



Departament de Projectes
d'Enginyeria

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

环境模拟实验室

能源消耗和二氧化碳估算与生产、使用和最终处置相关的排放

PVC、HDPE、PP、球墨铸铁和混凝土管

何塞·玛丽亚·巴尔达萨诺·雷西奥博士

佩德罗·希门尼斯·格雷罗博士

玛丽亚·贡萨尔维斯·阿吉托斯

René Parra Narváez 博士

报告：PVC-Tub-200512-2

巴塞罗那，2005年12月

指数

1. 总结.....	1
2. 背景	4
2.1. 目标和计算基础.....	5
2.2. 文件内容.....	5
3. 管道的生命周期	6
4. 能源消耗和二氧化碳估算由一段 3 m 长的管道引起的排放	
.....	10
4.1. 计算依据.....	10
4.1.1. 方面.....	10
4.1.2. 材料.....	10
4.2. 情景分析.....	12
4.3. 材料的提取和生产.....	14
4.4. 形成管道.....	15
4.5. 管道的安装和使用.....	16
4.6. 运输.....	18
4.7. 排放因子.....	18
结果和比较分析.....	19
4.8. 能源消耗和二氧化碳估算管道排放数据.....	19
4.9. 输送饮用水的管道.....	19
4.10. 环卫管道.....	19
6. 结论	35
7. 参考文献	37
8. 附表 1. 能源消耗和相关 CO₂考虑管道的回收和最终处置过程的排放量	
.....	39
8.1. 解构.....	39
8.2. 回收.....	39
8.3. 最终处置.....	39
8.4. 结果与讨论.....	39
8.5. 结论.....	59

表列表

表 4.1.所选标准管道的特性.....	13
表 4.2.管道混凝土的典型组成.....	14
表 4.3.自然资源开采和生产的能源消耗数据 材料.....	14
表 4.4.用于计算负载损耗的 Hazen Williams 系数.....	17
表 4.5.RD110 双向 PVC 管道中的负载损耗, Prandlt-Colebrook-White 相关性 用于承载 0.012 m ³ 的流量s-1. (管道生活, 2005 年)	17
表 5.1.能源消耗和二氧化碳估算生产后的排放, 安装和使用 3 m 输送饮用水的PVC管, 额定直径为110 毫米(不使用再生 PVC)	21
表 5.2.能源消耗和二氧化碳估算生产后的排放, 安装和使用 3 m 用于输送饮用水的双向PVC管, 额定直径为110 毫米(不使用再生 PVC)	21
表 5.3.能源消耗和二氧化碳估算生产后的排放, 安装和使用 3 m 输送饮用水的球墨铸铁管, 额定直径为125 毫米(不使用回收材料)	21
表 5.4.能源消耗和二氧化碳估算生产后的排放, 安装和使用 3 m 输送饮用水的球墨铸铁管, 额定直径为125 毫米(使用80% 回收材料)	22
表 5.5.能源消耗和二氧化碳估算生产后的排放, 安装和使用 3 m 输送饮用水的HDPE管, 额定直径为125 毫米(不使用回收材料)	22
桌子5.6. 能源消耗和二氧化碳估算排放量 3m的生产、安装和使用 卫生用PVC管, 额定直径为315 毫米(不使用回收材料)	22
表 5.7.能源消耗和二氧化碳估算生产后的排放, 安装和使用 3 m 卫生用PVC管, 额定直径为315 毫米 (80% 再生 PVC)	23
表 5.8 能耗和 CO 估算生产后的排放, 安装和使用 3 m 卫生用双向PVC管, 额定直径为315 毫米(不含再生 PVC)	23
表 5.9.能源消耗和二氧化碳估算生产后的排放, 安装和使用 3 m 卫生用PE波纹管, 额定直径为 400 毫米(没有回收材料)	23
表 5.10.能源消耗和二氧化碳估算生产后的排放, 安装和使用 3 m 卫生用PE波纹管, 额定直径为 400 毫米. (和80% 回收材料)	24
表 5.11.能源消耗和二氧化碳估算生产后的排放, 安装和使用 3 m 卫生用波纹PP管, 额定直径为 400 毫米(没有回收材料)	24
表 5.12.能源消耗和二氧化碳估算生产后的排放, 安装和使用 3 m 卫生用波纹PP管, 额定直径为 400 毫米. (和80% 回收材料)	24
表 5.13.能源消耗和二氧化碳估算生产后的排放, 安装和使用 3 m 卫生用散装混凝土管, 额定直径为 400 毫米	25
表 5.14.管道的每个生命周期阶段的估计能耗 不同的材料.....	32
表 5.15.估计一氧化碳 ₂ 由不同材料制成的管道的每个生命周期阶段的排放量 材料.....	33

表 5.16.能源消耗和二氧化碳可归因于生产和使用的排放 (50 年) 由不同材料制成的管道 概括.....	34
表 8.1.能源消耗和二氧化碳估算排放量 3 m 的生产、使用、回收和最终废物处理 PVC供应管, 额定直径为110 毫米(不使用回收材料) .40	表 8.2 能耗和 CO ₂ 估算产生的排放
3 m 的生产、使用、回收和最终废物处理 双向PVC供应管, 额定直径为110 毫米(不使用回收材料)	40
表 8.3.能源消耗和二氧化碳估算生产后的排放, 3 m 的使用、回收和最终废物处理 球墨铸铁管, 额定直径为125 毫米(不使用回收材料)	41
表 8.4.能源消耗和二氧化碳估算生产后的排放, 3 m 的使用、回收和最终废物处理 球墨铸铁管, 额定直径为125 毫米(使用80% 回收材料)	41
表 8.5.能源消耗和二氧化碳估算生产后的排放, 3 m 的使用、回收和最终废物处理 高密度聚乙烯供应管, 额定直径为125 毫米(不使用回收材料)	42
表 8.6.能源消耗和二氧化碳估算排放量 3 m 的生产、使用、回收和最终废物处理 卫生用PVC管, 额定直径为315 毫米(不使用回收材料)	42
表 8.7.能源消耗和二氧化碳估算 ₂ 排放量 3 m 的生产、使用、回收和最终废物处理 卫生用PVC管,额定直径 315 mm(和80% 回收材料)	43
表 8.8.能源消耗和二氧化碳估算排放量 3 m 的生产、使用、回收和最终废物处理 卫生用双向PVC管, 额定直径315mm(没有回收材料)	43
表 8.9.能源消耗和二氧化碳估算 ₂ 排放量 3 m 的生产、使用、回收和最终废物处理 卫生用PE波纹管, 额定直径为400 毫米(不使用回收材料)	44
表 8.10.能源消耗和二氧化碳估算 ₂ 生产后的排放, 3 m 的使用、回收和最终废物处理 卫生用PE波纹管, 额定直径为400 毫米(和80% 回收材料)	44
表 8.11.能源消耗和二氧化碳估算 ₂ 生产后的排放, 3 m 的使用、回收和最终废物处理 卫生用波纹PP管, 额定直径为400 毫米(不使用回收材料)	45
表 8.12.能源消耗和二氧化碳估算 ₂ 生产后的排放, 3 m 的使用、回收和最终废物处理 卫生用波纹PP管, 额定直径为400 毫米(和80% 回收材料)	45
表 8.13.能源消耗和二氧化碳估算 ₂ 生产后的排放, 3 m 的使用、回收和最终废物处理 卫生用混凝土管, 额定直径为400 毫米	46
表 8.14.能源消耗和二氧化碳可归因于生产和使用的排放 (50 年) 由不同材料制成的管道, 考虑到材料的解构、回收和最终处置过程 概括.....	54
表 8.15.制造的供应管道的每个生命周期阶段的估计能耗 不同的材料.参考 3 m 管段.....	55
表 8.16.卫生管道每个生命周期阶段的估计能耗 由不同的材料制成.参考 3 m 管段.....	56

表 8.17.估计一氧化碳供应管道的每个生命周期阶段的排放量 不同的材料.参考 3 m 管段.....	57
表 8.18.估计一氧化碳卫生管道每个生命周期阶段的排放量 不同的材料.参考 3 m 管段.....	58

人物一览

图 3.1.管道理论生命周期流程图.....	6
图 3.2.地下管道生命周期的流程图.....	7
图 3.3.PVC管材的理论生命周期流程图.....	9
图 4.1.由不同材料制成的管道.....	11
图 5.1.能源消耗和二氧化碳估算排放量 的生产和使用 3 m RD110 PVC 供应管	25
图 5.2.能源消耗和二氧化碳估算排放量 的生产和使用 3 m RD110双向PVC供应管	26
图 5.3.能源消耗和二氧化碳估算排放量 的生产和使用 RD125球墨铸铁供给管3m(没有 使用回收材料)	26
图 5.4.能源消耗和二氧化碳估算排放量 的生产和使用 RD125球墨铸铁供给管3m(和80% 再生材料)	27
图 5.5.能源消耗和二氧化碳估算排放量 的生产和使用 3 m RD125 HDPE 供应管	27
图 5.6.能源消耗和二氧化碳估算排放量 的生产和使用 RD315 PVC卫生管3米(不使用 再生材料)	28
图 5.7.能源消耗和二氧化碳估算排放量 的生产和使用 RD315 PVC卫生管3米(和80% 再生材料)	28
图 5.8.能源消耗和二氧化碳估算排放量 的生产和使用 3米RD315双向PVC卫生管 (不含再生材料)	29
图 5.9.能源消耗和二氧化碳估算排放量 的生产和使用 3米RD400波纹PE卫生管 (不使用回收材料)	29
图 5.10.能源消耗和二氧化碳估算排放量 的生产和使用 3米RD400波纹PE卫生管(和 80% 回收材料)	30

图 5.11.能源消耗和二氧化碳估算排放量 的生产和使用 3米RD400波纹PP卫生管 (不使用回收材料)	30
图 5.12.能源消耗和二氧化碳估算排放量 的生产和使用 3米RD400波纹PP卫生管(和 80% 回收材料)	31
图 5.13.能源消耗和二氧化碳估算排放量 的生产和使用 RD400混凝土卫生管3米.	31
图 8.1.能源消耗和二氧化碳估算排放量 生产、使用、回收和最终废物处理 3 m RD110 PVC 供给管(不使用再生 PVC)	46
图 8.2.能源消耗和二氧化碳估算排放量 生产、使用、回收和最终废物处理 RD110 3 m 双向PVC供应管(不使用再生 PVC)	47
图 8.3.能源消耗和二氧化碳估算排放量 生产、使用、回收和最终废物处理 RD125 3 m 球墨铸铁管(不使用再生铁)	47
图 8.4.能源消耗和二氧化碳估算排放量 生产、使用、回收和最终废物处理 RD125 3 m 球墨铸铁管(和80% 再生铁)	48
图 8.5.能源消耗和二氧化碳估算排放量 生产、使用、回收和最终废物处理 RD125 3 m 高密度聚乙烯供应管(不使用回收的 HDPE)	49
图 8.6.能源消耗和二氧化碳估算排放量 生产、使用、回收和最终废物处理 3 m RD315 PVC 卫生管(不使用再生 PVC)	49
图 8.7.能源消耗和二氧化碳估算排放量 生产、使用、回收和最终废物处理 3 m RD315 PVC 卫生管(和80% 再生 PVC)	50
图 8.8.能源消耗和二氧化碳估算排放量 生产、使用、回收和最终废物处理 3m RD315 双向PVC卫生管(不使用再生 PVC)	50

图 8.9.能源消耗和二氧化碳估算排放量

生产、使用、回收和最终废物处理RD400 3 m
波纹PE卫生管(不使用回收材料)51

图 8.10.能源消耗和二氧化碳估算排放量

生产、使用、回收和最终废物处理RD400 3 m
波纹PE卫生管(和80% 回收材料.).....52

图 8.11.能源消耗和二氧化碳估算排放量

生产、使用、回收和最终废物处理RD400 3 m
波纹PP卫生管(不使用回收材料)52

图 8.12.能源消耗和二氧化碳估算排放量

生产、使用、回收和最终废物处理RD400 3 m
波纹PP卫生管(和80% 回收材料).....53

图 8.13.能源消耗和二氧化碳估算排放量

生产、使用和最终废物处置3 m RD400 混凝土
卫生管..... 53

一、总结

管道是工程和建筑中的基本要素.它们用于携带各种流体, 它们的材料取决于它们的用途.鉴于种类繁多, 我们希望将本研究的框架限制在两种最常见的管道类型上: 输送饮用水的管道以及排水和卫生管道。

确定了这两种管道结构材料的选择对环境的影响; 为此, 进行了生命周期评估, 考虑了材料的提取和供应、管道的生产、安装和使用、可能的情况下的回收以及废料的最终处置等阶段。

用于比较研究的参考材料是聚氯乙烯 (PVC)、高密度聚乙烯 (HDPE)、聚丙烯 (PP)、混凝土和球墨铸铁, 后两者历来在所分析的两种管道中使用最广泛。在 PVC 的情况下, 考虑了由传统 PVC 和双向 PVC (聚合物链在两个空间方向拉伸的产品, 从而产生更高性能的材料) 制成的管道。

在所有情况下, 这些管道都被认为是平均寿命为 50 年的地下管道, 其维护协议将涉及每年两次检查。附表 1 考虑了管道材料的回收或再循环阶段, 但在混凝土的情况下, 考虑将整个管道进行最终处置。

评估影响时考虑了两个基本指标: (1) 能源消耗估算; (2) 二氧化碳 (CO₂) 的排放² 归因于管道的制造、使用、回收和最终废物处理, 分为上述两组: 输送饮用水的管道和卫生管道。

使用的计算基础是长度为 3 m 的管段, 在任何情况下都没有附件。

所使用的方法基于能源消耗和二氧化碳的环境核算程序²排放值, 其中这些指标已在饮用水和卫生管道生命周期的每个阶段 (材料的提取和供应、管道的生产、安装和使用的运输) 进行了估算。最终结果表示能源消耗和二氧化碳的总和²相当于每个阶段的排放量。

PVC 和双向 PVC 选用额定直径为 110 mm (RD) 的 RP10 输送饮用水管, 内径大于或等于相同直径的球墨铸铁和 HDPE 管道, 以确保它们能够输送相同或更低速度下的相同流量。对于 HDPE 和球墨铸铁管, 由此产生的商业额定直径均为 125 毫米。

应该记住的是，RD110双向PVC管的水力能力比作为参考的常规PVC更大，材料厚度更小。

在卫生管道的情况下，流体在大气压下发生且无推进力，RD315 PVC 管道被用作参考目的，与以下元素进行比较：额定直径为 315 毫米的双向 PVC 管道，额定直径为 400 mm 的波纹 PP 管和波纹状 HDPE 管，以及额定直径为 400 mm 的散装混凝土管，不考虑它们不同的变形行为。

用于卫生用PVC、PE波纹管²和PE波纹管²和供应的球墨铸铁管，对使用 80% 重量的回收材料制造管道的情况下的结果变化进行了额外分析。

在考虑输送饮用水的管道时，在能源消耗和二氧化碳方面最重要的阶段²除含有 80% 回收材料的球墨铸铁外，所有这些排放物的排放量是使用管道的排放量，其中泵送流量为 0.012 m³/s 的消耗和排放数据^{3S-1}，作为沿 RD110 PVC 管道以 1.5 毫秒的典型速度传输的流速获得¹流体置换，被考虑在内。

在卫生管道的情况下，流体通常不是泵驱动的，因此使用阶段的能源消耗仅限于维护操作，其贡献在整体上被认为可以忽略不计。

能源消耗和二氧化碳的决定阶段²在这种情况下，排放到大气中的是材料的提取和供应（占总量的 80%），混凝土除外。即使在使用 80% 回收材料的情况下，这一阶段也占总数的 50% 到 70%。在混凝土的情况下，最大的能源消耗阶段是管道的生产，占总量的 53%。在这种情况下，运输的中间阶段变得非常重要，这是由于材料的高比重。

如果是**输送饮用水的管道**，双向 PVC 管是能耗最低的一种，828 kWh，CO₂最少²排放量，363 千克 CO₂对于每 3 m 管段，不带附件。传统 PVC 管道的能耗为 1,041 kWh，排放量为 452 kg CO₂每 3 m 管段。

显示下一个最有利结果的管道是 HDPE 管道，能耗为 1,055 kWh 和 CO₂排放量 454 公斤；即比PVC多1.3%和0.4%。

* 根据供水管道技术规定，再生 HDPE 或 PVC 不得用于输送饮用水的管道（MOPU，1974 年）

从能耗和二氧化碳的角度来看，未回收的球墨铸铁管表现最差²排放，每 3 m 管道需要 1,620 kWh，产生 681 kg CO₂ 排放²进入大气层。

按照**卫生管**，能源消耗的最佳结果对应于RD400波纹PP管，使用80%的再生材料制造，每3米管道的能源消耗为60千瓦时，二氧化碳排放量为22公斤²（比选择的基本方案少 77% 和 72%：没有回收材料的 RD315 PVC 管）。

采用 80% 再生材料的 RD400 波纹 PE 管显示能耗为 64 kWh，产生 21 kg CO₂，这些值分别比没有回收材料的 PVC 管低 75% 和 73%。

接下来是 RD315 PVC 管道，采用 80% 回收材料，这意味着能源消耗 69 千瓦时，排放 22 公斤二氧化碳²（比不使用回收 PVC 制造管道时减少 74% 和 71%）。

从显示的结果可以看出，三种塑料材料的行为与基本方案相比非常相似，并且在选择一种或另一种材料时没有明显差异。

在不考虑使用再生材料的情况下，考虑能耗数据由小到大依次为不含再生材料的PP波纹管、不含再生材料的PE波纹管、双取向PVC管、不含再生材料的PVC管和 RD400 混凝土管。关于相关一氧化碳²排放量按升序排列，我们发现波纹 PE 管、波纹 PP 管、双向 PVC 管、常规 PVC 管，最后是混凝土管，相关能耗为 345 kWh 和 129 kg CO₂。

应该记住的是，虽然目前在制造双向 PVC 时使用回收的 PVC 并不常见，但它是一种 100% 可回收的材料，并且在未来似乎有可能再次使用它。

在此类管道的制造中引入回收材料将减少材料提取和供应方面的能源消耗。在卫生管道的情
况下，注意到这一阶段是能源消耗和二氧化碳的决定性因素²排放，即在其制造中引入回收材
料，再加上材料的低比重，可能会给结果带来重大变化。

表 8.16 由不同材料制成的卫生管道的每个生命周期阶段的估计能耗。 参考 3 m 管段。

3米卫生管	能耗 (千瓦时)							
	聚氯乙烯 RD315	聚氯乙烯 RD315 80% 回收的 材料	双向 聚氯乙烯 RD315	混凝土 RD400	高密度聚乙烯 RD400	高密度聚乙烯 RD400 80% 回收 材料	波纹 PP RD 400	波纹PP RD400 80% 回收 材料
材料的提取和供应	241.6	48.4	196.8	105.1	183.2	36.6	163.2	32.6
将材料运输到生产工厂	2.5	2.5	2.1	29.4	2.1	2.1	2.1	2.1
管材生产	15.6	15.6	22.5	181.1	23.5	23.5	23.5	23.5
管道安装运输 管道回收运输 回收	2.5	2.5	2.1	29.4	2.1	2.1	2.1	2.1
	2.5	2.5	2.1	--	2.1	2.1	2.1	2.1
	8.2	8.2	6.7	--	7.1	7.1	7.1	7.1
在废物处置场进行最终处置的运输	0.1	0.1	0.1	29.4	0.1	0.1	0.1	0.1
废物处置场的最终处置 全部的	0.3	0.3	0.2	62.5	0.1	0.1	0.1	0.1
	273.4	80.1	232.5	436.9	220.5	73.9	200.5	69.9

表 8.18 估计二氧化碳由不同材料制成的卫生管道的每个生命周期阶段的排放量。参考3 m 段的管道。

3米卫生管	二氧化碳排放量 (千克 CO ₂)							
	聚氯乙烯 RD315	聚乙烯 RD315 80% 回收的 材料	双向 聚氯乙烯 RD315	混凝土 RD400	高密度聚乙烯 RD400	高密度聚乙烯 RD400 80% 回收 材料	波纹 PP RD 400	波纹PP RD400 80% 回收 材料
材料的提取和供应	68.7	13.8	55.9	33.6	47.0	9.4	50.0	10.0
将材料运输到生产工厂	0.7	0.7	0.5	7.8	0.6	0.6	0.6	0.6
管材生产	6.9	6.9	10.0	80.2	10.4	10.4	10.4	10.4
管道安装运输 管道回收运输 回收	0.7	0.7	0.5	7.8	0.6	0.6	0.6	0.6
	0.7	0.7	0.5	--	0.6	0.6	0.6	0.6
	3.6	3.6	3.0	--	3.2	3.2	3.2	3.2
在废物处置场进行最终处置的运输	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0
废物处置场的最终处置 全部的	0.1	0.1	0.1	16.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	81.3	26.4	70.6	153.9	62.4	24.8	65.3	25.3