

河北省科技厅产业技术路线图研究成果

# 河北省风电装备 产业技术路线图

河北省风电装备产业技术路线图核心专家组 编著  
孙鹤旭 主编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



为贯彻河北省委、省政府关于转变经济发展方式的战略部署，充分发挥科技创新在推进传统产业技术进步和培育战略性新兴产业中的重要作用，河北省科技厅于2010年3月首批启动了光伏、风电装备、钢铁节能减排、水泥节能减排、农业高效用水、蔬菜、中药、抗生素8个产业技术路线图的编制工作。旨在通过产业技术路线图这一引领产业技术创新的战略管理工具，明确产业技术进步的目标和重点，凝聚产业内产学研各环节合力，加速突破产业的共性关键技术问题，有计划、有步骤、有重点地推进产业技术升级。《河北省风电装备产业技术路线图》一书就是河北省风电装备产业技术路线图编制的成果，相信本书必将对推动河北省乃至全国风电装备产业技术升级发挥重要作用，为河北省及全国的科技管理和产业部门、企业的发展提供有力的决策参考。

河北省科技厅产业技术路线图研究成果  
河北省科技计划资助项目（项目编号：10413918D）

# 河北省风电装备产业技术路线图

河北省风电装备产业技术路线图核心专家组 编著

主 编 孙鹤旭 （河北工业大学）  
副 主 编 王华君 （河北工业大学）  
编写人员 刘 波 （河北工业大学）  
王璋奇 （华北电力大学）  
王 毅 （华北电力大学）  
孙如林 （中航惠腾风电设备股份有限公司）  
王志强 （国电联合动力技术（保定）有限公司）  
鲁志平 （保定天威风电科技有限公司）  
徐 宇 （保定华翼风电叶片研发有限公司）  
武 鑫 （保定科诺伟业控制设备有限公司）  
魏 军 （中航惠德风电工程有限公司）  
曹 欣 （河北建投新能源有限公司）  
张雁忠 （张家口供电公司）



机械工业出版社

风电作为全球成长性最快的新能源已引起人们的广泛关注,河北省从风电装备产业科学发展的愿望出发,率先采用技术路线图方法规划本省的风电装备产业发展。本书是汇集了全国近200位风电装备领域的技术专家、企业家和行业管理者,围绕河北省风电装备产业的发展,集思广益、凝练共识所形成的图形版分析研究成果。书中对风电装备产业概括的“可靠性”、“电网友好”、“成本”、“效率”四个发展要素以及提出的“系统风电技术”概念,对于河北省乃至全国风电产业的发展都具有一定借鉴意义。

### 图书在版编目(CIP)数据

河北省风电装备产业技术路线图/河北省风电装备产业技术路线图核心专家组编著. —北京:机械工业出版社,2011.7

ISBN 978-7-111-35232-7

I. ①河… II. ①河… III. ①风力发电-电力工业-科学技术管理-研究-河北省 IV. ①F426.61

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第130276号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:付承桂 责任编辑:付承桂

责任校对:刘志文 封面设计:路恩中 责任印制:乔宇

北京汇林印务有限公司印刷

2011年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·7.75印张·1插页·190千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-35232-7

定价:40.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版



在全球气候变暖的背景下，以低能耗、低污染为基础的“低碳经济”已成为全球的热点。发展低碳经济是应对气候变化、实现社会可持续发展的重要手段。开发利用风能是增加能源供应、调整能源结构、保障能源安全、减排温室气体、保护生态环境和构建和谐社会的一项重要措施，对建设社会主义新农村，建设资源节约型和环境友好型社会，实现经济、社会可持续发展有重要促进作用。经过坚持不懈的努力，风能发电将与其他新能源和可再生能源利用一起成为发展低碳经济的重要途径，为实施“科学、绿色、低碳能源战略”做出贡献。

自2006年《中国可再生能源法》实施以来，我国风电连续多年保持快速增长，2010年成为全球风电新增和累计装机容量最多的国家，在短时间内步入世界风电大国行列。当前和今后一段时间，为了实现从“风电大国”到“风电强国”，从“中国制造”到“中国创造”，从“国内市场”到“国际市场”的转变，还要解决好风能资源精细化的评估、大型风电机组关键技术的研究、规模化风电场系统的建设、风电与电网的协调发展、自主创新能力和国际竞争力的提升，以及市场机制和管理体系的改革等问题。

科学制定风电发展技术路线是促进风电可持续发展的一项重要举措，世界上风电发展较好的国家都有一个相对稳定的风电发展技术路线图。技术路线图是通过时间序列系统描述技术、产品和市场的互动关系，技术发展方向和产业竞争态势，确定影响产品的关键技术及其发展等，可以认为它是一个基于时间节点的规划图。

我国风电的发展路线近期是以陆上风电为主，积极稳妥发展海上风电；在主要发展集中式并网发电系统的同时，要重视分布式和微网发电系统的发展；在进一步发展风电机组技术和风电场技术的同时，要加快风电应用技术的开发；在强调风电工程技术开发的同时，要积极开展风电基础技术研究。

河北省有丰富的风能资源，有风电规模化发展的产业基地和市场需求，是我国的风电大省，2010年风电总装机容量列全国第三位。河北省科技厅组织专家经过一年多的调查研究后编写了《河北省风电装备产业技术路线图》一书。该书针对河北省实际情况，提出的“可靠性”、“电网友好”、“成本”和“效率”四个风力发电发展方向，不仅对河北省风电发展规划的制定有现实指导意义，也给其他省区制定风电装备产业技术发展路线图提供一份很有价值的参考资料，对我国风电产业的健康发展将起到积极的推动作用。

中国可再生能源学会副理事长  
贺德馨



自 2006 年起，我国风电累计装机容量增长率连续 5 年超过 100%，一跃成为全球增长速度最快的风力发电市场。风电迅猛发展在促进我国清洁能源比重逐渐增加的同时，也培育了国产风电设备的制造能力。而应对气候变化、实现减排的承诺还将继续驱动我国风电市场的快速发展。

为了实现 2020 年我国非化石能源占一次能源消耗的比重达到 15% 左右的承诺，我国风电发电量需要在 2020 年达到 3000~4000 亿  $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。根据这一发电量目标，到 2020 年我国风电装机容量应达到 1.5~2 亿  $\text{kW}$ ，在 2010 年底我国风电装机容量实现 4473.329 万  $\text{kW}$  的基础上进行测算，未来 10 年风电每年平均新增装机容量约为 1200~1500 万  $\text{kW}$ 。

2010 年中国风电新增装机容量和累计装机容量已经“双居”世界第一，应该尽快地在真正市场消纳的风电电量上也达到世界第一，并且要从风电大国转变为风电强国，而风电装备领域的技术创新与发展对此至关重要！

由河北省科技厅牵头，13 位河北省风电领域专家及其工作团队历时一年绘制了“河北省风电装备产业技术路线图”，该路线图针对河北省现有风电装备产业基础标明了河北省欲成为“风电强省”的发展方向；同时作为我国第一个风电领域的技术路线图，也在很大程度上回答了我国欲成为“风电强国”的关键问题。

本书可以作为各级政府、投资机构、整机企业、零部件生产企业、风电场运营企业、高等院校、科研院所等涉及风电领域工作的人员的参考资料，也将会成为河北省风电发展的战略性文件，并对我国风电装备技术发展起到一定的指导作用。

中国可再生能源学会风能专业委员会副主任  
施鹏飞



河北省风电装备产业技术路线图自 2010 年 3 月 23 日启动，至 2010 年 12 月 12 日通过专家论证，历时近 10 个月。在该技术路线图的研究编制过程中，工作团队始终按照河北省科技厅关于“立足本省特点、站在全国高度、关注国外动态、面向未来发展”的工作方针，在研究总结国（省）内外风电装备产业的发展现状、发展规律和发展趋势的同时，针对河北省风电产业发展的实际情况，提出了若干建设性意见和建议，绘制了河北省风电装备产业技术路线图及优先研发的重点项目。

#### 1. 河北省风电装备产业技术路线图编制工作团队的建立与组织

该技术路线图的编制工作团队由两部分专家组成：一部分是核心专家组，由河北省内的高校和企业的风电技术专家组成；另一部分是外围专家组，由来自国内（外）高校、企业及科研等单位的风电技术专家组成。为了配合核心专家组的工作，在河北工业大学内设立了工作组，由本项目首席专家直接领导开展工作。

核心专家组：由河北工业大学、华北电力大学、中航惠腾风电设备股份有限公司、国电联合动力技术（保定）有限公司、保定天威风电科技有限公司、保定华翼风电叶片研究开发有限公司、保定科诺伟业控制设备有限公司、中航惠德风电工程有限公司、河北建投新能源有限公司、张家口供电公司共 10 家单位的 13 位风电技术专家组成。核心专家组的主要工作是为河北省风电装备产业技术路线图的编制工作制定计划、分析研究国（省）内外风电产业的现状和发展态势、确定研究内容及边界、推荐外围专家成员、核定问卷内容形式及指导工作组的工作。

外围专家组：由来自国内（外）高校、科研单位、行业协会与风电装备制造企业各方面的风电技术专家组成。外围专家主要是对本课题核心专家组提出的问卷进行反馈和补充内容、参加风电装备技术创新讨论和“头脑风暴法”活动。

河北省风电装备产业技术路线图的编制工作，共有国（省）内及国外（含外资企业）近 200 位风电技术专家不同程度地参与。

#### 2. 河北省风电装备产业技术路线图编制的产业背景与现状

河北省风电产业作为战略性新兴产业，对改善河北省的能源结构和推动经济社会发展具有重要的带动作用。到 2010 年底，全球总风电装机容量已达到 1.9663 亿 kW [据世界风能协会（WWEA）统计]，我国总的风电装机容量已达到 4473.329 万 kW [据中国风能协会



(CWEA) 统计], 跃居世界第一。风电装备整机的年生产能力达到 3000 万 kW, 远大于国内的市场需求。河北省风电场建设与风电装备产业在全国名列前茅, 同全国一样, 在风电产业快速发展过程中, 随着装机容量的增大, 接入电网问题日益凸显。

我国风电产业经过 6 年来的飞速发展, 随着风电装机容量的大量增加, 风电“上网难”的问题日益突出, 除电网建设和管理因素外, 风电装备自身技术及性能的不完善也是主要原因之一; 在引进技术、制造样机、批量订货、运行中完善的发展模式下, 风电机组质量问题亟待提高; 对引进技术的消化吸收再创新、结合我国风资源特点的自主创新能力严重不足; 多数风电装备整机企业规模小, 部分风电机组零部件配套能力差, 风电装备的规模化生产成本难以降低; 风电技术人才不足、风电装备的检测认证及行业标准建设滞后, 限制了风电装备开拓海外市场的能力。

在风电机组装机容量经历了几乎年年翻番的快速发展之后, 风电大规模接入电网对风电装备提出了越来越高的技术性能要求; 海上风电的发展要求不断提高风电机组单机容量, 迫使风电装备制造企业既要提升产品技术性能与质量, 又要加强技术创新能力的建设。而针对风电装备产业这些共性的技术层面的问题, 其技术创新的方向性和时间节点的安排十分重要。这正是河北省风电装备产业技术路线图制定的必要性和重要性所在。

### 3. 河北省风电装备产业技术路线图的编制情况

风电产业应包括三大部分: 风电场建设、风电装备和风电场运行与维护。本次技术路线图研究编制工作由于时间紧, 只能围绕受“风能”和“电网”两者制约的关键部分——风电装备展开, 其余内容留待今后进一步研究补充。在风电装备领域内, 由于各种机组传动链的差别, 按照影响风电机组主要性能的整机与关键零部件展开研究, 包括六个部分: 整机与传动链、叶片、齿轮箱、发电机、电气控制系统、轴承及塔架。对这六个部分, 从共性的“设计”、“制造”、“运行”、“服务”四个层面划分边界; 再按照“市场需求”、“产业目标”、“技术壁垒”、“研发需求”四个方面进行分析; 借助于行业专家的问卷调查及“头脑风暴法”活动凝集共识。在该技术路线图的编制过程中, 项目组提炼出“可靠性”、“电网友好”、“成本”、“效率”作为河北省风电装备产业的发展要素。这四个发展要素普遍存在于“六个部分”, 贯穿于“四个层面”与“四个方面”。

按照上述的该技术路线图制定步骤, 在充分准备的基础上, 首先邀请国内(外)企业、政府、高校及研究机构的业内专家, 通过网上交互的方式协助项目组完成综合问卷。其次, 项目组于 2010 年 8 月下旬邀请回复问卷的大部分专家到河北工业大学与会共同研讨, 通过会议交流、“头脑风暴法”等形式, 对问卷汇总结论再次进行升华, 从而得到未来不同时间段的研发需求课题。再次, 在上述工作基础上, 由项目专家组提出该路线图的结构和基本内容, 再一次请有关专家进行审核、修改、充实和完善, 最终形成书面文件。

### 4. 河北省风电装备产业需要重点突破的方向和关键技术

河北省风电装备产业市场需求: 风电装备市场需求具有规模大、持续时间长的特点。目前全球有 80 多个国家以风电作为新能源的主要形式, 并大力推动其发展。预计到 2020 年, 我国风电装机容量将达到 1.5~2 亿 kW; 世界风能协会在《World Wind Energy Report (世界风能报告) 2010》中预测, 到 2015 年全球风电总装机容量将达到 6.0 亿 kW, 2020 年总风电装机容量有望达到 15 亿 kW。包括河北省在内的我国风电装备制造面对国内和国外、陆地和海上大规模风电场建设的发展机遇, 有着广阔的发展前景。



河北省风电装备产业发展目标：以科学发展观统领全局，以“新能源产业振兴和发展规划”与“国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定”为指导，大力推动河北省风电装备产业从整机到配套零部件的全面发展。着力推动风电装备产业技术创新、提高产品质量，通过规模化发展降低成本，提高产品竞争力。到 2013 年，风电装备产业的技术创新能力得到明显加强，叶片在全国的优势地位进一步得到巩固，整机产品基本实现规模化制造。到 2018 年，构筑起河北省风电装备产业研发与制造良性互动的发展体系。以保定高新区为龙头，加速整机、叶片及其他关键零部件的自主研发步伐；围绕龙头企业加快行业一体化整合，提升区域产业配套能力及产业链发展水平，打造国内领先、国际知名的风电装备产业基地。

河北省风电装备产业技术壁垒：河北省风电整机企业目前主要靠国外提供技术或与国外企业合作设计，自主设计能力基础薄弱。企业在设计经验、设计软件方面与国外相比差距较大，特别是依据我国风资源条件进行自主设计、自主开发新型风电机组的能力不足；河北省风电机组叶片生产企业相对集中，从生产规模到技术研发能力都处于国内前列，就叶片的设计水平来看，还处于自主设计的初级阶段；变流器、变桨控制系统及主控系统还处于小批量生产阶段，面对风电大规模接入电网的技术要求还有较大差距。

河北省风电装备产业研发需求：在风电大规模接入电网背景下，风电装备重点突破的技术方向是风电装备与电力系统的协调运行。为此，项目组提出了“系统风电技术”的概念，并结合发展要素凝集出河北省风电装备产业的研发需求重点项目 20 个，“十二五”河北省风电装备产业发展相关措施建议 10 项。



序一	
序二	
前言	
绪论	1
<b>1 产业技术路线图方法概述</b>	<b>3</b>
1.1 技术路线图的原理及其制定原则	3
1.2 技术路线图的作用与意义	4
1.3 产业技术路线图的制定方法	5
1.4 河北省风电装备产业技术路线图制定工作概述	5
1.5 河北省风电装备产业技术路线图边界和产业链的确定	7
<b>2 国内外风电产业发展现状与产业地位</b>	<b>9</b>
2.1 全球风电产业发展现状	9
2.2 全球风力发电设备市场竞争格局	13
2.3 我国风电产业的发展概况	13
2.3.1 风资源状况	13
2.3.2 千万千瓦级风电基地建设规划	15
2.3.3 海上风电的范围及规划	15
2.4 我国风电产业区域性发展态势	16
2.4.1 全国风电产业分别向西北和沿海地区转移	16
2.4.2 国内风电产业重点发展省份动态	16
2.5 我国风电整机企业发展概况	17
2.6 我国风电机组关键零部件企业发展概况	19
2.6.1 叶片	19
2.6.2 齿轮箱	21
2.6.3 风力发电机	22
2.6.4 风电机组电气控制系统	24
2.6.5 风电机组轴承及塔架	24
<b>3 河北省风电产业发展现状和产业地位</b>	<b>25</b>
3.1 河北省风电产业发展概况	25
3.1.1 河北省风电装备产业发展概况	25
3.1.2 河北省风电装备产业科研能力状况	26
3.1.3 河北省风电产业创新平台及人才队伍建设	27
3.1.4 河北省风电产业发展的政策环境	27
3.2 河北省风电装备重点企业简介	27
3.2.1 国电联合动力技术(保定)有限公司	29
3.2.2 保定天威风电科技有限公司	30
3.2.3 中航惠德风电工程有限公司	32
3.2.4 中航惠腾风电设备股份有限公司	33
3.2.5 保定华翼风电叶片研究开发有限公司	34
3.2.6 保定天威风电叶片有限公司	35
3.2.7 河北中能风电设备有限公司	36
3.2.8 艾尔姆风能叶片制品(秦皇岛)有限公司	36
3.2.9 保定科诺伟业控制设备有限公司	36



3.3 河北省风电装备产业发展的 SWOT 分析 .....	37	的发展 .....	56
3.3.1 河北省风电装备产业存在的问题 .....	38	5.1.3 大力发展风电场地区风电装备运行维修产业 .....	57
3.3.2 河北省风电装备产业技术差距 .....	39	5.1.4 大力扶植相关相近产业进入风电装备产业的配套市场 .....	57
3.3.3 以风能为主的新能源产业已成为经济和社会发展的引擎 .....	39	5.1.5 积极支持风电装备领域的技术研发和人才培养 .....	57
<b>4 河北省风电装备产业市场需求背景 .....</b>	<b>40</b>	5.2 河北省风电装备产业发展战略 .....	57
4.1 全球风能产业发展与风电装备需求趋势 .....	40	5.3 河北省风电装备产业发展目标 .....	58
4.1.1 风电装机规模不断扩大、风电成本逐步下降 .....	40	5.4 河北省风电装备产业实现发展目标达到的水平 .....	58
4.1.2 海上风电场进入商业化大发展阶段 .....	40	<b>6 河北省风电装备产业技术壁垒分析 .....</b>	<b>60</b>
4.1.3 我国风电场建设与发展概况 .....	41	6.1 我国风电装备产业专利状况分析 .....	60
4.2 我国风电装备市场需求预测 .....	46	6.1.1 我国风电装备专利总体申请情况 .....	60
4.3 各主要风电发达国家风电产业的发展态势 .....	47	6.1.2 所申请专利在风电装备中的分布 .....	61
4.3.1 丹麦 .....	47	6.1.3 我国风电装备企业专利运用的差距 .....	62
4.3.2 美国 .....	48	6.2 风电整机及传动链领域的技术壁垒分析 .....	62
4.3.3 德国 .....	49	6.2.1 工程经验积累不足的技术壁垒分析 .....	64
4.3.4 西班牙 .....	49	6.2.2 技术深度与全面性差别的技术壁垒分析 .....	64
4.3.5 印度 .....	50	6.2.3 风电机组大规模接入电网背景下的技术壁垒分析 .....	65
4.4 风电发达国家的激励政策及效果 .....	50	6.2.4 风电机组单机容量大型化的技术壁垒分析 .....	66
4.4.1 国产化率要求 .....	51	6.2.5 风电机组设计手段及测试条件的技术壁垒分析 .....	68
4.4.2 鼓励使用当地产品的优惠或激励政策 .....	51	6.3 叶片领域技术壁垒分析 .....	68
4.4.3 关税激励政策 .....	52	6.4 齿轮箱领域技术壁垒分析 .....	69
4.4.4 税收激励政策 .....	52	6.5 发电机领域技术壁垒分析 .....	70
4.4.5 出口援助项目 .....	52	6.6 电控系统领域技术壁垒分析 .....	71
4.4.6 认证和检测 .....	52	6.6.1 主控系统 .....	71
4.4.7 研究、开发和示范项目 .....	52	6.6.2 变流器 .....	72
4.5 河北省风电装备产业市场需求要素分析 .....	53	6.6.3 变桨距控制系统 .....	72
<b>5 河北省风电装备产业发展目标 .....</b>	<b>56</b>	6.7 轴承及塔架领域技术壁垒分析 .....	73
5.1 河北省风电装备产业发展战略的思考 .....	56	6.8 河北省风电装备产业技术壁垒要素分析 .....	74
5.1.1 大力支持以保定为重点的风电装备制造基地发展 .....	56		
5.1.2 积极推进张家口、承德、沧州、唐山风电场附近风电装备产业			



<b>7 河北省风电装备产业研发需求</b>	情况 .....	92
<b>态势</b> .....	8.1.6 河北省风电装备产业技术路线图	
7.1 整机与传动链领域研发需求分析 .....	绘制 .....	94
7.1.1 高速齿轮箱机组传动链 .....	8.2 河北省风电装备产业技术发展影响	
7.1.2 直驱型传动链 .....	要素分析 .....	94
7.1.3 半直驱型传动链 .....	8.3 河北省风电装备产业技术路线方向	
7.1.4 可调速无变流器型传动链 .....	判断 .....	96
7.2 叶片研发需求分析 .....	8.3.1 风电机组的可靠性 .....	96
7.3 齿轮箱研发需求分析 .....	8.3.2 风电机组的“电网友好”性 .....	96
7.4 发电机研发需求分析 .....	8.3.3 风电机组的成本 .....	97
7.5 风电机组电控系统研发需求分析 .....	8.3.4 风电机组的效率 .....	97
7.5.1 主控系统 .....	8.4 风电装备产业发展关键技术难点	
7.5.2 变流器电网友好型设计 .....	分析 .....	97
7.5.3 变桨距控制系统 .....	8.5 研发需求的优先性分析 .....	104
7.6 塔架领域研发需求分析 .....	8.6 相关措施建议 .....	105
7.7 河北省风电装备产业研发需求要素	8.7 河北省风电装备产业技术路线图通过	
分析 .....	专家论证 .....	106
<b>8 河北省风电装备产业技术路线图的</b>	8.8 河北省风电装备产业技术路线图专家	
<b>制定与措施建议</b> .....	论证意见 .....	107
8.1 河北省风电装备产业技术路线图的	<b>河北省风电装备产业技术路线图核心</b>	
制定过程简述 .....	<b>专家组成员名单</b> .....	108
8.1.1 召开准备阶段专家组第一次	<b>河北省风电装备产业技术路线图论证</b>	
会议 .....	<b>专家名单</b> .....	108
8.1.2 召开准备阶段专家组第二次	<b>河北省风电装备产业技术路线图综合</b>	
会议 .....	<b>问卷调查回馈、技术创新论坛及</b>	
8.1.3 综合问卷设计 .....	<b>“头脑风暴”应邀参会人员名单</b> .....	109
8.1.4 综合问卷统计排序 .....	<b>参与整理文字和图表的人员名单</b> .....	112
8.1.5 举行技术创新论坛与“头脑风暴”		



自 20 世纪末，风电产业在全球范围内得到迅猛发展，风能——这个伴随着人类社会文明进步、天然而古老的能源正以全新的形式再一次走进人类的生活。化石能源日益减少、温室效应的出现、减少二氧化碳（CO<sub>2</sub>）气体排放的压力、环境污染以及社会和经济对能源需求的不断增长，迫使人类以“风能发电”的方式让古老的风能再次担当起为人类社会提供“可再生能源”的重任。到 2010 年底，全球已达到 1.9663 亿 kW 风电机组装机容量。欧洲、美国、中国已经成为当前全球风电产业大规模发展的三大板块。风能成为继煤炭、水力之后的第三大发电能源已成事实！

我国大规模发展并网型风电机组起步较晚，大型风电机组的规模化制造和投入发电也不过 6 年左右的时间，但我国风电产业的发展速度之快令世界震惊！风电产业早已超出能源的范围成为各类资金纷纷进军的领域，“圈地”、“圈海”建设风电场，竞相引进风电机组技术建立整机制造厂，一时间风电产业经济悄然成为全国各地经济发展战略的必然选项。超常规的发展速度使我国风电装备的产能短短几年间跃居世界第一，风电整机年产能达 3000 万 kW；风电机组装机容量已跃居世界第一，最新的数据显示，截至 2010 年底，中国风电装机总量已达到 4473.329 万 kW（据中国风能协会统计）。尽管风电产业发展中存在着不足和问题，但所取得的成就令世界各国瞩目。完成了超常规的发展阶段之后，理性有序、追求质量和技术创新、海外开拓，将会是我国风电产业今后发展的主旋律。

河北省风电产业发展规模走在全国前列，有良好的陆上和海上风电资源，陆上风电场装机容量居全国第三。河北省是我国 2020 年规划中的 8 个千万千瓦级风电基地之一，有广阔的开发前景。以保定的“中国电谷”为中心的风电装备产业已逐步形成了叶片领先、整机跟进、控制系统配套齐全的风电装备产业集群，聚集企业 70 余家。2009 年中国电谷风电装备产业产值已超 70 亿元。风电产业已经发展成河北省新的经济增长点，是河北省经济发展的战略产业之一。

我国风电产业与风电技术取得巨大成就的同时，也出现了一些问题。我国风资源的多样性，引进风电技术的企业对其认识不足；我国风资源分布与电力负荷中心距离远，而电网建设相对滞后；风电整机及关键零部件技术尚未根本掌握、工程经验积累欠缺；风电大规模接入电网、风电机组与电力系统间协调互动的新技术研究不够深入。在此背景下，河北省科技厅组织风电技术领域专家，在深入了解国内外风电产业发展状况的基础上，运用科学的方



法，研究制定出河北省风电装备产业技术创新的方向和具体内容，为河北省风电装备产业未来健康、快速发展提供决策依据。

风电装备产业技术路线图的编制工作，采用 SWOT 法、德尔菲法、“头脑风暴法”等科学的分析归纳方法，对风电装备产业的市场需求、技术状况等进行全面分析，为科学制定风电装备产业技术路线图奠定了基础。组织了风电装备领域的企业家、风电技术专家、行业协会管理者、大学和研究机构的专家学者参与该技术路线图的编制工作；开展了多层次、多部门的咨询调研活动，风电装备产业技术路线图的编制工作已成为收集、整理风电装备领域专家们的技术发展路线、形成“共识”的过程。

河北省风电装备产业技术路线图编制项目组由下列单位的专家组成：

河北工业大学、华北电力大学、中航惠腾风电设备股份有限公司、国电联合动力技术（保定）有限公司、保定天威风电科技有限公司、中航惠德风电工程有限公司、保定华翼风电叶片研究开发有限公司、保定科诺伟业控制设备有限公司、河北建投新能源有限公司、张家口供电公司共 10 家高校和企业。

上述单位构成的核心专家组在河北省科技厅的指导下，历时 10 个月，在对国内外风电装备产业广泛调查研究的基础上，首先明确河北省风电装备产业的技术发展方向。在此基础上提炼出综合问卷，吸收全国风电装备领域各方面专家的意见和建议，并通过风电装备产业技术创新研讨会及“头脑风暴法”，不断凝集研发需求内容，形成了河北省风电装备产业近期和中长期的研发重点。

从世界范围来看，风电产业依然是一个创新内容不断涌现的工程领域，从新材料、新工艺，到新概念的风电机组；从定型机组的不断完善到风电机组的智能化控制技术；从陆上风电机组技术到海上风电机组技术；从单纯风电机组技术到风电场整体技术，乃至到风电与电力系统统一考虑的系统风电技术，风电技术在不断地进步和发展。本次河北省风电装备产业技术路线图工作的开展，只是河北省风电产业技术管理工作创新方式的开端，还有许多工作有待完善。即使是本次路线图编制工作所得到的某些结论，也需要时间和实践的检验，需要不断调整、修正和补充新的内容。



“技术路线图”是战略管理与规划工具，是致力于将科技、经济与社会一体化和各种资源进行有效整合与优化配置的重要手段，已经在许多发达国家和地区得到广泛的应用。

“技术路线图”主要在产业层面上使用，强调“市场拉动”作用，重点关注产业的“市场需求—产业目标—技术壁垒—研发需求”以及相关的问题。本章将主要结合“河北省风电装备产业技术路线图”项目，介绍技术路线图的内涵、基本原理、制定原则、制定程序、作用和意义等。



## 1.1 技术路线图的原理及其制定原则

### 1. 技术路线图的定义

技术路线图反映了对某一领域前景的看法，以及实现这个前景的方法，是技术经营和科学研究管理的一个基本工具。

尽管技术路线图经过几十年的广泛实践，应用于多个国家、产业和企业，但由于技术路线图作为实践的工具，使用者层面和经验各不相同，路线图的表现形式和使用技巧也不一样，因此技术路线图尚未有一个标准的定义。

### 2. 技术路线图的基本结构

技术路线图是以图形或表格的形式来表达一个高水准的、综合和集成的战略规划，并且可以采用多种不同的形式。但无论采用哪一种形式，都回答了3个基本问题：①我们去向何方？②我们处于何种状态？③我们如何达到目的？

1) 技术路线图顶层是关于组织期望的目的（知道为什么），以及目的的影响因素（趋势和驱动因素）。

2) 技术路线图的中间层是关于通过什么原理来实现目的。

3) 技术路线图的底层是包括技术在内的相关资源，通过调配和集成这些资源以开发出将资源转化为产品的转换机制（知道如何实现）。

### 3. 技术路线图的方法特点

#### (1) 理念新颖

技术路线图与以往的规划方法和分析工具在理念上是不同的，主要表现在：第一，



它以“市场拉动”为动因，而不是以“技术推动”为动因，技术市场必须满足企业进入未来市场的需求。第二，技术路线图是基于产业或企业的远景视野，以及达到目的需要什么样的技术。第三，技术路线图提供了一个达到远景目标的途径，识别、选择和开发正确的技术。

### (2) 视角独特

技术路线图方法以“市场拉动”为动因，采取的是以能力、机会为基础的战略，形成的是竞争性市场的、中长期的发展规划，具有高度概括、高度综合、前瞻性、不断修正、应用灵活等基本特征。

### (3) 原则特点明显

在技术路线图制定过程中，应遵循弹性（柔性）原则、整合原则、时间原则、协调原则。



## 1.2 技术路线图的作用与意义

### 1. 技术路线图在行业层面上的作用

技术路线图可以分为3个层次：公司层面、行业层面和国家层面。行业层面上的技术路线图，主要是识别行业技术的优先顺序。通过技术路线图制定过程和结果，行业能够追求更加有力的合作，致力于管理资源和解决共同的技术问题。

1) 从市场方面看：认清行业所处经济、社会和环境的变化，识别由此产生的市场驱动因素，并识别达到市场需求所必需的软、硬技术。通过展示技术的发展情况，说明技术应用，并获得进入市场的机会。

2) 从投资和资源配置方面看：通过行业技术路线图，提高行业研究与应用水平，并促进合作研发，共同致力于针对行业需求的科学突破。

3) 从沟通方面看：共享行业战略。通过实施战略，行业能够更加容易获得技术（如国际科技合作、技术转移和扩散）。通过产业技术路线图使利益相关者联系在一起，相互沟通，构成战略联盟，并通过产业技术路线图凝聚利益相关者。

### 2. 制定技术路线图的意义

无论是在个体公司层面还是行业层面，技术路线图主要有3个用途：第一，技术路线图有助于形成关于一系列需求的综合意见，并提供技术解决方案；第二，为专家在目标领域预测技术发展提供一个机制；第三，在公司内部或整个行业进行规划，并为合作开发技术提供一个框架。

另外，制定技术路线图的主要好处是为技术投资决策提供依据，主要体现在以下9个方面：①如果信息充分，可以预测未来市场所需的技术和产品；②确定行业最具潜力的科学和技术领域；③确定所需的关键技术以及现有技术和所需技术的差距（在技术发展方面）；④支持信息充分的战略技术投资决策；⑤避免风险大或无收益的技术投资；⑥通过共享信息，加强企业间的技术合作；⑦建立推进技术研发计划所需的统一思想；⑧建立企业间协调研发和调节研发投资的架构。⑨说明技术转向适合市场应用所需的步骤。



## 1.3 产业技术路线图的制定方法

### 1. 产业技术路线图的基本结构

产业技术路线图的基本结构主要包括以下 5 个主层次（自上而下）：市场需求、产业目标、技术壁垒、研发需求和资源状况。

### 2. 产业技术路线图的基本结构制定过程中必须把握的基本要素

技术路线图的主要功能是描述、交流、计划与协调。通过技术路线图的整合，把宏观的政治、经济、社会文化、外部竞争环境、政策法规等因素与微观的技术资源等置于一处进行关联分析，从而拓宽了技术创新的视野范围。产业技术路线图的制定包含了技术的、市场的、政策的等多重相互交叉的环节，这几个层面要素是行业的竞争动力。

在制定技术路线图过程中，要分析政治、经济、社会、科技、生态、价值等外部环境要素，以及资源、研发项目、技术方案、概念产品和市场需求等核心要素。

### 3. 制定产业技术路线图的基本原则

曾任美国总统科学技术顾问的哈佛大学教授伯兰斯科姆把技术路线图定义为“以科学知识和洞见为基础的、关于技术前景的共识”。因此，在制定技术路线图的过程中，不仅要聚集相关领域的科技专家，还需要政府决策者和技术成果使用者共同参与。而所谓“共识”，就是在活跃、活泼的意见交流、交换基础上取得的结果。

为形成一致的共识，在制定技术路线图的过程中，应遵循以下工作原则：①按科学规律办事的原则；②遵循科学管理的原则；③倡导科学方法；④按理论与实践相结合的原则；⑤倡导合作与共同发展的原则。

### 4. 产业技术路线图制定工作流程概述

产业技术路线图制定的基本流程包括准备阶段、开发阶段和实施阶段。

1) 准备阶段：第一阶段的准备活动是产业技术路线图的启动阶段，包括选择技术领域、选择制定技术路线图的参与者和领导小组等。

2) 开发阶段：第二阶段是技术路线图制定的核心部分，包括分析判断市场需求，确定产业发展目标，确定实现产业目标的主要技术领域、技术壁垒、技术难点，确定研发需求和模式等。

3) 实施阶段：第三阶段是技术路线图后续修订和制定实施阶段，也是技术路线图不断完善的过程，包括对技术路线图的评估与修正、研发项目凝集、制定研发投资决策与行动计划、对技术路线图的定期评估与更新。



## 1.4 河北省风电装备产业技术路线图制定工作概述

世界各主要风电产业发达国家、地区和企业都开展了技术路线图的制定工作。风电产业涉及面较宽，可以是一个国家或地区的风电产业技术路线图，也可以是一个企业具体产品的技术路线图（见图 1-1）。我们选择风电产业中风电装备部分作为此次工作的研究重点。