

中英合作水资源需求管理项目 水资源综合管理方法汇编

专题报告 3.3: 主动渗漏控制 – 提高城市供水效率的 重要组成部分

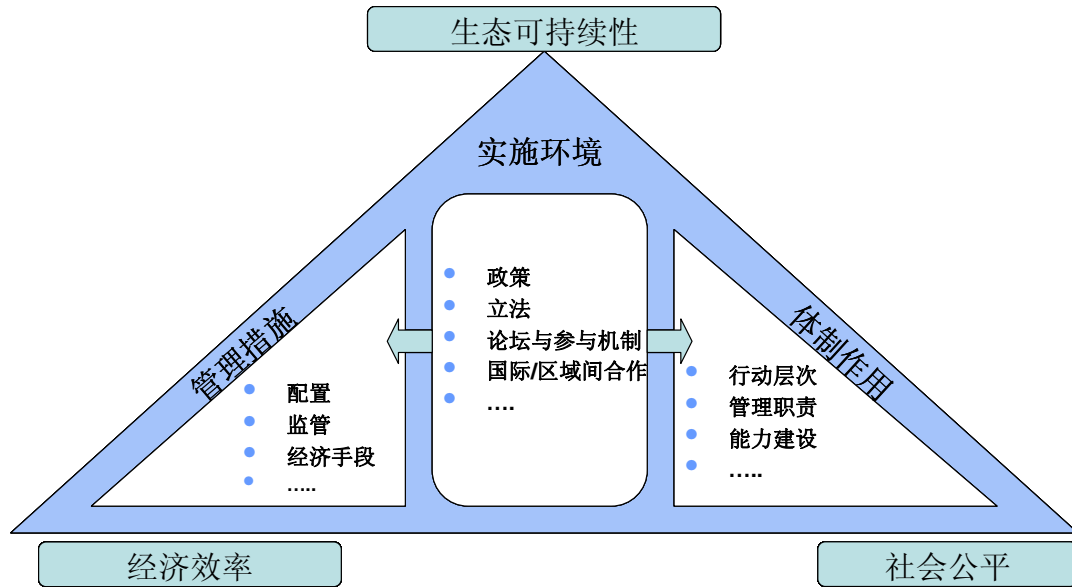
3.
需求管理

2010 年 5 月

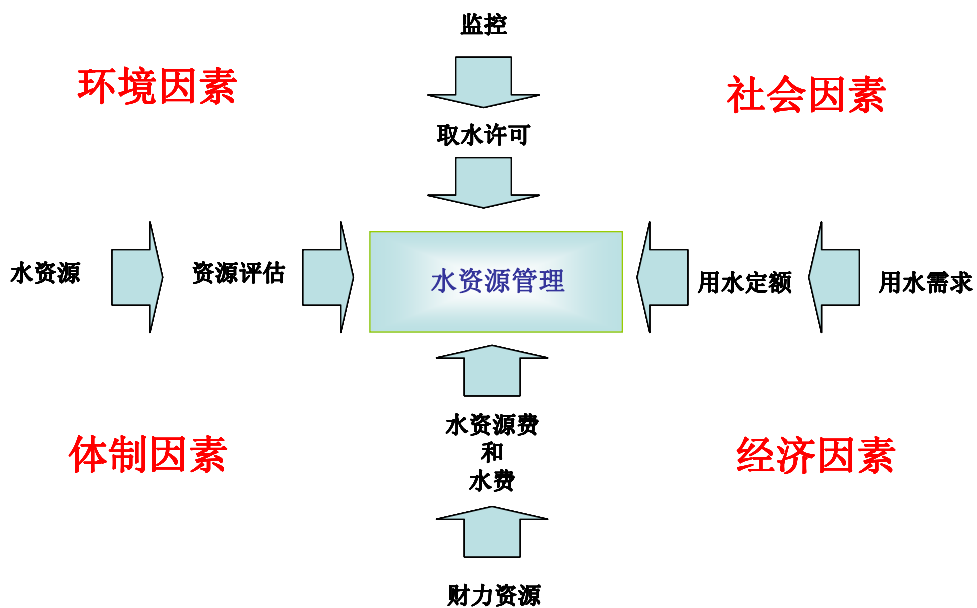


水资源综合管理 (IWRM)

(基本原理引自全球水伙伴)



水资源综合管理驱动要素



(第二幅图引自水资源需求管理援助项目)

概述：随着饮用水供应的日益紧张，自来水公司将不得不更多地应用需求管理，从而使未来的水需求与可利用水资源达到平衡。通过减少管网渗漏，不仅能改善供水不足的现状，还可以在满足不断增加的用水需求下，推迟投资兴建新的水源。自来水公司应计算渗漏目标，把渗漏目标作为公司长期水资源计划中一个必不可少的部分，以保证选择的渗漏控制范围能满足供需水平衡。

本报告介绍了主动渗漏控制计划的作用，这种计划是实现节水的一种手段。如需更多详情，参考本系列文件中的其他报告（请看参考书目）。

本报告包括以下主题：

- 对需求管理与渗漏控制作用的介绍
- 自来水公司开展渗漏控制的必要性
- 渗漏控制措施选择
- 客户服务
- 小区计量、渗漏探测与维修
- 渗漏控制案例研究：
 - 英国
 - 泰国
 - 中国北方（WRDMAP 项目）
- 总结

本文是可持续的水资源规划、水量分配和管理主题系列之一。参考书目中有本系列的详细介绍。

在水利部的支持下，根据中英合作水资源需求管理援助项目（WRDMAP）的成果，特编写本方法系列，以辅助省、市、县各级水利（水务）部门的工作，以实现水资源的可持续利用。

1 引言

1.1 可持续用水

尽管生活用水不是当今世界用水量的主要部分，但是它却在人们的日常生活中起到了一个至关重要的作用，并直接与社会福利和公共卫生问题相关联。因此，有效利用有限的生活水资源是政策决策者考虑的核心问题之一。

从**可持续性**来讲，供水效率和用水效率变得越来越重要。实现这些效率目标的手段被视为“需求管理”工具。

图框 1：需求管理

水需求管理旨在减少对水的浪费，从而实现经济效率、社会发展、社会平等、环境保护、供水和服务可持续性、政策性目标。

需求管理的目标有：

- 防止浪费用水、限制用水，从而使投资需要最小化；
- 确保把饮用水平等地供应给所有客户；
- 确保供水管网的持续性，向客户提供经济可行的服务水平，同时保证收回供水总成本；
- 确保在城市供水、工业、农业与环境之间，把可利用的水资源进行有效、平等的分配；

若要了解这方面的更多信息，参照《专题报告 3.2：城市供水需求管理》（请看参考书目）。

由于水的损失通常提高了供水与水处理的成本，因此从经济上讲，开展城市节水是非常必要的。

供水效率或用水效率永远都不是静态的，不能认为它们总是在提高。随着

时间的推移，节水的可能性随设备损坏、缺少维修、逐渐丧失节水习惯等而逐渐降低。

本报告关注于由于供水管网渗漏所造成的效率损失。

1.2 渗漏

削减渗漏的主要好处包括：

- 减少取水，进而改善环境；
- 提高供水可靠性；
- 缓解水资源和供水方案的资金投入；
- 在大于经济渗漏水平（ELL）的情况下，降低运营成本（参照第 3.2 节）；
- 改善公众对自来水公司的印象；

削减系统渗漏的方法主要包括以下方面：

- 水压管理；
- 小区计量，然后进行测漏与维修；
- 更换条件差的老化管道；

有关渗漏控制的一个根本事实就是每一种可能的渗漏控制措施都遵循了投资收益递减的规律。随着投入的资金不断增加，渗漏量降低，节水带来的收益也会逐渐地减少。对于每一种控制措施来说，都具有一种最佳水平，这种最佳水平可作为经济措施的一部分，用于减少系统中的水损失或渗漏。

本报告侧重于主动渗漏控制，方法包括小区计量、测漏和维修。

2 自来水公司开展渗漏控制的必要性

2.1 水资源——供水计划

每个自来水公司必须制定投资计划，以平衡区域内可利用的原水水源与

预测的需水量。开展此类计划要遵循国家与地方的法规，反映机构安排、考虑原水水源的实际可利用量、经济状况、公司管理的目标等。

随着水资源竞争的升级、环境要求的提高、人口增长、城市化与生活水平提高所导致的水需求增加，大多数自来水公司供水的压力越来越大。当开发供水能力的可能性变小，为了使未来的需水要求与可利用的水资源量达到平衡，自来水公司必须要实施需求管理。

减少管网渗漏可帮助需求管理，它不仅能改善供水不足的现状，还可以在满足不断增加的用水需求下，推迟投资兴建新的水源。自来水公司应计算渗漏目标，把它作为公司水资源长期规划中必不可少的一部分，以保证选择的渗漏控制范围能满足供需水平衡。

2.2 资产管理——服务能力

供水方面的资产管理是对有形资产的管理，例如：管网、泵站、水厂等，通过有效的管理，尽可能在最小成本的基础上达到所需的服务水平，并把服务中断的风险降低到一个适当的水平。这意味着自来水公司资产管理是前瞻的、注重经济实效的、基于风险的、并以客户服务为中心的综合管理过程。在不同的自来水公司之间，对于不同的资产或不同的客户，其服务水平可能会发生变化。

服务能力是资产在现在与未来提供服务的能力。服务通过服务指标来衡量，例如供水中断的次数、管网不同部分的渗漏率等。自来水公司资产管理系统应具有报告的功能，使此类指标能够被定期检查。通过使用资产绩效考核措施，例如：主管道爆裂的次数，规划将来的服务水平。对管网渗漏和修复的历史纪录进行分析，能够发现一些管道可能需要更换，而不仅仅需要渗漏修复。从长远来讲，这部分管网的更换可能要比维修每个漏点更加具有成本效益。

在确定合适的服务水平时，自来水公司管理层需要很好地了解潜在的效益与成本，包括社会与环境成本。

如若了解有关资产管理的进一步信息，参照《指导手册 3.3/2：中小型自来水公司的资产管理》。

在自来水公司的绩效考核中，需要了解损失水量所带来的影响。自来水公司应了解图 1 中所有与用水量相关的因素，并应对这些因素进行年度审核。

无收入水量（无收入水量）是自来水公司生产的总水量与实际收取到费用的水量之间的差额。

现在，“无收入水量”这个术语比“未计量水”（UFW）更为通用。无收入水量包括：

- 管网实际损失：
 - 管网、储水池及输水主干管渗漏；

- 入户连接管到水表或房屋边界之前的渗漏；
- 总水表不准；
- 由于用户房屋中的水表失灵或没有安装水表，造成内部水损失；

- 商业损失

- 通过非法连接和绕过水表而形成的未登记用水；
- 由于自来水公司计费系统的漏洞，造成漏计的连接；
- 未登记的用户水表；
- 用于消防、主管道冲洗等未计费的合法用水；
- 未支付的水费账单；

自有水源	集中 供水量	管网供水总量	合法用水	计费的 合法用水	有收入 水量	计费的输出水量
						计费的计量水量
引入水量	输入 管网 水量	管网供水总量	合法用水	未计费的 合法用水	无收入 水量 (NRW)	计费的未计量水量
						未计费的计量水量
			损失水量	表面损失	未计费的未计量水量	
					非法用水	
				实际损失	客户计量不准确	
					主管道中的 渗漏	
		存储中的 渗漏 和溢出				
		支管中的 渗漏 (到客户水表出为止)				

来源：国际水协 (IWA)

图 1：常规自来水公司水量平衡

图 2 通过图标形式说明了无收入水量（无收入水量）与未计量水（UFW）的定义。

用水	家庭用水	收取水费的水量	有收入水量
	工业、商业和机构用水		
未计量水	特殊和运营用水	管网及商业损失	无收入水量
	非法用水		
	管网本身漏失		

图 2：图解无收入水量与未计量水

未计量水要比无收入水量稍微小一些。未记录的合法用水通常只占无收入水量的极小部分，因此它们之间的差别并不大。

无收入水量的最大组成部分通常是管网渗漏。

为了使未计量水最小化，直接的行动就是要减少渗漏，而间接的行动就是要确保对所有用水户进行计费 and 收费，从而遏制浪费用水行为。

对于所有供水运营单位来说，无收入水量的削减必须是一项优先开展的工作。

2.3 了解渗漏问题采取相应措施

自来水公司一般都对整个管网系统进行总水量测量，由于区域面积通常很大，不太可能对无收入水量水平进行详细的分析。在供水管网系统中，很可能会有不同的无收入水量水平，因此把整体合并可能会掩盖高无收入水量与低无收入水量的区域。为了对渗漏控制资源进行有效的布置，需要确定高无收入水量区域。

同样，在整个供水管网中，水压的分布变化很大，尤其是在地形变化很大的地方。通过客户投诉，自来水公司将会获知水压出现问题的区域。

第 5 节介绍了一种方法，即把自来水公司管网划分为若干计量小区。这种方法对管理层是非常有价值的，它有助于管理层了解重要的渗漏地点，集中力量进行渗漏控制。

2.4 确定水价

从确定水价方面来讲（参照指导手册 5.4），决定水价的因素之一是成本回收，若在保证完全收回成本，需要确定一个合理的水价，这极大地取决于无收入水量的水平。无论是机构设置还是与自来水公司运营相关的成本，都与总供水量相关，这些水取自源头，通过处理后进入供水系统。自来水公司的收入来自向客户销售的水量所收取的水费，因此，如果没有收回进入管网的所有水的水费，那么为了达到所需的成本回收水平或监管者要求的水平，就不得不提高水价。

通过减少非法用水和设施的渗漏，使无收入水量水平下降的话，那么就能产生一个双赢的局面，也就是说，不但自来水公司获得了更多收入，而且对于支付供水服务的客户来说，他们能够获得更好的服务，还可能获得较低的水价。

一个设计良好的主动渗漏控制计划将会降低无收入水量水平，从而直接影响到客户的水费与自来水公司的收入。

3 检漏措施

3.1 自来水公司方面的检漏措施

由于地下管道中包含了加压的水，自来水公司供水管网中的渗漏是不可避免的。供水系统的初始完好性取决于良好的设计、材料的质量以及安装的标准，但是甚至最好的系统也将会出现漏水情况。随着时间的推移，管道渗漏将会不断增加：管道连接点更容易漏水、管道腐蚀、地下运动破坏管道，而且总会有意外损坏的可能性。

应该认识到的是，检漏的目标不是要消除所有的渗漏（由于太昂贵而不可行），而是要把渗漏维持在一个可以接受的、经济上合理的水平。

如下所述，检漏可以是被动的，也可以是主动的。不同的自来水公司检漏方法的类型将有所不同。然而，只要存在为稀缺的水资源的竞争，如灌溉，工业，生活需求，以及供水系统实质上要承受重大的运营开支，如抽水所需的电力，那么主动检漏政策就很可能是合适的。这预计将是中国自来水公司所处的情形。

有不同的方法用于减少渗漏。对于是否实施检漏并如何实施检漏，这个决策将取决于措施的相对成本以及得到的可能效益。渗漏控制活动的强度应不断增加，直到渗漏控制的成本超过了所节约水的价值为止。减少系统渗漏的方法大体上有以下几种：

- 水压管理；
- 小区计量，然后开展主动检漏与维修；
- 更换年久失修的管道。

这些方法可能遵循了成本递增的顺序，因此在合适的地方，水压管理将提供最高的效益成本比率。对供水管道进行大规模的维修将是一个昂贵的解决方

案，仅适用于在大面积管网存在结构问题的地方，即结构问题导致了高的渗漏维修率。

被动检漏

被动检漏是指由于严重的可见渗漏（由自来水公司员工或者公众报告）或者由于水管爆裂造成严重损失时不得不采取的相应措施。作为一种预防措施，自来水公司经常监测管网压力，这是因为正常水压的降低很有可能预示着管道破裂。利用网络水压检漏通常不认为是如下定义的主动检漏，因为这只能在管道爆裂发生后才能引起自来水公司的注意。顾名思义，自来水公司采取被动政策是一种低水平的行动和义务。

图框 2：浪费财务资源

印度尼西亚城采取了被动检漏政策。在这座城市中建设了一个新的水处理厂，水生产能力为 86,000 m³/日，但销售水的增加量仅为 30,000 m³/日。

主动检漏

管理状况良好的自来水公司认识到渗漏是一个重要问题，不仅因为在经济、环境、社会方面是宝贵资源的损失，而且自来水公司会给用户造成不良印象。这些自来水公司采取主动检漏法，而其他公司，如上所述，则用被动方式对待这一问题。

主动渗漏控制政策是指密切监测供水系统，找出渗漏迹象，包括不可见及没有重大局部影响的渗漏，并且在渗漏发生后，及时上报，并提供渗漏检测和维修所需的资源。目标是持续监测管网渗漏水平，将其保持在可接受的水平上，并在渗漏水平超过可接受水平时，主动检测渗漏。

这一措施为自来水公司挽回了物质上和财政上的损失，提升了所在服务区域内的信誉。主动渗漏控制政策的成功

实施将损失最小化并且最大化水资源供给，因此，延缓了未来的基本建设工程。在需求没有得到满足的地区，也就是资源匮乏或者供应不足的地区，使本已损失的水变得可以利用是一种有效的额外资源和收入来源。

据研究表明，与被动渗漏控制政策相比，通过小区计量，渗漏削减最高可达 65%。但是在实际中，渗漏的削减将取决于诸多因素，包括：

- 供水系统的现有渗漏水平；
- 系统的水压；
- 系统中管道的类型。与金属主管道相比，在非金属主管道上探漏更加困难。

为了获得效益，主动渗漏控制措施必定需要人力与务力资源。尤其，需要建立一个管理与组织的结构，安排与协调具体措施。必须要安排人员对渗漏控制步骤与过程进行持续的监测与维护。

如果自来水公司设定渗漏控制目标，需要考虑以下方面：

- 经济渗漏水平——成本和效益之间的最佳水平（参照第 3.2 节）；
- 数据需求和实施方面的可行性；
- 长期的可持续性和短期的灵活性；
- 与自来水公司的水资源规划相一致；
- 社会与政治方面的因素；

很明显，成本效益分析对于目标设定是重要的，但是也不应忽略其它因素，通常是自来水公司外部因素。

图框 3：悉尼水务公司渗漏控制

悉尼水务公司渗漏削减计划包括了五类活动：

- 主动测漏，通过声测寻找系统漏点。在每一年中，都要对大约

18,000 km 长的主管道进行仔细测漏。

- 提高渗漏维修的速度和质量，从而减少每个漏点的漏水量并保证漏水不再发生。
- 调整系统水压，减少高水压区域（高水压能够导致渗漏并毁坏家庭管道配件）。
- 改进流量计量设备，从而更好地确定漏点位置。
- 主管道翻新。要保证在老化管道出现问题之前，对它们进行更换。

据估计，目前每年节约将近 170 亿升的水。

来源：2006 年城市水计划

3.2 国家方面的检漏措施

国家水资源管理者应要求所有自来水公司计算渗漏目标，把它作为每个自来水公司水资源长远规划的一个必不可少的部分，以保证选择的渗漏控制范围能满足供需水平衡。

首先，需要为渗漏削减计划设置目标，原因包括：

- 确保高效率的运营；
- 确保未来的供水；
- 可与国内和国际上的供水组织以及不同供水区域之间进行技术对比；
- 向客户展示不断改进的供水状况，了解公众看法；
- 把政治因素考虑进去；
- 满足法规要求；

国家机构将提供政策指导、最佳实践信息，并提供有关创新技术等方面的研发支持。针对渗漏管理，有两种不同的方法：

- 基于现有最佳实践的技术目标；
- 经济上合理的目标；

后者更相关与私营自来水公司的渗漏管理，对于公有自来水公司来说，没有理由认为钱的价值不是一种驱动力。

技术目标法

国际上通常将基础设施渗漏指数（ILI）作为目标设定的一部分。渗漏指数是管网当前渗漏量与不可避免的渗漏量之间的比值，其中应根据标准系统压力下可达到的最佳渗漏水平和管道爆裂渗漏量来对不可避免的渗漏量进行估算。ILI 可用于评估渗漏探测与维修活动的绩效情况。

国家已经制定了相应的降低渗漏量的标准（参见图框 4），但这对于自来水公司，尤其是对于管网老化、年久失修、且财务状况欠佳的自来水公司而言会是一个很大的挑战。

图框 4：中国降低渗漏量的目标

城市供水管网漏损控制及评定标准规定城市供水企业管网基本漏损率不应大于 12%，在此基础上根据管网长度和供水量进行-2%到 3%的修正。

摘自：CJJ92-2002《城市供水管网漏损控制及评定标准》，住房和城乡建设部

经济价值最大化法

英国水资源研究中心将最优渗漏水平定义为“处于该渗漏水平时，漏水的边际成本等于主动渗漏控制的边际成本”。换句话说，这是一个经济学计算。一旦知道了渗漏水平，渗漏成本也就可以确定下来。主动渗漏控制成本应在开展主动渗漏控制的初期确定下来，使用相关数据就可以计算出最优的渗漏水平。

实际上，这意味着只有当节约 1m^3 水的成本小于供给 1m^3 水的成本时（即

取水、水处理和配水用户的成本），才应实施渗漏控制。这里提到的供水成本应包括运营成本和投资成本，即更换资产的成本，以及为了满足增长的需求而开发新水源和投入新设施的成本。如情况允许，还可以将相关的环境成本和社会成本计算在内。

围绕经济渗漏水平（ELL）以及该水平如何推导的问题一直有很多讨论（参见图框 5）。

图框 5：有待讨论的定义

“由于对经济渗漏水平的确定仍存在很多不同意见，因此尚没有一种明确的方法能够将短期和长期的经济渗漏水平确定下来。长期经济渗漏水平的确定取决于采取一些将供水能力保持在需水量之上的方法所需的成本和采取的时间，比如需求管理、开发水资源和改善供水等就属于此类方法。在分析整个成本效益时，需要把社会成本和环境成本都包含在内。但考虑这两类成本时应考虑哪些因素以及如何确定成本尚不是十分明确。”

上述观点来自英国水与环境管理特许协会(CIWEM)。2003 年，针对渗漏目标的设定，英国水务监管部征求了公众意见，以上观点是民意反馈。

图 3 说明了如何通过成本对比来确定目标：把无收入水量（无收入水量）的水平，也就是“流失收入”的成本，与自来水公司的所有成本进行对比。无收入水量的成本包括水资源费的成本、抽水和处理的成本。自来水公司的成本包括维护计量小区（DMA）的成本、主动检漏和维修小组的成本、管网维修和更换的成本、控制非法用水的成本（债务收取与实施控制措施）、客户服务中心在处理供水中断的投诉中所发生的成本等等。

优化的财务管理将平衡渗漏削减成本与无收入水量的成本，这一平衡点也被称为“经济渗漏水平”。

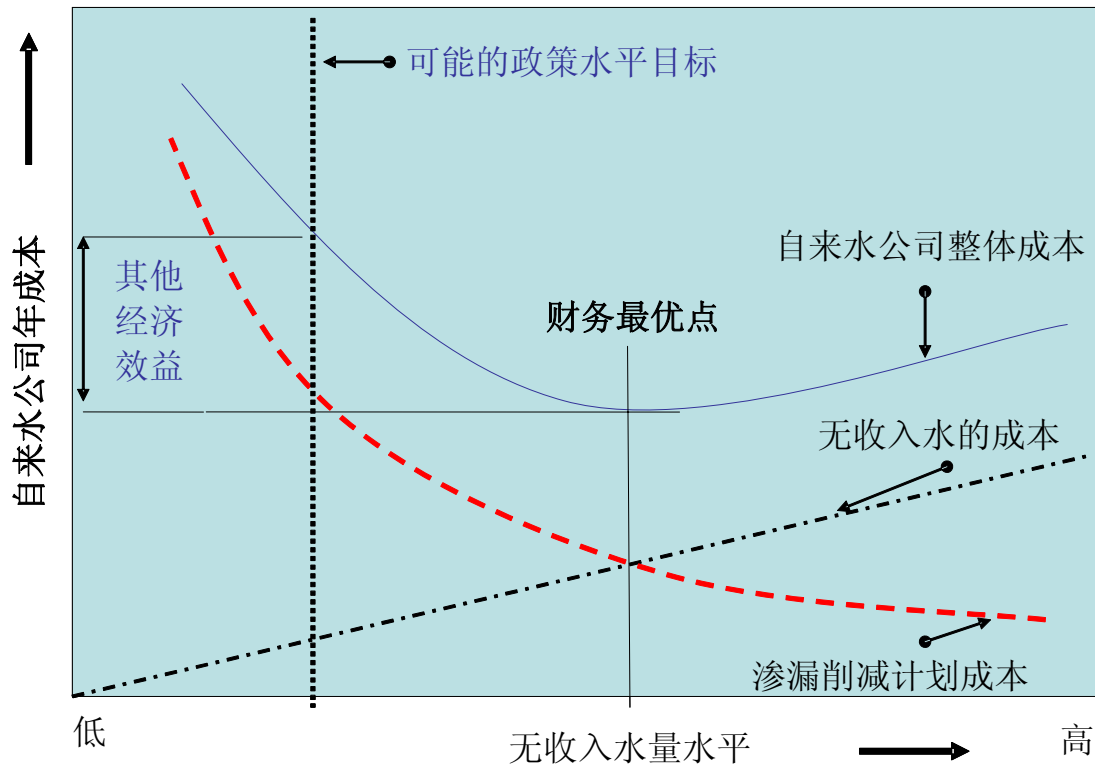


图 3: 经济渗漏水平 (ELL)

然而，图 3 还说明了另外一个经济渗漏水平点，被称为“可能的政策目标水平”。在这个水平上，自来水公司成本和渗漏消减计划成本相对较高，但无收入水的成本较低。选择这样一个经济渗漏水平目标所带来的好处包括：

- 降低水管爆裂的频率；
- 使专业测漏与维修小组的人员齐全；
- 降低抽水设备的负荷；
- 改善客户关系，减少非法用水；
- 使监管者满意；

近来，英国水务监管部门（Ofwat）考虑进一步发展这种方法，以更直接地体现可持续性——**可持续的经济渗漏水平（SELL）**。但是，如图框 5 所述，为了开展这种方法，需要估算环境和社会成本，而在这个过程中会有很多困难。

3.3 监管者的作用

对于任何自来水公司来说，实施一个主动渗漏控制计划的驱动力可能很低。如果需求问题总是通过供应方的干预措施来解决的话，那么在这种情况下，大幅度削减渗漏的困难和成本就会成为行动的阻碍。在许多国家中，通过监管者的干预与控制，可有效地处理这种情况。监管者可设置商定的无收入水量水平，还可设定渗漏削减目标。在本文件系列中，另外一个报告对这个问题进行了探讨，其题目为《专题报告 4.3：中小型自来水公司的监管》。

4 客户的意见

4.1 客户对自来水公司的看法

客户对供水服务的满意度主要取决于三个因素：

1. 供水可靠性；
2. 水质；
3. 水价；

渗漏在三个因素中都直接地或间接地起到了重要作用。

大多数自来水公司都致力于通过供水管网、以充足的水压为客户提供 24 小时饮用水。很明显，管道破裂不可避免地导致部分供水管网关闭并进行紧急维修，同时，管道渗漏常常造成供水量减少。客户调查显示，在供水服务差的居民区会产生一些社会问题，特别是供水量减少对妇女影响较大，这是因为妇女是家庭中的主要用水者，因此，减少此类供水中断，应是自来水公司的一个主要绩效指标。

较小的渗漏，尤其是在间断性供水或水压不足的地方，能造成水质恶化，这个问题在下雨之后更为突出，未经处理的水能够进入管网，使管网中水质变差。

自来水公司应提供一条“热线”，用于报告渗漏，并针对客户报告的任何渗漏情况，迅速开展行动。可见漏点探测小组与维修小组能够有助于改善客户对自来水公司的形象。

有关水表损坏或不准确的问题也会损害公共关系。自来水公司需要迅速对水表不准确问题作出回复，这是因为客户房屋中的管道渗漏通常是导致高水表读数的一个因素。

4.2 涉及客户的有关问题

有关无收入水量和渗漏，自来水公司可能会遇到很多涉及客户的问题，包括以下方面：

- 通过非法连接或对水表篡改，进行偷水；
- 客户家中没有正常运转的水表，导致水的损失（即自来水公司失去收入，并且造成水的浪费）；

图框 6：家庭渗漏（英国）

大多数渗漏发生在供水公司的管网中，其中，1/4 的漏失量发生在客户拥有的供水管道中，客户拥有的管道从客户房屋的土地边界开始。在 1997 年 5 月的英国水务高层会议上，英国政府鼓励供水公司负责客户拥有的供水管道的渗漏，并提供免费的渗漏维修服务。尽管大多数供水公司都接受了这个提议，但是这种方式使责任变得模糊，由此产生了对客户供水管道未来所有权的争议。

实施小区计量（第 5 节）与主动测漏将有助于确定此类问题在整个管网中出现的位置。

另外，如果家庭和建筑物中的渗漏比较严重，将不利于自来水公司开展主动渗漏控制计划，这是由于建筑物内漏水产生的噪音会干扰到测漏过程，夜间流量噪音探测需要在隔离的供水区域中进行，如果建筑物内存在高渗漏问题，应使用隔离阀来控制进入建筑物内的流量。

5 实施小区计量、检漏和维修

5.1 总论

实施小区计量，需要在供水管网上合理地布置水表，每个水表测量一个独立小区的流入量和流出量，这个独立的小区需要有一个规定的范围。这样的一个小区叫做计量小区（DMA）。一个计量小区通常包含大约 1,000 到 3,500 个用水户。

图 1 说明了计量小区的概念。

在建立计量小区之后，对夜间最小流量进行测量，并确定夜间净流量（夜间最小流量减去合法用水量），估算出实际的漏水量。在漏水量高出目标的情况下，开展测漏与维修计划，把漏水量削减到目标之下。然后，对夜间流量进行监测。当渗漏水平再次上升的时候，需要开展进一步的测漏与维修计划。这个过程无限地持续。

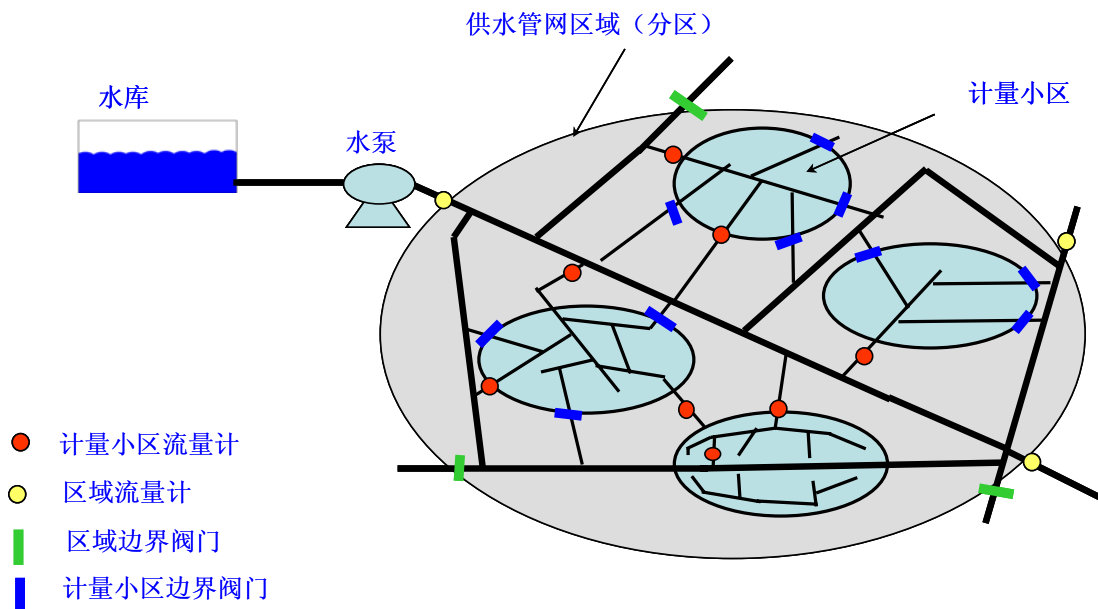


图 1：计量小区（DMA）概念

5.2 建立计量小区的好处

一个计量小区的管理包括：

- 下载和分析流量数据来核查计量小区的渗漏水平，需要定期进行，以及在渗漏维修之后；
- 通过人工听音、地面扩音器和多探头相关仪，结合实地调查和结果分析，开展渗漏调查；
- 使用相关式测漏仪定位漏点；
- 渗漏维修；
- 对渗漏维修进行质检；

根据在亚洲的经验，一个 3 人组成的测漏小组通常能够管理 10 个计量小区。

计量小区管理是一种有效的持续监测流量和水压的方式，从而不断地对渗漏水平做出评价。在任何计量小区或管网中的任何部分，渗漏水平是不断变化的。在一个计量小区中，在一段时间内，可能维持在最佳渗漏水平上，但是随着时间的推移渗漏将不可避免地增加。一般情况下，偶尔的管道破裂会引起重视，其它看不到的漏点，也会通过监测过程被发现。然而，计量小区监测的真正目的是对渗漏变化进行长期的追踪。首先，确定渗漏水平，然后评估是否需要通过测漏和维修把渗漏水平降低到目标水平。对于每一个计量小区来说，由于情况不同、成本不同（受管道材质、管道深度、人口密度等影响），测漏和维修的要求也不同。根据具体的经济情况，在渗漏成本大于测漏与维修成本的基础上，设定相应的目标水平，制定测漏和维修的计划。

5.3 测漏与维修

所有常规的渗漏检测技术都是通过检测渗漏噪音，以探测地下管网中的不可视渗漏。渗漏噪音是由受压水从自来水管流入到无压力环境造成的，噪音的

具体频率与音量的大小取决于若干因素，例如管道材质、系统水压、土壤类型，其中系统水压最为重要。

随着噪音从漏点扩散，渗漏产生的频率也会发生变化。取决于管道材质，高频率的噪音会随着距离的增加而减弱。噪音在金属管道中的减弱是缓慢的，但是在塑料管道中却很快，所以对金属管道测漏较为容易。在一些情况下，存在着大量的背景噪音，因此测音活动要在晚间进行，这是因为晚间几乎没有交通噪音，而且水压通常也很高。

测漏设备一般包括：

- 管道定位仪；
- 闸阀定位仪；
- 音听棒；
- 地面扩音器；
- 噪声记录仪和相关式漏水探测仪；
- 多探头相关仪；

测漏之前，需要找出未知的或记录残缺的地下管道。

不应该把测漏与维修视为一次性工作。一旦进行了初次维修，就应对这个区域再次进行测试，从而保证没有忽略的漏点。



测漏进行中

5.4 渗漏削减的确认

如果要对渗漏量进行准确的估算，则需要对输送到客户家中的水量进行准确的测量，这取决于计量系统的覆盖面和可靠性。如果像英国那样，仅对大约**33%**的家庭供水进行了计量（参照第**6.1**节），那么就还没有达到准确的测量，对渗漏量的估算也只是建立在有很大误差的评估上。尽管普遍都认识到了估算的不确定性和对目标设定的影响，但是仍然把渗漏量作为绝对的值进行报告。

对任何供水区的渗漏估算不能与总供水量分离，即用水量（计量的与未计量的）与非用水量（漏失、输出等等）之和与总供水量对比。水平衡是证实渗漏数值准确性的重要因素，反之，由于计量小区的建立使测量更加准确，因此改善了对合法用水的估算，进而改善了水平衡。

如果要可靠地确定是否已达到了目标渗漏削减水平，那么流量计量的程度和范围是一个重要的因素。尽管如此，即使计量的覆盖范围很低，但是在一个有效的主动渗漏控制计划之下，总供水量的变化是仍然可以识别的。

图框 7：系统渗漏量的准确性

国际上的许多情况中，对系统渗漏量的了解程度十分低。然而，这并没有阻止漏失率在**15%到20%**的有效供水系统方面的报道。事实上，在一些情况下，实际的漏失率要高于**40%**，但这通常只是默认而已。

在中国，尽管常常对水表和维修计划的可靠性存在质疑，但是与许多国家相比，饮用水计量的覆盖范围还是相对很大的。

5.5 绩效指标

一项很重要的工作就是要评价自来水公司渗漏控制的绩效，并且衡量所选择的渗漏控制措施的效果。从理想上讲，绩效比较标准应该能让利益相关者对“他们”的自来水公司的绩效与其他类似自来水公司的绩效进行对比。渗漏绩效指标通常侧重于绩效措施，而不是成本对比标准，这主要是因为众多的自来水公司中很难对成本定义标准化。

由世行建立的国际供水与污水处理绩效管理网络（**IBNET**）是一个新举措，它鼓励供水与污水处理行业搜集并共享一组核心的成本与绩效指标，从而可以满足不同利益相关者的需要（参照<http://www.ib-net.org/>）。在中国，已有**37**家自来水公司参与其中。数据中没有包含渗漏指标，但收录了无收入水量，通过产量的百分比与每天每公里管网漏水量的立方米（ $m^3/km/日$ ）表示。

The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities
IBNET

国家报告

中国

指标	2003	2004	2005	2006	2007
1.1 供水率 (%)	94	93	94	94	95
2.1 污水处理率 (%)	无	无	无	无	无
4.1 总用水量 (升/人/天)	221	208	196	185	183
4.7 居民用水量 (升/人/天)	85	80	77	74	77
6.1 无收入水量 (%)	20	27	27	27	21
6.2 无收入水量 (m ³ /km/天)	71.3	89.9	82.0	75.3	54.3
8.1 售水量中经计量的部分 (%)	99	99	99	99	98
11.1 供水及污水处理运行成本 (美元/m ³ 售水量)	0.17	0.19	0.21	0.27	0.30
12.3 所需员工数量/1000人供水	1.6	1.7	1.5	1.3	1.0
18.1 供水及污水处理平均收益 (美元/m ³ 售水量)	0.18	0.21	0.21	0.27	0.28
23.1 所选时段 (天数)	82	116	111	99	92
23.2 账单支付率 (%)	无	无	无	无	无
24.1 运行成本回收率 (比率)	1.03	1.08	1.02	1.03	0.92

图 2: 中国国家报告 (于 2009 年 11 月下载)

6 渗漏控制的案例研究

6.1 英国水务监管部的目标与自来水公司的成果

在英格兰和威尔士，提高用水效率是 23 家私有水务公司的法定职责。自从 1994 年的私有化以来，英国为了减少主管道爆裂以及供水系统和整体的渗漏，设定了强制的目标。除此之外，英国水务监管部将在 2010 年设定强制的用水效率目标。

监管制度建立在每 5 年对自来水公司绩效审核的基础上，并且每年还要进行考核，并对照 40 多个财务与技术绩效指标进行审核。为了配合审核过程，自来水公司需要向水务监管部提交他们的计划和实际的绩效信息。

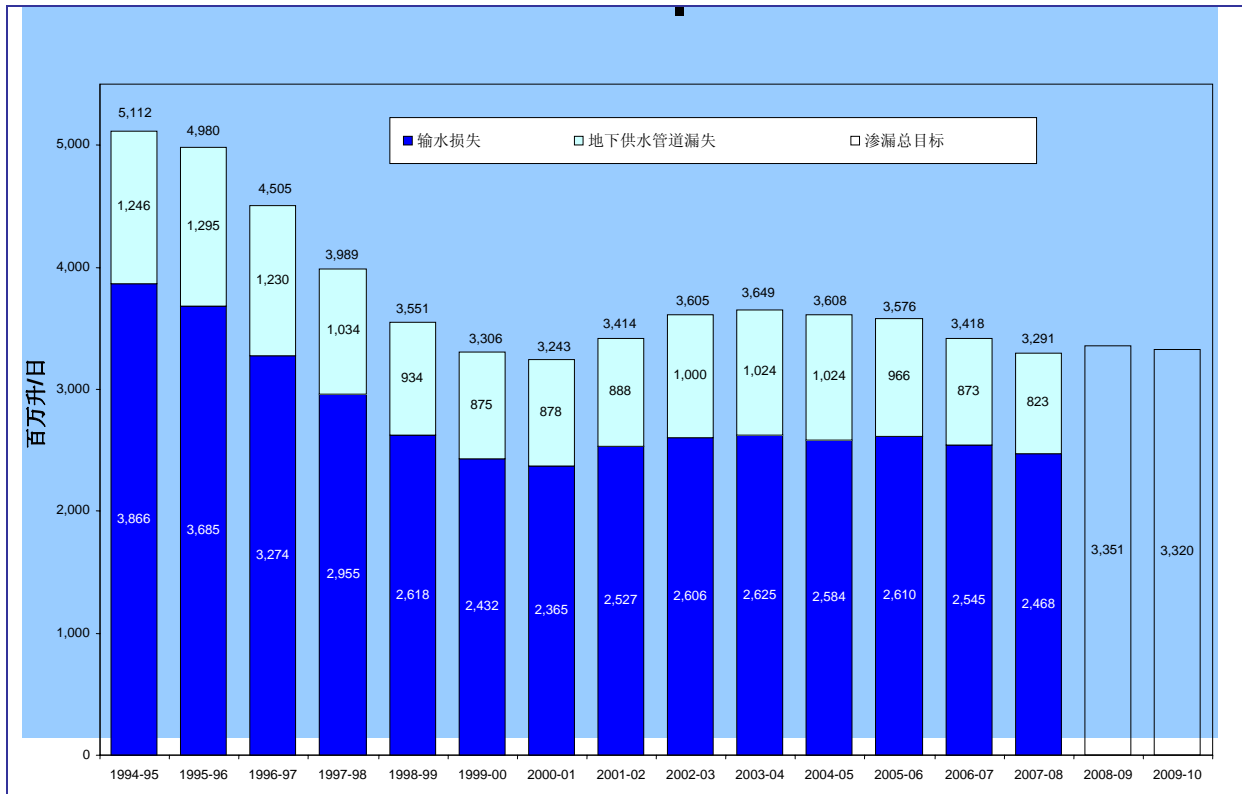
图框 8: 英格兰与威尔士水务监管部 (Ofwat)

作为水处理行业的经济监管者，水务监管部的作用是保护消费者、提倡价值观并确保未来的发展。水务监管部还为公司设定具有挑战性的效率目标（包括渗漏）。

来源: <http://www.ofwat.gov.uk/aboutofwat>

为了建立可持续的地方经济渗漏水平（参照 3.2 节），水务监管部按照一套出版的评价步骤，为每一个自来水公司设定渗漏目标。针对评价渗漏目标的成败，水务监管部把公司在为期三年的绩效考虑进去。未达标可导致巨额罚金和负面的社会声誉。据图 3 显示，自从 1994 年以来，英格兰和威尔士的水行业已显著地降低了整体渗漏水平。

图 3: 英格兰与威尔士的水漏失趋势



来源: 英格兰与威尔士水务监管部

据图 3 显示, 在渗漏量连续 7 年呈下降趋势之后, 又开始回升, 直到再次采取改善措施为止。这反映了一个“快赢”的事实。

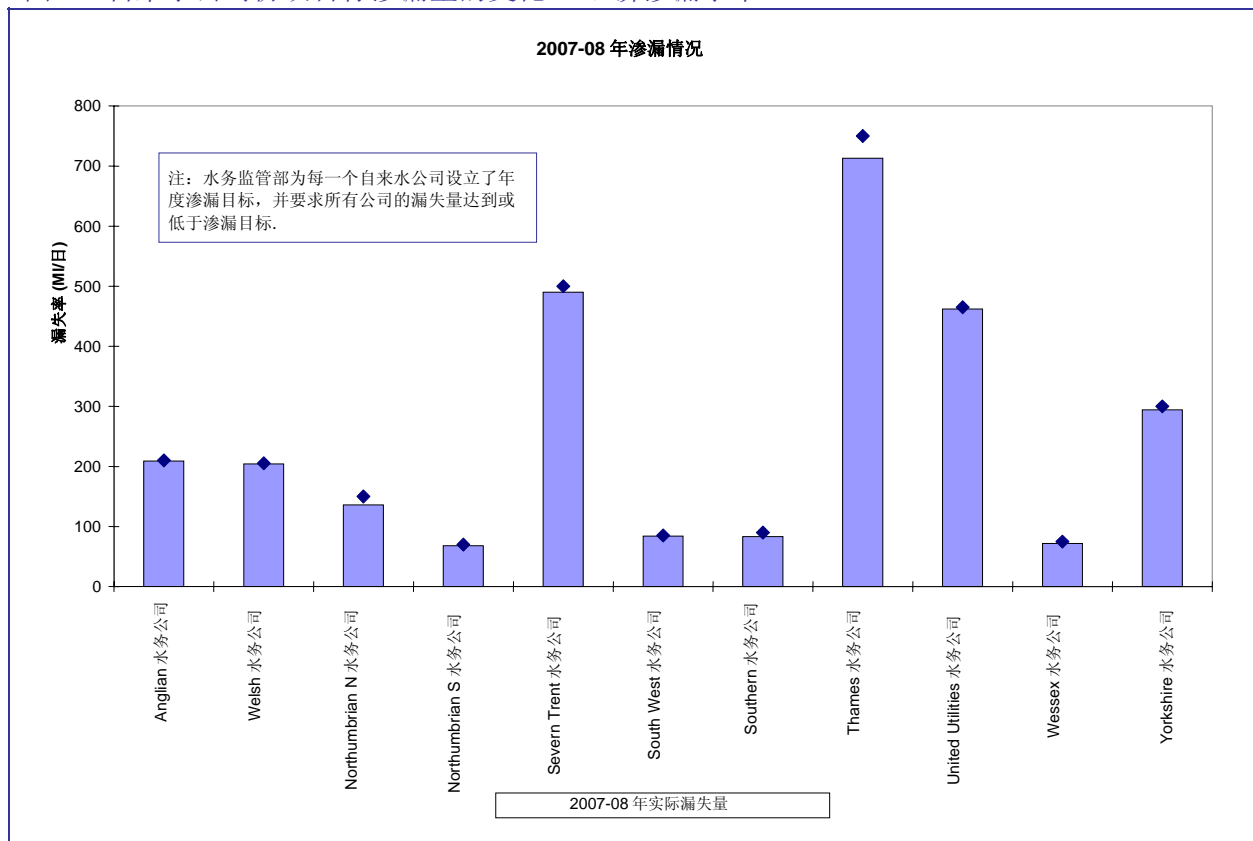
在 2007 年-2008 年间, 平均来讲, 无收入水量占向供水管网输入水量的 19%; 其中, 渗漏量占无收入水量的 89%。平均的总渗漏量为 9.7 m³/km/day。

图 4 说明了每一个供水公司的协议目标是不同的, 并且在 2007-2008 年间, 所有公司都实现了他们的目标, 其中, 尽管泰晤士水务公司 (伦敦供水商) 的情况复杂, 并且供水管网老化, 但是公司渗漏量的控制却超过了目标的要求。通常, 具有较高协议目标的自来水公司往往包含了重要的城市与工业中心, 它们的管网系统不但庞大, 而且还年份已久。

水务监管部不使用供水量的百分比作为一个绩效指标, 但是这个百分比可以从自来水公司所提供的信息中计算出来。在 2007-2008 年间, 所有自来水公司的管网渗漏平均值为 17%, 变化范围在 10%至 21%之间。但是, 如果把属于客户部分的供水管网渗漏量也包含进去的话, 那么平均值就会上升至 22%。这两种数值都不包括房屋内部的任何损失。

应注意的一点是, 大多数商业与工业客户都使用水表计量, 而在 2009 年仅有 33%家庭使用了水表计量。然而, 新建房屋都按常规安装水表。这意味着水务监管部和自来水公司都必须使用一种基于样本区域的复杂分析, 用于核实整体渗漏的估算。因此, 如若与其他国家的渗漏率进行比较, 需要谨慎一些。

图 4: 自来水公司协议目标渗漏量的变化 (经济渗漏水平)



Source: 英格兰与威尔士水务监管部

6.2 泰国——主动渗漏控制的成果

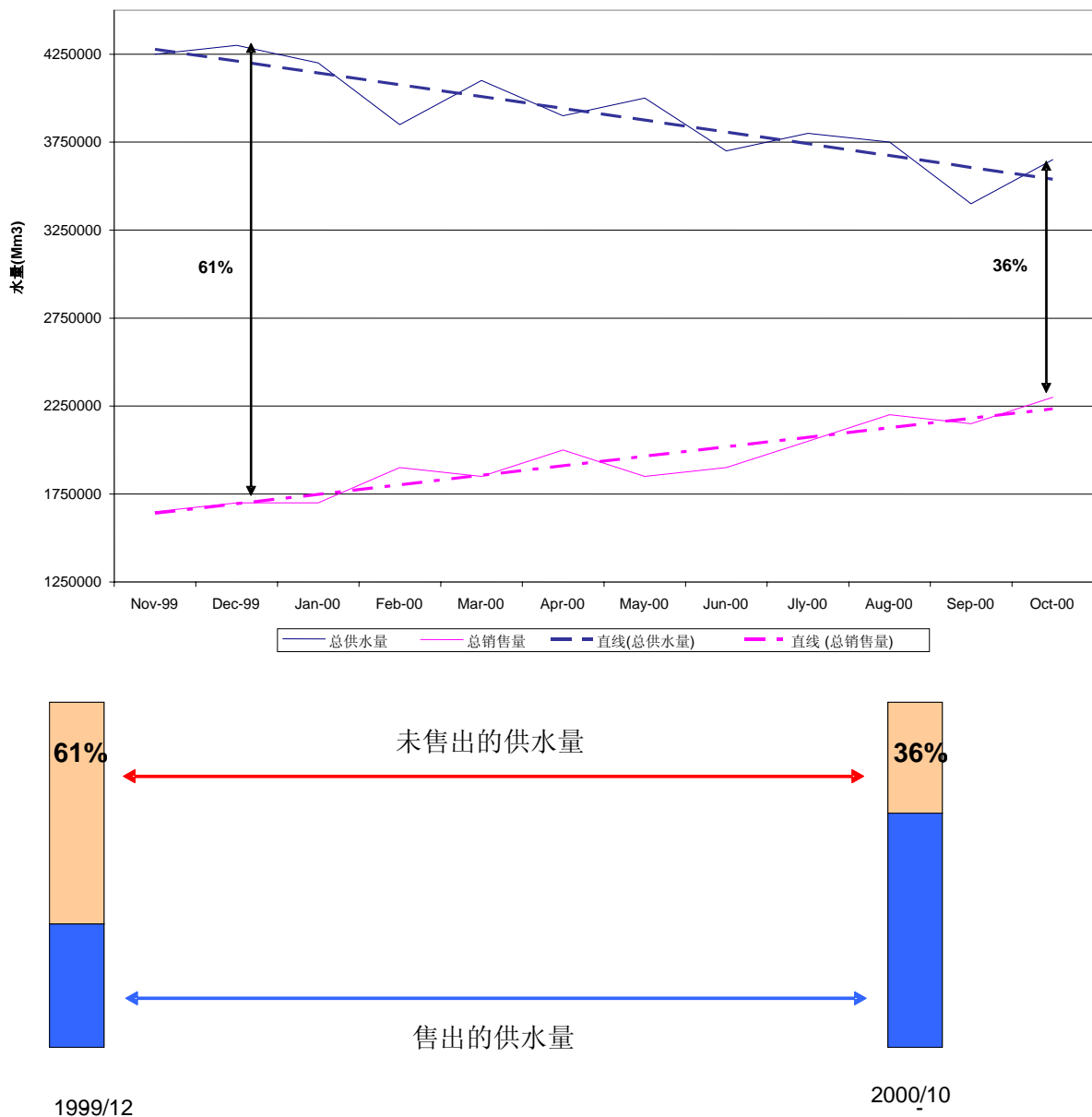
泰国的一项“Pathumthani-Rangsit”供水项目案例, 成功地引进主动渗漏控制措施, 有效削减了无收入水量。

在开始采用主动渗漏控制政策之前, 无收入水量占生产销售水量的 61%。通过实施主动渗漏控制政策, 不到一年的时间里小区计量的无收入水量减少到 36% (如图 5 所示)。在两年里无收入水量减少至 29%, 比计划提前了大约 3 年。

由于不能满足用水需求, 通过渗漏削减得到的水量可以用于销售, 从而提供了部分额外供水量。从图中可以看出, 除了渗漏削减外, 由于运营成本的降低, 还带来了额外的收益

截至到 2007 年 3 月, 无收入水量达到了 21%。与图 3 中英国案例相比较, 泰国案例也展示了一个类似的模式, 也就是说, 无收入水量在初始阶段经历了快速下降之后, 如若继续降低无收入水量, 那么就会变得越来越困难。

图 5: Pathumthani-Rangit 供水项目中无收入水量和销售量的变化趋势



6.3 WRDMAP 项目辽宁调查与北票详情

WRDMAP 项目于 2008 年对中国辽宁省 10 个自来水公司的组织与运营安排情况进行了调查。这十个自来水公司分别是北票、朝阳、沈阳、本溪、灯塔、海城、开原、铁岭、小市、岫岩。

辽宁省内的大多数自来水公司是国有企业，都按照企业原则进行运营。然而，这些公司却不能够获得足够的收入

来支付成本，因此依赖于财政补贴，或累计运营赤字。物价局对水价调整起决定性的作用，他们更加关注人们是否能够负担得起水费，而不是成本回收。因此，大多数水是按照低于成本的价格销售给家庭用户的。

除了北票自来水公司定时向客户供水之外，大多数自来水公司都提供不间断供水。尽管对大多数客户进行水表计量，但是却没有开展足够的工作来调查高耗水的现象，真正从需求管理入手。

大多数水的浪费发生在供水管网中，估计的渗漏率一般在 20%至 40%之间。计量小区的数量有限，这表明了实际的渗漏程度是未知的。

辽宁是一个水资源缺乏的省份，所以在各级开展需求管理是十分重要的。管网供水需求管理的一个主要特征是要获得准确的用水信息，而通过普及水表计量可很容易地或得这些信息。普及水表计量是中国的一个政策，包括对住宅楼中每个家庭进行计量（大多数城市居民都住在住宅楼内）。从整个国家范围内来看，在城市开展水表计量已经相当普及，大约 90%的用水户实行水表计量。虽然不是所有的家庭用水户都安装了水表，调查表明乡镇的水表计量程度也很高。在北票由于冬天水表容易冻坏，自来水公司并不愿意对平房开展水表计量。

需求管理的另外一个重要方面是渗漏探测与维修。据中国水协称，无收入

水量（主要由管网中的渗漏量构成）平均仅占 20%，而对于管理好设施完善的自来水公司要低于 10%。与国际标准相比，这个数值是非常低的。对于这种情况，一个可能的解释是大多数人居住在住宅楼内，配套的供水管网比较紧凑。另一个可能的解释是中国对无收入水量的定义与测量并不适合与其他国家进行直接对比。因为，据北票调查显示，居民楼内部的管道漏水量很高。

调查中得到的渗漏水平为 20%至 40%（产量的%）。一些城镇很乐观地把渗漏率目标设定在 10%至 20%之间，并声称所有自来水公司都具有装备良好和管理到位的测漏单位，但是仅有一家声声称建立了计量小区（DMA）。

表 1 列举了水表计量和渗漏探测的调查结果，这些结果可与深圳的“最佳惯例”（图框 9）进行对比。

图框 9：节水示范

深圳在缺水管理方面位于国内其它城市的前列，并在节水领域被公认为是最佳城市之一。深圳市目前的管网渗漏率已低至 12%，深圳水利部门已设法把未计量水从 2005 年的 20%减少至 2007 年的 14%。

来源: 亚洲发展银行

表 1：水表计量与渗漏探测

类型	北票	朝阳	沈阳	本溪	灯塔	海城	开原	岫岩	铁岭	小市
生活水表 (%)	70	100	99	90	40	80	90	80	40	90
非生活水表 (%)	100	100	100	10	60	100	100	100		10
渗漏 - 目前 (%)	30		27	35	25	20	40	40	20	35
渗漏 - 目标 (%)	15		15		10				20	
测漏小组	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
计量小区个数	2		12							4

北票自来水公司参与了 WRDMAP 项目的一个案例研究，在天缘社区建立了一个试点计量小区。

来源: 2008 年 WRDMAP 项目调查

7 总结

随着水资源规划者对需求管理越来越重视，迫使自来水公司对渗漏采取行动。在过去，被动的渗漏维修政策是可以接受的；而现在，发放取水许可的管理机构与自来水公司的客户都要求自来水公司采取一个倾向于主动测漏的方法，主动寻找与维修漏点。

从整个世界范围来看，自来水公司正朝向主动渗漏控制的方向迈进。早期的采纳者基本上是企业，但是从中获取的经验教训能够帮助较小型的自来水公司设计最佳的主动渗漏控制计划，使未来的成本效益最大化。

在计划开展一个渗漏控制计划的时候，自来水公司应牢记以下几点：

- 为了评估渗漏控制计划实际达到的节水量，在实施测漏和维修工作之前，应对总流量表的读数和夜间最小流量进行一段时间的监测。在渗漏削减方案执行期间，应持续开展监测。
- 开展测漏活动的最好方式就是要结合并使用一系列的技术。一些方法适合于对整个区域进行初次的大面积搜索，而另外一些方法则能够用于精确地找出漏点位置。
- 测漏与维修不应被视为一次性活动。一旦实施了首次维修，就应对该区域再次进行测试，确保没有遗漏较大的漏点。
- 自来水公司应关注客户房屋与场所内的渗漏水平，提供维修服务（可能收费或免费），并且应快速处理水表失灵问题。

自来水公司面临的缺水问题越大，实施主动渗漏控制计划的理由就越充足。由于不可能完全消除渗漏，所以自来水公司应衡量成本与效益，确定经济渗漏水平。在对效益的计算中，应考虑

节省投资的可能性，具体的做法是：如果要获得更多水量，可通过增加新水源或节水来实现。在假定两种方法得到的水量相同的情况下，估算增加新水源的成本，再估算通过主动渗漏控制计划进行节水的成本，然后对比这两个成本，分析节省投资的可能性。

对于某一个管网系统来说，尽管在设定“目标”渗漏水平的背后存在许多科学和经济学，但是在许多情况中，由于以前对主动渗漏控制的关注并不多，所以可分阶段开展主动渗漏控制。第一步就是应设法确定目前的渗漏量以及漏点的位置，这需要对管网进行调查。根据调查结果，确定在什么地方需要对计量进行改进，其目的是为了更好地了解整个管网的渗漏水平。

另外，必须要采用一个开放式的渗漏认可水平。因此，渗漏目标设定的计划应在一段时期内开展。在图框 4 中，最终设定的渗漏目标是 12%。为了实现渗漏目标，将会需要许多干预措施，其中的一个主要元素就是主动渗漏控制计划。

文件参考表

词汇:

DMA	计量小区 – 一个典型的计量小区是一个相对较小的、水力界定的区域，属于供水管网的一部分。而且，自来水公司还要通过流量计，测量小区的流入量；在适当的情况下，还可测量小区的流出量。计量小区作为一种管理工具，使自来水公司通过结构性的方法来确定渗漏水平。
ELL	经济渗漏水平 - 当达到经济渗漏水平时，如果开展更多的渗漏削减活动，那么成本就会超过节水所带来的效益。
IBNET	国际供水与污水处理绩效管理网络
ILI	基础设施渗漏指数 – 当前渗漏量与不可避免的渗漏量之间的比值
NRW	无收入水量 – 生产出供销售、但没有获得收入的水量
SELL	可持续的经济渗漏水平 – 如若按照 SELL 水平运营，则意味着渗漏削减的成本要与节约下来的水量的价值保持平衡， <i>其中包括任何相关的环境与社会成本以及效益</i> 。在 SELL 水平上设定渗漏目标保证了客户和环境的最大效益。
UfW	未计量水 – 未计量水等于以下三项之和：非法用水量、渗漏量、水表出错所导致的损失量
WSC	自来水公司

书目:

CJJ92-2002 《城市供水系统渗漏控制与评估标准》,住房和城乡建设部

悉尼水务 《2006 年大都会水计划》

<http://www.ofwat.gov.uk>

水利部水资源综合管理文件汇编相关材料：

专题报告 3.2：城市供水需求管理

指导手册 3.3/1：中小型自来水公司的主动渗漏控制

指导手册 3.3/2：中小型自来水公司资产管理

操作指南 3.3：中小型自来水公司主动渗漏控制手册

专题报告 4.3：中小型自来水公司的监管

指导手册 5.4：中小型自来水公司水价制定

专题报告 5.7：中小型自来水公司财务管理和模型

如需有关水资源综合管理的更多信息 – 推荐网站：

中华人民共和国水利部：www.mwr.gov.cn

全球水伙伴：www.gwpforum.org

WRDMAP 项目网站：www.wrdmap.com

中英合作水资源需求管理项目

水资源综合管理方法汇编
根据 **DFID** 出资的水资源需求管理援助项目
(**2005-2010**)
中央案例研究报告编写计划

报告由以下部分构成:

专题报告

指导手册

操作指南

实例

培训材料

3.
需求管理

本方法汇编系列的中英文材料可查询以下项目网站

WRDMAP 项目网站: www.wrdmap.com

咨询服务由英国莫特麦克唐纳公司牵头, 其他成员单位包括: DHI (丹麦水力与环境研究所)、HTSPE (UK)、中国水利水电科学研究院 (IWHR)、北京中水新华国际工程咨询有限公司 (IECCO)、国际农村发展中心 (CIAD)、清华大学, 中国农业科学院——农业环境与可持续发展研究所、中国科学院水资源研究中心、甘肃省水文水资源勘测局、辽宁省水文水资源勘测局。

