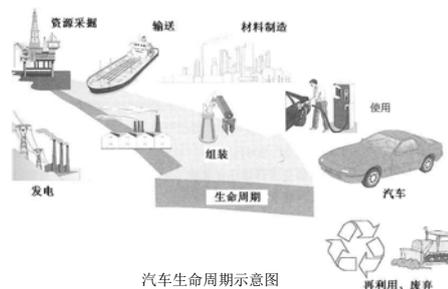


生命周期评价方法 Life Cycle Analysis (LCA)

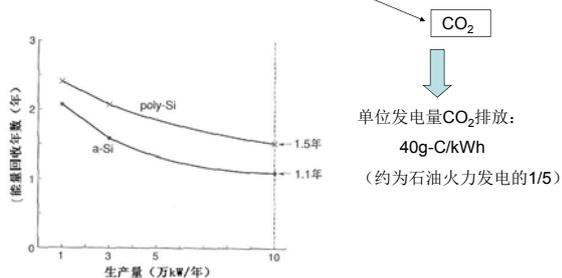
LCA的概念

LCA的目的：评价产品的能源消耗和环境负荷
产品的生命周期：制造（从原料开采开始）、使用、废弃（再利用）

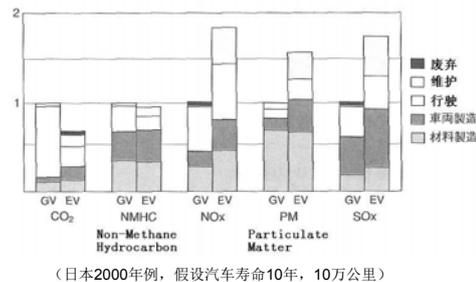


太阳能发电系统的LCA评价

制造包括：资源开采、精制、输送、生产、组装

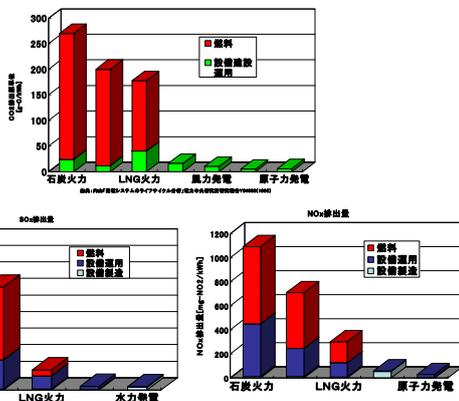


电动汽车和燃油汽车的评价

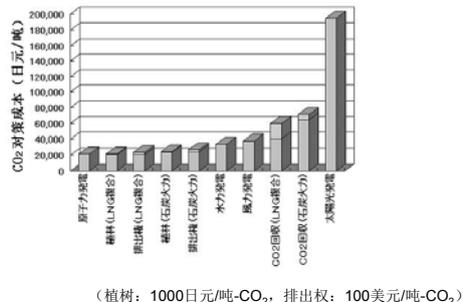


• 电动汽车用电来自发电厂，由于日本核电、水电、石油火力等的比例较大，CO₂排放量相对较小。

发电系统（日本）



抑制CO₂排放的费用



ISO-LCA

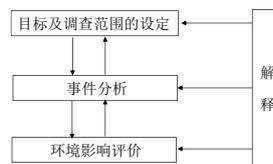
LCA方法的标准化

LCA分析时需要引入主观判断

- 材料使用的循环
如：钢材生产—铁矿石—输送船—钢材
- 同一生产过程产生多种产品
如：石油精炼可同时产生石油气、煤油、轻油、重油等



国际标准化组织ISO (International Organization for Standardization)
1993年开始制定相关规则, 1997年ISO14040颁布



ISO14040制定的LCA方法框图 (4个要素)

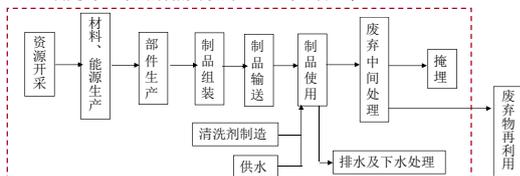
相关规定:

- 事件分析 ISO14041 (1998)
- 环境影响评价ISO14042 (1999a)
- 解释ISO14043 (1999b)

目标及调查范围的设定

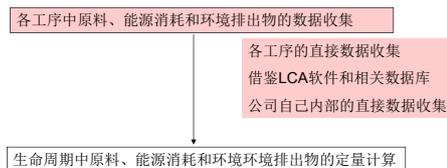
- 明确委托方、报告对象、目标制品、目的
- 制品的机能、机能评价基准
多个制品比较时, 需以相同的机能单位为基准。
比如: 洗衣机机能单位可定义为“洗衬衫一件”。40l的容量洗一次相当于40件。1日平均1.4次, 寿命9年, 生命周期4600次, 18万4千件。

- 确定与生命周期相关联的工艺过程的范畴



- 环境负荷的检讨范围 (如: CO₂、全部温室气体、能耗等)

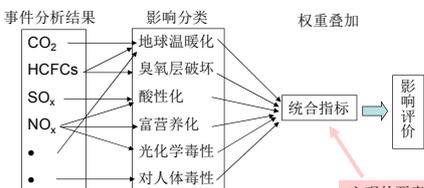
清单分析 -- 生命周期中投入的资源及环境排出物的定量



提高结果可靠度的方法:

根据粗略评估结果选出作用最大的工序, 进行再次分析

环境影响评价



环境影响评价中应考虑的影响分类:

1. 非生物资源的枯竭
2. 生物资源的枯竭
3. 土地的使用
4. 温室效应
5. 臭氧层破坏
6. 对人体毒性
7. 对生态系的毒性
8. 光化学毒物质生成
9. 酸性化
10. 富营养化
11. 恶臭
12. 噪声
13. 放射线
14. 事故

透明性的重要

解释 -- 分析过程评价, 结果的总结与报告

- 完全性检查 (数据遗漏?)
- 事件分析与环境影响评价方法中的统一性
- 使用数据的品质
- 结果的分散性、敏感度和不确定性
- 分析结果的表现、报告书做成
- 不同制品LCA比较评价时, 还需第三方评审

LCA要点

系统范畴 --LCA调查工艺范围, 对结果影响大及重要的项目

例1: 石油制品的LCA. 输送过程中的油罐的建设是否应考虑? 石油精炼的生产设施?

答: 严格意义上, 应该考虑. 但实际上,

$$\frac{\text{油罐和石油设施的环境负荷}}{\text{油罐和石油设施的生命周期中所运输或生产的石油量}} \sim 0$$

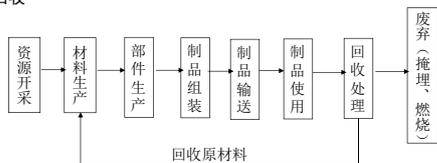
- 电子制品中, 生产设施复杂. “多品种少量”的制品, 生产周期短, 设施的交换、废弃频繁。
- 若生产设施数据收集困难, 难以考虑, 则应明确标记。

例2: 铁路、互联网等社会基础设施建设

- 基础设施的生产、使用、废弃
车辆、轨道、桥、隧道、车站
互联网设备、光纤、调制-解调器
- 辅助系统
地铁、车站中空调系统消耗的能源
互联网设备的空调用能

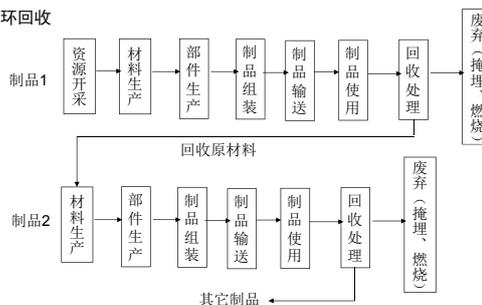
例3: 制品回收

闭环回收



- LCA解析较容易

开环回收



两种处理方法:

- 扩大系统范畴, 将相关制品均包括 (难点: 原定对象的评价?)
- 回收材料 = 原材料 (回收材料杂质较多, 不能完全等同)

机能的统一 --不同制品比较时, 机能单位应相同

例1: 煤油和城市天然气

机能单位: 1MJ热量供给
 ↓
 油0.0269l, 气0.0217m³
 ↓
 CO₂排放: 油72.2g, 气60.8g

例2: 复印机

机能单位: A4一页复印?
 多功能化 → 机能定义困难

例3: 火车与汽车

机能单位: 1人·km
 ↓
 铁路的环境负荷最小

但是, 机能并不完全相同. 火车只能到站, 且有规定发车时间

例4: 信息技术

机能单位: 一定量的信息传送

信息技术优点: 减少人流物流
 缺点: 临场感、感情传达

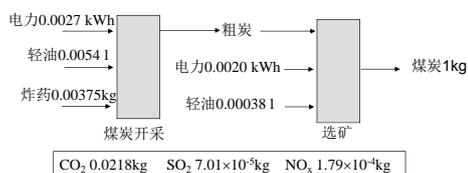
LCA算例

例1 煤炭的LCA (日本)

相关数据

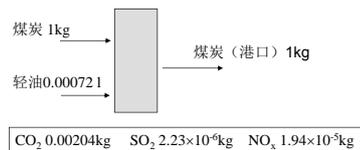
	单位消耗量	CO ₂	SO ₂	NO _x
电力 (澳)	1kWh	1.01kg	0.011kg	0.0049kg
轻油 (澳)	1l	2.84	0.0031	0.027
重油	1l	3.14	0.057	0.078
炸药	1kg	0.174	0.00012	0
煤炭	1kg	2.352	0.004	0.015

煤矿开采及选炭过程



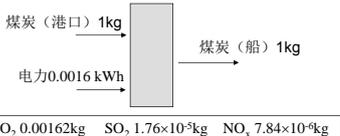
CO₂ 0.0218kg SO₂ 7.01×10⁻³kg NO_x 1.79×10⁻³kg

煤炭陆运



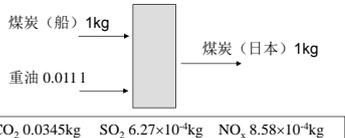
CO₂ 0.00204kg SO₂ 2.23×10⁻⁶kg NO_x 1.94×10⁻⁵kg

煤炭装船



CO₂ 0.00162kg SO₂ 1.76×10⁻³kg NO_x 7.84×10⁻⁶kg

煤炭海运



CO₂ 0.0345kg SO₂ 6.27×10⁻⁴kg NO_x 8.58×10⁻³kg

日本煤炭燃烧

CO₂ 2.352kg SO₂ 4.72×10⁻³kg NO_x 1.61×10⁻³kg

共计 CO₂ 2.41kg SO₂ 4.72×10⁻³kg NO_x 1.61×10⁻³kg

例2 洗衣机 (日本)

相关数据

	单位消耗量	CO ₂ (kg)		单位消耗量	CO ₂ (kg)
重油	1kg	3.34	镀锌钢板	1kg	2.05
轻油	1kg (0.83kg/l)	3.30	不锈钢板	1kg	4.14
LPG	1kg	3.34	铝板	1kg	11.7
LNG	1kg	2.86	铜板	1kg	1.36
城市天然气	1kg	2.44	PP	1kg	0.77
电力	1kWh	0.45	PS	1kg	2.25
冷压延钢板	1kg	1.98	PVC	1kg	0.95
包装材料	1kg	1.41	水	1m ³	0.113
洗涤剂	1kg	0.769			

(1) 制造过程

1台洗衣机的耗材重量 (kg)

	旧型号	节水型
冷压延钢板	0.82	0.0
镀锌钢板	14.9	17.7
不锈钢板	0.25	3.37
铝板	0.68	0.57
铜板	0.62	0.70
PP	8.80	6.40
PS	1.51	1.58
PVC	0.28	0.41
包装材料	2.93	2.93
重量	30.8	33.7

1台洗衣机的制造能耗:

电力 8.87kWh
重油 0.46kg
城市天然气 0.27m³

CO₂排放: 旧型号 62.8kg, 节水型 77.0kg

(2) 运输
1辆卡车运100台，行使500km，轻油消耗0.256l/km。
CO₂: 0.256×500×0.83×3.3/100=3.51kg

(3) 使用

- 寿命9年，每日1.4次，共4600次。
- 使用一次能源、资源消费及BOD排出量

	旧型号	节水型
水 (m3)	0.15	0.107
洗涤剂 (g)	36	33.3
电力 (Wh)	131	131
BOD (g)	17.8	16.5

9年中的CO₂: 旧型号 539kg, 节水型 502kg

(4) 废弃

粉碎机耗能: 0.016kWh/kg
掩埋耗能: 电力0.002kWh/kg, 轻油0.00078kg/kg

废弃一台能耗:

	旧型号	节水型
粉碎耗电 (kWh)	0.446	0.491
掩埋耗电 (kWh)	0.027	0.023
掩埋耗轻油 (kg)	0.0105	0.0088

CO₂: 旧型号 0.248kg, 节水型 0.260kg

(5) 合计

CO₂: 旧型号 605kg, 节水型 583kg

- 若仅每周使用一次，则
旧型号 122kg-CO₂, 节水型 132kg-CO₂

适于社会持续性发展的LCA方法 (Strategic Integrated LCA Technology for a Sustainable Society)

- 如何评价制品导入对社会的影响

LCA方法

第t年制品的数量变化:

$$\Delta N_{use}(t) = N_{in}(t) - N_{out}(t)$$

导入量 废弃量

$$\Delta N_{use}(t) = N_{use}(t) - N_{use}(t-1)$$

假设制品的寿命分布为g(a) (a为年数), 则

$$N_{out}(t) = \sum_{a=0}^{a_{max}} N_{in}(t-a)g(a)$$

$$N_{use}(t) = N_{use}(t_0-1) + \sum_{x=t_0}^t [N_{in}(x) - \sum_{a=0}^{a_{max}} N_{in}(x-a)g(a)]$$

若t₀年开始导入, 则

$$N_{use}(t) = \sum_{x=t_0}^t N_{in}(x) - \sum_{x=t_0}^t \left[\sum_{a=0}^{a_{max}} N_{in}(x-a)g(a) \right]$$

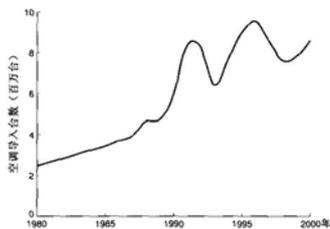
$$= \sum_{x=t_0}^t N_{in}(x) \left[1 - \sum_{a=0}^{t-x} g(a) \right]$$

↓

利用Excel等数据库完成统计、计算

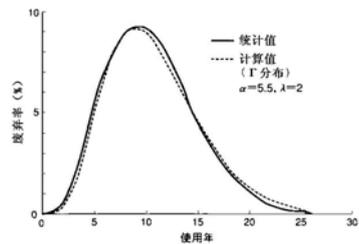
例：日本房间空调的环境负荷

- 导入量（1980年以前假设为200万台）

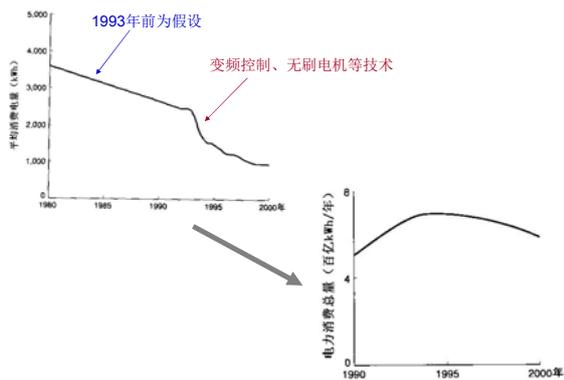


- 寿命分布

$$\Gamma \text{函数 } g(x) = \int_0^{\infty} \lambda^{\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\lambda x} dx$$



- 空调性能的改进



- 电力的CO₂排放 = 0.45kg/kWh（定值, 1997年）

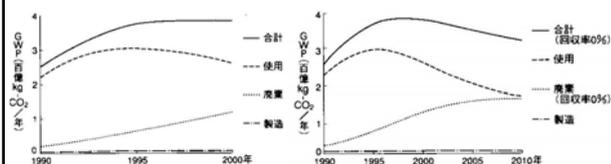
- 冷媒

1998年前, HCFC-R22, 约0.8kg, GWP=1700
1999年后, HFC-R410A, 约1.2kg, GWP=1730

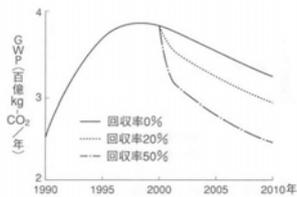
冷媒废弃:

2001年, 《家电回收法》
2000年以前, 释放到大气(假设)

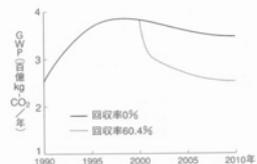
- 计算结果—排放量变化趋势



- 计算结果—冷媒回收的影响

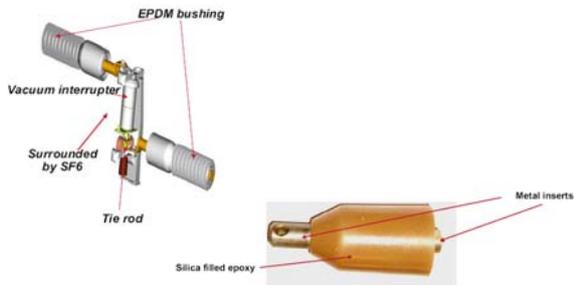


要实现京都议定书的目标, 使得2010年的排放量与1990年持平, 冷媒回收率应大于60.4%



环境友好材料评价

例1 中压开关中的绝缘拉杆



性能评价指标

Properties	Unit	Benchmark	Boundary Value	Principle of Ranking	
				Distribution curve	Relative Function Formula (R)
Tensile Strength	MPa	75	90	Ln ()	R=7.5*Ln(0.36*x)-4.5
Tensile Modulus	GPa	9.5	3	Ln ()	R=2.6*Ln(2.718*x)+0.4
Flexural Strength	MPa	119	88	Ln ()	R=5*Ln(2.71828x)+10.2
Compressive Strength	MPa	138	78	Ln ()	R=4.61*Ln(2.71828x)+13.1
Impact Strength notch	KJ/m ²	7	4	Ln ()	R=5.34*Ln(2.71828x)+2.34
Thermal					
Glass Transition Tg	°C	180	98	Linear	R=0.15x-12
ThermoConductivity	W/mK	0.8	0.2	Linear	R=5x-1
Linear Expansion	10 ⁻⁶ /K	3.5	18	Linear	R=-0.48x+4.6
Heat Deflect. Temp. 1.8 MPa	°C	128	198	Linear	R=0.15x-15
Electrical					
Insulation Resistance	Ohm.cm	1 x10 ¹⁴	1 x10 ¹⁷	Ln ()	R=0.8x+9.4
Loss Tangent 100Z		0.01	0.1	Ln ()	R=3*Log(1x)-3
Permittivity 10kV		3.5	3.3	Linear	R=-3*x+16.5
Dielectric Strength	kV/mm	18	18	Ln ()	R=5Ln(2.718x)+3
Physical					
Density	Kg/cm ³	1.75	3	Linear	R=-2.4x+7.2
Water Absorption	%	0.1	0.4	Linear	R=-10x+4

Benchmark -optimum value
Boundary condition -minimum value acceptable

评价权重

Functional Requirements of Tie Rod in Circuit Breaker (F)	Relative Importance by Weighting (W _i)	Materials Property Dependant Upon Function F
Mechanical		
Tension Dynamic Shock	W ₁ 5	Tensile Strength
Compression Dynamic Shock	W ₂ 5	Tensile Modulus
Torque	W ₃ 5	Comp. Strength
Compressive creep behaviour at elevated temperatures	W ₄ 8	Flexural Strength
Contact operations	W ₅ 5	Creep Behaviour at elevated temperatures
Electrical		
Voltage Withstand	W ₆ 5	Notched Impact Strength
Lightning Impulse	W ₇ 5	Loss Tangent
Geometry		
Insulation dimensions	W ₈ 3	Dielectric Strength
Thermal		
Thermal Cycling	W ₉ 5	Permittivity
	W ₁₀ 3	Vol. resistivity
	W ₁₁ 3	CTI
	W ₁₂ 3	Arc resistance
	W ₁₃ 3	Continuous Service Temperature
	W ₁₄ 3	Glass Transition Temperature
	W ₁₅ 3	Thermal Conductivity
	W ₁₆ 3	Linear Expansion
Physical & Chemical		
	W ₁₇ 3	Density
	W ₁₈ 1	Moisture Absorption

环境影响评价指标

Hazardous Waste Production	5
Ozone Depletion	5
Global Warming	5
Energy Depletion	5
Water Depletion	3
Raw Material Depletion	3
Water Toxicity	3
Air Toxicity	1
Acidification	1
Photochemical Ozone Creation	1
Water Eutrophication	1

评价权重

Environmental Burdens	Weighting (W _i)	Environ. Impact value (E _i)	Impact Assessment Value (W _i x E _i)
Hazardous Waste Production (HWP)	5	3	15
Ozone Depletion (OD)	5	3	15
Global Warming (GW)	5	3	15
Energy Depletion (ED)	5	3	15
Water Depletion (WD)	3	3	9
Raw Material Depletion (RMD)	3	3	9
Water Toxicity (WT)	3	3	9
Air Toxicity (AT)	1	3	3
Air Acidification (AA)	1	3	3
Photochemical Ozone Creation (POC)	1	3	3
Water Eutrophication (WE)	1	3	3
Total impact assessment value = 99			

方法1 (环氧取中间值3)

Environmental Burdens	Weighting (W _i)	Log A - Log B (E _i)	Impact Assessment Value (W _i x E _i)
Hazardous Waste Production (HWP)	5	-0.14	-0.70
Ozone Depletion (OD)	5	-4.60	-23.0
Global Warming (GW)	5	-0.18	-0.90
Energy Depletion (ED)	5	-0.58	-2.90
Water Depletion (WD)	3	-0.17	-0.51
Raw Material Depletion (RMD)	3	-0.10	-0.30
Water Toxicity (WT)	3	-0.66	-1.98
Air Toxicity (AT)	1	-0.30	-0.30
Air Acidification (AA)	1	-0.32	-0.32
Photochemical Ozone Creation (POC)	1	-0.08	-0.08
Water Eutrophication (WE)	1	-0.64	-0.64
Total impact assessment value = -29.1			

方法2

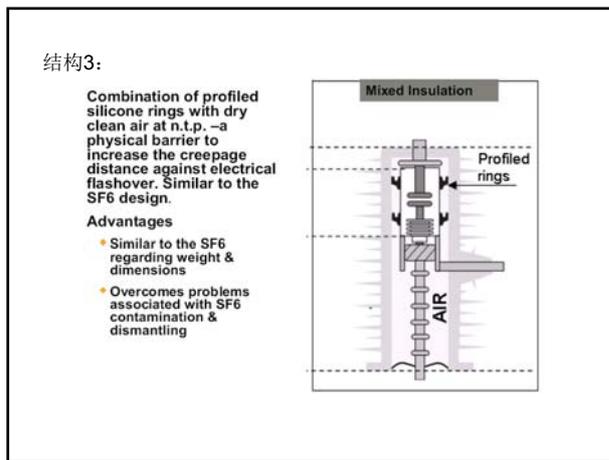
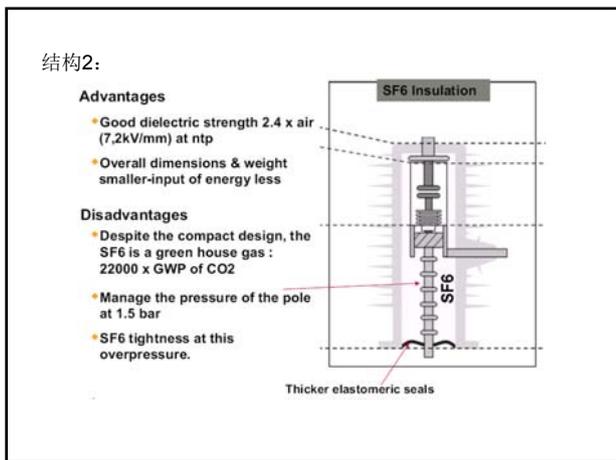
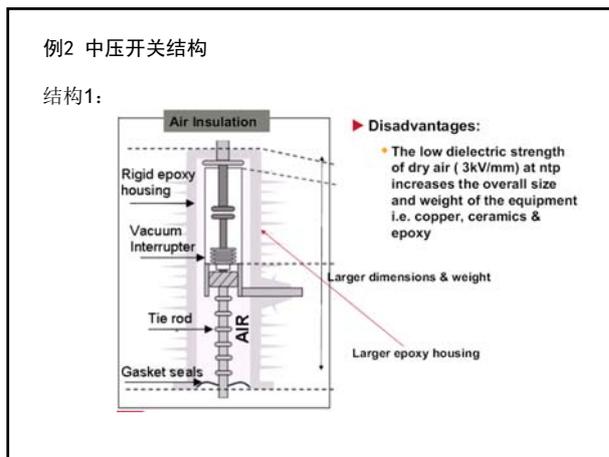
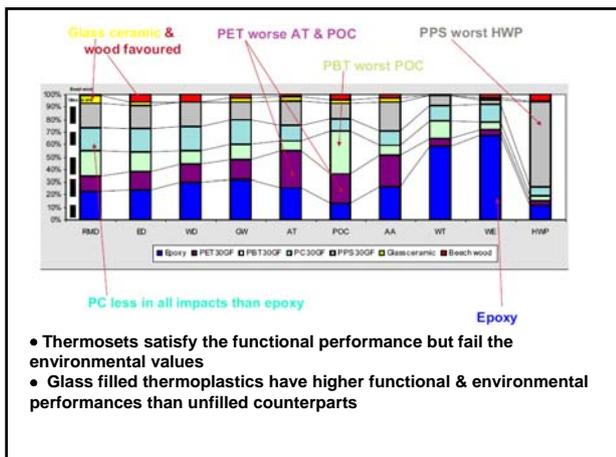
评价结果

Preferential order for materials:

- Functional performance >1
- Environ. performance <1 (Method 1)
- Negative value (Method 2)

Generic type	Normalised Functional Performance (Weighted average)	Environmental Performance #	
		Normalised Method 1	Method 2
PCCGF 30%	1.38	0.54	-29
PC	1.30	-9.54	-5
PET-GF30%	1.22	0.62	-33
PBT-GF30%	1.25	0.58	-28
PPS-GF30%	1.25	0.78	-24
PEI-GF30%	1.35	1.50	-7
PPO-GF30%	1.29	1.02	-17
PEI-GF30%	1.09	1.46	-9
PEI	0.94	1.5	-5
PBT	0.92	0.58	-27
PA66	1.22	1.24	11
PI	0.70	1.50	4
Glass ceramic	1.19	0.54	-52
Worlat	0.81	0.54	-45
SMC	1.33	1.30	-12
Epoxy tie rod	1.00	1.00	0

PC 聚碳酸酯, PBT聚对苯二甲酸乙二酯, PPS聚苯硫醚



Comparison of materials for each design (kg)

Material	Mixed	SF6	Air
Metals	9.6	9.6	10.7
Thermoplastics	0.4	0.4	0.4
Thermosets	6.1	6.1	7.0
Elastomers	0.45	0.26	5 x 10 ⁻²
Ceramics	1.3	1.3	2.6
SF6	0	6 x 10 ⁻²	0
Others	5 x 10 ⁻³	0	0
TOTAL	17.87	17.74	20.8

评价结果: (制造)

• 1 : best, 3: worst

Environmental Indicators	Units	Weighting (W)	Air Insulation		SF6 Insulation		Mixed Insulation	
			Impact	Rank	Impact	Rank	Impact	Rank
Energy Depletion	MJ	5	1.3E+04	3	2.0E+03	1	2.9E+03	2
Hazardous Waste Production	kg	5	8.39E-01	3	7.80E-01	2	7.57E-01	1
Global Warming	g-CO2	5	1.03E+06	3	2.17E+06	2	1.88E+06	1
Ozone Depletion	g-CFC11	5	4.66E-01	3	3.33E-02	2	3.11E-02	1
Acid Material Depletion	g-S	5	4.25E-12	3	4.18E-13	2	4.25E-13	2
Water Depletion	dm3	3	1.63E+04	3	1.35E+03	1	1.44E+03	2
Water Toxicity	dm3	3	2.25E+05	3	6.07E+04	1	6.98E+04	2
Air Toxicity	m3	1	7.61E+00	3	6.76E+00	1	7.38E+00	2
Photochemical Ozone Creation	g-C2H4	1	4.07E+02	3	5.43E+01	1	5.94E+01	2
Air Acidification	g-H2S	1	6.69E+02	3	5.69E+01	2	5.26E+01	1
Water Eutrophication	g-PO4	1	5.93E+01	3	1.44E+01	2	1.39E+01	1
TOTAL IMPACT	1 Wx order				99		50	49

评价结果：（安装）

Product + Packaging	Air	SF6	Mixed
Mass of Product (kg)	20.1	17.72	17.85
Mass of packaging (kg)	7	5	5
Volume of packed product	1.5X	X	X
Rank	3rd	1st	1st

X=Unit volume of SF6 unit

评价结果：（使用）

- electricity consumption
- SF6 leakage

	Air	SF6	Mixed
Rank	1st	3rd	1st

评价结果：（回收和废弃）

duration time for decontamination, dismantling and material sorting

Previous company experience

	Air		SF6		Mixed	
		rank		rank		rank
Dismantle (minutes)	20	1	50	3	20	1
Recycle and reuse (%)	77	3	83	1	84	1
Landfill (%)	19	3	12	1	12	1
Incineration (%)	4	1	5	1	4	1
Total		8		6		4
Overall Rank		3rd		2nd		1st

综合评价：

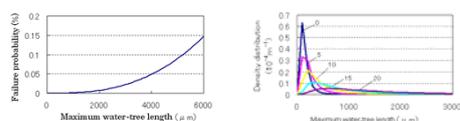
	Air Rank	SF6 Rank	Mixed Rank
Manufacturing	3	1	1
Distribution	3	1	1
Use	1	3	1
End of Life	3	2	1
Global impact	10	7	4
Rank	3rd	2nd	1st

电缆绝缘诊断的生命周期评价

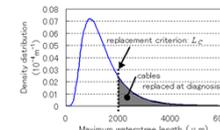
加速老化试验数据



各年故障率和水树长分布

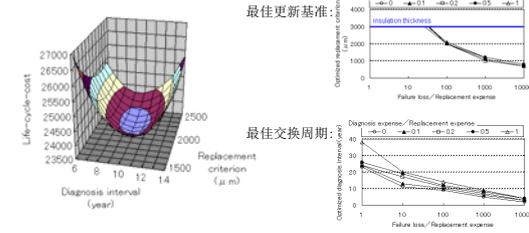


根据诊断决定电缆更换
(假设:最大水树长可以无损检测)

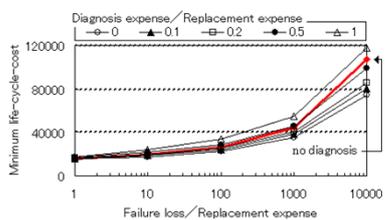


生命周期费用的最小化

参数: 故障损失, 更新费用, 诊断费用

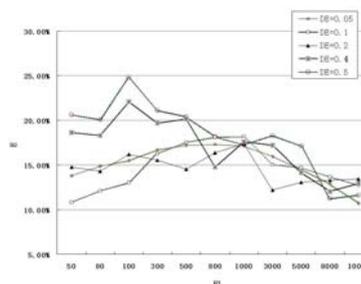


诊断的有效性



不同诊断方式的比较

- (1) 单一周期
- (2) 设定一个警戒线, 超过的设备缩短诊断周期



The relationship of feasibility rate and failure loss at different diagnosis expense ($\eta=5\%$).

例4 电动汽车的环境影响评价

电能传输效率=发电效率×(1-网损率)×充电效率

发电效率=35%
网损率 $\beta=6.97\%$
电池充电效率 $\gamma=85\%$ \Rightarrow 电动汽车的电能传输效率: 27.68%

电动汽车的节能及环保效果 ?

● 汽车制造生命周期评价

寿命: 行驶30万km

一辆汽车的材料组成和重量分布情况 单位: kg

材料	电动汽车	传统燃油汽车
铁	546	605.5
铜	11	9
锌	5	5
铅	5	10
铝	200.5	211.5
镁	20	15
玻璃	35	35
液态物质	19.5	45
橡胶	50	52
塑料	88	100
其他	162	78
总计	1142	1166

只考虑铁和铝的生产能耗

材料回收的影响

材料	三种原材料生产方式下的单位重量能耗情况 单位: kJ/kg		
	100%纯净材料	100%可回收材料	60%纯净和 40%可回收材料
铁	40,000	30,000	36,000
铜	100,000	45,000	78,000
锌	50,000	16,000	36,400
铅	40,000	8,000	27,200
铝	220,000	4,000	148,000
镁	280,000	27,000	178,000
玻璃	30,000	15,000	24,000
液态物质	62,733	62,733	68,733
橡胶	70,000	43,600	59,440
塑料	90,000	45,000	72,000
其他	138,163	124,425	132,668

分析计算利用

汽车生命周期评价中各部分的能耗与碳排放

	能耗 (GJ)		碳排放 (吨)	
	电动汽车	燃油汽车	电动汽车	燃油汽车
材料生产	87.06	81.51	1.91	2.04
汽车装配	22.55	23.03	0.87	0.89
销售配送	0.83	0.84	0	0
报废处理	0.42	0.43	0	0
总计	110.86	105.81	2.78	2.93

忽略销售和报废处理的碳排放

EV、GV制造阶段碳排放差异不大

● 燃料生命周期评价

2012年12月, 美国阿肯实验室评估报告

假定: EV耗电特性9.7kWh/100km, GV油耗特性为9.48L/100km

WTP: well to pump 上游生产环节

PTW: pump to wheel 下游使用环节

WTW: well to wheel 生命周期

		传统汽车		电动汽车				
		传统燃油	美国电网	煤炭	天然气	生物质能	可再生能源	
总能耗	WTP	731	1,165	1,916	1,119	3,872	62	
	[kJ/km]	PTW	3,022	889	889	889	889	889
	WTW	3,753	2,054	2,805	2,008	4,760	951	
化石能源	WTP	656	977	1,915	1,118	173	0	
	[kJ/km]	PTW	2,940	745	888	889	40	0
	WTW	3,597	1,722	2,803	2,007	213	0	
煤	WTP	45	631	1,884	2	2	0	
	[kJ/km]	PTW	0	481	874	1	0	0
	WTW	45	1,112	2,758	3	2	0	
天然气	WTP	394	327	5	1,112	18	0	
	[kJ/km]	PTW	0	250	2	884	4	0
	WTW	394	577	7	1,996	22	0	
石油	WTP	217	18	26	4	154	0	
	[kJ/km]	PTW	2,940	14	12	3	35	0
	WTW	3,157	32	38	7	189	0	
其他能源	WTP	75	188	1	1	3,699	62	
	[kJ/km]	PTW	82	144	1	0	849	889
	WTW	156	332	2	1	4,547	951	
二氧化碳	WTP	56	151	276	133	25	0	
	[g/km]	PTW	223	0	0	0	0	0
	WTW	279	151	276	133	25	0	

燃油汽车PTW阶段的能耗和碳排放, 分别占生命周期总能耗的80.5%和碳排放的79.9%

电动汽车的PTW阶段能耗都是889kJ/km而且基本无碳排放, WTP阶段的能耗和碳与电网结构密切相关

美国电网结构:

- 煤电37.4%
- 天然气发电30.4%
- 可再生能源发电12.2%
- 核电19%
- 石油发电0.5%

EV的能耗和碳排放为GV的54.7和54%

中国电网结构:

煤电78.6%

天然气1.6%

水风核19.8%

		传统汽车		电动汽车(中国电网)			
		8L/100km	9.48L/100km	9.8kWh/100km	15kWh/100km	20kWh/100km	
总能耗	WTP	731	731	1,536	1,536	1,536	
	[kJ/km]	PTW	2,563	3,022	889	1,367	1,817
	WTW	3,294	3,753	2,425	2,907	3,353	
化石能源	WTP	656	656	1,523	1,523	1,523	
	[kJ/km]	PTW	2,481	2,940	712	1,097	1,459
	WTW	3,137	3,597	2,235	2,620	2,982	
煤	WTP	45	45	1,481	1,481	1,481	
	[kJ/km]	PTW	0	0	687	1,062	1,416
	WTW	45	45	2,168	2,543	2,897	
天然气	WTP	394	394	22	22	22	
	[kJ/km]	PTW	0	0	16	25	33
	WTW	394	394	38	47	55	
石油	WTP	217	217	20	20	20	
	[kJ/km]	PTW	2,481	2,940	10	10	10
	WTW	2,698	3,157	30	30	30	
其他能源	WTP	75	75	13	13	13	
	[kJ/km]	PTW	82	82	177	270	358
	WTW	157	156	190	287	371	
二氧化碳	WTP	56	56	219	255	289	
	[g/km]	PTW	188	223	0	0	0
	WTW	244	279	219	255	289	

车的驱动力和舒适性等性能比较:

20kWh/100km的电动汽车 ~ 9.48L/100km的燃油汽车

15kWh/100km的电动汽车 ~ 8L/100km的燃油汽车

9.7kWh/100km的电动汽车 ~ 1.0排量以下的小型燃油汽车

电动汽车节能, 但未必减少碳排放 (更可能加剧其它污染物排放)

EV应在水电丰富地区试点

我国首批电动汽车试点省份分布图