



全球环境基金  
投资于我们的地球

投资

# 可再生能源

全球环境基金的经验



# 前言



莫妮卡·芭布  
全球环境基金  
首席执行官兼主席

世界正站在决定能源未来的十字路口。变化的气候、对石油等化石燃料的更多依赖、进口额的持续增长和能源价格的不断攀升，导致发展中国家比以往更加脆弱。这些挑战需要我们提出积极全面的应对方案。

可再生能源行业的出众之处在于，它不仅能够减少温室气体的排放和污染，而且能够开发当地的、零散分布的能源，如风能、太阳能、水能、潮汐能、地热能和生物质能。这些可再生资源既不受化石燃料市场波动性的影响，而且还可促进就业、技术进步和经济增长。可再生能源无疑是实现可持续未来的一个主要元素。

这也正是可再生能源成为全球环境基金 (Global Environment Facility, GEF) 基本业务支柱的原因。在过去的 18 年里，GEF 投入 11 亿美元支持约 100 个发展中国家和转型经济体的可再生能源项目，展现了其在这一领域独一无二的领导力。同时这些项目还获得了 83 亿美元的联合融资。GEF 帮助主要发展中国家和新兴经济体将可再生能源提上了议事日程，从中国到印度，从阿根廷到巴西，从墨西哥到南非，从摩洛哥到土耳其，从俄罗斯到罗马尼亚，再从巴巴多斯到图瓦卢，都从中受益。GEF 推动了可再生能源技术 (RET) 在社会各个层面的示范、应用、推广和转化，小到家用厨灶和照明、社区级小型电网，大到国家级大型并网电力系统。这些项目让 GEF 成为全世界公共领域最大的可再生能源技术转让机构，其投资贡献了装机容量达 3 千兆瓦的可再生电力和 2.8 千兆瓦的可再生热力，累计可直接减少约 2.9 亿吨的二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 排放量。借助于催化和复制效应，温室气体间接减排量预计可达 12 亿吨。

作为支持可再生能源技术与实践实现市场化的先行者之一，GEF 支持发展中国家制定和执行有效的可再生能源技术推广政策。GEF 支持的一个中国项目就成功实现了可再生电力市场的扩展。法规和政策变革不仅已经取得了显著成效，而且对未来几十年的发展也大有裨益。为了推广可再生能源，GEF 还率先推动建立创新型市场机制和金融工具，如能源服务公司、部分风险担保、周转基金和股权基金。

此外，GEF 还率先在发展中国家示范和应用未市场化的新型可再生能源技术，其中最重要的一项是聚光太阳能发电技术 (CSP)。对这些项目的支持重点除了投资，就是确保技术的示范和应用要考虑到未来的商业化。

GEF 可再生能源和应对气候变化方面的工作，造福了缺乏能源服务、只能依赖传统生物质满足基本能源需求的 20 亿发展中世界人口。例如，由 GEF 牵头，在撒哈拉以南非洲和南亚地区资助和推广家用太阳能系统、太阳能手提照明灯和用于灌溉水泵的可再生电力；帮助发展中国家的公用事业提高能力，助其更好地运营可再生电力系统并将其集成到现有的设备和电网。

GEF 将继续致力于在发展中国家和转型经济体中推广可再生能源，使之成为可持续发展的重要组成部分，以应对气候变化的挑战。我们希望通过后面的介绍，能够增进读者对 GEF 在可再生能源领域工作的了解，激发更多的热忱，并带来更多佳绩。





中国：生产太阳能光伏组件

## 发展中世界面临的 可再生能源挑战与机遇

发展中国家致力于发展经济和减少贫困的同时，也面临着气候变化和能源的严峻挑战。看看下面这些纯粹的数字，就足以让人惊心：

- 2006 年的全球能耗为 138 太兆瓦时，预计 2015 年将达到 162 太兆瓦时，2030 年达到 199 太兆瓦时，增长幅度达到 44%。非经合组织国家的能耗预计将增加 73%，而经合组织国家同期内仅增加 15% (EIA 2009)。
- 目前，全球约有一半的二氧化碳排放量来自于发展中国家。如果“一切照旧”地发展下去，未来发展中国家排放量的增速将快于工业化国家 (den Elzen, M., and Hohne, N. 2008)。
- 目前尚有 16 亿人无电可用，他们中的大多数生活在撒哈拉以南非洲和南亚地区。20 多亿人仍然依赖生物质能满足基本的煮饭和取暖

需求。撒哈拉以南非洲地区 80% 的人口在家里使用煤油和电池，在生产中使用柴油发电机 (World Bank 2008)。

- 在未来几十年中，多数发展中国家的人均国内生产总值和人均能源将继续低于工业化国家的水平；同时，多数发展中国家与能源相关的人均二氧化碳排放量也将继续大幅低于其他地区 (World Bank 2008)。
- 面对不断增长的能源需求，从环境、经济和社会角度讲，常规能源均不能实现可持续发展，常规能源的持续使用将大幅增加二氧化碳排放量 (World Bank 2008)。
- 全球温室气体排放量中，65% 产生于能源的使用 (OECD/IEA 2009)。

能源是社会、经济和气候一系列问题的核心，因此，必须把能源作为解决方案的核心。无法获得清洁、可靠和有效的能源服务，贫困人口也就被剥夺了发展经济和改善生活水平所需的基本条件。

毋庸置疑，我们必须改变能源需求和能源供应模式。这是一项非常艰巨的挑战，需要一套综合而可持续的解决方案。就此而论，可再生能源 (RE) 的重要性也就无可争议了。清洁能源技术在扶贫、推动农村发展和维护环境质量方面意义重大。在农村地区有效利用可再生能源，可以帮助提高收入和改善健康状况；为抽水灌溉农田、加工农作物和家庭手工业生产提供电力；为家庭、学校和医院照明。这些服务对偏远农村地区而言，有着不可估量的重大影响。

可再生能源技术在就业和经济增长方面也扮演着非常重要的角色。在实现相同能量输出的情况下，可再生能源技术 (RET) 比常规技术需要更多的劳动力 (Pachauri, R. 2009)——而且可再生能源技术可雇佣分散在各地的工人。对于投资额为 100 万美元，历时超过 10 年的可再生能源技术项目而言：

- 风能可创造 5.70 人年的就业机会。
- 太阳能光伏可创造 5.65 人年的就业机会。
- 煤炭业可创造 3.96 人年的就业机会。

实际上，大多数可再生能源在发展中国家尚未得到开发。这些能源分散在各地，意味着无需投资建设输电网络。发达国家则不具备这种节约成本的优势，因为它们的集中式电网不太适用于分布式能源应用。

广泛应用可再生能源的主要障碍是高昂的前期成本，特别是设备安装的费用，而且亟需此类技术的人群通常是农村贫困人口，其经济资源非常有限。加强能力建设、促成有利环境、制定政策框架以及扩大对可再生能源技术的需求，可在一定程度上帮助缓解交易成本过高和市场欠发达的状况。然而，电力生产要显著实现脱碳，就必须大幅增加对可再生能源的投资，其中至少有 75% 的资金须投入到非经合组织国家 (IEA 2009)。



妇女正在修理太阳能充电控制器

## GEF 的可再生能源战略

全球环境基金 (GEF) 通过两种途径来解决气候变化相关问题：减排和适应。减排主要通过提高效率、采用可再生能源和可持续运输方案来减少温室气体 (GHG) 排放量。适应的重点放在那些能够最大限度地降低气候变化不利影响的活动上。鉴于能源对经济发展的重要性、化石燃料的负面作用和可再生能源的可持续性，GEF 制定了相应的战略目标：即为推动可再生能源技术转让的项目提供支持；与监管机构合作，改革这一关键部门的政策和规则。

### GEF 可再生能源战略的发展历程

在 GEF 的试点阶段 (1991–1994)，其战略的目标是示范能稳定大气中温室气体浓度的各种可行技术。从 GEF-1 (1994–1998) 到 GEF-2 (1998–2002) 和 GEF-3 (2002–2006)，经过重组的 GEF 着眼于国际市场上已有的可再生能源技术，这些技术成熟并能盈利，但其推广却受到信息、体制、技术、政策或金融等各种障碍。根据该战略实施的项目称为“消除障碍”项目，因为这些项目就是通过消除上述障碍来推动新技术和实践的快速应用。GEF 为各国开放电力管制、接受

可再生能源发电提供了支持，尤其在生物质能领域，GEF 支持的项目大部分集中于对生物质废料和废弃物的利用。

2004 年，“消除障碍”战略的定义进一步深化，重点参与以下领域：

- **政策框架：**在制定支持应用无害环境的技术 (EST) 的政策层面，政府必须发挥重要作用。
- **技术：**各种现有技术的稳定性和操作性必须得到保证，因为越成熟的技术越易于转让。
- **宣传和信息：**各国利益相关者，尤其是市场参与者，必须知道有这种技术并了解这种技术的成本、应用和市场。
- **商业模式和交付模式：**倾向于市场型解决方案；必须存在相应的企业和机构来向相关市场提供服务。
- **资金渠道：**必须为技术推广提供可用的资金，尽管资金本身并不足以确保无害环境的技术的市场渗透。



此外，GEF-3 非常重视降低低排放发电技术的长期成本。当时的那些技术尚未市场化，而且与基线或常规替代方案相比，成本偏高。这种情况，例如聚光太阳能发电技术 (CSP)，技术和成本本身就是进一步推广的障碍。

### 当前的可再生能源战略

根据全球环境基金理事会在 GEF 信托基金 2006 年增资时提出的政策建议，GEF 审核并修订了气候变化重点领域战略，该战略于 2007 年 9 月获得全球环境基金理事会的批准。在 GEF-4 (2006–2010) 期间，GEF 致力于两大可再生能源战略计划：其中一项计划推广电网系统中可再生电力的市场供需方案，另一项计划推广利用生物质生产可持续能源。鉴于可持续森林管理在 GEF 项目中所获的重视程度，为突出生物质的重要性，并确保其获得同样的重视程度，有必要针对生物质制定一份独立的战略计划。对尚不成熟的可再生能源技术支持、推广可再生能源离网发电将不纳入 GEF-4 的重点范畴。

### 促进可再生能源市场化的战略计划

该计划推动可再生电力的入网，让可再生电力的供需市场化，其重点是制定政策和监管框架，以便为重要的战略投资提供渐进的支持。计划的成果就是参与国的可再生热力发电市场将得到增长。为了最大限度地降低温室气体的影响，具有较大复制潜力的项目应获得优先支持。另外，公用事业级电力生产和热电联产也将获得优先支持。其中一个目标就在于确保各国采用的制度能为可再生能源并网建立公平竞争的环境。项目包含针对政策改革、制度的技术援助，以及用于启动特定可再生技术市场的初始投资。

### 推广利用生物质生产可持续能源的战略计划

在生物质生产、转化和作为能源使用方面采用现代化的可持续实践方法，就是此项计划的成果。GEF 只支持能够确保生物质能可持续利用的项目，意味着该项目不会破坏粮食安全、使现有的粮食问题恶化、或违反 GEF 关于保护生物多样性或土地与水资源管理的可持续性原则。此类项目支持通过现代化的高效技术、利用生物质来生产电力和热力等能源。

木柴运输车





埃及建设聚光太阳能发电站

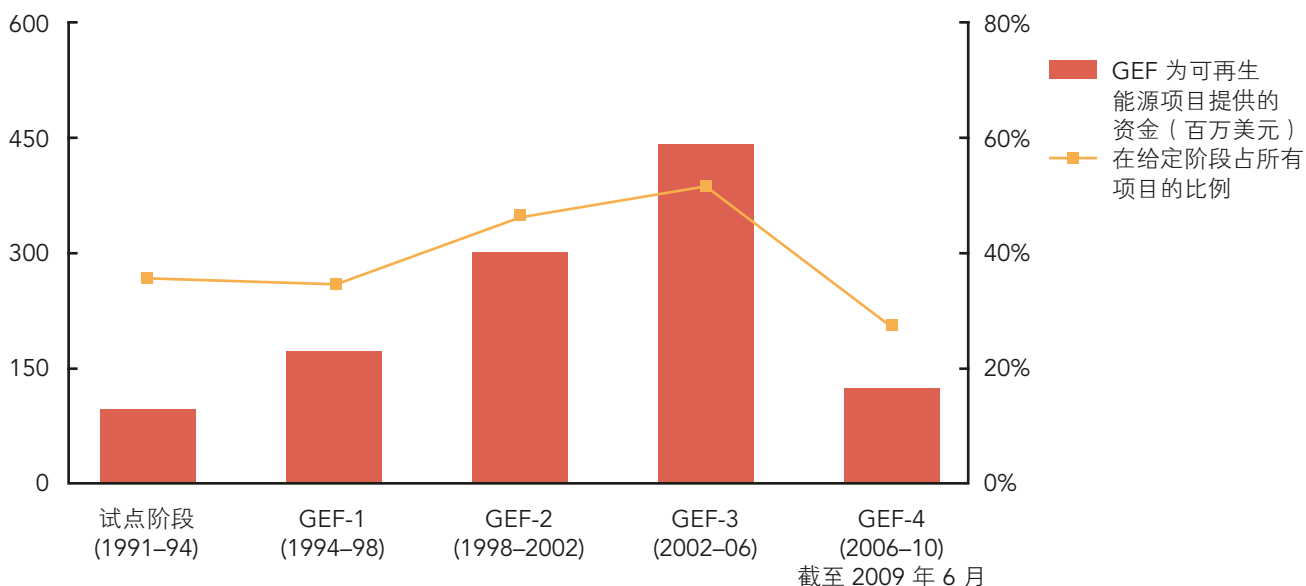
## GEF 的可再生能源投资

### 项目概览

从 1991 年至 2009 年 6 月，GEF 气候变化项目中的可再生能源部分约为 11.4 亿美元，平均项目规模为 550 万美元。此外，这些项目还获得了 83 亿美元的联合融资。可再生能源项目的融资从试点阶段到 GEF-3 阶段一直在增加（图 1）；然而，可再生能源

项目的份额在 GEF-4 阶段有所下降。原因在于：能源效率项目和其他项目的增加；大量资金流向在 GEF-3 阶段获批、目前还处于实施过程中的可再生能源项目（如聚光太阳能发电 (CSP) 项目）；以及根据相关决策，推广可再生能源并网发电技术不再是 GEF-4 阶段的战略目标。

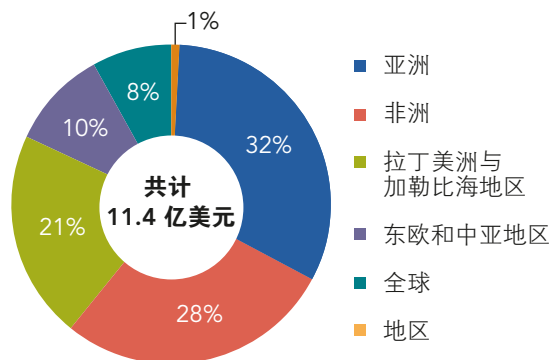
图 1：GEF 气候变化项目中的可再生能源份额



来源：GEF 项目跟踪与管理信息系统，2009 年 8 月。



**图 2：GEF 可再生能源投资的地区分布  
(按筹资水平)**

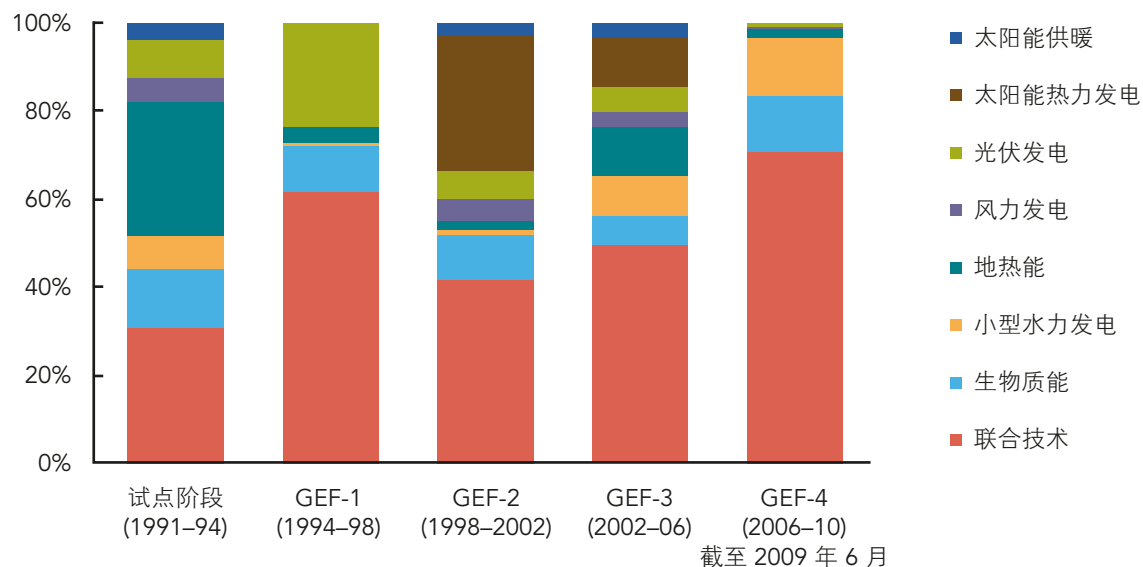


来源：GEF 项目跟踪与管理信息系统，2009 年 8 月。

自成立以来，GEF 已支持了 208 个可再生能源项目，其中大多数位于亚洲、非洲以及拉丁美洲和加勒比海地区（图 2）。

大部分 GEF 资助的可再生能源项目并不指定具体技术（图 3）。这是因为 GEF 的作用在于从总体上催化和改革能源市场，而不是在市场中挑选一种可再生能源技术。不过，在当地气候和市场状况明显有利于投资特定技术时，GEF 会采取定向分配资金等有效应对措施。

**图 3：GEF 投资比例 % (按可再生能源技术)**



来源：GEF 项目跟踪与管理信息系统，2009 年 8 月。

根据估算，GEF 可再生能源项目资金的平均成本效益为 3.97 美元/吨二氧化碳（直接减排量）。截至 2009 年 6 月，GEF 批准的可再生能源项目在其项目周期内，预计直接和间接二氧化碳减排量分别达 2.9 亿吨和 12 亿吨。

### **推动可再生能源技术发展的促进措施**

GEF 推广可再生能源的促进方案多种多样，结合了从“软”行动（消除障碍和能力建设）到有形行动（直接投资可再生能源技术）的各种干预措施。GEF 实施的可再生能源项目涉及到了多层次的利益相关者，涵盖了政府、私企（制造商和经销商）、金融中介、技术受援方、技术供应商和承包商以及项目开发商。

### **创造有利的市场条件**

GEF 通过制定有利的政策与监管框架、标准与认证条件、信息与宣传和能力建设，推动市场环境的发展，以促进可再生能源生产和利用的不断发展。

国家政策为可再生能源市场的发展提供必要条件，是至关重要的一点。很多 GEF 项目直接推动了此类政策的制定进程，例如参与起草或修订国家战略，或参与制定可再生能源发展的路线图和国家行动计划。

GEF 取得的另一项成绩是开发可再生能源技术的标准、测试和认证条件。这是一项极其重要的贡献；有效的标准和测试可显著提高质量、可靠性和消费者接受度。(Eberhard 2004)

同时，大多数 GEF 项目均支持宣传活动，如分发推广材料和制作视听工具，以便建立社会对可再生能源技术的信任。GEF 还通过组织研讨会和培训政府官员、当地工程师以及其他技术人员，帮助受援国进行技术和机构能力建设。

### **融资**

成本合理的资金来源仍然是可再生能源投资的一大障碍，尤其在发展中国家更是如此。GEF 项目的工作重点是了解金融障碍的性质，以便有的放矢的采取措施，不论是针对金融中介机构（银行、发展融资机构和小额贷款机构）、供应商、经销商、服务公司、还是最终用户，同时既可多管齐下，也可全部覆盖。

GEF 通常采用的做法是尝试创新方案，提升获得本地融资的机会。这些方案会根据当地金融业状况、金融障碍类型和商业模式类型而调整。如是基于销售的商业模式，则可能需要为供应商和经销商进行一些融资，但主要是面向消费者的小额信贷。在过去的 18 年里，GEF 通过其执行机构进行了以下探索：

- **为项目筹备和投资提供赠款和应急资金。**  
GEF 提供应急贷款和赠款来支付建设成本。同样的，GEF 资金还可以支付项目开发的前期成本，前期成本可能占到全部投资的 5% 或更多。应急贷款的利息和还款安排与传统贷款类似，但如果满足某些条件，利息可以豁免。
- **降低特定技术项目的风险。**例如，地热电站开发的最大风险出现在钻探第一口井时，即使基于地表的地球物理勘探非常成功也不例外。非洲、加勒比海地区和东欧的 GEF 项目正在制定降低风险机制，以帮助投资者开发此类项目过程中抵御地质和技术方面的风险。
- **启动小额信贷计划。**为家庭和小型企业等私人消费者提供资金购买可再生能源设备，通常不会受到金融机构的重视，在发展中国家尤其如此。GEF 通过支持现有金融机构或新建小额信贷机构向此类消费者提供贷款，例如在孟加拉和乌干达支持消费者购买家用太阳能系统。





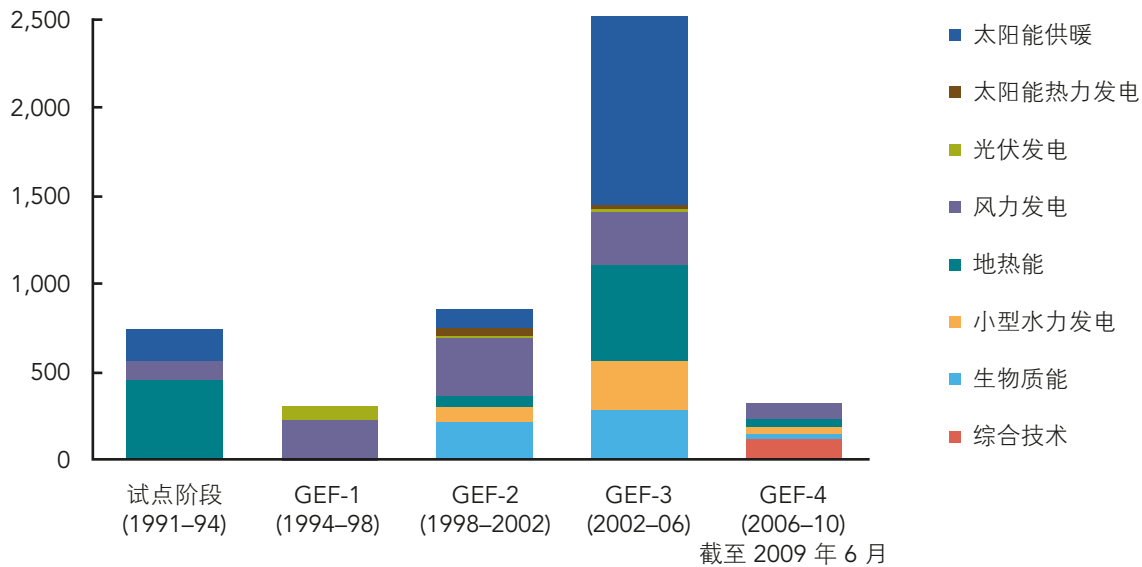
伊朗 50 兆瓦特的曼吉尔 (Manjil) 风力发电场

## GEF 支持的可再生能源技术

在过去的 18 年中，仅通过直接投资，GEF 项目完成的装机容量达 3 千兆瓦的可再生电力和 2.8 千兆瓦的可再生热力。GEF 试点阶段采用的是经过认证的可行技术，这些技术在 GEF-1 时期的所占比例保持不变，但项目数量在不断增加。在 GEF-2 和 GEF-3 时期，

技术类型日益丰富，多数涉及风力、生物质、水力和光伏 (PV)。在 GEF-3 时期，虽然太阳能供暖和地热项目的数量还不到 12 个，但是可再生能源装机容量已随之出现显著增长。同时，通过接纳尚未完全成熟的、还未市场化的技术，技术种类更为丰富。

图 4：装机容量（按可再生能源技术，单位：兆瓦特）



来源：GEF 项目跟踪与管理信息系统，2009 年 8 月

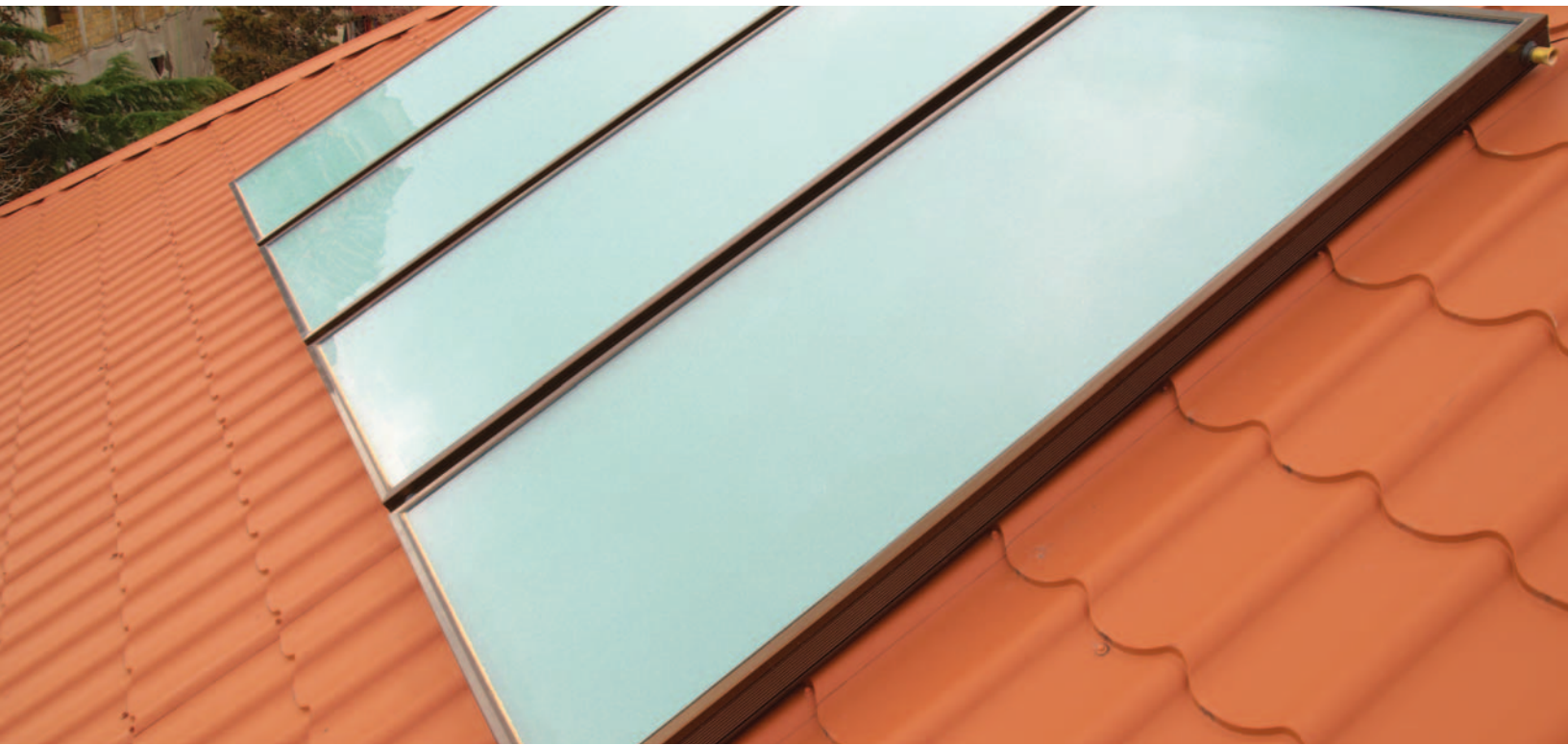
## 太阳能

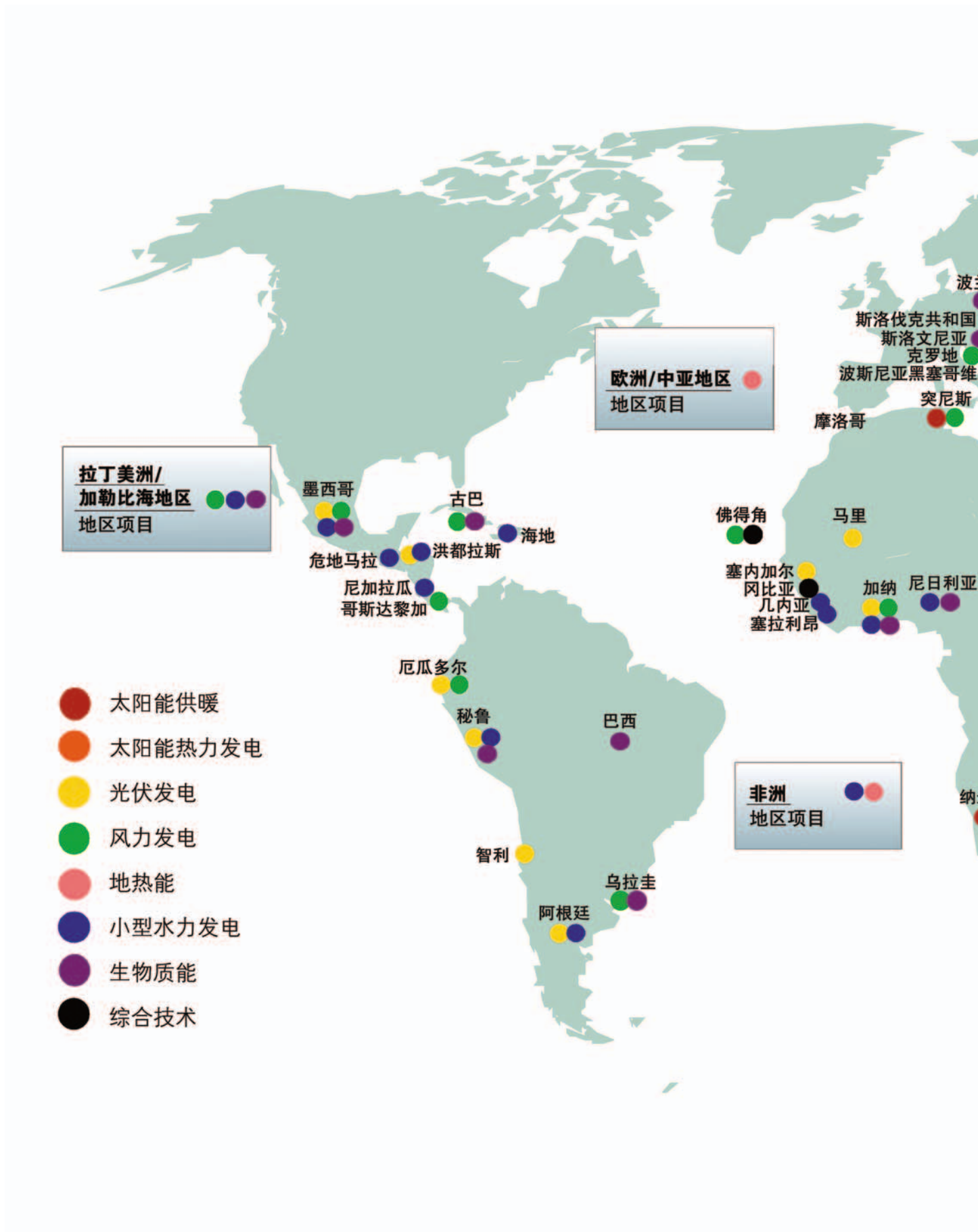
太阳能系统可将高温、清洁的太阳光线转化为热力或电力能源。太阳能可直接用于加热水，或通过太阳能集热器用于家庭供暖系统。太阳能还可通过光伏系统转化为电能，集中用于生产高温热能以便为热力循环发电提供能量。大多数发展中国家太阳辐射非常充足，因此太阳能技术是发展中世界理想的能源技术。

### 太阳能供暖

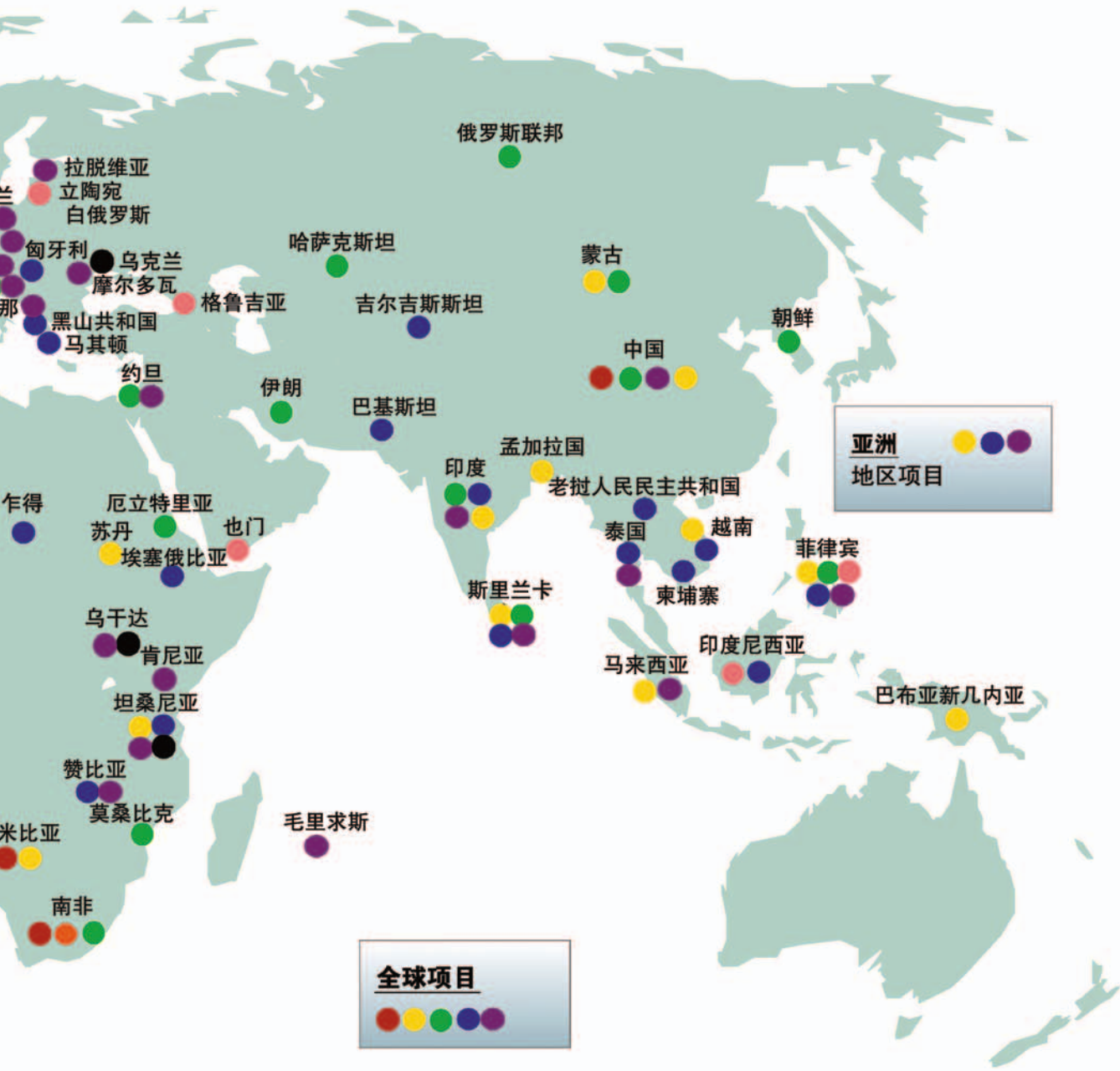
GEF 已经为 29 个国家的 14 个国家级和跨国太阳能热力项目投资 3,970 万美元。这些项目的联合融资比例为 1:3.7，预计额定装机热力达 2.45 千兆瓦。

虽然人们有时认为太阳能热水器技术并不复杂，但是设备质量、太阳能集热器和安装过程会对其正常运行产生巨大影响。廉价的材料、粗糙的工艺和拙劣的安装水平通常会导致设备部件运转不灵而使得热水器被废弃。根据 GEF 的经验，训练有素的技术人员和质量保证措施是此项技术得以成功推广的关键。











屋顶上的太阳能热水系统

## 案例研究：突尼斯——太阳能热水系统

项目名称：	突尼斯太阳能热水系统
GEF 执行机构：	世界银行
GEF：	400 万美元
联合融资：	1,690 万美元
执行日期：	1994–2004

### 目标

该项目的目标是 (1) 帮助突尼斯在公共和私营机构中倡导使用太阳能取代化石燃料，以便最大限度地降低二氧化碳排

放量，减缓全球变暖趋势；和 (2) 展示太阳能热水系统减缓全球变暖趋势的潜能。

### 成果

GEF 赠款加上来自比利时的联合融资，为太阳能热水系统（包括安装）支付了 35% 的税前投资成本，以此鼓励用户投资太阳能热水器，而非传统的非环保型热水技术。在项目实施过程中，太阳能热水器的安装量增至原来的三倍：安装了约 80,000 平米（56 兆瓦特）的太阳能热水器板，其中 51,060 平米（35 兆瓦特）是在项目下安装的。该 GEF 项目每年可实现的二氧化碳减排量约为 25,000 吨。建立良好的质量控制和系统维护机制将确保项目的高效、有效持续运行。

## 太阳能热力发电

在获得 GEF 支持的技术中，最重要的一种为聚光太阳能发电技术 (CSP)。GEF 已经为 3 个国家和 1 个全球项目提供了支持，以便充分发掘太阳能热力发电的潜能。这些项目获得了 1.49 亿美元的 GEF 资金和 8.9 亿美元的联合融资，可贡献的装机容量将达到 70 兆瓦特。

GEF 与世界银行合作开发了一个包括 3 个聚光太阳能示范电站的项目，这 3 个电站分别位于墨西哥、摩洛哥和埃及。这些项目建设的太阳能发电场（通常

为 30 兆瓦特）是混合燃气涡轮机发电站的组成部分。燃气涡轮机和太阳能发电站的成功结合使得此类项目可随意调度电力，从而使这些项目更具经济吸引力。然而，这些项目进展却非常缓慢，表明此项技术未能获得原先预期的热烈响应。直到最近才有发达国家规划并新建了一些发电站，其中最受瞩目的要数西班牙，该国采取了较高的太阳能上网电价这一强力刺激措施。在这些活动的推动下，埃及、墨西哥和摩洛哥的项目在取得进展。

从上述经验中获取的一条教训是，发展中国家采用未完全商业化的技术存在很大困难；如果一项技术在发达国家缺乏市场可行性，则会损害其在其他地区的可信度。就聚光太阳能发电站而言，建造成本随项目的

进行而不断增加。东道国同时承受着额外成本和项目可能无法实现额定电量的双重压力。事实上，有两个项目的成本都超出 GEF 的融资额，那两个国家不得不提供大量现金补贴来保证项目的运行。

## 案例研究：埃及——太阳能热力发电

项目名称：	太阳能热力混合项目
GEF 执行机构：	世界银行
GEF：	5,000 万美元
联合融资：	9,700 万美元
执行日期：	2007 年至今

### 目标

该项目的目标是 (1) 通过高效的私营供应商和运营商提供现代化的基础设施；(2) 增加可再生资源的发电量，减少当

地和本地区的污染；(3) 提高开发大规模创新型可再生能源项目的能力；(4) 使埃及成为未来国际太阳能热力发电项目的专业知识和设备的潜在来源；和 (5) 发展私营部门项目的供应方。

### 成果

项目的主要收益包括：(1) 展示混合太阳能热力发电项目在埃及的运营可行性；(2) 加快大规模后备发电技术的市场渗透；(3) 减少因发电产生的温室气体排放量。

与常规的联合循环燃气轮机相比，该项目新增的实际效益为：每年增加可再生电力产量约 80–85 兆瓦时；在整个项目生命周期内减少碳排放量约 149,975 吨。

埃及聚光太阳能发电站的面板





### 离网光伏发电

自成立以来，GEF 一直在向缺电群体推广太阳能技术。由于这些人通常生活在边远地区，所以扩张电网既不具备成本效益，价格也难以接受。

为了满足这一需求，GEF 曾资助 68 个国家的 70 多个项目，通过家用太阳能系统和离网光伏电力系统来

发电。GEF 投入 3.61 亿美元资助这些项目，联合融资比例为 1:7.2。这些项目可实现约 124 兆瓦的额定峰值电力。

GEF 项目还推动了一些国家光伏行业的快速成长，通过提高产品质量和降低成本，家用太阳能系统和其他离网光伏设备的市场得以扩张。

站在自家的太阳能系统前面







太阳能电池板为一个农村文化戏剧中心供电

## 案例研究：印度——离网光伏发电

项目名称：	替代能源
GEF 执行机构：	世界银行
GEF：	2,600 万美元
联合融资：	4.24 亿美元
执行日期：	1993–2002

### 目标

该项目的目标是：(1) 加强印度可再生能源开发署 (Indian Renewable Energy Development Agency, IREDA) 推动和资助企业投资替代能源的能力，促进再生资源技术的商业化；(2) 基于收回成本的原则，构建替代能源系统销售与交付的营销和融资机制；(3) 改进制度框架，鼓励私营部门

投资非常规发电项目；(4) 推动环保类投资，降低能源部门对化石燃料的依赖。

### 成果

GEF 投资的 78 个子项目的光伏发电量为 2.1 兆瓦峰值，略低于 2.5 兆瓦峰值的目标值。资助的产品从 5 瓦特峰值太阳能手提照明灯、900 瓦特峰值光伏灌溉泵、500–2500 瓦特峰值太阳能发电机组，到 25 千瓦峰值乡村发电工程和 200 千瓦峰值并网系统，范围十分广泛。另外，IREDA 在非常规能源部的协助下，还资助了 4 兆瓦峰值光伏灌溉泵项目。使用光伏产品产生的积极扶贫效果已经在较贫穷的消费者群中显现出来：使用光伏泵的农民收入增长了五倍；使用太阳能照明代替煤油照明的商家净收入增长了 50%；由于家庭手工业的产出提高，许多农村居民的收入增长了 15% 到 30%；照明条件改善后，孩子们学习时间延长。

## 并网光伏发电

GEF 投资了 21 个项目，以推动市场转型以及安装太阳能光伏并网发电系统。光伏发电系统的装机峰值电量估计达 40 兆瓦特，主要与小型风力和水力

发电结合使用，通常用于支持小型电网。GEF 为这些项目提供了 1.6 亿美元的资金支持，联合融资额约为 16 亿美元。

## 案例研究：菲律宾——并网光伏发电

项目名称：	CEPALCO 分布式太阳能光伏电站
GEF 执行机构：	世界银行/国际金融公司
GEF：	400 万美元
联合融资：	350 万美元
执行日期：	2003–04 (*2009)

### 目标

CEPALCO (Cagayan de Oro 电力和照明公司) 项目的总体目标是成为发展中国家太阳能光伏电站并网应用的示范电站，并验证光伏水力联合发电的原理。

### 成果

已建成一座 1 兆瓦特 (配有 6,500 个太阳能电池板, 占地 2 公顷) 太阳能光伏电站, 并已集成到 CEPALCO (菲律宾棉兰老岛的一个私营公用事业公司) 的 80 兆瓦特配电网中。光伏发电系统与带有动态负载控制的 7 兆瓦特水力发电站联合运行, 光伏/水力联合能源可降低配电和系统层面的需求, 并有效保障发电量

的稳定性。光伏电站可缓解未来三年内在配电系统中额外建设变电站的需求, 并让 CEPALCO 无需再收购火力发电站, 每年的温室气体排放量也因此减少 1,200 吨。

更为重要的是, 该发电站第一次全面体现了水力光伏联合发电站的环保效益, 及最终的经济效益, 同时这也是并网光伏发电在发展中国家的首次重要应用。

对于很多可再生能源技术面临的储存问题, 该项目的实施标志着其解决方案取得了重大进展。如果联合电站允许将现有水电设施用于储存, 则包括光伏太阳能和风能在内的众多可再生能源可一并视作“稳定混合能源”, 即彻底的再生发电资源。

CEPALCO 计划按照该电站的模式打造一座占地 30 公顷的太阳能园区, 并在 2012 年投入使用。

如需更多信息, 请访问:

<http://www.cepalco.com.ph/solar.php>

\*CEPALCO 的发电站成功运转五年后, GEF 提供的资金将从贷款转为赠款。

菲律宾 CEPALCO 1 兆瓦特并网光伏发电站





## 风力发电

目前的研究显示，地球的风能资源远远超过全球能源需求。然而，尽管在过去的 25 年间风力发电量每年以 40% 的速度增长，但是风电却只能满足当前全球电力需求的 1%。经合组织国家、中国和印度的风力发电装机容量占到总量的 98% 以上。

风力发电面临大量技术、经济、金融、制度、市场及其他方面的障碍。为消除这些障碍，许多国家采用了各种政策性工具，包括资金补贴、税收优惠、可交易能源证书、标杆电价、入网担保以及强制性标准。

GEF 已经资助了 38 个国家的各类风力发电项目。这些项目的电力装机容量约为 1 千兆瓦。在涉及风力发

电的 40 个项目中，GEF 投入了 2.52 亿美元，而联合融资额高达 19 亿美元。

经验证明，能源储量和对技术的熟悉程度需要重点关注。然而，风力发电市场要想取得显著发展，最需要消除的障碍就是阻碍可再生发电设备入网的法规以及涡轮机发电配电设备的增量成本。

针对这一问题，世界各国的经验提供了多种成功解决方案，包括确定可再生能源项目的标准和有担保的可再生能源“入网电价”。GEF 为各国了解和采用这些法规提供了大力支持。



## 案例研究：墨西哥——风力发电

项目名称：	消除障碍、全面实施风力发电的行动计划
GEF 执行机构：	UNDP
GEF：	474 万美元
联合融资：	707 万美元
执行日期：	2004–09

项目名称：	大型可再生能源开发项目
GEF 执行机构：	世界银行
GEF：	2,440 万美元
联合融资：	2.475 亿美元
执行日期：	2007 年至今

项目名称：	墨西哥当地风力发电技术的推广和发展
GEF 执行机构：	IDB
GEF：	500 万美元
联合融资：	1,860 万美元
执行日期：	2010–14

墨西哥是拉丁美洲风能开发最具潜力但尚未发掘的地区之一。保守估计，墨西哥巨大的风能资源超过 40 千兆瓦。然而，以全球风电产业的标准来衡量，该地区的风能开发进展极为缓慢。造成这一状况的原因有二，一是缺乏针对私人开发商和投资者的经济激励措施，二是与风能相关的现有监管框架和政策存在各种各样的问题。

墨西哥实施的这些项目展示出风电技术在一个国家的发展进程：首先是创建有利环境，然后进行技术投资，最终为实现本地化生产而开发和转让技术。

2004 年，墨西哥电力研究机构 (Electrical Research Institute) 与 UNDP 联合启动了“墨西哥消除障碍、全面实施风力发电的行动计划”。根据这一行动计划，墨西哥加快了可再生能源技术投资的折旧速度，并着手对风能资源进行评估，推出制定法律、法规和制度框架方面的提案，还筹备创立了绿色开发基金。另外，墨西哥还创建了地区风力发电技术中心 (Centro Regional de Tecnología Eólica)，该中心的宗旨是为风力涡轮发电机制造商提供支持，为培训当地技术人员提供便利，同时作为一个访问便利的全国技术展示中心，便于风力涡轮发电机制造商和墨西哥工业的接触等等。瓦哈卡 (Oaxaca) 的拉文塔 (La Venta) 第二期风力发电项目 (83.5 兆瓦特，于 2007 年 1 月投入运营)，由碳融资机制提供支持，也受到了 GEF 项目的积极影响。

世界银行实施的“大型可再生能源开发项目”已完成下列任务：为与风力相关的墨西哥各个政府部门提供技术援助，并支持首个私人独立风力发电商 (GEF 为其提供了 2,500 万美元赠款) 承接的拉文塔第三期项目实行更高的入网电价。拉文塔第三期风力发电场的装机容量可达 102 兆瓦特。该发电场从 2009 年开始建设，计划于 2010 年 11 月投入生产。

“墨西哥当地风力发电技术的推广和发展”是一个技术转让试点项目，由美洲开发银行负责，支持开发国家风力涡轮发电机市场，采取的主要措施是构建风力发电行业的产品与服务价值链，以及为风力涡轮发电机的制造、测试和认证进行人员和技术能力建设。



菲律宾莱特岛-吕宋岛地热项目

## 地热能

GEF 资助了 11 个项目帮助各国开发其地热能源。GEF 为这些项目提供了 1.03 亿美元资金，联合融资的比例为 1:16.4，项目预计可获取 927 兆瓦特的电能和 119 兆瓦特的热能。

经验表明，除了可再生能源设备入网方面存在的障碍，另一个更加艰巨的困难是探明可开采地热资源是否存在及其位置所需的成本。通常，每个地热储藏点都是通过钻探确定，钻探的花费高达数百万美元。为解决这个难题，GEF 建立了多项应急资金，用以支付那些钻探后无开发价值地热井的费用。

最近在东非出现了一种新方法，即借助于联合地球物理成像进行地热储层评估。采用先进的地球物理成像技术来定位有商业开发价值的地热能源，截至目前的结果显示，将该方法和定向钻井相结合，与从前每井 2 兆瓦特的产量相比，现在每井产出可达 4 到 6 兆瓦特。通过将使用过的地热流体回注到井内，逐渐形成可持续的地热田输出，试验井的成功率也得到了提高。



## 案例研究：菲律宾——地热发电

项目名称：	菲律宾莱特岛-吕宋岛地热项目
GEF 执行机构：	世界银行
GEF：	3,000 万美元
联合融资：	13.03 亿美元
执行日期：	1995-2000

### 目标

该项目的目标是：(1) 使用当地的优良地热能源来满足吕宋岛迅速增长的电力需求；(2) 根据能源行业计划 (Energy Sector Plan) 中的建议，实施制度、规划和财务方面的改进措施，提高能源行业水平；(3) 扩大国家电网，支持私营企业继续大规模参与发电项目；(4) 加强国家电力公司 (NPC) 进行环保和社会影响分析的能力；(5) 为菲律宾引入高级联合融资项目；以及 (6) 确保菲律宾国家电力公司和国家石油公司的财务能力能够实施很早以前就该进行的投资计划。

### 成果

尽管 GEF 3,000 万美元的赠款只占 13 亿美元总投资的很小一部分，但是赠款对投资的决策具有关键作用，并影响了政府的能源选择：选择了地热能源而非传统的煤炭。目前的地热发电装机容量为 385 兆瓦特，已钻探 59 口生产井和注入井（比钻探 65 口井的评估目标少了 9%），蒸汽收集系统和相应的分输系统已按照计划于 1997 年中期建设完成。由于 Alto Peak 部分证实存在问题并被废弃，因此装机容量低于预期的 440 兆瓦特。尽管如此，联合系统的产量还是超出了与国家电力公司所签订协议中要求的每年能源输出量，并且发电站的运营效率与建设-经营-转让 (BOT) 合同中规定的发电利用率一致。另外，这一项目极大地减少了温室气体排放，如果采用燃煤火力发电，则每年增加的二氧化碳排放量大约为 220 万吨。总之，地热发电项目的产出得到了高度满意的认可。



菲律宾马利博格 232 兆瓦特地热发电站

## 小型水力发电

小型水力发电是一项成熟技术，但是并未得到很好的推广。从一开始，GEF 就这一技术为 54 个国家提供了支持，并明确了该技术应用中的多个障碍，包括技术和资源方面的信息匮乏、缺乏支持性的制度框架、监管方面的障碍以及资金缺位或不足。

总体上说，小型电网系统正逐步从试验性示范项目发展成为适合农村地区的政策性选择方案。水力发电资源通常需要联合社区进行管理、参与、领导、集体合作以及协调。在斯里兰卡的一个项目中，各社区通过专门为此成立的电力合作社建设、拥有、运营小型电网水力发电设施。

为支持小型水力发电，GEF 为 44 个项目提供了 1.7 亿美元资金，以及 13.4 亿美元的联合融资。这些项目所取得的成绩之一是实现了 411 兆瓦装机容量，其中大部分用于农村分布式发电项目。

根据西非战略计划 (Strategic Program for West Africa)，许多国家正着手实施市场开发项目，提高小型水力能源服务的普及率。这些项目采取的市场化路径包括如下基本要素：大量掌握相关技术和知识的技术人员；对适用技术和最佳做法的更多认识；和拥有获得创新融资机制的渠道。这些项目将在每个离网型独立社区建设两到三个示范性试验电站，并采取边实践边学习的方法实施项目，以利于当地的能力建设。

## 案例研究：印度尼西亚——小型水力发电

项目名称：	微型水力发电综合开发和应用项目一期
GEF 执行机构：	UNDP
GEF：	210 万美元
联合融资：	1,850 万美元
执行日期：	2007 年至今

### 目标

印度尼西亚拥有丰富的微型水力发电资源，但是大部分资源尚待开发。该项目要为微型水力发电的开发和应用消除市场、政策、技术和财务方面的重大障碍，并配合印度尼西亚政府和私营企业的现行和规划中的可再生能源与农村电气化方案。该项目旨在减少源自化石燃料发电的温室气体排放量。

### 成果

该项目的四大预期成果为：(1) 提高私营企业对微型水力发电行业中能力建设的兴趣和参与度；(2) 通过有效的机构能力建设，增加社区微型水力发电项目的数量；(3) 提高当地对于这一技术及其应用状况的认识，并普及该项技术；以及 (4) 增加用于电力和生产的微型水力项目的数量。项目计划每年减少温室气体排放量 60,800 吨；每年至少建设 40 个用于生产的社区微型水力发电项目；并且在 3 年内累计生产电量 130 千兆瓦时，出售电量 100 千兆瓦时。

如需更多信息，请访问：<http://imidap.org/>。



由“印度农村生物质能项目”提供的灌溉设施进行浇灌，茉莉花长势喜人

### 生物质能

GEF 重视生物质能项目，因为如果采用可持续的生产方式，其碳净排放量为零。GEF 资助的生物质能项目包括利用林业和农业废弃物（包括甘蔗渣和废料、谷物外壳、棕榈油残留物、木屑、伐木场垃圾、城市垃圾）进行发电（燃烧、气化、热电联产以及能源回收）和生产生物燃料。许多项目将重点放在技术示范上，但同时也致力于有利政策构建、融资渠道、商业基础设施、宣传、能力开发和技术转让方面的问题。

GEF 已经为 37 个国家提供了 2.7 亿美元的资金，调动 20 亿美元的联合融资，产出的电能为 330 兆瓦特，热能为 185 兆瓦特。

现在 GEF 已在 50 多个项目中实施试点工作，成功地示范了所引进的技术。技术可通过商业渠道获取，因此其本身不再成为开展项目的障碍。真正的挑战在于建立合理的商业和制度框架，以便为技术创造一个能够获利和复制的环境。



## 案例研究：泰国生物质热电联产

项目名称：	消除生物质发电和热电联产的障碍
GEF 执行机构：	UNDP
GEF：	680 万美元
联合融资：	9,250 万美元
执行日期：	2001–09

### 目标

该项目的目标是：(1) 构建向潜在生物质发电项目投资提供信息和服务的能力；(2) 改善相关监管框架，为生物质热电联产和发电项目提供经济激励措施；(3) 拓展生物质热电联产和发电项目获得商业融资的渠道；以及 (4) 通过支持商业担保，降低与

新技术推广相关的技术风险，进而推动首批的两个生物质发电站试点的实施。

### 成果

在 GEF 的支持下，已建成两座发电总量达 32 兆瓦特的试点电站，可作为农村地区电站的宝贵示范。该项目的显著作用表现在对政府政策产生影响，并通过提高上网电价等措施提高生物质发电的商业价值。建成的首个生物质一站式信息中心能对生物质投资者和公共查询做出迅速反应。

受该项目推动/影响的发电装机容量为 398 兆瓦特，每年生物质发电站的发电量超过 358 千兆瓦时，同时每年还能减少 194,722 吨二氧化碳。

如需更多信息，请访问 <http://www.efc.or.th>。

泰国 Baan Maekon 沼气项目





## 案例研究：印度生物质气化

项目名称： 印度农村地区的生物质能源

GEF 执行机构： UNDP

GEF: 420 万美元

联合融资： 460 万美元

执行日期： 2001 年至今

### 目标

该项目的目标为：(1) 证明大规模应用生物能源技术（包括用于发电的生物质气化）的技术和财务可行性；(2) 建立项目实施、

管理和监控的能力和开发机制；(3) 制定融资、制度和市场方面的策略，消除大规模复制生物能源项目的障碍，实现分布式应用；以及 (4) 在卡纳塔克邦的杜姆古尔区所辖的 24 个村庄中大规模开展生物能源技术和相关信息的宣传。

### 成果

该项目极大地促进了林木量的增长，其主要形式为能源植物丛（2,965 英亩）、再生林（2,100 英亩）以及由村民建设的林场（约 2,471 英亩）。这些林木通过当地制造的气化炉来发电。所产电力出售给地区电力配电公司，进而为当地居民供电。该项目还帮助 171 户家庭用沼气代替了木柴，使温室气体排放量在过去三年中每年减少了 256 吨。

印度农村生物质能项目：集体沼气厂提供洁净的厨房用气





马来西亚棕榈油厂热电联产

## 案例研究：拉脱维亚——生物质燃烧

项目名称：	利用木材废料经济有效地为市政供暖系统供暖
GEF 执行机构：	UNDP
GEF：	80 万美元
联合融资：	270 万美元
执行日期：	2001–05

### 目标

该项目的设计在于消除相关障碍，使木材废料广泛应用于拉脱维亚市政供暖和热水供应系统。项目计划共同投资四到六个生物质市政供暖系统，并为未来在其他城市的投资奠定基础。项目符合拉脱维亚能源政策的所有要素，有望协助拉脱维亚政府 2010 年实现温室气体排放量从 1990 年的水平降低 8% 的目标。

该项目的目标是：(1) 通过消除或减少在市政供暖系统中用当地可持续性木材废料代替进口重燃油（重油）的相关障碍，促进木材废料的使用；(2) 推动以商业化方式运行的经济型市政供暖系统的开发和实施，承担卢扎市政项目中的发电、输电及配电任务；以及 (3) 协助消除或减少复制市政试点项目相关的障碍，涉及技术、法律、制度、组织、经济、信息和金融等方面。

### 成果

从项目起步阶段至今，卢扎每年减少的二氧化碳排放量达 11,200 吨，相当于使用取暖油所产生排放量的 80%。该项目以及通过该项目制定的融资机制已经影响了超过 12 个城市将木材废料用于市政供暖网络中，由此每年可减少 100,000 吨二氧化碳排放量。







## 展望未来

GEF 一直在帮助发展中国家和转型经济体开放监管政策，支持可再生能源发电事业。同时，GEF 还坚持在当地进行能力建设与强化，帮助当地能够采纳、有资金购买、安装、运营和维护可再生能源技术。投资有潜力的未商业化及商业化可再生能源技术是 GEF 战略的重要组成部分。在过去的 18 年间，GEF 已成功地向发展中国家输送了 20 多项可再生能源技术。截至 2009 年 6 月：

- GEF 气候变化项目中的可再生能源部分为 11 亿美元，联合融资金额达 83 亿美元。在帮助发展中国家开发新兴可再生能源技术和实践方法方面，GEF 是最大的公共领域资金提供者。
- 由 GEF 支持的可再生能源技术相关活动预期可直接减少 2.9 亿吨以上的二氧化碳排放量，平均计算，每减少 1 吨二氧化碳排放量，GEF 花费 3.97 美元。

未来几年，GEF 对可再生能源的支持将重点集中在以下领域：

**为可再生能源建立有利的市场环境：**在这一目标指引下，GEF 将在为政策和监管领域提供技术援助的同时，进行技术和机构能力建设，并制定融资机制，为推广和普及可再生能源技术的投资提供支持。

**在可再生能源技术转让方面投资：**GEF 将在具有商业可行性的可再生能源技术转让方面加大投资，着重对有潜力的新技术进行市场示范和商品化。GEF 将加快步伐，进一步消除障碍，推进示范成功技术的商业化，并随着时间的推移逐步降低成本。

**提高现代能源服务普及率：**鉴于发展中国家农村地区对能源普及和服务的迫切需求，GEF 所支持的领域还将包括使用当地可再生能源实施分布式供电和供暖。GEF 将持续增加投资，撒哈拉以南非洲、南亚和小岛屿发展中国家是投资的重点，在这些地区大部分居民尤其是农村居民仍然无电可用，只能依靠传统生物质和进口化石燃料来解决基本的能源需求。

## 缩略语

<b>CEPALCO</b>	Cagayan de Oro 电力和照明公司
<b>CSP</b>	聚光太阳能发电
<b>EIA</b>	美国能源部能源信息管理局
<b>EST</b>	无害环境的技术
<b>FI</b>	金融机构
<b>GEF</b>	全球环境基金
<b>GHG</b>	温室气体
<b>IDB</b>	美洲开发银行
<b>IEA</b>	国际能源署
<b>IREDA</b>	印度可再生能源开发署
<b>NPC</b>	国家电力公司
<b>OECD</b>	经济合作与发展组织
<b>PV</b>	光伏
<b>RE</b>	可再生能源
<b>RET</b>	可再生能源技术
<b>UNDP</b>	联合国开发计划署

## 计量单位

<b>英亩</b>	4,047 平方米
<b>GW</b>	千兆瓦 (十亿瓦特)
<b>GWh</b>	兆瓦时 (十亿瓦特小时)
<b>MW</b>	兆瓦特 (百万瓦特)
<b>MWp</b>	兆瓦峰值
<b>TWh</b>	太瓦 (兆兆瓦)
<b>Wp</b>	瓦特峰值



## 参考文献

- den Elzen, M., and Hohne, N. 2008. Reductions of greenhouse gas emissions in annex I and non-annex I countries for meeting concentration stabilization targets. "Climatic Change 91," 249–74.
- Eberhardet, A., et al. 2004. "GEF Climate Change Program Study." Washington, DC: GEF EO.
- EIA. 2009. "International Energy Outlook 2009." Washington, DC : EIA.
- IEA. 2009. "Special early excerpt of the World Energy Outlook." Paris: IEA.
- OECD/IEA. 2009. "Special early excerpt of the World Energy Outlook." Paris: IEA.
- Pachauri, R.K. 2009. "Climate change, energy and the green economy." Presentation at Global Renewable Energy Forum. Mexico: IPCC.
- World Bank. 2008. "Development and Climate Change: A Strategic Framework for the World Bank Group, Technical Report." Washington, DC: The World Bank Group.

一名儿童在太阳能照明下完成家庭作业——利用光伏太阳能电池板产生的电力，电池可反复充电



## 图片摄影

封面：Aleksander Rodic  
封内：Danilo Victoriano, GEF 摄影大赛  
第 2 页、第 32 页：Peter Fries  
第 4 页：Grameen Shakti, 爱希顿奖  
第 5 页、第 6 页、第 10 页、第 15 页、  
第 28 页、第 32 页：世界银行  
第 11 页：Shutterstock  
第 14 页：Helmut Hertzog  
第 16 页：Zara Solar Ltd, 爱希顿奖  
第 17 页：Martin Wright, 爱希顿奖  
第 18 页：David Pillinger, Thomson-Reuters  
第 20 页：Diego MASERA, UNDP  
第 21 页、第 22 页：能源开发公司  
第 24 页：UNDP 驻印度办事处  
第 25 页：Poonsin Sreesangkom, UNDP GEF 小额  
赠款计划  
第 26 页：UNDP 驻印度办事处, BERI GEF 项目  
管理部  
第 27 页：Asfaazam Kasbani, UNDP  
第 31 页：Shidhulai Swanirvar Sangstha, 爱希顿奖

## 制作团队

文字：Seungmin Ryu、Josef Buchinger、  
Dimitrios Zevgolis  
编审：Zhihong Zhang、Robert Dixon  
设计：Patricia Hord.Graphik Design  
印刷：Professional Graphics Printing Co.



## 关于全球环境基金

全球环境基金团结 179 个成员国的政府，与国际机构、非政府组织和私人部门合作，共同解决全球环境问题。作为一个独立的金融机制，全球环境基金用赠款形式帮助发展中国家和转型经济体，支持的项目领域包括：生物多样性、气候变化、国际水域、土地退化、臭氧层和持久性有机污染物。这些项目造福于全球环境，将地区性、全国性及全球性环境挑战联系在一起，推动可持续生计的发展。

全球环境基金成立于 1991 年，是向全球环境改善项目提供资金最多的机构。GEF 已向超过 165 个发展中国家和转型经济体国家的 2,400 多个项目提供资金 86 亿美元，并促成联合融资 360 亿美元。其小额赠款项目直接向非政府组织和社会团体提供了 10,000 多笔小额赠款。

GEF 的合作伙伴包括以下 10 家机构：联合国开发计划署、联合国环境规划署、世界银行、联合国粮农组织、联合国工业发展组织、非洲开发银行、亚洲开发银行、欧洲复兴开发银行、美洲开发银行以及国际农业发展基金会。科学和技术咨询小组为 GEF 提供政策和项目方面的科学和技术建议。



[www.theGEF.org](http://www.theGEF.org)



全球环境基金  
投资于我们的地球