

能源方案的比较危险评估 评估结果的意义

RICHARD WILSON、MIKE HOLLAND、ARI RABL 和 MONA DREICER

比较危险评估技术的发展
和评估结果的解释和利用方面已取得重大进展,对电力生产和输送方案的评估尤其如此。虽然评估结果常常需要在可能作出任何决策以前要结合其他社会、政治和经济问题综合考虑,但确已成为决策的有用辅助手段。

自 1990 年以来已发表了 7 项对“完整”燃料链进行分析的研究成果。(见第 15 和 16 页的方框和表。)在所有这 7 项研究中,均把危险转换为货币成本,但也涉及一些对非货币价值的讨论。

对这些结果的审议表明:

- 由于假设和方法学不同,损害估计有一个范围。这些差异也表明了在最近的一些研究中,例如欧洲委员会(EC)的 ExternE 项目,方法有了更加全面的发展;

- 假设和方法学方面的很大差异使直接比较变得困难;和

- 没有任何一次评估能够包括所有可能的影响(例如除有限范围以外的全球变

暖,或裂变材料的可能转用)。决策者必须注意这些局限性,以便把这些局限性作为任何决策的因素加以考虑。

比较危险评估的争论焦点在于化石燃料燃烧所致的全球变暖;灾难性事故,尤其是核和大型水电站事故;和高放废物处置。这些问题涉及技术问题和复杂的社会与政治问题。但是,比较危险评估应以透明的方式提供信息,这样,研究结果的局限性和长处就能得到正确理解。

在能源系统比较中必须评估的某些特殊问题和影响包括:

化石燃料。对化石燃料而言,其主要影响是全球变暖和空气污染(各种微粒、NO_x 和 SO₂)造成的死亡率。天然气是比较清洁的,因此,它的影响比煤的小,比欧洲联盟(EU)满足目前排放标准的煤电厂的影响小 2—4 倍。利用化石燃料所造成的影响的货币价值相对较大,尤其是燃煤发电(对 EU 目前运行中的电厂来说,大概是市场电价的 10% 到 100%)。

全球变暖通常认为是化石燃料燃烧所致的重大危险。但是,关于其可能的影响尚需要作更多的研究。1999 年发表的 EC ExternE 项目的报告调查了一些最敏感的参数对全球变暖分析的影响。虽然该报告没有局限关于全球变暖影响已报道的一些研究结果的范围,但它还是阐明了影响的不确定性可能是很大的。看来很可能由于今后继续使用化石燃料,温室气体水平将会增加,控制温室气体排放的法规必须增加力度。

核动力。关于核能发电,其主要影响可能是癌和环境中的放射性水平增加所致的遗传效应。

对于公众来说,如果不发生任何事故,那么整个核

Wilson 先生是美国哈佛大学 Mallinckrodt 物理教授;Holland 先生是英国 AEA 技术公司管理顾问;Rabl 先生是法国巴黎矿业学校能源中心科学负责人,美国科罗拉多大学土木工程系研究员;Dreicer 女士是美国华盛顿特区环境评估顾问。

90年代能源燃料链的比较危险评估

年/研究

主要属性

1991:《电力的环境成本》, R. L. Ottinger 等, Oceana出版社, 纽约(1991)

范围:美国。对核能、煤、石油、天然气、水力、太阳能、风能、废物能等进行了评估。影响分析:健康、作物、林业、渔业、材料、可见度。按消除有害事物的成本而不是损害成本对全球变暖进行了评估。

1992:《燃料循环的社会成本》, D. W. Pearce, C. Bann, 和 S. Georgiou, 为英国贸易和工业部作的报告;《英国外在加法器的开发》, D. W. Pearce, 在欧洲委员会、国际能源机构和经济合作与发展组织举办的讲习班上的发言,(1995年1月30—31日)。

范围:英国和欧洲联盟。对13种燃料链/技术工艺进行了评估。影响分析:健康、作物、林业、生物多样性、材料和可见度。

1993:《电力生产的外部成本》, R. Friedrich 和 A. Voss, 能源政策(1993年2月)。

范围:德国。对核能、煤、风能和光电能进行了评估。影响分析:林业、农业、动物群落、材料和健康。

1994:《电力生产健康危险分析:英国的观点》。D. J. Ball, L. E. J. Roberts 和 A. C. D. Simpson。英国诺里奇东英吉利大学环境科学学院环境和风险管理中心,(1994年)。

范围:英国。对核能、煤、石油、天然气、风能和潮汐能进行了评估。侧重于对人类健康的风险。没有考虑跨境空气污染和全球变暖。没有进行货币评估。

1994:《燃料循环的外部成本和收益》, Russell, Lee, 编辑, 美国田纳西州橡树岭橡树岭国家实验室和未来资源(1994年)。

范围:美国东南和西南两个场地。对核能、煤、石油、天然气、水力和生物量焚烧进行了评估。局部影响和地区影响。

1995:《纽约市电力外在因素研究》, R. D. Rowe, C. M. Lang, L. G. Chestnut, D. Latimer, D. Rae, S. M. Bernow 和 D. White, 海洋出版物, 纽约(1995)。

范围:美国纽约州两个场地。对核能、煤、石油、天然气、生物量焚烧和风能进行了评估。局部影响和地区影响。

1995:《ExternE:能源的外在因素》, 欧洲委员会, 第十二届理事会大会, 卢森堡(1995年)。

范围:欧洲联盟, 英国、德国、法国、挪威的若干场地。对核能、煤、褐煤、石油、天然气、水力、风能进行了评估。局部、地区和全球影响。对全球变暖进行了文献调研。

1996:《环境影响和成本:核和化石燃料循环》, A. Rabl, P. S. Curtiss, J. V. Spadaro, B. Hernandez 和 A. Pons, 欧洲委员会, 卢森堡(1996年)。

范围:1995年 ExternE 在法国的应用。对核能、煤、石油、天然气进行了评估。首次对厂址依赖性作了系统研究。

1996年:《计算社会成本:南非的电力和外在因素》, C. Van Horen, Elan 出版社和 UCT 出版社, 开普敦大学(1996年)。

范围:ExternE 在南非的应用。对核能和煤进行了评估。

1999:《ExternE:能源的外在因素》, 欧洲委员会, 第十二届理事会大会, 科学、研究和发展, 卢森堡(1999年)。有3卷, 内容分别为国家执行情况、方法学最新进展和全球变暖影响。

范围:14个欧洲联盟国家和挪威。众多技术工艺。对局部、地区和全球影响进行了评估。对全球变暖作了新的分析。适用于一次和二次微粒的慢性死亡率。利用年生命损失(YOLL)对死亡率进行了评估。



煤燃料链的影响和损害成本概况

研究	影响 (每 TWh 死亡数)		损害成本 (以每 kWh 百万欧元计)				研究总成本
	职业性死亡数	公共卫生	职业卫生	环境	全球变暖		
						(贴现率 0%)	
Ottinger 等 1991						22-55	
Pearce 等 1992		0.05		0.005	0.04	0.14	
Pearce 等 1995						0.11	
Friedrich&Voss 1993		0.01-0.07		0.013-0.015		0.02-0.09	
Ball 1994	0.04-0.14						
ORNL/RFF 1994		0.01-0.64	0.08	0-0.1	nq	0.7-1.4	
Rowe 等 1996		3-5		0.1	nq	3-5	
ExternE 1995	0.13-0.23	4-13	1-2	0.2-0.8	10-18	16-34	
Rabl 等 1996		5-14	nq	0.02	15	20-29	
ExternE 1999		10-50		0.5-2	10-50	20-100	

注:数字已经四舍五入。要了解研究总成本请参见其他栏的具体数字。
nq=没有量化。

核燃料链的影响和损害成本概况

研究	影响 (每 TWh 死亡数)		损害成本 (以每 kWh 百万欧元计)				研究总成本	
	公众死亡数	职业性死亡数	公共卫生	职业	环境卫生	全球变暖		重大事故
Ottinger 等 1991			4.9				18.5	23
Pearce 等 1992			0.003-0.009			0.0012	0.002-0.006	0.007-0.017
Pearce 等 1995						0.0012	0.006-0.044	0.006-0.044
Friedrich&Voss 1993			0.001-0.005		0-0.002		0.0005-0.004	0.002-0.01
Ball 1994	0.01-1.23	0.02-0.09						
ORNL/RFF 1994			0.012	0.08-0.09				0.09-0.01
Rowe 等 1996								0.09
ExternE 1995	0.65	0.04	2.4	0.15				2.6
Rabl 等 1995	0.62	0.02	2.4	0.14			0.0005-0.023	2.5

注:数字已经四舍五入。要了解研究总成本请参见其他栏的具体数字。

燃料循环的例行释放所致的个体危险往往很小。但是,对全球人口而言,如长时期内综合起来考虑,那么根据放射防护界通常接受的假设,集体危险显然是很大的。

其他问题涉及有关国际政治气候和政府遵循全球认可的标准和限额方面的变化的假设。考虑到近 10 年来的教训,更不用说过去几千年发生的往事,政治因素显然不应忽略。

如果分析家们假定政府

遵守所有安全法规,并且不考虑灾难性事故,那么核动力的影响很小(这些影响的货币价值或“成本”只是市场电价的百分之几,比化石燃料的小得多)。

另外一些考虑包括诸如裂变材料扩散等其他公众担忧的问题的社会成本;尽管在最近的 ExternE 报告中讨论了这些问题,但大多数比较危险评估并没有涉及。

可再生能源。 可再生能源技术工艺有各种各样,但

是要对它们进行评估是很困难的,因为它们的有些影响往往因场址而异。除生物能(物质就地燃烧)和某些场址的水电站(水流变化可能严重影响环境)外,可再生能源技术工艺在能源生产阶段的影响很小。

但是,总的来说,可再生能源的影响在设备生产和电厂建设阶段可能很大。这是因为每单位有效电力生产所用的材料比其他能源系统所用的要多。有些可再生能源

技术工艺可能产生令人感到不舒适的影响(例如噪音)。印度有些水电站的经验报道表明了考虑土地利用和社会与文化影响的重要性,尤其在涉及大量人口迁移的地方。

结果的解释

比较方法。比较危险评估中的关键问题涉及导出一个供比较结果用的通用标准的方法。这些问题与评估方法学直接相关,并对结果的解释至关重要。在各种情况下,所采用的方法对决策过程中如何能利用这些信息将会产生重要影响。

一旦对不同能源燃料链的释放量和/或影响作了估计,许多研究工作就把这些结果量化并把它们转换成货币价值,通常称为“外部成本”。这种价值仍然是有争论的,尤其是对各国都一样的不受市场支配力驱动的人类生命或其他影响而言。

尽管已提出一些计算这类“社会成本”的方法,但是它们还未被所有分析家所接受。

在某些情况下可采用的另一种方法,涉及在环境标准的“超过数”基础上解释结果;换句话说,基于超过环境标准的程度。许多研究工作就是用这种方法来比较危险的,此方法在涉及考虑生物

多样性和生态影响问题以及货币价值相当主观的场合尤为适用。

当应用这种方法时,了解所用标准的基础和适合程度是极其重要的。所选标准必须与正在做的具体比较危险评估有关,因为它们通常不可转移到其他研究工作,并将使结果的解释复杂化。诸如蒙特利尔议定书和1997年京都协定等国际协定都可以用作解释结果的基准。

比较的另一种方法是通过利用诸如多标准分析和危险筛选等技术,划分危险的等级。与经济评估相比,这些技术有些优点,因为它们理论上至少可以给所有已知的影响确定权重,而无需进一步做实验评估工作。对每一种影响确定的加权可以影响结果,而灵敏性分析在这些情况下是解释结果的有用手段。

目前,货币法的一个主要优势,在于所用的量度标准实际上为全世界每一个人所熟知。因此,其产生的结果比基于多标准分析加权应用产生的结果更能使人理解。

时段和空间范围。比较危险评估结果的解释还取决于影响发生并对其进行评估的时段。如果采用货币评估和贴现,那么在评估不同影响时采用类似的时段的重要

性就变得尤为突出。在解释结果时需要说明贴现率的选择。这是因为选择的贴现率可以起到将人人不可接受的长期危险减至最小的作用。

同样,25年以上的时段将引出两代人之间权益的问题,这可能将大大影响结果的解释及其后利用。在针对两代人间的成本选择贴现率时,常常会忽略一个关键性变量:未来技术工艺和成本的演变。

例如,如果能找到一种简单而又无痛苦的癌治疗方法,那么核燃料链的大多数影响和成本变得可以忽略。同样,对全球变暖来说,采取一些措施也许可减轻化石燃料链的影响和成本。鉴于这些因素,长期影响的权重往往涉及方案的选择。

除全球扩散的长寿命气体(温室气体、碳-14和碘-129)以外,大多数影响是相当局部的和从属于场址的。

对于气体空气污染物、NO_x和SO₂来说,这些影响可能随场址和烟囱高度等条件变化一个数量级。

例如,烟囱越高污染物扩散得离厂址越远,这就使得电站的位置在评估颗粒状物长期影响中变得不太重要。水污染、固体废物和采矿(包括事故评估)对厂址的依赖性特别强。

不确定性。比较危险评估和解释评估结果所用数据的不确定性是值得特别关注的一个问题。

下面是应考虑的四类不确定性：

- **技术/科学**(模型、输入参数、数据、剂量响应函数)；

- **政策/伦理选择**(各国生命价值观、两代人间的贴现率)；

- **未来的情况**(生活方式、人口规模和分布、技术和医学进步)；

- **某些类型影响的疏忽。**

技术/科学方法、情况的选择及对具体影响的评估受专家判断的影响。因为这类选择就其自然属性而言是主观的，因此应明确地陈述，以便决策者在解释结果时能考虑它们。

由于这个原因，注意到公众对危险的感受是制订和确定能源政策中的重要因素是十分重要的。公众对环境危险的担心尤其属于这种情况，在这方面，公众对危险的感受可能并不总是与专家的意见一致。

结果的应用

比较危险评估的结果有一系列潜在应用，但如何应

能源燃料链的比较研究： 可能的应用

- **应用：**能源战略规划的技术工艺选择和平衡(例如煤—核能—可再生能源)。**信息需求：**燃料循环的影响和成本(所考虑的技术工艺的各阶段总和)。

- **应用：**新电厂的选择。**信息需求：**电厂的影响和成本(所考虑的每种技术工艺的排放量总和)。

- **应用：**现有电厂的最佳调度。**信息需求：**电网中每座电厂的影响和成本(所有各阶段总和)。

- **应用：**监管工作的最优化(诸如空气质量限值、贸易许可证、污染税等的排放限值和环境质量目标)。**信息需求：**每种污染物和每个污染者的影响和成本(无需汇总)。

- **应用：**绿色账单(由于环境损害对国民生产总值 GNP 的修正)。**信息需求：**成本(一个国家内的全部排放源的总和)。

用却很重要。(见方框。)

把一种情况的结果转用于另一种情况，或从一个国家转用于另一个国家可能是很成问题的。例如，目前，对东欧国家发生的一次重大事故的评估结果可能不适用于其他地方的事故，因为经济情况不同。

其他例子进一步着重说明试图把一个评估结果应用于另一个评估的困难性。其中一些例子涉及环境成本评估，其所依据的是对一个特定社会“愿意支付”环境成本的估计研究。国家之间在环境法律、监管标准和其他因素方面的差异都必须予以考虑。

正如所有的危险评估都

会遇到的那样，评估结果的最终表示形式直接影响如何能有效地利用这些信息。

在化学工业中，比较危险评估常常用排列成表或矩阵的方式来介绍危险。欧洲委员会的 ExternE 项目按燃料链的各个阶段和影响途径(负担、影响、价值)的各个输出阶段来介绍评估结果。这样做是为了以最大的透明度来介绍评估结果。

对于决策来说，评估结果的表示形式

可能特别重要。

在报道比较危险评估结果时，下列若干因素必须交代清楚：

- 被评估的能源系统的确切性质；
- 已量化的影响；
- 分析中被排除的因素；
- 评估中所用数据的来源；
- 已作的假设；和
- 分析家和其他专家们认为分析中最敏感的因素。

如果所有这些因素都得到解决，那么比较危险评估的结果将成为能源方案和政策最佳决策的基本依据。 □