

是非曲直

核电是目前可供利用的技术，温室气体排放极低，可以大幅度扩展以减少将来的温室气体排放

核电的温室气体排放极低，据政府间气候变化问题小组分析，在能源供应领域，核电能够以最低平均成本提供最大缓解潜力。

这些就是在气候变化审议中应当用来评价核电的优点。

然而，核电目前被排除在清洁发展机制和联合执行机制之外。这种排除不是基于气候考虑。

清洁发展机制和联合执行机制是包括在《联合国气候变化框架公约京都议定书》中的两项“灵活机制”，目的是帮助各国满足条约规定的限制或减少温室气体排放的指标。通过清洁发展机制，有条约规定指标的国家（即大多数发达国家）可通过投资无条约规定指标的国家（即大多数发展中国家）中削减或消除温室气体的

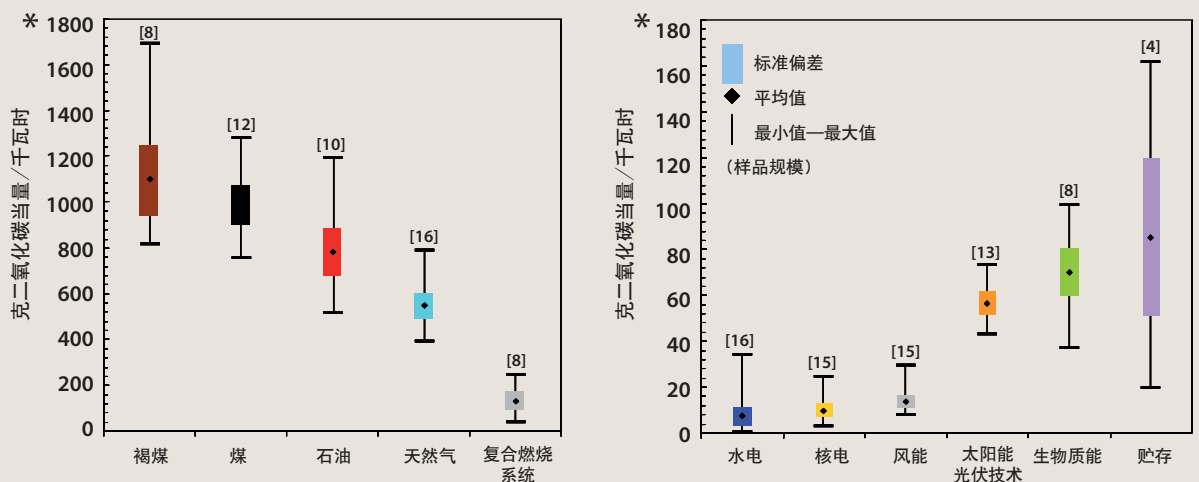
项目，完成一部分指标。对于联合执行机制，除了都有条约规定指标的国家之间的联合执行外，情况同样如此。核电项目明确不在清洁发展机制和联合执行机制的考虑范围内。

对核电的最基本担忧是：核电可能不安全、不经济，或可能与武器制造有关。但有关气候变化的谈判不是解决任何这些担忧的合适方式。

至于安全，《核安全公约》提供了一个有效的国际评审机制。在评价成本时，投资者最有条件预测目前和将来有经济吸引力的东西。至于扩散，我们有目前已被无限期延长的《不扩散核武器条约》，还有越来越多的国家遵守旨在进一步加强与该条约有关的保障协定的附加议定书。

联合国可持续发展委员会的结论是，

图1：一些发电技术寿期循环产生的温室气体排放量



*注：两个图的纵向数值范围相差一个数量级。

注：[WEISSER, D. “各种发电技术寿期循环产生的温室气体排放指南”，《能源》杂志第32期（2007年）第1543-1559页]。左图：化石燃料技术；右图：非化石燃料技术。

说核电

Hans-Holger Rogner、Ferenc L. Toth 和 Alan McDonald

尽管各国对核电的可持续发展作用持不同意见，但“对核能的选择在于各国”。不该是气候变化协定排除这种选择。

既满足当代人需求又不损害后代人满足其需求能力的可持续发展的最佳机会，在于使后代人能够对能源供应方案做出他们自己的决定，并且使这些方案能够在—个公平的竞技场竞争。

极低的温室气体排放

图1比较了核电整个寿期循环（包括铀开采，燃料制造，核电厂建造、运行和退役，废物处理）产生的温室气体排放量与其他发电技术寿期循环产生的温室气体排放量。值得注意的是，右图有关非化石燃料技术的排放量比较中采用的数值范围较小，在0~180克二氧化碳当量/千瓦时。左图有关化石燃料技术排放量比较的

数值范围为0~1800克二氧化碳当量/千瓦时。

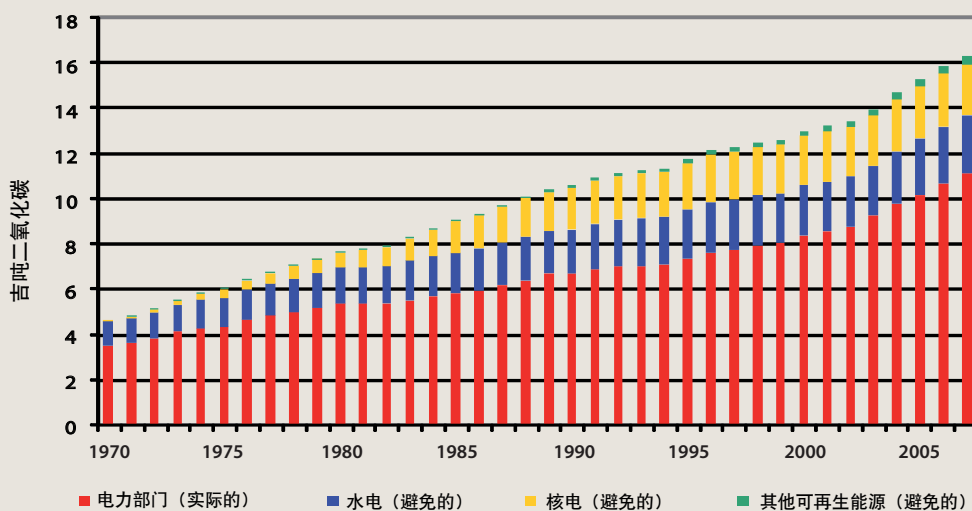
水电、核电和风能的寿期循环温室气体排放最低，比化石燃料发电厂低一个数量级，比光电和生物质能的估计值低三分之二。对于核电，根据15个范围在2.8~24克二氧化碳当量/千瓦时的估计值，求得平均排放值约为10克二氧化碳当量/千瓦时。然而，许多可再生能源具有间歇性，无法提供可靠的基荷电力。

因此，虽然风能和太阳能能够补充基荷发电，但是它们无法完全代替水电和核电。

大多数温室气体排放来自电厂燃料循环活动的“上游”，包括铀采矿、水冶、浓缩和燃料制造。

核电估计值的许多变化来自对铀浓缩技术的不同假设，具体地说，是采用气体

图2：电力部门全球二氧化碳排放量与三种低碳发电技术避免的排放量



来源：国际原子能机构基于经合组织/国际能源机构“世界能源统计与衡算：非经合组织成员国的能源衡算”（2008年）的预测值。

扩散技术还是采用离心技术，浓缩厂用电来源是什么。离心技术需要的电力只是气体扩散厂用电量的2%，如果假设浓缩厂用电来自煤电厂，那么温室气体估计排放量很高；如果假设浓缩采用核电、水电和风能发电，那么估计排放量较低。

随着离心厂继续取代退役的气体扩散厂，以及浓缩厂的更多用电来自低碳发电，核电寿期循环产生的温室气体排放量将趋向图1所示范围的低端。

核电已避免的温室气体排放量

在过去的50年里，核电已经成为世界电力供应的一部分。目前，全世界有437座动力堆在运行，自20世纪80年代中期以

来，核电在全球发电量中的份额已经达到14%~16%。因此，核电已避免大量的温室气体排放，几乎等于水电所避免的排放量。

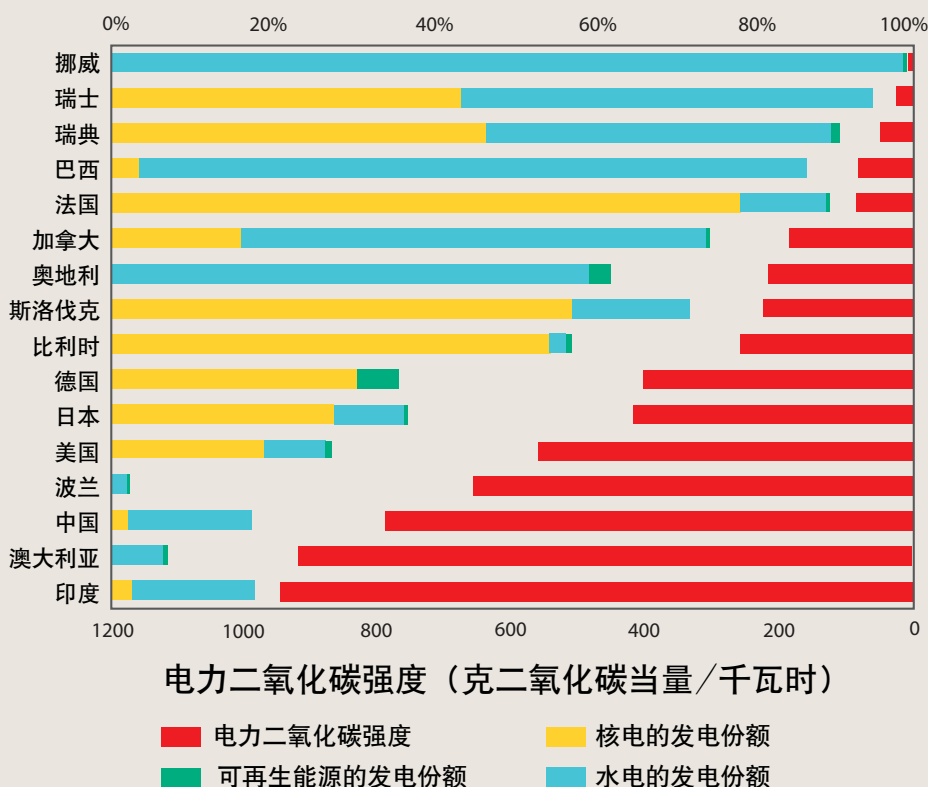
图2中红色柱条表示的是全球发电产生的二氧化碳排放历史趋势。例如，2007年，全球发电产生的二氧化碳排放量约为11吉吨。但是，如果没有可再生能源、水电和核电，二氧化碳排放量估计会达到16.4吉吨。

这些对避免的二氧化碳排放量的估计值，很大程度上基于在没有可再生能源、水电和核电的情况下生产替代的电力所进行的假设。就图2中的估计值来说，所作的假设是，利用这些能源生产的电量可以通过成比例地增加电力结构中的燃煤、燃油和燃天然气发电比例来实现。这种方法可能低估了核电在20世纪70年代和80年代初避免的排放量。20世纪70年代石油危机后建造的许多新核电站，就是用来减少对石油和天然气的依赖。要是没有这些核电厂，建造的燃煤电厂在煤、石油和天然气结构中的比例更大。

图3显示在国家一级，低二氧化碳排放与高水电或核电份额之间的关系。根据该图，二氧化碳强度低于世界平均值的20%，即低于100克二氧化碳当量/千瓦时的国家，其80%或以上的电力来自水电（如挪威和巴西）或核电（如法国），或来自这两者的综合（如瑞士和瑞典）。

在图中数值范围的另一端，二氧化碳强度达到800克二氧化碳当量/千瓦时或以上的国家，其电力结构中既没有核电也没有水电（如澳大利亚），或者核电或水电的数量很小（如中国

图3：2006年一些国家电力部门中非化石燃料能源份额与二氧化碳强度



来源：国际原子能机构基于经合组织/国际能源机构“燃料燃烧产生的二氧化碳排放量（2008年）”的预测值。

和印度)。

未来避免温室气体的巨大潜力

政府间气候变化问题小组的第四次评估报告对不同电力方案缓解温室气体的未来潜力进行了评估，特别是，化石燃料、核电、水电、风能、生物能、地热能、太阳光电、集中太阳能以及采用二氧化碳俘获和储存技术的煤和天然气之间的燃料转换。政府间气候变化问题小组的这项分析以经济合作与开发组织国际能源机构的《2004年世界能源展望》中的参考情景开始。据估计，到2030年通过采取不同的发电技术可能避免的温室气体排放量超过其参考情景中的份额。

分析假设，每项技术都将尽可能经济地和严格地实施，同时考虑库存周转、制造能力、人力资源开发和公众接受等实际限制因素。评估结果表明了每项低碳技术可在不同成本水平（相对于参考情景）下推广应用的情况。

这些成本是低碳技术成本与它所替换的成本之间的差额。图4示出了缓解潜力超过0.5吉吨二氧化碳当量的技术的估计值。图4每个长方形的宽度代表该技术在纵轴给出的碳成本范围内的缓解潜力。每个长方形的宽度通过它上面或下面的数字表示出来。因此，核电（黄色长方形）的缓解潜力为负碳成本时的0.94吉吨二氧化碳当量加上至多20美元/吨二氧化碳碳成本时的0.94吉吨二氧化碳当量。（在政府间气候变化问题小组的报告中，负成本方案是指那些减少能源成本以及减少地方和地区污染物排放等利益等于或超过给社会造成的费用，不包括避免气候变化这些利益的方案）。核电总的缓解潜力为1.88吉吨二氧化碳当量。

图4表明，核电在能源供应领域，能够以最低平均成本提供最大缓解潜力。水电的缓解潜力其次，但是它的规模是这里考虑的5种方案中最低的。

风能提供的缓解潜力跨3个成本范围，但三分之一以上是以负成本利用的。生物能也有重大的缓解潜力，但是到2030年不到一半是以低于20美元/吨二氧化碳当量的成本利用的。

结论

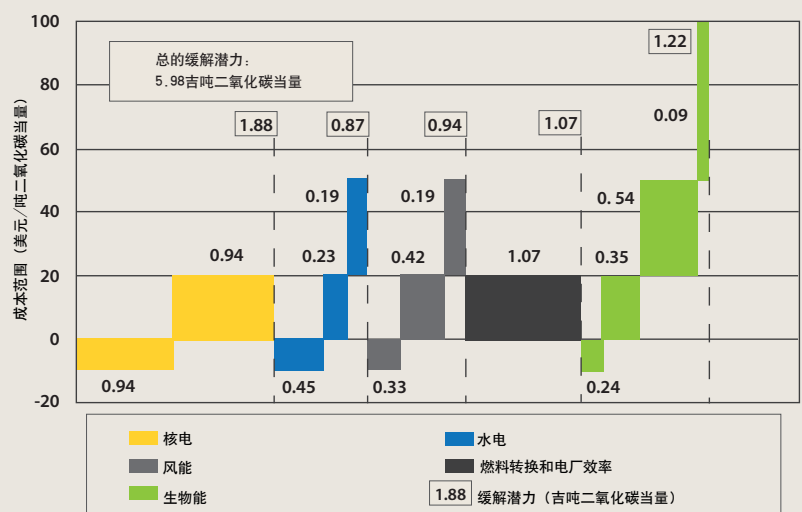
随着60个国家正在考虑在能源结构中引入核电，核电在世界舞台上的作用注定会增加。重要的是，后京都协定要以核电对气候变化的功绩评价核电，将核电项目纳入清洁发展机制和联合执行机制。 ☞

Hans-Holger Rogner是国际原子能机构规划和经济研究科科长。电子信箱：h.h.rogner@iaea.org。

Ferenc L.Toth是国际原子能机构规划和经济研究科资深能源经济学家。电子信箱：f.l.toth@iaea.org。

Alan McDonald是国际原子能机构核能司计划协调组组长。电子信箱：a.mcdonald@iaea.org。

图4：2030年一些发电技术在不同成本范围的缓解潜力



第三工作组对政府间气候变化问题小组的第四次评估报告的贡献 (Metz,B.; Davidson,O.R.; Bosch,P.R.; Dave,R.; Meyer,L.A.等, 剑桥大学出版社, 2007年)。