

2018.04

# 专业调查报告

发电厂及电力系统

机电工程系

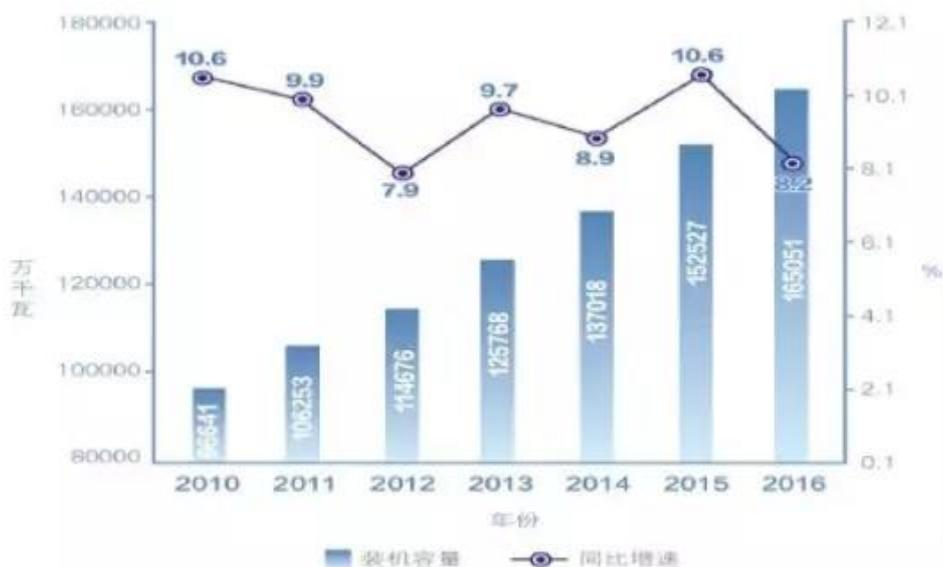
# 发电行业调查报告及专业分析

一：电力供应能力再上新台阶，结构调整取得新进展

## （一）发电装机容量突破16亿千瓦，增速趋缓，非化石能源装机比重持续提高



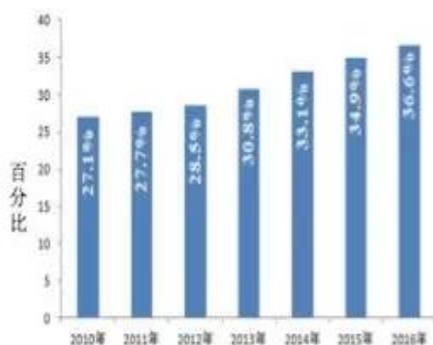
➤ 截至2016年底，全国全口径发电装机容量165051万千瓦，比上年增长8.2%。



➤ 发电装机容量增速比上年降低2.4个百分点，增速趋缓。

中国能源报

2010-2016年非化石能源装机比重



2016年火电分类发电装机情况



- 非化石能源装机比重持续提高。
- 全国发电装机中，煤电占比57.3%，占火电装机比重92.5%。

中国能源报

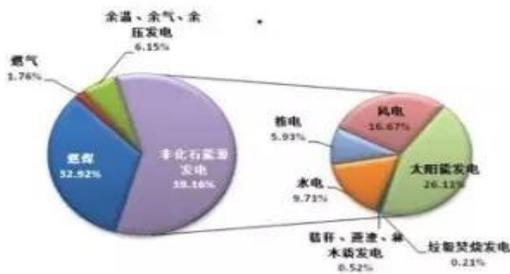
## (二) 新增发电装机中水、火电规模下降明显，非化石能源占比超过一半。



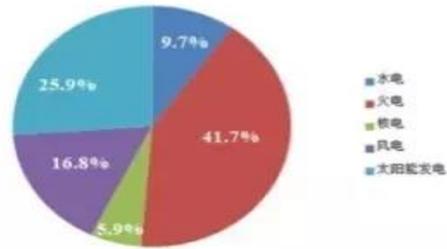
- 截至2016年底，全国新增发电生产能力12143万千瓦，比上年少投产1041万千瓦；
- 水电已经连续三年投产规模缩小，仅为2013年投产规模的38.1%。

中国能源报

2016年新增装机非化石能源占比情况



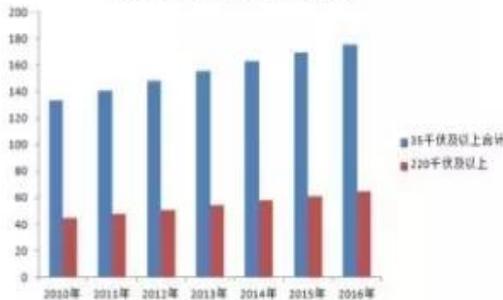
2016年分类型新增装机容量占比情况



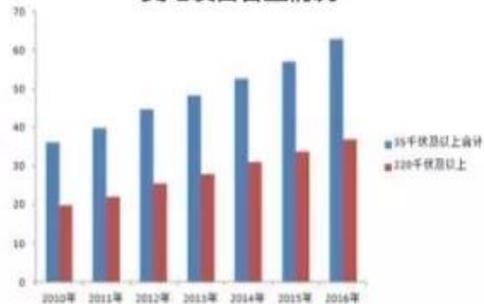
➤ 在新增发电装机容量中，非化石能源发电装机占比为**59.1%**，比上年提高**9.42**个百分点。

### (三) 电网规模稳步增长，跨省区输送和中低压配电能力大幅提升

2010-2016年35千伏及以上输电线路回路长度情况



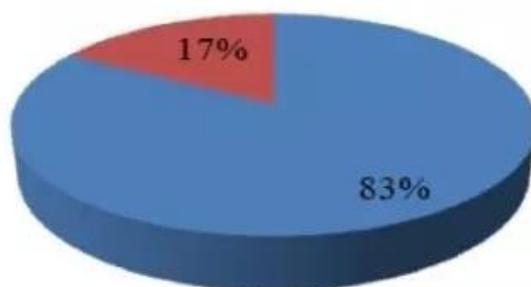
2010-2016年35千伏及以上变电设备容量情况



- 全国电网输送能力进一步增强；
- 全国电网**35千伏及以上输电线路回路长度175.6**万千米，比上年增长**3.5%**。其中：**220千伏及以上线路长度64.5**万千米、增长**5.9%**；
- 全国电网**35千伏及以上变电设备容量63.0**亿千伏安，比上年增长**10.5%**。其中：**220千伏及以上变电设备容量36.9**亿千伏安、增长**9.7%**；
- 特高压线路回路长度和变电设备容量分别比上年增长**42.7%**和**66.5%**，电压等级的配电设备容量增长**11.8%**，均远高于高压和超高压电网增速。

## 全国跨区输电能力情况

■ 交直流联网跨区输电能力 ■ 跨区点对网送电能力



▶截至2016年底，全国跨区输电能力8095万千瓦；

▶全年跨区输电线路新增西北电网向华东电网送电的宁东—浙江±800kV特高压直流工程，全国新增跨区输电能力800万千瓦。

中国能源报

## 2016年底跨区输送线路情况

送端地区	线路工程名称	电压等级 (千伏)	输送能力 (万千瓦)	投产时间	受端地区
全国总计			8095		
华北	小计		830		
	山西南城送华东电网	500	330	2007年	华东
	晋东南-南阳-荆门特高压交流	1000	500	2009年, 2011年扩建	华中
东北	小计		500		
	高岭直流背靠背		300	2009年, 2012年扩建	华北
	辽宁绥中电厂送华北电网	500	200	2015年	
西北	小计		2831		
	陕西府谷、锦界送华北电网	500	360	2007年	华北
	宁东直流	±660	400	2012年	
	宁东-浙江直流	±800	800	2016	华东
	灵宝直流背靠背		111	2005年, 2009年扩建	华中
	德宝直流	±500	300	2009年	
华中	小计		3670		
	葛南直流	±500	120	1989年	
	龙政直流	±500	300	2003年	
	宜华直流	±500	300	2006年	
	向上直流	±800	640	2010年	华东
	林枫直流	±500	300	2011年	
	锦苏直流	±800	720	2012年	
南方	小计		264		
	宾金直流	±800	800	2014年	
	湖南鲤鱼江水电站送南方电网	500	190	2003年	南方
	江城直流	±500	300	2004年	
南方	小计		264		
	贵州二部电厂送重庆	500	264	2015年	南方

中国能源报

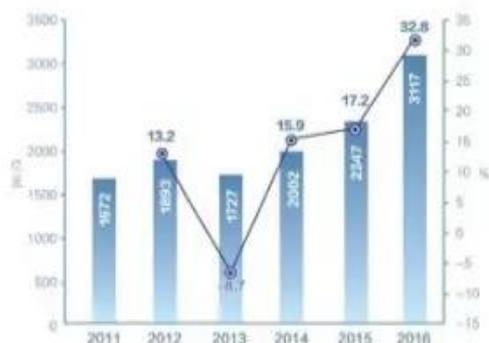
#### (四) 电源投资负增长，重点建设领域投资增长强劲



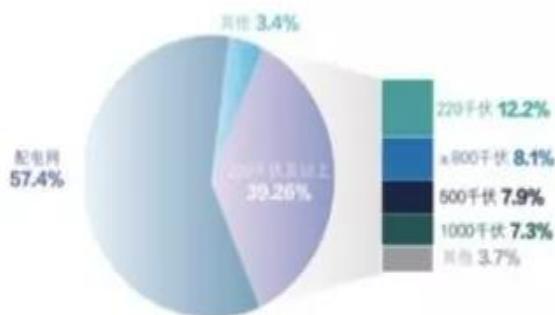
- 除太阳能发电外，电源各类装机投资增速负增长；
- 特高压、配电网及其新一轮农网升级改造工程全面启动，带动电网投资大幅增长；
- 电力建设工程造价同比变化，也是影响投资额变化的要素。

中国能源报

2011-2016年配电网投资及其增长情况



2016年全国分电压等级电网投资占比情况

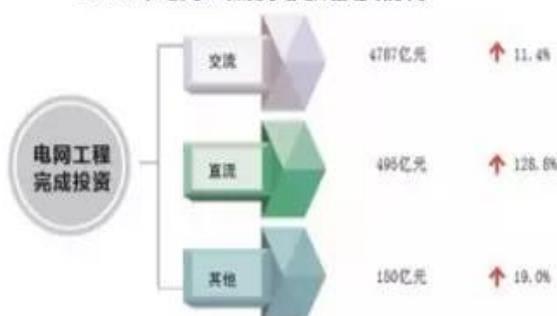


- 配电网投资尤其是中低压配电网投资成为电网投资重点，2016年配电网投资拉动电网投资增长16.6个百分点，中低压配电网投资比重为42.7%；
- 220千伏及以上等级电网工程完成投资2132亿元，同比增长2.88%；
- ±800千伏、±1100千伏和1000千伏等级完成投资同比增长。

中国能源报

## (五) 新增交流110千伏及以上输电线路长度增速下降，特高压及配电网投产规模不断扩大

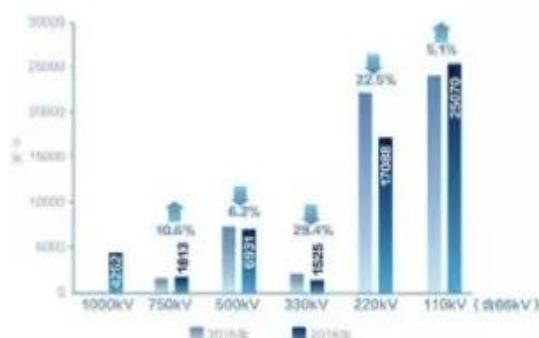
2016年电网工程分类完成投资情况



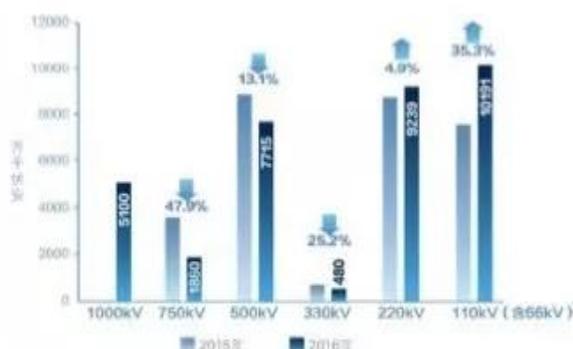
2016年主要新增直流工程情况

直流工程名称	起点	终点	换流容量 (万千瓦)	线路长度 (千米)
宁东至浙江绍兴±800千伏直流工程	宁夏	浙江	1600	1720
±500千伏云南金沙江中游电站送电广西直流输电工程	云南	广西	640	1105
永仁至富宁±500千伏直流输电变电工程	云南	云南	600	566
云南电网与南网主网鲁西背靠背直流异步联网工程	云南	云南	400	

2015年、2016年全国新增110千伏及以上输电线路情况



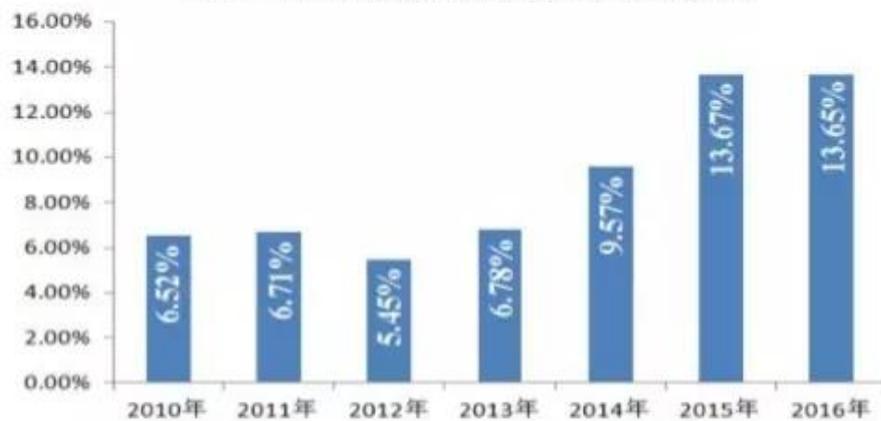
2015年、2016年全国新增110千伏及以上变电设备容量情况



- 特高压及110千伏新增规模增加较多；
- 110千伏和220千伏电网工程新增建设规模占比较大，其合计新增线路长度和新增变电容量分别占全国新增110千伏及以上线路长度和变电容量的74.4%和56.2%。

## (六) 系统调峰能力建设加快

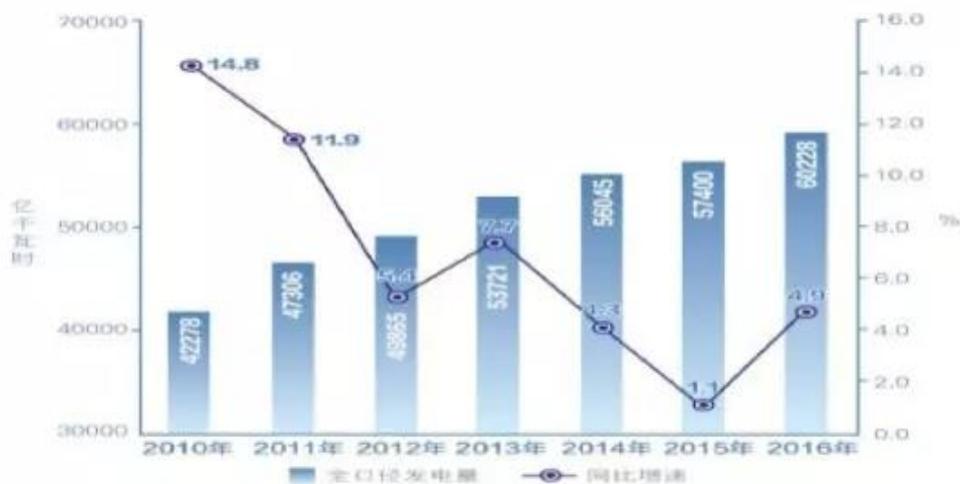
2010-2016年抽水蓄电投资额占水电投资比重



- 连续两年抽水蓄能电站投资额占水电投资比重达到**13.6%**左右；
- **2016年**是抽水蓄能发电投产规模最大的一年，全年新增抽水蓄能装机**366万千瓦**。全年新投产抽水蓄能电站有：浙江仙居4台合计**150万千瓦**、江西洪屏4台合计**120万千瓦**、广东清远3台合计**96万千瓦**机组；
- 全年新开工抽水蓄能电站容量达到**715万千瓦**，主要布局在核电、火电、新能源发电比重较高地区。

二：电力生产供应平稳，发电设备利用小时持续下降

## (一) 全国发电量增速显著回升，非化石能源发电量占比已近30%



- 全国全口径发电量**60228亿千瓦时**，比上年增长**4.9%**，增速比上年提高**2.6**个百分点。



- 分类型看，各类型发电量均实现正增长；
- 火电增速低于全口径发电量增速。

中国能源报



- 水电、核电、风电、太阳能发电等非化石能源发电量占全口径发电量的比重为**29.3%**，比重较上年提高**2.1**个百分点；
- 煤电发电量增速低于火电增速；发电量占全国比重**65%**，占火电比重**65%**。

中国能源报

## (二) 全国发电设备利用小时持续下降，火电设备利用小时为50余年来新低



- 全国6000千瓦及以上电厂发电设备利用小时自2011年以来持续下降；
- 煤电利用小时较火电高89小时，但同比下降幅度大于火电；
- 水电、风电利用小时同比增加。

中国能源报

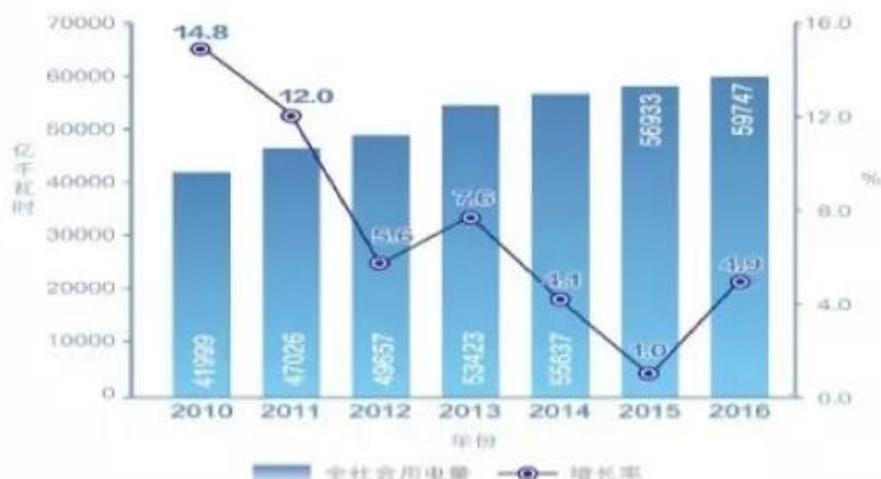
## (三) 电力生产运行安全可靠



中国能源报

### 三：电力消费需求逐步回升，电力供需形势进一步宽松

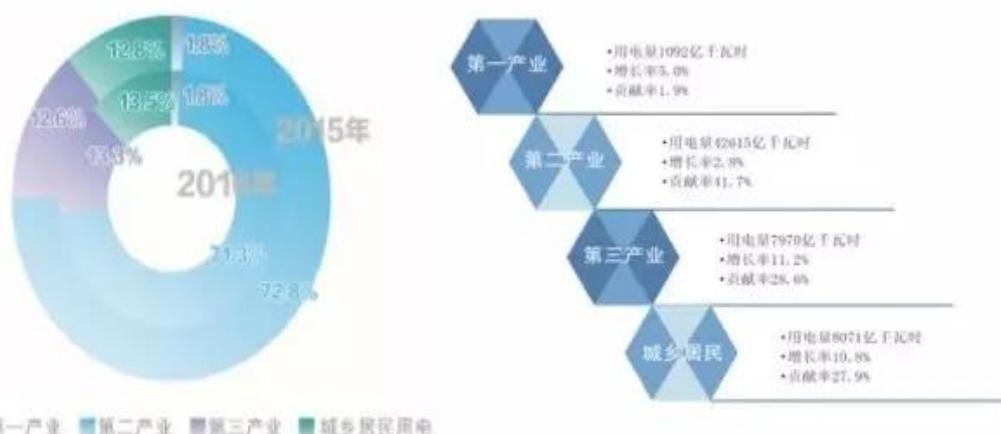
#### (一) 全国电力消费需求增速回升



- ▶ 全国全社会用电量59747亿千瓦时，比上年增长4.9%，增速比上年提高4.0个百分点，但增速仍连续3年低于5%。

中国能源报

中国电力企业联合会  
CHINA ELECTRICITY COUNCIL



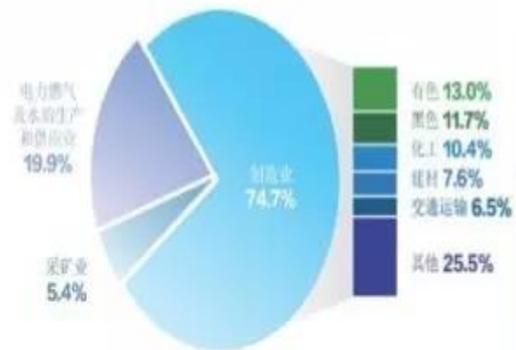
- ▶ 下半年第二产业用电恢复，拉动全年全社会用电量2.1个百分点，是全社会用电量增速提高的最主要动力；
- ▶ 城乡居民生活用电量拉动全社会用电量1.4个百分点，服务业和居民消费对用电增长的稳定作用更加突出。

中国能源报

2016年重点行业用电量增速情况



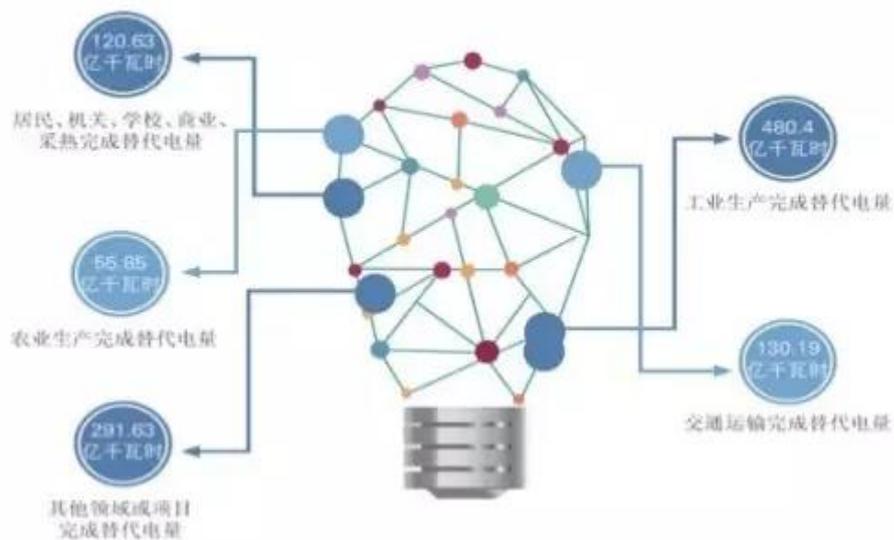
2016年重点行业用电量构成情况



- 化工、建材、钢铁、有色四大高耗能行业合计用电量与上年基本持平，
- 采矿、钢铁行业用电负增长。

中国能源报

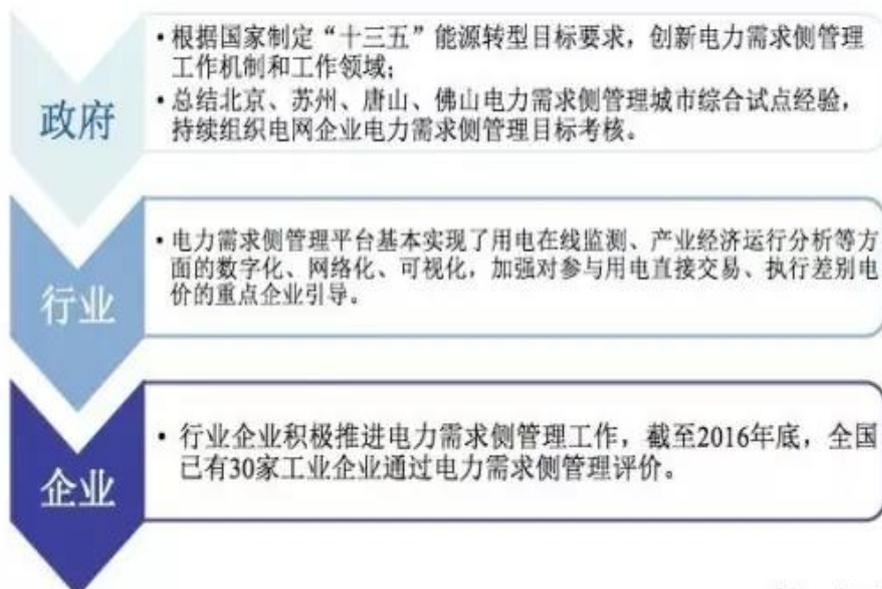
## (二) 电能替代成效显现



- 国家电网、南方电网、内蒙古电力和陕西地电共推广电能替代项目4.1万个，完成替代电量1079亿千瓦时。

中国能源报

### (三) 积极推进电力需求侧管理



中国能源报

### (四) 电力供需形势进一步宽松



#### 华北

蒙西和山西电力供应能力富余，迎峰度夏期间高峰时段山东、河北均出现电力缺口，最大电力缺口分别为203万千瓦、50万千瓦。



#### 华东

福建供应能力富余

#### 华中

四川汛期电力富余，弃水电量同比增加

#### 南方

云南电力富余，弃水电量同比增加



#### 东北

吉林、黑龙江弃风问题仍较突出，但弃风率比上年略有下降

#### 西北

甘肃、新疆弃风问题进一步加剧

➤ 受装机增长持续快于用电增长影响，全国电力供需形势进一步宽松，部分地区相对过剩，仅局部地区在部分时段有少量错峰。

中国能源报



#### 四：电力科技创新水平不断提升，污染物排放持续较大幅度下降

##### 电网科技创新方面：

新开工±1100千伏准东至皖南特高压直流输电工程，是目前世界上电压等级最高、输送容量最大、输送距离最远、技术水平最先进的特高压输电工程；

鲁西背靠背直流工程是目前世界上首次采用我国自主研发的柔性直流与常规直流组合技术模式的背靠背工程，具有电能质量更高、控制更为灵活、配套换流站占地小等优势；

世界首个特高压 GIL 综合管廊工程——苏通 GIL 综合管廊工程已开工建设；

自主研发的世界首个 200 千伏高压直流断路器投入工程应用。

##### 电源科技创新方面：

核电、超超临界火电等重大电力装备自主研制和示范应用取得积极进展，100万千瓦二次再热燃煤发电机组示范工程全面投产，机组发电效率超过45%，达到国际先进水平；

世界首台60万千瓦超临界循环流化床锅炉机组投入商业运行。

CAP1400通过国际原子能机构通用反应堆安全审评，“华龙一号”首堆示范工程建设有序，核岛安装工程已正式开始，模块化小型核反应堆技术成为世界小堆发展的一个重要里程碑；

我国首座拥有完全自主知识产权的浙江仙居抽水蓄能电站，其机组的核心部件及自动控制系统，均由我国完全自主设计开发、制造。低风速风电技术和风机超长柔性叶片应用，实现了发电能力与载荷的最佳匹配，大幅提高了风电机组的技术经济性。

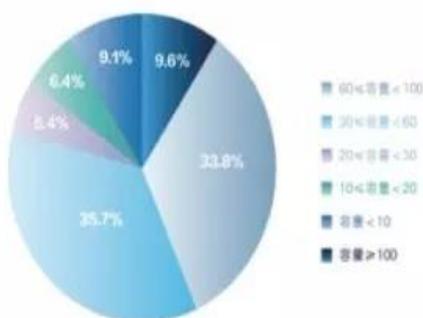
#### （四）能效水平持续提高



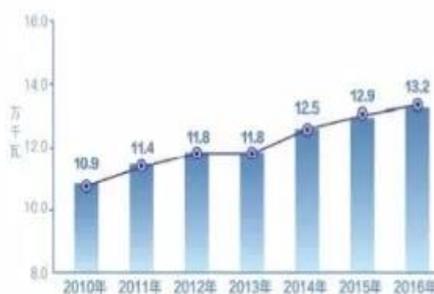
► 大容量、高参数、节能环保型煤电机组比重稳步提升，电力能效水平持续提高。

## (五) 发电机组向大容量、高参数方向发展

火电机组容量等级构成



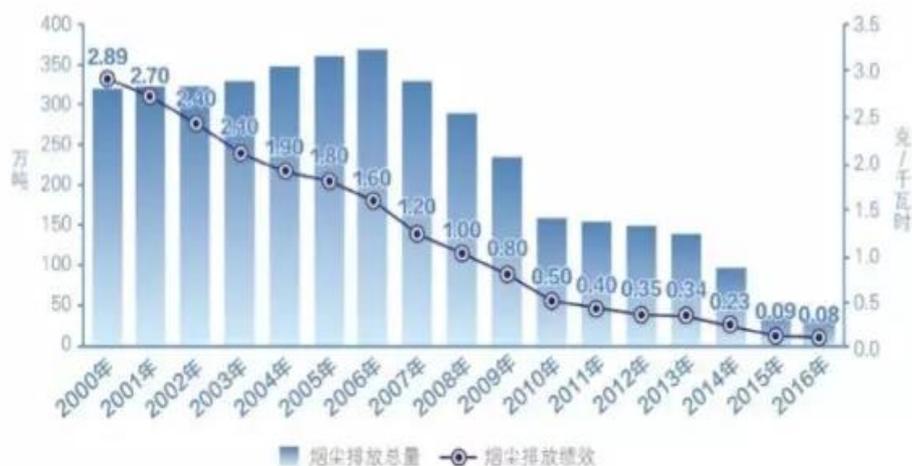
2010-2016年火电单机平均容量变化图



- 火电机组平均单机容量**13.19**万千瓦，比上年增加**0.30**万千瓦；
- 全国**100**万千瓦级火电机组达到**96**台，**60**万千瓦及以上火电机组容量所占比重达到**43.4%**，比上年提高**0.5**个百分点。

中国能源报

## (六) 污染物排放持续下降



- 全国电力烟尘排放量约为**35**万吨，排放下降**12.5%**。

中国能源报

## 五：电力市场化建设有序推进，电价调控发挥积极作用

### (一) 积极推动电力市场体系和试点建设

#### □ 各类试点工作积极推进

类别	数量	省份
电力改革综合试点	21个	云南、贵州、山西、广西、北京、海南、甘肃、河南、新疆、山东、湖北、四川、辽宁、陕西、安徽、宁夏、上海、内蒙古、湖南、天津、青海
输配电价改革试点	32个省级电网和1个区域电网	蒙西、安徽、湖北、宁夏、云南、贵州、北京、天津、冀南、冀北、山西、陕西、江西、湖南、四川、重庆、广东、广西、蒙东、辽宁、吉林、黑龙江、上海、江苏、浙江、福建、山东、河南、海南、甘肃、青海、新疆；华北区域电网
售电侧改革试点	9个	重庆、广东、新疆、福建、黑龙江、河北、浙江、吉林、江西
增量配电业务试点	105项	全国

2016年3月份，北京、广州两大电力交易中心成立，标志着电力市场建设迈出关键一步。截至2016年底，除海南省外，我国已挂牌成立31家省级电力交易中心。在中央和地方共同推动下，发用电计划加快放开，发售电企业和电力用户积极参与，各省级市场化电力交易陆续启动，初步统计全年市场化交易电量约1万亿千瓦时，比上年增长超过1倍，占全国全社会用电量的比重达到19%左右。

为降低社会企业生产成本，自2016年1月1日起，全国燃煤发电上网电价平均下调3分/千瓦时，全国一般工商业销售电价平均下调约3分/千瓦时，大工业用电价格不作调整。调整了两部制电价用户基本电价计费方式。加大可再生能源支持力度，提高可再生能源基金征收标准，自2016年1月1日起，各省(除新疆、西藏外)居民生活和农业生产以外全部销售电量的基金征收标准由1.5分/千瓦时提高到1.9分/千瓦时。

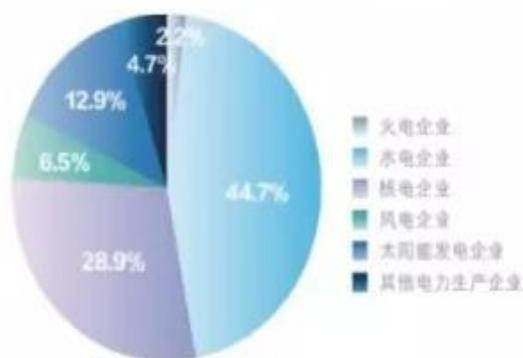
核定全国统一的太阳能热发电标杆上网电价为1.15元/千瓦时(含税)。降低2017年1月1日后新建光伏发电和2018年1月1日后新核准建设的陆上风电标杆电价;对

非招标的海上风电项目，区分近海风电和潮间带风电两种类型确定上网电价。电价在降成本、调结构、促减排中的调控作用更加突出。

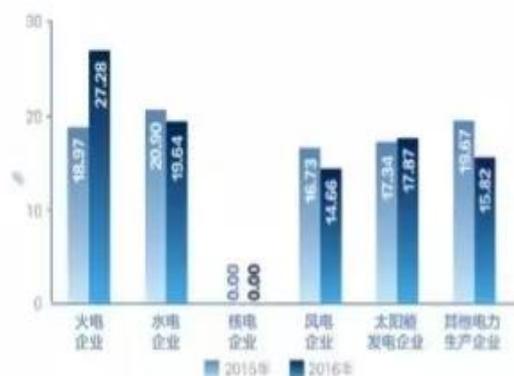
#### 六：电力企业主营业务收入增长低迷甚至负增长，经营状况不容乐观

### （四）发电企业资产增速回落，火电利润大幅下降

2016年发电分类企业资产结构情况



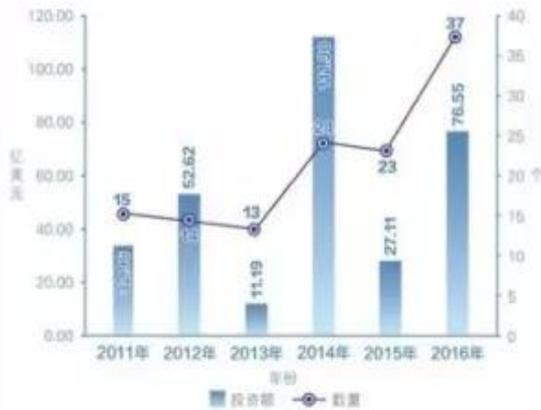
2015年、2016年发电企业分类型亏损面情况



- ▶发电企业资产总额比上年增长4.9%，五大发电集团资产总额合计4.16万亿元，比上年增长3.5%；
- ▶发电企业负债率67.59%，受利润大幅下滑的影响，火电企业资产负债率提高1.3个百分点；
- ▶发电企业亏损面为20.16%，比上年增加1.10个百分点，主要是火电企业亏损面上年增加8.31个百分点。

#### 七：全球能源互联网逐步达成国际共识，国际交流合作取得新成绩

2011-2016年实际完成投资额  
3000万美元及以上项目情况



2016年我国主要电力企业对外投资总体情况



## 八：问题与挑战

报告同时指出去年我国电力行业面临的严峻形势和诸多挑战：

一是电力系统安全面临挑战。电源、电网没有统一规划，各类电源建设发展缺乏统筹，新能源机组大规模集中并网带来一系列安全问题，而灵活调峰电源比重严重不足；交直流电网发展不协调，“强直弱交”安全风险加大，部分地区主网架、配电网建设滞后，电网运行过度依赖安全控制装置，生产运行中安全隐患较大；电力建设方面的安全风险也开始逐步显现，必须警钟长鸣、高度重视。

二是清洁能源发展任务艰巨。近年来，我国清洁能源发展取得显著成效，但也带来大量清洁能源无法消纳的问题，2016年，全国弃水弃风弃光电量高达1000亿千瓦时。为实现我国碳排放对外承诺目标，未来较长时期内清洁能源需要保持较快增长；而我国水能、风能、太阳能发电大基地与用电负荷地区逆向分布的特点决定了清洁能源资源丰富地区的大规模开发需要在全国范围配置消纳，必须尽快扭转当前重开发轻消纳、源网不协调、大范围配置能力不强的局面，才能够实现清洁能源的可持续发展。

三是电力产能过剩问题日益显现，电力企业经营面临挑战。随着我国经济发展进入新常态，电力需求增速明显回落，而发电装机容量仍快速增长，导致电力产能过剩问题日益凸显，加之受煤价上涨、发用电计划放开、宏观经济等多种因素影响，电力行业特别是火电企业经营压力增大。另外，受常规电源建设项目减少影响，电力建设企业、常规电力装备企业国内市场竞争压力持续加大。

四是推进改革进入深水区。目前，电力体制改革取得阶段性成果，但在改革过程中也暴露出很多问题和矛盾，市场交易存在区域壁垒、行政壁垒，市场化定价面临行政强行干预，以改革名义违规建设专用供电线路情况加重；市场化消纳可再生能源机制和手段亟需建设；公共电厂与自备电厂不对等的市场定位与责任，影响了全局性系统运行效益；政府对市场监管缺乏有效途径和手段。这些问题都在影响行业可持续发展。

面对上述问题和挑战，电力行业必须遵循能源“四个革命、一个合作”战略构想，全面把握经济发展规律和电力发展环境，继续推进电力供给侧结构性改革，持续优化供给结构、提高供给质量、满足有效需求，着力解决煤电产能阶段性相对过剩、清洁能源消纳不畅、企业经营困难、市场化建设不规范和监管不到位等突出矛盾和问题，不断提高电力行业发展的质量效益，努力实现电力行业平稳健康发展。

总结：根据中电联权威数据分析，可以得出以下结论：

- 1、火电机组在国内增速将放缓，但海外扩展进一步加强，因此本专业需要着眼海外市场。
- 2、新能源发展迅速，建议增设一定新能源方向。
- 3、机组运行水平要求明显提高，因此对学生的要求需要进一步加强。