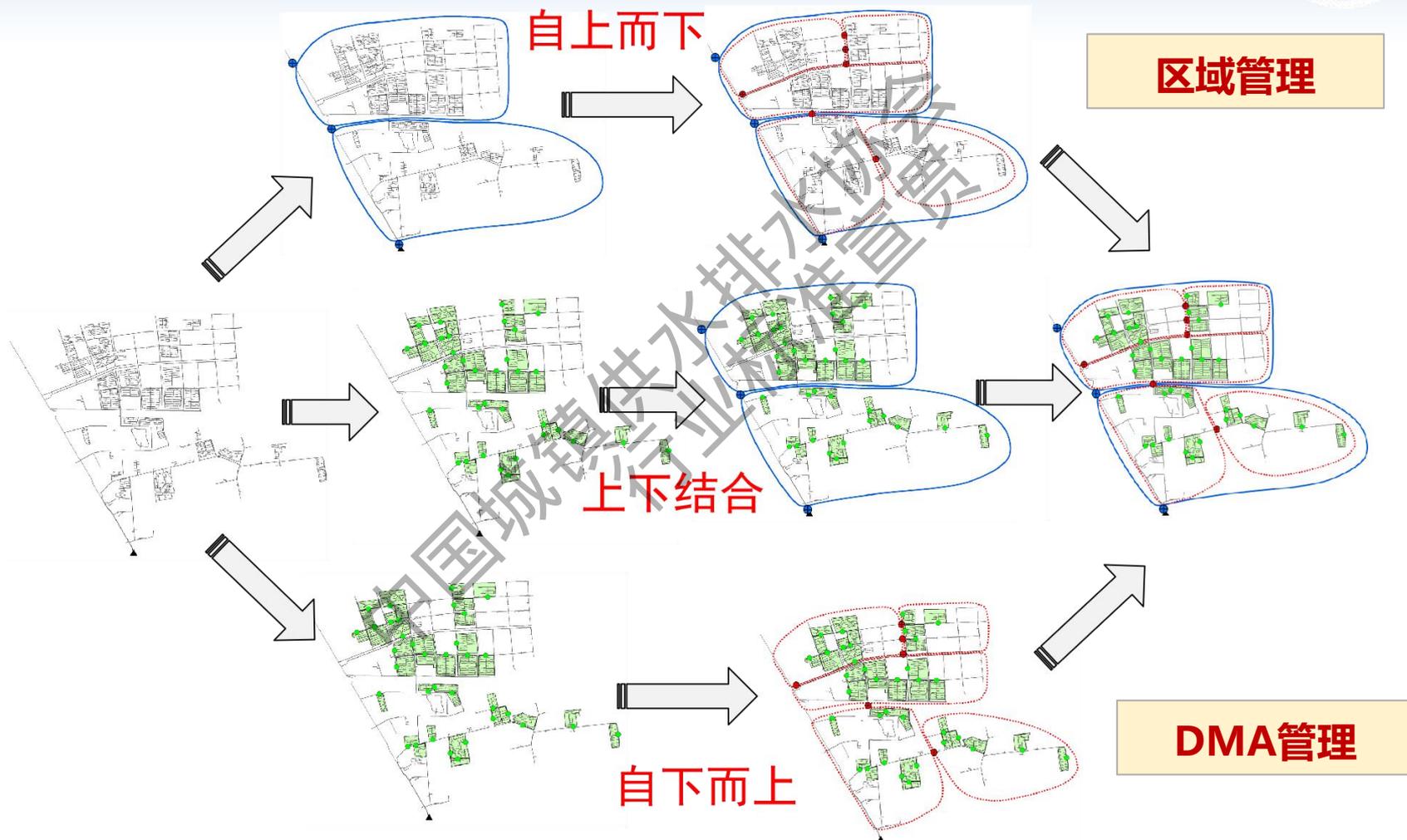


**4.4.1 规模较大的供水管网系统，应采用分区管理的方法量化漏损水量的区域分布，有针对性地开展漏损控制。**

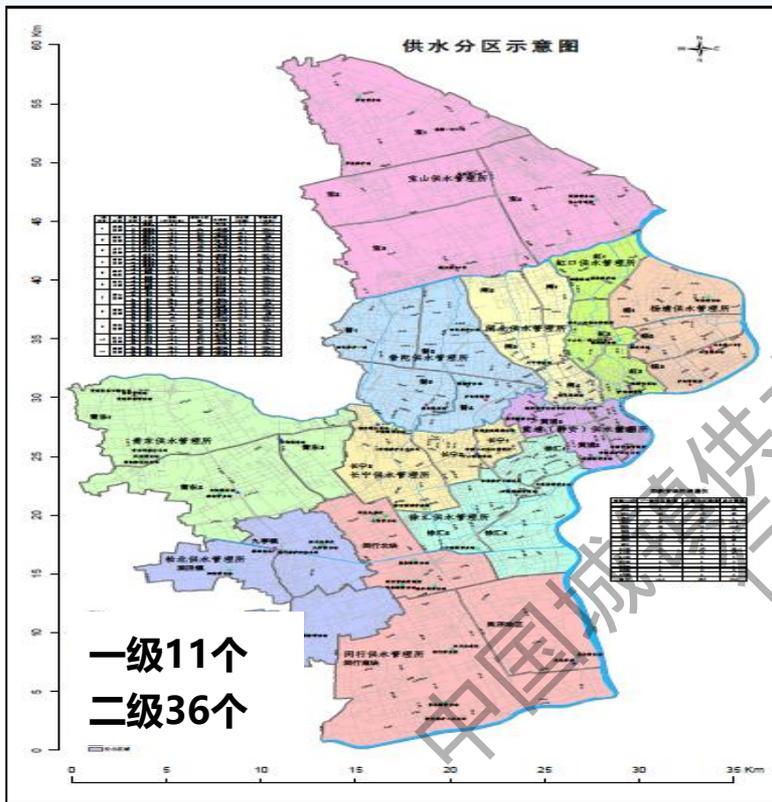
管网规模越大，采用人工普查方式主动检漏耗费的人力和时间成本越高，发现和解决未注册用水等水量损失的难度也越大。因此，规模较大的供水管网系统应采用分区管理的方式，量化漏损水量空间分布，以利于有针对性地开展漏损控制。

**4.4.2 根据管网系统的大小和数据分析方法的不同，可采用独立计量区或区域管理两种分区方式。**

# 分区管理——实施路线



# 分区管理——区域管理



区域管理的分区规模一般较大，数据分析采用总分表对比方法，主要目的是将漏损控制管理责任进行区块化逐级分解。

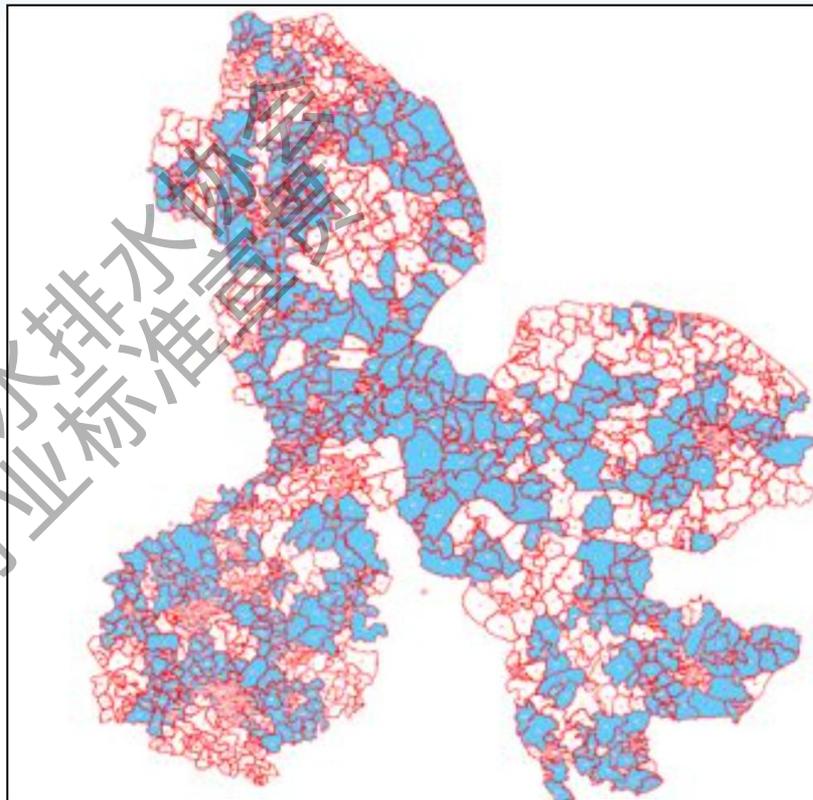
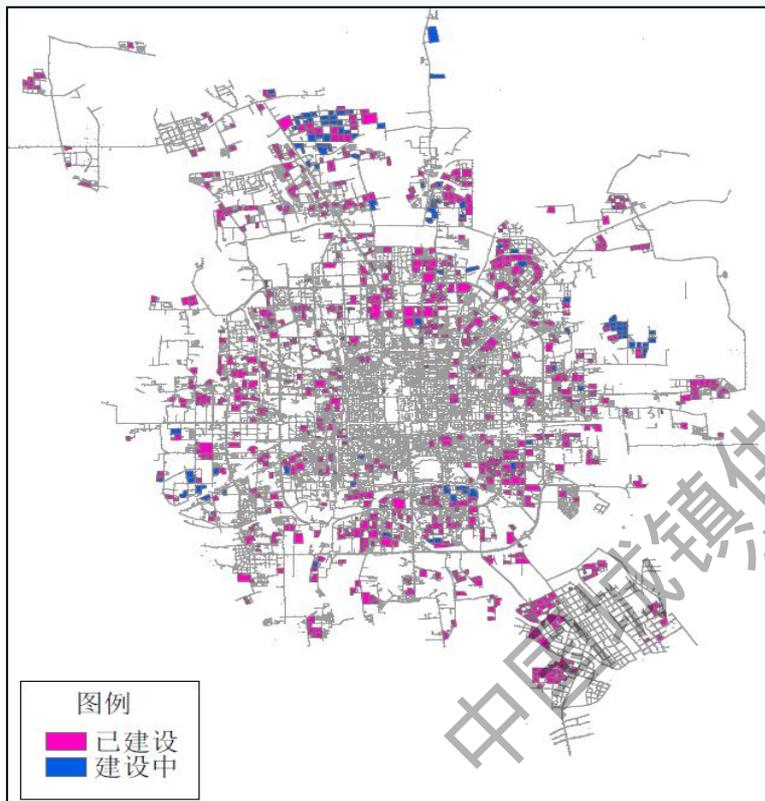


4.4.3 分区管理范围应由大到小逐级划分，形成完整的水量计量传递体系和压力调控体系。

4.4.4 区域管理的范围应根据水量计量、压力调控和考核的需要合理划分。

4.4.5 供水单位应根据计量区域水平衡分析结果，制定对应的漏损控制目标和方案，实施差异化管理。

# 分区管理——DMA管理



**DMA的分区规模一般较小，数据分析同时采用最小夜间流量和总分表对比两种方法，可以更直接的指导漏损控制工作。**



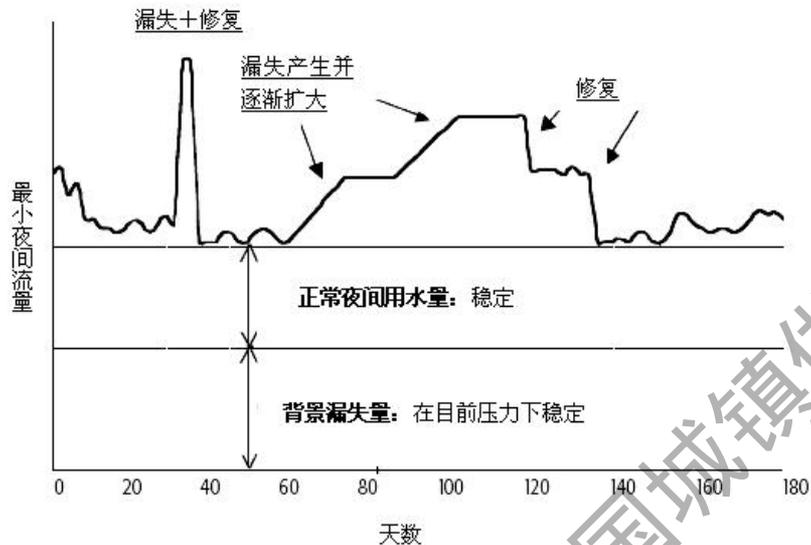
**4.4.6 独立计量区应根据管网拓扑结构、管线长度和用户数量等进行划分**

**4.4.7 独立计量区建设和运行管理应符合下列要求：**

- 1 进水口应安装适宜的流量计量设备，同时宜安装压力监测设备，流量和压力监测数据宜采用远传方式；
- 2 进水口流量计量设备应具备较好的小流量测量性能；
- 3 区内夜间用水量较大的用户应单独监测；
- 4 封闭运行前应进行零压测试；
- 5 通过流量、压力数据的监测和分析，评估区域漏失水平，确定合适的漏失预警值，快速发现管网新产生的漏点。



## 国际应用



通过最小夜间流量监测控制漏失

## 国内特点

计量方面:

- 大部分城镇已实施抄表到户
- 计量表具多为普通机械表

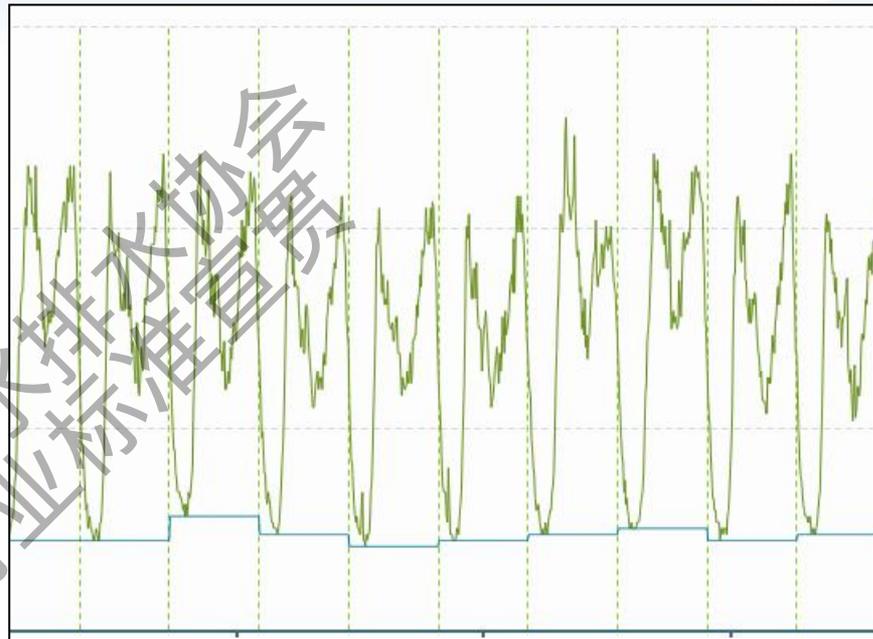
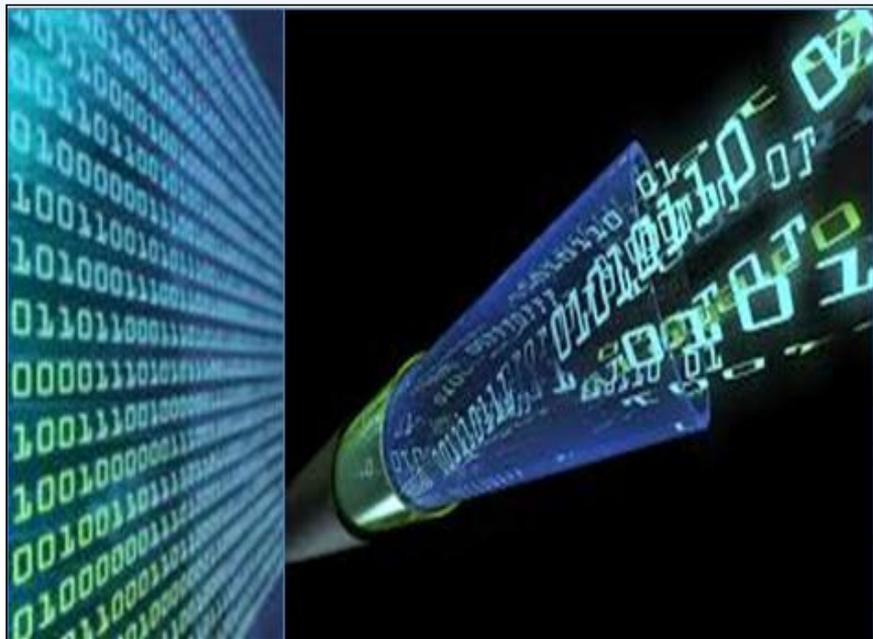
管理方面:

- 企业内部管理存在欠缺
- 社会信用体系有待完善

计量损失和其他损失水量较高

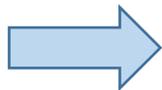
将DMA作为漏损控制的基本管理单元。既要控制漏失水量，同时要发现解决查表质量、违章用水、漏立户等问题，实现漏损水量的整体控制。

# 分区管理——DMA管理



**DAM (Data—数据, Analysis—分析, Management—管理)**

确保DMA相关数据完整、准确



建立科学的数据分析方法



基于分析结果的部门联动管理

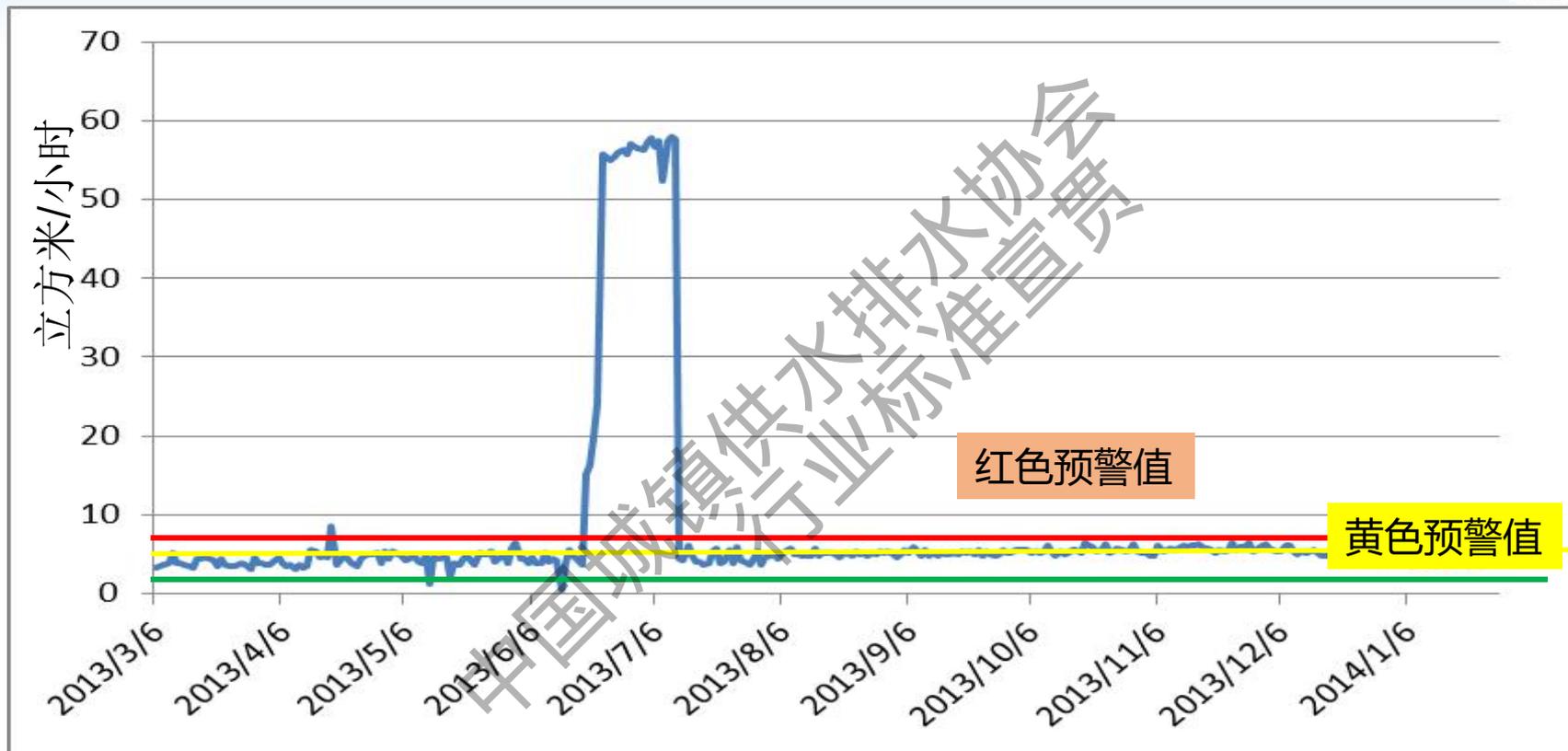
# 分区管理——DMA管理



最小夜间流量 (MNF)	夜间消费量 (NC)	用户夜间用水 (NU)	特殊的夜间用水 (ENU)
			估计的居民夜间用水 (ARNU)
			估计的非居民夜间用水 (ANRNU)
	用户管线夜间漏失	可探测漏失	楼门表至户表的用户管线漏失 (市政直供)
			泵总至户表用户管线漏失 (二次加压)
			其它用户管线的漏失
	公司管线夜间漏失	可探测漏失	明漏
暗漏			
背景漏失			

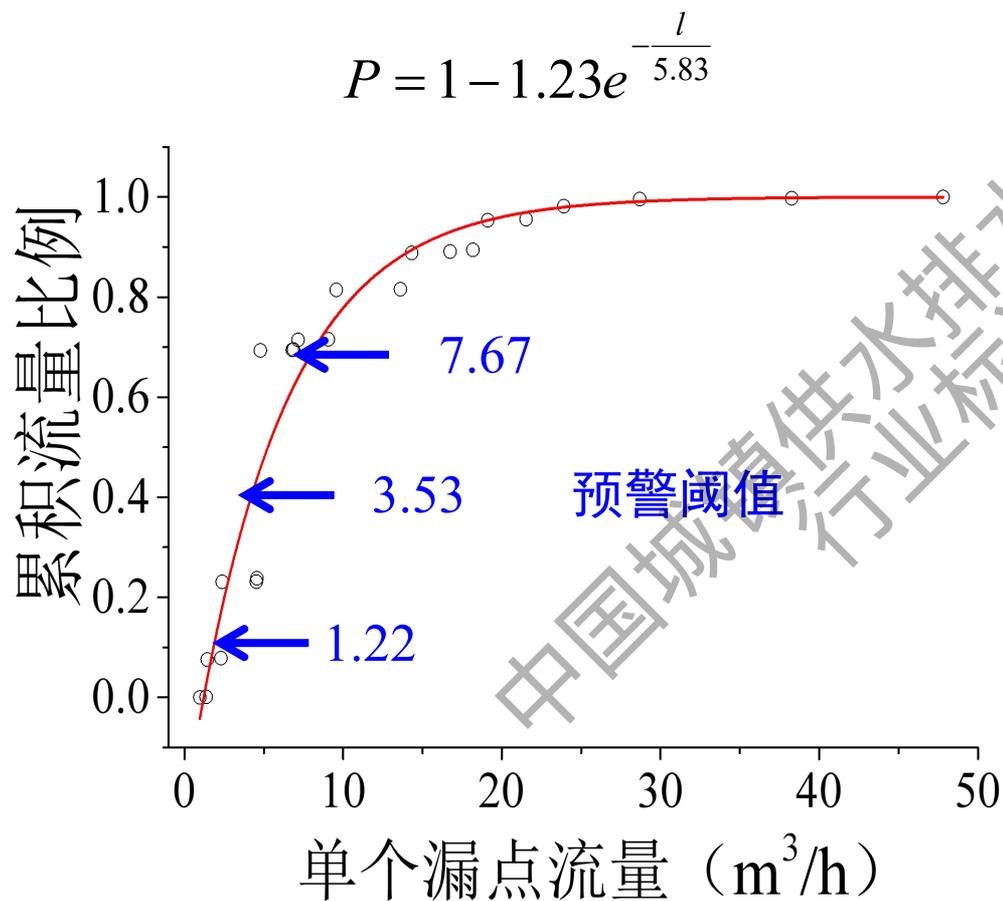
- ◆ 净夜间流量 = 最小夜间流量 - 正常的夜间用水量 (主要为居民夜间用水)
- ◆ 居民夜间用水量主要受用户数和用水习惯的影响。可通过样本实验确定居民夜间用水量定额。 □北京: 0.9升/户/小时
- ◆ 评估指标: 单位管长净夜间流量

# 分区管理——DMA管理



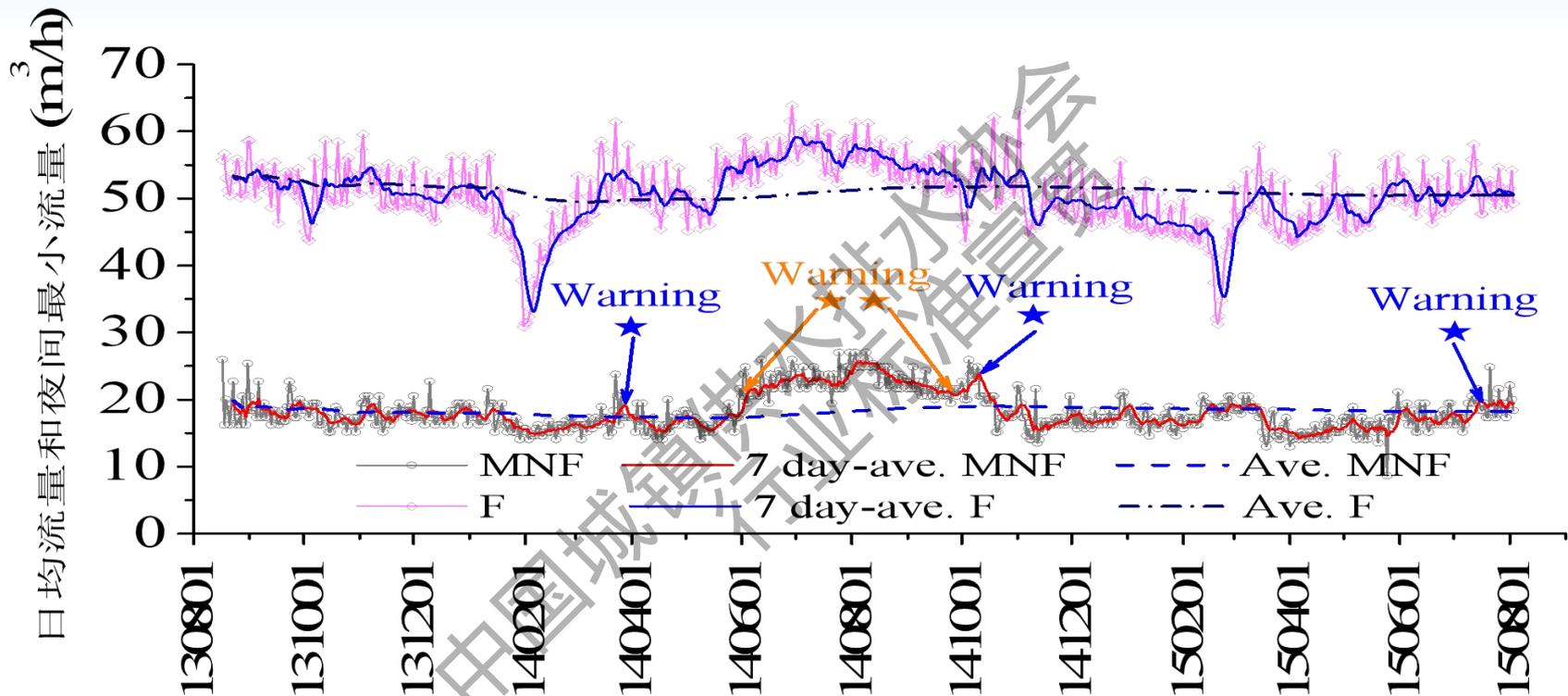
DMA区域新增漏失预警的关键是设置合理的**报警阈值**，并消除最小夜间流量随机波动的影响，避免漏报和误报。

# 分区管理——DMA管理



累积概率	漏点流量
0	1.22
0.1	1.84
0.2	2.52
<b>0.33</b>	<b>3.53</b>
0.4	4.18
0.5	5.26
<b>0.67</b>	<b>7.67</b>
0.7	8.24
0.8	10.58
0.99	28.08
0.999	41.51

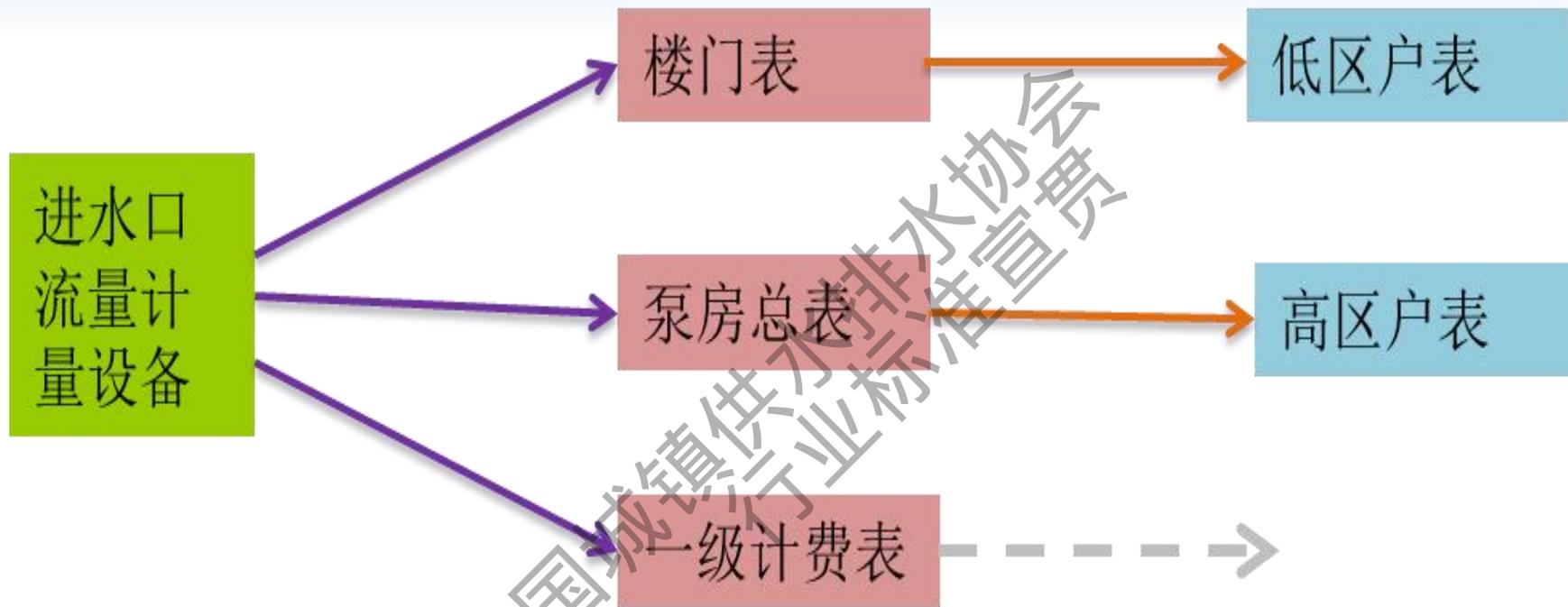
# 分区管理——DMA管理



比较7日移动平均最小夜间流量、全监测时段最小夜间流量，确定**预**

**警**级别。

# 分区管理——DMA管理



- ◆ 表观漏损水量=输入水量-计费用水量-免费用水量-漏失水量
- ◆ 漏失水量可通过净夜间流量计算，计算时需考虑压力变化对漏失水量的影响。
- ◆ 评估指标：**单位用户日均损失水量**

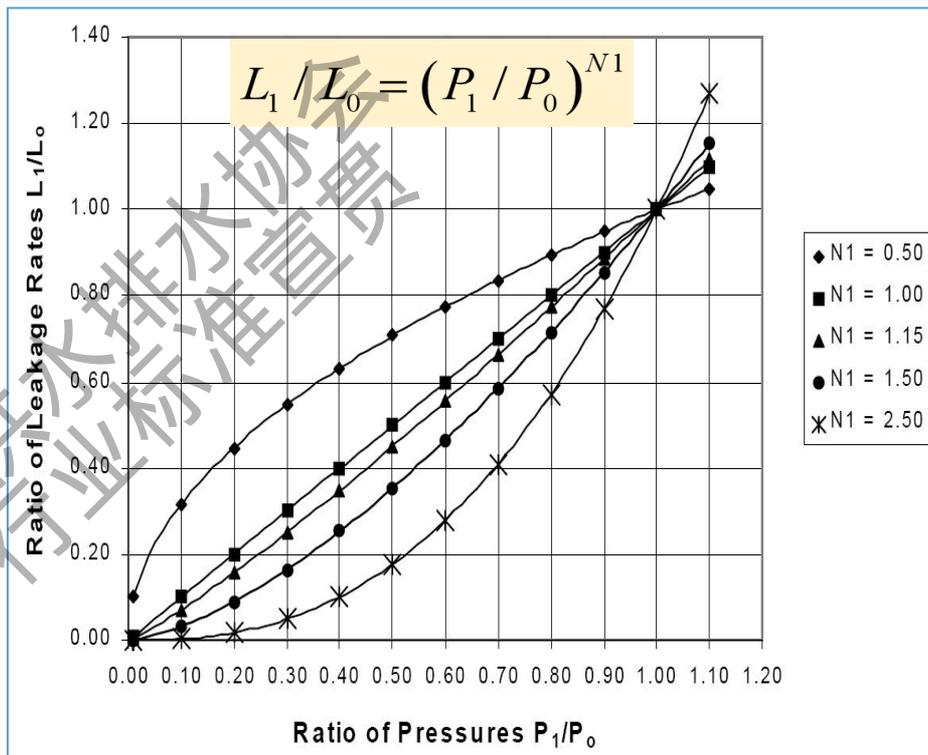
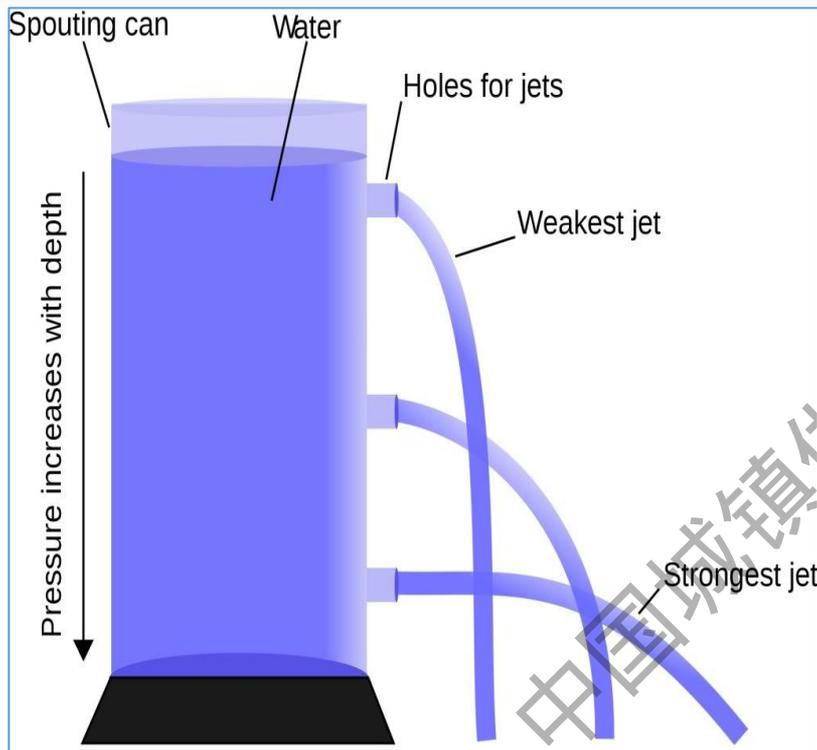


**4.4.8 分区管理的管网在建设和封闭运行过程中，应采取监测分析等措施，保障管网水质安全。**

**4.4.9 供水单位应选择有代表性的管网区域建立独立计量区，通过监测夜间最小流量测算管网背景漏失水量。**

管网背景漏失与管道材质、铺设年代和运行压力等因素有关，因此需要选择有代表性的区域建立独立计量区进行测定。有条件的供水单位应逐步增加独立计量区的数量。

# 压力调控——漏失与压力的关系



- ◆ 管网压力与漏失水量具有正相关关系，指数 $N_1$ 与管材相关（一般可按1考虑）。
- ◆ 为保证最不利点位置的服务压力需求，出厂压力、管网压力往往存在较大冗余。



4.5.1 在满足供水服务压力标准的前提下，供水单位应根据水厂分布、管网特点和管理要求，通过压力调控控制管网漏失。

4.5.2 压力分布差异较大的供水管网，宜采用分区调度、区域控压、独立计量区控压和局部调控等手段，使区域内管网压力达到合理水平。

中国城镇排水协会



**4.5.3 供水距离较远的管网，宜通过设置管网中途增压泵站，采取逐级增压输送的方法降低出厂水入网压力。**

**4.5.4 压力控制宜采取逐步调减的方式，可根据需要选择恒压控制、按时段控制、按流量控制和按最不利点压力控制等方式。**

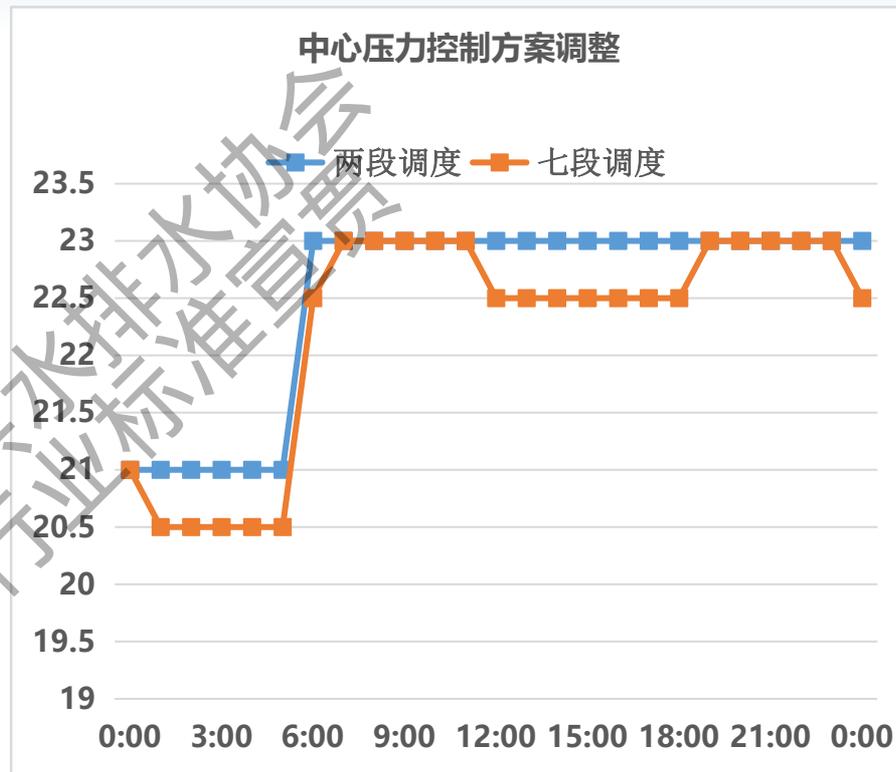
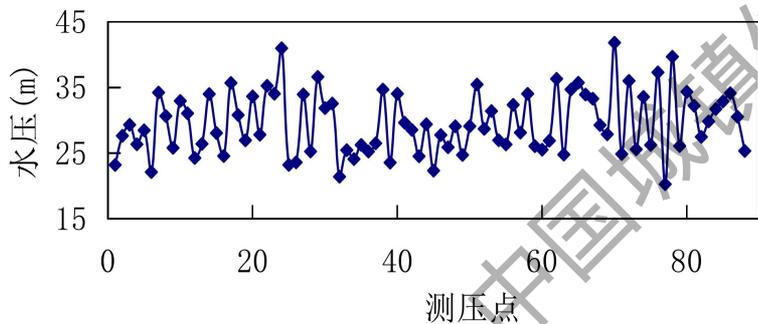
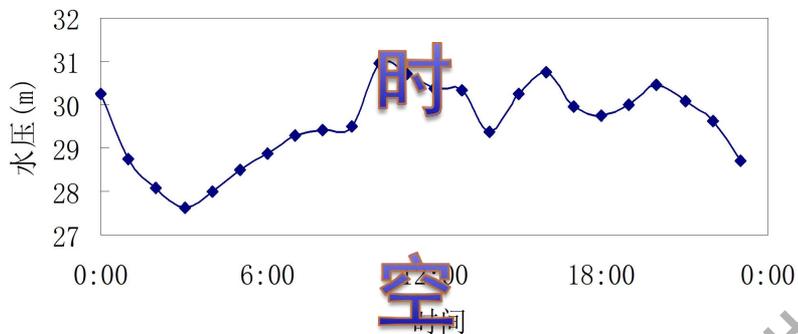
**4.5.5 分区调度和区域控压时，宜采取设置远程控制电动阀门等应急保障措施**

**4.5.6 在实施压力调控时，应对管网水质进行监测分析，发现问题及时采取相应处置措施，保障管网水质安全。**

# 压力调控——常规调度措施



## 管网压力随时空变化



**分析不同季节、不同时段用户用水量变化，完善分时控压机制，精细划分控压时段，及时调整供水调度方案，降低出厂及管网压力。**

# 压力调控——智能调度三部曲



通过实施智能调度三部曲，实现由传统经验调度向智能精准调度的范式转变。

配水链条

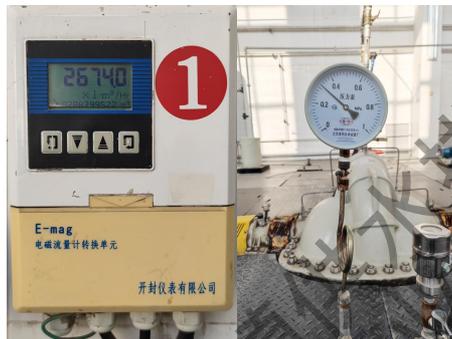
特征变量

## 泵组



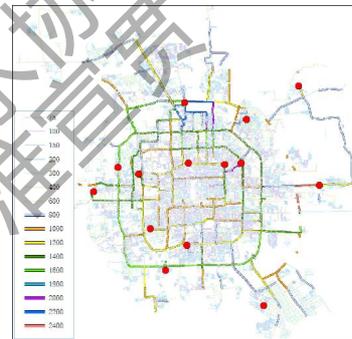
特性曲线  
开停组合  
变频频率

## 出厂



出厂流量  
出厂压力

## 管网



拓扑结构  
管线长度  
阻力系数

## 用户



用水量

- ◆ 第1层次：给定出厂流量和出厂压力，**优化泵组**开停组合及频率，提高能量转化效率。
- ◆ 第2层次：给定管网和用户，**优化出厂**流量分配，降低输出能量（出厂压力）。
- ◆ 第3层次：给定出厂流量、出厂压力和用户，**优化管网**阻力系数，提高压力均衡度。

# 压力调控——三部曲之配泵方案优化模型



**优化模型**

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_1(x) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \left( x_{i+n} \frac{\rho g Q_{pumpi}(x_i) H_{pumpi}(x_i)}{\eta_{pumpi}(x_i) \eta_{ei}} \times T \right) \quad \text{表示总运行时间内的总能耗} \\ Z_2(x) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \left( abs(w_{i,j+1} - w_{i,j}) \right) \quad \text{表示总运行时间内的泵的启停次数} \end{array} \right.$$

**自变量**

转速比 $S$

$$S_{\min} \leq S \leq 1$$

泵开关状态 $\omega$

$$\omega = 0, 1$$

**约束条件**

满足出厂流量、出厂压力需求

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^I Q_{pumpi} \geq Q_{需} \\ H_{st} \geq H_{需} \end{array} \right.$$

以配水能耗最低、水泵启停次数最少为优化目标，以水泵开关状态、变频频率为决策变量，以满足出厂流量、出厂压力要求为约束条件，建立配泵方案优化模型。

# 压力调控——三部曲之配泵方案优化模型



### 数据处理窗口

数据导入与设置

泵性能数据导入

经验泵效率数据导入

运行数据求解数据导入

用水需求相关参数

水泵需求

输入供水井液位

供水流量需求

供水压力需求

优化参数设置

输入需要寻优的泵和初始运行状态

是否加入寻优

初始启停状态

状态变化间隔

种群大小

最大进化代数

开始寻优

### 视图窗口

泵性能曲线

扬程流量曲线

计算程序

是否将泵效率数据计算管损能力参数?

多源式泵拟合结果

泵编号	二次项	一次项	常数项
1.0000	-7.0474	6.6131	69.5259
2.0000	-7.0474	6.6131	69.5259
3.0000	-7.0474	6.6131	69.5259
4.0000	-7.0474	6.6131	69.5259
5.0000	-7.0474	6.6131	69.5259

管道阻力参数计算值

泵编号	管道阻力参数
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5

优化运行策略

转速比

保存结果

时段编号	总功率	1#	2#	3#	
1	620.9398	0	0	0	0.8217
2	599.9083	0	0	0	0.8205
3	568.6725	0	0	0	0.8004
4	555.2550	0	0	0	0.7963
5	550.6389	0	0	0	0.7998
6	558.9353	0	0	0	0.8099
7	601.2967	0	0	0	0.8165
8	881.2437	0	0	0	0.8956
9	1.1837e+03	0	0.8215	0.8231	
10	1.1460e+03	0	0.8174	0.8200	
11	1.1528e+03	0	0.8166	0.8179	
12	1.1015e+03	0	0.8065	0.8096	
13	1.1423e+03	0	0.8085	0.8113	
14	1.0957e+03	0	0.8065	0.8093	
15	1.1052e+03	0	0.8096	0.8116	
16	1.1556e+03	0	0.8156	0.8176	
17	1.1405e+03	0	0.8172	0.8139	
18					0.8219

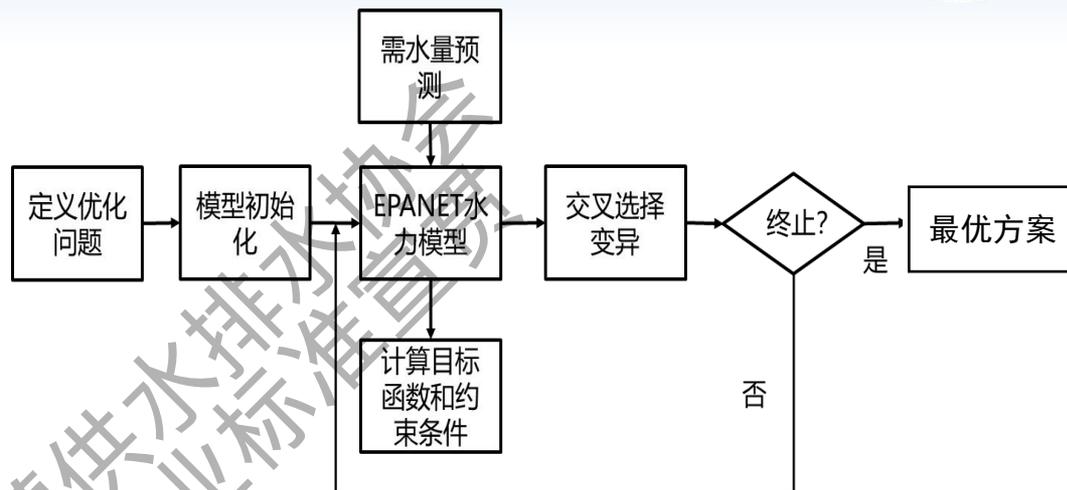
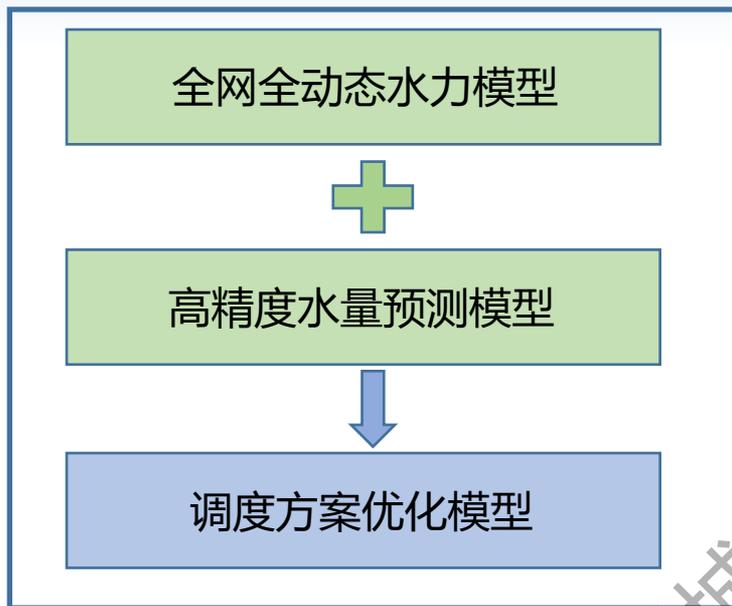
### 输入需要寻优的泵和初始运行状态

	1#	2#	3#	4#
是否加入寻优	1	1	1	1
初始启停状态	0	0	0	0

给定基础数据和初始条件

已完成配泵方案优化软件开发，并在北京市区所有水厂实现生产性应用。

# 压力调控——三部曲之调度方案优化模型



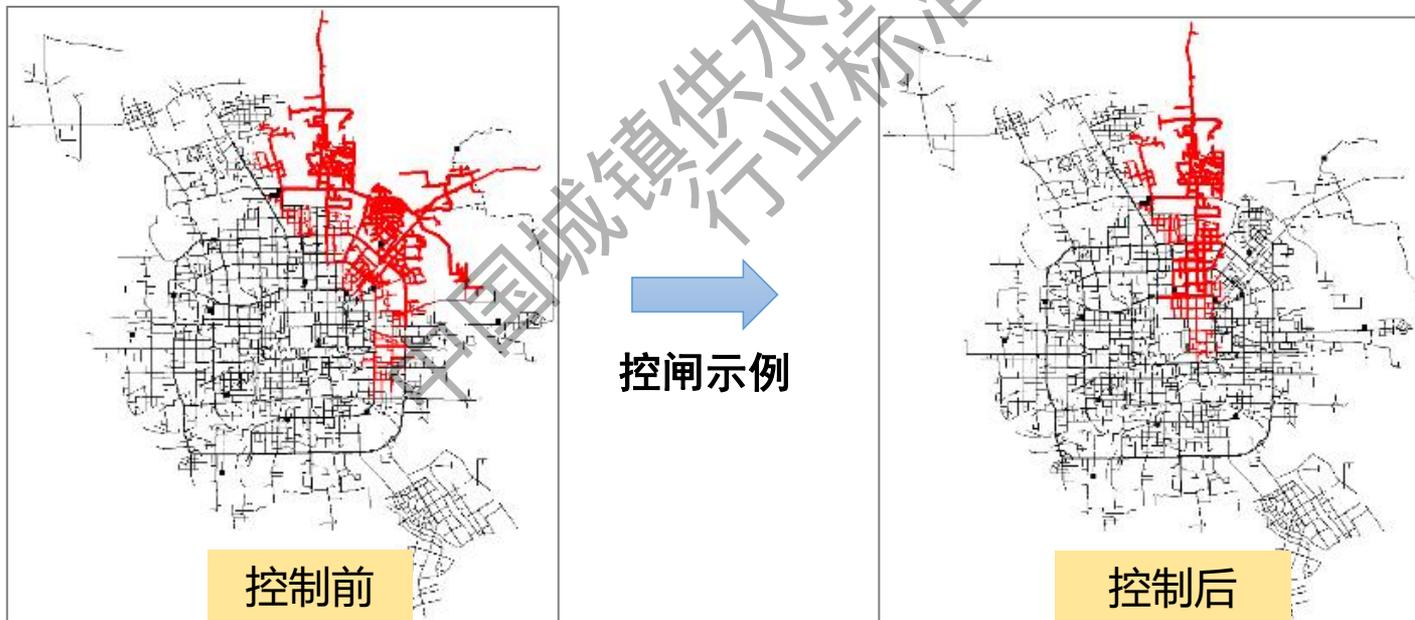
智能优化算法框架

- ◆ 基于全网全动态水力模型和水量预测模型，以**总输出能量最低**为优化目标，以**各水厂出厂压力组合**为决策变量，以**供水量、管网压力满足需求**为约束条件，建立调度方案优化模型。
- ◆ 动态计算各水厂出厂流量、出厂压力，每日自动生成15分钟步长的下一日调度方案。

# 压力调控——三部曲之管网阻力系数优化模型



- ◆ 以**管网冗余压力低、压力均衡度高**为优化目标，以**关键管道阻力系数**为决策变量，以**节点压力满足需求**为约束条件，建立管网阻力系数优化模型。
- ◆ 将优化得到的管网阻力系数折算为现状管道控闸开度或改管后的管道口径，通过控闸或改管，使水更易于向压力较低的中西部地区流动，提高压力均衡度。



# 压力调控——分级分区压力控制



实施压力控制的区域规模越大，压力控制成效越显著；同时，受地面高程变化和水头损失的影响，为保证处于最不利点位置的用户压力，相应的减压空间会越小。因此，压力控制应按照从宏观到微观、从整体到局部分级分区实施。

## 分区调度

按照地面高程相近、用水量与水厂能力相匹配的原则，通过调节和关闭边界阀门的方式使水厂供水区域相对独立、分别调度。

## 区域控压

对日供水量10万立方米以上、相对独立的较大供水区域（区域内部无水厂），在进水口加装压力控制设备，降低区域内部管网压力。

## 小区控压

对终端居民小区或独立计量区（DMA），以21至25米为控制节点，对小区内管网压力实施精准管控。

# 压力调控——分级分区压力控制实践

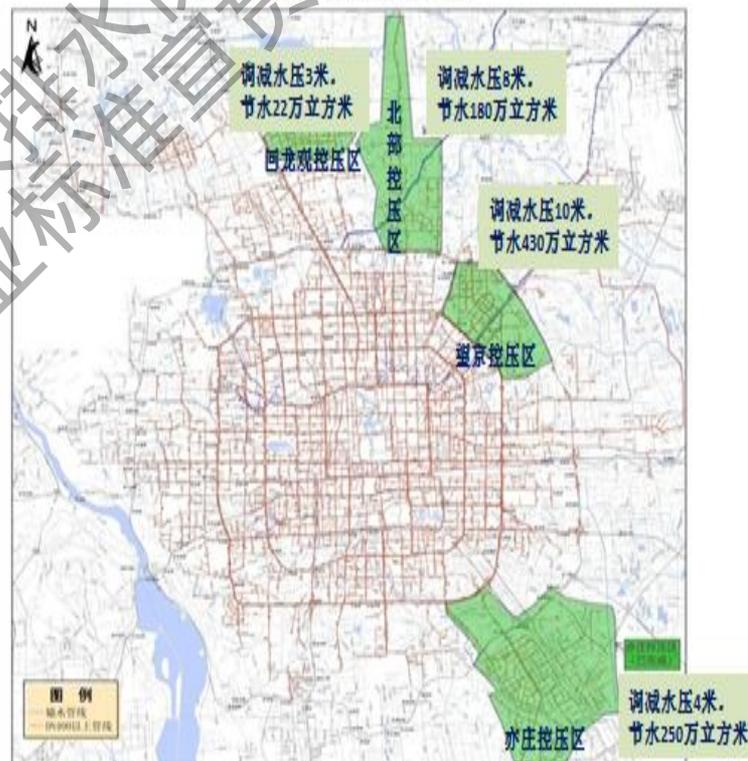


在市区管网实施分级分区压力控制措施，并逐步完成**3个调度区**（西南部、东北部、中心城区）、**4个压力控制区**（回龙观、北苑、望京、亦庄）建设。

中心城区实施分区调度效果图



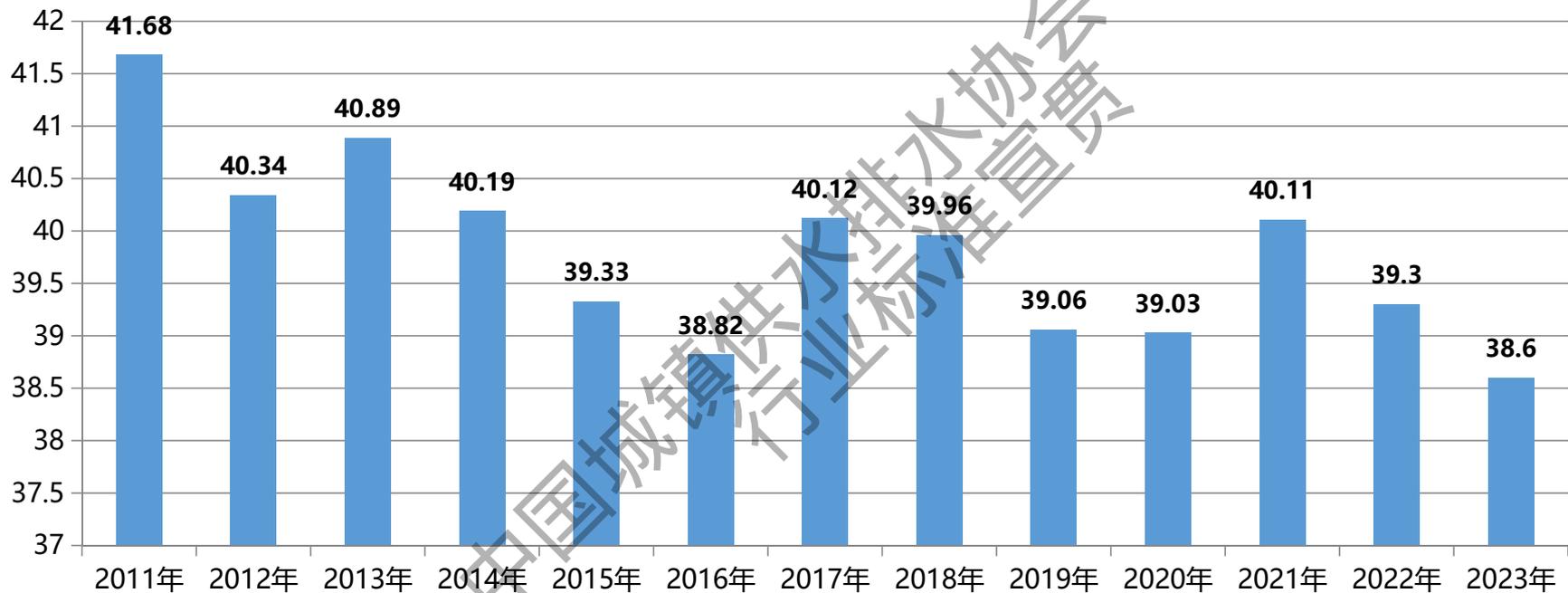
市区配水管网压力控制区分布图



# 压力调控——实践效果



## 市区水厂平均出厂压力

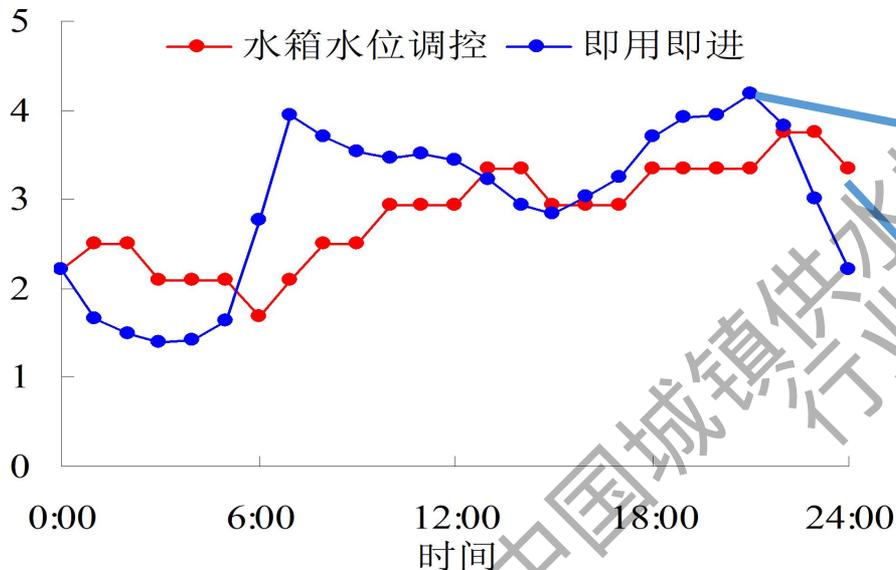


市区平均出厂压力整体呈下降趋势，且管网压力更加均衡，实现了节水、节能的双重目标。

# 压力调控——二供水箱调控



调控目的：充分发挥水箱的调蓄作用，削峰填谷，均衡管网流量。



水箱入流流量对比

两种调控方式：

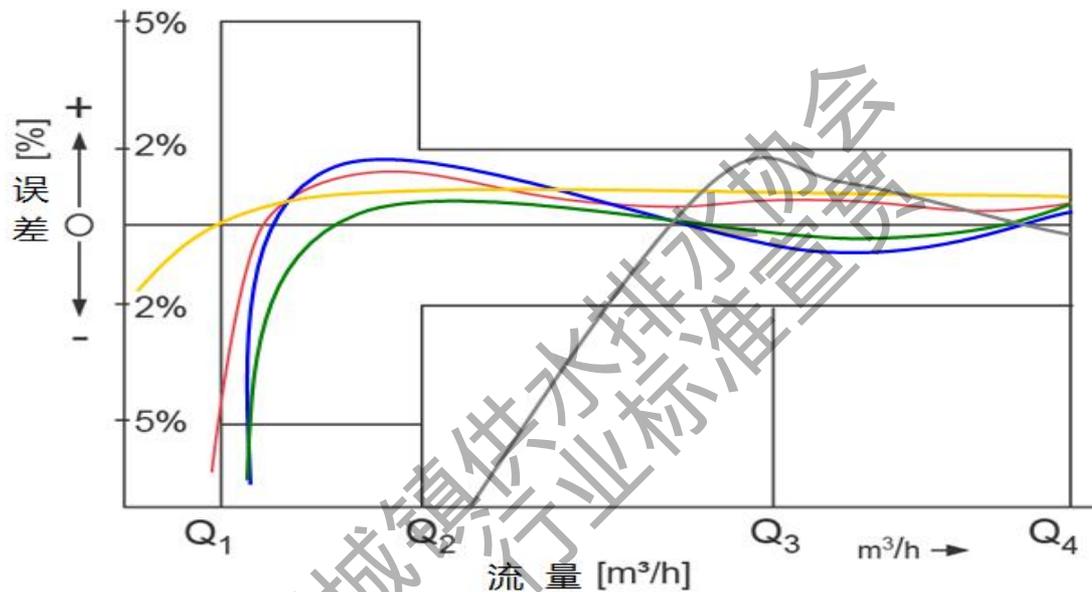
**即用即进：**

用多少进多少，水位保持恒定

**按水位调控：**

水箱水位低时多进，水位高时少进，水位随用水量波动

通过二次供水水箱的进水智能调控，可以间接调控管网压力，减少管网能量损失。



- ◆ 当用水量小于 $Q_s$ 时，水表无计量。
- ◆ 用水量在 $Q_s$ 至 $Q_1$ 之间时，计量误差远超过5%。
- ◆ 当水表使用一定年限后，计量稳定性下降，计量水量总体偏少。
- ◆ 水表量程比：水表常用流量和最小流量的比值



**4.6.1 供水单位应建立计量管理考核体系，并逐步建立大用户水量远程监测和分析系统。**

**4.6.2 计量表具的类型和口径应根据计量需求和用户用水特性选配与调整。**

表具选择时通常都以管径为依据，导致表具口径偏大，造成大马拉小车现象。应根据用户的用水曲线，分析用户的流量区间与水表能够准确计量的区间是否相匹配，以此进行合理选择表具。



4.6.3 计量表具应安装在易于维护和抄表的位置，户用水表宜安装在户外。

4.6.4 表具口径在DN40以上且用水量较大或流量变化幅度较大的用户水表，其量程比不宜小于**200**。表具口径在DN40（含）以下的用户水表，其量程比不应小于**80**，其中非居民用户的水表量程比不宜小于**100**。

4.6.5 供水单位应每年对居民用户总分表差损失水量和非居民用户表具误差损失水量进行测试评定。



## 4.7.1 供水单位应采取措施，加强对未注册用水行为的管理，减少未注册用户的用水量。

加强对用户从报装、设计、施工到验收各环节的闭环管理，关口前移，最大限度的减少私接、漏立户等问题。

## 4.7.2 供水单位应采取措施，减少管理因素导致的水量损失。

有条件的供水企业成立违章用水的稽查部门，及时发现和处置违章用水。也可引入一些科技手段，比如在窃水多发的区域，采取消防栓装表、井盖移位监测等。



# 汇报提纲

1

漏损控制综述

2

《标准》基本规定

3

漏损控制技术与管理

4

评定指标及评定标准

5

《标准》实施要点



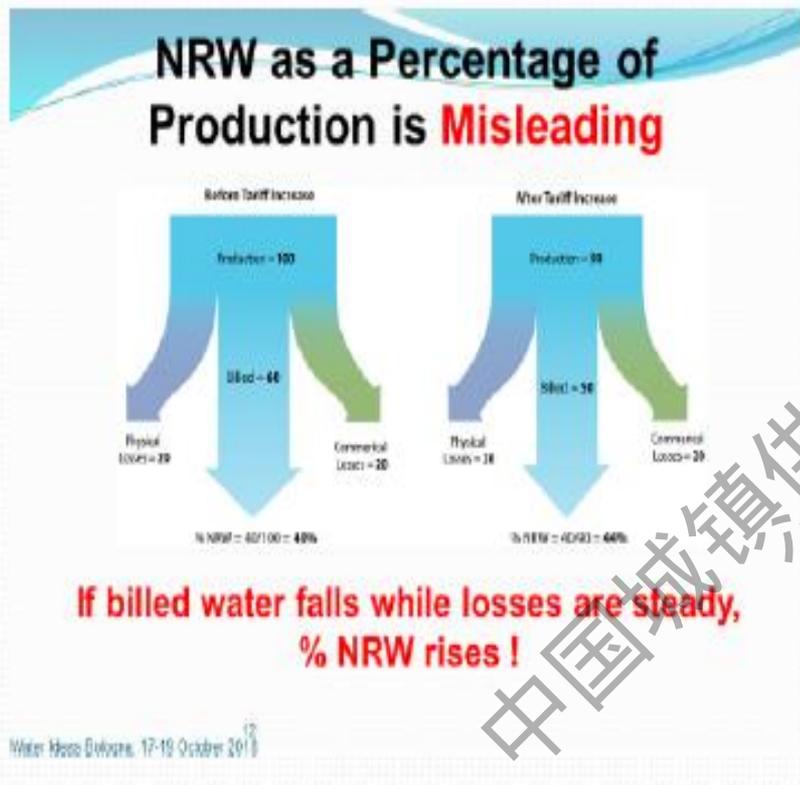
**Table 1: Details of Selected Key PIs**

Component	Type	Basic PI	Detailed PI
Non- Revenue Water	Financial	Volume of NRW as % of System Input Volume	Value of NRW as % of cost of running system
Real Losses	Water Resources	Volume of real losses as % of System Input Volume	
Real Losses (In each case, this PI is calculated per day when the system is pressurised to allow for the effect of intermittent supply)	System Operational	litres/service connection/day for systems with 20 or more services/km mains (32/mile)	The Infrastructure Leakage Index: defined as the Ratio of the Current Annual Real Losses to the Unavoidable Annual Real Losses = CARL/UARL  This indicator is fully explained by Lambert et al, 1999
		Use m <sup>3</sup> /km mains/day for systems with fewer than 20 services/km of mains	
Apparent Losses	Operational		m <sup>3</sup> /service connection/year
Water Losses	Operational	m <sup>3</sup> /service connection/year	

国际主要漏损指标:

- 1、百分比
- 2、单位管长的漏损水量
- 2、单位服务连接的漏损水量
- 3、管网漏失指数 (ILI)

# 评定指标选择



百分比

城市A  
27%

V. S.

城市B  
16%



B优于A

单位管长漏损量

城市A  
1.85万m<sup>3</sup>/km/a

V. S.

城市B  
3.43万m<sup>3</sup>/km/a



A优于B

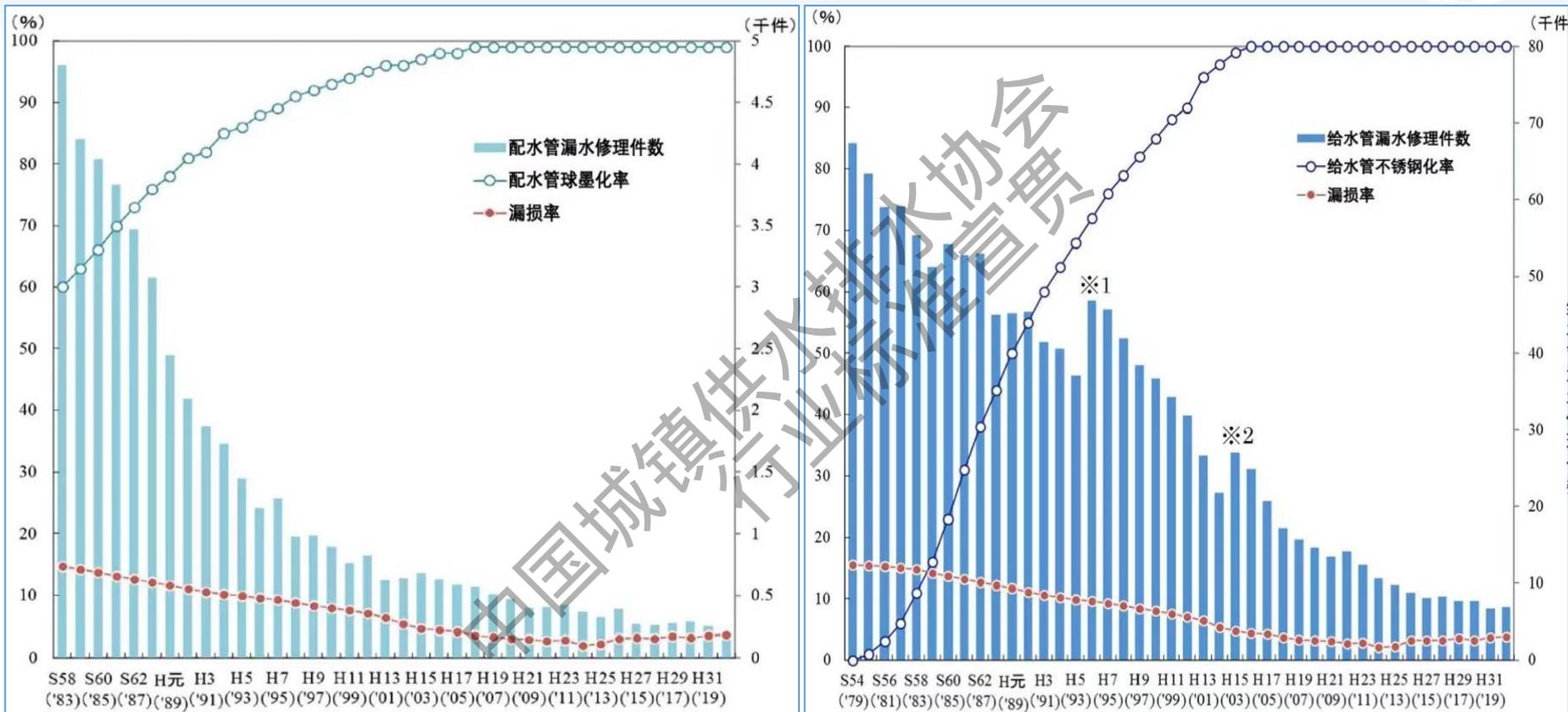
由于我国水资源严重短缺，且大多数城镇水价偏低，漏损指标的选择应更关注资源利用效率。

# 评定指标选择



自产供水 水量	供水总 量	注册用 户用水 量	计费用水量	计费计量用水量	<div style="border-left: 2px solid orange; border-right: 2px solid orange; border-bottom: 2px solid orange; padding: 10px;"> <p style="color: orange; font-weight: bold;">产销差率</p> <p style="color: blue; font-weight: bold;">综合漏损率</p> </div>
				计费未计量用水量	
			免费用水量	免费计量用水量	
				免费未计量用水量	
		漏损水 量	漏失水量	明漏水量	
				暗漏水量	
背景漏失水量					
水箱、水池的渗漏和溢流水量					
计量损失水量			居民用户总分表差损失水量		
		非居民用户表具误差损失水量			
其他损失水量		未注册用户用水和用户拒查等管理因素导致的损失水量			
外购供水 水量					

# 评定指标的选择——影响漏损的主要因素

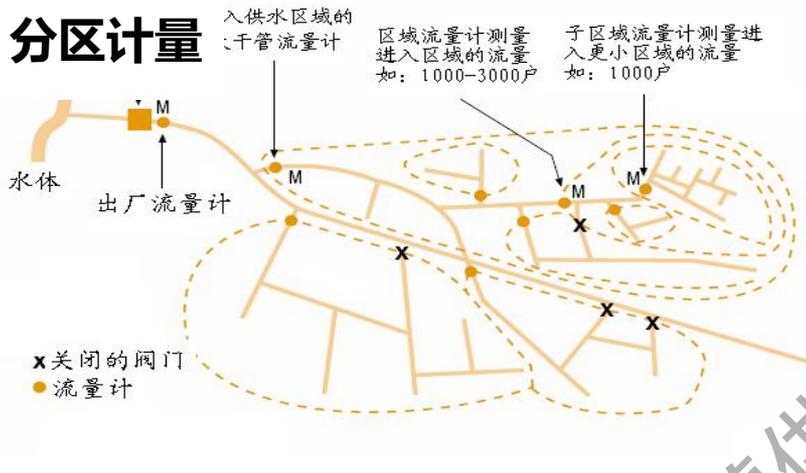


发达国家支线管材大部分采用不锈钢和铜质管材。近年来，首尔、台北、香港也逐步采用球墨铸铁管和不锈钢管材进行改造。

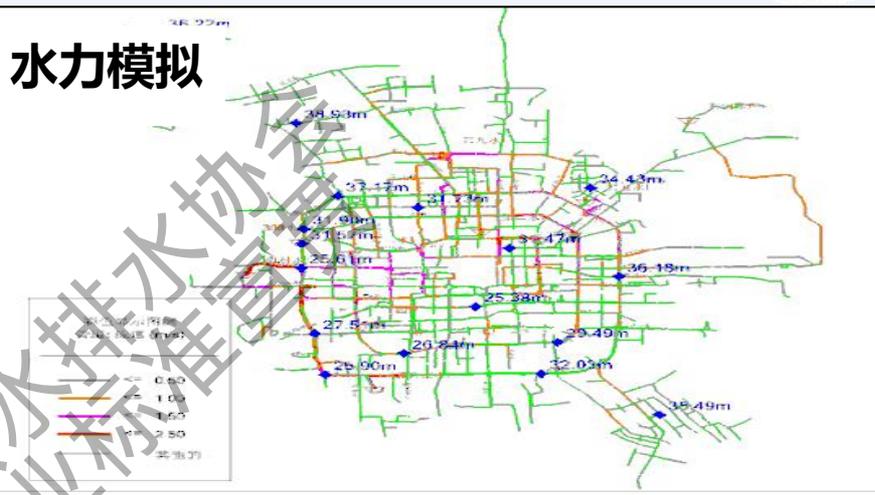
# 评定指标的选择——影响漏损的主要因素



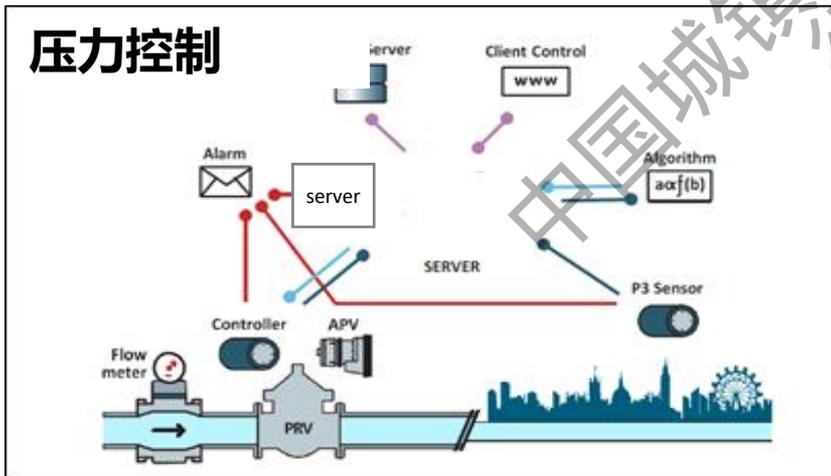
## 分区计量



## 水力模拟



## 压力控制

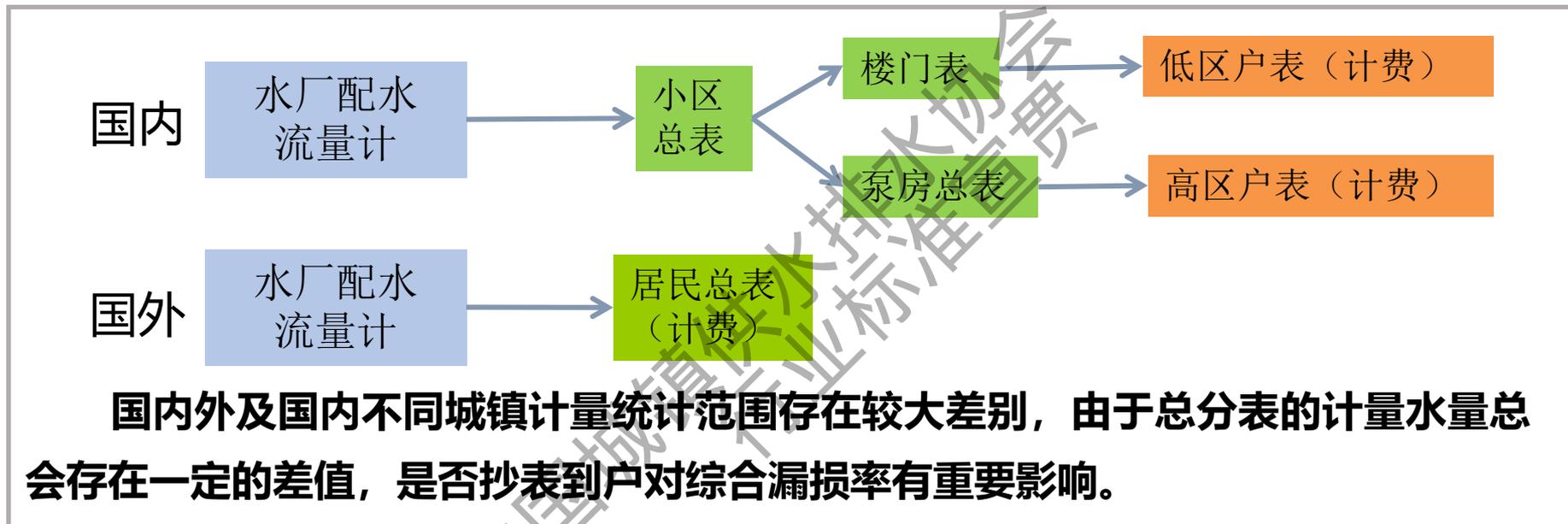


国外对分区计量、压力控制、水力模拟等技术研究较早，国内也开展了相关研究和应用，但在精细化管理和系统集成方面仍需进一步提升。

# 评定指标的选择——影响漏损的主要因素



## 计量统计范围



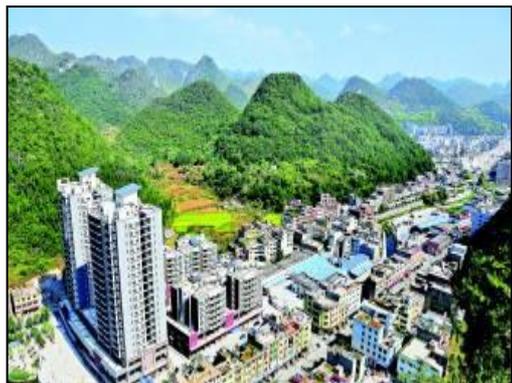
## 单位供水量管长

在同样供水量条件下，管网长度越大，意味着管道接口、用户支线数越多，发生漏水的概率随之增加。

# 评定指标的选择——影响漏损的主要因素



## 供水压力

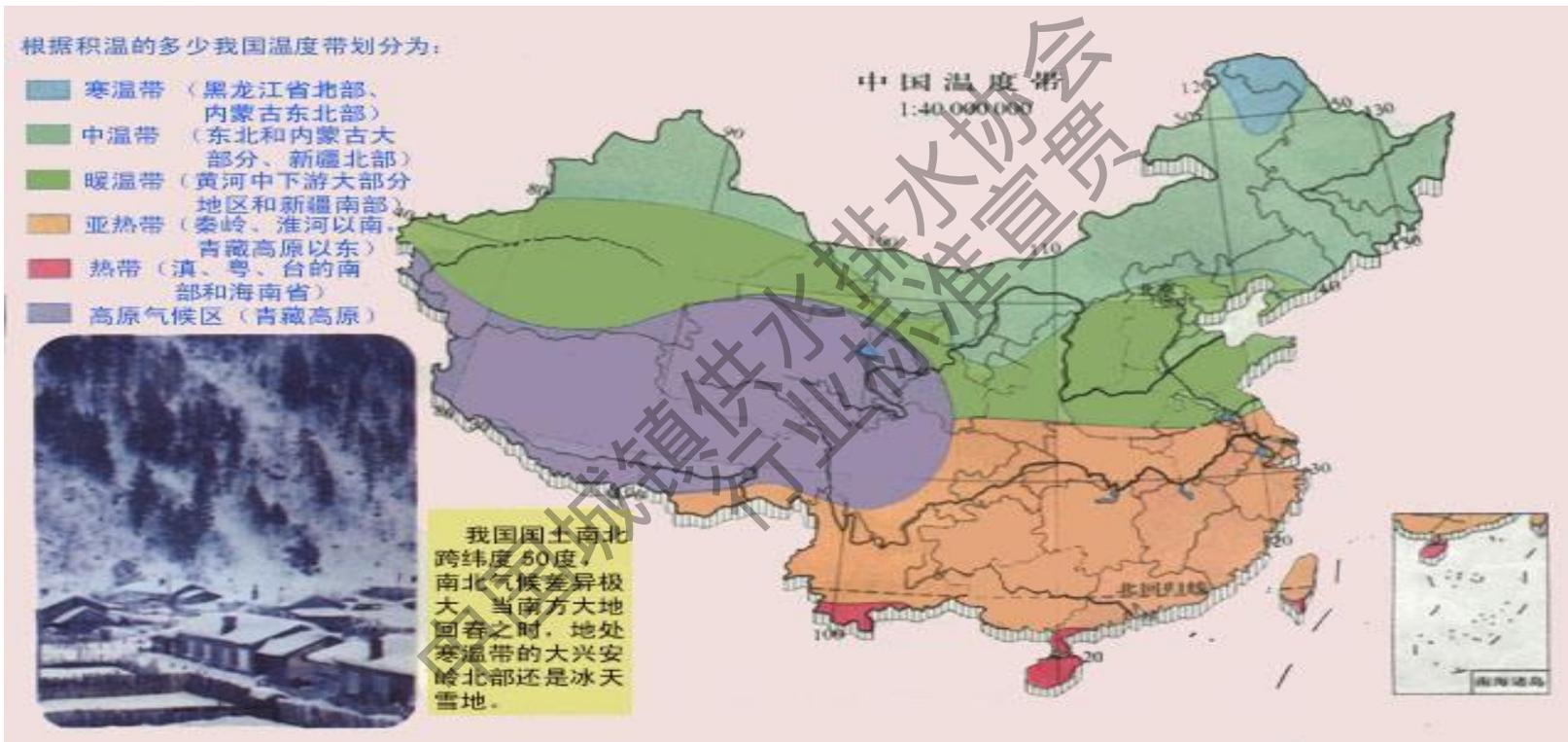


- ◆ 市政直接供水的建筑层数不同，部分城市直接供水到三层，其他城市直接供水到五层或以上。
- ◆ 各城镇的自然地形条件不同，山地、丘陵城市的地面高程起伏很大，平原城市的地面高程起伏较小。

# 评定指标的选择——影响漏损的主要因素



## 气候条件



我国南北气候差异极大，由于部分地区冻土深度较大，管道埋深和漏点检测的难度随之增加。

# 评定指标及评定标准



- ◆ 漏损指标包括综合漏损率和漏损率。
- ◆ 为减少客观因素影响，科学、**公平**评定漏损控制水平，同时有利于开展国际对标分析，评定指标为漏损率。
  - 综合漏损率：管网漏损水量与供水总量之比，通常用百分比表示。
  - 漏损率：用于评定或考核供水单位或区域的漏损水平，由综合漏损率修正而得。

## 供水单位



- ◆ 漏损率应按两级进行评定，一级为10%，二级为12%。



## 居民抄表到户水量修正值 $R_1$

由于楼门表和对应户表的计量水量总会存在一定的差值，是否抄表到户对综合漏损率有重要影响。在综合漏损率计算公式的基础上，推导了综合漏损率与抄表到户水量占总供水量的比例之间的关系。

$$R_1 = 0.08r \times 100\%$$

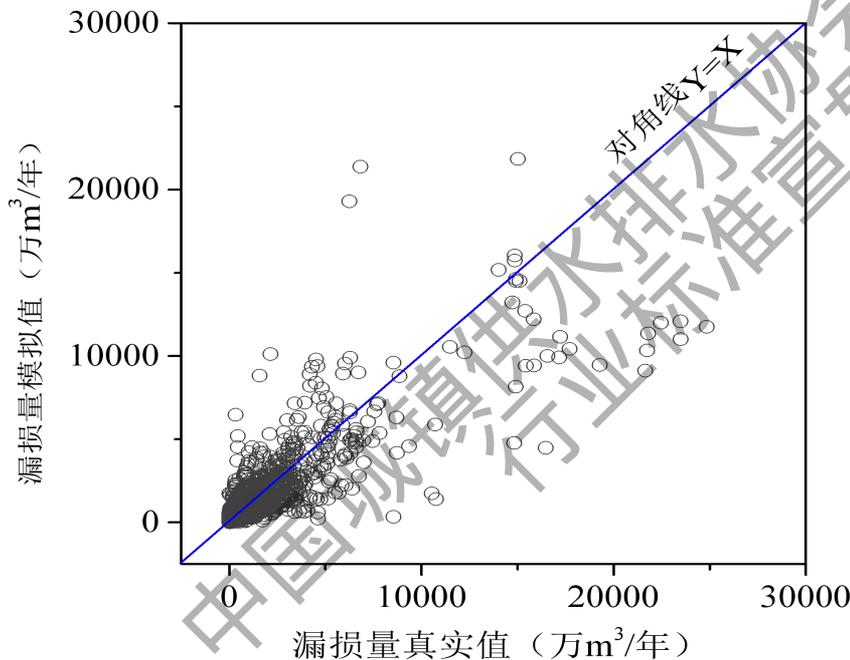
式中  $R_1$ ——居民抄表到户水量的修正值（%）；

$r$ ——居民抄表到户水量占总供水量比例。

# 评定指标及评定标准——修正值的计算



## 单位供水量管长修正值 $R_2$



$$Q_{WL} = 0.99L + 4.72N$$

根据《城市供水统计年鉴》数据，采用多元回归方法，得到漏损水量与DN75 (含) 以上管道长度和水表数的相关关系。

# 评定指标及评定标准——修正值的计算



漏损水量与管道长度、水表数的关系： $Q_{WL} = 0.99L + 4.72N$



两边同除以供水总量

综合漏损率与单位供水管长、单位供水水表数的关系： $R_{WL} = 0.99A + 4.72B$



对单位供水管长求偏导

单位供水管长变化对综合漏损率的影响系数： $\frac{\partial WLR}{\partial A} = 0.99$



单位供水管长**基准值**为**0.0693**

单位供水管长修正公式： $R_2 = 0.99(A - 0.0693) \times 100\%$

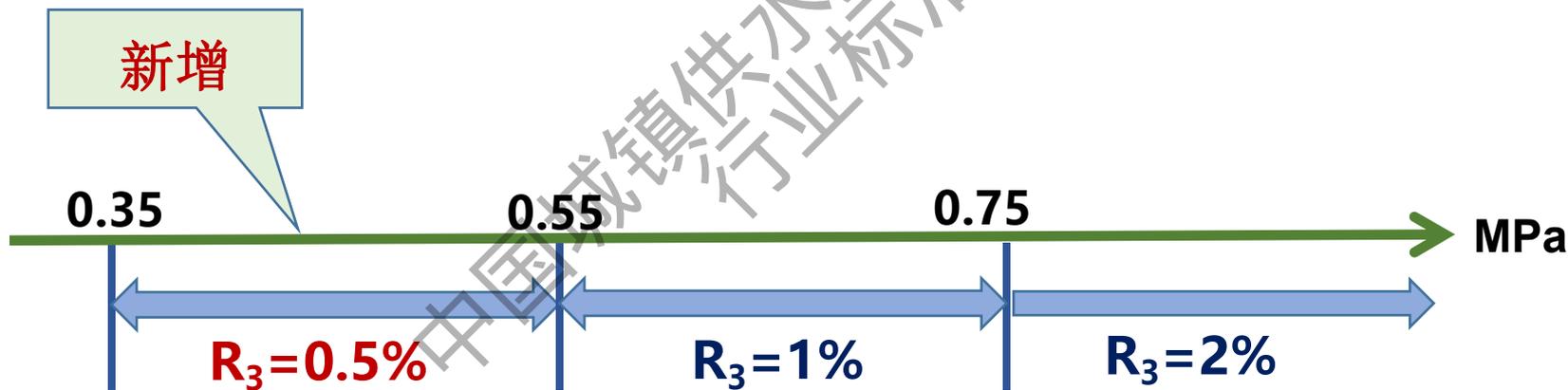
当R2值大于3%时，应取3%；当R2值小于-3%时，应取-3%。

# 评定指标及评定标准——修正值的计算



## 年平均出厂压力修正值 $R_3$

同样漏水条件下，管网整体漏水量与管网平均压力呈正相关关系。由于统计管网平均压力在操作上过于繁复，故用年平均出厂压力统计，对年平均出厂压力过高的适当予以调整。



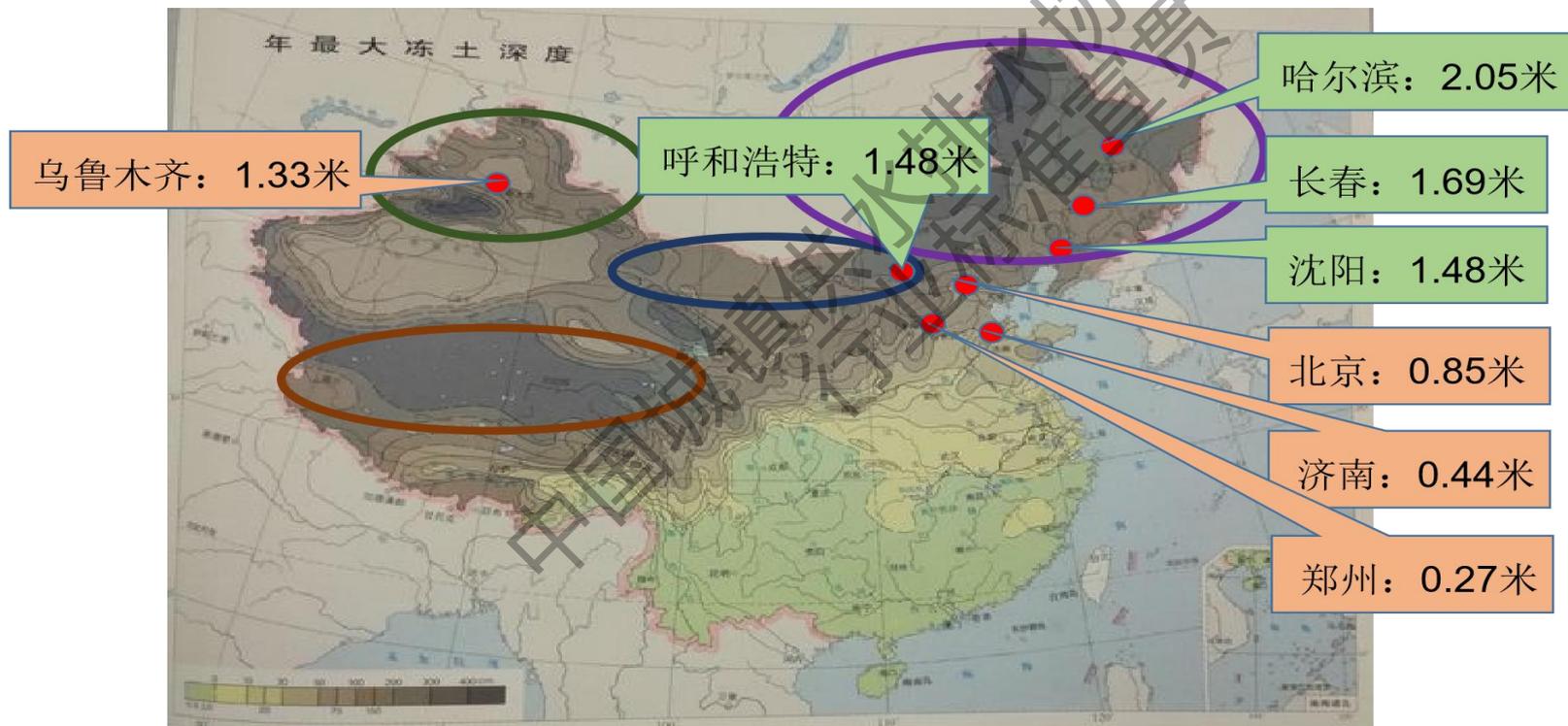
年平均出厂压力为各水厂正点时刻出厂压力按水量的加权平均值。

# 评定指标及评定标准——修正值的计算



## 最大冻土深度修正值 $R_4$

最大冻土深度大于1.4m时，修正值应为1%。



各地的最大冻土深度根据室外气象参数GB50736确定

# 评定指标及评定标准——全国或区域的漏损率



全国或区域的漏损率应按下式计算：

$$\overline{R_{BL}} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{BLi} \cdot Q_{si}}{\sum_{i=1}^n Q_{si}}$$

式中  $\overline{R_{BL}}$  ——全国或区域的漏损率(%)；

$R_{BLi}$  ——全国或区域范围内第  $i$  个供水单位的漏损率(%)；

$Q_{si}$  ——全国或区域范围内第  $i$  个供水单位的供水总量(万  $m^3$ )；

$n$  ——全国或区域范围内供水单位的数量(个)。

先分别对各供水单位的综合漏损率进行修正，得到漏损率，再按水量加权平均。

# 评定指标及评定标准——北京市区计算示例



供水量 (万立方米)	108478.97	售水量 (万立方米)	93293.54
免费水量 (万立方米)	38.81	产销差率 (%)	14.00%
注册用户用水量 (万立方米)	93332.35	综合漏损率 (%)	13.96%
居民抄表到户水量 (万立方米)	36402	管网长度 (≥DN75) (公里)	9433
总修正值 (%)	4.93%	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 居民抄表到户水量修正值  <math>R_1 = 36402 / 108478.97 * 0.08 = 2.61\%</math>;</li> <li>➤ 单位供水量管长修正值 <math>R_2 = 0.98 * (9433 / 108478.97 - 0.0693) = 1.85\%</math>;</li> <li>➤ 年平均出厂压力修正值 <math>R_3</math> 为 <math>0.5\%</math>;</li> <li>➤ 最大冻土深度修正值 <math>R_4</math> 为 <math>0\%</math>。</li> </ul>	
漏损率 (%)	$= 13.96\% - 4.93\% = 9.03\%$		



# 汇报提纲

1

漏损控制综述

2

《标准》基本规定

3

漏损控制技术与管理

4

评定指标及评定标准

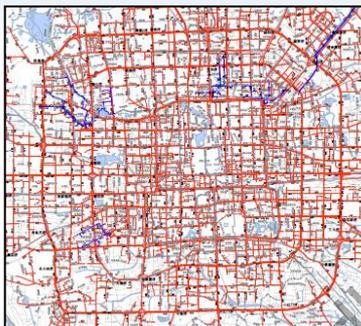
5

《标准》实施要点

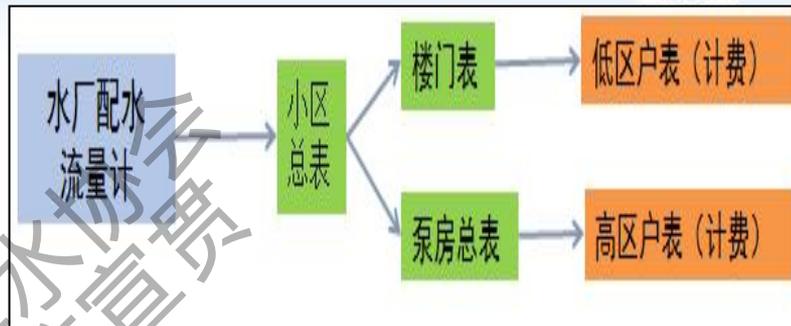
# 强化基础管理



## 用户和水表信息



## 管网资料



## 计量传递体系

信息录入	
设置	
客服编号: 0900456370	抢修单位: 朝阳维修所
肇事单位:	铺设年代: 2007-11-13 12:00:00
接报时间: 2009-11-03 08:31:00	完成时间: 2009-11-03 10:32:50
管线走向:	管线位置:
破损口径: DN40	破损材质: 铅管
破损主因:	破损等级: 0
发生地址: 朝阳香河园中里10号楼1门前	

## 管网维护记录



## 漏水抢修、漏点检测

市区供水管网测压点压力		白米斜街 (10)	
东四	0.289	文道口	0.317
万泉河	0.385	光明楼	0.293
十条	0.322	玉泉南	0.271
永定路	0.271	三里屯	0.382
永外	0.244		
四开桥	0.266	建外	0.350
清河	0.402	磁器口	0.278
酒仙桥	0.372	官园	0.284
大方	0.358	西单	0.238
钓鱼台	0.273	和义里	0.326
八里庄	0.326	恩济庄	0.223
大屯	0.393	百子湾	0.337
采石路	0.305	小关	0.398
三环路	0.000	慧中里	0.375

浑浊度: 0.31
色度: <5
臭和味: 无
余氯: 0.35
细菌总数: 未检出
总大肠菌群: 未检出

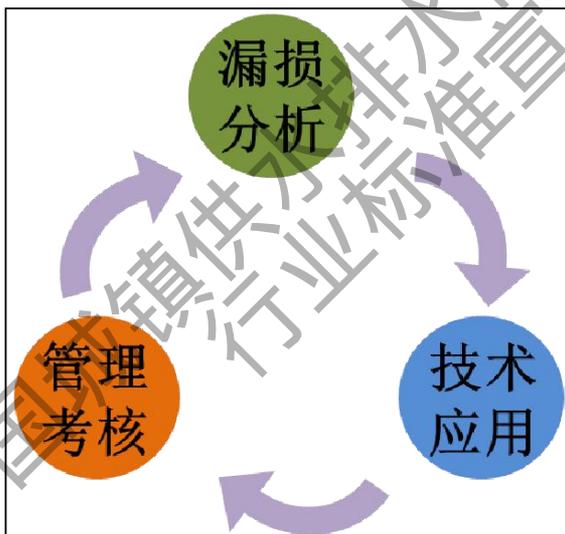
## 运行压力及水质数据

# 形成漏损控制体系



为有针对性开展漏损控制提供依据；持续开展背景漏失、计量损失的测试评定，逐步提高准确性。

逐步建立综合性技术体系和有效的管理评价考核体系。



推进DMA、压力调控、水力模拟等漏损控制关键技术的应用。



持续开展管网改造

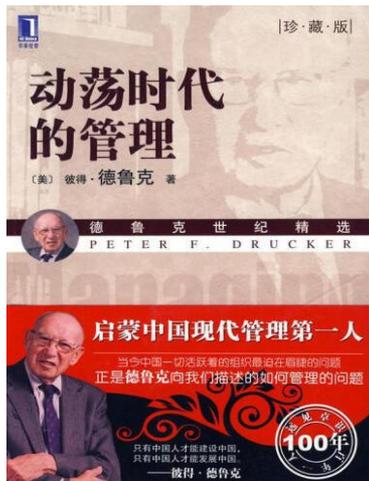


- ◆ 漏损指标包括综合漏损率和漏损率**两项指标**。
- ◆ **综合漏损率**是漏损水量与供水总量的比值，反映供水单位**供水效率**的高低。
- ◆ 由于供水管网规模、服务压力、贸易结算方式等对综合漏损率具有重要影响，为科学合理地进行漏损水平的评定，由综合漏损率修正而得的**漏损率**作为**评定指标**。
- ◆ 由于漏损率与漏损水量不具有直接对应关系，按照水量平衡原则，在计算**核定供水量**时，漏损率核定值应为**一级评定标准（10%）**与**总修正值**之和。
- ◆ 此外，对于漏损率显著高于10%的城市，建议当地政府主管部门根据企业实际情况及发展需要**适当调增**漏损率核定值。



天下之患，最不可为者，名为治平无事，而其实有不测之忧。坐观其变，而不为之所，则恐至于不可救。

——苏轼



动荡时代最大的危险不是动荡本身，而是仍然沿用过去的逻辑做事。

——彼得·德鲁克

**管网漏损控制是一项复杂的系统工程，在实施过程中，会面临诸多难题和挑战，但卡“脖子”的往往不单纯是技术，而是系统思维和科学方法。**

**我们必须顺应时代发展趋势，以漏损控制为抓手，推动降本增效和供水高质量发展。**

**报告完毕！**  
**敬请批评指正！**

中国城镇供水协会

