

复合材料杆塔 的研制应用与展望

北京玻钢院复合材料有限公司

张雄军

2012年5月31日

目 录

1. 前言
2. 应用形势分析
3. 研制应用现状
4. 需要解决的关键问题
5. 应用展望

- * 材料学科是基础研究学科，在国家的科技布局中占有举足轻重的地位，对各行各业有明显的支撑作用。
- * 新材料的应用主要依靠需求拉动和技术驱动

前言

- * 资源节约型、环境友好型社会建设的总体要求；
- * 人民生活与电力、通讯、交通、市政等方面的关系越来越密切，对系统安全稳定运行的要求越来越高；
- * 输电线路走廊资源日趋紧张，在资源节约的技术上，提高线路输送能力有迫切需求；
- * 沿海、高污秽地区等特殊地区对杆塔的使用维护、耐腐蚀性能的特殊要求；
- * 杆塔抵御冰灾、震灾、风灾等自然灾害和外力破坏的能力亟待提高。



前言

- * 中国的开放程度越来越高，使我们有可能更快捷的获得国际上最先进的技术与产品，引进、消化吸收再创新的空间广阔。
- * 国家各级政府高度重视技术创新工作，搭建了良好的自主创新与集成创新平台，在此基础上，复合材料等新材料的应用研究已经取得了显著地进展；
- * 复合材料的制备技术与工艺技术已经具备了推动复合材料作为结构材料与功能材料在更大范围应用的基础条件。

- * 复合材料是非均质的各向异性材料，具有比强度高、比模量高、耐化学腐蚀、电性能好、成型工艺优越、可设计性好等一系列优点。
- * 可以在极大范围内设计材料性能，是最终设计者的材料。
- * 复合材料的设计、研制、应用需要和本领域结合起来，进行专门的结构、材料及性能设计，不能进行简单的强度替代或刚度替代设计。
- * 本文主要介绍复合材料杆塔在输变电、市政、通讯及交通等领域的研制应用与展望。



应用形势分析

- * 具有良好的绝缘性能，可以减少甚至不用绝缘子，从而节省输电线路走廊用地，且使杆塔底座的电磁场环境较好；
- * 抗腐蚀、抗老化性能好，使用年限长；
- * 强度安全系数高，在强风、断线、覆冰等载荷突变工况下不容易断裂，提高运行安全系数；
- * 比混凝土杆、钢管杆、塔质量轻，可以大幅降低运输成本和施工人工成本；
- * 通过结构、连接等方面优化设计，可以使成本极具竞争力；
- * 构建可以加工成各种颜色，改善视觉效果；

应用形势分析

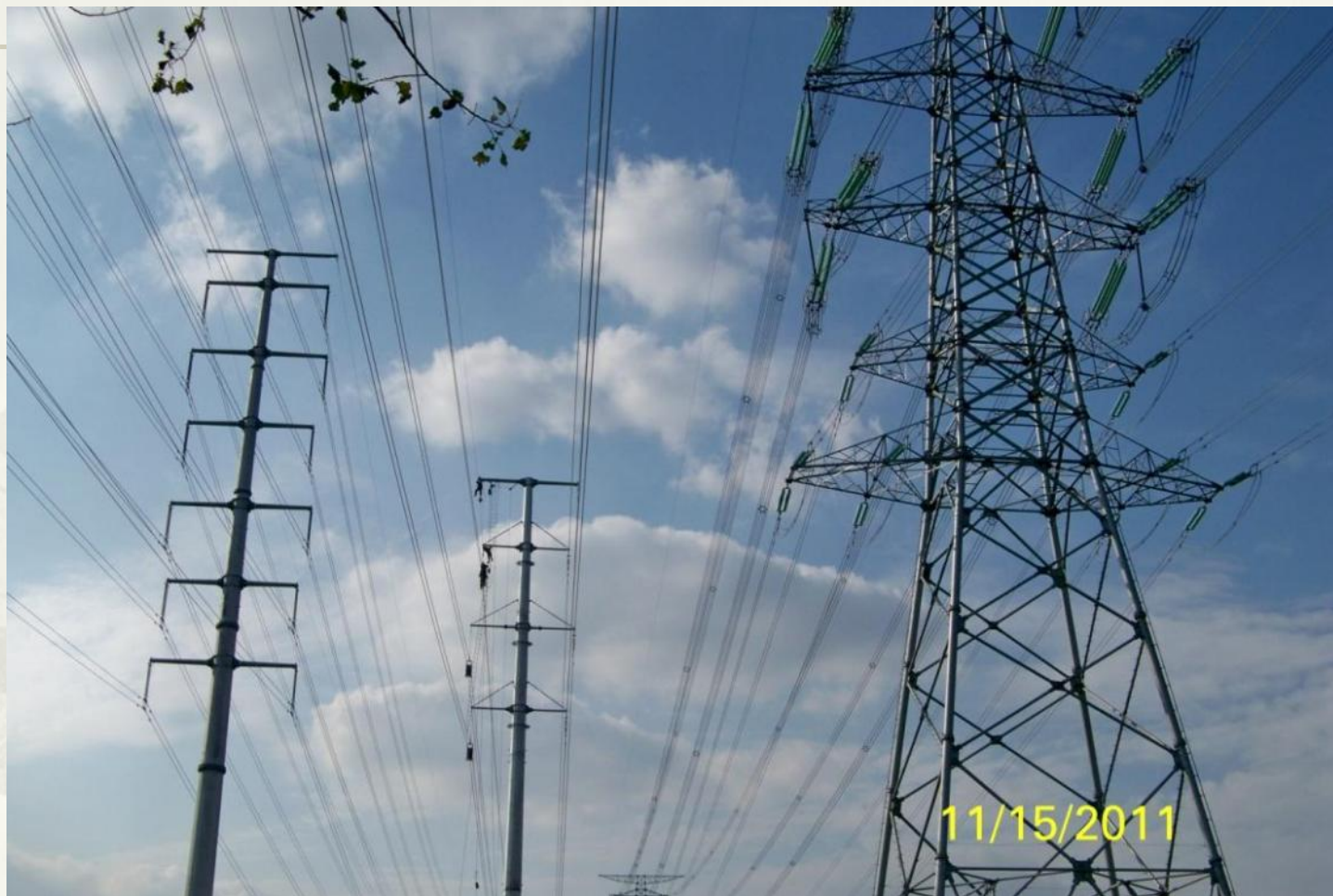
根据研究表明：和同尺寸规格的金属杆塔相比，复合材料杆塔对地场强和导线表面最大场强要小很多，这对减小输电线路的电能损失和无线电干扰具有积极意义。并且，优化后的复合材料杆塔比常规铁塔要低，横担要短。这可直接减小线路的走廊宽度，可以大幅降低整条线路的造价，具有良好的变革空间和应用前景。

表 1 钢管杆和 FRP 电杆的电场值

kV/m

电杆类型		对地高 1 m 处场强	导线表面 最大场强
上字型电杆	钢管杆	5.71	285
	FRP 杆	4.75	260
门型电杆	钢管杆	8.05	319
	FRP 杆	3.38	270

应用形势分析



220kv输电线路采用复合材料横担，未采用传统悬垂绝缘子，显著降低走廊宽度



应用形势分析

沿海地区一般都是生态环境优美、适合人类居住、有利于发展经济的“精华地区”。世界人口的60%居住在距海岸100km的沿海地区。目前我国沿海地区，已经和正在形成一个“三主四次”的七大城市圈，它们主次相递，关联共生，由北向南分别是：辽东南城市圈（次）、首都城市圈（主）、山东半岛城市圈（次）、长三角城市圈（主）、台海城市圈（次）、珠三角城市圈（主）、北部湾城市圈（次）。

全国已经开发利用的无居民海岛共计900多个，其中，农牧渔业用岛360多个、旅游娱乐用岛210多个、工业及交通运输用岛200多个、公共服务用岛130多个。



应用形势分析

沿海地区的大气腐蚀主要是Cl离子沉积和SO₂污染，其中NaCl是近海洋大气环境中金属表面主要的固体沉积物之一，具有很强的吸湿性，并能溶于金属表面的薄液膜形成强腐蚀性的电介质。对金属腐蚀起着加速作用。SO₂作为大气中主要气体污染物之一，溶于水后会导致金属表面薄液膜酸化，引起材料腐蚀。

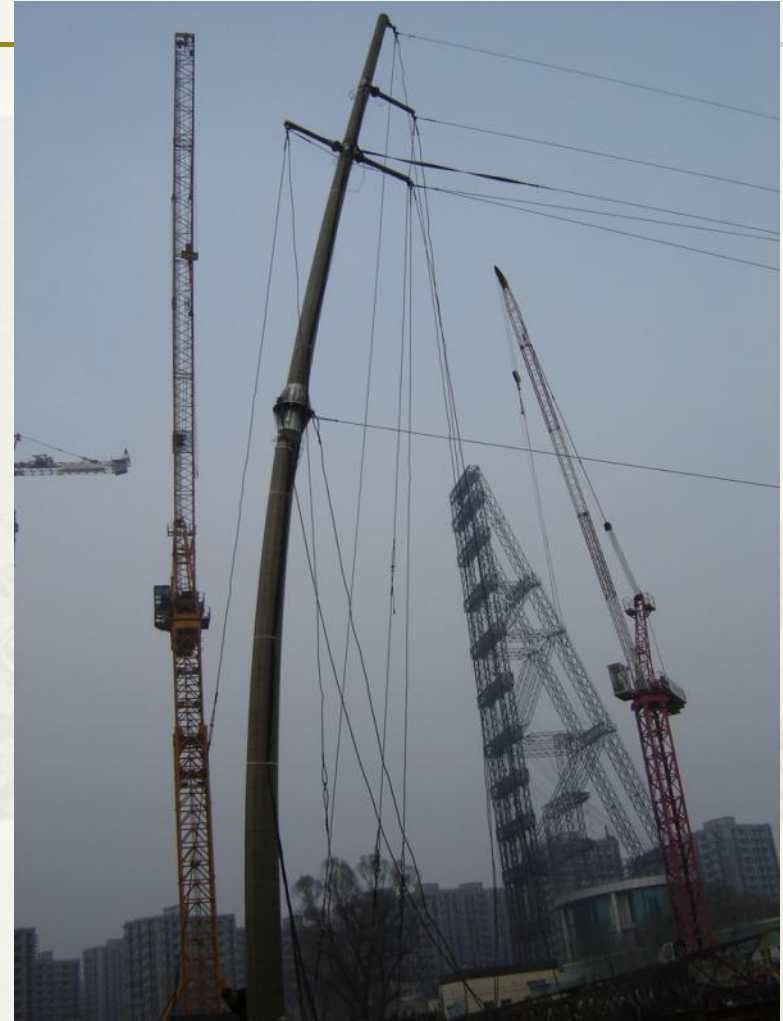
表2 水泥混凝土受酸雨腐蚀后抗弯拉强度的变化

试件处理方法	浸泡溶液 pH 值			经纯蒸馏水浸泡	未经浸泡	试件处理方法	浸泡溶液 pH 值			经纯蒸馏水浸泡	未经浸泡
	1.0	3.0	5.6				1.0	3.0	5.6		
抗弯拉强度(MPa)	5.16	5.35	5.91	6.15	6.30	试件抗弯拉强度的降低幅度(与未经浸泡的试件相比)(%)	81.90	84.92	93.81	97.62	—

应用形势分析



应用形势分析



应用形势分析



应用形势分析

梢径190mm、根径340、长度10.5 m的10kv直线杆对比：

材质	重量	价格	挡距
水泥杆	1144	1290~1596	60
钢杆	437	3500	70
复合材料杆	320	3250	70

梢径240mm、长度22.7 m的35kv直线杆对比：

材质	重量	价格	挡距
水泥杆	3191	4099	100
钢杆	2087	17739	200
复合材料杆	1043.2，其中复合材料760+90，金属件：193.2	16000	260



应用形势分析



国外研制状况

- * 美国Creative pultrusion、Ebert Composites、Strongwell、Shakespear、Newmark等公司都研制开发了复合材料杆塔
- * RS公司
- * 英国EPL公司
- * 南非**BEKA**公司的灯杆研制
- * 美国土木工程师学会已经制定了复合材料输电杆塔的应用标准

研制应用现状

Sinoma
中国中材

Powertrusion公司

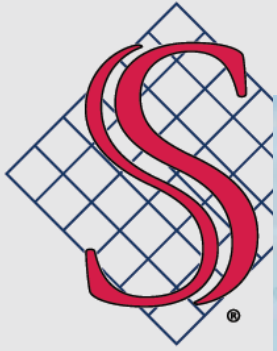


POWERTRUSION
INTERNATIONAL, Inc.



研制应用现状

Sinoma
中国中材





研制应用现状

Sinoma
中国中材

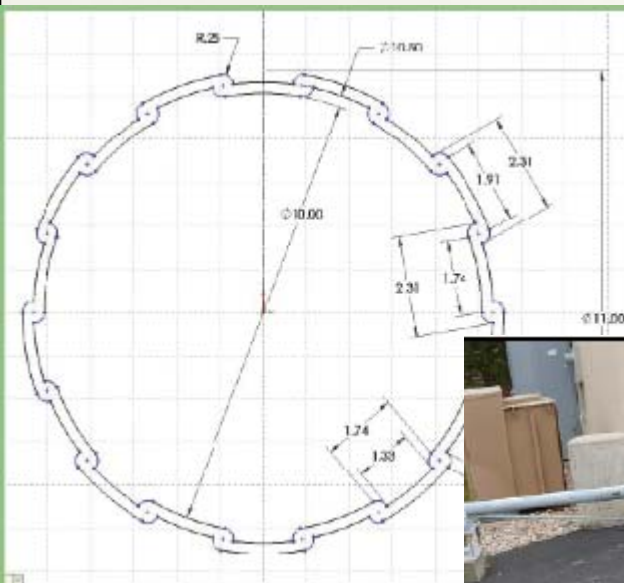


研制应用现状



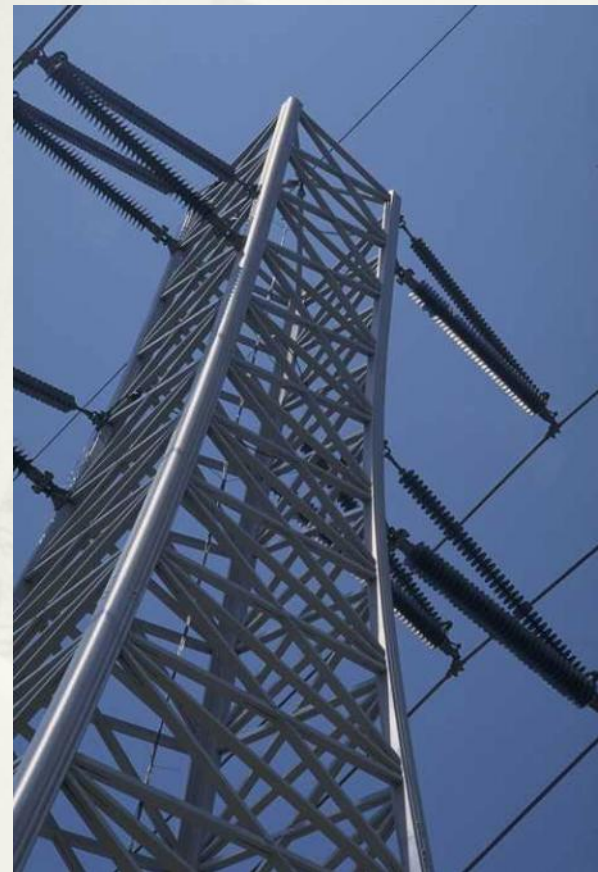
Product Information

Table of Contents



研制应用现状

美国220KV复合材料格构式输电塔



研制应用现状

Sinoma
中国中材

RS公司



AR COMPOSITE UTILITY POLE W
ACE AWA



研制应用现状

英国EPL公司



研制应用现状

Sinoma
中国中材

南非

BEKA
POLE



- 目前在灯杆方面国内没有国标或行业标准，只有各企业的企标，在特殊产品有技术条件，如：高杆照明设施技术条件（CJ/T 3076-1998）、机场升降式高杆灯（MH/T 6013-1999）等。
- 欧洲标准EN 40-7-2002、英国国家标准BS EN 40-7-2003、法国标准化学会标准NF P97-415-2004、德国DIN EN 40-7-2003等均规定了纤维增强聚酯复合灯柱的标准。
- 美国国家标准《ANSI C136.20-2008道路和区域照明设备.纤维增强合成物（FRP）的电杆》对复合材料杆进行了规定。

国内研制状况

- * 许多企业、研究单位已经开始研制复合材料杆塔并且得到试用；
- * 各电力设计单位也积极投入复合材料杆塔的设计、研究工作中；
- * 中国电科院、北京玻璃钢院复合材料有限公司等开始实施制定复合材料输电杆塔的相关规范标准。

国家电网公司部门文件

基建技术〔2009〕195号

关于印发《复合杆塔应用研究工作 第三次会议纪要》的通知

中国电力科学研究院, 国网电力科学研究院, 北京电力公司, 天津电力公司, 山东电力公司, 上海电力公司, 江苏电力公司, 浙江电力公司, 福建电力公司, 湖南电力公司:

2009年7月21日, 国家电网公司基建部在北京组织召开了复合杆塔应用研究工作第三次会议。会议听取了各试验示范工程的项目单位及设计单位关于复合杆塔设计研究进展的汇报, 对复合杆塔的结构安全系数取值等相关技术问题进行了研讨, 并对下一阶段的工作进行了部署。现将会议纪要印发给你们, 请根据相关要求, 认真落实执行。

复合杆塔应用研究工作第三次会议纪要

2009年7月21日, 国家电网公司基建部在北京组织召开了复合杆塔应用研究工作第三次会议。国家电网公司科技部, 中国电科院, 国网电科院, 北京、天津、山东、上海、江苏、浙江、福建、湖南电力公司及电力设计院等试验示范工程项目单位与设计单位, 航天703所、北京玻璃钢院、北京华实公司、常熟铁塔厂、南通神马公司、陕西秦川电力器材公司等复合材料研究生产单位, 以及会议特邀专家参加了会议。

会议听取了各网省电力公司及设计单位关于复合杆塔试点工作安排、设计进展以及存在的技术难题, 以及中国电科院关于复合杆塔结构安全系数取值等通用技术问题研究情况的汇报。与会专家进行了认真讨论, 并提出了有关意见与建议。纪要如下:

国家电网公司部门文件

基建技术〔2009〕296号

关于复合材料杆塔试点工程 试验项目统筹安排的通知

复合材料杆塔试点工程试验承担单位

电压等级 (kV)	10	35			110				220
业主单位	北京	山东	北京	天津	上海	浙江	福建	湖南	江苏
材料厂家	703所	北玻	秦川	北玻	北玻	鞍山	秦川	北玻	常, 神

研制应用现状

- 2009年成立研发中心，进行复合材料绝缘横担的研究，2009年12月在江苏连云港供电公司220kv 茅蓄线竣工投运。
- 2011年在江苏省电力公司科技项目招标活动中被确定为“110kv 不挂绝缘子复合材料绝缘横担的研究、试验、制作、安装”项目的中标人，中标价为128 万元，并与江苏省电力公司苏州供电公司正式签订了相关项目的技术开发合同。
- 拥有相关专利22 项，还有近30 项专利申请已获得国家知识产权局受理。
- 2012年引进拉挤生产线一条，进行复合材料杆塔拉挤工艺的研制。



拉挤组装塔



- 成立复合材料事业部、杆塔事业部、研发中心等专门研发生产机构；
- 和西北院合作研制两个耐张段的750kv复合横担及塔。



神马电力的复合杆

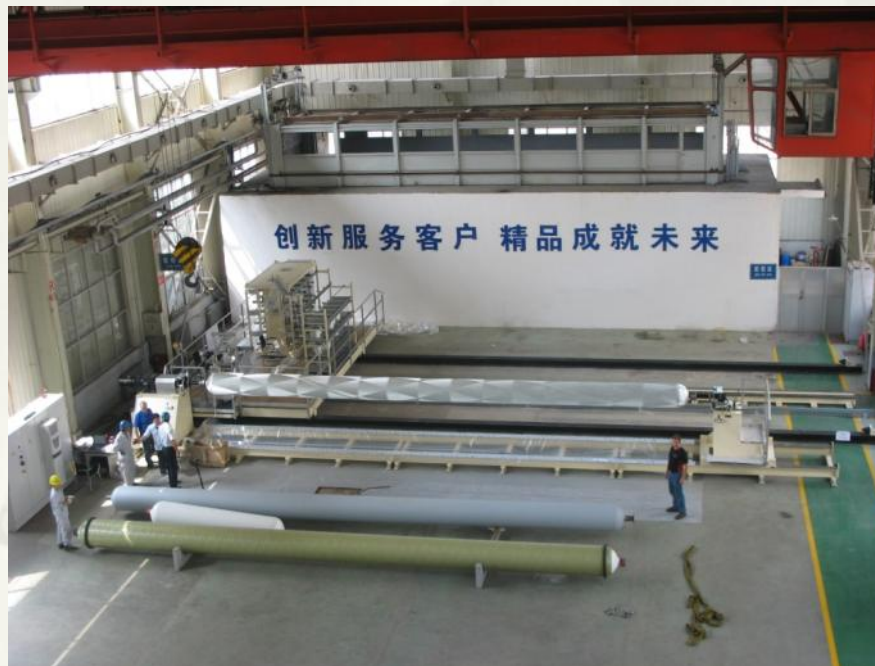
研制应用现状

- 在“十二五”末，将建成成熟的复合材料杆塔产业系统，建成全国复合材料杆塔产业中心和研发中心。
- 2011年9月5日和襄樊国网合成绝缘子股份有限公司聚氨酯复合杆塔合作项目生产中试在湖北襄阳正式启动；
- 2011年10月31日，110kV同塔双回聚氨酯复合材料塔头力学真型试验在中国电科院良乡杆塔试验站顺利完成。
- 2012年在阳逻基地投资1.15亿，2.7万平米车间，小角度缠绕机、30T液压拉绕线等已调试完成。



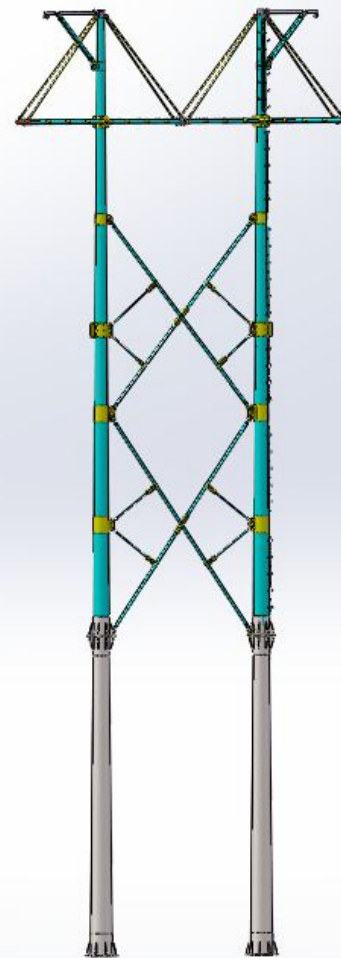
研制应用现状

Sinoma
中国中材



研制应用现状

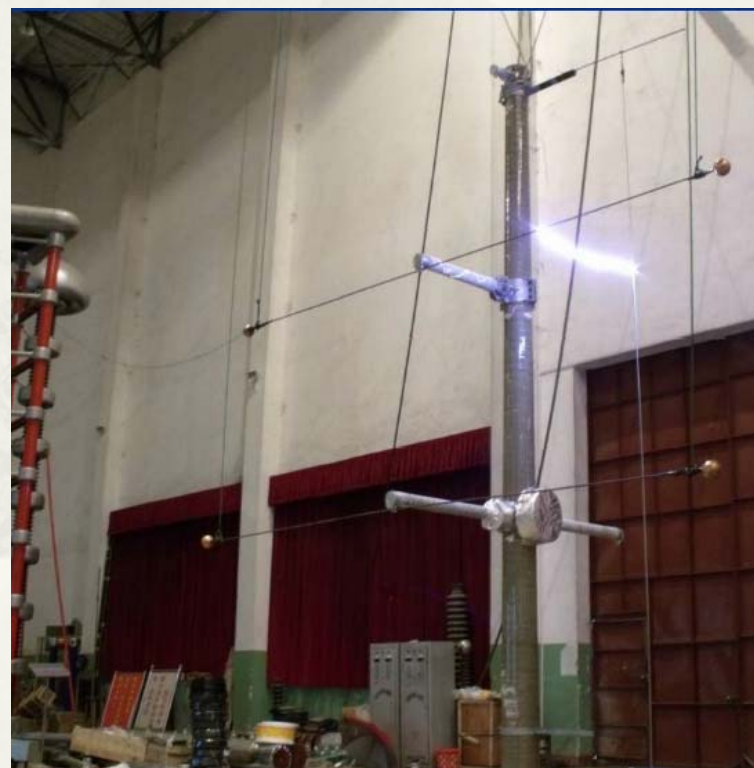
北京玻璃钢院复合材料有限公司



➤ 220kv全复合材料塔、门形杆；

研制应用现状

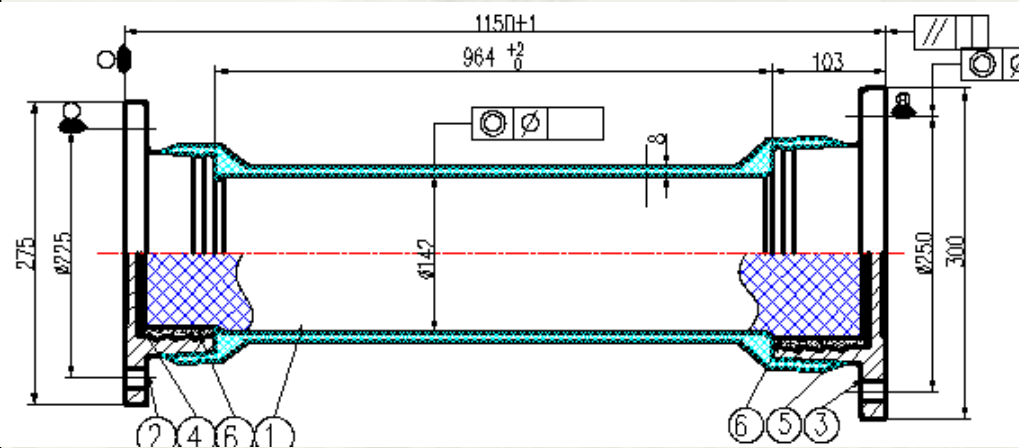
北京玻璃钢院复合材料有限公司



➤ 110kv格构式横担； 35kv复合材料杆；

研制应用现状

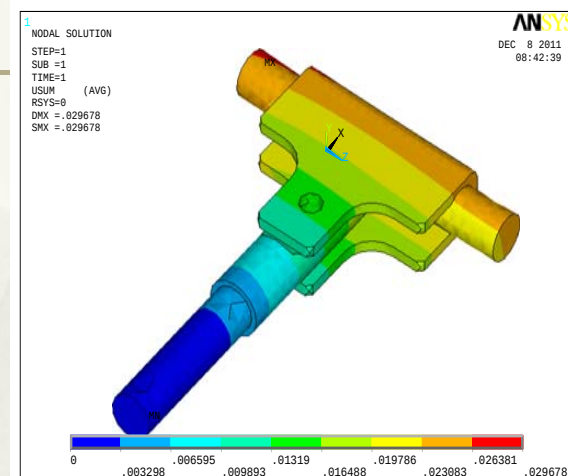
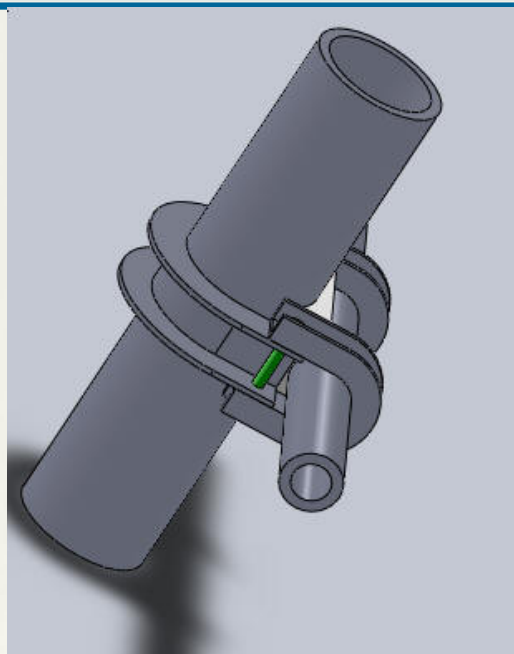
➤ 陶瓷芯750kv绝缘子。



研制应用现状

节点连接技术研究

螺接与胶接相结合；
管件螺纹连接技术；
抱箍连接技术；
同轴压接技术。



研制应用现状



➤ 35kv杆、110kv横担、220kv横担等产品；



需要解决的关键问题

- * 刚度——复合材料弹性模量比钢材低得多，载荷作用下变形较大，影响输电线路的电气安全距离，需要通过结构优化设计来解决。
- * 节点连接——是复合材料应用于塔架结构的关键问题，研究开发有效的节点连接技术是热点也是难点；
- * 老化——树脂基体受紫外线影响容易老化，这是制约复合材料应用的又一重要因素，树脂配方的防老化研究及复合材料老化防护技术的研究是重要关键指标。

需要解决的关键问题

- * 成本——通过提高生产效率、降低材料成本是通行的方法，当前复合材料构件主要靠拉挤技术和缠绕技术实现，在设计时将结构、材料、生产及后处理等综合考虑，可以满足当前对成本的期望；
- * 环境保护——复合材料杆塔尽管是一种性能优越的产品，但是复合材料的报废处理还面临一定程度的技术问题。



高压、超高压输配电杆塔及横担等产品：

- 市场前景巨大，但试验周期较长，进入的门槛较高，在市场推广中也需要相关政策的支持。
- 复合材料能否进入国网ERP系统需要大量的试验线路验证，主要由电力设计院承担塔杆的设计工作。
- 全国从事复合材料、电力设计、施工、应用等相关部门、单位通力合作，充分发挥复合材料的优势，扬长避短，进行试验线路的推广。

低压输电杆及市政、交通等应用的杆类产品：

- 虽然在这些方面没有高压输电线路那样有严格的政策限制，但目前采用的混凝土杆、钢杆等产品已经非常成熟，必须充分体现复合材料的优势，在工艺、结构、原材料等方面进行深入研究，达到高刚度、低成本才有可能大面积推广。
- 重点关注以下几类产品的开发应用：
 - ◆ 输配电线路杆
 - ◆ 中小风电杆
 - ◆ 路灯灯杆
 - ◆ 铁路接触网支柱
 - ◆ 通讯塔杆
 - ◆ 公路标志支柱

输配电线路杆

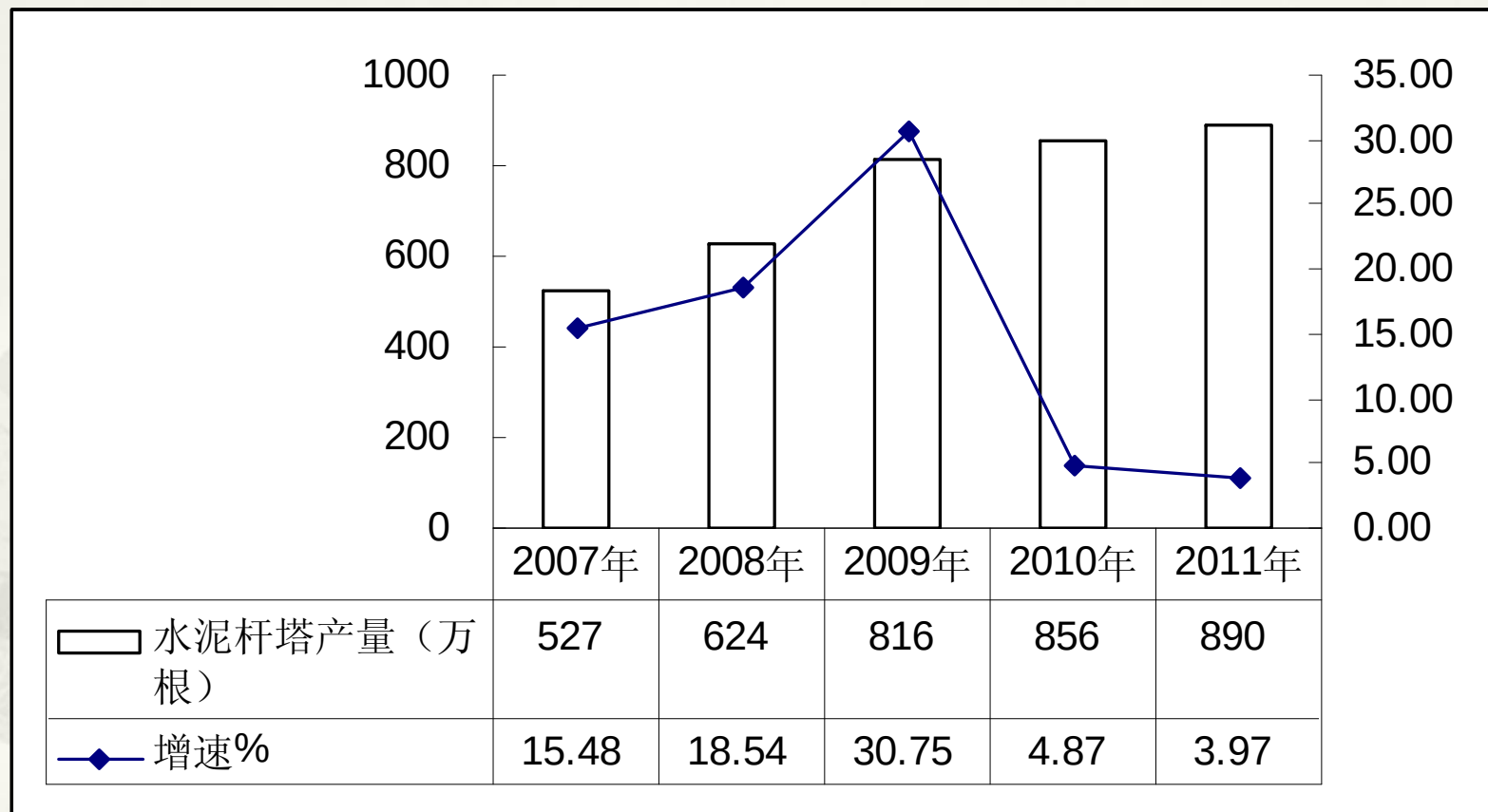
- 沿海及工业发达地区输配电线路杆塔是复合材料杆塔应用的重点领域之一；
- 输、配电线路是输电网的远端，载荷小，用量大，相应市场容量也大。
- 复合材料结构设计及低成本成型工艺技术是技术关键。

主要竞争对象：

配电杆VS水泥杆

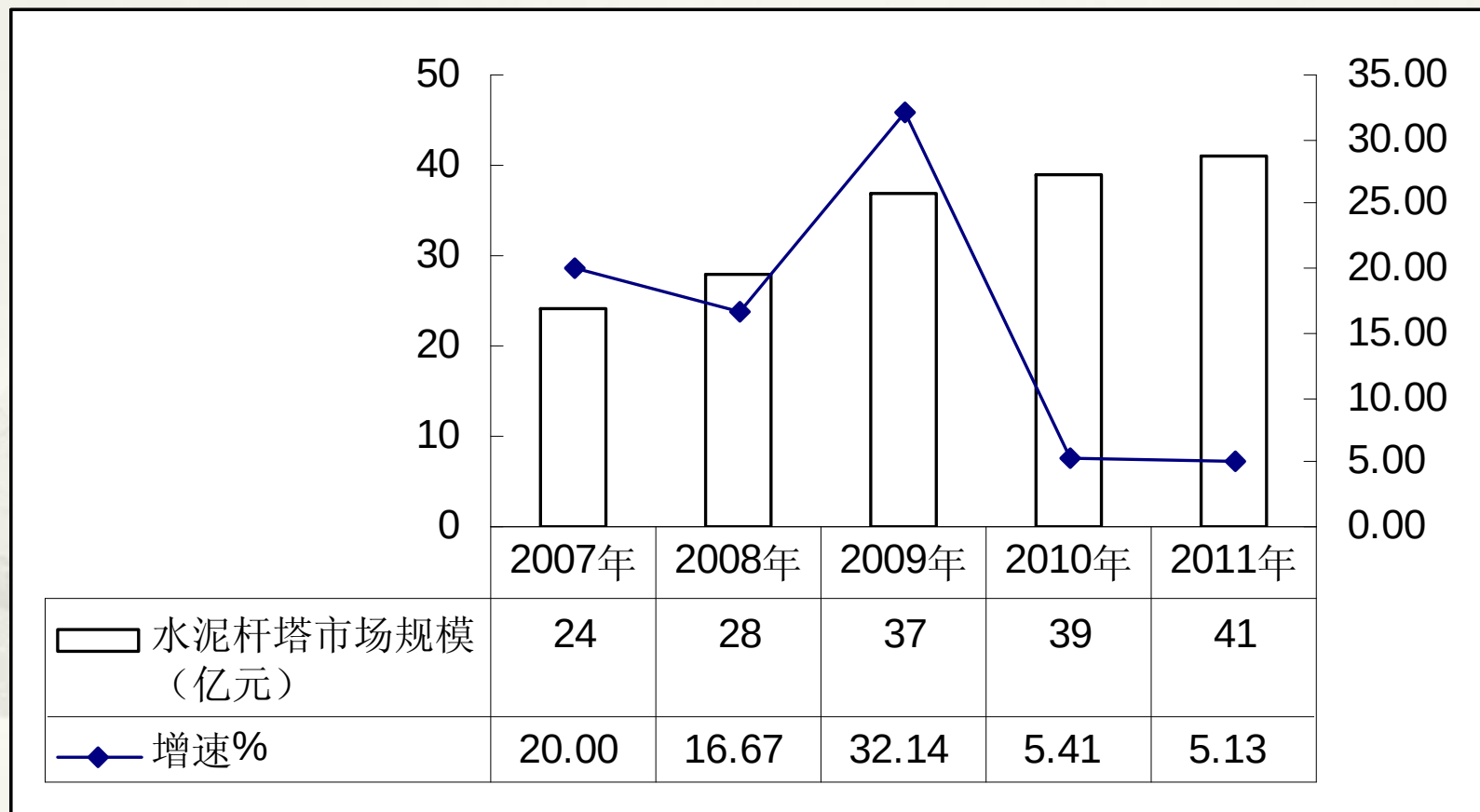
输电杆塔VS钢管杆及铁塔

应用展望



2007-2011年中国水泥杆塔产量及增长状况

应用展望



2007-2011年中国水泥杆市场规模及增长状况

- 钢结构目前主要有两种防锈方式：热浸镀锌和喷涂。其防锈层的抗腐蚀能力差，在重工业区或沿海地区，涂层一般在10年就完全被破坏，在空气质量较好的农村山区，也只有15年左右，因此，线路部门每年需投入大量的人力物力来进行铁塔防锈防腐工作。
- 在沿海地区，仅山东地区每年的线路防腐费用超千万元，分布也是以沿海地区为高。如烟台35kv以上输电线路杆塔约8000基，运行15年以上的杆塔约占5000基，需进行防腐处理的杆塔约2100基，主要体现在水泥杆焊口、叉梁水泥块脱落严重及铁塔塔材及水泥杆铁件严重锈蚀，特别是龙口电厂出线等靠近海边的输电线路，腐蚀情况较为突出，影响线路安全运行。

应用形势分析

	2008年					2009年					2010年					
	杆塔防 腐 (吨)	费用 (元)	拉线 防盗 (米)	费用 (元)	小计	杆塔防 腐 (吨)	费用 (元)	拉线 防盗 (米)	费用 (元)	小计	杆塔 防腐 (吨)	费用 (元)	杆箍 防腐 (个)	费用 (元)	小计	合计
泰安	514.7204	411776.32	2219.6	244156	655932.32	401.848	321478.4	3378.8	371668	40633785	726931.4					1382863.72
淄博	884	848640	2500	300000	1148640	1025	984000	2500	300000	6250	500000	1784000	940	1814200	2754256868400	0
莱芜	609		800	88000	88000	336	275520	1580	173800		449320	2910	4643900	3636	19998080	484385381200
青岛	930.8	856336			856336	1317	1211640				1211640	625	575000			5750026429706
烟台	800	168000			168000	900	1782000				1782000	730	1496500			1496549585000
济宁	880	844800	9000	1152000	1996800	380	364800	2000	256000	1600	104000	724800	417	733920	765650255	798943520545
济南	465	398970			398970	249	249000				2236	134160	383160	437	843410	3600512034198559060



中小风电用支撑杆

- 其载荷、重量、成本等等适宜于采用复合材料杆。
- 2010年31个主要制造企业总销售量134696台。销售设备装机容量120178.3kW，利税14265.73万元。
- 城乡道路照明的300~400 W风力发电机组数量大幅度增加，发展势头迅猛，其他领域开始应用风力发电系统供电，其中包括移动通讯、边防哨所、石油开采、海水淡化等。
- 中小风电在沿海、海岛、渔船等应用时，目前主要应用的钢杆也面临着严重的生锈腐蚀问题。

应用展望

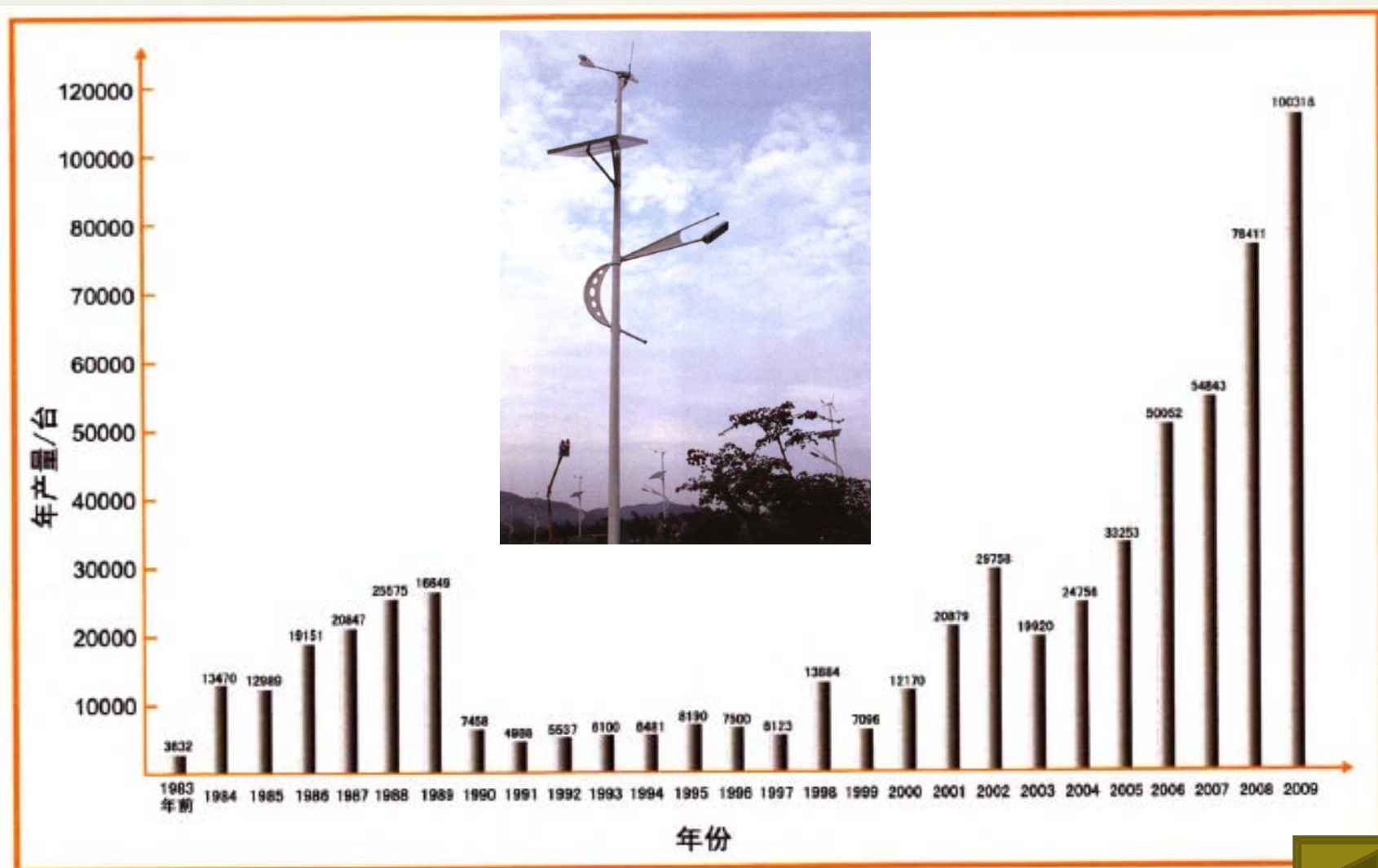


图1 我国中小型风电机组历年产量

路灯杆（LED、太阳能、风光互补）

- 近几年来，各城市路灯数量大幅增长，一个中等城市的路灯就超万盏，一般采用金属灯杆，应用于主干路、支干路；
- 其安全运行与人身防护已成为不可忽视的问题。复合材料灯杆有良好的吸收撞击能量功能，避免汽车撞击时出现的二次伤害现象。
- 和LED灯一起设计，形成城市亮丽景观。

2012年政府将斥资400亿元用于LED路灯采购，对LED路灯使用者提供30%的财政补贴。预计2012年中国LED路灯总产量将达122万盏，同比增长79%。



铁路接触网支柱

- 根据铁路“十二五”规划，基建投资在2.8万亿元，新线投产总规模控制3万公里，支柱的市场容量为达120亿元。
- 面前主要采用钢杆和水泥杆。
- 优势：为传统材料，设计有现成标准。
- 劣势：钢材耗费量较大（1吨），耐腐蚀性能较差，需用绝缘子及支杆，总体费用较高。
- 复合材料杆优势：耐腐蚀性能良好，绝缘性能良好，不需另加绝缘子，重量较轻（约600kg），具有良好的市场竞争力。
- 劣势：处于研发阶段，没有应用先列。

应用展望



通讯用杆塔

- 在3G建网和运营商投资驱动下，行业保持较快增长。
2012年十二五通信行业迎来高速发展的时期，市场规模稳定增长。
- 技术的进步促成天线直径大幅减小，铁塔轻质化成为必然趋势，角钢塔用钢量大、占地大、塔身重等缺点逐渐暴露，将逐渐被替换。
- 复合材料杆塔在通讯杆塔中将逐步占一席之地。



GB5768-2009道路交通标志和标线中规定标志立柱可以采用合成材料制作。

3.15 构造

3.15.1 标志底板及支撑结构宜选用轻型材料和结构,并因地制宜采用经济、适用的材料和结构。

3.15.2 标志底板可用铝合金板、薄钢板、合成树脂类板材、木板及其他板材制作。板材的相关指标应符合 GB/T 23827 和国家相关标准的规定。标志板背面宜选用美观大方的颜色,铝合金板可采用原色。

3.15.3 矩形标志板的四个端角宜为圆弧形端角,除指路标志外的标志板圆弧半径为 4 cm,指路标志板的圆弧半径如图 5 所示。

3.15.4 标志结构设计基本风速应采用当地空旷平坦地面上离地 10 m 高,重现期为 50 年 10 min 平均最大风速值,并不得小于 22 m/s。

3.15.5 标志立柱可选用 H 型钢、槽钢、钢管、木材、合成材料及钢筋混凝土管等制作。标志立柱也可选用钢桁架。各种标志立柱的断面尺寸、连接方式、基础大小等,应根据设置地点的风力、板面大小及支撑方式计算确定。标志立柱应考虑与基础的连接方式。

3.15.6 标志板和立柱的连接应根据板面大小、连接方式选用多种方法。在设计连接部件时,应保证安装方便、连接牢固、板面平整。

3.15.7 各种标志立柱的埋设深度,根据板面承受外力的大小及地基的承载力计算确定。

3.16 标志的制作

3.16.1 交通标志的图形应遵照本部分的规定按比例放大制作,不应任意修改。

总 结

- * 高度重视复合材料应用对电力、通讯、交通等领域快速发展的支撑拉动作用，解决复合材料杆塔应用中的关键问题，是当前推动这些领域技术升级的重要途径之一和重要基础条件。
- * 复合材料杆塔的应用研究已经形成了总体技术研究框架并取得了一定的进展，相信通过我们的技术创新工作及各个领域技术的融合合作，会使复合材料杆塔的应用取得更大的进展。

谢 谢 ！