



利用风能

TryEngineering 提供 - www.tryengineering.org
单击此处填写有关本课程的反馈信息。



课程重点

课程重点介绍如何大规模和小规模地生产风能。学生小组用日常物品设计和制作一架能工作的风车并了解风速计和选址。学生制作的风车必须能在 2 英尺高处承受中速档电风扇或电吹风产生的风并旋转和向上提升小物体。学生评价自己和其他小组所设计风车的效果并向全班介绍自己的收获。

课程概要

“利用风能”活动探索了全世界不断注重利用风能产生或补充商业和家用能源的趋势。学生以“工程师”小组形式用他们选择并在预算内购买的日常物品设计和制作自己的风车。然后试验他们的风车、评价试验结果并向全班介绍自己的心得。

年龄段

8-18.

目标

- ✦ 了解风能和风力涡轮机。
- ✦ 了解工程学设计。
- ✦ 了解工程学如何协助应对社会中的挑战。
- ✦ 了解团队合作以及如何解决问题。



预期的学习成果

通过这次活动，学生应了解：

- ✦ 风能
- ✦ 技术和社会问题的相互作用
- ✦ 工程设计
- ✦ 团队协作

课程活动

学生通过了解风能和用于选址及转换风到能量的设备而探讨技术如何积极影响世界。学生探索风能背后的技术、了解现场研究并分小组用日常物品制作风车。然后学生小组试验自己设计的风车，评价自己和其他小组的设计，并向全班介绍自己的收获。

资源 / 材料

- ✦ 教师资源文档（附）
- ✦ 学生资源清单（附件）
- ✦ 学生作业单（附）

符合美国教学大纲

请参见随附的教学大纲表。

因特网上相关信息链接

- ✦ TryEngineering (www.tryengineering.org)
- ✦ 美国国家可再生能源实验室网 - 风能研究(www.nrel.gov/wind)
- ✦ 美国风力发电网 (www.windpoweringamerica.gov)
- ✦ 欧洲风能协会 (www.ewea.org)
- ✦ 丹麦风产业协会 (www.windpower.org)
- ✦ 全球风能理事会 (www.gwec.net)
- ✦ 世界风日 (www.globalwindday.org)
- ✦ 美国国家科学教育标准 (www.nsta.org/standards)
- ✦ ITEA 技术素养标准 (www.iteaconnect.org/TAA)



推荐读物

- ✦ 《Wind Power: Renewable Energy for Home, Farm, and Business》（风力：家庭、农场和企业的可更新资源）
(ISBN: 1931498148)
- ✦ 《Wind Energy Basics: A Guide to Small and Micro Wind Systems》（风能基础：小型和微型风力系统指南）
(ISBN: 1890132071)
- ✦ 《The Homeowner's Guide to Renewable Energy》（家庭可更新能源指南）
(ISBN: 086571536X)

可选的写作活动

- ✦ 写一篇短文解释在城市的中心设置风电场 - 即使能为本地区域提供能源 - 是否可行？那么设置在伦敦的泰晤士河或度假海滨旁呢？

利用风能



教师适用：

符合美国教学大纲

注：此系列的所有课程计划都符合美国国家研究委员会制订并由美国国家科学教师协会认可的美国国家科学教育标准，还符合国际科技教育协会相关的技术素养标准或美国国家数学教师委员会的学校数学的原则和标准。

◆美国国家科学教育标准幼儿园到 4 年级（4 - 9 岁）

内容标准 A：科学探索

通过这些活动，所有学生应培养

- ✦ 进行科学探究的必要能力

内容标准 B：物理科学

通过这些活动，所有学生应了解

- ✦ 物体的位置和运动

内容标准 E：科学和技术

通过这些活动，所有学生应培养

- ✦ 技术设计的能力

内容标准 F：人文社会科学

通过这些活动，所有学生应了解

- ✦ 本地问题中的科学和技术

内容标准 G：科学的历史和本质

通过这些活动，所有学生应了解

- ✦ 科学是人类智慧的结晶

◆美国国家科学教育标准 5 年级到 8 年级（10 - 14 岁）

内容标准 A：科学探索

通过这些活动，所有学生应培养

- ✦ 进行科学探究的必要能力

内容标准 B：物理科学

通过这些活动，所有学生应了解

- ✦ 运动和力
- ✦ 能量转换

内容标准 E：科学和技术

通过这些活动，5 年级到 8 年级的所有学生都应培养

- ✦ 技术设计的能力

内容标准 F：人文社会科学

通过这些活动，所有学生应了解

- ✦ 社会科学和技术

利用风能



教师适用：

符合美国教学大纲（续）

◆美国国家科学教育标准 9 年级到 12 年级（14 - 18 岁）

内容标准 A：科学探索

通过这些活动，所有学生应培养

- ✦ 进行科学探究的必要能力

内容标准 B：物理科学

通过这些活动，所有学生应了解

- ✦ 运动和力
- ✦ 能量和物质的相互作用

内容标准 E：科学和技术

通过这些活动，所有学生应培养

- ✦ 技术设计的能力

内容标准 F：人文社会科学

通过这些活动，所有学生应了解

- ✦ 自然资源
- ✦ 当地、本国和全球面临的科学技术挑战

内容标准 G：科学的历史和本质

通过这些活动，所有学生应了解

- ✦ 历史观

◆技术素养标准 – 所有年龄

技术的本质

- ✦ 标准 2：学生将了解技术的核心概念。
- ✦ 标准 3：学生将了解不同技术之间的关系以及技术与其它研究领域之间的联系。

技术和社会

- ✦ 标准 4：学生将了解技术对文化、社会、经济和政治的影响。
- ✦ 标准 5：学生将了解技术对环境的影响。

设计

- ✦ 标准 9：学生将了解工程设计。
- ✦ 标准 10：学生将了解故障排除、研究开发、发明创新和实验在解决问题过程中的角色。

技术方面的能力

- ✦ 标准 11：学生将培养应用设计过程的能力。
- ✦ 标准 13：学生将培养评估产品和系统影响的能力。

已设计好的领域

- ✦ 标准 16：学生将了解并能够选择和使用能量与动力技术。
- ✦ 标准 20：学生将了解并能够选择和使用建筑技术。

利用风能



教师适用： 教师资源

◆ 课程目的

学生通过了解风能和用于选址及转换风到能量的设备而探讨技术如何积极影响世界。学生探索风能背后的技术、了解现场研究并分小组用日常物品制作风车。然后学生小组试验自己设计的风车，评价自己和其他小组的设计，并向全班介绍自己的收获。

◆ 课程目标

- ✦ 了解风能和风力涡轮机。
- ✦ 了解工程学设计。
- ✦ 了解工程学如何协助应对社会中的挑战。
- ✦ 了解团队合作以及如何解决问题。

◆ 材料

- ✦ 学生资源表
- ✦ 学生作业单
- ✦ 电吹风或电风扇；让各小组提升的小物体（推荐：玩具车、装满几枚硬币的酸奶杯、茶叶袋、电池、铅笔）
- ✦ 为每组学生分配一套材料：木棍、木勺、小木片（轻木）、可弯曲金属丝、线绳、纸夹、橡皮筋、牙签、铝箔、胶带、销子、胶水、纸张、纸板、塑料保鲜膜或者其他易得的材料。

◆ 步骤

1. 向学生展示不同的学生参考表。可以在课堂上当场阅读，或者在头天晚上作为家庭作业发给学生阅读。
2. 按 2-3 人对学生进行分组；给每组提供一套材料。
3. 向学生解释他们必须用日常物品自行制作一架能够工作的风车，而且风车必须能在 1 分钟时间内承受中速档风扇吹出的风，同时卷紧一条线绳以提升茶叶袋等小物体。（注：作为一项额外挑战，可试验风车提升较重物体的能力，例如硬币或垫圈。）
4. 给学生一个“预算”，他们需要用此预算购买您提供的材料。为每个物品分配一个平均每个小组能够购买至少 30 件材料的价格。
5. 学生共同为他们的风车制定计划。他们要共同决定所需材料、写出或绘制计划，然后向全班介绍自己的计划。
6. 接下来各组执行自己的设计。学生小组可要求与教师交换材料或购买更多的材料，或者也可与其他小组交换材料以得到他们所需的部件。但是他们需要决定自己设计的“成本”，而且这是决定最经济设计的因素之一。
7. 接下来...各小组用设置好的电风扇或电吹风试验他们的风车。（注：您最好在制作阶段即提供风扇，这样他们就在能教室试验前的制作阶段中试验他们的风车。）
8. 然后各小组填写一份评价单，并向全班介绍自己的收获。

◆ 所需时间

两到三次 45 分钟课程。

利用风能



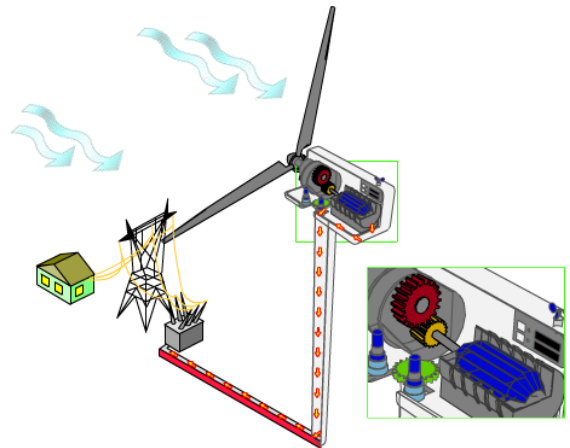
学生资源： 什么是风能？

风能是太阳能的一种形式。风由太阳对大气的不均匀加热、地表的不规则性和地球的自转引发。风的流动模式受到地形、水体和植被的影响。人类可将此风的流动或动能用于很多目的：航海、放风筝甚至发电。“风能”这个术语描述利用风产生机械能或电力的过程。风力涡轮机可将风中的动能转换为机械能。而机械能可用于具体的任务（例如磨面粉或抽水），或者发电机可将此机械能转换为电力。



◆ 风力涡轮机的工作原理

风力涡轮机的工作方式与电风扇正好相反。风力涡轮机不是像电风扇那样用电力产生风，而是利用风发电。风转动风力涡轮机的叶片，而叶片又转动一个连接到发电机的轴产生电力。风力涡轮机与风车一样通常安装在一个塔座上以尽可能利用风能。风力涡轮机的工作原理很简单。风所携带的能量推动两片或三片螺旋桨一样的叶片绕一个转子旋转。这个转子连接到主轴上，而主轴又转动发电机产生电力。风力涡轮机安装在一个塔座上以尽可能利用风能。在高于地面 100 英尺（30 米）的高度下，它们可利用速度更快、湍流更少的风。叶片就像飞机的机翼一样。当风吹动时，叶片的顺风侧会形成一小块低压空气区。这股低压空气然后会向其方向拉动叶片，导致转子旋转。这就叫做升力。升力实际上比风对于叶片正面的作用力（即阻力）更大。升力和阻力的组合导致转子像螺旋桨一样旋转，而且旋转的轴会转动发电机产生电力。风力涡轮机可用于为一栋房屋或建筑物产生电力，或者连接到电网中（见右图）以在更大范围内配送电。



风速和叶片的高度都会影响所产生能量的大小。丹麦风行业协会提供的一个互动式游戏 (www.windpower.org/composite-106.htm) 能让大家在游戏中了解此概念。

资料来源：本页上部分信息或图像由美国能源部、国家海洋和大气局或国家可再生能源实验室提供。

利用风能



学生资源： 风能的选址

不是所有的地点都适合开发风能。我们需要评估这些地点以决定安装风力涡轮机的相关成本是否能用所产生能量的价值平衡。

风能项目开发的第一步就是评估区域的风力资源和估计可获得的能量。为了帮助风行业识别最适合开发的区域，美国风能计划与国家可再生能源实验室 (NREL) 以及其他组织合作测量、区分和绘制了全国地面 50-100 米高度的风力资源图。

在地方上，城镇和承包商会与房屋所有者合作确定安装风力涡轮机的成本和可能收益。通常，第一步是临时安装一个风速计以在几个月或一年时间内试验农场或房屋处的风力。

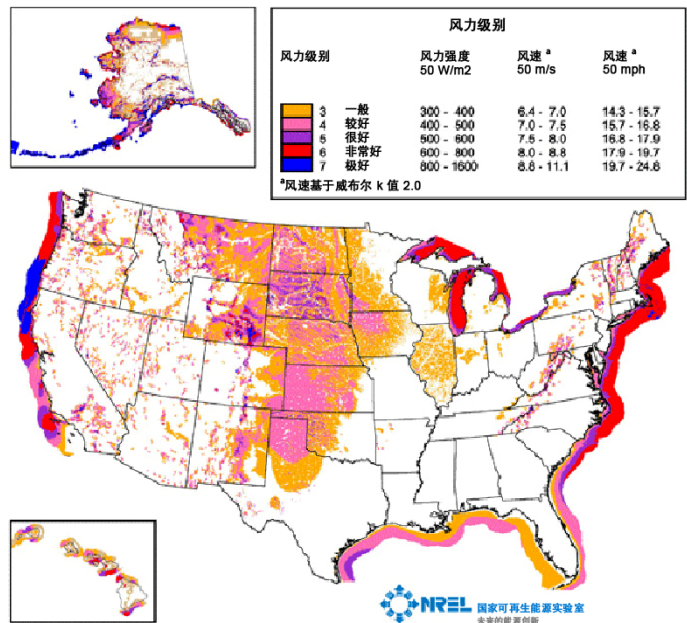
◆ 用风速计试验风能

风速计是用于测量风速的装置。很多国家和组织都提供风速计租赁项目，这样公司或个人就可评价其所在地点的风以决定是否生成足够的风能。对于这些试验地点来说，风速计可在较长时间内以 10 分钟的间隔收集风速数据。

◆ 世界风日！

每年的 6 月 15 日都是“世界风日”，以提高全世界对于风能的认知和关注。全世界会在这一天同时举办数千个公共活动。请浏览 www.globalwindday.org 了解详细信息。

资料来源：本页上部分信息或图像由美国能源部和国家可再生能源实验室提供。





学生资源： 叶片选择

◆ 叶片设计

叶片有很多形状和尺寸，而且对于人们仍在不断研究哪种设计最好。人们发现，最佳的设计实际上取决于应用或者在何地以及如何安装叶片。设计师需要了解决定叶片运转效率的“叶尖速比”。这是风速和叶尖速度之间的比值。高效率 3 叶片涡轮机的叶尖速度/风速比值在 6-7 之间。

◆ 多少个叶片？

大多数风力涡轮机采用两或三个叶片。研究表明增加更多的叶片会导致空气动力学效率升高，但增加的每个叶片的空气动力学效率却显著下降。例如叶片数目从一片增加到两片可导致空气动力学效率升高 6%，但从两片或增加到三片却只能获得 3% 的效率提升。当然，这其中也涉及到成本问题。设计中每片额外增加的叶片都会导致最终成本上升，所以工程师必须同时考虑效率增幅和制造成本增幅以决定最适合一种应用的设计。美观也是要考虑的因素之一。小型的两或三叶片设计可能最适合住宅区。在这里，房屋所有者想要从风中获得足够的能量为房屋供电，同时希望叶片运转噪音较小。而巨大的 12 叶片设计会在房屋上方看起来不很漂亮，而且产生的能力或许超出需求，同时噪音也更大！右图显示了美国宇航局试验单叶片转子的方法。（照片由美国宇航局 Glenn 研究中心提供）



◆ 材料

早期的风车是由木头和帆布翼板制成。这些材料会随着时间的流逝老化并需要维护 - 但它们代表着随处可用的材料。在近代，已经过时的机械涡轮机叶片由沉重的钢铁制成...但现在很多叶片采用玻璃纤维和其他合成材料制作，能够在较低重量下提供所需强度。而且材料重量减轻允许使用更大的叶片在尺寸和空间不成问题的应用中捕捉到更多的风。制造商也使用在制造特性上优于其他材料的环氧树脂复合材料，因为制造过程对环境的影响更小而且成品表面更加光滑。碳纤维也是进一步减轻重量和增加强度的低成本高收益方法之一。小型叶片则可用铝等轻金属制作。

工程师将在未来多年内致力于此领域以决定最高效产生能量的最佳形状、重量和材料！



学生资源： 叶片改进和试验

◆ 哪种形状最好？

涡轮机叶片有着不同的形状 - 而且有时实际应用决定着哪种形状最好。例如 Sandia 国家实验室的研究人员与加利福尼亚圣地亚哥市 Knight & Carver 合作开发的一种风力涡轮机叶片设计有望比目前的设计更加高效。它应该能大幅降低低风速地点风力涡轮机的能量成本 (COE)。这种叶片因扫动扭曲适应性转子而得名“STAR”（见右图原型）有一个略弯的尖部叫做“扫动”，与目前使用的大多数叶片不同，专为美国中西部等低风速区域设计。其目标区域为 10 米高处年平均风速 5.8 米每秒。这些的区域在美国很常见，而且这种技术将可用于经济开发风能的土地面积增加了 20 倍。这种叶片长 27.1 米，几乎比常规叶片长 3 米，而且其没有采用传统的线性形状，略向叶片后援弯曲，以降低叶片疲劳荷载的方式响应湍流阵风。它由玻璃纤维和环氧树脂制成。



◆ 研究和试验

在新叶片型号开始生产前，一般都会在试验台上测试其原型（见右图，由叶片制造商 LM Glasfiber 提供）。叶片会在测试过程中受到相当于工作 20 年的张力。LM Glasfiber 就是“组件”制造商的一个很好示例 - 即企业不制造整个产品，而是专注于具体组件 - 在此例中是涡轮机叶片。LM Glasfiber 自 1978 年以来已经生产了总计 120,000 个风力涡轮机叶片。这一数量占目前全世界运行中叶片的三分之一强。这家公司的目标之一是开发一种让风力涡轮机更加高效并延长涡轮机叶片使用寿命的新技术。他们指出“开发新型叶片需要考虑关于设计、材料和工艺的具体决策。一个参数的任何调整也会影响其他参数。”这意味着如果他们要试验新形状，他们也可能需要更换材料。



利用风能



学生作业单： 设计自己的风车

你们以工程师小组形式接受挑战用日常用品设计自己的风车。你们的风车要至少能在 1 分钟时间内承受电风扇吹出的风，同时卷紧一条线绳或金属丝以提升茶叶袋等较轻的物体。你们有一个预算，并必须从教师那里“购买”材料以完成自己的设计。你们可以退回材料、与其他小组交换材料，但需要决定风车的“成本” - 费用最低的合格设计将被选为最高效的设计！ 你们的风车可以是竖直（与桌面垂直）或水平的（与桌面平行）。

◆ 规划阶段

以小组形式共同讨论你们需要解决的问题。然后为你们的风车完成和约定一个设计。你们需要决定使用哪些材料 - 请记住，你们的设计必须能够承受电风扇或电吹风产生的风，而且底座不能移动，必须固定在桌子或架子上。在下面的方框中画出你们的设计，并确保标明计划使用部件的描述和数目。向全班展示你们的设计。你们可在得到班内同学的反馈意见后修订你们小组的设计。

所需材料和预算：

利用风能



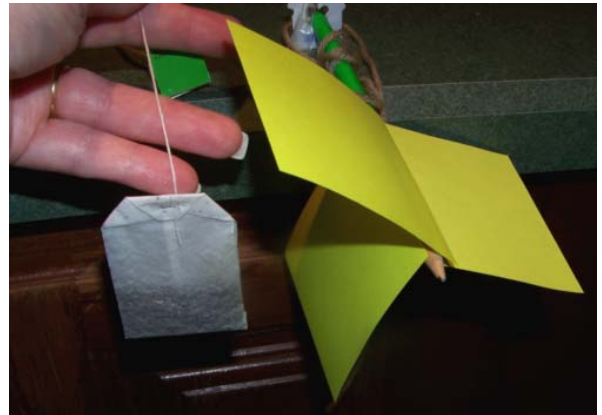
学生作业单（续）：

◆ 制作阶段

制作自己的风车。在制作中可以决定是否需要额外的材料或需要修改设计。这完全没有问题 - 尽管绘制新的草图并修改材料单和预算即可。

◆ 试验阶段

每个小组都要用教室中地点电风扇或吹风机试验他们的风车 - 每架风车要用相同的风速 - 中速 - 在三英尺远的地方试验。你们需要确保你们的风车能在此风速下工作一分钟同时用线绳向上卷起一个较轻的物体。确保观看其他小组的试验并观察他们的设计是如何工作的。



◆ 评价阶段

评价自己小组的结果，填写评价单并向全班介绍自己的收获。

用此作业单评价自己小组在“利用风能”课程中的结果：

1. 你们是否成功制作了一架能够工作 1 分钟且能提升一个物体的风车？如果没有，失败的原因是什么？
2. 你们是否在制作阶段修订原来的设计或要求额外的材料？理由是什么？
3. 你们是否与其他小组协商交换材料？这样的交换过程对你们来说顺利吗？
4. 如果你们能够获得不同与所提供材料的其他材料，你们的小组会要求哪些材料？理由是什么？

利用风能



学生作业单（续）：

5. 你们认为工程师在系统或产品的制造过程中不得不修改他们原来的设计吗？他们这样做的理由是什么？

6. 如果你们不得不从头再来一次，你们会如何修改自己的设计？理由是什么？

7. “最高效”（成本或预算最低）的设计与你们的风车相比有什么不同？

8. 你们认为如果你们独自工作会更加容易完成此项目吗？请解释...

9. 作为可靠的能量来源来说，风力涡轮机有哪些缺点？哪些现有技术可以补偿这些缺点？

10. 作为一种可更新的能量来源，风车有哪些优势？