



供水管理与漏损控制

Water Management and Water Loss

[英]斯图尔特·汉密尔顿 [南非]罗尼·麦肯齐 著
国际水协会中国漏损控制专家委员会 译著

中国建筑工业出版社

供水管理与漏损控制

[英]斯图尔特·汉密尔顿 [南非]罗尼·麦肯齐 著

国际水协会中国漏损控制专家委员会 译著

中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01-2017-5524号

图书在版编目（CIP）数据

供水管理与漏损控制 / [英] 斯图尔特·汉密尔顿, [南非] 罗尼·麦肯齐
著; 国际水协会中国漏损控制专业委员会译著. —北京: 中国建筑工业出版社,
2016. 9

ISBN 978-7-112-21164-7

I. ①供… II. ①斯…②罗…③国… III. ①供水管理②给水管道—水管防
漏 IV. ①TU991

中国版本图书馆CIP数据核字（2017）第210799号

Copyright©IWA Publishing 2014

This translation of Water Management and Water Loss is published by arrangement with IWA
Publishing of Alliance House, 12 Caxton Street, London, SW1H 0QS, UK, www.iwapublishing.com

Chinese translation copyright ©2017 China Architecture & Building Press

All rights reserved.

本书由国际水协会出版社（IWA Publishing）授权我社翻译、出版、发行本书中文版。

责任编辑：于 莉

责任校对：李美娜 李欣慰

供水管理与漏损控制

[英] 斯图尔特·汉密尔顿 著
[南非] 罗尼·麦肯齐

国际水协会中国漏损控制专业委员会 译著

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京海淀三里河路9号）

各地新华书店、建筑书店经销

北京京点图文设计有限公司制版

北京利丰雅高长城印刷有限公司印刷

*

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：14½ 字数：383 千字

2017 年 9 月第一版 2017 年 9 月第一次印刷

定价：108.00 元

ISBN 978-7-112-21164-7

（30808）

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

译著者

(按姓氏拼音排序)

Ami Preis 陈书云 侯煜堃 金俊伟 李 杰

李 爽 刘书明 卢颂宇 陆宇尘 舒诗湖

王 圣 王志军 吴 珊 徐 强 徐兆凯

姚黎光 易春来 赵春会

国际水协会中国漏损控制专家委员会

(按姓氏拼音排序)

主 席：金俊伟 刘书明

常 委：侯煜堃 李 爽 刘 阔 卢颂宇 陆宇尘

舒诗湖 王雪峰 王志军 吴 珊 徐 强

译著者序

供水管网漏损问题日益突出,2015年4月,国务院印发的《水污染防治行动计划》(“水十条”)中明确规定:到2017年,全国公共供水管网漏损率控制在12%以内;到2020年,控制在10%以内。2017年年初,国家发改委、水利部和住建部三部委联合下发了《节水型社会建设“十三五”规划》。2017年3月,住建部发布的《城镇供水管网漏损控制及评定标准》CJJ 92—2016正式实施。这些文件的出台充分体现了城市供水管网漏损控制工作的紧迫性。

为了向国内供水行业介绍国外漏损控制经验,推进中国供水管网漏损管控的实践进程,国际水协会中国漏损控制专家委员会组织编译此书,旨在通过国内外漏损控制实际经验的介绍,帮助供水管理者梳理面临的问题,并找到合适的漏损控制措施。本书介绍了常见的漏损控制措施和在波黑、萨格勒布、弗尔巴斯市、塞尔维亚、美国的实践案例。同时,为了展现亚洲漏损控制的进展,本书还增加了澳门、新加坡、上海等国家或地区的案例。

本书共分九章。第1章由刘书明和徐强翻译,介绍了四种类型管道的漏损探测和定位技术选择方案;第2章由侯煜堃和刘书明翻译,介绍了气体注入法、人工听音杆、漏损噪声相关法(带加速感应的相关法和水听器相关法)、内窥漏损检测技术、噪声记录器——非相关的方法、电子放大听音装置(听漏仪)等漏损探测技术的原理和适用条件;第3章由王志军和吴珊翻译,介绍了压力管理概念,介绍了固定输出控制法、基于时间调节的压力控制法、流量控制法、智能闭环控制法四种压力控制方法以及大型高级压力控制案例;第4章由刘书明和李爽翻译,阐述了信息收集和管网绩效评估的重要性,以及如何基于数据分析应对高爆管率,避免管网的漏水等;第5章由吴珊和王志军翻译,讨论了在实施公众认知和教育中的一些相关挑战;第6章由金俊伟和徐强翻译,对供水管网系统中流量和压力的数据采集情况进行了概述,从而突出其在漏控管理项目中所发挥的信息价值,同时通过大量的精彩案例及细节介绍,重点论述了流量和压力数据采集的要点;第7章由李爽和刘书明翻译,介绍了实施大用户水表整合和优化项目的计划和政策,以及如何实施这些项目;第8章由徐强和陆宇尘翻译,介绍了水平衡软件(AQUALITE)、背景夜间流量分析模型(SANFLOW)、经济学的漏损模型(ECONOLEAK)、压力管理模型(PRESMAC)等管网漏损评价软件的基本功能,并介绍了需水管理和产销差价方法;第9章案例研究,介绍了波黑、萨格勒布、弗尔巴斯市、塞尔维亚、美国、上海、澳门、新加坡、莲塘等国家或地区的管网漏损管控案例,其中波黑和萨格勒布的案例由徐强、金俊伟翻译,弗尔巴斯市的案例由赵春会和金俊伟翻译,塞尔维亚的案例由金俊伟和吴珊翻译,北美

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

的案例由刘书明、吴珊和徐强翻译，上海的案例由舒诗湖、姚黎光、陈书云、王圣和徐兆凯撰写，澳门的案例由卢颂宇编写，新加坡的案例由 Ami Preis 编写，莲塘的案例由陆宇尘、易春来、李杰编写。全书由刘书明、徐强统稿。

希望本书的出版对提高中国供水管网漏损管控水平起到推进作用。由于译著者水平有限，书中不足之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

译著者
2017 年 7 月

目 录

第 1 章	引言	1
1.1	技术列表	1
1.1.1	干管管件——高压	2
1.1.2	干管管件——低压	2
1.1.3	居民及干管管件——高压	3
1.1.4	居民及干管管件——低压	4
第 2 章	漏损探测技术	5
2.1	方法 A: 气体注入法	5
2.2	方法 B: 人工听音杆	5
2.3	方法 C 和 D: 漏损噪声相关法	6
2.4	方法 C: 带加速感应的相关法	7
2.5	方法 D: 水诊器相关法	7
2.6	方法 E: 内窥漏损检测技术	8
2.6.1	绳索系统	8
2.6.2	自由漂流系统	9
2.7	方法 F: 噪声记录仪——非相关的方法	10
2.8	方法 G: 电子放大听音装置 (听漏仪)	11
2.8.1	分步测试	12
2.8.2	分步测试原理	12
第 3 章	压力管理原理	15
3.1	简介	15

3.1.1	压力管理的基础	15
3.1.2	压力管理的概念	17
3.1.3	固定输出控制法	18
3.1.4	时间控制法	19
3.1.5	流量控制法	20
3.1.6	智能闭环控制法	21
3.1.7	何时使用高级压力控制手段	22
3.1.8	大型高级压力控制案例	30
3.1.9	Khayelitsha: 开普敦城 -2001	30
3.1.10	Sebokeng: Emfuleni 市政府 -2005	31
3.1.11	Mitchell' s Plain: 开普敦城 -2008 年 11 月	34
3.1.12	结论	36

第 4 章 管道的维修与更换..... 38

4.1	维修与更换的定义	38
4.2	管网的耐久度	38
4.3	配水管网的损坏	39
4.4	影响管道破损风险的因素	39
4.5	管道破损的定义	40
4.6	信息的重要性	40
4.6.1	信息收集的问题	41
4.6.2	“无用输入，无用输出”原则	41
4.6.3	最低需求	41
4.6.4	开发信息系统	41
4.7	配水管网绩效评估	42
4.7.1	评估管网绩效的重要性	42
4.7.2	配水管网绩效指标	42
4.7.3	CAREW（配水管网改造计算机辅助模型）	42
4.7.4	成本信息	42
4.7.5	环境因素	43
4.7.6	配置数据	43
4.8	管线破损数据库	44
4.8.1	管线破损信息的重要性	44
4.8.2	英国破损数据库案例	44
4.9	数据收集——从点滴做起	45
4.9.1	建立管线资产数据库	45
4.9.2	收集维修信息	45

4.9.3 收集辅助信息 45

4.9.4 组织信息 45

4.10 数据分析 46

4.10.1 基本方法 46

4.10.2 GIS 系统的使用 46

4.11 应对高爆管率 48

4.11.1 如何确认破损率是否过高? 48

4.11.2 压力控制降低破损率 48

4.11.3 提升压力增加破损率 48

4.11.4 确定管道更换计划 48

4.12 成本收益研究 49

4.12.1 成本收益研究的需求 49

4.12.2 计算直接成本 49

4.12.3 潜在收益 49

4.12.4 比较基本设施建设成本和运行成本 49

4.12.5 间接成本和三重底线法 50

4.13 预测未来的趋势 50

4.13.1 预测未来的必要性 50

4.13.2 可用模型 50

4.14 避免新管网漏损 51

4.14.1 管材的选取 51

4.14.2 合同要求 51

4.15 进一步研究 52

第 5 章 公众认知和教育 54

5.1 简介 54

5.1.1 公众认知和教育的重要性 54

5.1.2 公众认知教育的目标 55

5.1.3 实施的方法 58

5.1.4 经验教训 65

第 6 章 数据采集与记录 67

6.1 简介 67

6.1.1 基本情况 67

6.1.2 数据采集的重要性 67

6.1.3	最小夜间流量的分析	68
6.1.4	最小夜间流量的评估	68
6.1.5	正常夜间用水量	70
6.1.6	背景漏损	70
6.1.7	不明漏损点计算	71
6.1.8	利用最小夜间流量进行漏损管理	73
6.1.9	大用户水表的实时在线流量采集	80

第 7 章 大用户水表整合与优化: 计划、实施和效益..... 85

7.1	简介	85
7.1.1	计划和政策	86
7.1.2	实施	88
7.1.3	结果	91
7.1.4	结论	92

第 8 章 辅助控制管网漏损的软件 94

8.1	简介	94
8.1.1	背景	94
8.1.2	AQUALITE: 水平衡软件	96
8.1.3	SANFLOW: 最小夜间流量分析软件	98
8.1.4	ECONOLEAK: 漏损控制的经济性分析软件	99
8.1.5	PRESMAC: 压力管理软件	101
8.1.6	需水管理打分表	102
8.2	最新的产销差评价结果	106

第 9 章 案例研究 112

9.1	波黑的管网漏损控制工程	112
9.1.1	简介	112
9.1.2	水平衡评估软件——CalcuLEAKator	112
9.1.3	图兹拉 KUZICI DMA 的漏损控制工程	114
9.1.4	结论	116
9.2	萨格勒布 (克罗地亚) 大规模配水管网漏损管理提升计划	118

9.2.1	简介	118
9.2.2	DMA 和 PMA——起点	118
9.2.3	DMA/PMA 的设计	119
9.2.4	实施	120
9.2.5	结果	121
9.2.6	结论	123
9.3	通过集体住宅总表对水漏损进行分析	124
9.3.1	简介	124
9.3.2	问题描述	124
9.3.3	分析	127
9.3.4	结论	131
9.4	塞尔维亚诺维萨德自来水公司的漏损控制	132
9.4.1	简介	132
9.4.2	压力管理	132
9.4.3	计量分区 (DMA) 和真实漏损基本绩效指标	133
9.4.4	主动漏损控制和 DMA 试点	134
9.4.5	水价政策和水表误差	134
9.4.6	2014 年战略布局	135
9.4.7	结论	135
9.5	连续声学监测——美国的一项创新发展	137
9.6	北美自来水用水审计的第一个案例	142
9.6.1	方法	142
9.6.2	研究结果	143
9.6.3	结论	148
9.7	上海案例	150
9.7.1	简介	150
9.7.2	上海供水概况	151
9.7.3	漏损控制技术方法及管理策略	155
9.7.4	中心城区漏损控制典型案例	159
9.7.5	郊县漏损控制典型案例	172
9.8	澳门自来水产销差的现况, 发展和挑战	178
9.8.1	简介	178
9.8.2	产销差的计算与组成	178
9.8.3	产销差的管理	179
9.8.4	智能系统的应用及对监控产销差的辅助	180
9.8.5	管材的选择	182
9.8.6	旧管更换的投资计划	183
9.8.7	供水管网的管理	183
9.8.8	测漏方法及计划	185

9.8.9	减控产销差的行动计划	191
9.8.10	未来的挑战	192
9.8.11	总结	193
9.9	探究智能水网：开发智能水网，用于改进新加坡供水管网的运营.....	194
9.9.1	简介	194
9.9.2	新加坡智能水网部署	195
9.9.3	总结	207
9.10	莲塘计量分区漏损控制	208
9.10.1	简介	208
9.10.2	深圳市近年来漏损情况及典型管理模式	208
9.10.3	莲塘的漏损控制	209
9.10.4	总结	216

第1章 引言

目前，供水管网漏损已成为全球面临的严重问题，发展中国家由于缺乏充足的资金，供水基础设施的维护相对薄弱，管网漏损问题更为严重。在一些区域，漏损量可能比实际的合法用水量还要高，并且这种情况还在恶化，在某些地区，间歇供水甚至变成了一件很平常而不是罕见的事。

国际水协认为漏损是世界面临的最重要问题之一，供水已不能满足目前的需求，而日益增长的人口无疑又增加了供水的压力。为了应对这些问题，国际水协成立了漏损专家委员会，这个委员会成为供水协会中最活跃和重要的一个小组。它的核心职能是分享来自世界各地专家的经验 and 理论，帮助供水企业管理和降低漏损。通过这个小组的努力，许多新的、创新性的监测、分析供水管网漏损技术诞生了。水平衡表目前被世界广泛应用，供水企业能够以一个标准的、实用的方法确定漏损的等级，进而对某个特定的地区采取最合适的干预措施。解决漏损问题时，首先要认识到每个地区自身独有的问题，或是多个地区的共性问题，然后找到针对性的解决方法。没有一刀切的解决方法。

本书提供了对发达国家和发展中国家经常面临的一些关键问题的分析。旨在通过实际案例研究，帮助供水管理者弄清楚他们所面临的问题，提供建议并帮助他们解决问题。本书旨在以一种通俗易懂的方式提供信息和建议，主要包含了世界各地的漏损专家的案例和实用经验，这些专家有着最好的或者最坏的实践经历。希望供水业内人员能从这些成功的或者失败的案例中受益。

1.1 技术列表^{*}

对漏损探测/定位技术的选择依赖于操作环境以及管道材质。本书列出了四个不同的技术列表，以帮助用户做出选择。

(1) 干管管件——高压

只针对干管管件的漏损探测（没有用户连接），其压力大于 10m 或者 15psi，管件距离在 200 ~ 500m 之间。

(2) 干管管件——低压

只针对干管管件的漏损探测（没有用户连接），其压力小于 10m 或者 15psi，管件距离在

^{*} 本节摘自《漏损探测：技术与实施》第2章，Stuart Hamilton 和 Bambos Charalambous 著，IWA 出版社于 2013 年出版。

200 ~ 500m 之间。

(3) 居民及干管管件——高压

对所有居民及干管管件的漏损探测，其压力大于 10m 或者 15psi，管件距离在 10 ~ 50m 之间。

(4) 居民及干管管件——低压

对所有居民及干管管件的漏损探测，其压力小于 10m 或者 15psi，管件距离在 10 ~ 50m 之间。

这些列表考虑了以下管材：金属（包括钢、球墨铸铁和其他含铁材料）、混凝土（包括钢筋混凝土、预应力混凝土管（PCP））、石棉水泥、玻璃增强塑料（GRP）、聚氯乙烯（PVC）、聚乙烯（中密度聚乙烯、高密度聚乙烯）。

在后面会继续讨论可行的技术，那些可行并且可靠的设备会列入备选目录；有些设备在部分情况下可能是适用的，但是并不一定普遍适合。需要强调的是，不断会有新的设备出现，这些列表仅仅考虑了当时可用的设备（截至 2012 年 12 月）。

1.1.1 干管管件——高压

这个列表适用于干管管件的漏损探测（没有用户连接），压力大于 10m 或者 15psi，管件距离在 200 ~ 500m 之间。

直径 mm	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000+
英寸	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40+
金属	A, B, C, D, F, G	A, B, C, D, F, G	A, B, C, D, F, G	A, B, C, D, F, G	A, B, C, D, F, G	A, C, D, E, F, G	A, C, D, E, F, G	A, C, D, E	C, D, E	C, D, E	D, E	D, E	E	E	E
混凝土	A, C, D	A, C, D	A, C, D	A, C, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
石棉水泥	A, C, D	A, C, D	A, C, D	A, C, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
玻璃增强塑料 (GRP)	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
聚氯乙烯 (PVC)	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
聚乙烯	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E

- 方法 A：气体注入；
- 方法 B：人工听音棒；
- 方法 C：非侵入性声学技术，标准相关仪、噪声记录相关仪（加速度计）；
- 方法 D：侵入性声学技术，标准相关仪或噪声记录相关仪（水听器）；
- 方法 E：管内检测技术（系绳和自由泳动仪）；
- 方法 F：噪声记录器（非相关仪），非侵入式磁性连接；
- 方法 G：电子放大听音麦克风。

1.1.2 干管管件——低压

这个列表适用于干管管件的漏损探测（没有用户连接），压力小于 10m 或者 15psi，管件距离在 200 ~ 500m 之间。

直径 mm 英寸	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000+
	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40+
金属	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
混凝土	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
石棉水泥	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
玻璃增强塑料 (GRP)	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
聚氯乙烯 (PVC)	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
聚乙烯	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E

- 方法 A: 气体注入;
- 方法 B: 人工听音棒;
- 方法 C: 非侵入性声学技术, 标准相关仪、噪声记录相关仪 (加速度计);
- 方法 D: 侵入性声学技术, 标准相关仪或噪声记录相关仪 (水听器);
- 方法 E: 管内检测技术 (系绳和自由泳动仪);
- 方法 F: 噪声记录器 (非相关仪), 非侵入式磁性连接;
- 方法 G: 电子放大听音麦克风。

1.1.3 居民及干管管件——高压

这个列表适用于居民及干管管件的漏损探测, 压力大于 10m 或者 15psi, 管件距离在 10 ~ 50m 之间。

直径 mm	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000+
英寸	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40+
金属	A, B, C, D, F, G	A, B, C, D, F, G	A, B, C, D, F, G	A, B, C, D, F, G	A, B, C, D, F, G	A, C, D, E, F, G	A, C, D, E, F, G	A, C, D, E, F, G	C, D, E, F, G	C, D, E, F, G	C, D, E	C, D, E	D, E	D, E	D, E
混凝土	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
石棉水泥	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, C, D	A, C, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
玻璃增强塑料 (GRP)	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, C, D	A, C, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
聚氯乙烯 (PVC)	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
聚乙烯	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E

- 方法 A: 气体注入;
- 方法 B: 人工听音棒;
- 方法 C: 非侵入性声学技术, 标准相关仪、噪声记录相关仪 (加速度计);

- 方法 D: 侵入性声学技术, 标准相关仪或噪声记录相关仪 (水听器);
- 方法 E: 管内检测技术 (系绳和自由泳动仪);
- 方法 F: 噪声记录器 (非相关仪), 非侵入式磁性连接;
- 方法 G: 电子放大听音麦克风。

1.1.4 居民及干管管件——低压

这个列表适用于居民及干管管件的漏损探测, 其压力小于 10m 或者 15psi, 管件距离在 10 ~ 50m 之间。

直径 mm	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000+
英寸	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40+
金属	A, C, D, F	A, C, D, F	A, C, D, F	A, C, D, F	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
混凝土	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
石棉水泥	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
玻璃增强塑料 (GRP)	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
聚氯乙烯 (PVC)	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E
聚乙烯	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E	E	E

- 方法 A: 气体注入;
- 方法 B: 人工听音棒;
- 方法 C: 非侵入性声学技术, 标准相关仪、噪声记录相关仪 (加速度计);
- 方法 D: 侵入性声学技术, 标准相关仪或噪声记录相关仪 (水听器);
- 方法 E: 管内检测技术 (系绳和自由泳动仪);
- 方法 F: 噪声记录器 (非相关仪), 非侵入式磁性连接;
- 方法 G: 电子放大听音麦克风。

第 2 章 漏损探测技术*

管网中的漏损发生点可通过多种技术进行探测，探测定位的精度取决于多种因素，本章随后的部分将提供更多这方面的信息。一些技术可能可以对漏损点进行大致定位，而另一些技术能实现准确定位，通常使用多种技术相结合的方法进行漏损探测。

2.1 方法 A: 气体注入法

这种方法使用气体探测装置，通过发现注入管道的示踪气体来判断哪儿发生了漏水。从成本和探测效果角度来讲，氢气是最常用的示踪气体，有时也使用氦气。

氢气是最轻的气体，并具有最低的黏性。这使得它很容易充满管线、排放和消散。通常用氮气稀释成 5%，这种气体可注入地下电缆、管道和小直径的室内热水管中。

气体注入法可用于直径 75 ~ 1000mm 的所有管材的漏损探测。它也适用于更大直径的管道，显然这需要更大量的气体。管线可以是空的或充满水，对于充满水的管道，仅需少量的气体即可发现存在的漏损点。

为准确搜寻泄漏出来的示踪气体，必须已知管道中水流的方向，并且气体可能滞留到疑似泄漏的管道中。采用气体注入法时，由于示踪气体会沿支管进行扩散，因此需要封闭实验管段上的任何支管。同时，示踪气体与水混合后不影响水质。这种方法适用于所有密闭的管路，包括电缆和管道，管材类别对气体注入法的效果没有影响。

2.2 方法 B: 人工听音杆

对于许多水务公司来说，听诊器或人工听音杆并不陌生。这类设备通过“听”管道附件漏损的噪声，实现对漏损点的定位。听音杆的材质多为金属、木质或塑料。这项技术不使用电子设备增强噪声，仅凭借工程师听漏损产生的噪声。

这项技术最适用于管径在 75 ~ 250mm 之间、压力大于 10m (15psi) 的金属管线。管材和管径并不妨碍听音杆从地面上定位漏损点，但其他因素包括漏损的类型、回填土的组成、流经管道

* 本章原文修改自《漏损探测：技术与实施》的第 4 章，Stuart Hamilton 和 Bambos Charalambous 著，IWA 出版社于 2013 年出版。