

浪费淡水：停止系统性故障



关于国际不锈钢论坛ISSF

国际不锈钢论坛是一家非营利性行业组织，总部位于布鲁塞尔，致力于不锈钢新市场开拓，并对不锈钢可持续、负责任的产品形象进行大力推广。ISSF与各国不锈钢发展协会（SSDAs）紧密合作，因为他们在各自市场直接面对终端用户、媒体、大众和监管机构。

协会全球拥有56位成员，几乎占全球不锈钢总产能的90%。



Tim Collins

秘书长

电子邮件: collins@issf.org

移动电话: +32 471 26 02 05



Jo Claes

行政与沟通经理

电子邮件: claes@issf.org

移动电话: +32 472 85 64 47

更多信息

关于ISSF的信息，请点击

worldstainless.org。

关于不锈钢及其可持续性，请点击

sustainablestainless.org。



目录

前言

简介

管理漏水管

不锈钢水管

不锈钢波纹输水管

生命周期成本

波纹不锈钢管

东京、首尔和台北项目的测试结果

用户体验

东京不锈钢水管

首尔的不锈钢水管

台北的不锈钢管道

资料来源

附件

前言



TIM COLLINS
国际不锈钢论坛总干事

我们从日本不锈钢协会（JSSA）的一份市场简报中了解到东京水务局在其输配水管网中使用了不锈钢。这真是一个有趣的应用案例。在过去32年的时间里，该城的输水管网焕然一新，从早期的铁、铅、塑料，到不锈钢的演变过程中，年度水损率也从17%降低到2%。在全球水资源如此稀缺的今天，这的确是令人瞩目，因此我们组建了案例组对此进行分析。

在撰写案例分析的过程中，我们很快发现首尔和台北也在利用同样技术进行水管网改造。这两个

案例可以让我们直接接触到决策者。这是个重大的进展，因为东京改造项目的决策者们早已退休。

过去两年对东京和首尔的案例研究为我们奠定了简洁、完整的信息基础。台北项目仍在进展之中，我们紧密跟踪项目的最新进展。

我们已经准备好进入下一个重要阶段，将这些城市的成功经验推广到世界其他城市。很多城市都存在较高的输配水损失问题。特别感谢经合组织经合组织提供的每年输水损失超过10%的城市清单，其中有些城市还超过了40%。

这些问题需要解决，而不锈钢水管则是一个耐久可行的方案。不锈钢结实稳固，耐冲击能力强，甚至包括地震；该材料清洁卫生，可以改进水质；

其耐腐蚀性强，它灵活的屈曲成型能力使其在亚洲三城市的应用中，一方面重量轻，可以人工搬运，另一方面可在现场制成奇怪的屈曲形状。其寿命长达近100年，而且无需过多维修养护，因此可以大量减少水管漏水后，挖洞修路而产生的高额成本。城市需要一套可以持续好几代的输水管网。

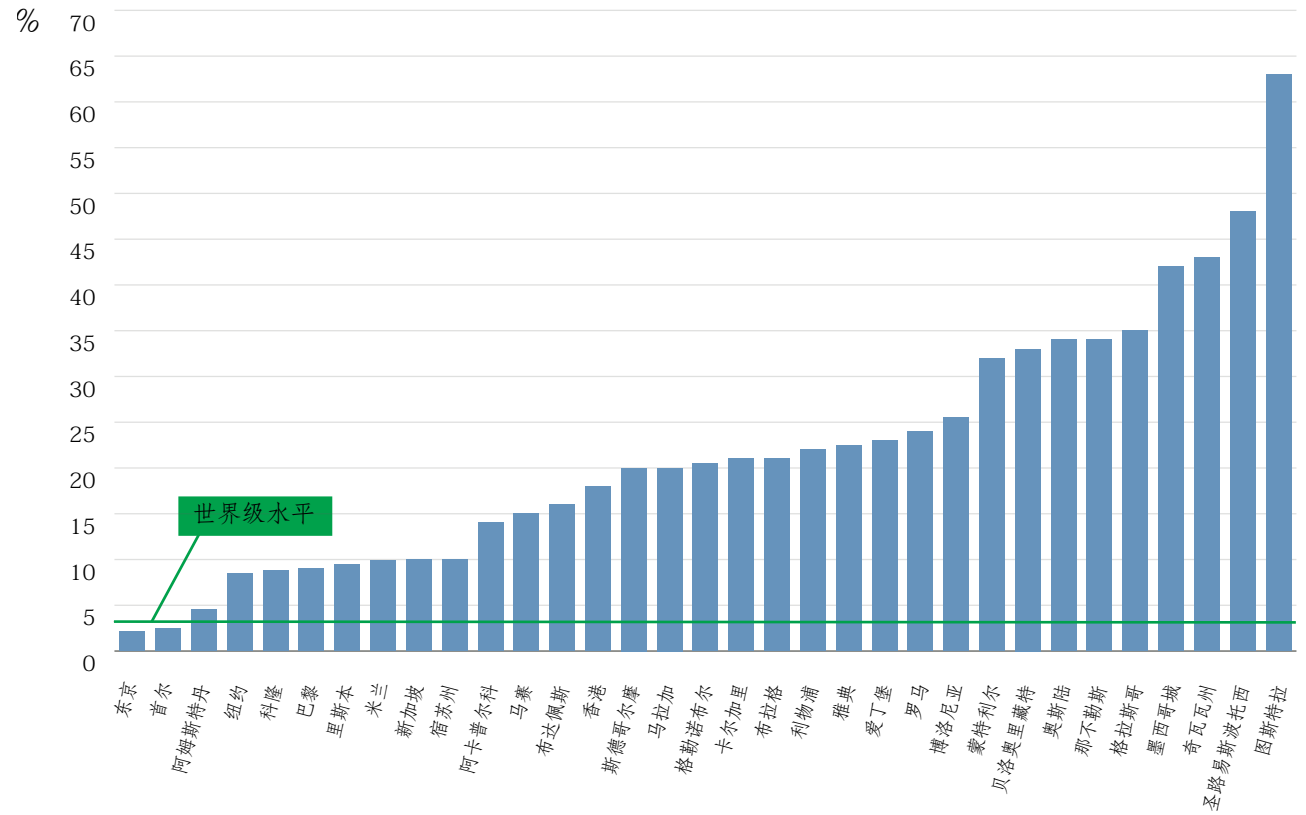
这为不锈钢业带来两个好处：提高产品的市场需求，提升不锈钢的环保形象。因此我要向各位亲爱的读者们和全球各国人民推荐此文。并将此故事讲给你们各自城市的领导或代表。不锈钢水管能节约用水，减少用水成本，让大家受益。

Tim Collins
国际不锈钢论坛秘书长
布鲁塞尔

简介

选定城市因水管渗水引起的水损失

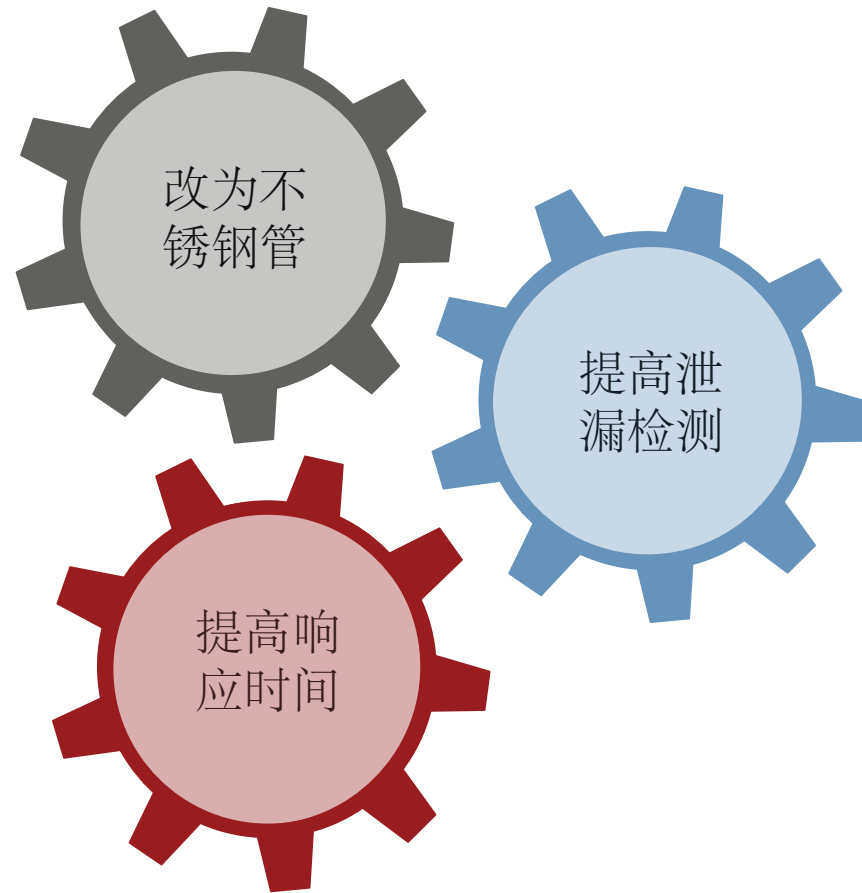
水管渗水引发的水损是全球各城市都在面对的问题。有些城市每年的水损率高达40%，这些水都是已经处理过的水。经合组织最新的研究表明，如本页图表所示，不仅仅发达城市和发展中城市受到了影响，甚至主要经济体的首都的水损也远远超过了可持续或可维持的量。



主要城市漏水率
来源：经合组织（城市水务治理，2016年）

管理漏水管

- 国际不锈钢论坛，镍协会和国际钼协会的研究表明，第一步也是最重要的一步是用所有不锈钢钢管和管件替代供水管道。
- 不锈钢所具有的抗腐蚀能力和较高强度与重量比，使其足以承受包括地震活动在内的冲击，还可抑制细菌的生长。
- 不锈钢的维护需求极低，但是任何材料都无法承受严重损坏和/或极端冲击。
- 即使是不锈钢，也需要一个辅助管理系统来检测是否存在任何泄漏。
- 使用金属管道的一个优点是，泄漏时会发出声音，这使得检测变得更加容易。
- 在情况恶化之前，最关键的是拥有一个快速反应团队对泄露问题进行迅速有效地处理。
- 所有上述提到的三个部件(不锈钢管道、声音泄漏检测系统和快速响应)对于提供一个稳健的最终解决方案至关重要。



不锈钢水管

材料效益

不锈钢是一种强度高的耐用材料。与其他材料相比，它也不易开裂。它耐腐蚀性强，不需要涂层或其他保护层。不锈钢特别耐磨，它坚硬光滑的表面使细菌难以附着滋生，因此非常卫生。过去100年以来，不锈钢在食品饮料的生产、制备和运输中发挥了重要作用。它自身具备的化学惰性使其与接触的食物和饮料不会发生反应。输配水的理想解决方案是使用不锈钢波纹管。波纹钢管的使用减少了焊接头的数量，因此降低了泄漏的风险。波纹钢管第二个好处是在安装现场容易弯曲，因此以前无法弯曲的地方现在也可以做到了。波纹钢管改进了生产率，提高了输水管网的抗地震能力。

环境效益

在所有工程材料中，不锈钢在整个生命周期中对环境的影响是最小的。它使用寿命长，报废后能被100%回收，用于生产与原来产品具有同等强度和耐久性的新产品。



波纹不锈钢管
来源：韩国水工程协会 (kwwa.or.kr)

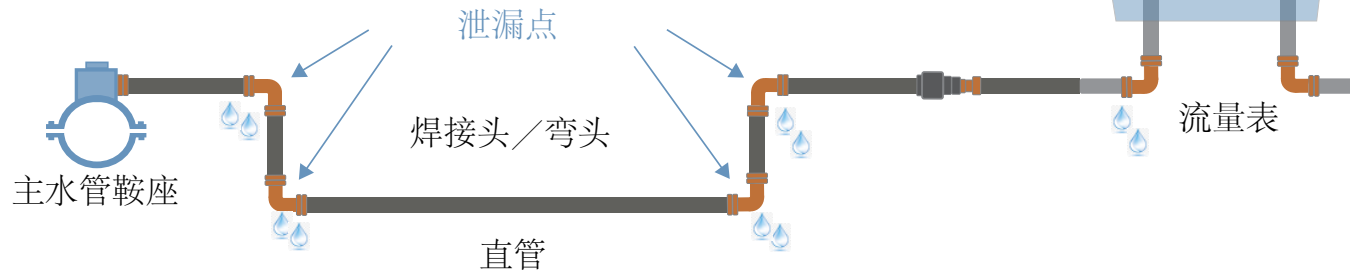
生命周期成本

不锈钢比其他竞争材料的初始投资成本要高，但如果从其整体使用寿命来看，考虑到它维护维修成本极低，其实选用不锈钢更便宜。

假设在当前实际利率下其使用寿命预计为100年，相比之下使用其它材料的成本要高得多。

不锈钢波纹输水管

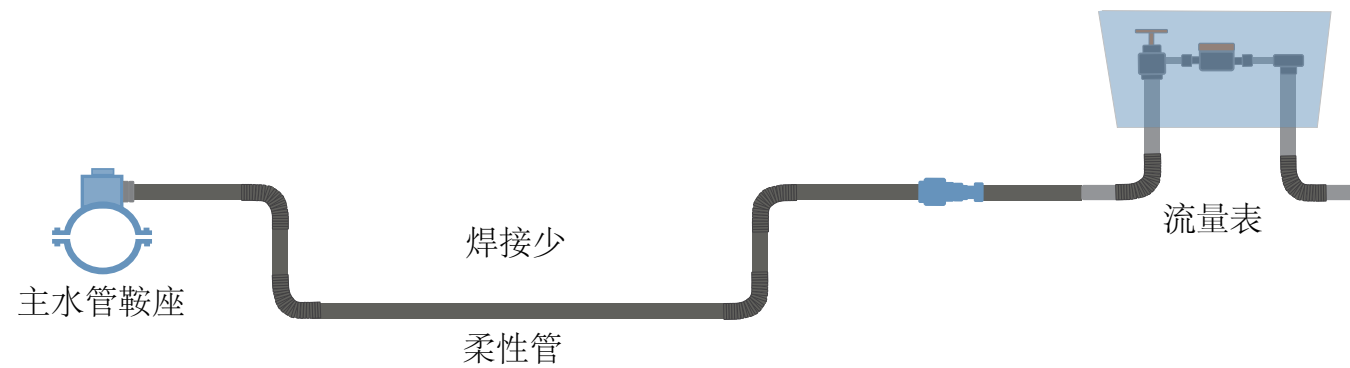
传统管道系统



柔性不锈钢波纹管系统:

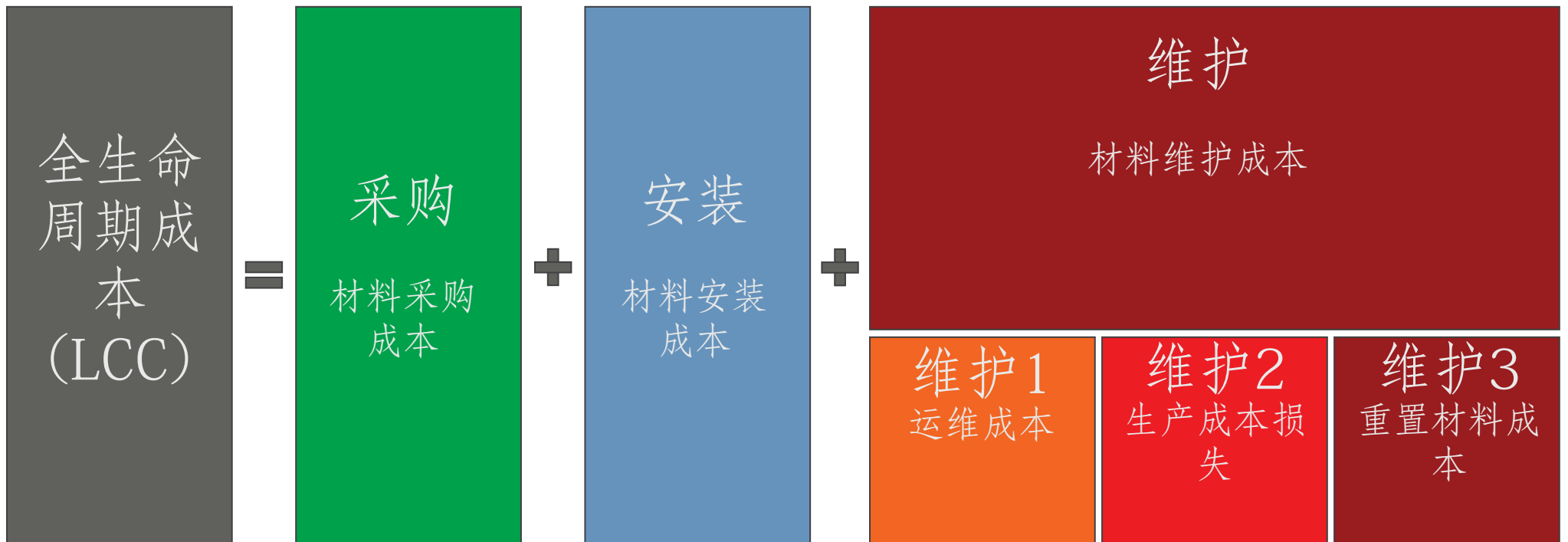
- 避免接缝漏水
- 减少接头数量
- 抗震

不锈钢波纹管



生命周期成本

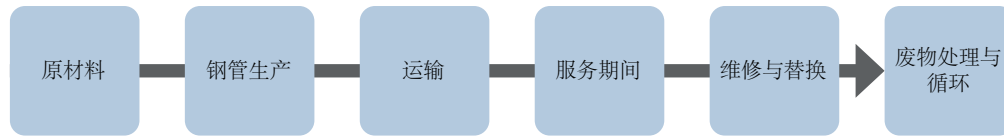
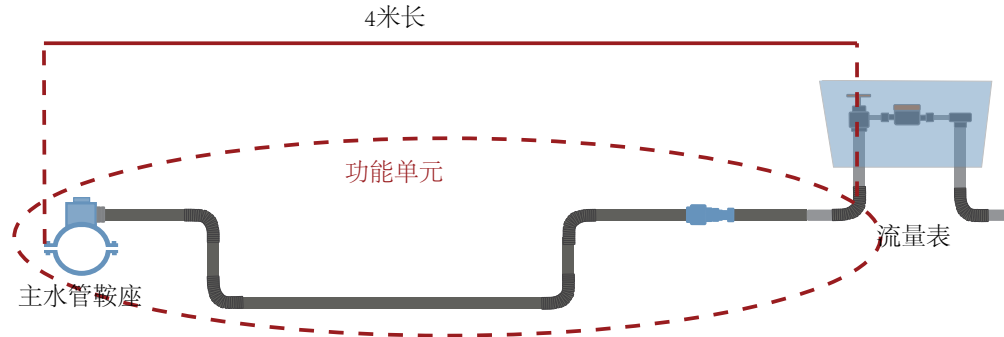
生命周期成本公式





系统定义

4米长（20毫米直径），有100年使用寿命的水管。水管从给水总管到家用水表，中间包括接头、弯头、T型接头和阀门。



从原料到报废进行了LCC分析

假设	不锈钢 (316)	PVC	PE
1. 使用寿命	100年	50年	50年
2. 实际利率	0.27% ¹		
3. 4米长波纹钢初始材料成本（包括零件）	\$297 ²	\$89 ²	\$67 ²
4. 初始安装（包括人工成本） ³	\$1,683（假定每个案例都一样）		
5. 运维成本	假定为零（但现实中存在维修和停工成本。因此减少生产中断很重要）		
6. 停工期间生产损失成本	假定为零（但现实中存在维修和停工成本。因此减少生产中断很重要）		
7. 重置成本 ³	\$1,980/100年	\$1,772/50年	\$1,750/50年
8. 剩余价值（回收废料） ⁴	\$100/100年	\$0	\$0
100年使用寿命总计	\$2175	\$3690	3340

1. IHS Markit预测的实际利率
2. 韩国仁川实例的管道成本
3. 韩国仁川实例等重置成本
4. 不锈钢能够实现100%的回收

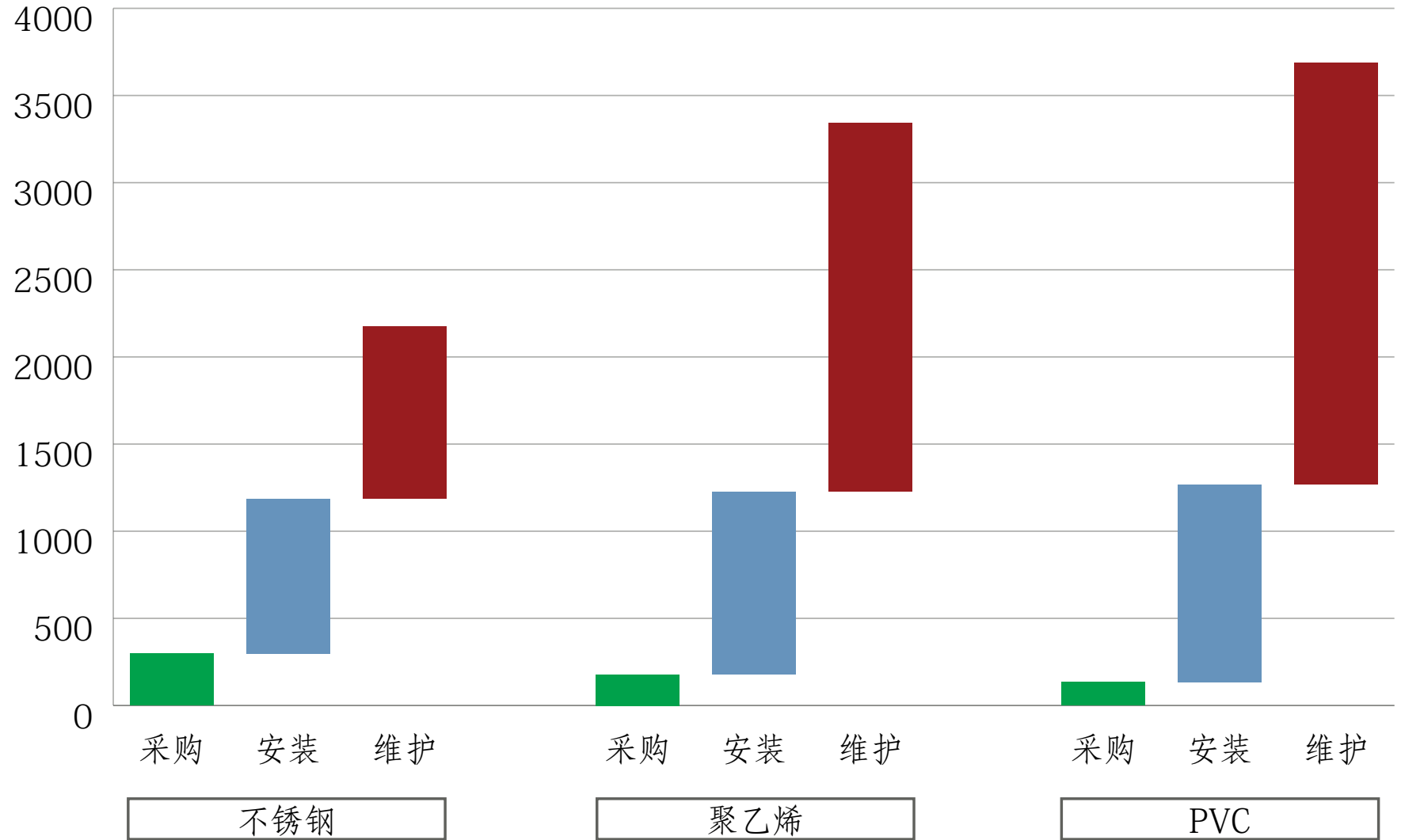
316号钢的生命周期成本分析结果表明，从整体使用寿命来看，它的成本更加低廉。

东京水务局对其它材料进行了测试，结果表明其它材料生命周期更短，因此成本更高。

我们的假设是现行实际利率下，使用寿命为100年（尽管克莱斯勒大厦的案例已经表明100年的寿命估算相当保守）。



生命周期成本比较



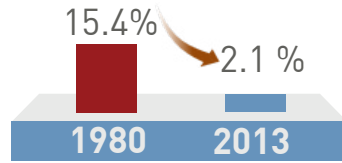
波纹不锈钢管



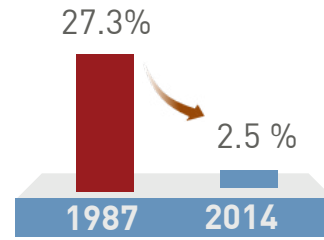
东京、首尔和台北项目的测试结果

漏水率

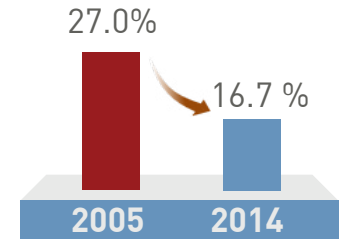
东京



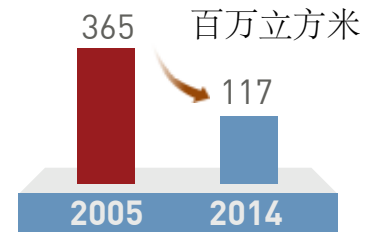
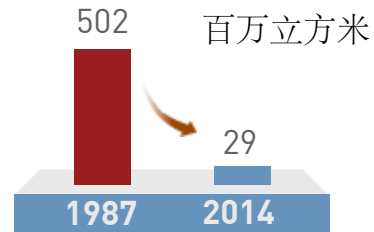
首尔



台北



漏水量



用户体验



东京水务局

在对水管网系统进行全面检查的基础上决定更换成不锈钢管，这证实是个正确的决定。我们发现不锈钢对渗水及水质有很大的影响。

Okabe Takeshi, 水供应部经理



首尔自来水厂

正如我们所预料，不锈钢管能提升水质，其使用寿命优于其它材料。波纹管操作更简单，减少泄漏。

Kim HyenTon 配水部总监



不锈钢波纹管流量计和旋塞阀
摄影师: Philippe De Putter



东京不锈钢水管

东京自来水厂数据 (图2013)

	1980	2013
人口 (百万)	11.6	13.3
配水量 (百万立方米)	1,692	1,523
漏水量 (百万立方米)	260	33
泄漏率 (%)	15.4	2.2

主要挑战

- 严重缺水
- 漏水的水管
- 土壤中氯离子含量较高
- 保持良好水质的担心
- 易受强烈地震冲击
- 在泄漏区域周围发生严重的局部溢水，甚至导致一些道路倒塌。

为什么不选择304号钢，选择316号钢？

东京水务局在经过大量地面测试后，选择了更高牌号的316钢来提高水管的耐腐蚀性。他们说之所以选它是因为他们想要最好的材料。和材料的成本相比，其强度和耐久性更重要，因为保障供水安全是最重要的。

地下埋管测试

为了更好地检测管道的耐腐蚀性，收集耐腐蚀数据，东京水务局启动了一个试验，在10个地方将不同材料制的水管理于地下长达十年。试验表明，不锈钢在强度和耐腐蚀方面表现较好，316号钢的性能优于304。土壤中氯离子和硫酸盐的浓度很高，而试验发现316钢管没出现任何点蚀。

316是牌号更高的钢，比304号钢成本高，但东京水务局认为，更大的成本是管道铺设成本，更不可接受的风险是水管问题引起的潜在缺水。因此决定无论初始成本差别有多大，还是选用强度更好的钢，这在经济上是合理的。

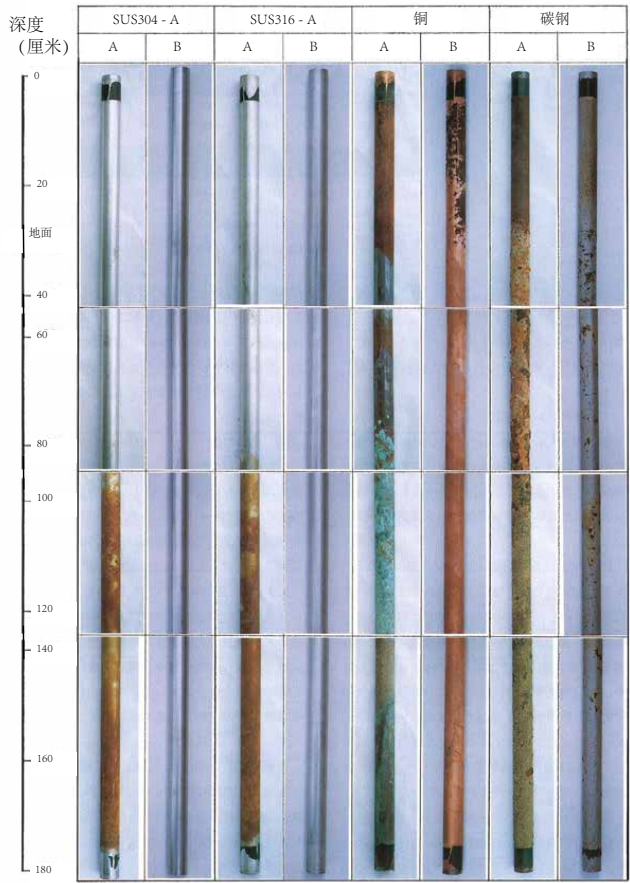


1. 钏路市，H号试验，酸洗后



2. 川奈市，P号试验，酸洗后

在钏路市（日本东北部）和川奈市（日本中部）两地埋管10年后的照片



冲绳的埋试结果。
A: 水清洗后
B: 酸洗后

波纹不锈钢管

东京水务局发现很多泄露都出现在焊接点上。用波纹管可以使安装人员将管道弯曲成所需的形状，减少焊接头和弯头的数量，使安装后的管道保持更大的灵活性，更能够抵抗地震冲击。

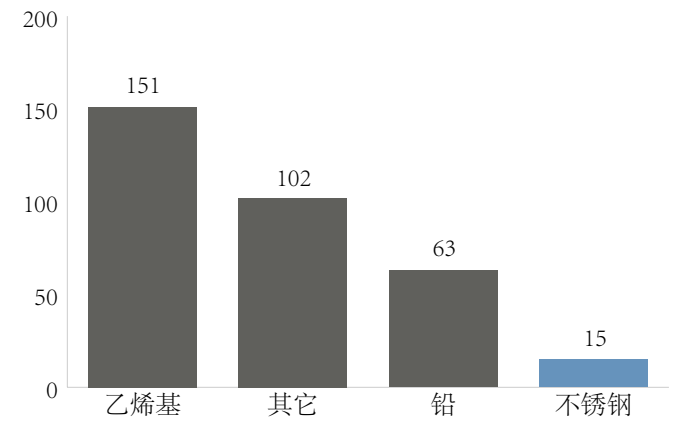
2011年3月11发生在本州岛东北岸的仙台大地震很好地验证了这点，该地震9级，是有史以来强度最大的地震。东京市所处地带受影响被划定为强烈和非常强烈之间（甚至远在北京都感受到此地



不锈钢波纹管
摄影师: Philippe De Putter

震)。事件发生后，检查发现，安装的不锈钢管只有5%破损。

在1998年引入不锈钢管之前，东京在1991年和1998年间对波纹不锈钢管进行了测试。在早期测试中，他们使用了青铜配件，发现接头处有腐蚀的危

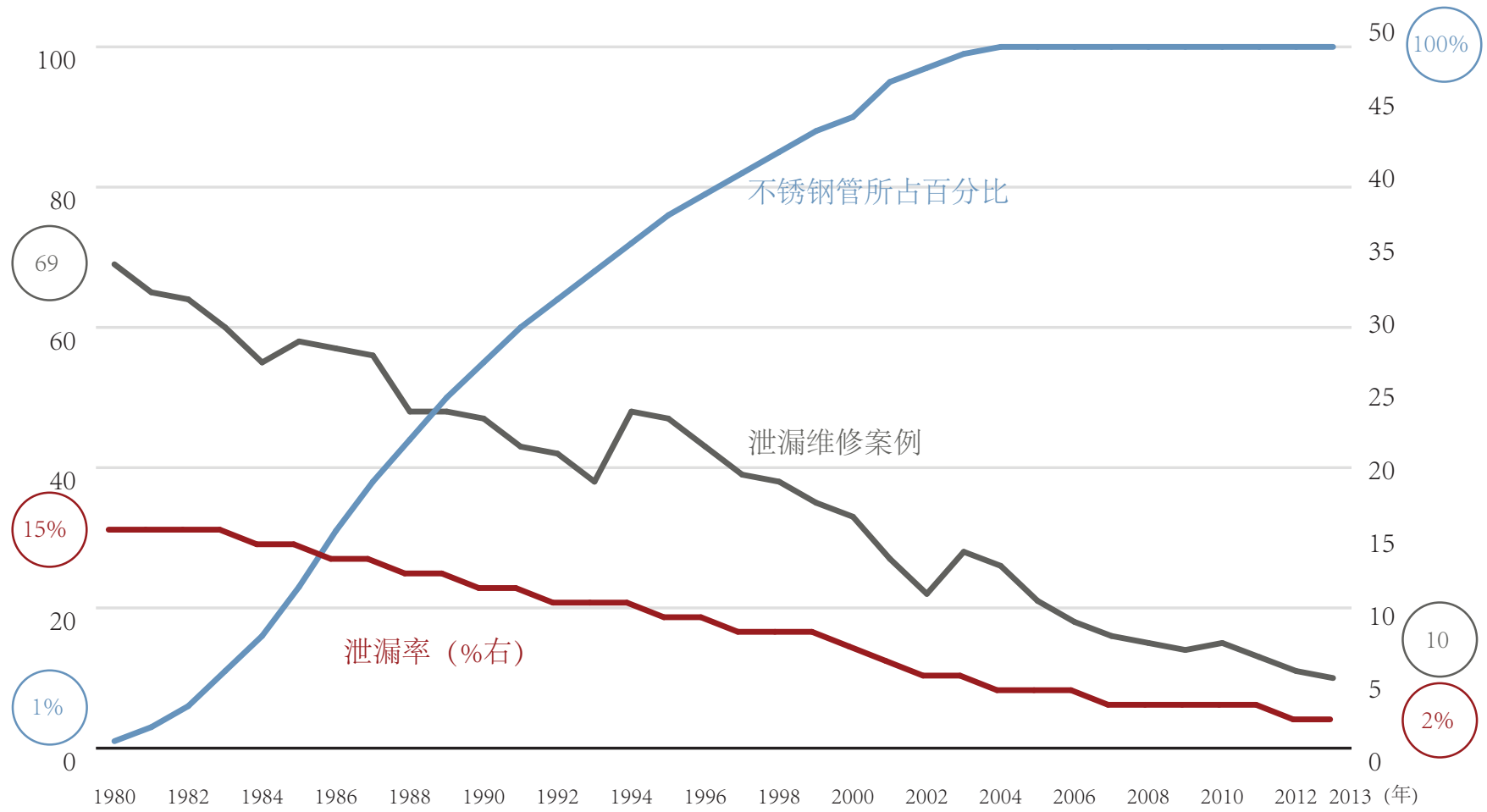


2011年大地震后每种管材的受损数量

险。因此决定所有接头、弯头、T型管、阀门等管件均使用不锈钢。不锈钢管的优点是减少泄漏，减少维护，改进水质，有很好的抗震能力。东京水务局在其检查的管道中没发现任何化学残留。



减少泄漏





首尔的不锈钢水管

首尔自来水厂的数据 (2004)

服务人口：1030万
 年配水量：11亿6900万米³
 漏水率：2.5%

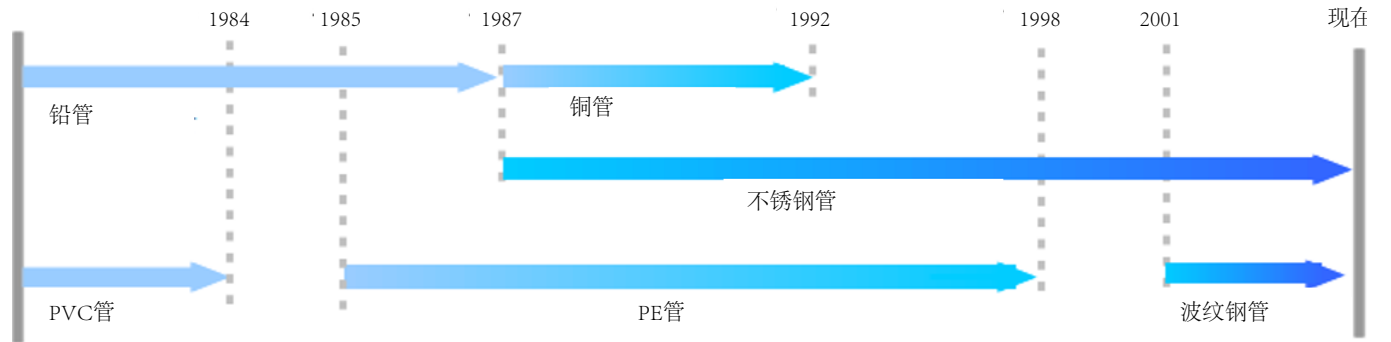
首尔不锈钢管

- 管道总长：13,720公里
- 目前已更换的管道总量：13,192公里 (95.6%)

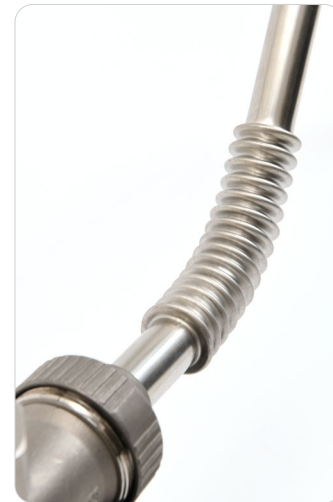
	1984-1993	1994-2003	2004-2013	2014-2018
更换管道 (公里)	5,518	5,668	2,006	536

不锈钢可用于降低腐蚀、改进水质。也因其具有超高的强度而被用于减少漏水损失。在1987到1993年间，不锈钢是与钢管一起使用，但1993年开始就只使用不锈钢了。2001年开始使用波纹管，减少了接头数量，并使现场更容易组装。项目实施后，由于水损下降和水质的改进，首尔水处理厂的数量从10个减少到6个。该城市的漏水率也从27%降到了2.5%，尽管该项目还有一年的时间。每年首尔的水管维修事件也从6万件减少到1万件。还使该市的水生产总量（因为减少了水的浪费）从730万立方米减少到450万立方米，这是该项目保护水资源的极好标志。

首尔也考虑过其他材料，但试验表明不锈钢还是更好的选择。和东京水务局的前辈不同，首尔选



用了304号钢，因为首先，当地土壤比东京的侵蚀性弱；其次，304号钢稍微便宜一些。

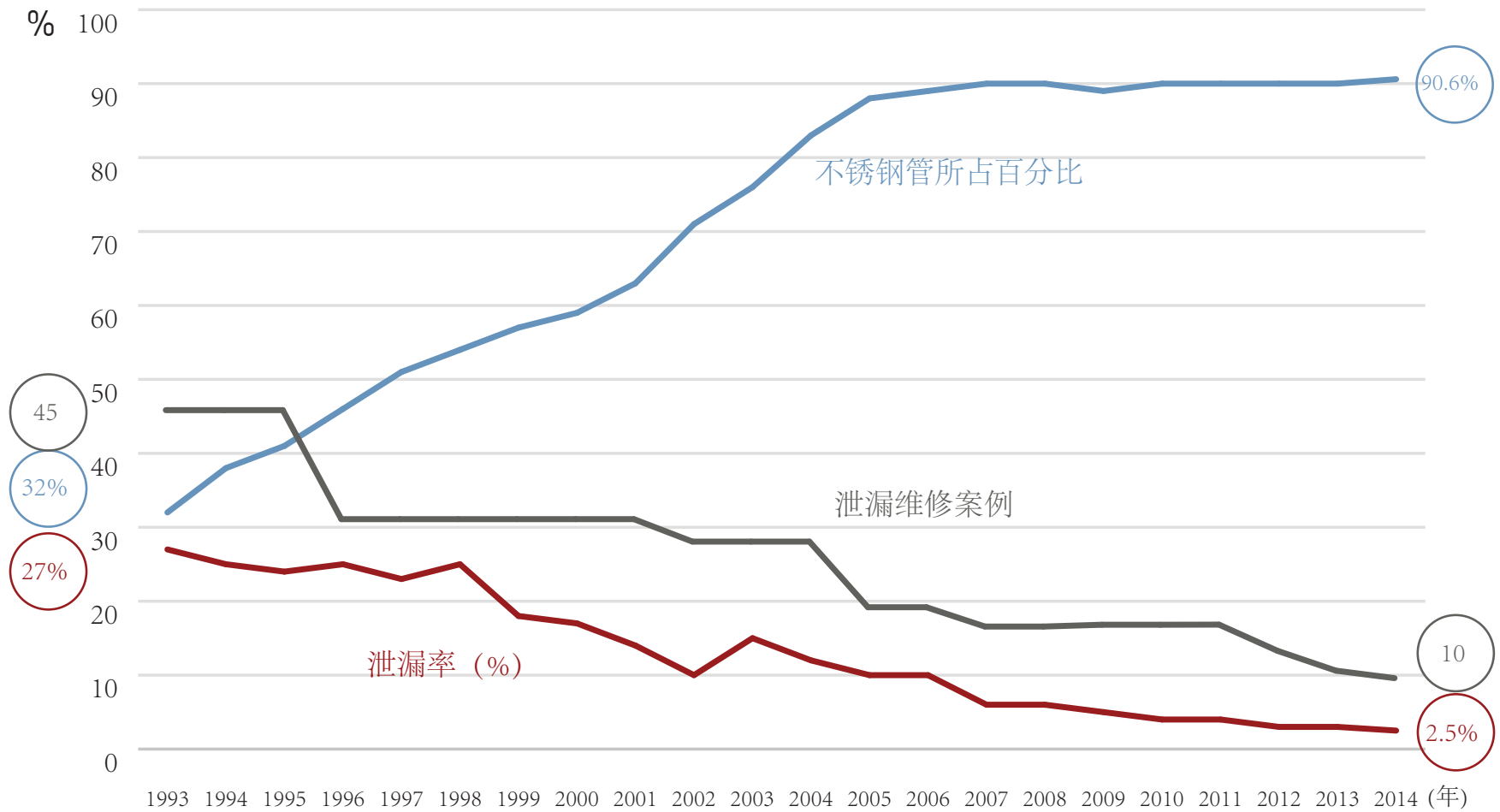


波纹管
 摄影师：Philippe De Putter

其后，韩国其他城市如大邱、仁川、大田和蔚山等也开始效仿首都，在管道设施中使用不锈钢。



减少泄漏





台北的不锈钢管道

台北自来水厂数据

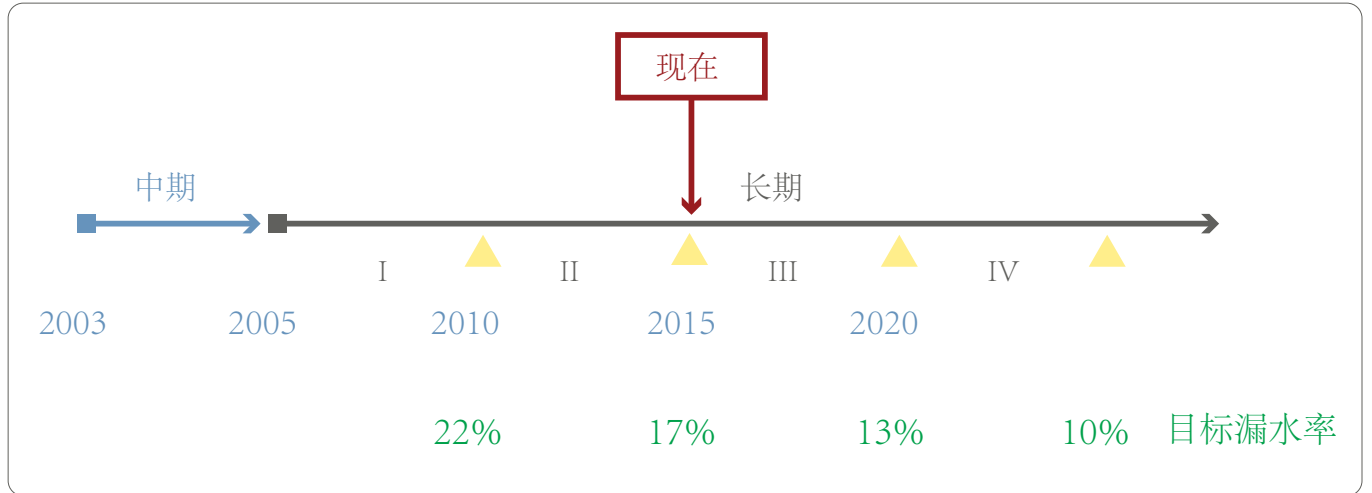
服务人口：388万
 每日输配水量：226万米³
 每日服务区供水量：197万米³

背景

2002年，台北的供水量跌倒了危险水平。管网内泄漏率为28.4%，加上当年降水量只有往年的一半，造成了为期49天的间断性供水。台北原计划只关注扩充供水量，而非控制水损。因此输配水管线系统非常复杂，老化和渗漏严重。为此，台北计划启动一个渗漏治理项目，分四期在20年内完成。该项目能够改进输配水管网的表现，降低水损，避免出现2002的缺水状况。

实施

目前每年要替换3%的管网。最后一个铅管将于2017年10月被换掉，比计划提前了15个月。目前约有35%的各种材质的在用管线都已经被不锈钢替代。水损失最高的区域（水损超过40%）是第一批更换不锈钢管的区。对最新挖出的水管进行研究表明，80%的渗水源自塑料管。





年	翡翠水库的降雨量 (毫米)	翡翠水库蓄水量 (%)	台湾水利部 TWD*水网的泄漏率	向台湾水利部 TWD*年供水量 (x 100 百万立方米)	向台湾水务公司 TWC*年供水量 (x 100 百万立方米)
2002	1377	58%	28.44%	8.78	0.74
2014	1201	92%	16.70%	6.99	1.23
差异	-176 mm	+34%	-11.74%	-1.79	+0.49

间断性供水 →

降雨量减少, 2014年底

减少泄漏 11.74%

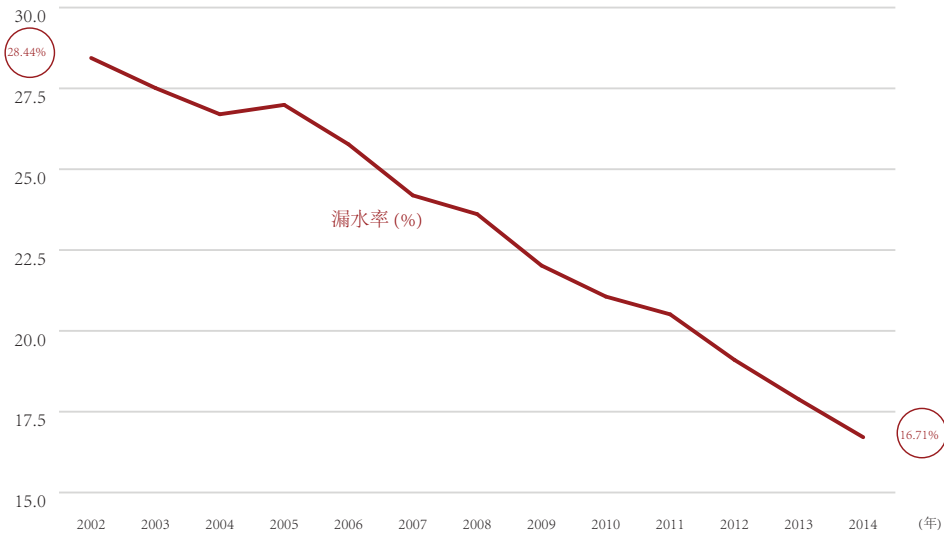
节约水量:
123万立方米供应给台湾水利部
56万立方米留在水库

结果

尽管目前仅有35%的管道被替换,但在2014年干旱中它的表现也是非常显著。那年的降水量比2002年的干旱还低13%,但由于泄漏率大量改善,供水没有中断。

泄漏率减少10%,每年能节约17.9亿立方米的水。水损失从2005年的3.65亿立方米减少到2014年的2.19亿平方米。2025年的目标泄漏率为10%。

减少泄漏



*TWD: 台湾水利部
*TWC: 台湾水务公司



资料来源

1. 国际铝业协会
2. 日本不锈钢协会
3. 韩国环保部
4. 镍研究院
5. 日新不锈钢管公司
6. 首尔自来水厂
7. 台北水利部
8. 东京水务局
9. 华为Histen (histen.co.kr)



附件



什么是不锈钢?

我们所知道的不锈钢是现代生活的一个重要特征，很少有人生活中没有接触过它。不锈钢于1912被一位冶金工程师发现，他还发现，不锈钢里添加了10.5%的铬金属后会显著增强其抗腐蚀能力。铬在不锈钢表面形成保护层，而且能自我更新，即使划伤或损坏，也能保护表面不受腐蚀。耐抗腐蚀性使不锈钢脱颖而出——实际上，国际公认的不锈钢定义是含不低于10.5%铬的钢。

304

304号钢是最常用的不锈钢。该牌号通常含有18%的铬和8%的镍。它属于奥氏体钢。导电和导热能力弱，也没有磁性。加入镍后抗腐蚀能力增强，具有更好的延展性。当室温下氯化物含量不超过200毫克/升，或者60度条件下氯化物含量不超过150毫克/升时，是饮用水输送管道的理想选择。

316

除铬和镍外，316号不锈钢中还含有钼，进一步增强了其耐腐蚀性，特别是氯化物环境中的点蚀和缝隙腐蚀。它具有优良的成型和焊接能力，易制作成各种配件，适合多种应用。

316号钢还具有优异的焊接特性。

不锈钢对应的钢号

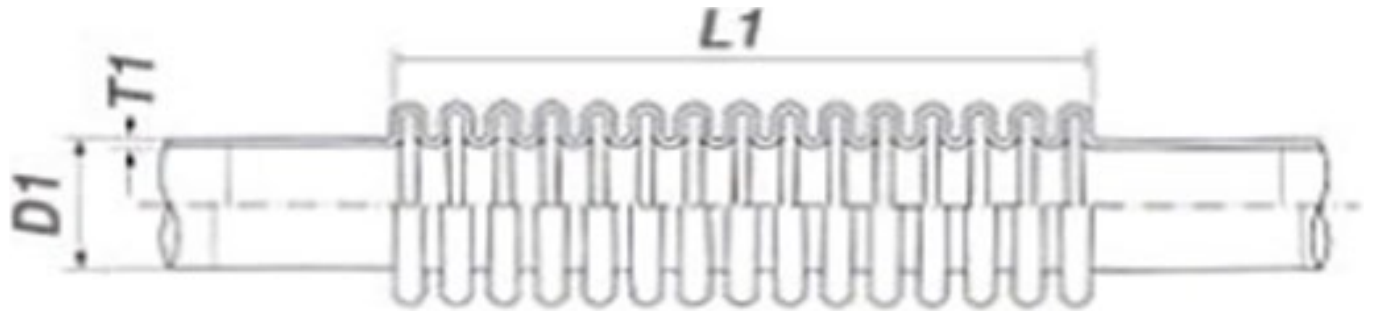
美国: UNS	美国: AISI	欧洲: EN	日本: JIS	英国: BSI
S30400	304	1.4301	SUS 304	304SI5, 304SI6
S31600	316	1.4401	SUS 316	316S31



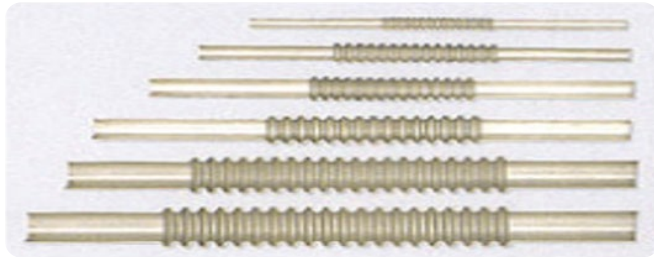
波纹管

规格

标准长度：4米
 最大长度：5米
 直径：15~50毫米的服务管道
 厚度：0.8~1.2毫米
 钢号：SUS 304或316



波纹管拉拔。D1是直径，T1是厚度，L1是波纹长度。不同直径管道的规格可在表中找到。



不同直径的波纹不锈钢管

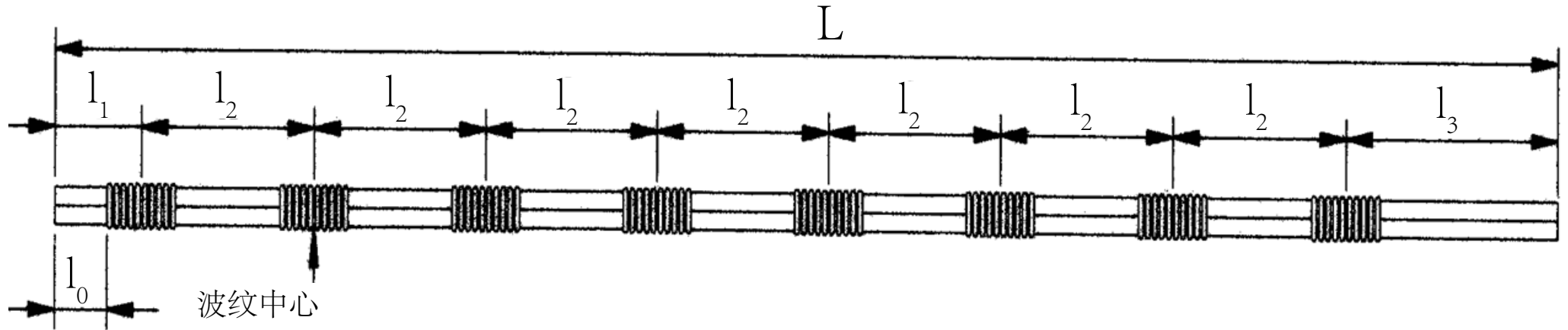
[JWWA G119, KWWA D118]

名称	外径 (D1)		厚度 (T1)		长度 (L1)		螺纹数量
	标准	公差	标准	公差	标准	公差	
13 Su	15.88	0~0.37	0.8	± 0.08	80	± 10	15
20 Su	22.22		1	± 0.1	120		
25 Su	28.58		1.2	± 0.12	153		
30 Su	34	± 0.34			225		
40 Su	42.7	± 0.43					
50 Su	48.6	± 0.49			20		

单位：毫米



波纹钢管的尺寸



名称	L		l ₁		l ₂		l ₃		l ₀
	标准	公差	标准	公差	标准	公差	标准	公差	标准
13 Su	4,000	± 0	190	+10 -0	475	± 20	485	± 0	150
20 Su			210		475		465		150
25 Su			210		475		465		150
30 Su			230		470		480		153.5
40 Su			265		460		515		152.5
50 Su			265		460		515		152.5

单位：毫米

总长度 (L) ，波纹数量及长度可要求供应商定制。



分类

分类	代码	应用
波纹管A	CSST-ST304	一般配水管
波纹管B	CSST-ST316	高耐腐蚀配水管

制造过程

- A. 直管应采用电弧焊或电阻焊工艺处理。
- B. 波纹管，通过液压成形和固溶处理形成波纹

性能

- A. 耐压：封闭管道一端，从另一端增压到2.5兆帕，保持两分钟，管道无泄漏、无损坏

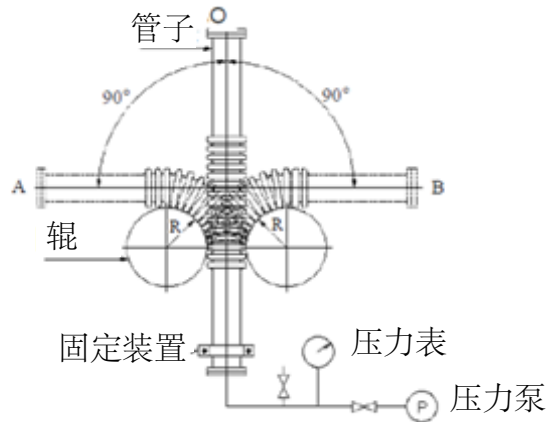
B. 延长率和残余延长率：应符合下表。

直径	1.0兆帕时的延长	从1兆帕降到0兆帕时的残余延长	气压达到2.5兆帕时的延长
15~30	≤ 1.0	≤ 0.5	≤ 5.0
40, 50	≤ 2.0	≤ 1.0	≤ 10.0

C. 弯曲性：在0.1兆帕下进行10~20次弯曲后无渗漏、无故障。

直径	弯曲的数量
15/20/25/30	20
40/50	10

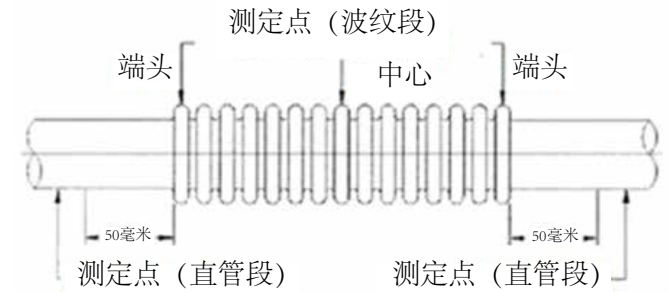
D. 平整度：在管道直径缩为2/3后，表面无划伤或裂纹。



E. 硬度：波纹段小于等于HV200

F. 抗冲击：2公斤钢球1米高跌落试验中无泄漏、无故障

G. 减薄比 (r)：小于等于20%
 $r = (1 - t_1 / T_2) \times 100$ ，其中
 r是减少比率。
 t_1 是波纹的最低厚度。
 t_2 是直管的最低厚度。



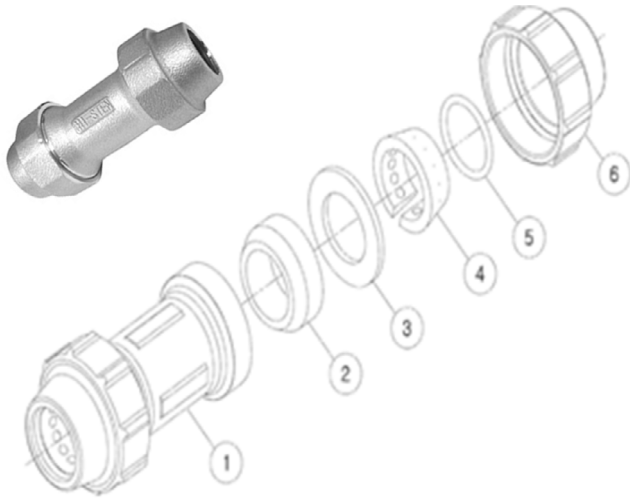
H. 生物洗脱：要遵守各国规定

来源：韩国不锈钢波纹管标准 (SPS kwwa D 118-2058)



不锈钢接头和配件

规范（接头）——由不锈钢铸造而成

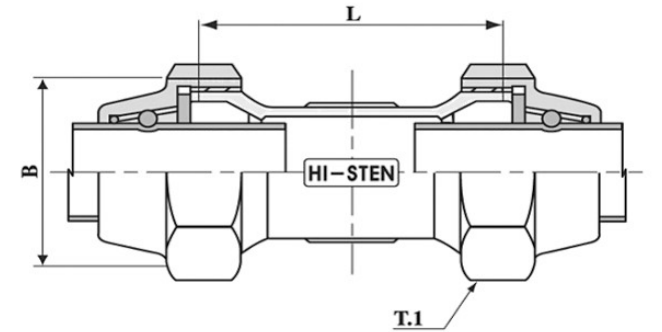


条目	描述	材料
1	主体	SSC13/14
2	包装	EPDM
3	清洗机	STS304/316
4	滚珠导轨	STS304/NYLON6
5	O型环	EPDM
6	螺母	SSC13/14

*SSC: 不锈钢铸件

*EPDM: 三元乙丙橡胶 (在室温水可保持100年, 在70~80摄氏度保持40多年)

(mm)	L	B	T.1
13 Su	80	41.0	Hexagonal



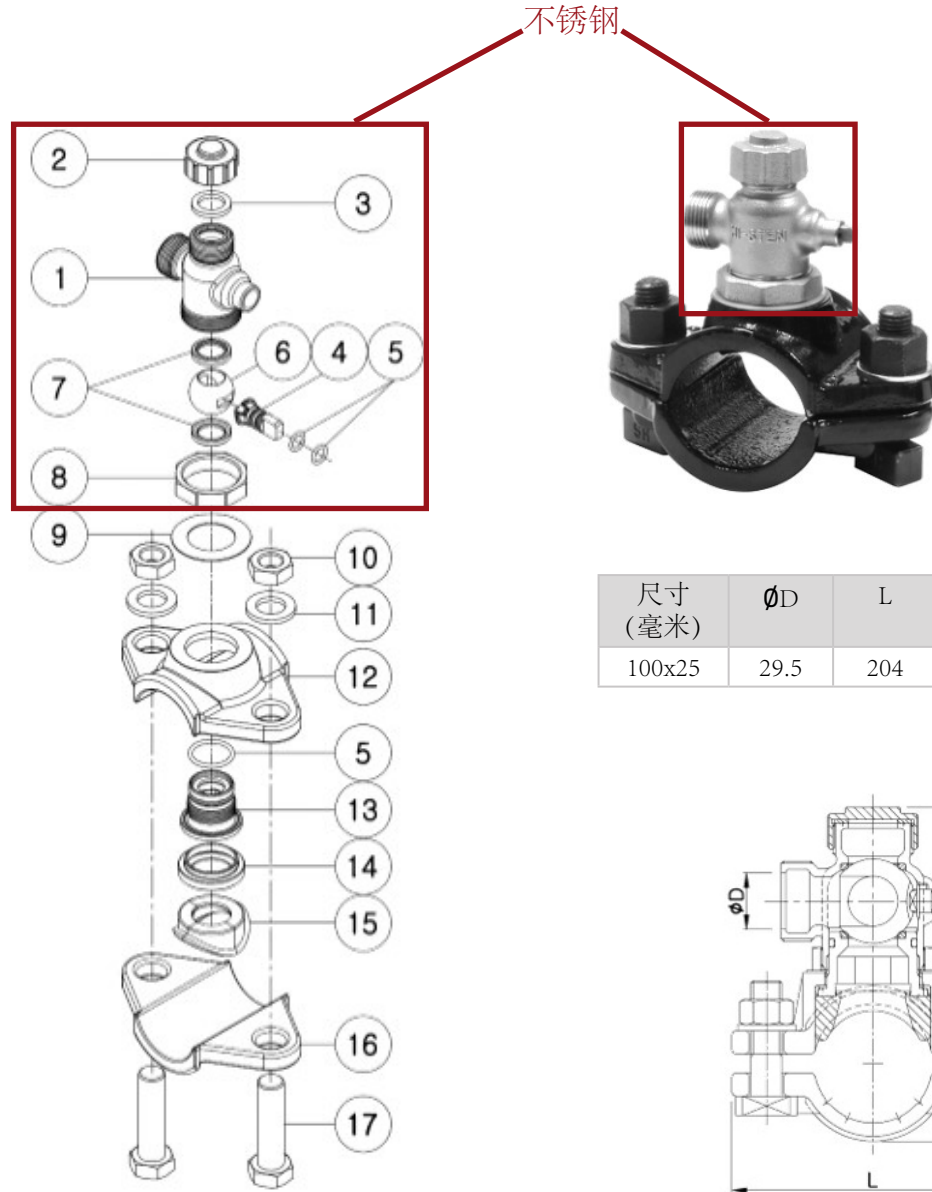
(mm)	L	B	T.1
20 Su	80	47.0	六角形
25 Su	80	55.5	六角形
30 Su	90	61.5	八角形
40 Su	90	71.0	八角形
50 Su	90	78.0	八角形
60 Su	90	90	八角形



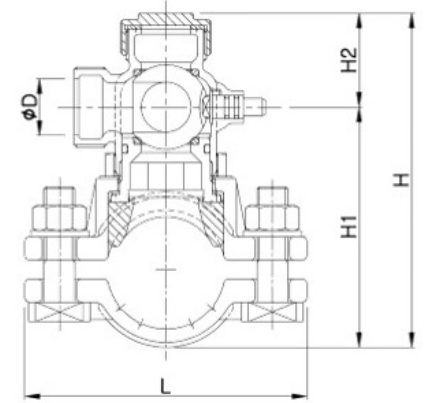
规格 (鞍座按扣) —— 不锈钢和碳钢 (延性钢)

条目	描述	材料
1	主体	SSC13/14
2	管帽	SSC13/14
3	管帽包装	EPDM
4	杆	STS304/316
5	O型环	EPDM
6	球	STS304/316
7	座	PTFE
8	锁紧螺母	SSC13/14
9	绝缘垫	PE
10	螺母	FCD450
11	清洗器	SS400
12	鞍座	FCD450
13	插入	SSC13/14
14	绝缘导线	PE/EPDM
15	上端包装	EPDM
16	带	FCD450
17	螺栓	FCD450

- *SSC: 不锈钢铸件
- *EPDM: 三元乙丙橡胶
- *PTFE: 聚四氟乙烯
- *FCD: 球墨铸铁



尺寸 (毫米)	∅D	L	H	H1	H2
100x25	29.5	204	231.8	182.8	49



worldstainless.org



国际不锈钢论坛
Tervueren大街270号
比利时布鲁塞尔B-1150
电话: +32 2 702 89 00

