

# 前 言

2016年，国家发展和改革委员会、国家能源局联合发布《电力发展“十三五”规划（2016-2020年）》（简称《规划》）。《规划》提出，坚持安全发展核电的原则，加大自主核电示范工程建设力度，着力打造核心竞争力，加快推进沿海核电项目建设，建成浙江三门、山东海阳 AP1000 自主化依托项目，建设福建福清、广西防城港“华龙一号”示范工程，开工建设 CAP1400 示范工程等一批新的沿海核电工程；深入开展内陆核电研究论证和前期准备工作；认真做好核电厂厂址资源保护工作。“十三五”期间，全国核电投产约 3000 万千瓦、开工 3000 万千瓦以上，2020 年装机达到 5800 万千瓦。

2016 年是“十三五”开局之年，中国核能行业协会（简称协会）认真分析国内外核能行业面临的形势，牢牢把握机遇，积极应对挑战，扎实做好各项工作，推动我国核能行业安全高效发展。2016 年也是协会进行理事会换届工作的重要一年。在协会第二届理事会第六次会议上，选举产生了新一届理事会秘书长，并抽签决定了五个副理事长单位的轮值顺序，依次为：中国核工业集团公司（简称中核集团）、中国华能集团公司（简称华能集团）、中国核工业建设集团公司（简称中国核建）、国家电力投资集团公司（简称国家电投）、中国广核集团有限公司（简称中广核集团），轮值理事长任期为两年，第三届理事会首任轮值理事长单位为中核集团。

2016 年，我国核能行业各领域工作稳步推进，取得了一系列新的成绩：7 台机组投入商运，运行核电机组继续保持安全、稳定运行，世界核电营运者协会（WANO）业绩指标总体处于中等偏上水平；2 台机组相继开工建设，核电建设稳步有序推进，示范工程建设取得新进展，在建规模继续保持世界第一。核电建造自主化能力持续提升，铀资源、核燃料保障能力进一步加强，核电“走出去”取得新突破，核能国际合作取得丰硕成果，核电人才培养受到高度重视，核能行业管理进一步加强，核电安全高效发展的基础更加牢固。

为加强核电运行管理和核电工程建设的经验交流，促进管理经验的共享，提升核电运行生产及工程建设的整体管理水平，协会核电厂同行评估及经验交流委员会（简称委员会）组织编制了《中国核能行业协会核电运行与建设年度报告（2016 年度）》（简

称《年报》)。该年报客观地反映了2016年中国核电运行生产、工程建设的情况,汇集了中国核电行业近年来发展的统计数据;介绍了同行评估、经验交流、核能行业技术研讨与方法创新等方面的工作进展情况和取得的成绩;还报道了我国核电厂2016年度运行事件。

《年报》编写和审查过程中,得到了委员会各成员单位的大力帮助和支持。在此,向所有关心和支持《年报》编写工作的领导和专家表示衷心的感谢!

本《年报》仅限于协会会员及委员会各成员单位内部使用。未经书面许可,不得以任何方式扩散。

# 目 录

## CONTENTS

1	综述 .....	1
2	核电运行 .....	9
2.1	电力生产情况 .....	9
2.1.1	发电量和上网电量 .....	9
2.1.2	核电设备平均利用小时数 / 平均利用率 .....	12
2.1.3	机组能力因子和负荷因子 .....	16
2.1.4	机组运行曲线 .....	25
2.2	安全生产情况 .....	54
2.2.1	非计划自动紧急停堆情况 .....	54
2.2.2	职业照射 .....	56
2.3	机组大修及技术改造 .....	62
2.4	放射性流出物的排放和环境监测 .....	71
2.5	WANO 业绩指标 .....	78
2.6	运行事件 .....	84
3	核电建设 .....	88
3.1	红沿河核电厂 4-6 号机组 .....	88
3.2	宁德核电厂 4 号机组 .....	91
3.3	福清核电厂 3-6 号机组 .....	93
3.4	阳江核电厂 4-6 号机组 .....	98
3.5	三门核电厂 1、2 号机组 .....	101
3.6	海阳核电厂 1、2 号机组 .....	104

3.7	台山核电厂 1、2 号机组 .....	107
3.8	昌江核电厂 2 号机组 .....	110
3.9	防城港核电厂 2-4 号机组 .....	113
3.10	石岛湾核电厂高温气冷堆核电站示范工程 .....	116
3.11	田湾核电厂 3-6 号机组 .....	120
<b>4</b>	<b>同行评估及经验交流</b> .....	<b>125</b>
4.1	核电运行和工程建设同行评估 .....	125
4.2	核电厂经验反馈及经验交流 .....	128
4.3	中国核能行业协会核电营运信息网（CINNO 网） .....	128
4.4	国际交流与两岸合作 .....	129
4.5	同行评估及经验交流的工作体系 .....	130
<b>5</b>	<b>技术研讨与方法创新</b> .....	<b>132</b>
5.1	软课题研究 .....	132
5.2	行业专题工作组活动 .....	132
5.3	管理和技术研讨交流 .....	133
<b>6</b>	<b>大事记</b> .....	<b>135</b>
	<b>附录：</b> .....	<b>138</b>
附录 1	2016 年中国商运核电机组发电相对燃煤发电减排情况 .....	138
附录 2	2016 年世界运行核电信息 .....	140
附录 3	2016 年世界在建核电信息 .....	141
附录 4	2016 年中国运行核电厂运行事件清单 .....	143
附录 5	核电厂同行评估及经验交流委员会成员单位名单 .....	147
附录 6	2016-2020 年国内运行核电厂同行评估计划 .....	148
附录 7	2016-2020 年国内核电项目建设同行评估计划 .....	150
附件 8	2014-2015 周期同行评估及经验交流软课题提交成果清单 .....	152
附录 9	2016-2017 周期同行评估及经验交流软课题研究项目列表 .....	154
附录 10	2016 年核电厂同行评估及经验交流委员会行业专题工作组主要工作与成果 .....	162
附录 11	2017 年核电厂同行评估及经验交流委员会行业专题工作组工作计划 .....	163
附录 12	2016 年委员会策划并组织各类行业经验交流研讨活动 .....	165

## 1 综述

2016 年，在政府主管部门的指导下，在会员单位的大力支持下，中国核能行业协会认真落实党中央、国务院的一系列指示，积极发挥桥梁和纽带作用，努力推动行业自律和诚信建设，深入开展核能发展重大问题研究、核电厂运行评估和核电工程项目评估、科技奖励和科技成果评审、安全生产和质量保证培训、“三刊一网<sup>1</sup>”和信息化建设以及国际交流和两岸合作等各项服务工作，不断加强协会自身建设，进一步提高协会秘书处的工作水平，取得了新的成绩，为促进核能行业发展作出了新的贡献。

核电厂同行评估及经验交流委员会在国家核电管理体制调整、核电产业加快发展的新形势下，切实履行自身职责，积极探索，扎实工作，保证了核电厂同行评估及经验交流工作体系的有效运转。在同行评估方面：圆满完成了 8 场评估活动，完成了《核电工程建设管理业绩目标与评估准则》修订和出版工作，开发了核电厂同行评估现场评估系统和核电工程建设同行评估信息管理系统。在经验反馈方面：继续编制和改进各类经验反馈报告，并利用协会核电营运信息网（CINNO 网）资源开发了 5 份典型经验反馈报告，首次编制了《2015 年全球核电概述》并通过协会官方网站发布。在 CINNO 网管理方面：信息报送工作的质量较 2015 年有较大提高，网络管理、用户管理、信息维护、新用户接入服务等方面取得了有效进展，并进行了新功能开发和模块完善。在国际交流和两岸合作方面：按照与美国核电运行协会（INPO）签订的合作备忘录，深入开展协会之间的合作；组织成员单位参加第四届海峡两岸核能合作论坛；邀请台湾电力公司的资深核电专家支持三门核电厂自评估工作。在软课题研究方面：完成了 2014-2015 年度软课题成果验收和 2016-2017 年度软课题立项审查，与软课题承担单位签订了软课题研发协议，按计划拨付了软课题研发经费，指导各相关行业专题工作组深度参与软课题的开题、技术审查等工作。在行业专题工作组的工作方面：各专题组规范开展同行评估、技术经验研讨与交流，加强软课题管理，编制了专业领域技术规范与信息简报，开展了相关的技术支持服务等工作；成立了核电厂性能试验专题工作组和核电厂放射性废物管理专题工作组，积极筹备成立核电厂维修、核电厂励磁、核电信息安全 3 个专题工作组。此外，专项任务也取得了重要进展，编制了《中国核能行业协会核电运行分会组织管理办法》（讨论稿）和《中国核能行业协会中长期战略规划》（讨论稿）并在委员会内部进行了审议。积极开展核电厂常规岛金属监督专项工作，并依托核电厂在役检查及无损检验专题工作组开展我国核电厂常规岛金属监

1 三刊为《中国核能》、《核能新闻》、《中国核能年鉴》；一网为中国核能行业协会官方网站，网址：<http://www.china-nea.cn>。

督行业自律工作。随着中国核能行业协会同行评估及经验交流委员会网站<sup>2</sup>的试运行，行业专题工作组工作平台也将逐步完成开发并投入使用。

2016年，我国运行核电机组继续保持安全、稳定运行，取得了良好业绩。红沿河核电厂4号机组、宁德核电厂4号机组、福清核电厂3号机组、阳江核电厂3号机组、昌江核电厂2号机组、防城港核电厂1号及2号机组陆续投入商运。截至2016年底，我国商运核电机组数量达到35台，总装机容量为3363.22万千瓦，机组数量及装机容量均列世界第四。全年共发生国际核事件分级表（INES）界定的运行事件71起<sup>3</sup>，其中0级运行事件70起，1级运行事件1起，未发生2级及2级以上的运行事件。核电厂人员的个人剂量和集体剂量均保持较低水平，放射性流出物排放总量低于国家监管部门批准排放年限值，环境空气吸收剂量率在当地本底辐射水平正常涨落范围之内，没有发生影响环境与公众健康的事件。与WANO规定的业绩指标对照，在全球447台<sup>4</sup>核电运行机组中（总装机容量为41316.70万千瓦），我国运行核电机组总体处于中等偏上水平，部分机组的指标达到世界先进水平。2016年，我国商运核电机组发电量为2105.24亿千瓦时，同比增长25.07%；上网电量为1965.86亿千瓦时，同比增长24.67%；核电装机容量约占全国电力总装机容量的2.04%，发电量占全国总发电量的3.51%；与燃煤发电相比，核能发电相当于少燃烧标准煤约6568.35万吨<sup>5</sup>，减少排放二氧化碳约17209.07万吨、二氧化硫约55.83万吨、氮氧化物约48.61万吨。

2016年，我国核电建设稳步有序推进，建造质量、进度均处于受控状态，示范工程取得新的进展。田湾核电厂6号机组、防城港核电厂4号机组开工建设。截至2016年底，世界在建核电机组共61台，总装机容量为6699.50万千瓦，其中我国在建核电机组达到21台<sup>6</sup>，总装机容量为2444.36万千瓦，在建机组数量及装机容量继续保持世界第一。AP1000自主化依托项目建设取得新的进展，三门核电厂1号机组、海阳核电厂1号机组相继完成一回路水压试验（冷试），全面进入热试阶段。“华龙一号”的4台机组已全面开工建设，其中福清核电厂5、6号机组的里程碑节点全部按期或提前实现，防城港核电厂3、4号机组的工程质量、工期整体可控。石岛湾高温气冷堆核电站示范工程建设扎实推进，完成了土建和全面安装，进入调试阶段，首个除盐水系统完成调试向生产移交，主控室可用。此外，其他在建核电项目进展顺利。阳江核电厂4号机

2 中国核能行业协会同行评估及经验交流委员会网站网址：<http://www.cenpo.cn>。

3 含阳江核电厂4号机组（2016年已装料但未并网）发生的一起INES 0级运行事件。

4 本报告所描述的世界其他国家（地区）的核电信息、数据均源于国际原子能机构核动力堆信息系统（IAEA-PRIS）。

5 2016年中国火电供电煤耗（312克/千瓦时）的数据来源于2017年1月20日中国电力企业联合会发布的《2016年全国电力工业统计快报》；减排计算方法来源于国家统计局网站，按照工业锅炉每燃烧一吨标准煤产生二氧化碳2620千克，二氧化硫8.5千克，氮氧化物7.4千克计算。

6 根据我国核电行业统计惯例，本报告中所指的我国在建核电机组包括已并网但尚未投入商业运行的机组。

组完成首次装料，多个节点均创造历史最优。田湾核电厂 5、6 号机组工程建设按计划稳步推进。采用 EPR 技术的台山核电厂 1 号机组进入热试。（2016 年中国商运核电机组发电相对燃煤发电减排情况见附录 1。2016 年世界运行核电机组信息见附录 2。2016 年世界在建核电机组信息见附录 3）。

（说明：除附录 2、3 外，本文中所指的中国核电情况均未包括台湾地区的核电情况。）

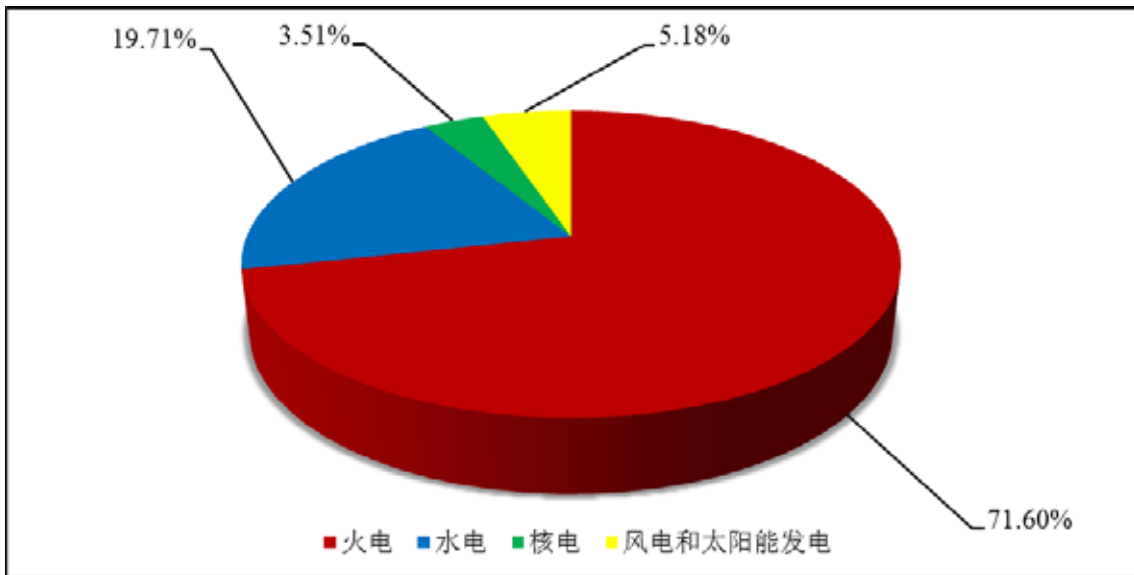


图 1-1 2016 年全国发电量统计分布

（说明：数据来源于中国电力企业联合会于 2017 年 1 月 20 日发布《2016 全国电力工业统计快报》）

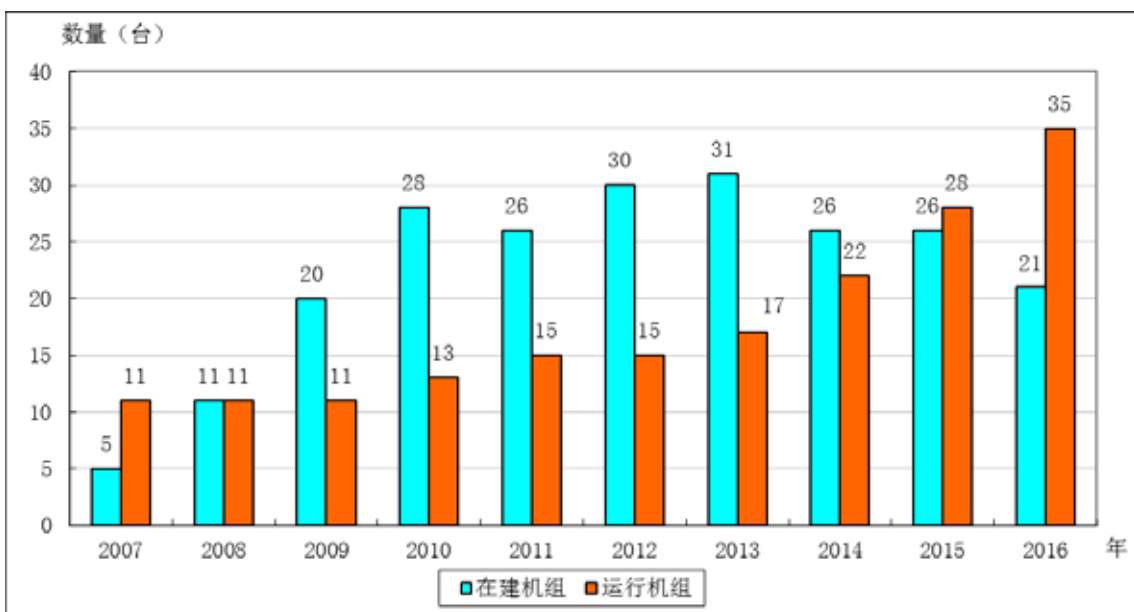


图 1-2 2007-2016 年中国核电机组数量统计

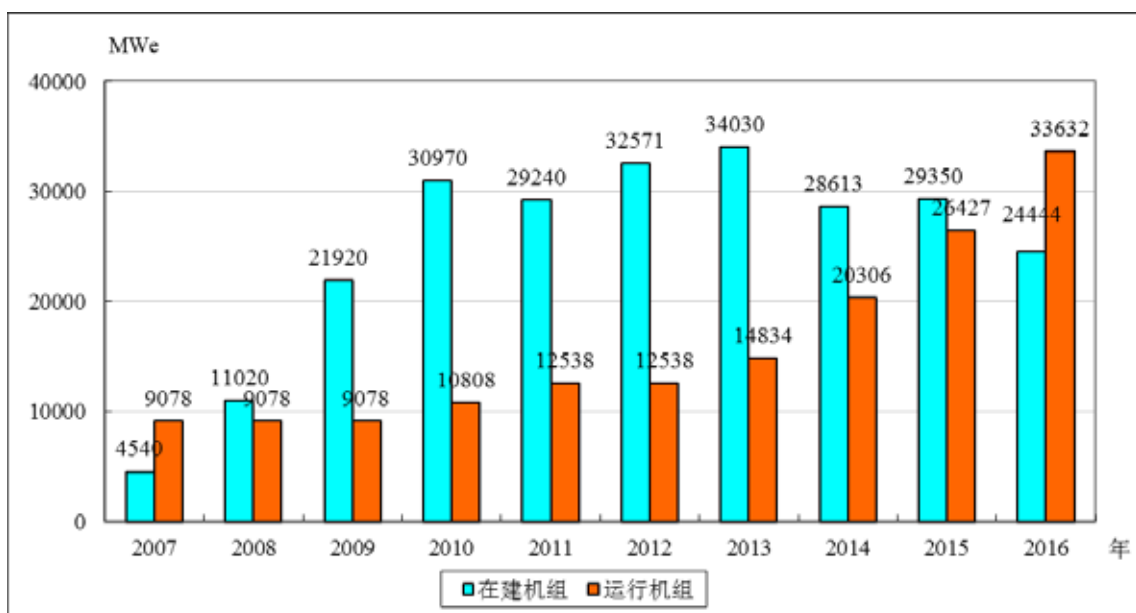


图 1-3 2007-2016 年中国核电装机容量统计

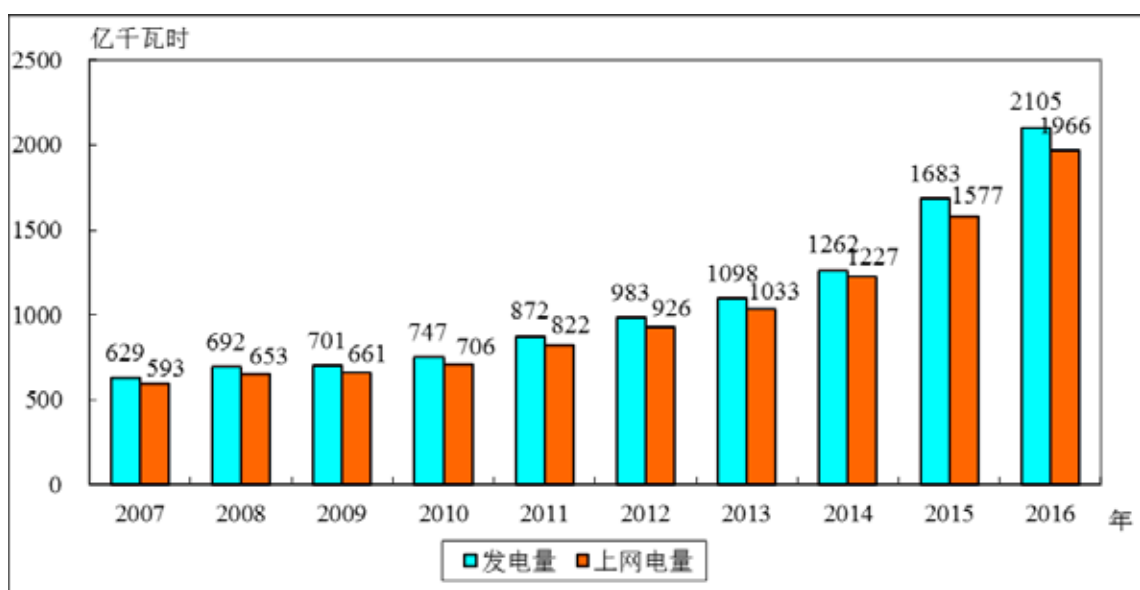


图 1-4 2007-2016 年中国核电发电量和上网电量统计



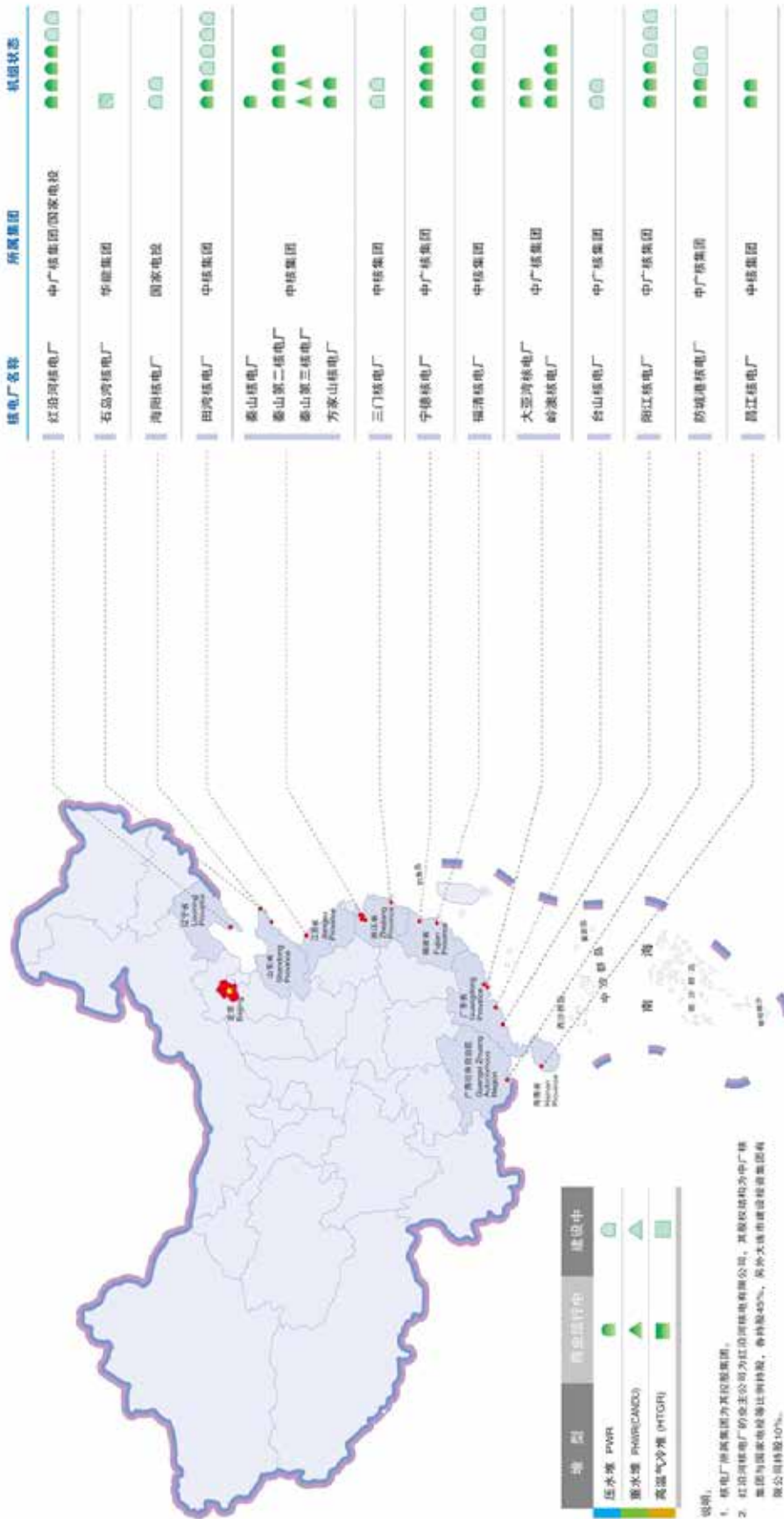


图 1-5 2016 年中国运行、在建核电机组分布图

表 1-2 中国核电站清单

状态	核电厂名称	机组 CN 号	所属集团	堆型	额定功率 MW(e)	开工日期	首次临界日期	首次并网日期	商业运行日期
运行中	秦山核电厂	CN-01	中核集团	压水堆	310	1985-03-20	1991-10-31	1991-12-15	1994-04-01
	大亚湾核电厂	1号机组 2号机组	中广核集团	压水堆	2 × 984	1987-08-07 1988-04-07	1993-07-28 1994-01-21	1993-08-31 1994-02-07	1994-02-01 1994-05-06
	秦山第二核电厂	1号机组 2号机组 3号机组 4号机组	中核集团	压水堆	2 × 650 2 × 660	1996-06-02 1997-04-01 2006-04-28 2007-01-28	2001-11-15 2004-02-25 2010-07-13 2011-11-17	2002-02-06 2004-03-11 2010-08-01 2011-11-25	2002-04-15 2004-05-03 2010-10-05 2011-12-30
	岭澳核电厂	1号机组 2号机组 3号机组 4号机组	中广核集团	压水堆	2 × 990 2 × 1086	1997-05-15 1997-11-28 2005-12-15 2006-06-15	2002-02-04 2002-08-27 2010-06-09 2011-02-25	2002-02-26 2002-09-14 2010-07-15 2011-05-03	2002-05-28 2003-01-08 2010-09-15 2011-08-07
	秦山第三核电厂	1号机组 2号机组	中核集团	重水堆	2 × 728	1998-06-08 1998-09-25	2002-09-21 2003-01-18	2002-11-19 2003-06-12	2002-12-31 2003-07-24
	田湾核电厂	1号机组 2号机组	中核集团	压水堆	2 × 1060	1999-10-20 2000-09-20	2005-12-20 2007-05-01	2006-05-12 2007-05-14	2007-05-17 2007-08-16
	红沿河核电厂	1号机组 2号机组 3号机组 4号机组	中广核集团 / 国家电投	压水堆	4 × 1118.79	2007-08-18 2008-03-28 2009-03-07 2009-08-15	2013-01-16 2013-10-24 2014-10-27 2016-03-05	2013-02-17 2013-11-23 2015-03-23 2016-04-01	2013-06-06 2014-05-13 2015-08-16 2016-09-19
	宁德核电厂	1号机组 2号机组 3号机组 4号机组	中广核集团	压水堆	4 × 1089	2008-02-18 2008-11-12 2010-01-08 2010-09-29	2012-11-24 2013-12-21 2015-03-07 2016-03-16	2012-12-28 2014-01-04 2015-03-21 2016-03-29	2013-04-15 2014-05-04 2015-06-10 2016-07-21
	福清核电厂	1号机组 2号机组 3号机组	中核集团	压水堆	3 × 1089	2008-11-21 2009-06-17 2010-12-31	2014-07-24 2015-07-22 2016-07-03	2014-08-20 2015-08-05 2016-09-07	2014-11-22 2015-10-16 2016-10-24

状态	核电厂名称	机组 CN 号	所属集团	堆型	额定功率 MW(e)	开工日期	首次临界日期	首次并网日期	商业运行日期
	阳江核电厂	1号机组	中广核集团	压水堆	3 × 1086	2008-12-16	2013-12-23	2013-12-31	2014-03-25
		2号机组				2009-06-04	2015-03-02	2015-03-10	2015-06-05
		3号机组				2010-11-15	2015-10-11	2015-10-18	2016-01-01
	方家山核电厂	1号机组	中核集团	压水堆	2 × 1089	2008-12-26	2014-10-21	2014-11-04	2014-12-15
		2号机组				2009-07-17	2014-12-25	2015-01-12	2015-02-12
	昌江核电厂	1号机组	中核集团	压水堆	2 × 650	2010-04-25	2015-10-12	2015-11-07	2015-12-25
		2号机组				2010-11-21	2016-06-09	2016-06-20	2016-08-12
	防城港核电厂	1号机组	中广核集团	压水堆	2 × 1086	2010-07-30	2015-10-13	2015-10-25	2016-01-01
		2号机组				2010-12-23	2016-06-29	2016-07-15	2016-10-01
合计		35 台			33632.16				
建设中	红沿河核电厂	5号机组	中广核集团 / 国家电投	压水堆	2 × 1118.79	2015-03-29			
		6号机组				2015-07-24			
	福清核电厂	4号机组	中核集团	压水堆	1089	2012-11-17			
		5号机组				2015-05-07			
	阳江核电厂	6号机组	中广核集团	压水堆	3 × 1086	2015-12-22			
		4号机组				2012-11-17	2016-12-30		
		5号机组				2013-09-18			
	三门核电厂	2号机组	中核集团	压水堆	2 × 1250	2009-04-19			
		1号机组				2009-12-15			
	海阳核电厂	2号机组	国家电投	压水堆	2 × 1250	2009-09-24			
		1号机组				2010-06-20			
	台山核电厂	2号机组	中广核集团	压水堆	2 × 1750	2009-11-18			
1号机组		2010-04-15							

状态	核电厂名称	机组 CN 号	所属集团	堆型	额定功率 MW(e)	开工日期	首次临界日期	首次并网日期	商业运行日期	
	防城港核电厂	3号机组	中广核集团	压水堆	2 × 1180	2015-12-24				
		4号机组				2016-12-23				
	石岛湾核电厂	高温气冷堆核电站示范工程	华能集团	模块式球床型高温气冷堆	211	2012-12-09				
	田湾核电厂	3号机组	中核集团	压水堆	2 × 1126	2012-12-27				
		4号机组				2013-09-27				
		5号机组				2015-12-27				
		6号机组			2 × 1118	2016-09-07				
合计	21台				24443.58					

## 2 核电运行

2016 年，我国运行核电机组继续保持良好的安全运行记录。35 台商运核电机组和 1 台已装料机组（阳江核电厂 4 号机组）共计发生 INES 界定的运行事件 71 起，其中 0 级运行事件 70 起，1 级运行事件 1 起。核电厂运行期间，工作人员接受的辐射剂量、放射性流出物的排放量均低于国家监管部门批准限值；环境监测表明，核电厂的运行对周围环境没有造成不良影响。

### 2.1 电力生产情况

#### 2.1.1 发电量和上网电量

2016 年，中国核电 35 台商运核电机组全年发电量 2105.24 亿千瓦时，上网电量 1965.86 亿千瓦时，较 2015 年发电量增加 25.07%，上网电量增加 24.67%。2007 年至 2016 年，中国商运核电厂发电量及上网电量统计见表 2.1.1-1，发电量和上网电量趋势见图 2.1.1-1。

表 2.1.1-1 2007-2016 年商运核电厂发电量和上网电量

核电厂 / 年度	项目 ( 单位 )	发电量 ( 亿千瓦时 )	上网电量 ( 亿千瓦时 )
秦山核电厂	2007	22.17	20.63
	2008	26.24	24.31
	2009	23.62	21.95
	2010	23.24	21.69
	2011	24.98	23.33
	2012	28.44	26.59
	2013	23.03	21.59
	2014	26.23	24.41
	2015	25.71	23.94
	2016	25.80	23.97
大亚湾核电厂	2007	154.41	147.75
	2008	160.81	154.30
	2009	163.74	156.62
	2010	157.04	150.15
	2011	160.18	153.36
	2012	159.30	152.51
	2013	148.95	142.41
	2014	151.40	144.97
	2015	154.25	147.75
	2016	151.72	145.26
秦山第二核电厂	2007	89.05	83.20
	2008	99.58	93.13

核电厂 / 年度	项目 ( 单位 )	发电量 ( 亿千瓦时 )	上网电量 ( 亿千瓦时 )
	2009	99.41	92.86
	2010	119.41	112.36
	2011	146.03	136.81
	2012	201.62	188.96
	2013	203.70	191.12
	2014	202.34	189.78
	2015	202.86	190.05
	2016	208.06	195.01
岭澳核电厂	2007	147.40	141.23
	2008	152.44	146.20
	2009	154.67	148.25
	2010	176.59	168.47
	2011	265.09	251.53
	2012	315.13	298.62
	2013	315.48	299.15
	2014	325.53	308.85
	2015	322.78	306.03
	2016	321.30	304.33
秦山第三核电厂	2007	115.41	106.96
	2008	112.38	104.12
	2009	117.23	108.53
	2010	114.12	105.57
	2011	115.01	106.53
	2012	116.27	107.55
	2013	119.17	110.31
	2014	116.88	108.18
	2015	112.35	103.82
	2016	108.63	100.30
田湾核电厂	2007	100.18	92.85
	2008	140.75	131.19
	2009	142.67	132.81
	2010	157.02	146.71
	2011	160.72	150.16
	2012	162.41	151.9
	2013	166.86	156.10
	2014	167.67	156.92
	2015	166.17	155.61
	2016	153.73	143.54
红沿河核电厂	2013	53.93	49.79
	2014	112.54	104.24

核电厂 / 年度	项目 ( 单位 )	发电量 ( 亿千瓦时 )	上网电量 ( 亿千瓦时 )
	2015	137.94	125.91
	2016	192.79	176.91
宁德核电厂	2013	67.20	62.20
	2014	116.24	108.02
	2015	195.85	182.26
	2016	241.29	223.36
福清核电厂	2014	10.33	9.61
	2015	83.39	76.72
	2016	156.61	144.60
阳江核电厂	2014	72.44	67.93
	2015	129.47	121.52
	2016	230.42	215.83
方家山核电厂	2014	4.20	3.96
	2015	151.68	142.63
	2016	161.15	151.52
昌江核电厂	2015	0.71	0.66
	2016	56.32	51.09
防城港核电厂	2016	97.42	90.14
2016 年度合计		2105.24	1965.86

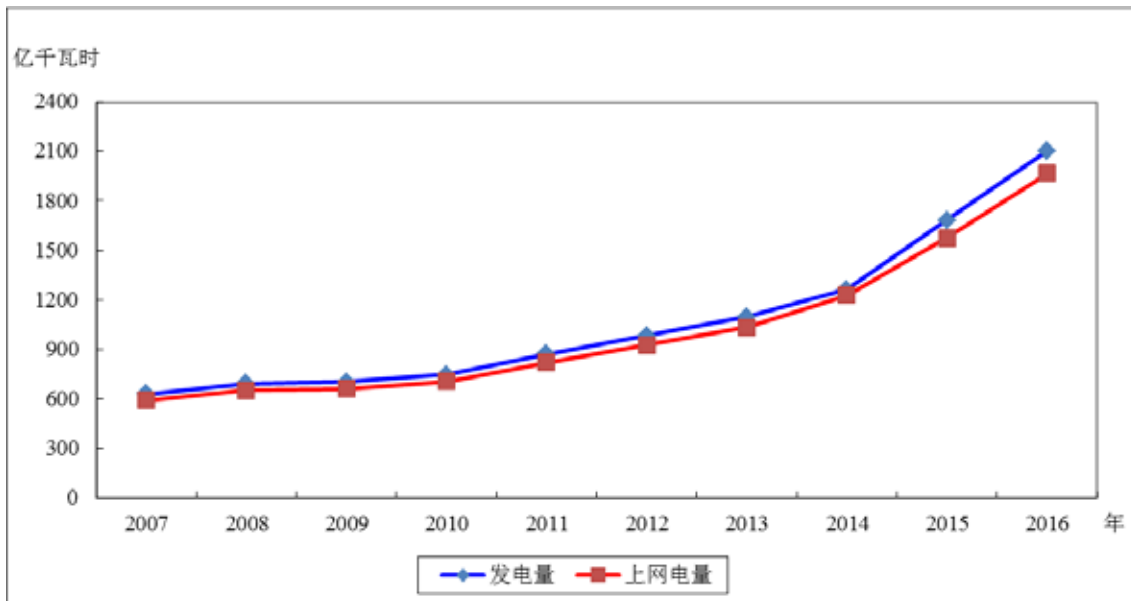


图 2.1.1-1 2007-2016 年商运核电厂发电量和上网电量趋势图

### 2.1.2 核电设备平均利用小时数 / 平均利用率

2016 年，中国核电 35 台商运核电机组的设备平均利用小时数 / 平均利用率处于较高水平，设备平均利用小时数接近 7000 小时，平均利用率接近 80%。35 台机组中，有

21 台机组的设备平均利用率超过 80%。2016 年核电设备平均利用小时数 / 平均利用率见表 2.1.2-1。2014 年至 2016 年，核电设备平均利用小时数趋势见图 2.1.2-1，核电设备平均利用率趋势见图 2.1.2-2。

表 2.1.2-1 2016 年核电设备平均利用小时数 / 平均利用率

核电厂 / 机组	项目	装机容量 ( MWe )	核电设备平均 利用小时数	核电设备平均 利用率 ( % )
秦山核电厂		310.00	8322.58	94.75%
大亚湾核电厂	1 号机组	984.00	7683.94	87.48%
	2 号机组	984.00	7734.76	88.06%
秦山第二核电厂	1 号机组	650.00	7760.00	88.34%
	2 号机组	650.00	7435.83	84.65%
	3 号机组	660.00	8513.64	96.92%
	4 号机组	660.00	8045.45	91.59%
岭澳核电厂	1 号机组	990.00	8706.06	99.11%
	2 号机组	990.00	7373.74	83.95%
	3 号机组	1086.00	7837.94	89.23%
	4 号机组	1086.00	7090.24	80.72%
秦山第三核电厂	1 号机组	728.00	8148.35	92.76%
	2 号机组	728.00	6774.73	77.13%
田湾核电厂	1 号机组	1060.00	7099.06	80.82%
	2 号机组	1060.00	7403.77	84.29%
红沿河核电厂	1 号机组	1118.79	5827.72	66.34%
	2 号机组	1118.79	5056.36	57.56%
	3 号机组	1118.79	5261.93	59.90%
	4 号机组	1118.79	1082.42	43.65%
宁德核电厂	1 号机组	1089.00	6714.42	76.44%
	2 号机组	1089.00	5750.23	65.46%
	3 号机组	1089.00	6053.26	68.91%
	4 号机组	1089.00	3639.12	92.46%
福清核电厂	1 号机组	1089.00	6662.08	75.84%
	2 号机组	1089.00	6070.71	69.11%
	3 号机组	1089.00	1648.30	100.02%
阳江核电厂	1 号机组	1086.00	6953.04	79.16%
	2 号机组	1086.00	6789.13	77.29%
	3 号机组	1086.00	7475.14	85.10%
方家山核电厂	1 号机组	1089.00	7651.97	87.11%
	2 号机组	1089.00	7146.92	81.36%
昌江核电厂	1 号机组	650.00	6169.23	70.23%
	2 号机组	650.00	2490.77	73.45%
防城港核电厂	1 号机组	1086.00	7132.60	81.20%
	2 号机组	1086.00	1837.02	84.11%
合计		33632.16	6987.38	79.55%



说明：部分机组因大修、小修、应电网要求降功率运行或临停备用等原因，导致年度核电设备平均利用率偏低，具体情况如下：

#### （1）红沿河核电厂

· 1号机组1月初至2月中旬应电网要求降功率运行，2月中旬至3月底进行了换料大修，4月中旬至5月初为配合4号机组调试而降功率运行，5月中旬至6月初、9月中旬至10月中旬应电网要求处于临停备用状态。

· 2号机组在2月春节期间应电网要求临停备用，4月初至5月初处于季节性停运状态，11月中旬开始进行换料大修，截止12月底，大修仍在进行。

· 3号机组1月至6月有3个多月处于季节性停运状态，8月底应电网要求降功率运行，9月下旬因维修电动给水泵降功率运行，12月初完成首循环运行后停机进入临停检修状态。

· 4号机组9月份投入商运后不久即应电网要求临停备用，11月中旬并网运行，12月初与12月中旬两次应电网要求降功率运行。

#### （2）宁德核电厂

· 2号机组1月至6月大部分时间应电网要求降功率运行，9月底至11月中旬进行了换料大修；

· 3号机组1月底至2月下旬应电网要求临停解列，4月中下旬、5月初、9月中旬、9月底应电网要求降功率运行，6月初至8月中旬进行了换料大修。

#### （3）福清核电厂

· 2号机组全年配合电网调峰调停9次，累计损失电量11.6亿千瓦时，相当于满功率运行44.4天，9月底至12月初进行了换料大修。

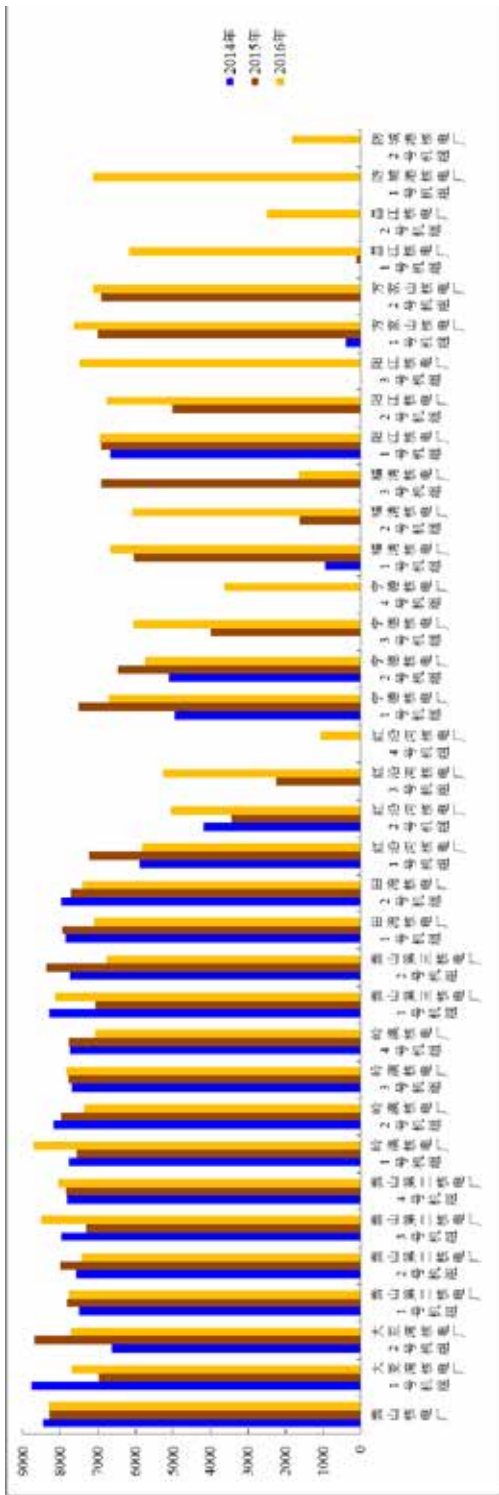


图 2.1.2-1 2014-2016 年核电设备平均利用小时数趋势图

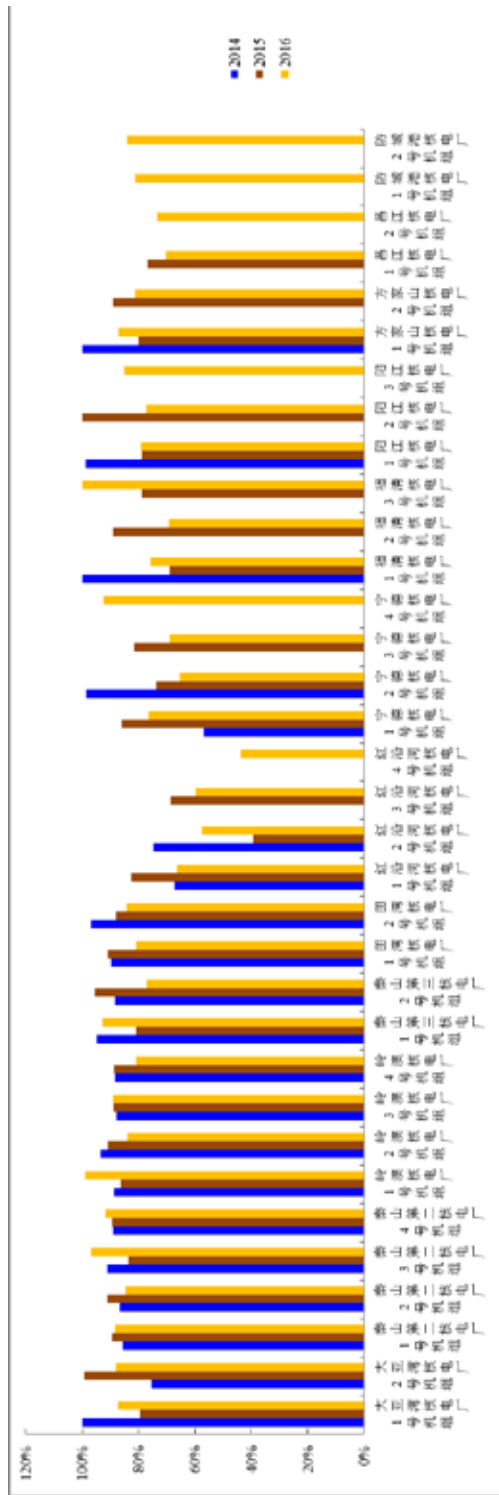


图 2.1.2-2 2014-2016 年核电设备平均利用率趋势图

## 2.1.3 机组能力因子和负荷因子

2007年至2016年,中国商运核电机组的能力因子及负荷因子统计见表2.1.3-1,各机组能力因子与WANO中值、先进值的对比见图2.1.3-1至图2.1.3-16。

表 2.1.3-1 2007-2016 年机组能力因子和负荷因子

	机组能力因子										机组负荷因子									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
秦山核电厂	82.22	87.43	83.35	88.04	99.94	81.61	92.69	90.92	91.38	81.62	95.55	96.36	86.98	83.99	89.11	101.19	82.17	96.58	91.74	91.80
大亚湾核电厂	1号机组	91.20	99.79	91.23	89.08	99.98	83.94	86.83	99.66	86.58	90.85	99.61	90.20	88.90	99.67	83.86	86.76	100.02	79.65	87.48
	2号机组	88.80	86.25	99.99	92.80	86.56	99.97	85.93	75.58	87.42	88.29	86.44	99.76	93.29	86.17	100.45	86.04	75.62	99.30	88.05
秦山第二核电厂	1号机组	64.12	85.35	82.66	91.70	73.71	85.24	85.79	83.53	90.45	65.69	87.41	84.46	93.45	75.17	84.66	86.80	85.60	89.31	88.34
	2号机组	88.30	85.21	88.21	86.64	90.95	79.68	88.74	85.01	82.96	90.70	87.00	90.12	88.71	93.27	81.05	90.02	86.59	91.27	84.64
	3号机组	/	/	/	/	81.60	90.10	93.50	92.00	85.60	99.81	/	/	/	/	83.12	90.65	94.63	91.14	83.53
	4号机组	/	/	/	/	/	95.81	84.28	89.77	90.65	92.39	/	/	/	/	/	96.77	84.56	89.27	89.49
岭澳核电厂	1号机组	83.16	92.11	90.38	93.71	91.39	93.59	82.94	90.44	86.80	99.81	82.65	90.72	89.05	92.93	91.05	91.87	82.38	88.59	86.37
	2号机组	87.73	85.24	91.09	91.12	94.05	91.25	88.58	94.55	88.65	87.31	84.57	89.30	89.30	90.52	93.12	89.70	87.28	93.46	91.01
	3号机组	/	/	/	98.60	72.06	88.45	90.11	89.42	90.10	91.62	/	/	/	98.75	71.14	86.30	88.78	87.88	88.90
	4号机组	/	/	/	/	99.58	80.60	88.95	90.31	90.29	87.84	/	/	/	/	98.78	78.52	88.18	88.35	88.69
秦山第三核电厂	1号机组	86.42	91.21	91.93	89.73	92.53	96.26	89.91	96.16	94.91	88.35	93.52	93.88	91.92	94.87	97.43	88.64	94.79	80.67	92.76
	2号机组	97.55	87.32	95.37	92.07	91.02	90.46	99.86	90.14	79.28	99.87	89.43	97.30	94.19	92.69	91.67	98.23	88.48	95.50	77.12
田湾核电厂	1号机组	/	70.97	74.12	87.02	86.55	86.78	90.70	89.83	91.07	81.87	/	74.76	77.84	86.92	86.16	86.72	90.60	89.64	90.81
	2号机组	/	81.20	80.70	82.28	87.05	87.77	89.14	91.11	88.22	87.23	/	85.47	85.02	82.18	86.92	87.71	89.10	90.94	88.15
红沿河核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	99.90	70.04	87.75	87.19	/	/	/	/	/	/	96.33	67.13	82.57
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	75.69	65.53	87.49	/	/	/	/	/	/	74.80	39.26	57.56
	3号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	100.00	94.90	/	/	/	/	/	/	/	24.44	59.90
	4号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	99.98	/	/	/	/	/	/	/	/	49.02
宁德核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	99.95	57.31	88.22	98.13	/	/	/	/	/	/	98.51	56.70	85.93
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	99.83	80.73	86.38	/	/	/	/	/	/	98.66	73.72	65.46

	机组能力因子										机组负荷因子									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
3号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	94.37	80.08	/	/	/	/	/	/	/	/	81.67	68.91
4号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	99.98	/	/	/	/	/	/	/	/	/	92.47
1号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	74.09	99.31	/	/	/	/	/	/	/	/	69.05	75.84
2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	99.06	81.55	/	/	/	/	/	/	/	/	89.09	69.11
3号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1号机组	/	/	/	/	/	/	/	99.93	79.45	81.56	/	/	/	/	/	/	98.78	78.86	79.16	
2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	99.64	77.68	/	/	/	/	/	/	/	99.94	99.94	77.29
3号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	91.24	/	/	/	/	/	/	/	/	/	85.11
1号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	83.68	91.23	/	/	/	/	/	/	/	80.03	87.11	
2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	93.10	86.88	/	/	/	/	/	/	/	89.24	81.36	
1号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	100.00	93.96	/	/	/	/	/	/	/	65.95	70.24	
2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	99.02	/	/	/	/	/	/	/	/	/	81.21
2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	99.95	/	/	/	/	/	/	/	/	/	84.12

说明：

1) “/”为机组当年未投入商运或因不满足统计要求，无数据。

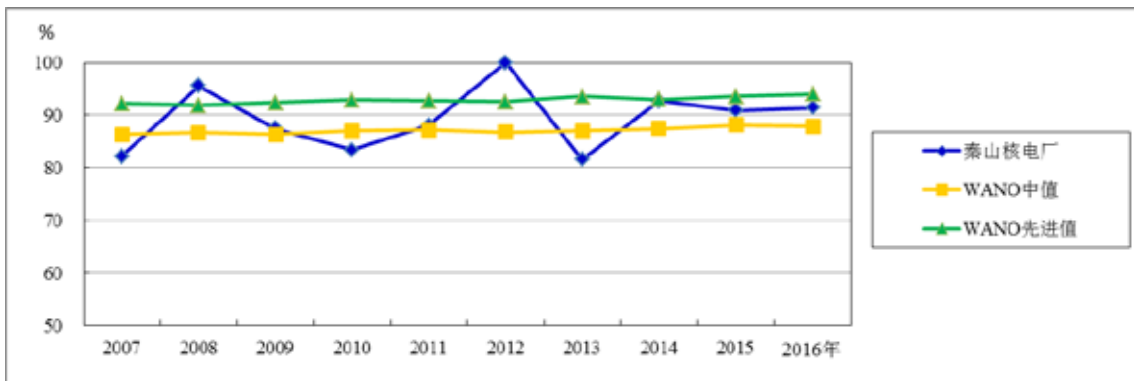


图 2.1.3-1 2007-2016 年秦山核电厂机组能力因子与 WANO 中值、先进值比较趋势图

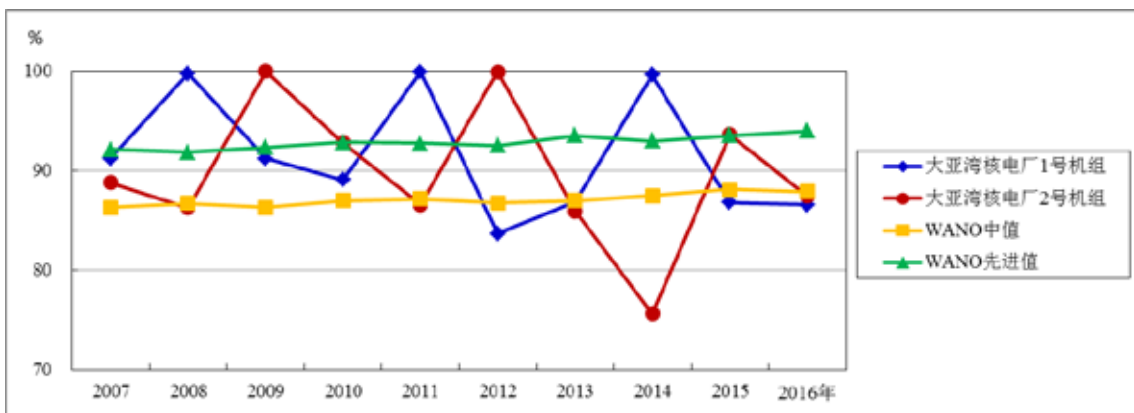


图 2.1.3-2 2007-2016 年大亚湾核电厂 1、2 号机组能力因子与 WANO 中值、先进值比较趋势图

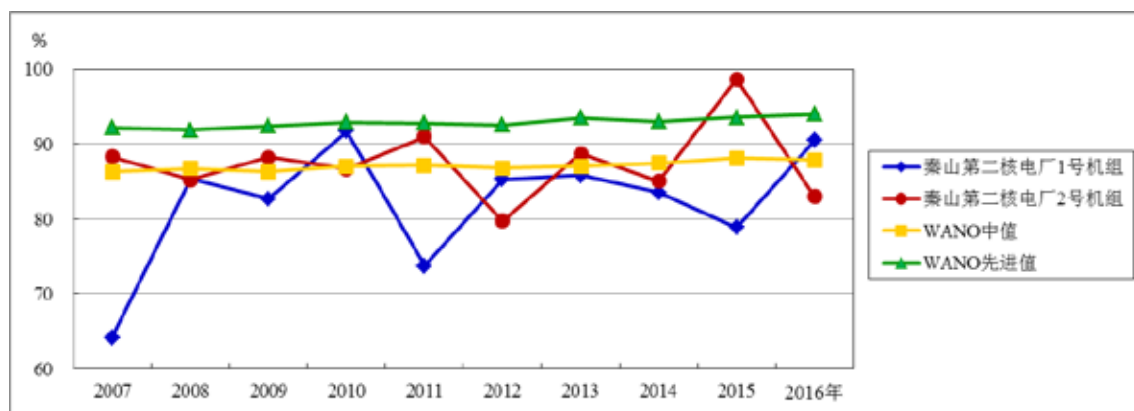


图 2.1.3-3 2007-2016 年秦山第二核电厂 1、2 号机组能力因子与 WANO 中值、先进值比较趋势图

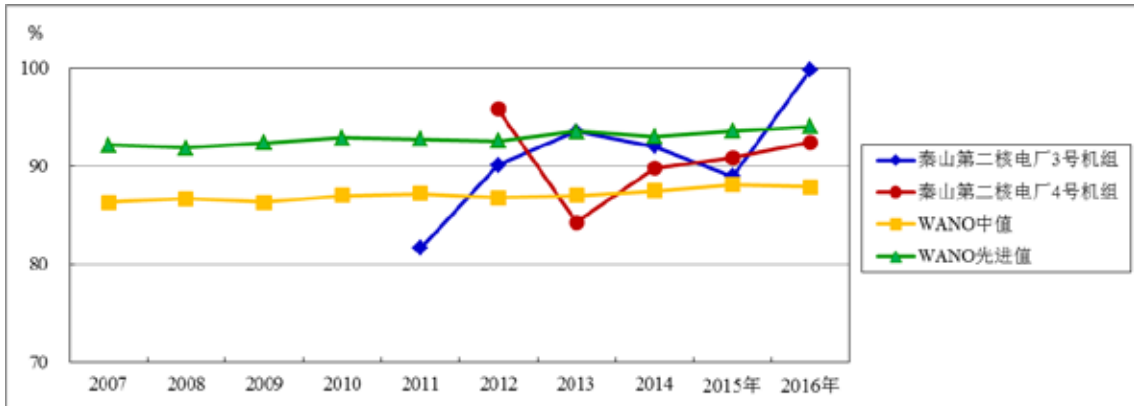


图 2.1.3-4 2011-2016 年秦山第二核电站 3、4 号机组能力因子与 WANO 中值、先进值比较趋势图

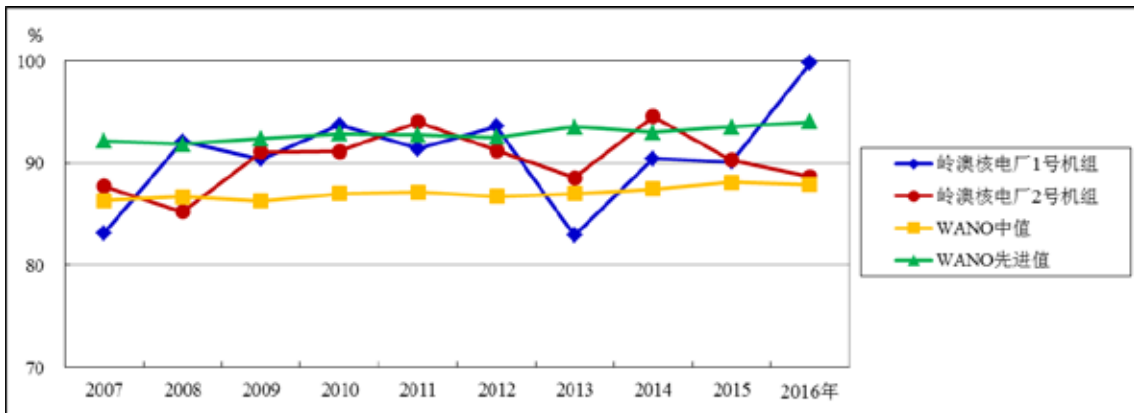


图 2.1.3-5 2007-2016 年岭澳核电站 1、2 号机组能力因子与 WANO 中值、先进值比较趋势图

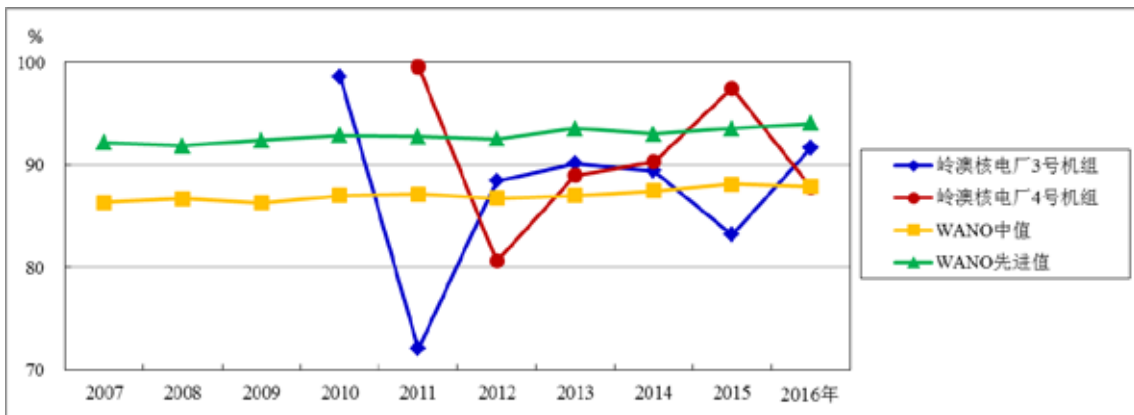


图 2.1.3-6 2010-2016 年岭澳核电站 3、4 号机组能力因子与 WANO 中值、先进值比较趋势图

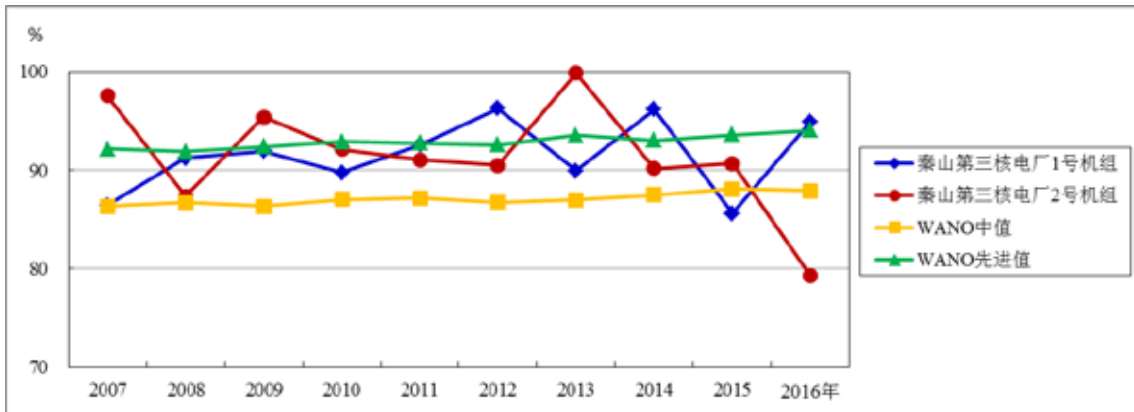


图 2.1.3-7 2007-2016 年秦山第三核电厂 1、2 号机组能力因子与 WANO 中值、先进值比较趋势图

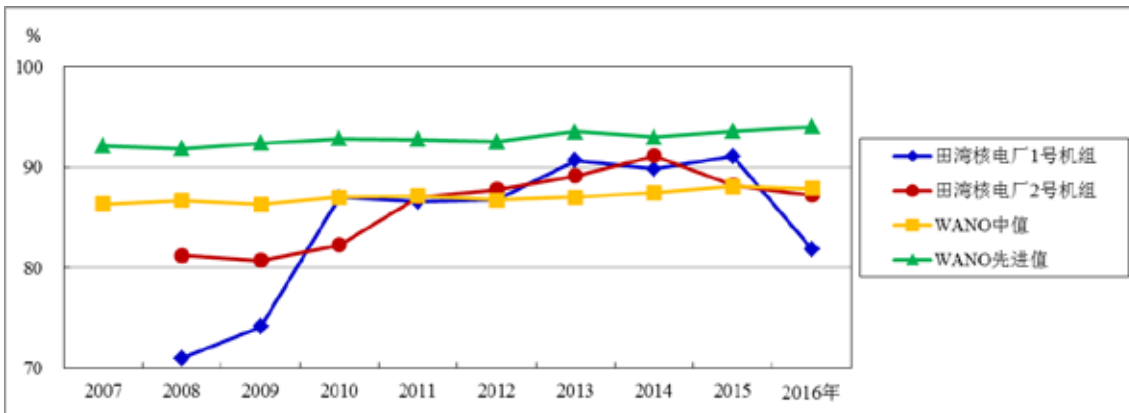


图 2.1.3-8 2008-2016 年田湾核电厂 1、2 号机组能力因子与 WANO 中值、先进值比较趋势图

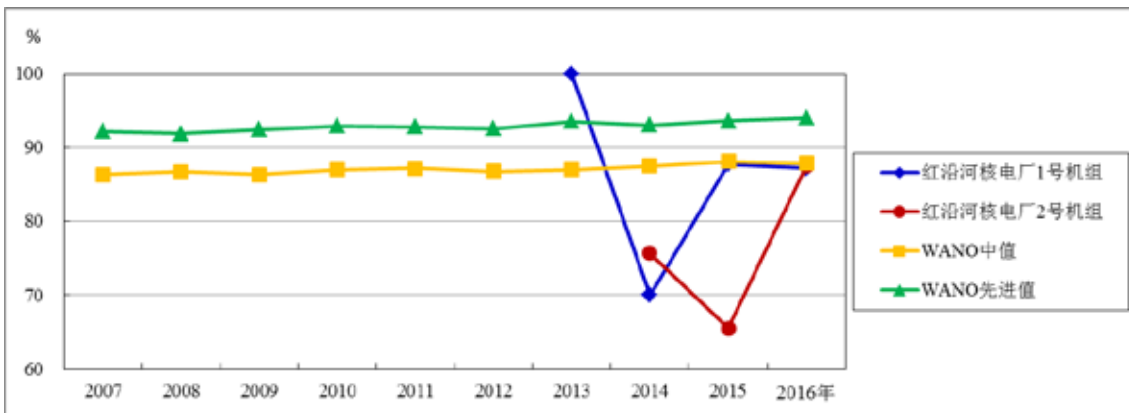


图 2.1.3-9 2013-2016 年红沿河核电厂 1、2 号机组能力因子与 WANO 中值、先进值比较趋势图

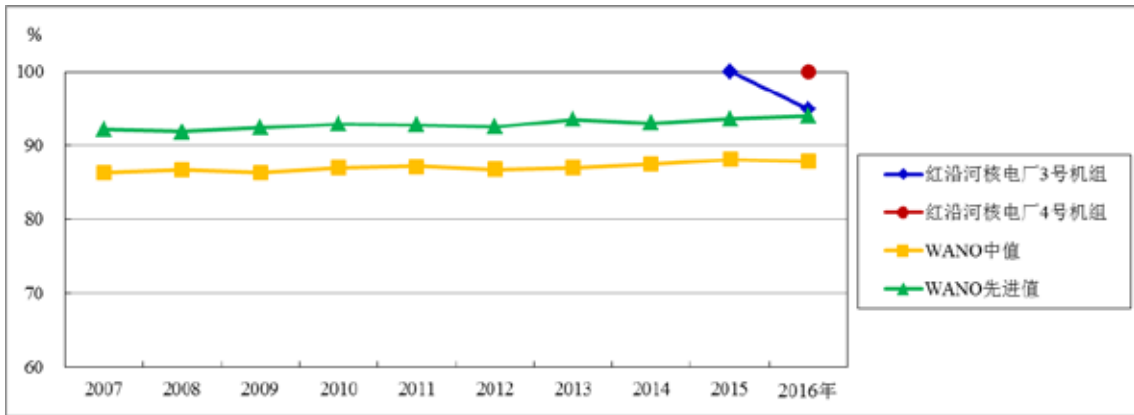


图 2.1.3-10 2015-2016 年红沿河核电厂 3、4 号机组能力因子与 WANO 中值、先进值比较趋势图

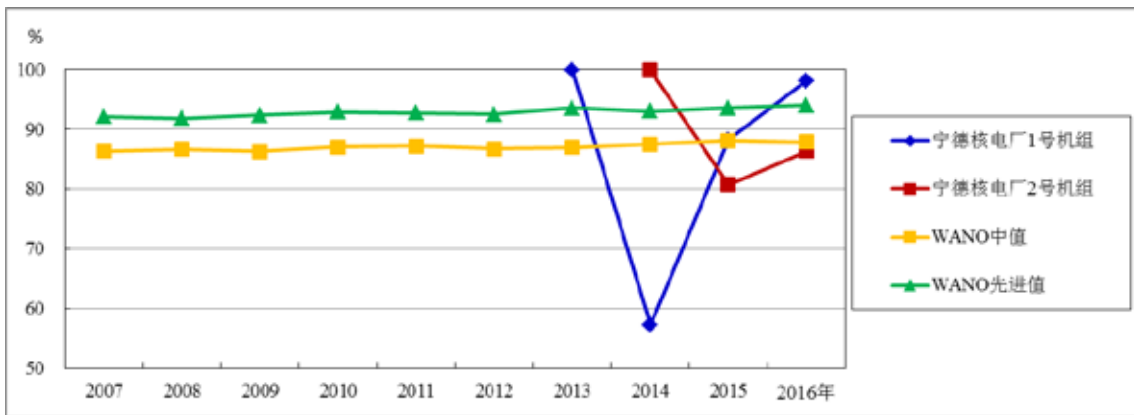


图 2.1.3-11 2013-2016 年宁德核电厂 1、2 号机组能力因子与 WANO 中值、先进值比较趋势图

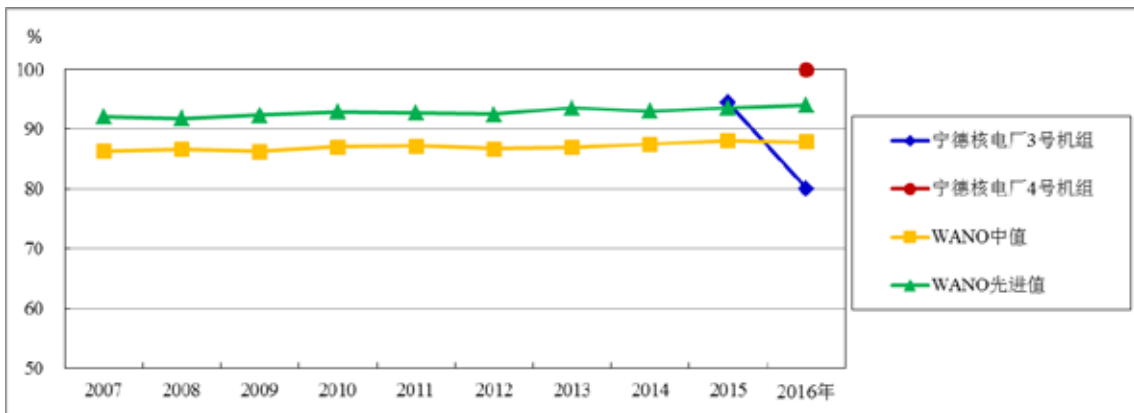


图 2.1.3-12 2015-2016 年宁德核电厂 3、4 号机组能力因子与 WANO 中值、先进值比较趋势图



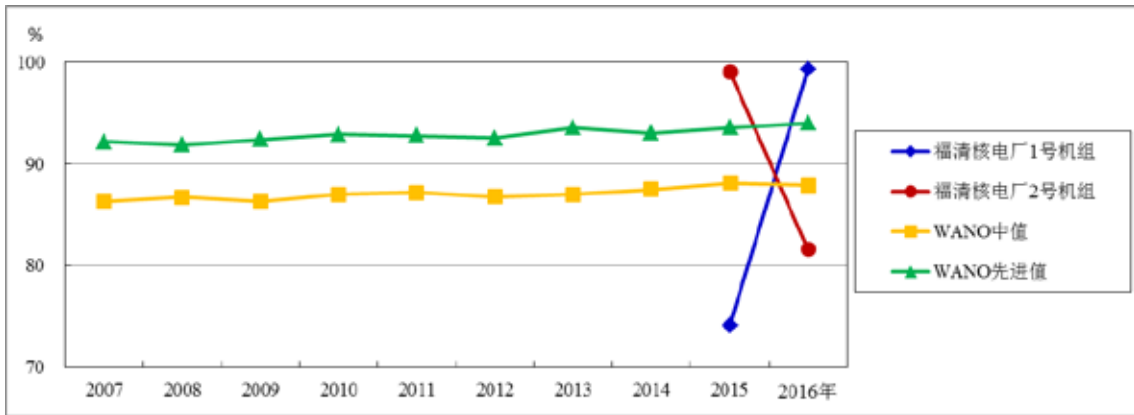


图 2.1.3-13 2015-2016 年福清核电站 1、2 号机组能力因子与 WANO 中值、先进值比较趋势图

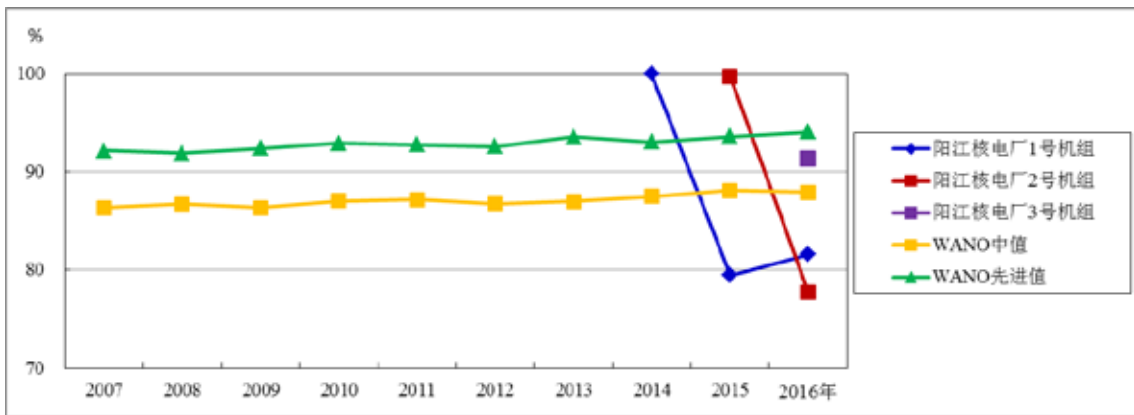


图 2.1.3-14 2014-2016 年阳江核电站 1-3 号机组能力因子与 WANO 中值、先进值比较趋势图

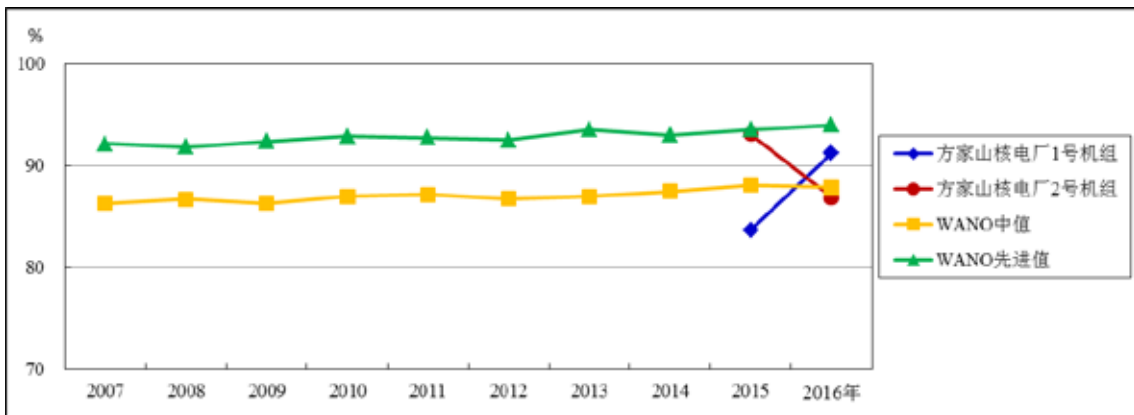


图 2.1.3-15 2015-2016 年方家山核电站 1、2 号机组能力因子与 WANO 中值、先进值比较趋势图

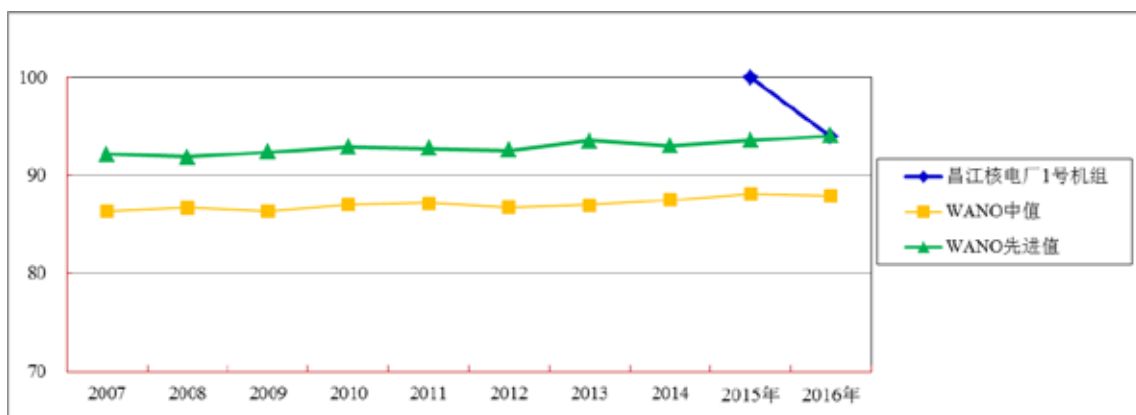


图 2.1.3-16 2015-2016 年昌江核电站 1 号机组能力因子与 WANO 中值、先进值比较趋势图

#### 2.1.4 机组运行曲线

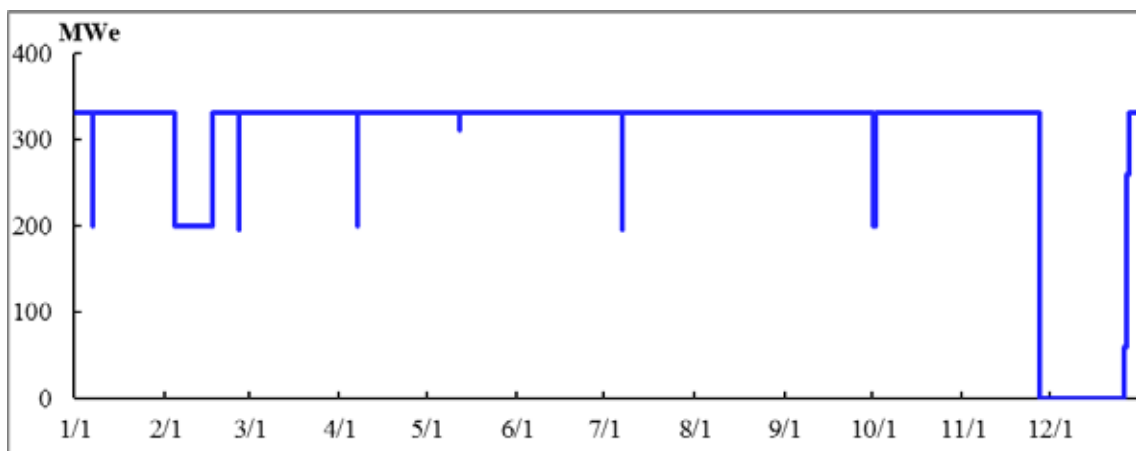


图 2.1.4-1 2016 年秦山核电站机组功率曲线图

说明：

- (1) 2 月 4 日至 7 日，机组应电网要求降功率至 200MWe 运行。
- (2) 2 月 26 日，机组短时降功率至 195MWe 处理 EH 油系统的 EHY-66V 阀前活结漏油缺陷。
- (3) 5 月 12 日，机组短时降功率至 310MWe 处理 3 号调门缺陷。
- (4) 10 月 1 日至 2 日，机组应电网要求降功率至 200MWe 运行。
- (5) 11 月 27 日至 12 月 26 日，机组进行了第 17 次换料大修。
- (6) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

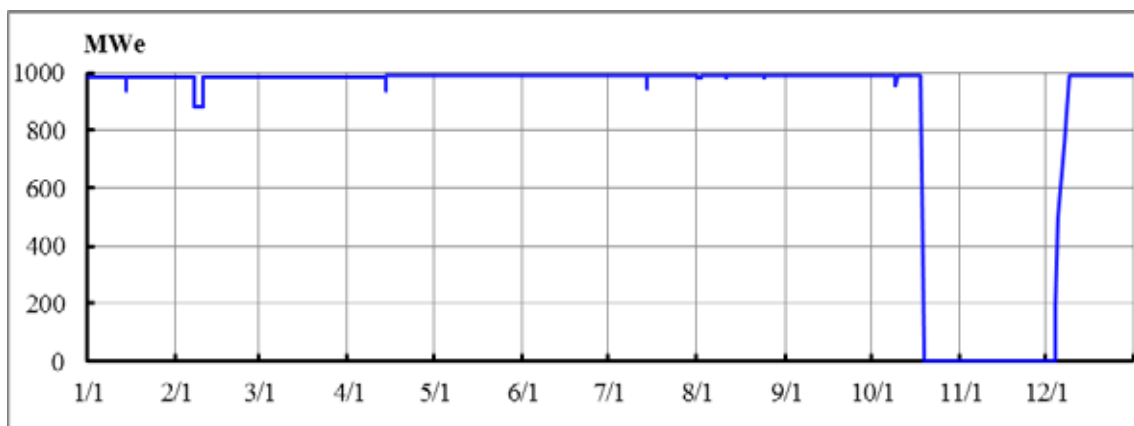


图 2.1.4-2 2016 年大亚湾核电站 1 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 2月7日至2月10日，机组应电网要求降功率至880MWe运行。
- (2) 8月1日至8月2日，机组降功率至982MWe带压堵漏处理1GSS105DI泄漏；11日，降功率至982MWe安装卡子处理1GSS110PO盘根处渗漏。
- (3) 8月24日，机组短时降功率至982MWe执行RPN12功率量程系数周期性校核试验。
- (4) 10月19日至12月4日，机组进行了第18换料大修。
- (5) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

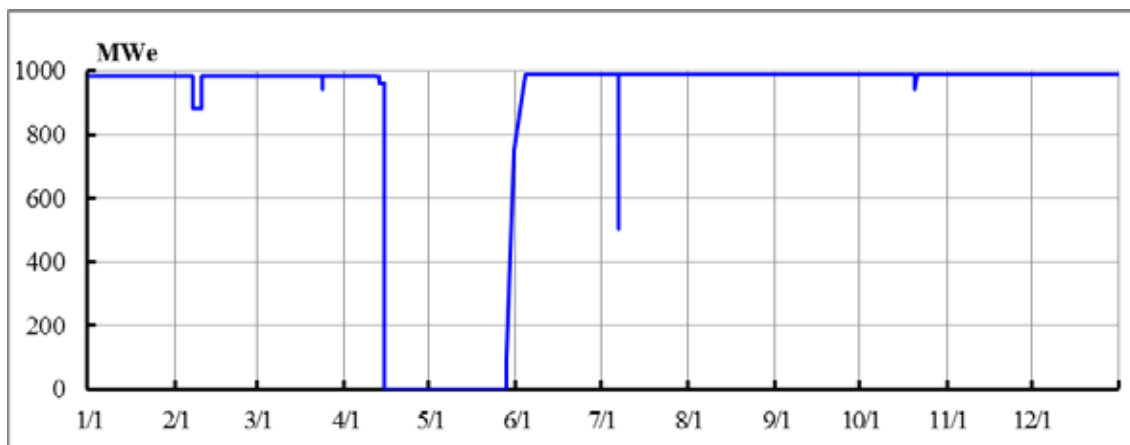


图 2.1.4-3 2016 年大亚湾核电站 2 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 2月7日至10日，机组应电网要求降功率至880MWe运行。
- (2) 3月24日，机组降功率至960MWe/940MWe执行PT2GRE001/002及2GSS107VV试验。
- (3) 4月12日至13日，机组略降功率执行阀门扰动试验。

(4) 4月13日,因2GSE002VV 阀门异常关闭,机组降功率至960MWe更换阀门模块,处理缺陷。

(5) 4月15日至5月28日,机组进行了第18换料大修。

(6) 7月7日、9月5日、10月20日,机组多次降功率,分别执行2RGL004 试验、RPN12 功率量程系数周期校刻试验、PT2GRE001/002/D2VVP 安全阀校验试验。

(7) 11月24日,机组略降功率通过阀门校验处理2ACO207VL 调节异常。

(8) 其他时间的机组功率下降,均为进行汽机试验的功率下降。

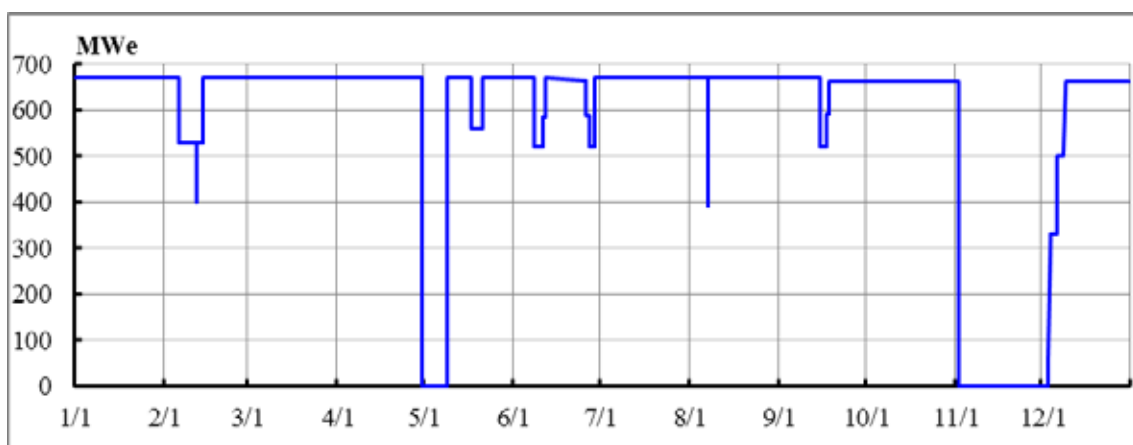


图 2.1.4-4 2016 年秦山第二核电厂 1 号机组功率曲线图

说明:

(1) 2月6日至13日,机组应电网要求降功率至528MWe运行。

(2) 4月30日至5月9日,机组应电网要求停机进行消缺工作。

(3) 5月17日至21日,为配合乔拳5434线停役检修,机组降功率至560MWe运行。

(4) 6月8日,机组应电网要求降功率至520MWe运行;11日升功率至585MWe运行;12日升至满功率运行。

(5) 6月26日,为配合乔由5433线检修,机组降功率至589MWe运行;27日降功率降至520MWe运行;29日升至满功率运行。

(6) 9月15日,机组应电网要求降功率至520MWe运行;17日,升功率至591MWe运行;18日,升功率至662MWe运行。

(7) 11月2日至12月4日,机组进行了第13换料大修。

(8) 其他时间的机组功率下降,均为进行汽机试验的功率下降。

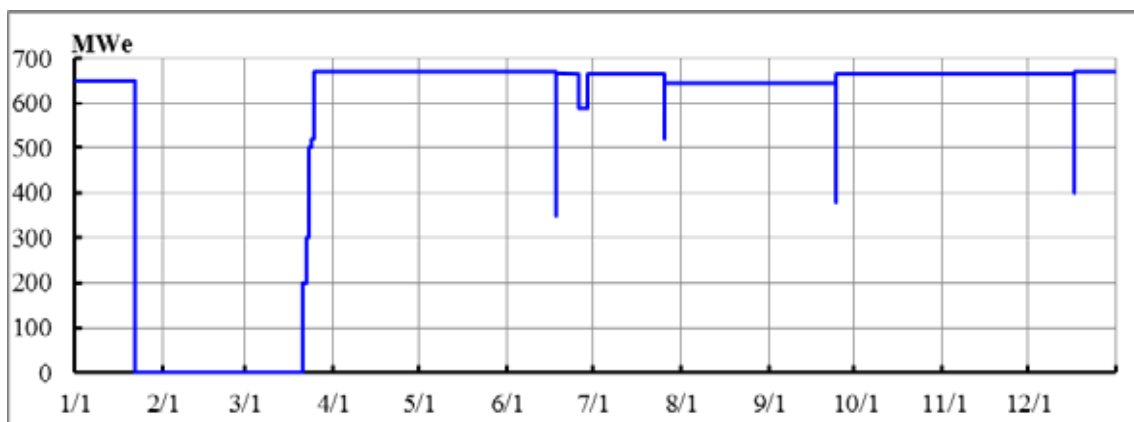


图 2.1.4-5 2016 年秦山第二核电厂 2 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 1 月 22 日至 3 月 21 日，机组进行了第 11 换料大修。
- (2) 6 月 26 日至 29 日，为配合乔由 5433 线检修，机组降功率至 589MWe 运行。
- (3) 7 月 26 日，为处理 4 号调门 2GRE004VV 限位反馈波动缺陷，机组降功率至 520MWe 运行。
- (4) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

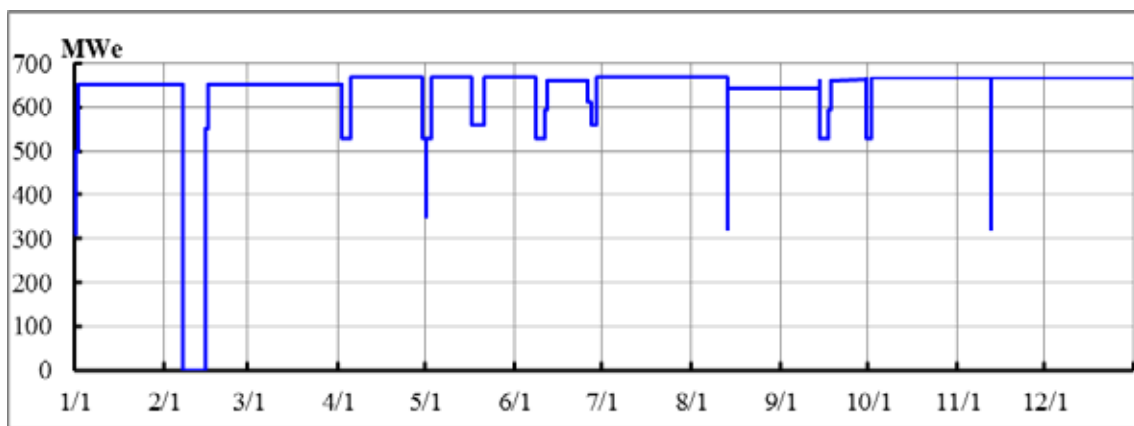


图 2.1.4-6 2016 年秦山第二核电厂 3 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 2015 年 12 月 31 日，因处理主给水泵 3APA101PO、3APA301PO 相继出现轴承温度高，机组降功率至 310MWe 运行；2016 年 1 月 1 日，主给水泵再鉴定合格后，升功率至 500MWe 运行；1 月 2 日，升至满功率运行。
- (2) 2 月 7 日至 15 日，机组应电网要求解列停机。
- (3) 4 月 2 日至 5 日，4 月 30 日至 5 月 3 日，机组应电网要求降功率至 528MWe 运行。
- (4) 5 月 17 日至 21 日，为配合乔拳 5434 线停役检修，机组降功率至 560MWe 运行。
- (5) 6 月 8 日，机组应电网要求降功率至 528MWe 运行；11 日，升功率至

594MWe 运行；12 日，升至满功率运行。

(6) 6 月 26 日，为配合乔由 5433 线检修，机组降功率至 610MWe 运行；27 日，降功率至 560MWe 运行；29 日，升至满功率运行。

(7) 9 月 14 日，机组应电网要求降功率至 528MWe 运行；17 日，升功率至 594MWe 运行；18 日，升至满功率运行。

(8) 9 月 30 日至 10 月 2 日，机组应电网要求降功率至 528MWe 运行。

(9) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

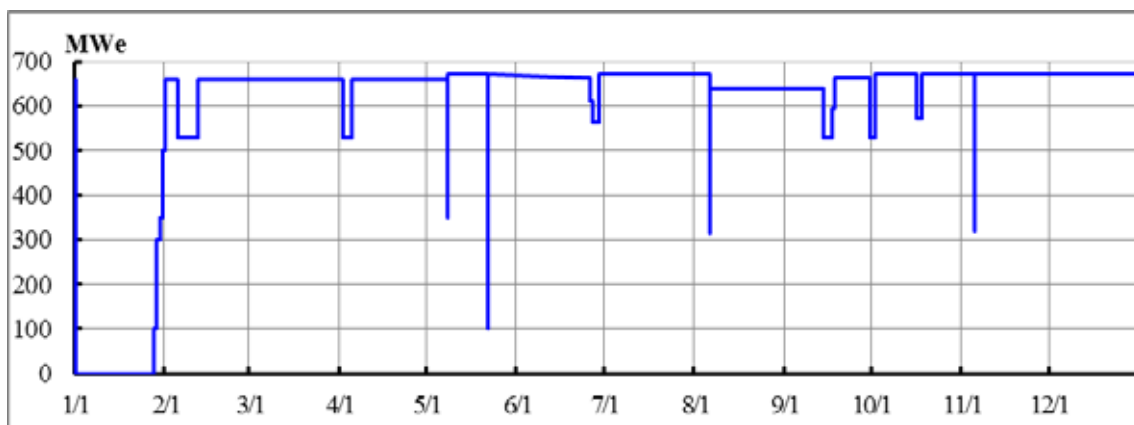


图 2.1.4-7 2016 年秦山第二核电厂 4 号机组功率曲线图

说明：

(1) 1 月 1 日至 28 日，机组进行了第 4 次换料大修。

(2) 2 月 5 日至 12 日，4 月 2 日至 5 日，机组应电网要求降功率至 528MWe 运行。

(3) 5 月 22 日，机组短时降功率至 100MWe 处理 4ARE032VL 故障。

(4) 6 月 26 日，为配合乔由 5433 线检修，机组降功率至 612MWe 运行；27 日，降功率至 562MWe 运行；29 日，升至满功率运行。

(5) 9 月 14 日，机组应电网要求降功率至 528MWe 运行；17 日，升功率至 595MWe 运行；18 日，升至满功率运行。

(6) 9 月 30 日至 10 月 2 日，机组应电网要求降功率至 528MWe 运行。

(7) 10 月 16 日至 18 日，为配合方家山线路检修工作，机组降功率至 570MWe 运行。

(8) 12 月 31 日，机组开始进行第 5 次换料大修。

(9) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

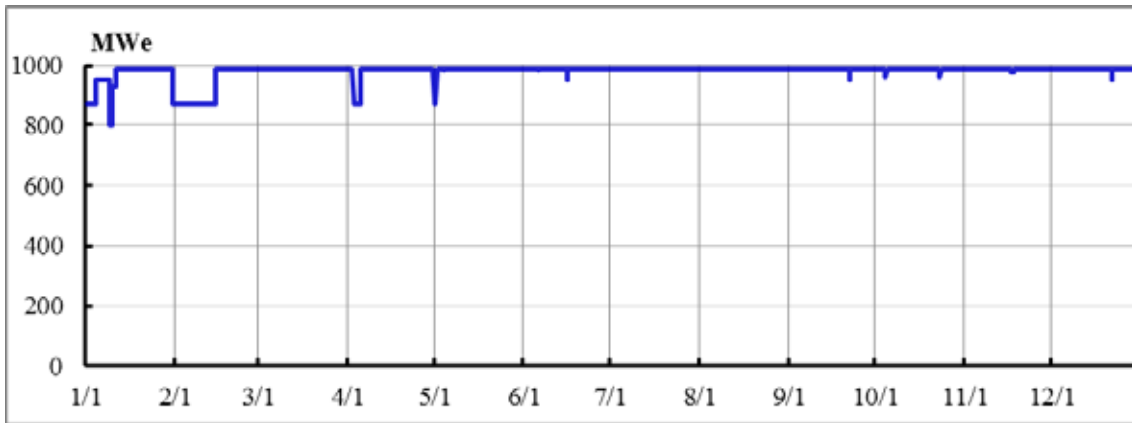


图 2.1.4-8 2016 年岭澳核电站 1 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 2015 年 12 月 31 日至 2016 年 1 月 4 日，机组应电网要求降功率至 870MWe 运行。
- (2) 1 月 9 日，受海洋生物（虾群）影响，1CRF002PO 跳闸，机组降功率至 800MWe 运行，随后重启 1CRF002PO 升功率至 930MWe 运行；11 日，升至满功率运行。
- (3) 1 月 13 日，机组降功率至 987MWe 执行 T1ADG002 试验。
- (4) 1 月 23 日至 26 日，因 1APPB 泵故障，机组非计划自动略降功率。
- (5) 1 月 31 日至 2 月 15 日，机组应电网要求降功率至 870MWe 运行，期间于 2 月 1 日至 6 日按计划隔离 1APA 进行检修。
- (6) 3 月 9 日，机组略降功率执行 1ADG002 试验。
- (7) 4 月 2 日至 3 日，机组应电网要求降功率至 870MWe 运行；5 日，升至满功率。
- (8) 5 月 1 日，机组应电网要求降功率至 870MWe 运行；2 日，升至满功率。
- (9) 5 月 4 日，机组降功率至 985MWe 执行 1ADG001、002 试验。
- (10) 6 月 6 日，机组降功率至 983MWe 对 1APP-B 泵的调速单元加装记录仪。
- (11) 10 月 4 日，机组降功率至 958MWe 更换供油滤网 1GFR162FI。
- (12) 11 月 17 日至 18 日，机组降功率至 975MWe 执行 1RPN12 试验。
- (13) 12 月 21 日，机组略降功率执行 T1RGL002 试验；22 日，降功率至 950MWe 执行 1VVP100-120VV 安全阀压力整定试验。
- (14) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

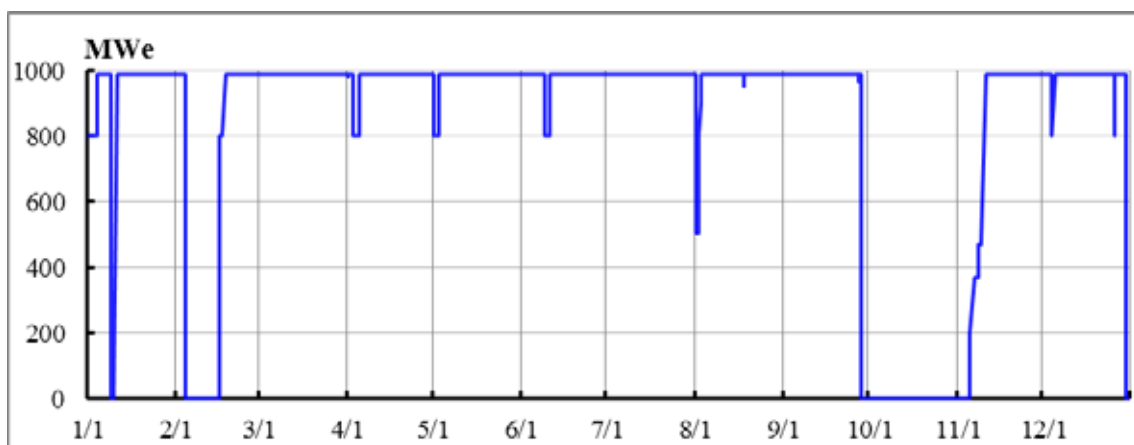


图 2.1.4-9 2016 年岭澳核电站 2 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 1 月 1 日至 4 日，机组应电网要求降功率至 800MWe 运行。
- (2) 1 月 9 日至 1 月 10 日，受海生物（虾群）影响，2CRF001/002 跳闸，机组非计划自动停机停堆。
- (3) 2 月 4 日至 16 日，机组应电网要求解列停机。
- (4) 4 月 1 日，机组略降功率执行 T2ADG002 试验。
- (5) 4 月 3 日至 5 日，5 月 1 日至 3 日，6 月 9 日至 11 日，机组应电网要求降功率至 800MWe 运行。
- (6) 8 月 1 日至 2 日，台风“妮妲”期间，机组应电网要求降功率至 505MWe 运行；2 日，升至 800MWe 运行；3 日，升至满功率运行。
- (7) 9 月 27 日，因 2GRE403GD 异常，机组短时降功率至 963MWe 运行。
- (8) 9 月 28 日至 11 月 5 日，机组进行了第 13 换料大修。
- (9) 11 月 7 日至 9 日，机组降功率至 370MWe/472MWe 处理 2APPB 泵故障及 2APA002FI 滤网压差高。
- (10) 12 月 4 日至 5 日，机组应电网要求降功率至 800MWe 运行。
- (11) 12 月 26 日，机组应电网要求降功率至 800MWe 执行 2APP-B 泵扰动试验。
- (12) 12 月 30 日，机组应应电网要求停机备用。
- (13) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。



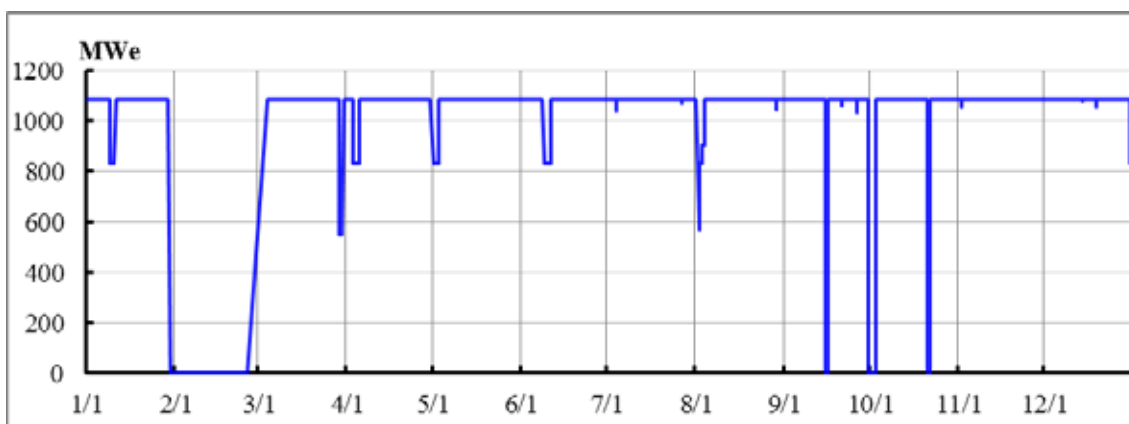


图 2.1.4-10 2016 年岭澳核电站 3 号机组功率曲线图

说明：

(1) 1 月 9 日至 11 日，受海生物（虾群）影响，3CRF002PO 跳闸，机组降功率至 833MWe 运行。

(2) 1 月 30 日至 2 月 26 日，机组进行了第 6 换料大修。

(3) 3 月 14 日 /15 日 /29 日，机组短时降功率至 1062MWe/1062/550MWe 执行 T3GRE001/002 试验、T3GRE001 试验、3RGL004 灰棒棒位曲线标定试验；3 月 9 日 /30 日，短时略降功率执行 T3RGL002、T3GRE002 中压阀带负荷试验。

(4) 4 月 3 日，机组降功率至 833MWe；5 日，升至满功率运行。

(5) 5 月 1 日至 3 日，机组应电网要求降功率至 833MWe 运行。

(6) 6 月 1 日 /12 日 /29 日，机组短时降功率至 1075MWe/1050MWe 执行 T3RGL002、T3GRE001/002 试验。

(7) 6 月 9 日至 11 日，机组应电网要求降功率至 833MWe 运行。

(8) 7 月 4 日 /27 日，机组分别降功率至 1067MWe/1042MWe/1069MWe 执行 T3GRE002/001、T3RGL002 试验。

(9) 8 月 1 日至 2 日，台风“妮姐”期间，机组应电网要求降功率至 572MWe 运行；2 日，升功率至 833MWe 运行；3 日，升功率至 905MWe 运行；4 日，升至满功率运行。

(10) 9 月 15 日，机组应电网要求停机备用。

(11) 9 月 30 日至 10 月 3 日，机组应电网要求停机。

(12) 11 月 2 日，机组非计划短时降功率至 1055MWe 通过回装紧固处理 3SAR079VA 阀芯脱落问题。

(13) 11 月 16 日 /21 日，机组降功率至 1076MWe/1071MWe/1047MWe 执行 T3RGL002 试验、T3GRE001/002 试验。

(14) 11 月 19 日 /24 日，机组降功率至 1069MWe/1073MWe/1030MWe 执行 T3RGL002、T3GRE002、3VVP 安全阀整定试验。

(15) 11 月 21 日，台风“海马”期间，机组应电网要求停机备用；11 月 22 日，重新并网升至满功率运行。

(16) 12 月 14 日，机组降功率至 1083MWe 执行 T3RGL002 试验。

(17) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

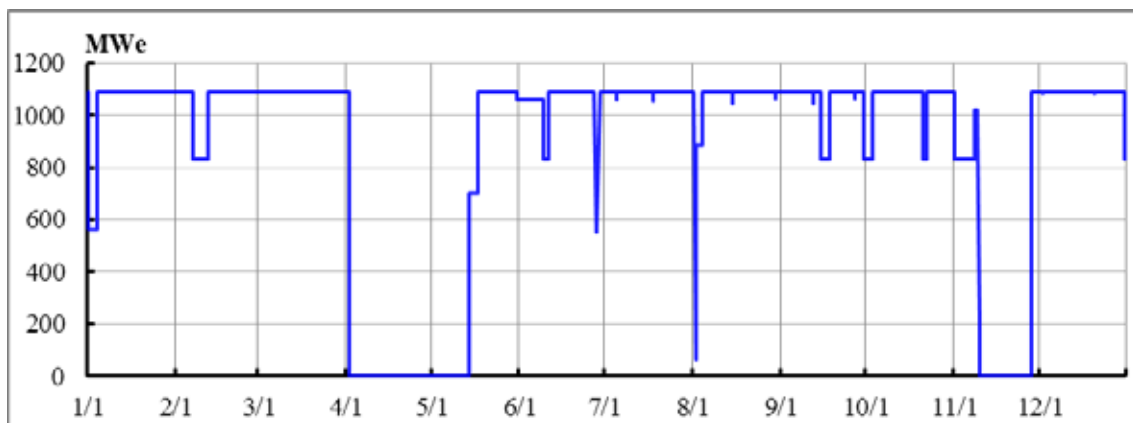


图 2.1.4-11 2016 年岭澳核电站 4 号机组功率曲线图

说明：

(1) 1 月 1 日至 4 日，机组应电网要求降功率至 833MWe 运行。

(2) 1 月 4 日 /12 日 /19 日 /26 日，机组短时略降功率执行 T4GRE001 或 T4GRE002 或 T4RGL002 试验。

(3) 2 月 7 日至 12 日，机组应电网要求降功率至 833MWe 运行。

(4) 2 月 18 日 /23 日，短时略降功率执行 T4RGL002、T4GRE002 试验。

(5) 3 月 8 日 /22 日，机组短时降功率至 1068MWe/1083MWe 执行 T4GRE001、T4GRE002 试验；3 月 15 日 /31 日，短时略降功率执行 T4RGL002、4AHP/GSS 试验。

(6) 4 月 2 日至 5 月 14 日，机组进行了第 5 次换料大修。

(7) 5 月 31 日，机组降功率至 1039MWe 平台对 4AHP017SN 故障进行处理。

(8) 6 月 9 日至 11 日，机组应电网要求降功率至 833MWe 运行；11 日，升至满功率。

(9) 6 月 7 日 /20 日 /28 日，机组短时降功率至 1038MWe/1040MWe/550MWe 执行 T4RGL002、T4GRE001/002、4RGL04 灰棒棒位曲线标定试验。

(10) 7 月 5 日 /18 日，机组降功率至 1059MWe/1071MWe/1053MWe 执行 T4RGL002、T4GRE001/002 试验。

(11) 8 月 1 日至 2 日，台风“妮妲”期间，机组应电网要求降功率至 66MWe 运行；

4 日，升至满功率运行。

(12) 8 月 30 日，短时降功率至 1065MWe 执行 T4RGL002 试验。

(13) 9 月 12 日 /27 日，机组分别降功率至 1065MWe/1043MWe/1066MWe 执行 T4GRE001/002、T4RGL002 试验。

(14) 9 月 15 日至 18 日，机组应电网要求降功率至 833MWe 运行；30 日，应电网要求，降功率至 833MWe 运行。

(15) 11 月 9 日至 11 月 28 日，机组应电网要求停机备用。

(16) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

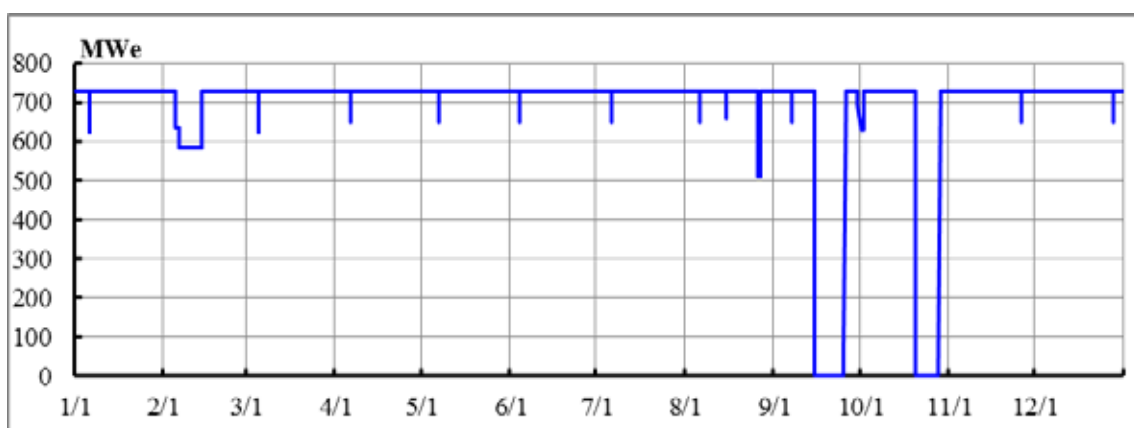


图 2.1.4-12 2016 年秦山第三核电厂 1 号机组功率曲线图

说明：

(1) 2 月 5 日至 14 日，机组应电网要求降功率至 659MWe 运行。

(2) 8 月 15 日，因 2 号主给水泵非驱动端机械密封漏水，机组短时降功率至 658MWe，执行主给水泵的切换。

(3) 8 月 26 日，为处理 2 号 CCW 泵盘根密封水入口管线漏水缺陷，机组降功率至 510MWe，缺陷处理完成后于 27 日升至满功率运行。

(4) 9 月 15 日至 25 日，因 6.3kV 公用段供电变压器故障跳闸导致部分负荷低电压跳闸，机组停机停堆进行小修；26 日，升至满功率运行。

(5) 9 月 30 日，机组根据电网要求降功率至 612MWe 运行。10 月 1 日，降功率至 630MWe，2 日升至满功率运行。

(6) 10 月 20 日至 28 日，因反应堆厂房氙水平异常上升，机组停堆进行小修。

(7) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

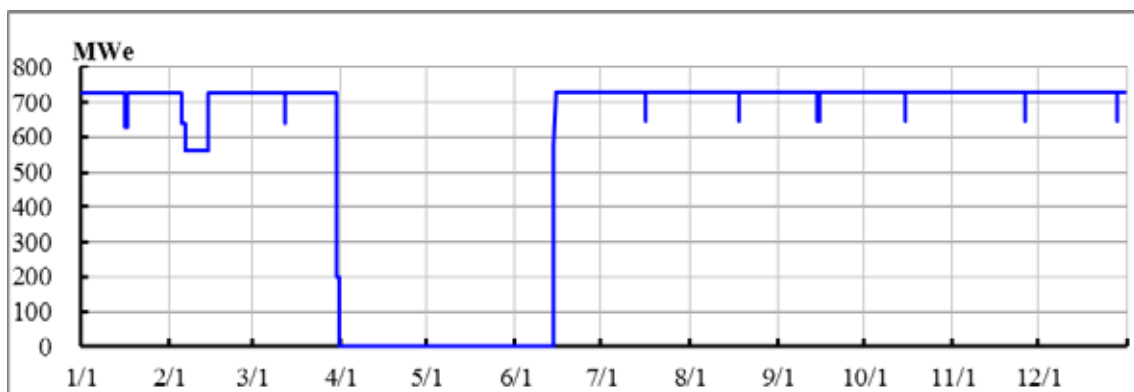


图 2.1.4-13 2016 年秦山第三核电厂 2 号机组功率曲线图

说明：

(1) 2 月 5 日，机组应电网要求降功率至 662MWe 运行；6 日，降功率至 604MWe；14 日，升至满功率运行。

(2) 3 月 31 日至 6 月 14 日，机组进行了第 8 次大修。

(3) 9 月 15 日至 18 日，机组应电网要求降功率至 626MWe 运行。

(4) 12 月 4 日 2:11，因 CCW 泵受损，机组开始降堆功率至 95%，随后停运 2#CCW 泵和隔离凝汽器 1B 水室，3:11 开始升堆功率至 100% 运行。

(5) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

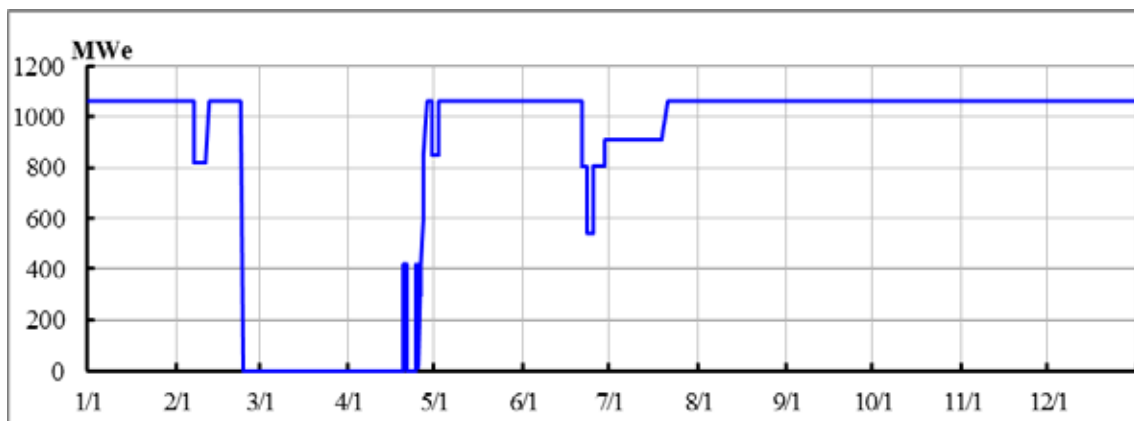


图 2.1.4-14 2016 年田湾核电厂 1 号机组功率曲线图

说明：

(1) 2 月 5 日至 14 日，机组应电网要求降功率至 820MWe 运行。

(2) 2 月 24 日至 4 月 27 日，机组进行了第 9 次换料大修。

(3) 4 月 30 日至 5 月 2 日，机组应电网要求降功率至 848MWe 运行。

(4) 6 月 21 日，根据 5215 线路停运期间两台机组功率控制方案，机组降功率至 806MWe 运行；23 日，因 5216 线路 A 相接地故障，分相电流差动和高频距离保护动作，

降功率至 540MWe 运行；29 日，5216 线路恢复运行后，升功率至 910MWe 运行。

（5）7 月 2 日至 23 日，受一回路放射性碘活度升高影响，机组逐步提升功率至满功率运行。

（6）其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

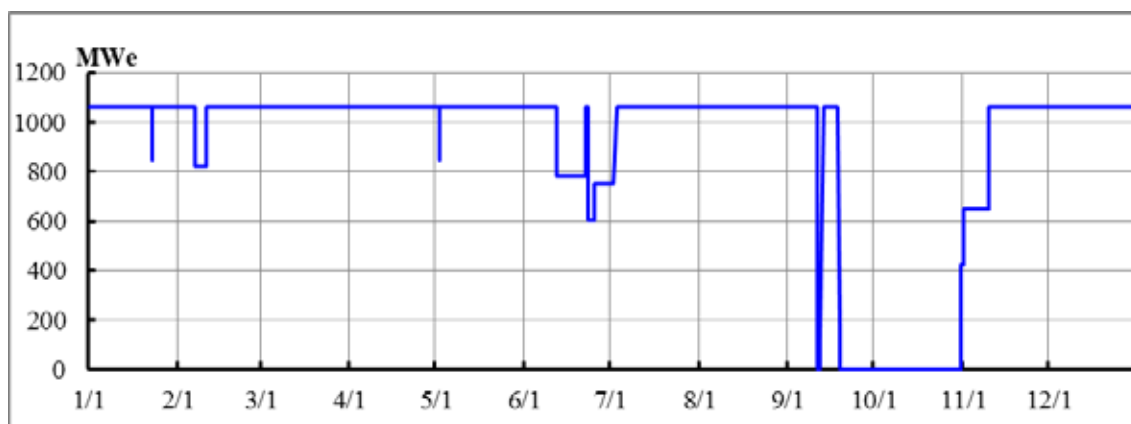


图 2.1.4-15 2016 年田湾核电厂 2 号机组功率曲线图

说明：

（1）1 月 23 日，主控出现一系列 AP 机柜故障报警，同时 1 号蒸汽发生器相关参数失去显示，导致其给水流量和液位波动，引发 PP-1 动作，机组降功率至 837MWe 运行。

（2）2 月 7 日至 11 日，机组应电网降功率至 820MWe 运行。

（3）6 月 12 日至 22 日，为配合田盐 5215 线停运，机组降功率至 780MWe 运行；6 月 23 日，因 5216 线路 A 相接地故障，分相电流差动和高频距离保护动作，降功率至 604MWe；线路恢复后，升功率至 750MWe 运行；7 月 2 日，升至满功率运行。

（4）9 月 11 日至 12 日，因维修现场搭设脚手架人员在工作过程中误踩 2MAX52AA502 阀门开启，造成汽轮机甩负荷并最后导致反应堆停堆信号 AA14 保护动作，机组停堆。

（5）9 月 19 日至 10 月 31 日，机组进行了第 9 次换料大修。

（6）11 月 1 日至 10 日，因田伊 5217 线停运检修，受线路限制，机组保持 650MWe 运行，之后升至满功率运行。

（7）其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

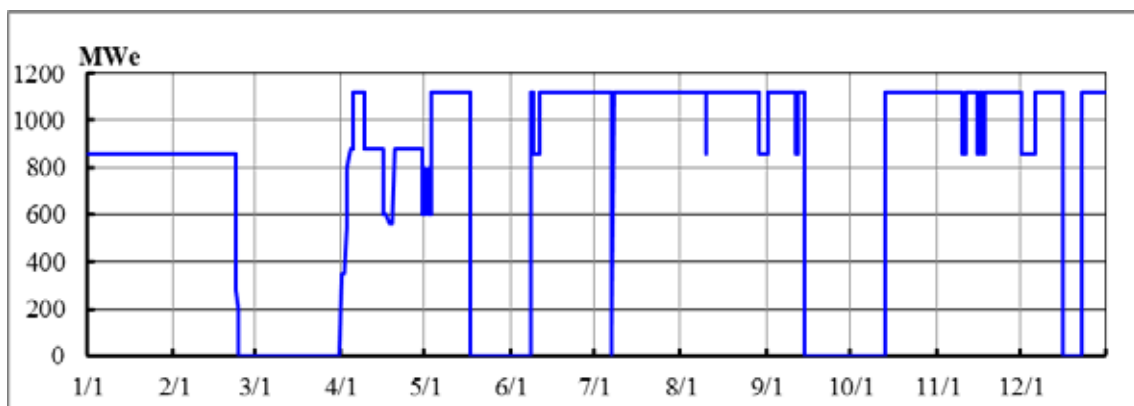


图 2.1.4-16 2016 年红沿河核电厂 1 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 1 月 1 日至 2 月 23 日，机组应电网要求降功率至 860MWe 运行。
- (2) 2 月 23 日至 3 月 31 日，机组进行了第 3 次换料大修。
- (3) 4 月 9 日，为配合 4 号机组调试工作，机组降功率至 880MWe 运行。
- (4) 4 月 16 日至 17 日，机组应电网要求短时降功率至 600MWe 运行；18 日至 19 日，应电网要求短时降功率至 560MWe 运行；30 日，应电网要求短时降功率至 600MWe；5 月 3 日，升至满功率运行。
- (5) 5 月 17 日至 6 月 8 日，机组应电网要求进入临停阶段。
- (6) 6 月 9 日至 11 日，8 月 10 日、8 月 29 日至 9 月 1 日，机组降功率至 860MWe 运行。
- (7) 9 月 14 日至 10 月 13 日，机组应电网要求进入临停阶段。
- (8) 11 月 10 日 /13 日 /15 日 /17 日，机组应电网要求降功率至 860MWe 运行。
- (9) 12 月 1 日至 6 日，机组降功率至 860MWe 运行。
- (10) 12 月 16 日至 23 日，机组因 1GRH116MT 故障停机进行检修。
- (11) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

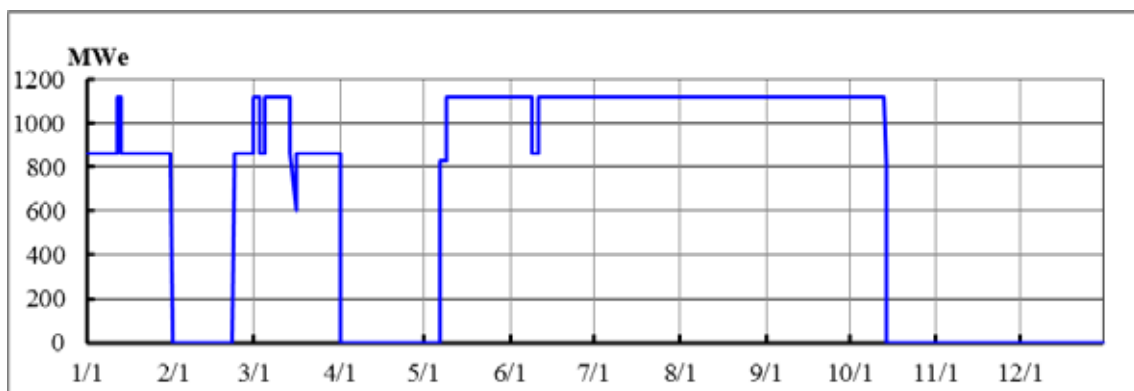


图 2.1.4-17 2016 年红沿河核电厂 2 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 1月13日，机组降功率至860MWe运行。
- (2) 2月1日至22日，机组应电网要求停机备用。
- (3) 3月3日至5日，机组应电网要求降功率至860MWe运行；14日至16日，应电网要求降功率运行，最低降至600MWe；17日至31日，应电网要求维持功率在860MWe运行。
- (4) 4月1日至5月7日，机组进入季节性临停阶段。
- (5) 6月9日至11日，机组降功率至860MWe。
- (6) 11月16日，机组开始进行第2次换料大修，截止12月底大修仍在进行中。
- (7) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

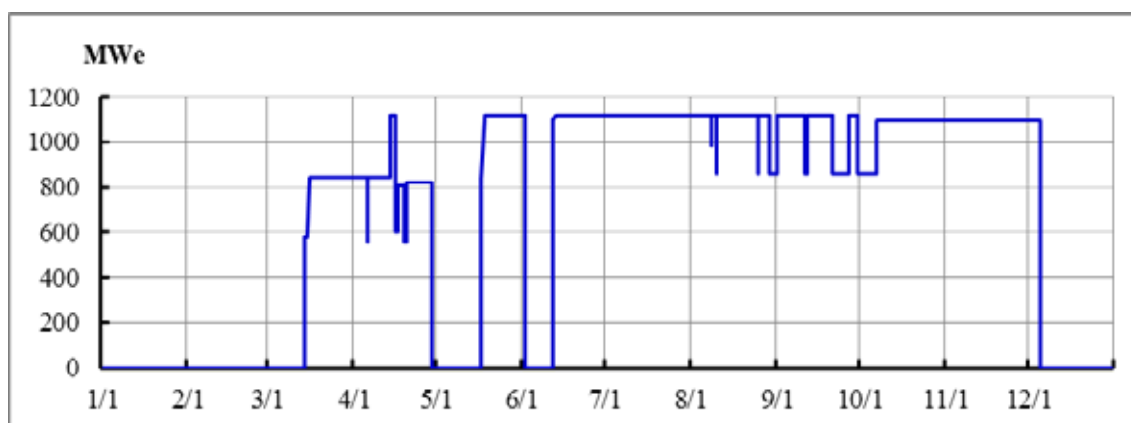


图 2.1.4-18 2016 年红沿河核电厂 3 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 1月、2月持续保持季节性停运状态，3月14日重新并网。
- (2) 2月6日，为配合1号机组执行满功率平台试验，机组短时降至560MWe运行；4月14日，升至满功率运行。
- (3) 4月16日至4月17日，机组应电网要求短时降功率至600MWe运行；19日至20日，短时降功率至560MWe运行。
- (4) 4月29日至5月17日，6月2日至12日，机组进入季节性临停阶段。
- (5) 8月8日，因执行T3GRE001试验期间3GRE003VV未能快速全关，机组短时降功率运行。
- (6) 8月10日，机组应电网要求降功率至860MWe。
- (7) 8月25日，因3CFI032TF压差高4导致3CRF002PO跳闸，机组降功率至860MWe运行。
- (8) 8月29日至9月1日，机组降功率至860MWe运行。

- (9) 9月11日至26日，机组降功率至860MWe进行3APA201PO解体检修工作。
- (10) 9月30日至10月7日，机组应电网要求降功率至860MWe运行。
- (11) 12月5日，机组完成首循环运行后进入临停检修模式。
- (12) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

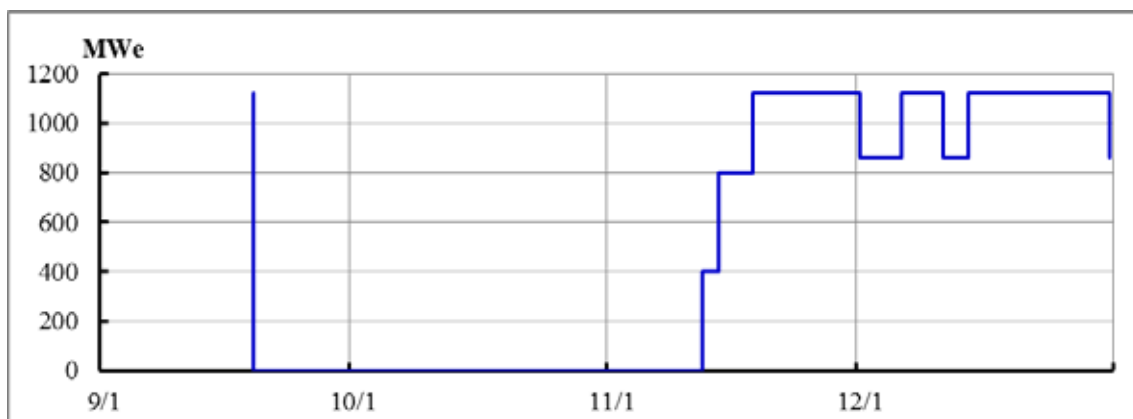


图 2.1.4-19 2016 年红沿河核电厂 4 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 9月19日，机组投入商运，随即应电网要求临停备用；11月12日，机组结束临停，重新并网。
- (2) 12月1日至6日，11日至14日，机组应电网要求降功率至860MWe运行。
- (3) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

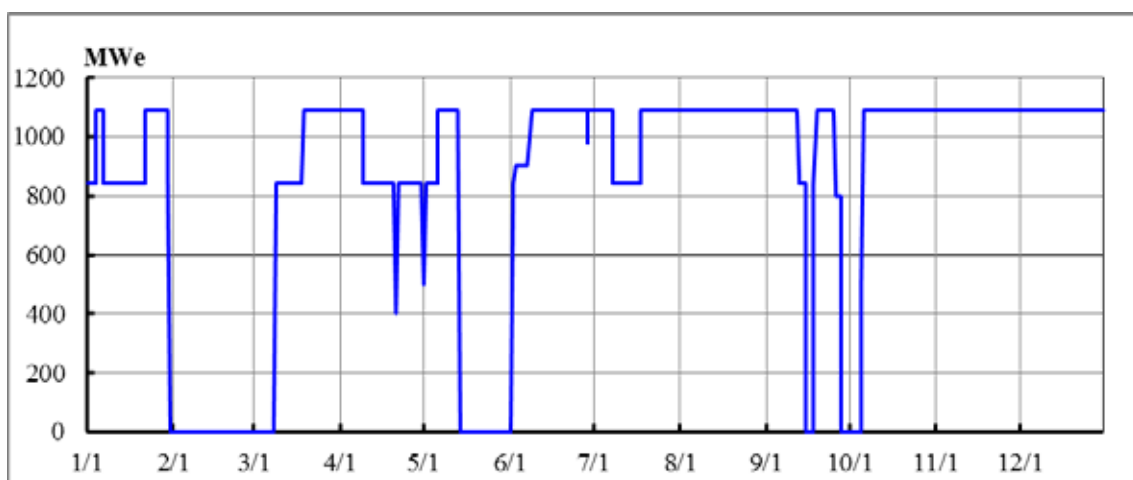


图 2.1.4-20 2016 年宁德核电厂 1 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 1月1日至4日，7日至22日，1月30日至2月1日，机组应电网要求降功率至840MWe运行。
- (2) 2月2日至3月8日，机组应电网要求临停进入热备用状态。



(3) 4月9日至5月6日，机组降功率至840MWe运行，期间于4月20日降功率至400MWe运行；4月30日至5月2日，应电网要求降功率至500MWe运行。

(4) 5月13日至6月2日，机组应电网要求进入热备用状态。

(5) 6月29日，为凌晨配合4号机组调试试验，机组降功率。

(6) 7月8日至18日，台风“尼伯特”期间，机组应电网要求降功率至840MWe运行。

(7) 9月12日至15日，机组应电网要求降功率至840MWe运行。

(8) 9月15日至18日，机组应电网要求调停。

(9) 9月25日至28日，台风“鲇鱼”期间，机组应电网要求降功率至800MWe运行。

(10) 9月28日，因台风“鲇鱼”造成1号机组主变中性点接地连片断裂，机组紧急停机后撤至余热排出系统冷却正常停堆模式（NS/RRA）抢修；10月3日，完成故障处理；10月5日，重新并网升至满功率。

(11) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

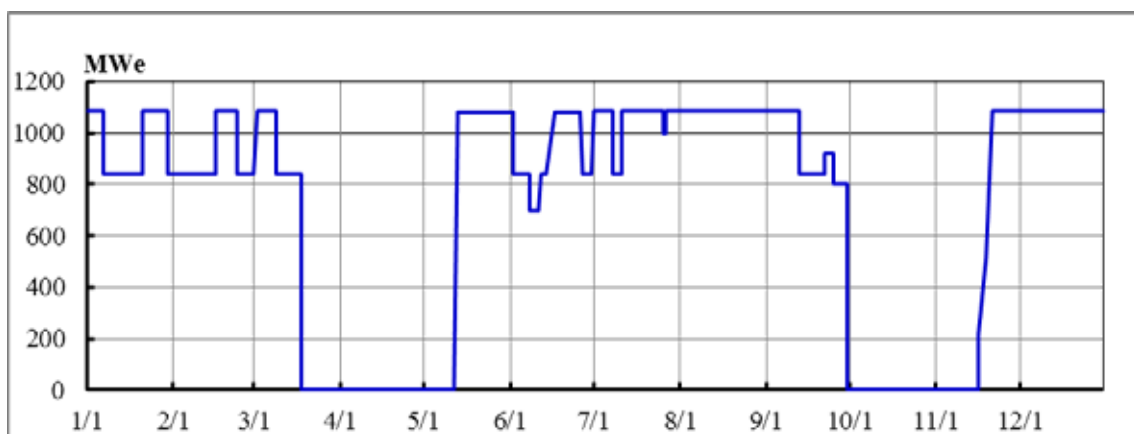


图 2.1.4-21 2016 年宁德核电厂 2 号机组功率曲线图

说明：

(1) 1月7日至21日，1月30日至2月16日，2月24日至3月2日，3月9日至18日，机组应电网要求降功率至840MWe运行。

(2) 3月18日至5月13日，机组应电网要求调停进入热备用状态。

(3) 6月2日/27日，机组应电网要求降功率至840MWe运行。

(4) 6月8日至11日，机组降功率至700MWe运行。

(5) 7月8日，机组应电网要求降功率至840MWe运行，7月11日升至满功率。

(6) 9月13日至22日，机组应电网要求降功率至840MWe运行。

(7) 9月25日至30日，受台风“鲇鱼”影响，机组应电网要求降功率至

800MWe 运行。

(8) 9月30日至11月16日，机组进行了第2次换料大修。

(9) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

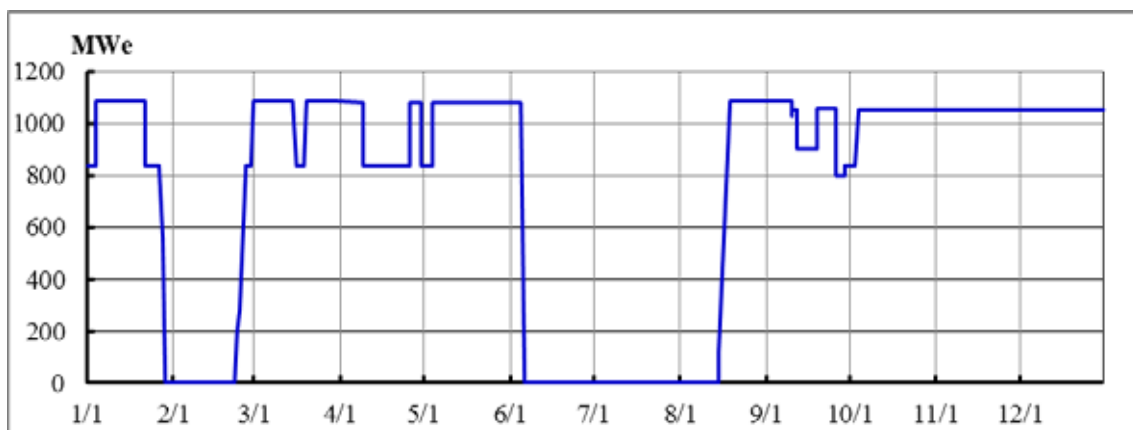


图 2.1.4-22 2016 年宁德核电厂 3 号机组功率曲线图

说明：

(1) 1月21日，为配合4号机主变送电，机组降功率至1050MWe运行。

(2) 1月22日，机组应电网要求，降功率至840MWe运行。

(3) 1月28日至2月23日，机组应电网要求临停备用，期间于2月4日至11日进入余排系统冷却正常停堆模式进行消缺工作。

(4) 3月15日至18日，机组应电网要求降功率至840MWe运行。

(5) 4月9日至26日，机组降功率至840MWe运行，期间于4月20日应电网要求短暂降功率至800MWe。

(6) 4月30日至5月3日，机组应电网要求降功率至840MWe。

(7) 6月6日至8月15日，机组进行了第1次换料大修。

(8) 9月10日，机组降功率至1030MWe执行T3ADG002试验。

(9) 9月12日至19日，机组应电网要求降至900MWe运行。

(10) 9月26日至29日，为配合川榕线路检修，机组降功率至800MWe运行；29日，升功率至840MWe运行。

(11) 10月1日至2日，机组应电网要求降功率至840MWe运行；3日，升功率至1055MWe运行。

(12) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

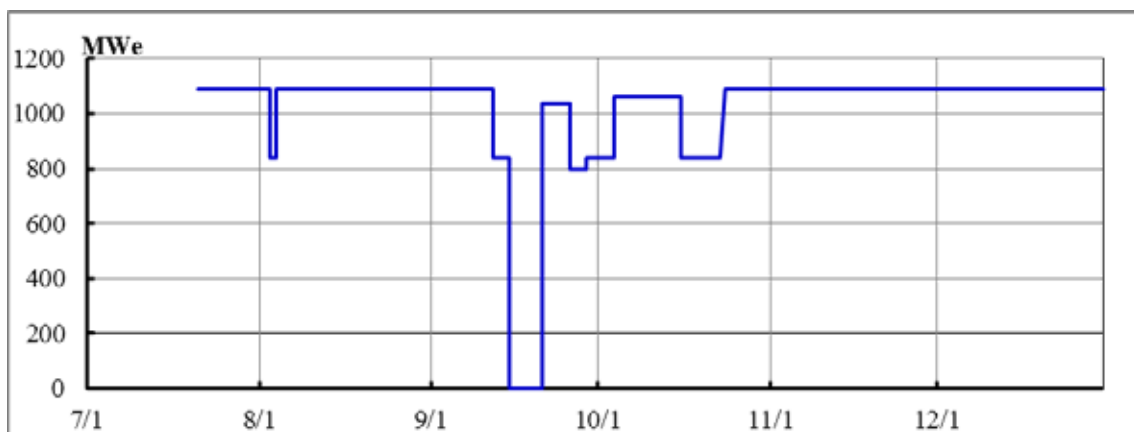


图 2.1.4-23 2016 年宁德核电厂 4 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 7 月 21 日，机组投入商运。
- (2) 8 月 3 日至 4 日，机组因 4CRF001PO 轴封漏水降功率至 840MWe 运行。
- (3) 9 月 12 日至 15 日，机组应电网要求降功率至 840MWe 运行。
- (4) 9 月 15 日至 21 日，机组应电网要求紧急临停检修。
- (5) 9 月 26 日至 29 日，为配合川榕线路检修，机组降功率至 800MWe 运行。
- (6) 9 月 29 日至 10 月 4 日，机组降功率至 840MWe 运行。
- (7) 10 月 16 日至 24 日，机组应电网要求降功率至 840MWe 运行。
- (8) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

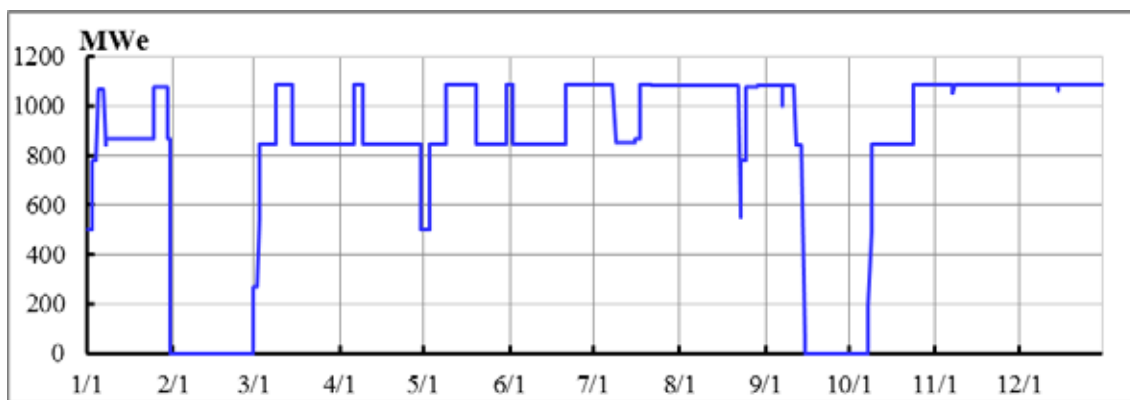


图 2.1.4-24 2016 年福清核电厂 1 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 1 月 1 日至 3 日，机组升功率至 500MWe 运行；3 日至 4 日，升功率至 783MWe 运行；5 日至 7 日，升功率至 1064MWe 运行。
- (2) 1 月 8 日至 25 日，机组应电网要求降功率至 870MWe 运行。
- (3) 2 月 1 日至 3 月 1 日，机组应电网要求停机备用。

- (4) 3月15日至4月6日，机组应电网要求降功率至847MWe运行。
- (5) 4月9日至30日，机组应电网要求降功率至846MWe运行；4月30日至5月3日，应电网要求降功率至500MWe运行。
- (6) 5月20日至31日，6月2日至21日，机组应电网要求降功率至845MWe运行。
- (7) 7月8日至18日，机组应电网要求降功率至850MWe运行。
- (8) 8月23日至25日，因停运循泵检修二次滤网1CRF530FI，机组短时降功率至550MWe，随后升功率至780MWe运行。
- (9) 9月7日，为配合3号机组调试试验，机组降功率至1000MWe运行。
- (10) 9月12日至14日，机组应电网要求降功率至840MWe运行。
- (11) 9月15日至10月8日，机组应电网要求调停。
- (12) 10月9日至24日，机组并网后升功率至845MWe运行。
- (13) 11月7日，为配合2号主变复役，机组短时降功率至1050MWe。
- (14) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

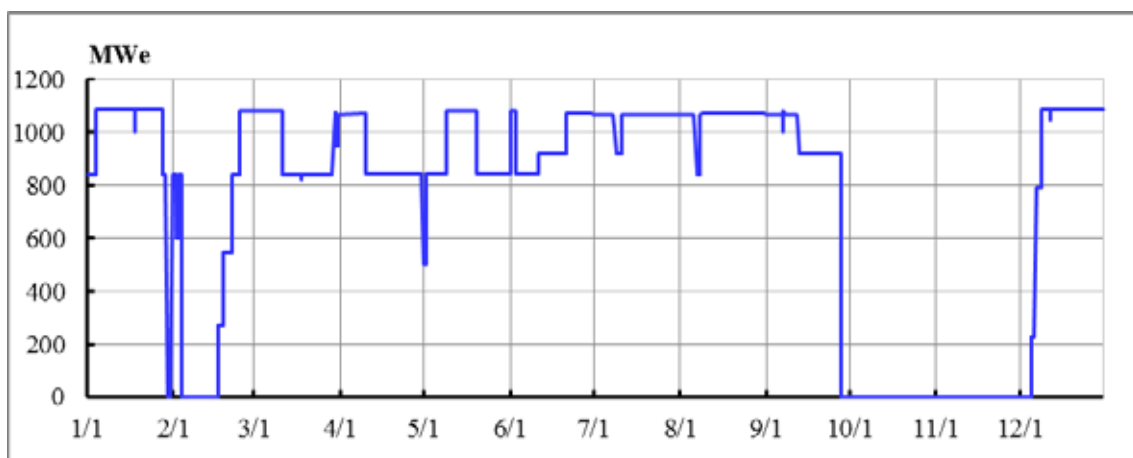


图 2.1.4-25 2016 年福清核电厂 2 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 1月1日至3日，机组应电网要求降功率至500MWe运行。
- (2) 1月30日至31日，机组进入热停堆模式。
- (3) 2月2日至3日，机组应电网要求降功率至600MWe运行；
- (4) 2月4日至17日，机组应电网要求与电网解列，进入调停状态。
- (5) 2月17日至3月11日，机组逐步升功率至1081MWe运行。
- (6) 3月11日至19日，机组应电网要求降功率至840MWe运行。
- (7) 3月29日，机组升功率至1078MWe后，2AHP217VL开始间断性振动，主控阀门开度间断性波动，判断其不可能自稳后，开始降功率至950MWe运行。

(8) 4月10日至30日，机组应电网要求降功率至845MWe运行。

(9) 5月、6月，机组多次应电网要求升、降功率运行。

(10) 7月8日至11日，机组应电网要求降功率至920MWe运行。

(11) 8月6日至8日，因进行APA泵滤网清洗，机组降功率至840MWe。

(12) 9月7日，配合3号机组调试试验，机组短时降功率至1000MWe。

(13) 9月12日至27日，机组应电网要求降功率至920MWe运行。

(14) 9月28日，因2RCV003PO异常跳泵，引起2号机组三台主泵停泵触发反应堆保护信号，自动停堆，机组开始进行第1次换料大修。12月1日，大修顺利结束。

(15) 12月12日，为配合物理进行反应性系数刻度试验，机组降功率至1049MWe，试验完成后升功率至1089MWe运行。

(16) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

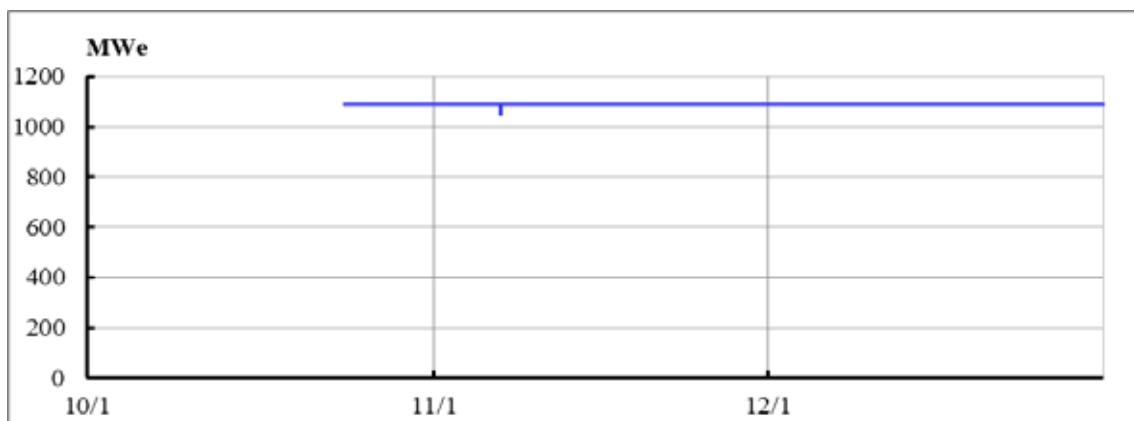


图 2.1.4-26 2016 年福清核电厂 3 号机组功率曲线图

说明：

(1) 10月24日，机组投入商运。

(2) 11月7日，为配合2号主变复役，机组短时降功率至1050MWe。

(3) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

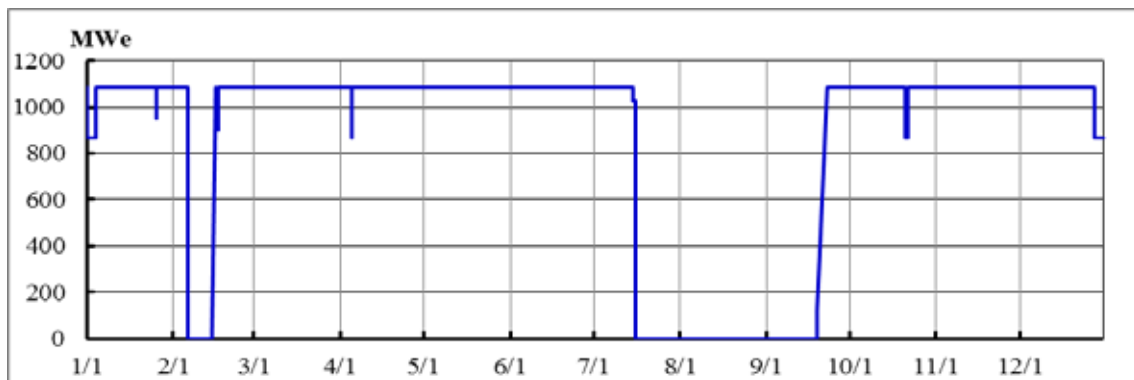


图 2.1.4-27 2016 年阳江核电厂 1 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 1月1日至4日，机组应电网要求降功率至869MWe运行。
- (2) 1月26日，1LGA109和1LGA110开关同时跳闸，为防止反应堆热功率超过允许值，机组降功率运行。
- (3) 2月3日/5日，机组降功率执行T1RGL002定期试验、GSS1303/2303BA排空工作。
- (4) 2月6日至15日，机组应电网要求停堆热备用。
- (5) 3月20日，因1RPN030MA波动大，为防止出现C2信号，机组降功率进行。
- (6) 4月5日，机组应电网要求降功率至869MWe运行。
- (7) 4月10日，因RPN核功率波动过高，机组降功率运行。
- (8) 5月2日/9日/25日，机组降功率执行T1RPB046试验、T1RPB043试验、T1RGL002定期试验。
- (9) 6月15日至17日，由于2ADG除氧，使用9SVA蒸汽，机组降功率运行。
- (10) 6月17日，因汽机转速突降，控制权限切至TCS控制，机组降功率运行。
- (11) 6月23日，机组降功率执行T1RGL002、T1ADG002定期试验。
- (12) 7月16日至9月19日，机组进行了第2次换料大修。
- (13) 10月，机组降功率执行T1ADG002、T1RGL002及1VVP安全阀压力整定等试验。
- (14) 10月21日至22日，“海马”台风期间，机组应电网要求降功率至869MWe运行。
- (15) 11月，机组降功率执行1RGL004/002、T1RPA046/043试验。
- (16) 12月，机组降功率执行T1RGL002、T1ADG002、T1RPB046试验。
- (17) 12月28日至31日，机组按电网要求降功率至869MWe运行。
- (18) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

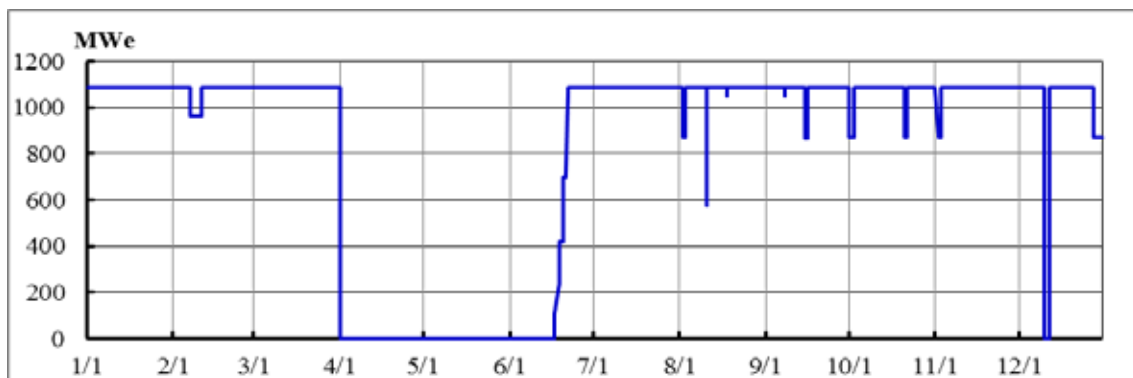


图 2.1.4-28 2016 年阳江核电厂 2 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 2月7日至11日，机组应电网要求降功率至967MWe运行。
- (2) 3月14日，因2RPN020MA波动大，为防止出现C2信号，机组降功率运行。
- (3) 4月1日至6月18日，机组进行了第1次换料大修。
- (4) 6月28日，因除氧器温度压力下降，反应堆热功率上升，机组降功率运行。
- (5) 6月29日，机组降功率执行常规岛热力性能试验。
- (6) 7月，机组降功率执行T2ADG002、RPB043、RPA046、RGL002定期试验。
- (7) 8月，机组降功率执行T2RPA046、T2RGL002、T2ABP005/006、2RGL04等试验。
- (8) 8月2日至3日，台风“妮姐”期间，机组应电网要求降功率至869MWe运行。
- (9) 9月15日至16日，中秋及台风“莫兰蒂”期间，机组应电网要求降功率至869MWe运行。
- (10) 9月，机组降功率执行T2RPB043、RPA046、RGL002、ADG002试验。
- (11) 10月1日至3日，机组应电网要求降功率至869MWe运行。
- (12) 10月21日至22日，台风“海马”期间，机组应电网要求降功率至869MWe运行。
- (13) 10月，机组降功率执行T2RPB046、T2RGL002及2VVP安全阀压力整定等试验。
- (14) 11月2日至3日，机组应电网要求降功率至869MWe运行。
- (15) 11月，机组降功率执行T2RPA043试验。
- (16) 12月10日至12日，机组按计划临停消缺。
- (17) 12月28日至31日，机组按电网要求降功率至869MWe运行。
- (18) 12月，机组降功率执行T2ADG002、T2RPB043、T2RPA046、T2RGL002试验。
- (19) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

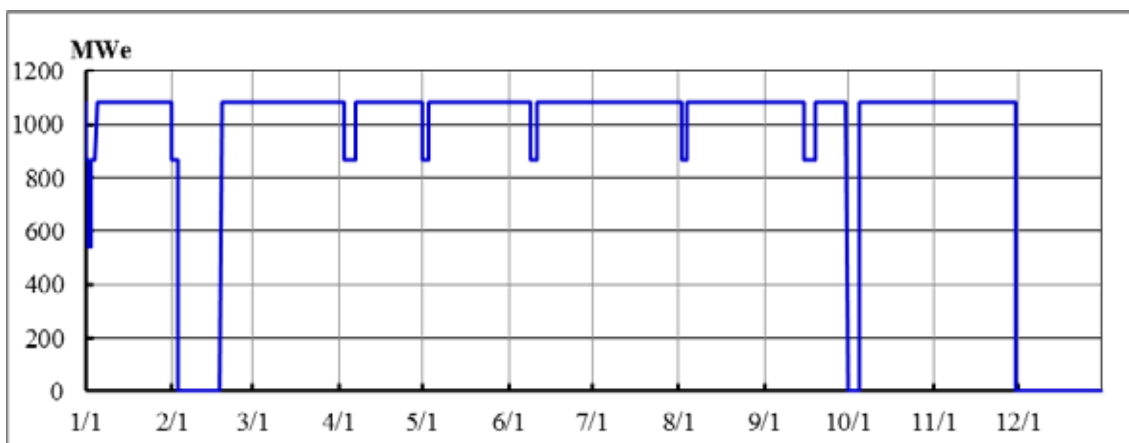


图 2.1.4-29 2016 年阳江核电厂 3 号机组功率曲线图

说明：

(1) 1月1日至4日，机组应电网要求降功率至 869MWe 运行，其中 2 日短时降功率至 543MWe。

(2) 1月12日/15日，机组降功率执行 T3RGL002、T3ADG002 定期试验。

(3) 2月1日至2日，机组应电网要求降功率至 869MWe 运行；3日至18日，应电网要求停堆进入热备用状态。

(4) 3月4日/8日/25日，机组降功率执行 T3RGL002、T3RPB046、T3ADG002 试验。

(5) 4月3日至7日，机组应电网要求降功率至 869MWe 运行。

(6) 4月20日/5月1日/6日/18日/31日，机组降功率执行 RPB043、T3GRE001/002、T3RGL002、T3RPA043、T3RPA046 试验。

(7) 5月1日，机组应电网要求降功率至 869MWe 运行。

(8) 5月7日至9日，由于 3GSE1233EL 动作导致 3GSE1251VV 异常关闭，为防止超功率，机组降功率运行。

(9) 6月9日至11日，机组应电网要求降功率运行。

(10) 6月15日/17日/28日，机组分别降功率执行 T3RPB043、T3ADG002、T3RGL002 试验。

(11) 7月4日，由于 3GSS2112VL 两次异常开启，导致 3GSS2101PO 跳闸，为防止一回路超功率，机组降功率运行。

(12) “8月2日至4日，台风妮妲”期间，机组应电网要求降功率至 869MWe 运行。

(13) 9月15日至19日，中秋及台风“莫兰蒂”期间，机组应电网要求降功率至 869MWe 运行。

(14) 11月30日，机组开始进行第1次换料大修。截至12月底，大修仍在进行中。

(15) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

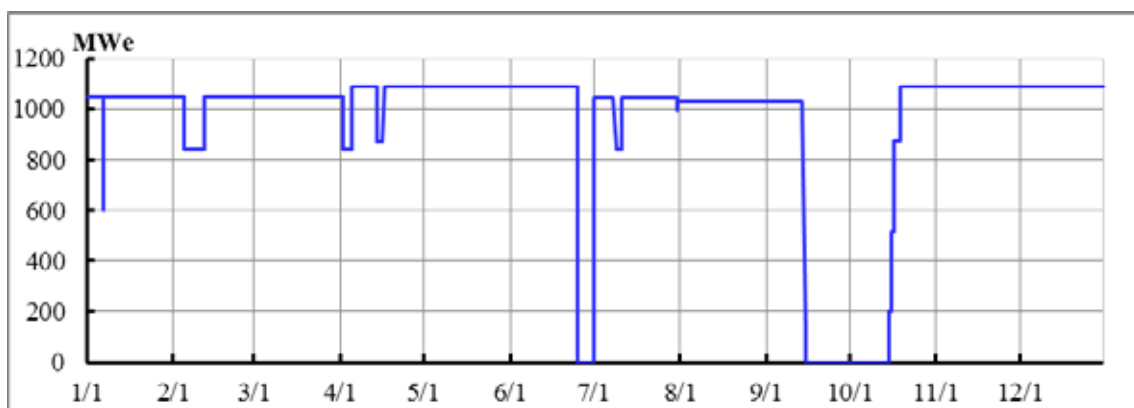


图 2.1.4-30 2016 年方家山核电厂 1 号机组功率曲线图



说明：

(1) 1月7日，因1号循环水泵1CRF001PO故障跳闸停泵，机组短时降功率至600MWe。

(2) 2月5日至12日，4月2日至5日，机组应电网要求降功率至840MWe运行。

(3) 4月14日，为配合电网线路检修，机组降功率至871MWe运行，后升至满功率运行。

(4) 6月25日至7月1日，为配合电网乔由5433线检修，机组解列停机。

(5) 7月8日，因受台风“尼伯特”影响，机组降功率至840MWe运行；11日，升功率至1046MWe运行。

(6) 7月31日，因高加疏水阀缺陷，机组短时降功率至995MWe。

(7) 9月15日至10月15日，机组进行了第2次换料大修。

(8) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

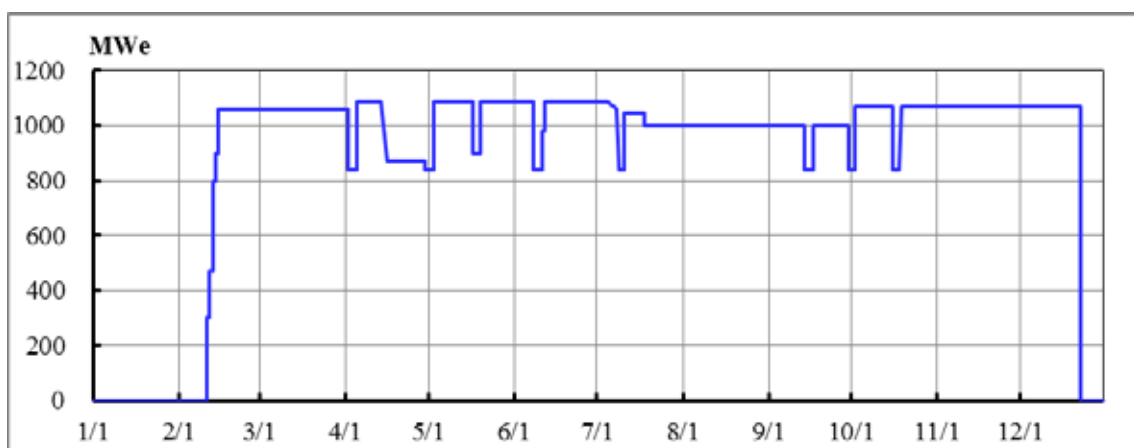


图 2.1.4-31 2016 年方家山核电厂 2 号机组功率曲线图

说明：

(1) 2015 年 12 月 9 日至 2016 年 2 月 16 日，机组进行第 1 次换料大修。

(2) 4 月 2 日至 5 日，机组应电网要求降功率至 840MWe 运行。

(3) 4 月 14 日，为配合电网线路检修，机组降功率至 871MWe 运行。

(4) 4 月 30 日至 5 月 3 日，机组应电网要求降功率至 840MWe 运行。

(5) 5 月 17 日至 20 日，为配合乔拳 5434 线停役检修，机组降功率至 900MWe 运行。

(6) 6 月 8 日，机组应电网要求降功率至 840MWe 运行；11 日，升功率至 980MWe 运行；12 日，升至满功率运行。

(7) 7 月 8 日至 11 日，受台风“尼伯特”影响，机组降功率至 840MWe 运行。

(8) 9 月 14 日至 17 日，机组应电网要求降功率至 840MWe 运行。

(9) 9 月 30 日，机组应电网要求降功率至 840MWe 运行；10 月 2 日，升至满

功率运行。

(10) 10月16日至18日，因5808/5809双线同停，机组降功率至840MWe运行；18日，升至满功率运行。

(11) 12月23日，机组开始进行第2次换料大修。截至2016年底，大修仍在进行。

(12) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

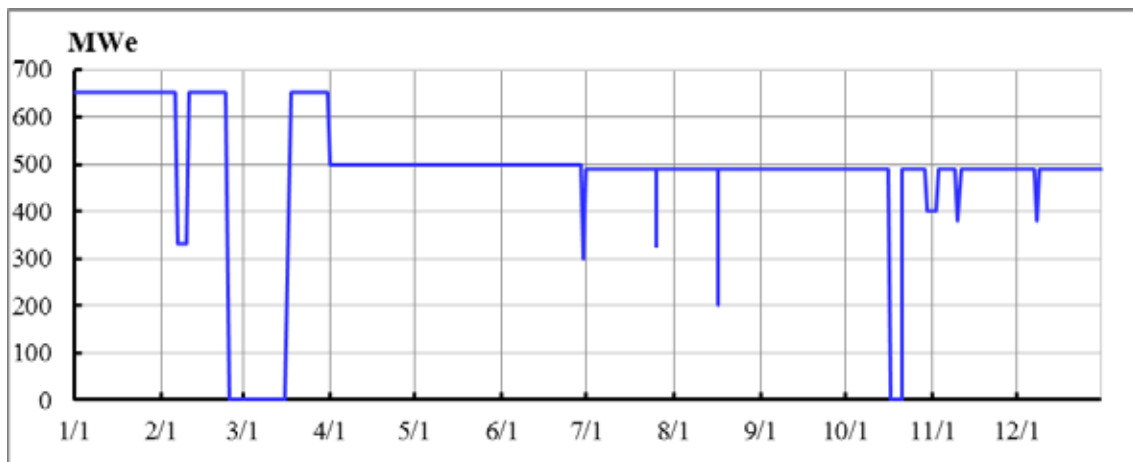


图 2.1.4-32 2016 年昌江核电厂 1 号机组功率曲线图

说明：

(1) 2月6日至10日，机组应电网要求降功率至330MWe运行。

(2) 3月1日至16日，机组停堆进行小修；18日，并网后升功率至488MWe运行。

(3) 7月26日，为配合电网福山站220kV检修，机组降功率至313MWe运行；27日，升功率至488MWe运行。

(4) 8月17日，机组应电网要求降功率至200MWe运行；20日，升功率至488MWe运行。

(5) 10月17日，机组按电网要求降功率至热备用状态；21日，升至488MWe运行。

(6) 10月之后，机组按电网要求，分别降功率至330MWe、370MWe、390MWe、400MWe、436MWe、460MWe、480MWe、485MWe、490MWe等功率平台运行；12月18日后，保持在460MWe功率平台运行。

(7) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

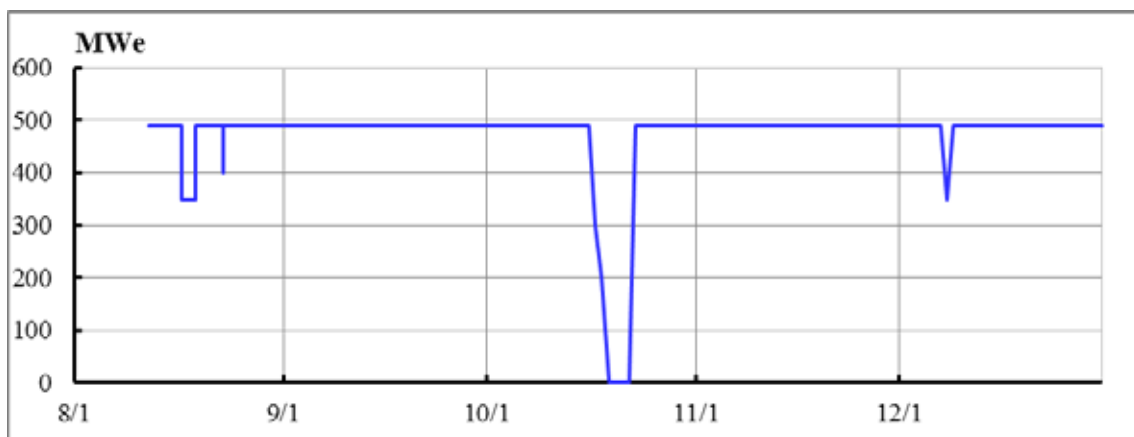


图 2.1.4-33 2016 年昌江核电厂 2 号机组功率曲线图

说明：

(1) 8 月 12 日，机组投入商运，随后维持在 488MWe 运行。期间，于 17 日应电网要求降功率，23 日提 CB1 粗格栅降功率，26 日处理 2CRF001PO 跳闸降功率至 350MWe 运行，随后升功率至 488MWe 运行。

(2) 8 月 17 日至 20 日，机组应电网要求降功率至 200MWe 运行。

(3) 10 月 17 日至 19 日，机组应电网要求降功率至 126MWe 运行。

(4) 10 月 19 日至 23 日，因 CFI 鼓网压差高导致两台 CRF 泵跳闸，汽机跳闸，机组紧急停堆。

(5) 10 月 30 日至 31 日，机组应电网要求降功率至 330MWe 运行。

(6) 12 月 8 日至 9 日，为配合核成二线检修，机组应电网要求降功率至 330MWe 运行。

(7) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

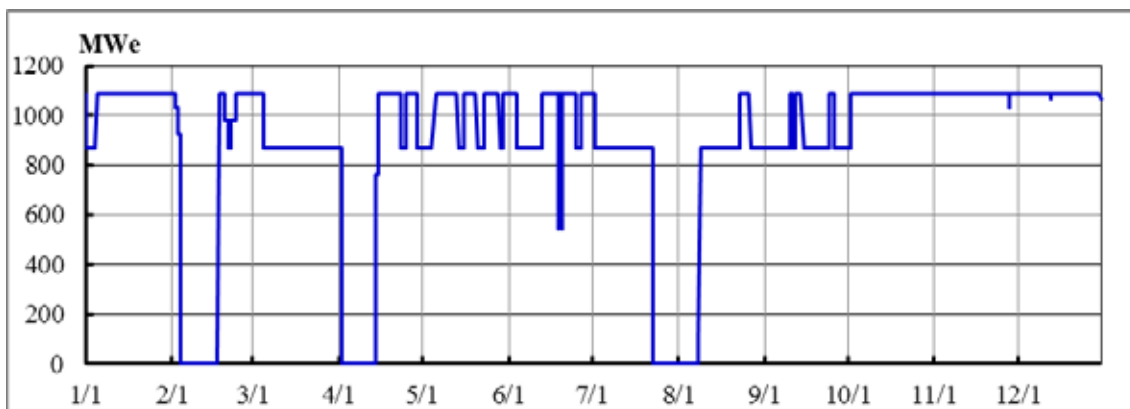


图 2.1.4-34 2016 年防城港核电厂 1 号机组功率曲线图

说明：

(1) 1 月 1 日至 4 日，机组应电网要求降功率至 869MWe 运行。

- (2) 1月12日，因执行 T1RGL002 定期试验，机组降功率至 1070MWe 运行。
- (3) 1月24日，为配合 2号机组进行 BAS57 试验，机组降功率至 1036MWe 运行。
- (4) 1月25日，为配合 2号机组进行 COC53 试验，机组降功率至 1036MWe 运行。
- (5) 2月4日至17日，4月2日至15日，机组应电网要求停备。
- (6) 6月4日至13日，机组应电网要求降功率至 869MWe 运行。
- (7) 6月19日至20日，机组应电网要求降功率至 543MWe 运行。
- (8) 6月25日至27日、7月2日至23日，机组应电网要求降功率至 869MWe 运行。
- (9) 7月23日至8月8日，机组应电网要求汛期停备。
- (10) 8月27日至31日，9月11日至12日，9月15日至10月2日，机组应电网要求降功率至 869MWe 运行。
- (11) 12月13日，机组降功率至 1065MWe 执行 T1RGL002 试验。
- (12) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

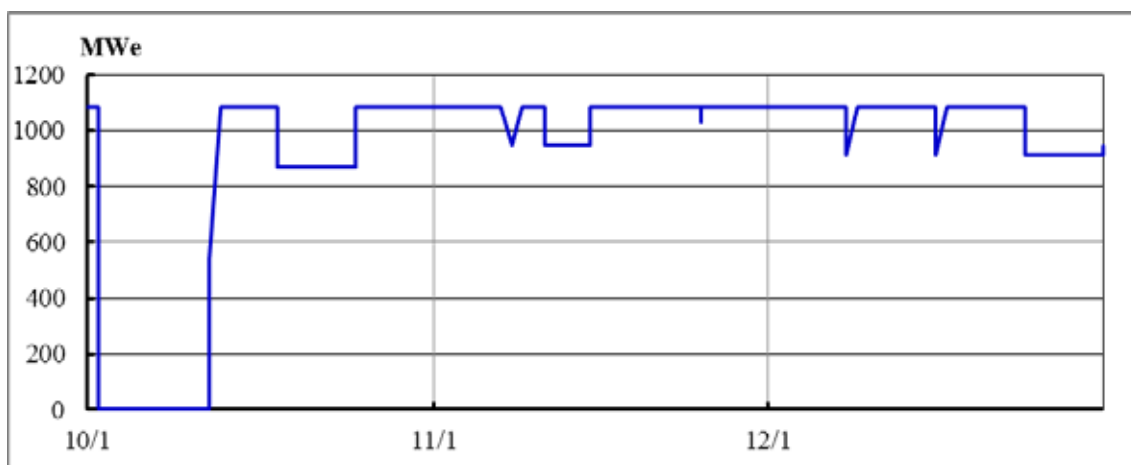


图 2.1.4-35 2016 年防城港核电站 2 号机组功率曲线图

说明：

- (1) 10月2日至12日，机组应电网要求停机备用。
- (2) 10月18日至25日，受台风影响，机组应电网要求降功率至 869MWe 运行。
- (3) 11月8日、11日至14日，为配合防城港火电厂 3号机组调试，机组降功率至 950MWe 运行。
- (4) 12月8日、16日、24日，为配合防城港火电厂 4号机组调试，机组降功率至 914MWe 运行。
- (5) 12月31日，机组应电网要求升功率至 945MWe 运行。
- (6) 其他时间的机组功率下降，均为进行汽机试验的功率下降。

## 2.2 安全生产情况

### 2.2.1 非计划自动紧急停堆情况

2016年,中国已投入商运的35台机组中有30台机组实现了全年无非计划自动停堆的良好业绩。2007年至2016年,商运核电机组非计划自动紧急停堆次数统计见表2.2.1-1,趋势图见图2.2.1-1。

表 2.2.1-1 2007-2016 年商运核电机组非计划自动紧急停堆次数统计

核电厂 / 机组	年度	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	秦山核电厂		0	1	1	1	0	0	1	0	0
大亚湾核电厂	1号机组	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2号机组	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
秦山第二核电厂	1号机组	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	2号机组	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0
	3号机组	/	/	/	0	0	2	1	0	0	0
	4号机组	/	/	/	/	0	0	0	0	0	0
岭澳核电厂	1号机组	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2号机组	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	3号机组	/	/	/	0	0	0	0	0	0	0
	4号机组	/	/	/	/	0	0	0	0	0	0
秦山第三核电厂	1号机组	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	2号机组	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
田湾核电厂	1号机组	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0
	2号机组	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
红沿河核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	0	1	0	0
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	1	0	0
	3号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0
	4号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0
宁德核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	0	0	0	0
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	0	0	0
	3号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	2	0
	4号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0
福清核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	0	2	0
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1
	3号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0
阳江核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	0	0	0
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0
	3号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0
方家山核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	0	0	0
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0
昌江核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1

核电厂 / 机组		年度									
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
防城港核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0
合计		5	4	3	2	1	2	3	5	8	6

说明：

(1) 1月9日，岭澳核电厂2号机组受海生物（虾群）影响，2CRF001/002跳闸，机组自动停堆。

(2) 9月11日，田湾核电厂2号机组维修现场搭设脚手架人员在工作过程中误踩阀门2MAX30AA502，导致该阀被开180°，造成汽轮机甩负荷并最终导致反应堆停堆信号AA14保护动作，机组自动停堆。

(3) 9月15日，秦山第三核电厂1号机组因6.3kV公用段供电变压器故障跳闸导致部分负荷低电压跳闸，机组自动停堆。

(4) 9月28日，福清核电厂2号机组2RCV003PO异常跳泵，引起机组3台主泵停泵触发反应堆保护信号，机组自动停堆。

(5) 10月19日，昌江核电厂2号机组循环水过滤系统（CFI）鼓网出现压差高4信号，致使循环水系统（CRF）两台水泵自动跳闸，相继出现冷凝器故障信号、汽轮机跳机信号C8，叠加反应堆功率大于10%FP（P10信号），机组自动停堆。

(6) 10月20日，秦山第三核电厂1号机组因4号蒸汽发生器保温仓内仪表管接管上有针眼式泄漏，导致反应堆厂房氙水平异常上升，机组根据规程执行降功率停堆操作。

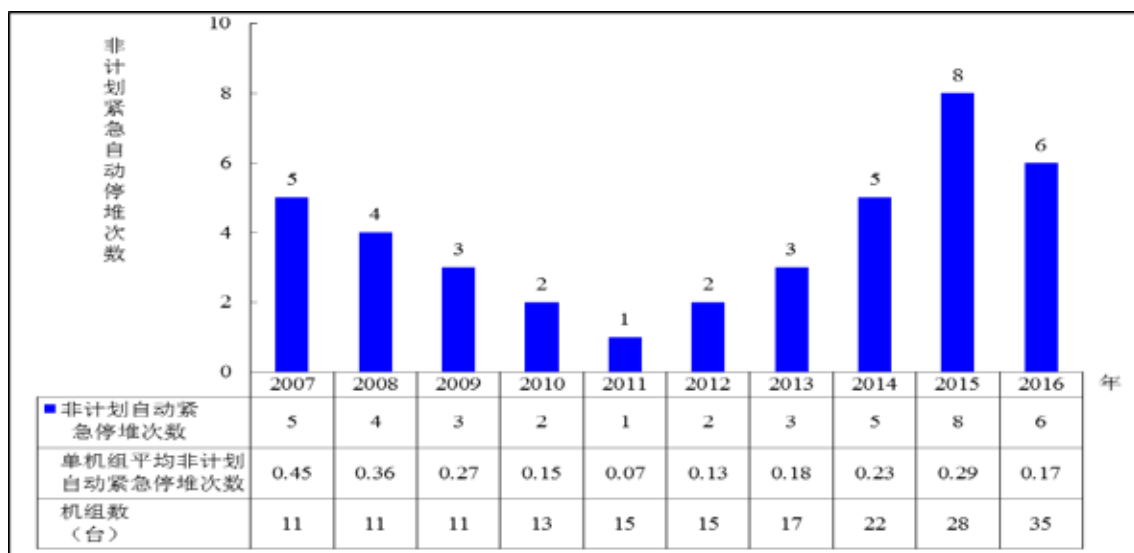


图 2.2.1-1 2007-2016 年核电厂非计划自动紧急停堆次数趋势

## 2.2.2 职业照射

国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定了工作人员职业照射的剂量限值：连续5年的年平均有效剂量不超过20mSv；任何一年中的有效剂量不超过50mSv。2007年至2016年，我国已投入商运核电站工作人员所受到的照射剂量均远低于国家标准规定的限值。

2007年至2016年商运核电站工作人员的职业照射情况统计见表2.2.2-1，统计趋势见图2.2.2-1至2.2.2-4。

表 2.2.2-1 2007-2016 年核电站工作人员职业照射情况

核电站名称	项目(单位)	年人均有效剂量 mSv	年度最大个人剂量 mSv	年度集体有效剂量 man·Sv	归一化集体有效剂量 man·mSv/GWh
秦山核电站	2007	0.650	8.450	0.997	0.450
	2008	0.153	3.577	0.149	0.057
	2009	0.336	4.257	0.453	0.192
	2010	0.265	4.814	0.401	0.172
	2011	0.282	5.106	0.421	0.169
	2012	0.041	3.681	0.038	0.013
	2013	0.281	6.073	0.495	0.215
	2014	0.143	4.035	0.253	0.096
	2015	0.201	4.278	0.405	0.157
	2016	0.133	3.439	0.281	0.109
大亚湾核电站	2007	0.378	9.476	1.053	0.068
	2008	0.305	5.988	0.826	0.051
	2009	0.283	5.194	0.715	0.044
	2010	0.343	10.843	0.946	0.060
	2011	0.327	8.434	0.993	0.062
	2012	0.413	8.116	1.235	0.078
	2013	0.549	13.345	1.769	0.119
	2014	0.462	6.906	1.512	0.100
	2015	0.331	7.140	1.035	0.067
	2016	0.303	8.277	1.032	0.068
秦山第二核电厂	2007	0.347	8.164	0.785	0.088
	2008	0.300	4.881	0.588	0.059
	2009	0.345	7.899	0.710	0.071
	2010	0.218	4.940	0.440	0.042
	2011	0.330	11.707	1.217	0.083
	2012	0.428	9.389	1.229	0.061
	2013	0.385	8.726	1.177	0.058
	2014	0.262	8.948	1.111	0.055

核电厂名称	项目 (单位)	年人均有效剂量 mSv	年度最大个人剂量 mSv	年度集体有效剂量 man · Sv	归一化集体有效剂量 man · mSv/GWh
	2015	0.204	7.914	0.683	0.034
	2016	0.307	7.171	1.092	0.052
岭澳核电厂 1、 2 号机组	2007	0.456	8.533	1.231	0.083
	2008	0.599	12.169	1.772	0.116
	2009	0.495	10.586	1.531	0.099
	2010	0.346	10.490	0.925	0.076
	2011	0.419	8.326	1.392	0.087
	2012	0.297	6.059	0.947	0.060
	2013	0.887	13.696	3.238	0.220
	2014	0.300	7.731	0.858	0.054
	2015	0.502	8.505	1.619	0.105
	2016	0.348	6.071	1.117	0.070
	岭澳核电厂 3、 4 号机组	2011	0.208	5.665	0.747
2012		0.286	6.644	0.929	0.059
2013		0.188	5.660	0.577	0.034
2014		0.185	4.098	0.624	0.037
2015		0.193	5.261	0.597	0.035
2016		0.305	6.834	1.028	0.063
秦山第三 核电厂	2007	0.277	5.900	0.572	0.050
	2008	0.364	9.102	0.788	0.070
	2009	0.327	6.415	0.748	0.064
	2010	0.329	5.430	0.727	0.064
	2011	0.361	14.637	0.832	0.072
	2012	0.316	8.661	0.689	0.059
	2013	0.324	6.362	0.630	0.053
	2014	0.342	7.192	0.721	0.062
	2015	0.366	4.964	0.804	0.072
	2016	0.474	7.167	1.009	0.093
田湾核电厂	2008	0.209	3.460	0.557	0.040
	2009	0.244	3.200	0.548	0.038
	2010	0.174	2.16	0.426	0.027
	2011	0.224	3.788	0.604	0.038
	2012	0.345	4.232	1.014	0.062
	2013	0.177	2.615	0.467	0.028
	2014	0.180	2.994	0.497	0.030
	2015	0.169	2.866	0.520	0.031
	2016	0.297	6.032	1.010	0.066



核电厂名称	项目(单位)	年人均有效剂量 mSv	年度最大个人剂量 mSv	年度集体有效剂量 man·Sv	归一化集体有效剂量 man·mSv/GWh
	年份				
红沿河核电厂	2013	0.016	1.112	0.033	0.006
	2014	0.329	8.076	1.002	0.089
	2015	0.295	5.623	1.028	0.075
	2016	0.274	5.404	0.905	0.045
宁德核电厂	2013	0.012	1.272	0.026	0.004
	2014	0.311	6.064	0.786	0.068
	2015	0.497	12.008	1.841	0.094
	2016	0.398	7.532	1.484	0.062
福清核电厂	2014	0.016	3.323	0.028	0.017
	2015	0.258	6.072	0.787	0.094
	2016	0.239	8.763	0.920	0.057
阳江核电厂	2014	0.008	1.023	0.017	0.002
	2015	0.176	6.715	0.669	0.052
	2016	0.443	13.078	2.124	0.092
方家山核电厂	2014	0.012	2.528	0.016	0.039
	2015	0.389	6.904	1.102	0.071
	2016	0.234	6.595	0.723	0.045
昌江核电厂	2015	0.0004	0.016	1.22E-04	0.002
	2016	0.011	0.945	0.018	0.031
防城港核电厂	2016	0.011	0.432	0.022	0.002

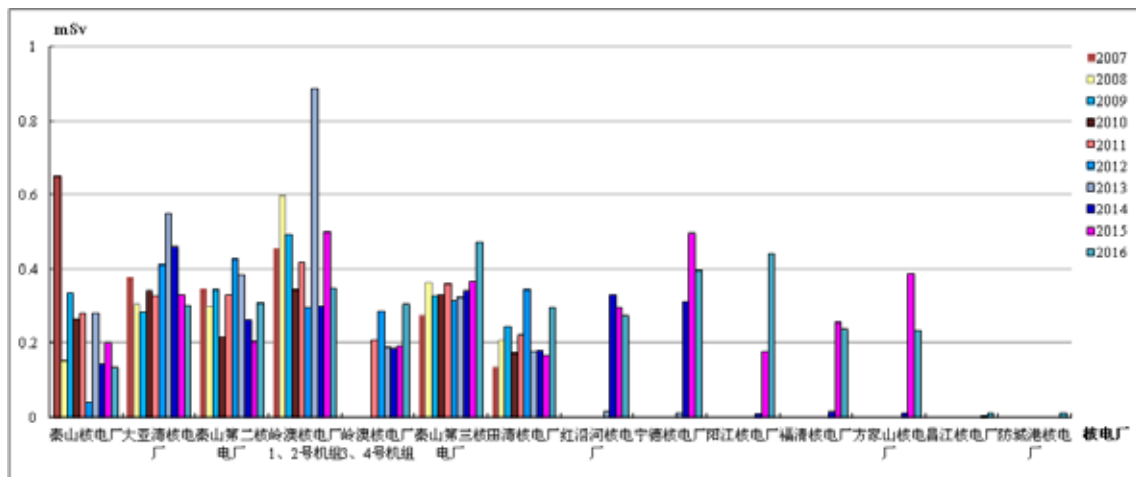


图 2.2.2-1 2007-2016 年核电厂工作人员年人均有效剂量趋势图

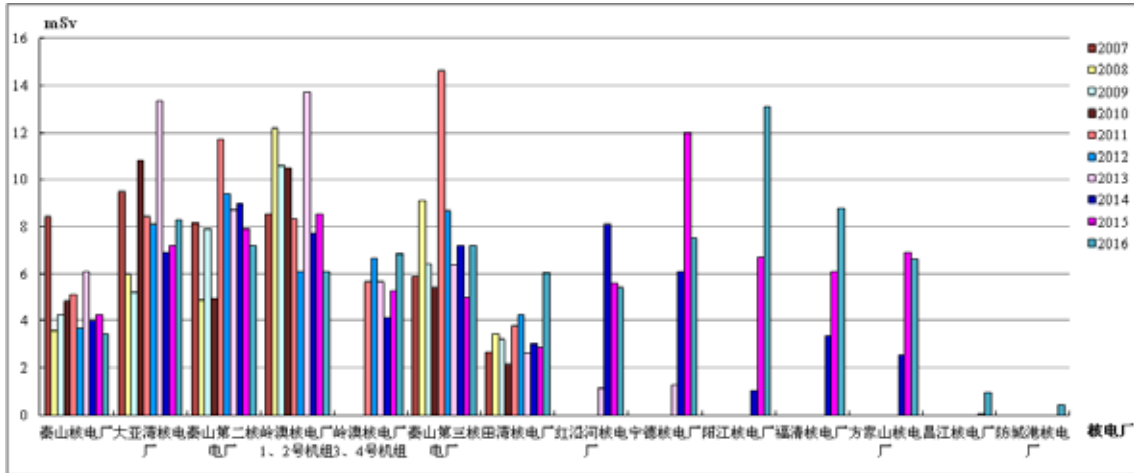


图 2.2.2-2 2007-2016 年核电厂工作人员年度最大个人剂量趋势图

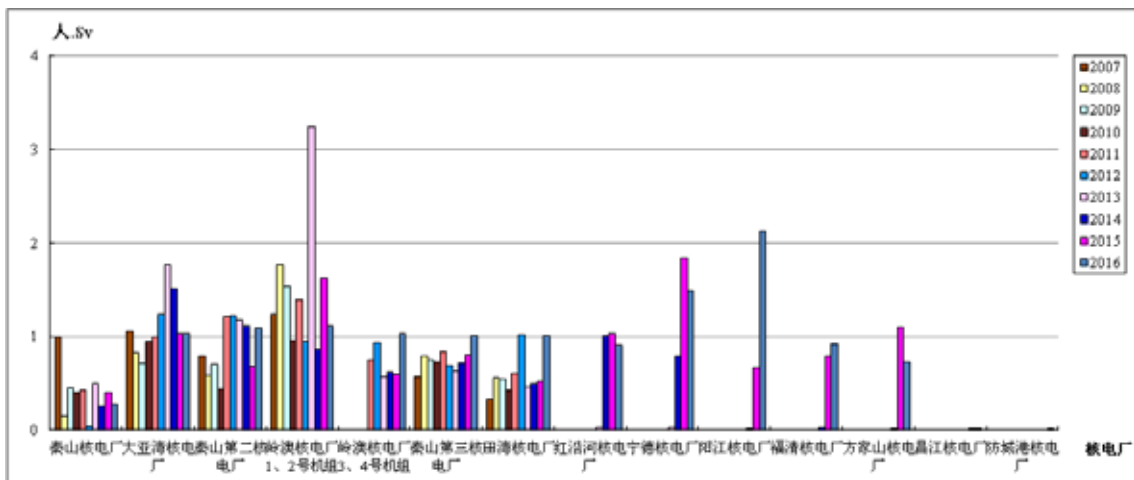


图 2.2.2-3 2007-2016 年核电厂工作人员年度集体有效剂量趋势图

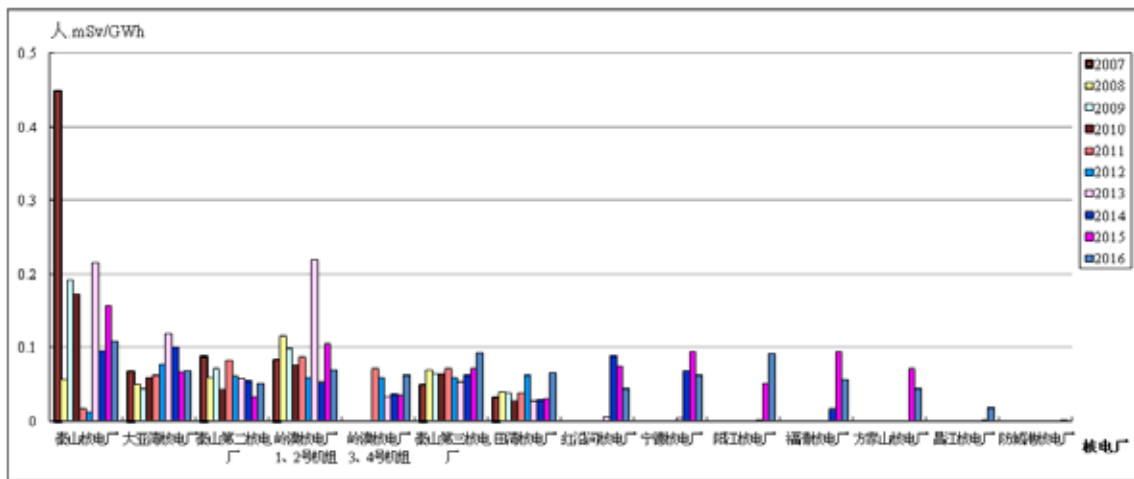


图 2.2.2-4 2007-2016 年核电厂工作人员归一化集体有效剂量趋势图

### 2.3 机组大修及技术改造

2016年,我国商运核电机组按计划共进行了23台·次大修。田湾核电站2号机组第9次换料大修实际工期为43.92天,创造了国内核电机组十年换料大修最短工期纪录。2016年商运核电机组大修情况统计见表2.3-1;本年度各机组大修期间完成的主要项目见表2.3-2;2007-2016年机组大修用时统计见表2.3-3。

表 2.3-1 2016 年商运核电机组大修情况

核电厂名称	机组号	大修轮次	起止日期	实际工期
秦山核电站		17	2016.11.27-2016.12.26	29.37 天
大亚湾核电站	1号机组	18	2016.10.19-2016.12.04	46.40 天
	2号机组	18	2016.04.15-2016.05.28	43.11 天
秦山第二核电站	1号机组	13	2016.11.02-2016.12.04	32.78 天
	2号机组	11	2016.01.22-2016.03.21	59.62 天
	3号机组		未安排大修	
	4号机组	4	2016.01.01-2016.01.28	27.17 天
5		2016.12.31-2017.02.02	32.48 天	
岭澳核电站	1号机组		未安排大修	
	2号机组	13	2016.09.28-2016.11.05	38.36 天
	3号机组	6	2016.01.30-2016.02.26	27.76 天
	4号机组	5	2016.04.02-2016.05.14	42.17 天
秦山第三核电站	1号机组		未安排大修	
	2号机组	8	2016.03.31-2016.06.14	75.20 天
田湾核电站	1号机组	9	2016.02.24-2016.04.27	63.26 天
	2号机组	9	2016.09.19-2016.11.01	43.92 天
红沿河核电站	1号机组	3	2016.02.23-2016.03.31	37.62 天
	2号机组	2	2016.11.16-2017.01.06	51.15 天
	3号机组		未安排大修	
	4号机组		未安排大修	
宁德核电站	1号机组		未安排大修	
	2号机组	2	2016.09.30-2016.11.16	46.91 天
	3号机组	1	2016.06.06-2016.08.15	70.80 天
	4号机组		未安排大修	
福清核电站	1号机组		未安排大修	
	2号机组	1	2016.09.28-2016.12.01	64.13 天
	3号机组		未安排大修	
阳江核电站	1号机组	2	2016.07.16-2016.09.19	65.68 天
	2号机组	1	2016.04.01-2016.06.18	78.53 天
	3号机组	1	2016.11.30-2017.02.17	78.95 天

核电厂名称	机组号	大修轮次	起止日期	实际工期
方家山核电厂	1号机组	2	2016.09.15-2016.10.15	30.19天
	2号机组	1	2015.12.09-2016.02.11	63.68天
昌江核电厂	1号机组		未安排大修	
	2号机组		未安排大修	
防城港核电厂	1号机组		未安排大修	
	2号机组		未安排大修	

表 2.3-2 2016 年商运核电机组大修完成的主要项目

核电厂 / 机组 大修轮次	主要完成项目
秦山核电厂 第 17 次换料大修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 上充泵机组解体检修</li> <li>2) 2号应急柴油发电机组的柴油机解体检修</li> <li>3) 蒸汽发生器 A/B 传热管涡流及二次侧水力冲洗检查等年度预防性维修</li> <li>4) 海水泵房循环水泵出口闸阀换型</li> <li>5) 2号凝汽器循环水出口阀（XHS-07V）阀后管道更换</li> <li>6) 主控室盘台改造前期工作</li> </ol>
大亚湾核电厂 1号机组 第 18 次换料大修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 应急柴油机（LHP）主机 6C 检查</li> <li>2) 汽轮机低压缸（GPV302KO）更换转子、发电机抽转子</li> <li>3) 循环水过滤系统（CFI）反冲洗管线更换、余热排出泵（RRA001PO）更换芯包</li> <li>4) 堆芯测量系统（RIC）控制柜改造、堆芯冷却监测系统（CCMS）简化、电场辐射监测系统（KRT）整体改造</li> <li>5) 发电机和输电保护系统（GPA）保护逻辑跳闸逻辑优化改造</li> <li>6) 设备冷却水系统阀门（RRI707VN）小支管振动高、设备冷却水系统阀门（RRI540VN）管道漏水等设备缺陷的发现及处理</li> </ol>
大亚湾核电厂 2号机组 第 18 次换料大修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 反应堆压力容器底封头贯穿件（BMI）检查、给水除气器系统（ADG）8C 在役检查、汽轮机高压缸开缸检查</li> <li>2) 化学添加箱（EAS001BA）隔离排空及相关设备检修、核岛重要水泵（ASG002PO/RIS002PO）检修、辅助厂用电源系统（0/9LGR）检修</li> <li>3) 安全注入系统 / 安全壳喷淋系统（RIS/EAS）地坑增加液位计及补水管线改造</li> <li>4) 堆芯测量系统（RIC）日常遗留问题处理、生物屏蔽门电机故障处理</li> <li>5) 反应堆压力容器开大盖过程中螺栓力矩超差及关大盖过程中螺栓拉伸异常处理、反应堆冷却剂系统阀门（RCP221VP）逆止阀试验不合格问题处理</li> <li>6) 水压试验泵汽轮机（LLS001TC）跳闸问题处理、冲转时前侧飞锤跳闸定值偏低等缺陷处理</li> </ol>

核电厂 / 机组 大修轮次	主要完成项目
秦山第二核电厂 / 1 号机组 第 13 次换料大修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 汽机低压缸次末级新型叶片检查、主变 A 相内检、B 列 6kV 母线检查</li> <li>2) 上充泵 (RCV002/003PO) 全面解体检修、应急柴油机 (LHQ) 涡轮增压器解体检修</li> <li>3) 安全注入系统阀门 (RIS032/033VP) 更换、循环水系统 (CRF) 鼓网网片更换、稳压器电加热器更换、电气厂房 (LX) 至汽机厂房 (MX) 破损电缆更换</li> <li>4) 堆芯温度水位系统改造、主蒸汽系统 (VVP) 安全阀改造</li> <li>5) 汽机安全监测系统升级</li> <li>6) 二次中子源组件替代</li> </ol>
秦山第二核电厂 / 2 号机组 第 11 次换料大修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 反应堆压力容器在役检查、蒸汽发生器一次侧首次氦查漏、蒸汽发生器 100% 常规涡流检查和一台蒸发器传热管胀管过渡段旋转探头首次检查</li> <li>2) 换料水池钢覆面检查处理、国产化燃料组件池边检查</li> <li>3) 2 号余热排出泵 / 2 号上充泵 / 2 号安注泵全面解体检修、应急柴油机 (LHQ) 全面解体检修</li> <li>4) 安全壳整体密封性试验、一回路水压试验</li> <li>5) 常规岛凝汽器衬胶改造、常规岛控制系统 / 电站计算机采集系统改造</li> </ol>
秦山第二核电厂 / 4 号机组 第 4 次换料大修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 应急柴油机 (LHQ) 五年检修、</li> <li>2) 循环水泵 (CRF202PO) 解体检修</li> <li>3) 常规岛低压缸次末级叶片更换</li> <li>4) 一回路严重事故后应急补水设施改造</li> <li>5) 反应堆换料水池增加就地可视液位计改造</li> </ol>
秦山第二核电厂 / 4 号机组 第 5 次换料大修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 机组第 5 次换料大修主要工作计划于 2017 年完成。</li> </ol>
岭澳核电厂 / 2 号机组 第 13 次换料大修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 蒸汽发生器传热管涡流检查、汽轮机低压缸 (LP2) 全面检查、低压缸 (LP1/LP3) 第三级叶片开缸检查</li> <li>2) 余热排出系统阀门 / 反应堆冷却剂系统阀门 (RRA001VP/RCP212VP) 检修、A/B 列电气盘检修</li> <li>3) 蒸汽发生器传热管二次侧水压试验、低压给水加热器系统 (ABP) 水压试验、安注箱 (RIS001BA) 等 23 个容器水压试验</li> <li>4) 220V 交流不间断电源系统 (LNB/LND) 扩容改造、核仪表系统 (RPN) 数字化改造、汽动主给水泵系统 (APP) 调速板件改造</li> <li>5) 循环水过滤系统 (CFI) 辐条 / 网片 / 轴套检查更换、核仪表系统 (RPN) 源量程及中间量程更换、应急柴油机 (LHQ) 整体更换</li> <li>6) 下行安全注入系统阀门 (RIS041VP) 阀体大量硼结晶、给水流量调节系统阀门 (ARE055/065/056/066VL) 内漏、3 号主泵 (RCP003PO) 电机油冷器渗水、核岛应急生水系统 (SEC) A/B 列阀门及膨胀节检修更换、循环水泵电机 (CRF001MO) 磁性槽楔脱落、汽动给水泵系统阀门 (APP205VV) 异常关闭等设备缺陷处理</li> </ol>

核电厂 / 机组 大修轮次	主要完成项目
岭澳核电厂 / 3 号机组 第 6 次换料大 修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 3 号主泵电机 (RCP003MO) 4C 检查、应急柴油机 (LHQ) 6C 检查、汽轮发电机组年度检查</li> <li>2) 主油泵全面检查、电动主给水泵 (APA201PO) 等常规岛泵及电机全面检查</li> <li>3) 主开关站—超高压配电装置 (GEW) T 差及失灵保护改造、循环水过滤系统 (CFI) 反冲洗管道改造</li> <li>4) 高强紧固件更换</li> <li>5) 反应堆冷却剂系统阀门 (RCP221VP) 阀瓣密封面缺陷处理、主蒸汽系统安全阀 (VVP115VV) 异常起跳、汽机润滑、顶轴和盘车系统温度测量装置 (GGR314MT) 显示异常、设备冷却水系统阀门 (RRI001/003/005/009/137VN) 阀门内漏、3 号辅助给水泵 (ASG003PO) 流量特性曲线超标、堆芯下栅格板异物等缺陷处理</li> </ol>
岭澳核电厂 / 4 号机组 第 5 次换料大 修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 高压安注泵 / 上充泵电机 (RCV001MO) 4C 全面检查、余热排出泵 (RRA002PO) 7C 全面检查、应急柴油机 (LHQ) 6C 检查</li> <li>2) 安全阀控制柜 (RCP017/020AR、RCV201AR) 全面检查</li> <li>3) 化学和容积控制系统隔离阀 (RCV002VP) 等核岛阀门气动头全面检查</li> <li>4) 反应堆和乏燃料水池冷却和处理系统 (PTR020VB) 安全阀全面检查</li> <li>5) 反应堆冷却剂系统阀门 (RCP215VP)、余热排出系统阀门 (RRA015/021VP) 等核岛阀门解体检修</li> <li>6) 发电机 4C 抽转子、励磁机 4C 解体检修</li> </ol>
秦山第三核电厂 / 2 号机组 第 8 次大修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 联合开关站 12 年检查</li> <li>2) 压力管在役检查</li> <li>3) 2 号备用柴油发电机解体检修、汽轮发电机 12 年解体检修</li> <li>4) 汽机控制系统升级改造、2 号备用柴油发电机励磁系统及保护升级改造、启备变保护双重化改造、消防系统改造</li> <li>5) 钒探测器更换</li> <li>6) 凝汽器 1A 水室橡胶衬里变更</li> </ol>
田湾核电厂 / 1 号机组 第 9 次换料大 修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 反应堆压力容器内表面焊缝在役检查, 堆芯吊篮在役检查、保护管组件外表面在役检查, 1、2、4 号主泵径向止推轴承检查, 低低水位阀门检修及管道焊缝在役检查, 切割辐射样品监督盒, 堆芯 163 组燃料装卸料, 1-4 号蒸汽发生器传热管及 1 号蒸汽发生器联系带涡流检查</li> <li>2) 3 号主泵电机、可抽出部件解体检修</li> <li>3) 4 号低硼水箱焊缝缺陷处理</li> <li>4) 汽轮机高压缸、2 号低压缸开缸大修, 发电机解体检修, 励磁机解体检修</li> <li>5) 1 台主给水泵本体及 1 台主给水泵电机解体检修, 1 台循环水泵本体解体检修、电机更换, 1 台循环水泵电机解体检修</li> <li>6) 1、3 号蒸汽发生器一回路集流管密封面改造、汽轮机高压缸通流改造</li> </ol>

核电厂 / 机组 大修轮次	主要完成项目
田湾核电厂 / 2 号机组 第 9 次换料大 修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 反应堆压力容器内表面焊缝在役检查、堆芯吊篮内表面和外表面在役检查、保护管组件外表面在役检查、低低水位阀门检修及管道焊缝在役检查</li> <li>2) 切割辐射样品监督盒，堆芯 163 组燃料装卸料，燃料组件变形检查，控制棒组件配插及控制棒包壳检查，1、4 号蒸汽发生器传热管及联系带涡流检查</li> <li>3) 2-4 号主泵径向止推轴承检查维护，1-3 号主泵电机检查维护，2 号主泵油冷器清洗，4 号低硼水箱焊缝缺陷处理</li> <li>4) 汽轮机高压缸、2 号低压缸开缸大修，发电机解体检修和励磁机解体检修及更换转子，1 号主泵可抽出部件解体检修，4 号主泵电机解体检修，1 台主给水泵本体电机解体检修，1 台循环水泵电机和本体解体检修</li> <li>5) 汽轮机高压缸通流改造、换料井防震支座改造</li> <li>6) 压力脉冲探测器替代更换</li> </ol>
红沿河核电厂 /1 号机组 第 3 次换料大 修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 蒸汽发生器在役检查、低压缸开缸检查</li> <li>2) 两台应急柴油机 4C 检查</li> <li>3) A/B 列电气盘清洁检查及试验</li> <li>4) 高强螺栓更换</li> <li>5) 大高阀门唇焊处理</li> </ol>
红沿河核电厂 /2 号机组 第 2 次换料大 修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 应急柴油机（LHP）4C 检查 / 应急柴油机（LHQ）2C 检查</li> <li>2) 低压缸检修、A/B 列电气盘检修</li> <li>3) 零功率物理试验及动态刻棒对比验证</li> <li>4) 核岛应急生水系统（SEC）A/B 列管道变形更换</li> <li>5) 一回路辅助管道 BOSS 头焊缝处理等重大检查、检修、试验和改造项目</li> </ol>
宁德核电厂 / 2 号机组 第 2 次换料大 修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 蒸汽发生器在役检查及二次侧冲洗、干燥</li> <li>2) RCCM 一级 BOSS 头全面检查及更换、高强紧固件检查和更换</li> <li>3) 大高密封焊、威兰（VELAN）阀门反馈检查处理</li> <li>4) 安全壳喷淋系统阀门（EAS047/048VB）存在设计缺陷导致不能全开处理及 H4 管线试验</li> <li>5) 稳压器电加热器 9#、35# 更换</li> </ol>
宁德核电厂 / 3 号机组 第 1 次换料大 修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 反应堆压力容器在役检查、蒸汽发生器传热管涡流检查、一次侧进出口管嘴焊缝射线检查（RT）、水室电视（CCTV）检查</li> <li>2) 核岛管道焊缝射线检查、稳压器筒体堆焊层电视年度检查、稳压器纵焊缝超声检查（UT）</li> <li>3) 汽机高中压缸 4C 检修、1/2 号低压缸 1C 检查、发电机抽穿转子、励磁机全检、RCCM 一级 BOSS 头检查处理，高强紧固件处理</li> <li>4) 一回路水压试验、安全壳打压试验</li> <li>5) 环吊齿轮消缺、大连大高阀门、威兰阀门、中核苏阀处理</li> </ol>

核电厂 / 机组 大修轮次	主要完成项目
福清核电厂 / 2 号机组 第 1 次换料大 修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 反应堆压力容器在役检查、蒸汽发生器传热管涡流检查及堵管</li> <li>2) 汽轮机高中压缸全面解体检修、发电机抽转子检查、大高逆止阀检查</li> <li>3) 主变 / 厂变及辅变检修、6.6kV 母线及应急柴油发电机的预防性维修</li> <li>4) 一回路水压试验、安全壳打压试验、燃料更换、2 号主泵机封更换、核一级手动截止阀换型</li> <li>5) 稳压器支撑裙座焊缝缺陷处理</li> <li>6) 计算机信息和控制系统（KIC）服务器硬件升级</li> </ol>
阳江核电厂 / 1 号机组 第 2 次换料大 修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 一回路辅助管道射线探伤</li> <li>2) 2 号蒸汽发生器涡流检查、威兰阀门反馈检查</li> <li>3) 发电机抽转子返厂检修</li> <li>4) 气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）改造接入、低压给水加热器（ABP001RE）改造后回装</li> <li>5) 部分不合格的高强紧固件更换、常规岛闭式冷却水系统（SRI）热交换器更换</li> <li>6) 大连大高阀门缺陷处理等工程遗留问题和设备缺陷处理</li> </ol>
阳江核电厂 / 2 号机组 第 1 次换料大 修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 一回路管道射线探伤、一回路水压试验</li> <li>2) 反应堆压力容器 TIME 机检查、高压缸开缸检查、发电机抽转子</li> <li>3) 气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）改造及接入、辅助冷却水系统（SEN）改造、发电机和输电保护系统（GPV）仪表管线改造</li> <li>4) 高强紧固件更换、常规岛闭式冷却水系统（SRI）热交换器更换、堆顶棒位测量与指示系统（RPI）电缆更换</li> <li>5) 低压给水加热器（ABP001RE）回装</li> <li>6) 威兰阀门缺陷处理</li> </ol>
阳江核电厂 / 3 号机组 第 1 次换料大 修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 安全壳打压试验、一回路水压试验</li> <li>2) 反应堆压力容器在役检查、BOSS 头检查</li> <li>3) 低压缸解体检修、发电机转子返厂检修</li> <li>4) 高强紧固件更换、堆顶棒位测量与指示系统 / 反应堆控制棒驱动机构（RPI/CRDM）电缆更换、核岛应急生水系统阀门（SEC05/06/07/08VE）更换</li> <li>5) 500kV 气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）接入改造</li> <li>6) 大修期间新增的汽动辅助给水泵泵轴缺陷、应急柴油发电机（LHP/LHQ）驱动端浮动油封渗油、反应堆厂房环吊（DMR）主钩滑轮间隙不一致、汽轮发电机低压缸（LP2）内缸中分面 109 号 M64 螺栓断裂、凝结水泵电机（CEX002MO）振动高、换料水箱（PTR001BA）人孔门法兰面平行度超差、主蒸汽系统（VVP）阻尼器选型错误等重要缺陷处理</li> </ol>
方家山核电厂 / 1 号机组 第 2 次换料大 修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 主泵检查</li> <li>2) 汽轮机 2 号低压缸解体检修</li> <li>3) 1/2 号循环水泵和电机解体检修</li> <li>4) 数字化仪控系统（DCS）机柜一二层维护与优化</li> </ol>



核电厂 / 机组 大修轮次	主要完成项目
方家山核电厂 2号机组 第1次换料大修	1) 反应堆压力容器全面在役检查 2) 主泵轴承箱解体检修、高低压缸解体检修 3) 发电机全面解体检修、全部电气盘柜的预防性检查 4) 一回路水压试验以及安全壳整体打压试验 5) 1E级数字化仪控系统（DCS）的软件优化升级

表 2.3-3 2007-2016 年商运核电机组大修用时统计

年份核电厂名称		大修用时（天）									
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
秦山核电厂		75.83	/	37.23	56.29	40.83	/	68.30	18.12	31.76	29.37
大亚湾核电厂	1号机组	28.59	/	29.36	36.91	/	55.53	44.93	/	75.30	46.40
	2号机组	34.78	30.46	/	23.46	46.29	/	48.13	88.87	2.51	43.11
秦山第二核电厂	1号机组	51.83	55.33	88.58	/	65.67	51.71	47.33	56.21	35.85	32.78
	2号机组	40.38	47.25	39.08	41.58	31.08	39.71	35.29	45.80	/	59.62
	3号机组	/	/	/	/	63.92	32.67	21.33	28.80	28.80	/
	4号机组	/	/	/	/	/	/	55.50	31.50	32.30	27.36
岭澳核电厂	1号机组	58.98	25.92	29.92	19.70	28.65	20.79	59.17	31.78	46.00	/
	2号机组	29.18	50.31	29.53	27.02	19.88	28.06	39.83	16.46	19.92	38.36
	3号机组	/	/	/	/	79.03	35.93	30.99	35.85	30.64	27.76
	4号机组	/	/	/	/	/	68.13	36.68	32.88	33.20	42.17
秦山第三核电厂	1号机组	40.79	37.47	/	32.36	31.58	/	24.70	/	61.18	/
	2号机组	/	42.98	37.96	/	31.73	29.40	/	35.13	/	75.20
田湾核电厂	1号机组	/	108	55.37	46.55	48.04	47.90	33.39	36.32	31.81	63.26
	2号机组	/	66.3	50.17	44.09	39.2	44.24	29.10	31.75	29.38	43.92
红沿河核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	80.79	39.54	37.62
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	27.29	149.01	45.58
	3号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	4号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
宁德核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	91.03	40.05	/
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	67.25	46.91
	3号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	70.80
	4号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
福清核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	88.30	/
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	64.13
	3号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

年份核电厂名称		大修用时（天）									
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
阳江核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	73.93	65.68
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	78.53
	3号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	31.84
方家山核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	56.70	30.19
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	22.56	41.12
昌江核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
防城港核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

说明：

(1) “/”表示该年度机组未投入商运或未安排大修。

(2) 秦山第二核电厂4号机组第5次换料大修跨2016年、2017年，大修工期为32.48天，其中2016年内大修用时为0.19天。

(3) 红沿河核电厂2号机组第2次换料大修跨2016年、2017年，大修工期为51.15天，其中2016年内大修用时为45.58天。

(4) 阳江核电厂3号机组第1次换料大修跨2016年、2017年，大修工期为78.95天，其中2016年内大修用时为31.84天。

(5) 方家山核电厂2号机组第1次换料大修跨2015年、2016年，大修工期为63.68天，其中2016年内大修用时为41.12天。

## 2.4 放射性流出物的排放和环境监测

按照国家环境保护法规和环境辐射监测标准，依据国家监管部门批准的排放限值，我国核电厂对放射性流出物的排放进行了严格控制，对核电厂周围环境进行了有效监测。2016年环境监测结果表明，各商运核电厂运行期间放射性流出物的排放量均低于国家标准限值。

2016年商运核电厂放射性流出物排放情况见表2.4-1；核电厂放射性流出物排放量占国家标准规定排放年限值百分比的趋势见图2.4-1至图2.4-8。

表 2.4-1 2016 年商运核电站放射性流出物排放情况

核电厂	放射性废物种类	气态流出物 (Bq)				液态流出物 (Bq)			
		氚	碳 14	惰性气体	卤素	气溶胶	氚	碳 14	其余核素
秦山核电厂	年累计排放量	4.05E+12	1.37E+11	6.92E+11	1.76E+06	1.22E+06	5.90E+12	2.62E+08	1.35E+08
	国家监管部门批准 放年限值	5.00E+12	2.80E+11	6.16E+13	6.67E+09	1.06E+08	6.66E+12	2.99E+09	1.04E+10
	占国家监管部门批准 排放年限值的比例	81.00%	48.93%	1.12%	0.03%	1.15%	88.59%	8.76%	1.30%
	年累计排放量	2.08E+12	4.85E+11	1.09E+12	6.70E+06	3.80E+06	4.43E+13	2.02E+10	1.94E+08
大亚湾核电厂	国家监管部门批准 放年限值	2.40E+13	2.20E+12	7.00E+14	2.50E+10	3.80E+09	2.25E+14	3.00E+11	1.30E+11
	占国家监管部门批准 排放年限值的比例	8.66%	22.03%	1.55%	0.27%	1.00%	19.69%	6.74%	1.49%
秦山第二核电厂	年累计排放量	1.85E+12	3.80E+11	6.22E+11	4.89E+06	1.31E+07	7.41E+13	7.31E+09	1.21E+09
	国家监管部门批准 放年限值	1.10E+13	1.00E+12	2.90E+14	1.80E+09	4.32E+09	1.10E+14	1.60E+11	5.64E+10
岭澳核电厂	占国家监管部门批准 排放年限值的比例	16.82%	38.00%	0.21%	0.27%	0.30%	67.36%	4.57%	2.15%
	年累计排放量	3.58E+12	5.14E+11	9.43E+11	5.48E+06	4.12E+06	5.35E+13	2.54E+10	1.84E+08
	国家监管部门批准 放年限值	2.40E+13	2.20E+12	7.00E+14	2.50E+10	3.80E+09	2.25E+14	3.00E+11	1.30E+11
	占国家监管部门批准 排放年限值的比例	14.93%	23.38%	1.35%	0.22%	1.08%	23.76%	8.45%	1.41%
3、4 号机组	年累计排放量	1.30E+12	4.94E+11	8.09E+11	4.18E+06	3.60E+06	4.58E+13	1.62E+10	2.25E+08
	国家监管部门批准 放年限值	2.40E+13	2.20E+12	7.00E+14	2.50E+10	3.80E+09	2.25E+14	3.00E+11	1.30E+11

核电厂	放射性废物种类	气态流出物 (Bq)				液态流出物 (Bq)			
		氙	碳 14	惰性气体	卤素	气溶胶	氙	碳 14	其余核素
	占国家监管部门批准 排放年限值的比例	5.41%	22.45%	1.16%	0.17%	0.95%	20.36%	5.40%	1.73%
	年累计排放量	1.12E+14	4.12E+11	1.24E+12	5.15E+05	2.96E+06	9.92E+13	/	3.53E+09
秦山第三核电厂	国家监管部门批准 排放年限值	6.16E+14	2.00E+12	1.48E+14	5.28E+08	4.86E+09	5.04E+14	/	6.00E+10
	占国家监管部门批准 排放年限值的比例	18.18%	20.60%	0.84%	0.10%	0.06%	19.68%	/	5.88%
田湾核电厂	年累计排放量	7.65E+11	1.21E+11	1.40E+13	3.47E+06	1.87E+06	2.76E+13	9.33E+09	9.09E+08
	国家监管部门批准 排放年限值	6.00E+13	2.80E+12	2.40E+15	8.00E+10	2.00E+11	3.00E+14	6.00E+11	2.00E+11
红沿河核电厂	占国家监管部门批准 排放年限值的比例	1.28%	4.32%	0.58%	0.00%	0.00%	9.20%	1.56%	0.45%
	年累计排放量	6.01E+11	3.36E+11	1.32E+12	1.16E+07	6.93E+06	4.85E+13	8.00E+09	2.11E+08
宁德核电厂	国家监管部门批准 排放年限值	1.40E+13	1.48E+12	7.06E+14	1.01E+10	6.12E+09	1.26E+14	2.00E+11	8.00E+10
	占国家监管部门批准 排放年限值的比例	4.29%	22.68%	0.19%	0.12%	0.11%	38.45%	4.00%	0.26%
宁德核电厂	年累计排放量	6.30E+11	4.93E+11	6.63E+12	2.12E+07	5.32E+06	6.46E+13	1.67E+10	2.73E+08
	国家监管部门批准 排放年限值	1.94E+13	1.48E+12	1.10E+15	1.18E+10	6.20E+09	1.75E+14	2.00E+11	8.00E+10
	占国家监管部门批准 排放年限值的比例	3.25%	33.34%	0.60%	0.18%	0.09%	36.89%	8.36%	0.34%

核电厂	放射性废物种类	气态流出物 (Bq)						液态流出物 (Bq)			
		氙	碳 14	惰性气体	卤素	气溶胶	氙	碳 14	其余核素		
福清核电厂	年累计排放量	4.14E+11	1.77E+11	2.49E+12	1.38E+08	3.39E+06	1.96E+13	3.84E+09	8.63E+08		
	国家监管部门批准 放年限值	1.13E+13	1.53E+12	1.82E+14	1.29E+09	1.43E+08	1.26E+14	1.12E+11	8.50E+10		
	占国家监管部门批准 排放年限值的比例	3.66%	11.57%	1.37%	10.70%	2.37%	15.56%	3.43%	1.02%		
	年累计排放量	3.76E+11	2.77E+11	4.01E+12	2.35E+07	1.09E+07	4.57E+13	1.77E+10	4.29E+08		
阳江核电厂	国家监管部门批准 放年限值	1.94E+13	1.48E+12	1.10E+15	1.18E+10	6.12E+09	1.75E+14	2.00E+11	8.00E+10		
	占国家监管部门批准 排放年限值的比例	1.94%	18.72%	0.36%	0.20%	0.18%	26.11%	8.85%	0.54%		
	年累计排放量	2.74E+11	4.76E+10	1.64E+12	9.81E+06	1.27E+07	3.43E+13	1.07E+09	2.31E+09		
	国家监管部门批准 放年限值	6.30E+12	8.65E+11	9.09E+13	6.45E+08	7.16E+07	6.30E+13	6.20E+10	5.05E+10		
方家山核电厂	占国家监管部门批准 排放年限值的比例	4.35%	5.50%	1.80%	1.52%	17.74%	54.44%	1.73%	4.57%		
	年累计排放量	1.35E+11	6.49E+10	1.94E+12	8.44E+07	6.64E+06	5.91E+12	9.71E+08	1.93E+08		
	国家监管部门批准 放年限值	5.49E+12	5.42E+11	1.45E+14	9.00E+08	1.09E+08	5.49E+13	4.00E+10	1.37E+10		
	占国家监管部门批准 排放年限值的比例	2.46%	11.97%	1.34%	9.38%	6.09%	10.77%	2.43%	1.41%		
昌江核电厂	年累计排放量	8.27E+10	4.62E+10	1.62E+12	3.98E+6	8.77E+6	1.39E+13	6.31E+9	4.19E+7		
	国家监管部门批准 放年限值	9.70E+12	7.40E+11	5.5E+14	5.92E+9	3.06E+9	8.74E+13	1.00E+11	4.00E+10		
	占国家监管部门批准 排放年限值的比例	0.85%	6.24%	0.29%	0.07%	0.29%	15.86%	6.31%	0.10%		
	年累计排放量										

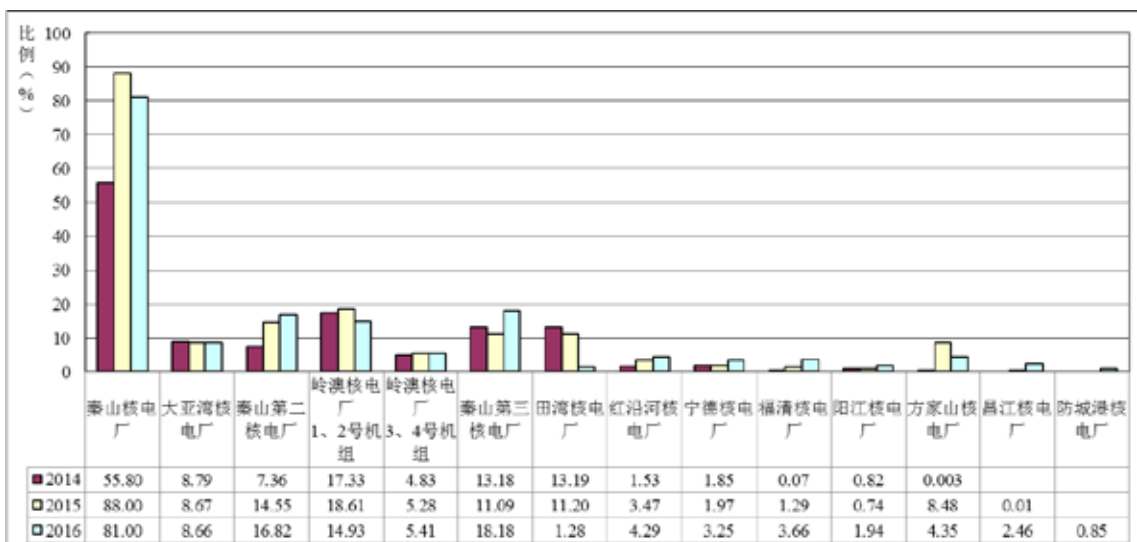


图 2.4-1 2014-2016 年核电厂氡（气态）的排放量占国家规定年限值百分比的趋势图

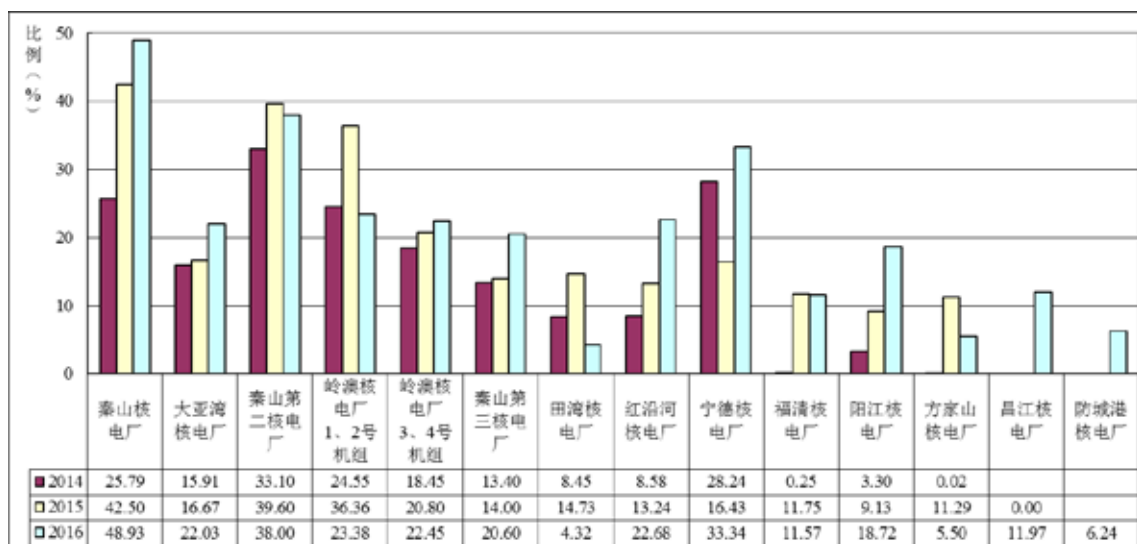


图 2.4-2 2014-2016 年核电厂碳 14（气态）的排放量占国家规定年限值百分比的趋势图

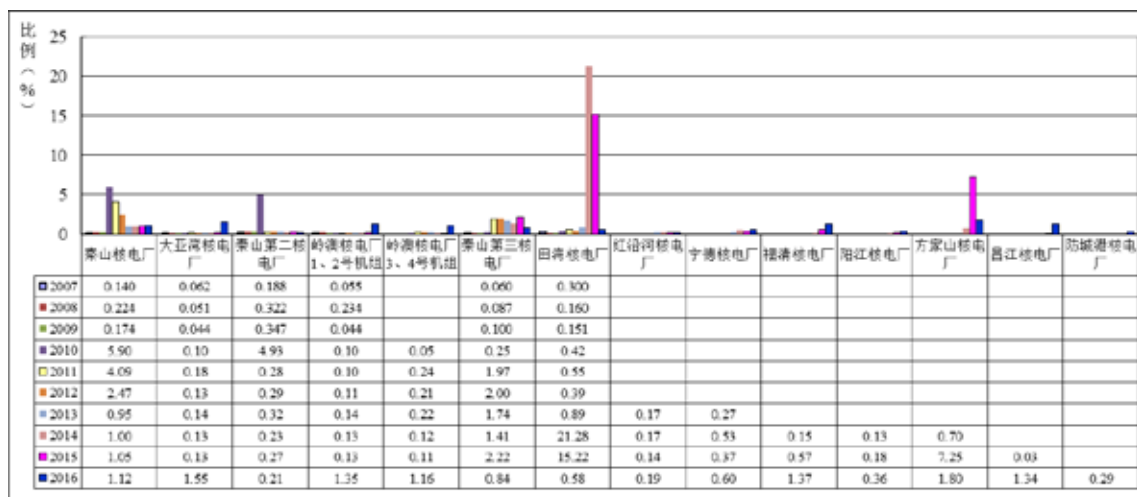


图 2.4-3 2007-2016 年核电厂惰性气体的排放量占国家规定年限值百分比的趋势图

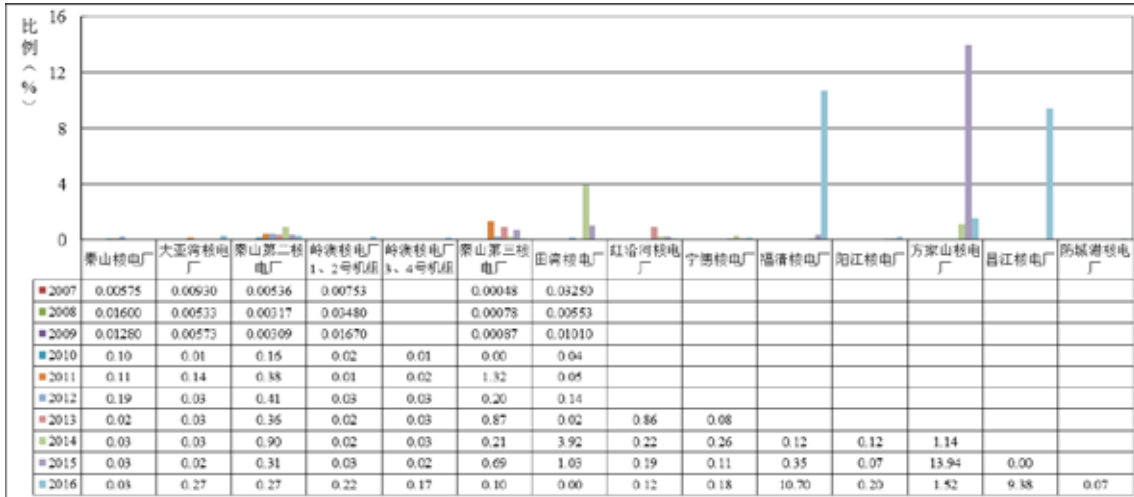


图 2.4-4 2007-2016 年核电厂卤素（气态）的排放量占国家规定年限值百分比的趋势图

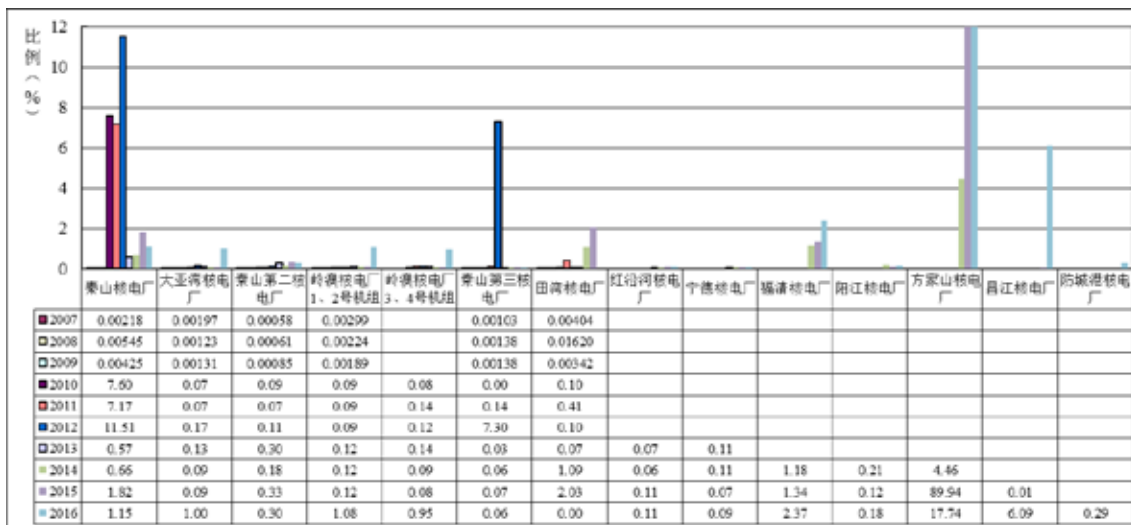


图 2.4-5 2007-2016 年核电厂气溶胶的排放量占国家规定年限值百分比的趋势图

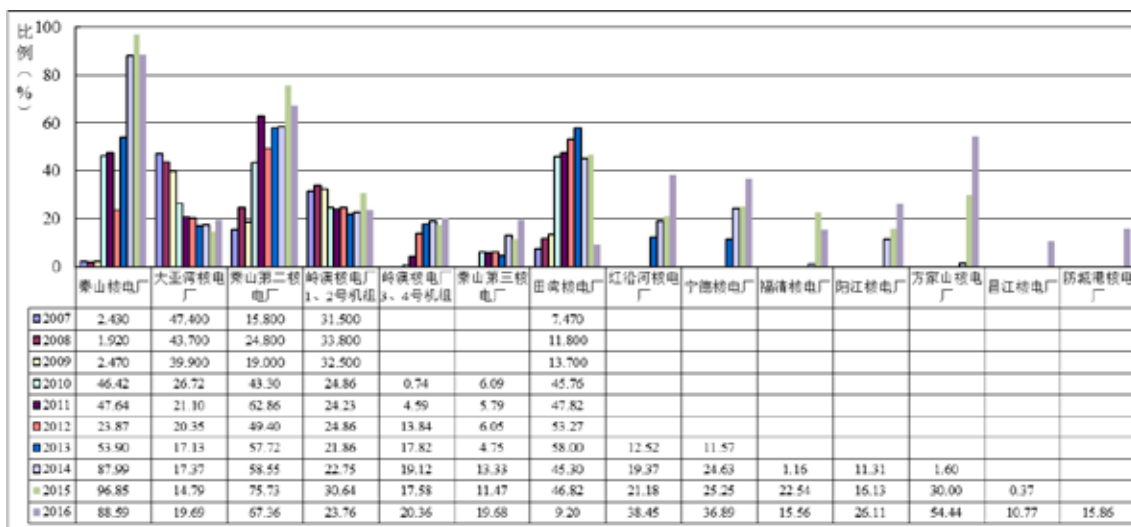


图 2.4-6 2007-2016 年核电厂液氡的排放量占国家规定年限值百分比的趋势图

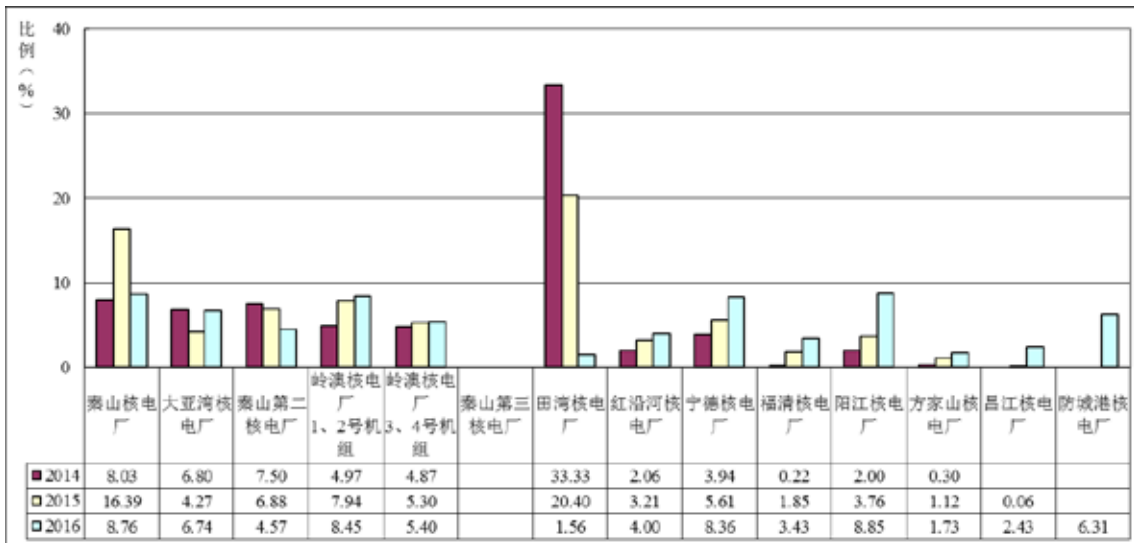


图 2.4-7 2007-2016 年核电厂碳 14 (液态) 的排放量占国家规定年限值百分比的趋势图

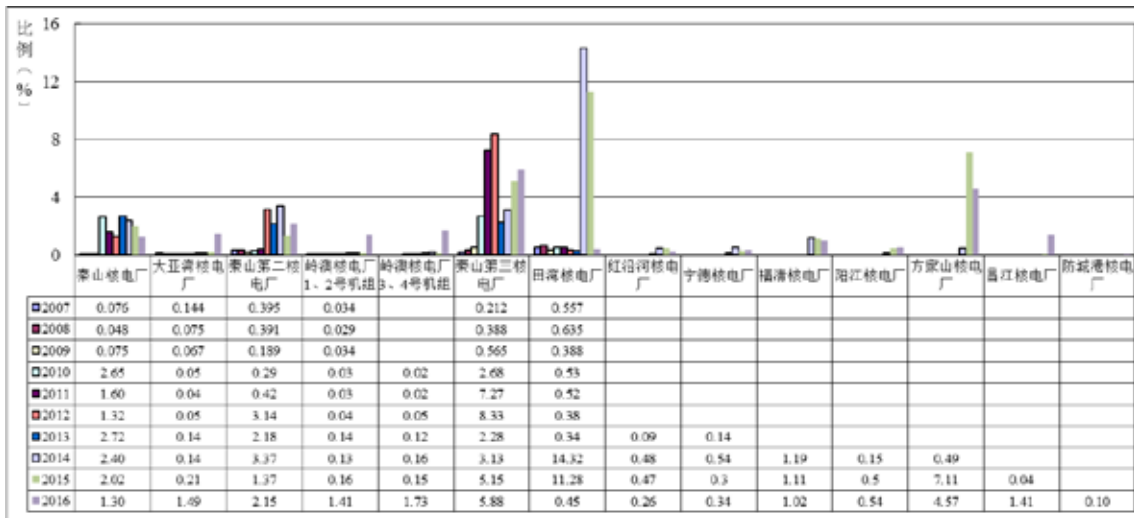


图 2.4-8 2007-2016 年核电厂其余核素 (液态) 的排放量占国家规定年限值百分比的趋势图

说明:

(1) 图 2.4-1 至图 2.4-8 的放射性流出物排放的百分比数据中,“空白”表示核电厂当年尚未投入商运或投入商运的时间很短,无统计数据。

(2) 2009 年以前,GB6249-86《核电厂环境辐射防护规定》没有对重水堆的排放规定限值,故秦山第三核电厂液氚的排放量占国家规定年限值百分比无数据(或不适用)。

## 2.5 WANO 业绩指标

2016 年中国核电运行机组 WANO 业绩指标与 WANO 公布的全世界核电厂 11 类、14 项业绩指标的中值、先进值的比较情况见表 2.5-1。2016 年运行核电机组单项 WANO 业绩指标统计见表 2.5-2, 2007-2016 年运行核电机组 WANO 指标综合指数统计见表 2.5-3。



表 2.5-1 2016 年运行核电机组 WANO 业绩指标达标情况

机组	达到先进值水平指标数量	介于先进值、中值水平之间指标数量	未达到中值指标数量（名称）
秦山核电厂 1 号机组	9	4	1（SP2）
大亚湾核电厂 1 号机组	9	2	3（UCF、CRE、CISA）
大亚湾核电厂 2 号机组	9	2	3（UCF、CRE、CISA）
秦山第二核电厂 1 号机组	12	2	0
秦山第二核电厂 2 号机组	12	0	2（UCF、CRE）
秦山第二核电厂 3 号机组	12	2	0
秦山第二核电厂 4 号机组	11	3	0
岭澳核电厂 1 号机组	12	0	2（FRI、CISA）
岭澳核电厂 2 号机组	8	2	4（UA7、US7、CRE、CISA）
岭澳核电厂 3 号机组	11	3	0
岭澳核电厂 4 号机组	11	1	2（UCLF、CRE）
秦山第三核电厂 1 号机组	10	2	2（UCLF、FLR）
秦山第三核电厂 2 号机组	11	1	2（UCF、CRE）
田湾核电厂 1 号机组	8	0	6（UCF、UCLF、FLR、GRLF、CRE、CISA）
田湾核电厂 2 号机组	6	2	6（UCF、GRLF、UA7、US7、CRE、CISA）
红沿河核电厂 1 号机组	8	2	4（UCF、UCLF、FLR、ISA）
红沿河核电厂 2 号机组	10	1	3（UCF、CRE、ISA）
红沿河核电厂 3 号机组	9	3	2（SP1、ISA）
宁德核电厂 1 号机组	10	1	3（UCLF、FLR、SP5）
宁德核电厂 2 号机组	9	2	3（UCF、SP5、CRE）
宁德核电厂 3 号机组	11	0	3（UCF、SP5、CRE）
福清核电厂 1 号机组	10	3	1（CISA）
福清核电厂 2 号机组	5	3	6（UCF、UA7、US7、FRI、CRE、CISA）
阳江核电厂 1 号机组	10	0	4（UCF、SP5、CRE、CISA）
阳江核电厂 2 号机组	10	0	4（UCF、SP5、CRE、ISA）
阳江核电厂 3 号机组	8	1	5（FRI、CPI、CRE、CISA、SP5）
方家山核电厂 1 号机组	10	4	0
方家山核电厂 2 号机组	12	0	2（ULF、CRE）
昌江核电厂 1 号机组	10	0	3（GRLF、SP2、CPI）
防城港核电厂 1 号机组	11	1	2（FLR、CPI）

说明：

（1）指标英文缩写含义如下

UCF, 机组能力因子;                   UCLF, 非计划能力损失因子;  
FLR, 强迫损失率;                   GRLF, 电网相关损失因子;  
UA7, 临界 7000 小时非计划自动停堆次数; US7, 临界 7000 小时自动停堆次数;  
SP1, 高压安注系统性能;               SP2, 辅助给水系统性能;  
SP5, 应急交流电系统性能;           FRI, 燃料可靠性;  
CPI, 化学性能;                    CRE, 集体辐照剂量;  
ISA, 工业安全事故率;               CISA, 承包商工业安全事故率。

(2) 昌江核电厂 1 号机组 2016 年的 FRI(燃料可靠性)不满足统计条件,无法计算,故其 WANO 业绩指标只有 13 项。

表 2.5-2 2016 年运行核电机组单项 WANO 业绩指标统计

核电厂 / 机组号	业绩指标		机组能力因子 (%)	非计划能力损失因子 (%)	强迫损失率 (%)	电网相关损失因子 (%)	临界 7000 小时非计划启动堆次数	临界 7000 小时非计划停堆次数	安全系统性能			燃料可靠性 (Bq/g)	化学性能	集体辐照剂量 (man. Sv)	工业安全事故率	承包商工业安全事故率
	机组能力因子 (%)	非计划能力损失因子 (%)							高压安注系统	辅助给水系统	应急交流电力系统					
秦山核电厂	1 号机组	91.38	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0001	0.0021	0.0001	0.037	1.00	0.281	0.00	0.00
	2 号机组	87.42	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.583	0.00	0.06
秦山第二核电厂	1 号机组	90.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.283	0.00	0.00
	2 号机组	82.96	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.631	0.00	0.00
	3 号机组	99.81	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.020	0.00	0.00
	4 号机组	92.39	0.06	0.07	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.157	0.00	0.00
岭澳核电厂	1 号机组	99.81	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	25.462	1.00	0.080	0.00	0.17
	2 号机组	88.65	0.06	0.07	0.00	0.89	0.89	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	1.038	0.00	0.00
	3 号机组	91.62	1.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.319	0.00	0.00
	4 号机组	87.84	2.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.709	0.00	0.00
秦山第三核电厂	1 号机组	94.91	5.08	5.08	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.291	0.00	0.00
	2 号机组	79.28	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.037	1.00	0.718	0.00	0.00
田湾核电厂	1 号机组	81.87	2.84	0.71	0.74	0.74	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.579	0.00	0.15
	2 号机组	87.23	0.57	0.65	2.40	2.40	0.90	0.90	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.431	0.00	0.00
红沿河核电厂	1 号机组	87.19	1.86	2.06	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.286	0.00	0.00
	2 号机组	87.49	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.037	1.00	0.543	0.07	0.00
	3 号机组	94.90	0.35	0.37	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.037	1.00	0.055	0.00	0.00
宁德核电厂	1 号机组	98.13	1.85	1.85	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.085	0.00	0.00
	2 号机组	86.38	1.23	0.31	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.037	1.00	0.633	0.00	0.00
	3 号机组	80.08	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.729	0.00	0.00

核电厂 / 机组号	业绩指标	机组能力因子 (%)	非计划能力损失因子 (%)	强迫损失率 (%)	电网相关损失因子 (%)	7000小时非计划自启动堆次数	7000小时非计划停堆次数	安全系统性能			燃料可靠性 (Bq/g)	化学性能	集体辐射剂量 (man. Sv)	工业安全事故率	承包商工业安全事故率
								高压安注系统	辅助给水系统	应急交流电力系统					
福清核电厂	1号机组	99.31	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0004	0.037	1.00	0.052	0.06	0.00
	2号机组	81.55	0.24	0.29	0.00	0.98	0.98	0.0000	0.0000	0.0000	3.229	1.00	0.857		
阳江核电厂	1号机组	81.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.774	0.06	0.00
	2号机组	77.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0066	0.037	1.00	0.900		
	3号机组	91.24	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	89.664	1.03	0.449		
方家山核电厂	1号机组	91.23	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.0001	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.235	0.00	0.00
	2号机组	86.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.488		
昌江核电厂	1号机组	93.96	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.0000	0.0030	0.0000	N/A	1.03	0.009	0.00	0.00
	1号机组	99.02	0.93	0.93	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.04	0.015		
WANO 中值		87.55	1.53	0.70	0.00	0.00	0.00	0.0001	0.0001	0.0008	0.432	1.00	0.427	0.00	0.00
WANO 先进值		93.86	0.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.175	0.00	0.00

说明:

- (1) 表中 WANO 单项指标的中值、先进值, 为 2016 年度值。
- (2) 表中红色表示该指标没有达到 WANO 中值, 黄色表示该指标介于 WANO 中值、先进值之间, 绿色表示该指标达到 WANO 先进值。
- (3) 表中各机组的 WANO 性能指标数据的精度与 WANO 惯例保持一致, 进行了四舍五入。
- (4) WANO 单项指标中, 除机组能力因子数值越高表示业绩越好外, 其余指标均是数值越低表示业绩越好 (燃料可靠性最小值为 0.037 Bq/g、化学性能最小值为 1.00)。
- (5) 红沿河核电厂 4 号机组、宁德核电厂 4 号机组、福清核电厂 3 号机组、昌江核电厂 2 号机组、防城港核电厂 2 号机组商运时间不满足 WANO 指标年度周期数据统计要求, 故未统计 2016 年的各项 WANO 指标数据。
- (6) “N/A”表示昌江核电厂 1 号机组不满足燃料可靠性计算条件, 无法计算出指标值。燃料可靠性的计算条件为: 功率在 85% 以上; 功率浮动变化不超过 5%; 在某一功率至少稳定 3 天。

表 2.5-3 2007-2016 年运行核电机组 WANO 指标综合指数统计

核电厂 / 机组	年度	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
秦山核电厂		90.99	96.11	94.52	86.67	92.14	100	98.49	92.84	98.71	98.94
大亚湾核电厂	1号机组	100.00	100.00	98.70	100.00	100.00	93.45	98.77	98.68	90.86	98.82
	2号机组	96.6	83.23	93.48	100	96.67	98.17	98.24	83.14	82.38	99.52
秦山第二核电厂	1号机组	68.28	85.00	90.01	93.97	87.50	84.25	91.90	90.82	92.79	97.11
	2号机组	95.41	93.45	93.39	94.29	96.00	83.09	80.32	88.18	84.83	90.10
	3号机组	/	/	/	/	79.92	87.96	91.85	100.00	85.90	90.25
	4号机组	/	/	/	/	/	N/A	93.88	93.65	97.64	99.40
岭澳核电厂	1号机组	93.28	92.04	94.46	98.47	98.52	98.95	85.93	83.36	79.97	98.21
	2号机组	91.88	80.81	92.26	98.89	100.00	100.00	91.93	95.94	100.00	97.49
	3号机组	/	/	/	/	N/A	75.70	96.60	97.21	97.20	98.57
	4号机组	/	/	/	/	/	N/A	88.59	97.04	97.87	96.32
秦山第三核电厂	1号机组	98.17	96.02	99.46	98.54	98.87	99.70	100.00	96.47	94.44	92.50
	2号机组	99.47	99.47	99.17	100.00	99.42	98.42	100.00	100.00	99.23	94.58
田湾核电厂	1号机组	/	62.04	72.26	80.97	93.45	93.34	95.92	97.84	98.06	93.09
	2号机组	/	80.71	86.19	86.87	90.94	93.95	95.57	97.65	97.08	90.65
红沿河核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	N/A	68.90	76.88	94.26
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	N/A	71.99	84.90
	3号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	N/A	100.00
宁德核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	N/A	70.00	66.93	99.85
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	N/A	92.46	84.07
	3号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	N/A	86.72
福清核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	N/A	49.59	88.81
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	N/A	72.32

核电厂 / 机组	年度	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
阳江核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	N/A	95.31	83.94
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	N/A	91.18
	3号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	N/A	92.81
方家山核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	N/A	82.28	93.80
	2号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	N/A	96.29
昌江核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	N/A	99.12
防城港核电厂	1号机组	/	/	/	/	/	/	/	/	N/A	98.87

说明：综合指数使用 WANO 推荐的综合指数第四种方法计算，2010 年起计算中考虑了大亚湾机组 18 个月换料期。N/A 表示不满足方法四的要求。

## 2.6 运行事件

2016 年，我国核电厂共发生了 71 起 INES 界定的运行事件，其中 70 起为 0 级运行事件，1 起为 1 级运行事件。2016 年中国核电厂运行事件清单见附录 4。

2012-2016 年中国核电机组运行事件数量统计见表 2.6-1；

2012-2016 年中国核电厂运行事件数量统计趋势见图 2.6-1；

2012-2016 年中国核电厂单机组运行事件数量统计趋势见图 2.6-2。

表 2.6-1 2012-2016 年核电机组运行事件数量统计

核电厂	级别 / 年度	0 级运行事件				1 级运行事件					
		2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
秦山核电厂	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	1号机组	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
大亚湾核电厂	2号机组	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	1号机组	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
秦山第二核电厂	2号机组	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	3号机组	3	1	0	2	0	0	0	0	0	0
	4号机组	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	1号机组	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岭澳核电厂	2号机组	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	3号机组	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0
	4号机组	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	1号机组	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
秦山第三核电厂	2号机组	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	1号机组	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0
田湾核电厂	2号机组	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0
	1号机组	3	10	0	0	3	0	0	0	0	0
红沿河核电厂	2号机组	/	2	5	3	2	/	0	0	0	0
	3号机组	/	/	3	4	0	/	/	0	0	0
	4号机组	/	/	/	/	1	/	/	/	/	0
	1号机组	5	9	4	2	7	0	0	0	0	0
宁德核电厂	2号机组	/	1	5	0	4	/	0	0	0	0
	3号机组	/	/	/	4	4	/	/	1	0	0
	4号机组	/	/	/	0	5	/	/	0	1	1
	1号机组	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

核电厂	级别 / 年度	0 级运行事件				1 级运行事件					
		2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
福清核电厂	1号机组	/	/	6	6	1	/	0	0	0	0
	2号机组	/	/	/	5	4	/	/	0	0	0
	3号机组	/	/	/	/	0	/	/	/	/	0
阳江核电厂	1号机组	/	1	6	0	3	/	0	1	0	0
	2号机组	/	/	/	3	0	/	/	0	0	0
	3号机组	/	/	/	3	3	/	/	0	0	0
	4号机组	/	/	/	/	1	/	/	/	/	0
方家山核电厂	1号机组	/	/	3	0	1	/	0	0	0	0
	2号机组	/	/	1	2	2	/	0	0	0	0
昌江核电厂	1号机组	/	/	/	2	3	/	/	0	0	0
	2号机组	/	/	/	/	7	/	/	/	/	0
防城港核电厂	1号机组	/	/	/	1	3	/	/	0	0	0
	2号机组	/	/	/	/	6	/	/	/	/	0
合计	21	30	38	45	70	0	0	2	1	1	



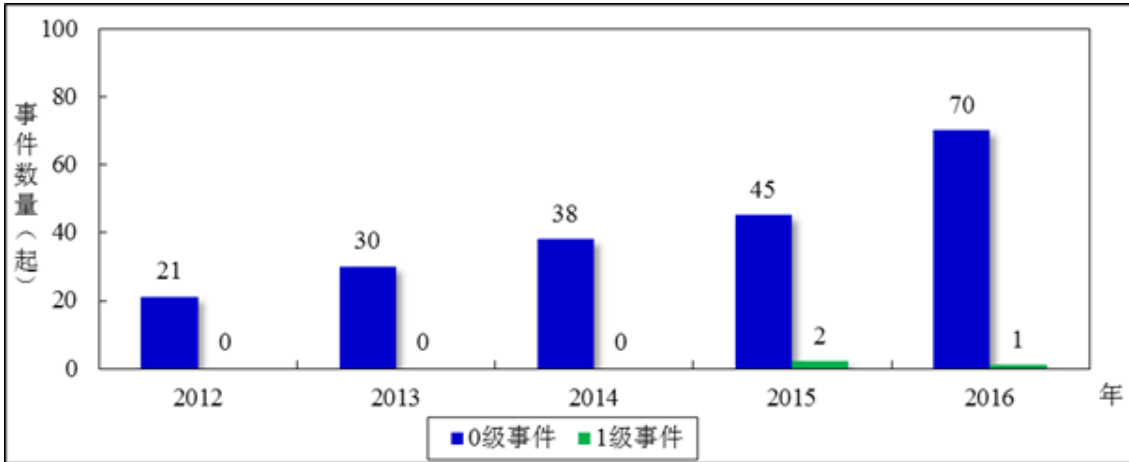


图 2.6-1 2012-2016 年核电厂运行事件的统计趋势图

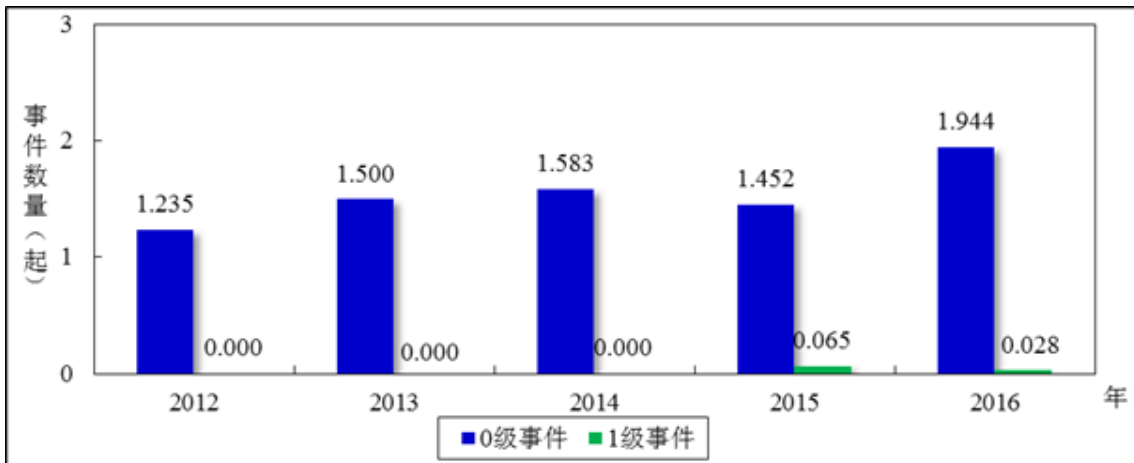


图 2.6-2 2012-2016 年核电厂单机组平均运行事件数量统计趋势图

### 3 核电建设

2016年，有2台核电机组开工建设。截至2016年底，中国共有21台在建核电机组。

#### 3.1 红沿河核电厂4-6号机组

一、基本情况	
业主单位	辽宁红沿河核电有限公司
主要股东	中广核核电投资有限公司、中电投核电有限公司、大连市建设投资集团有限公司
厂址	辽宁省瓦房店市红沿河镇东岗村
机组堆型	CPR1000
设计功率	1118.79MWe
开工日期	4号机组：2009年08月15日 5号机组：2015年03月29日 6号机组：2015年07月24日
计划完工日期	4号机组：2016年09月19日（实际商运日期） 5号机组：2021年01月31日 6号机组：2021年08月31日
二、建设亮点	
<p>2016年，克服了4号机组设备供货滞后、设备质量缺陷等突出问题，顺利完成各项功能试验，于9月19日完成168小时试运行，投入商业运行。5、6号机组核岛、常规岛以及配套BOP子项土建工程顺利推进，核岛安装工程和BOP安装工程正式开工，总体进展略提前于一级进度计划。</p>	
三、质量管理	
<p>2016年，通过开展“遵守程序、反对违章”专项活动，监督监查、供应商资格评审等活动基本实现了工程建设领域存在突出问题、重要隐患以及重大质量风险的管控，确保了在建机组的工程质量受控。</p>	
四、健康、安全与环境管理	
<p>2016年，未发生重伤及以上生产安全事故，工程现场安全整体稳定。重点围绕“零死亡、零火灾”开展5、6号机组安全监管工作，推进工程安全标杆机组建设，以安全隐患排查治理、重复性安全违章整治为切入点，以新人员/新班组/新状况的安全控制、高风险作业预控、安全标准化建设为抓手，积极开展工程安全管理巡视、一线重点班组帮扶与作业风险交底、重点安全隐患预警与问责、安全监管团队建设与运作机制优化、安全监督手段创新和强化监管队伍能力建设等管理活动，强化施工安全风险的前端预防与过程管控，从源头上预防、控制和减少生产安全事故。</p>	



图 3.1-1 红沿河核电厂 1-4 号机组



图 3.1-2 红沿河核电厂 5、6 号机组

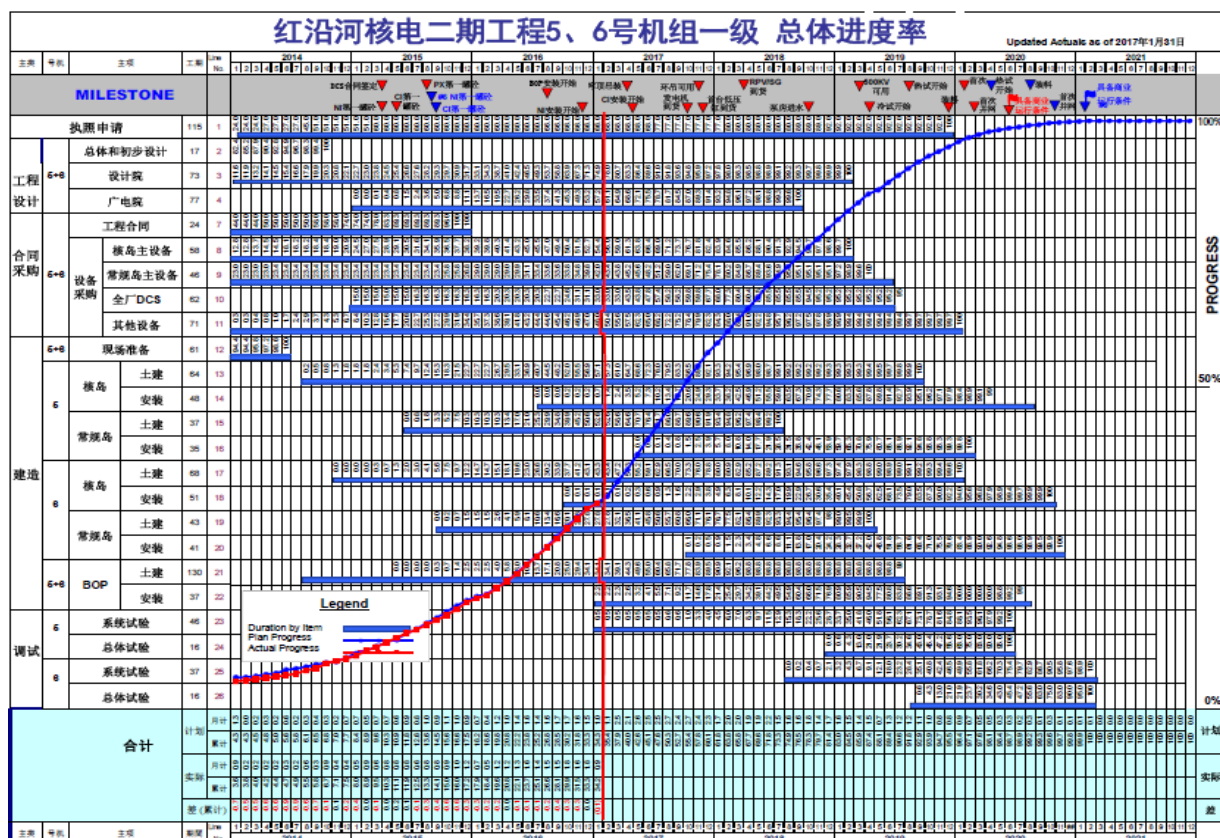


图 3.1-3 红沿河核电厂 5、6 号机组进度图

表 3.1-1 红沿河核电厂 4-6 号机组里程碑完成情况

序号	里程碑	完成时间 (4号机组)	完成时间 (5号机组)	完成时间 (6号机组)
1	取得建造许可证	2009	2015	2015
2	核岛 FCD <sup>7</sup>	2009	2015	2015
3	常规岛 FCD	2009	2015	2015
4	泵房 FCD	2009	2015	2015
5	BOP 安装开始	×	2016	×
6	核岛安装开始	2011	2016	
7	穹顶吊装	2011		
8	反应堆厂房环吊可用	2012		
9	常规岛安装开始	2012		
10	反应堆压力容器到货	2013		
11	汽轮机首台低压缸到货	2012		
12	发电机到货	2012		
13	泵站进水	2013		
14	500kV 可用	2014		
15	冷试开始	2014		

1 FCD 为 The First Concrete Date 缩写，意为第一罐混凝土浇筑。

序号	里程碑	完成时间 (4号机组)	完成时间 (5号机组)	完成时间 (6号机组)
16	热试开始	2015		
17	核燃料组件运到现场	2015		
18	取得装料许可证	2016		
19	装料开始	2016		
20	首次临界	2016		
21	汽轮机冲转	2016		
22	首次并网	2016		
23	具备商运条件	2016		

说明：× 表示该机组没有或不适用此项里程碑。

### 3.2 宁德核电厂 4 号机组

一、基本情况	
业主单位	福建宁德核电有限公司
主要股东	中国广核电力股份有限公司、大唐国际发电股份有限公司、福建省能源集团有限责任公司
厂址	福建省宁德市辖福鼎市太姥山镇备湾村
机组堆型	CPR1000
设计功率	1089MWe
开工日期	4号机组：2010年09月29日
计划完工日期	4号机组：2016年07月21日（实际商运日期）
二、建设亮点	
<p>7月21日，4号机组顺利完成168小时试运行，投入商业运行。实现了“厂址附加后备电源柴油发电机组设计改进”等16项重大技术改进，主管道自动焊打破国外技术封锁，综合国产化率达到80%。经测试，4号机组性能试验满功率连续出力超过前三台机组，实现了“一台比一台好”的创优目标。</p>	
三、质量管理	
<p>2016年，在建机组的工程质量整体受控。通过整合管理程序、加大监督监查力度等方式持续推进质量管理体系建设、落实质量保证法规要求，针对质保体系运作过程中发现的问题制定纠正措施进行整改，确保质量管理持续改进。</p>	
四、健康、安全与环境管理	
<p>2016年，未发生轻伤及以上事故，未发生一级火险及以上消防事件，未发生保卫治安事件，未发生超剂量照射、体内污染、放射源丢失事件，各项辐射安全指标良好。通过安全、质量、环境责任制考核、工程标准化的推进、隐患排查与领导带班检查，重点排查治理安全隐患，整治重复性安全违章，强化对新员工、高风险作业人员、承包商人员安全培训，各项安全生产指标完成情况良好。</p>	



图 3.2-1 宁德核电厂 1-4 号机组

表 3.2-1 宁德核电厂 4 号机组里程碑完成情况

序号	里程碑	完成时间（4号机组）
1	核岛主设备供应合同或协议签订	2009
2	TG 供应合同或协议签订	2008
3	DCS 供应合同或协议签订	2009
4	颁发建造许可证	2010
5	核岛 FCD	2010
6	常规岛 FCD	2010
7	泵房 FCD	2010
8	BOP 安装开始	×
9	核岛安装开始	×
10	核岛穹顶吊装	2012
11	常规岛安装开始	×
12	核岛环吊可用	2012
13	首个单系统（SDA）调试开始	×
14	反应堆压力容器到货	2013
15	常规岛首台低压缸到货	2013
16	常规岛发电机到货	2014
17	泵站进水	2014
18	500kV 可用	×
19	冷试开始	2015

序号	里程碑	完成时间（4号机组）
20	热试开始	2015
21	核燃料组件到货	2015
22	颁发装料许可证	2015
23	装料开始	2015
24	首次并网	2016
25	具备商运条件	2016

说明：× 表示该机组没有或不适用此项里程碑。

### 3.3 福清核电厂 3-6 号机组

一、基本情况	
业主单位	福建福清核电有限公司
主要股东	中国核能电力股份有限公司、华电福新能源股份有限公司、福建省投资开发集团有限责任公司
厂址	福建省福州市福清市三山镇前薛村
机组堆型	M310 改进型 (3-4 号机组)、华龙一号 (5-6 号机组)
设计功率	1089MWe (3-4 号机组)、1150MWe (5-6 号机组)
开工日期	3 号机组：2010 年 12 月 31 日 4 号机组：2012 年 11 月 17 日 5 号机组：2015 年 05 月 07 日 6 号机组：2015 年 12 月 22 日
计划完工日期	3 号机组：2016 年 10 月 24 日（实际商运日期） 4 号机组：2017 年 9 月 30 日 5 号机组：2020 年 7 月 8 日 6 号机组：2021 年 4 月 30 日
二、建设亮点	
<p>2016 年，3 号机组调试期间大型调试试验均一次成功，投入商业运行。4 号机组采取核回路冲洗分两阶段进行、优化主泵安装逻辑等措施，有效减缓了主设备到货滞后的影响，顺利完成冷态功能试验。5 号机组逐步进入安装阶段，实现核岛安装开始，常规岛 0 米板浇筑，核岛穹顶拼装开始，环吊梁、环吊轨道到场，环吊牛腿安装完成等重要节点。6 号机组处于土建施工阶段，实现反应堆厂房筏基浇筑、常规岛主厂房筏基浇筑、反应堆厂房内筒体砼施工开始等重要节点。</p>	
三、质量管理	
<p>2016 年，在建机组的工程质量整体受控。顶层管理文件全面完成更新发布，并报国家核安全局认可批复，包括 1-4 号机组设计与建造质保大纲，3、4 号机组调试质保大纲，5、6 号机组设计与建造质保大纲。</p>	
四、健康、安全与环境管理	

2016年，未发生重伤及以上生产安全事故，未发生辐射事故、职业病危害事故和环境污染事件，未发生较大及以上火灾爆炸事故和交通事故责任事故，圆满完成各项安全生产指标。着力推进安全监督网格化制度，定期对各级区域安全员网格化工作情况进行检查验证，发挥安全监管的主动性，确保安全监督管理工作全面落实。制定并实施了公司领导带班巡视制度，特别规范副科以上管理人员的现场安全检查活动，做到每月有计划有总结，突出现场检查为主，及时消除各类安全隐患。全面推进建安机组实施安全生产标准化建设和推进现场“6S”管理，针对违章、偏差采取通报、约谈和问责等方式处理，力求补齐安全管理上的短板。开发投用的隐患排查系统，荣获中国能源企业信息化管理创新奖。



图 3.3-1 福清核电站 1-4 号机组



图 3.3-2 福清核电站 5-6 号机组



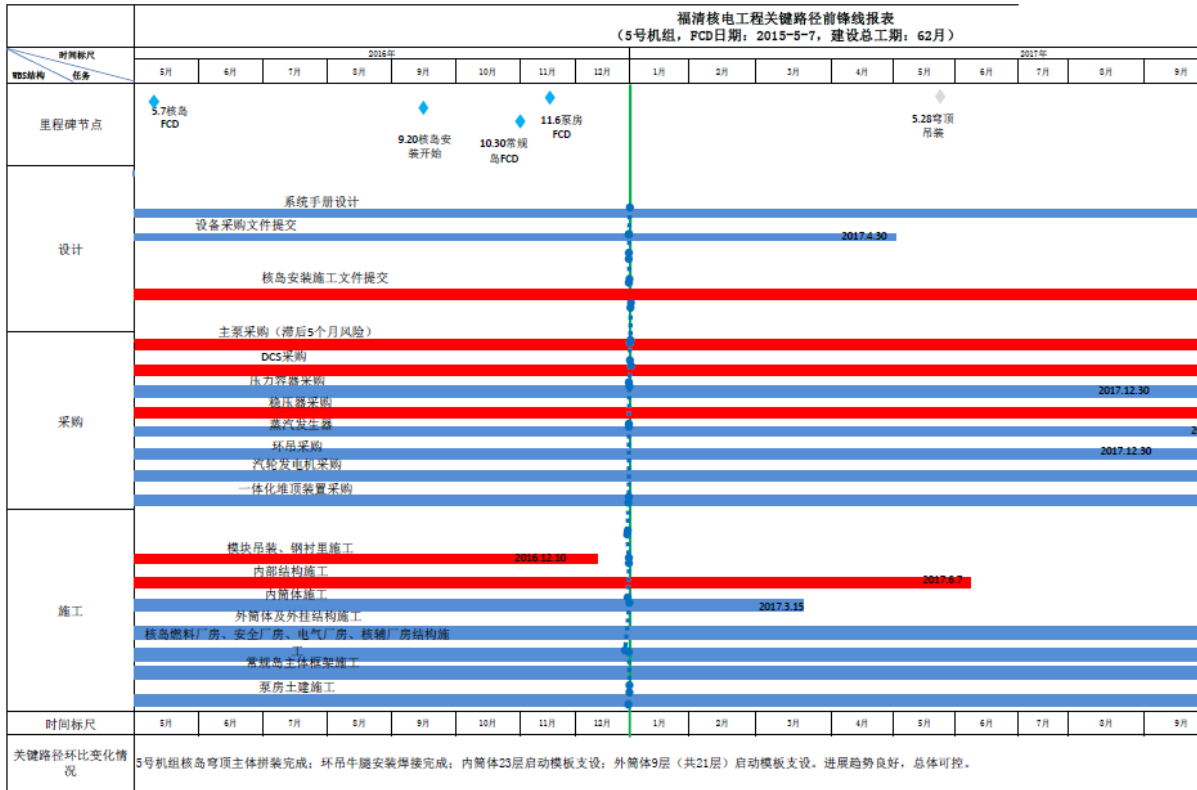


图 3.3-3 福清核电站 5 号机组工程关键路径

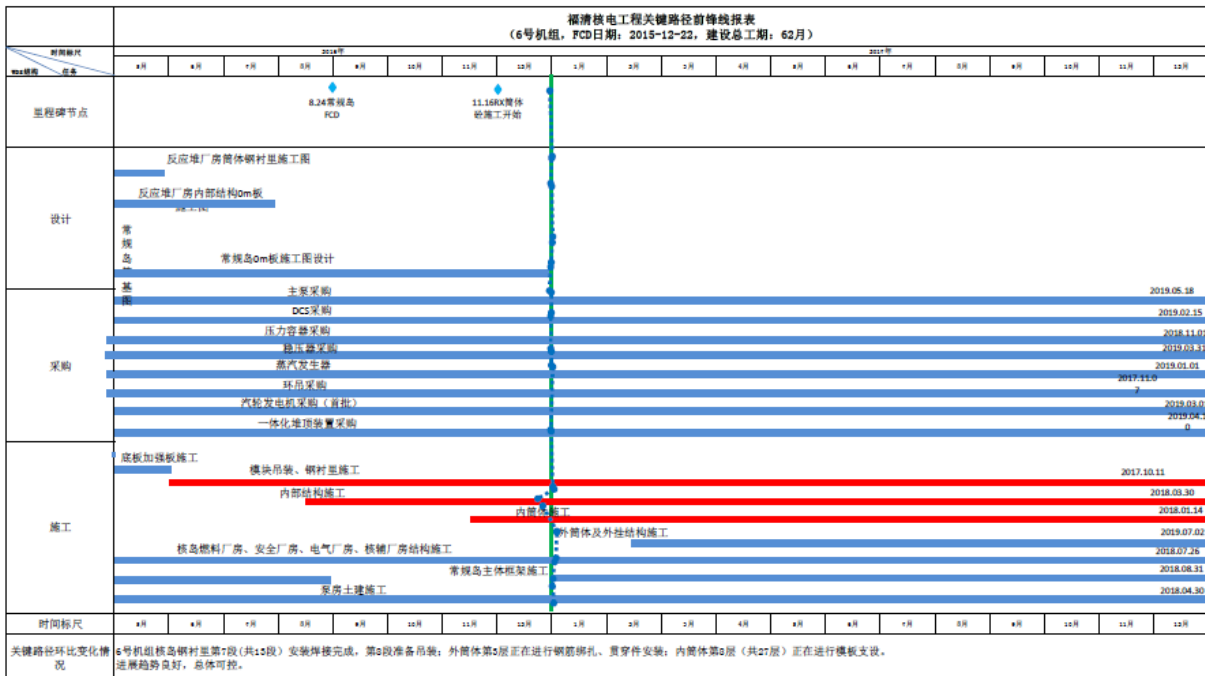


图 3.3-4 福清核电站 6 号机组工程关键路径

表 3.3-1 福清核电厂 3-4 号机组里程碑完成情况

序号	里程碑	完成时间（3号机组）	完成时间（4号机组）
1	核岛主设备采购招投标启动	2009	×
2	项目核准	2010	×
3	可研报告上报	×	×
4	PSAR 上报	×	×
5	总承包合同签订	×	×
6	初步设计完成	×	×
7	建造许可证颁发	2010	×
8	核岛 FCD	2010	2012
9	常规岛 FCD	2011	2013
10	泵房 FCD	2011	×
11	BOP 安装开始	×	×
12	核岛安装开始	2012	2014
13	穹顶吊装	2012	2014
14	常规岛安装开始	×	×
15	70T 龙门吊可用	×	×
16	环吊可用	2013	2014
17	380T 龙门吊可用	×	×
18	常规岛主行车可用	2013	2014
19	反应堆厂房压力容器安装开始	2013	2015
20	主管道开始焊接	×	×
21	1# 蒸汽发生器就位	×	×
22	220kV 倒送电	2013	×
23	发电机定子就位	×	×
24	FSAR 上报	×	×
25	1# 主泵泵壳就位	×	×
26	汽机安装开始	2013	2015
27	主管道焊接完成	2014	2015
28	泵房进水	2014	×
29	主控室可用	2014	2015
30	电气厂房送冷风	×	2015
31	500kV 主变可用	2015	2016
32	冷试开始	2015	2016
33	安全壳试验开始	×	×
34	热试开始	2015	
35	核燃料进现场	2015	
36	装料许可证颁发	2016	
37	开始装料	2016	

序号	里程碑	完成时间（3号机组）	完成时间（4号机组）
38	临界许可	×	×
39	首次临界	2016	
40	汽机冲转	×	×
41	首次并网	2016	
42	临时验收	2016	
43	商业运行	×	×

表 3.3-2 福清核电厂 5、6 号机组里程碑完成情况

序号	里程碑	完成时间（5号机组）	完成时间（6号机组）
1	获取项目建造许可证	2015	×
2	核岛 FCD	2015	2015
3	常规岛 FCD	2015	2016
4	泵房 FCD	2015	×
5	反应堆厂房内筒体砼施工开始	2015	2016
6	核岛安装开始	2016	
7	内穹顶吊装		
8	BOP 安装开始		×
9	环吊可用		
10	常规岛安装开始		
11	反应堆压力容器到场		
12	反应堆压力容器安装完成		
13	最后一台蒸发器到场		
14	DCS 全部到场		
15	汽机安装开始		
16	220kV 倒送电		×
17	主泵全部到场		
18	主管道焊接完成		
19	主控室部分可用		
20	泵房进水		
21	500kV 倒送电		
22	冷试开始		
23	汽机盘车可用		
24	燃料到场		
25	热试开始		
26	获取装料许可证		
27	装料开始		
28	首次临界		

序号	里程碑	完成时间（5号机组）	完成时间（6号机组）
29	首次并网		
30	具备商运条件		

说明：× 为该机组没有或不适用此项里程碑。

### 3.4 阳江核电厂 4-6 号机组

一、基本情况	
业主单位	阳江核电有限公司
主要股东	中国广核电力股份有限公司、广东核电投资有限公司、广东省粤电集团有限公司、中广核一期投资基金有限公司
厂址	广东省阳江市东平镇沙环村
机组堆型	CPR1000
设计功率	1086MWe
开工日期	4号机组：2012年11月17日 5号机组：2013年09月18日 6号机组：2013年12月23日
计划完工日期	4号机组：2017年03月15日（实际商运日期） 5号机组：2018年07月18日 6号机组：2019年01月15日
二、建设亮点	
<p>2016年，克服了4号机组设备供货滞后、设备质量缺陷等问题，顺利完成机组冷试、热试及装料等里程碑节点，于12月30日实现反应堆临界。5、6号机组核岛、常规岛及BOP施工全面展开，主要施工节点均提前或按期实现，总体进展正常。</p>	
三、质量管理	
<p>2016年，在建机组的工程质量整体受控。围绕4、5、6号机组的设计、设备制造、施工、调试等活动开展了质保监查监督、设备制造进场见证等活动。通过对设计分包方、设备制造厂、工程建设各主要承包商的监督和监查，不断促进相关单位改进和提高质量保证体系运作有效性。</p> <p>开展安全生产责任制度体系建设、制定并落实技术屏障措施、推广防人因失误技术、应用CDM（保守决策）机制、开展核安全文化提升与程序培训等活动，增强了广大员工遵守程序的意识。发布了程序质量提升方案，鼓励员工发现、汇报和处理公司已经生效的管理程序、技术程序、标准工作包、其他程序等文件的缺陷问题。按照方案开展了程序找缺陷活动，并每月评奖纳入员工绩效加分中，截至2017年6月15日，共发现技术文件缺陷18000余处，发现管理程序缺陷700余处，活动推进效果良好。</p>	
四、健康、安全与环境管理	

2016 年，未发生人员死亡安全生产事故、火灾事故及其他影响恶劣的治安保卫事件，未发生超剂量照射、体内污染、放射源丢失事件，各项辐射防护控制指标良好。重点推进安全标准化建设、作业风险分级管控、星级厂房建设，不断完善电厂安全管理网络运作、提升安全管理标准。持续强化保卫监管工作的高压态势，稳步提升人防、物防、技防整体水平，主动联合地方政府开展大型反恐演习查找薄弱环节，开展全厂范围内突发环境风险评估、环境污染事件应急演练工作，全年未发生受到政府行政执法机构处罚或通报的环境负面事件。



图 3.4-1 阳江核电厂远景图



图 3.4-2 阳江核电厂现场施工图

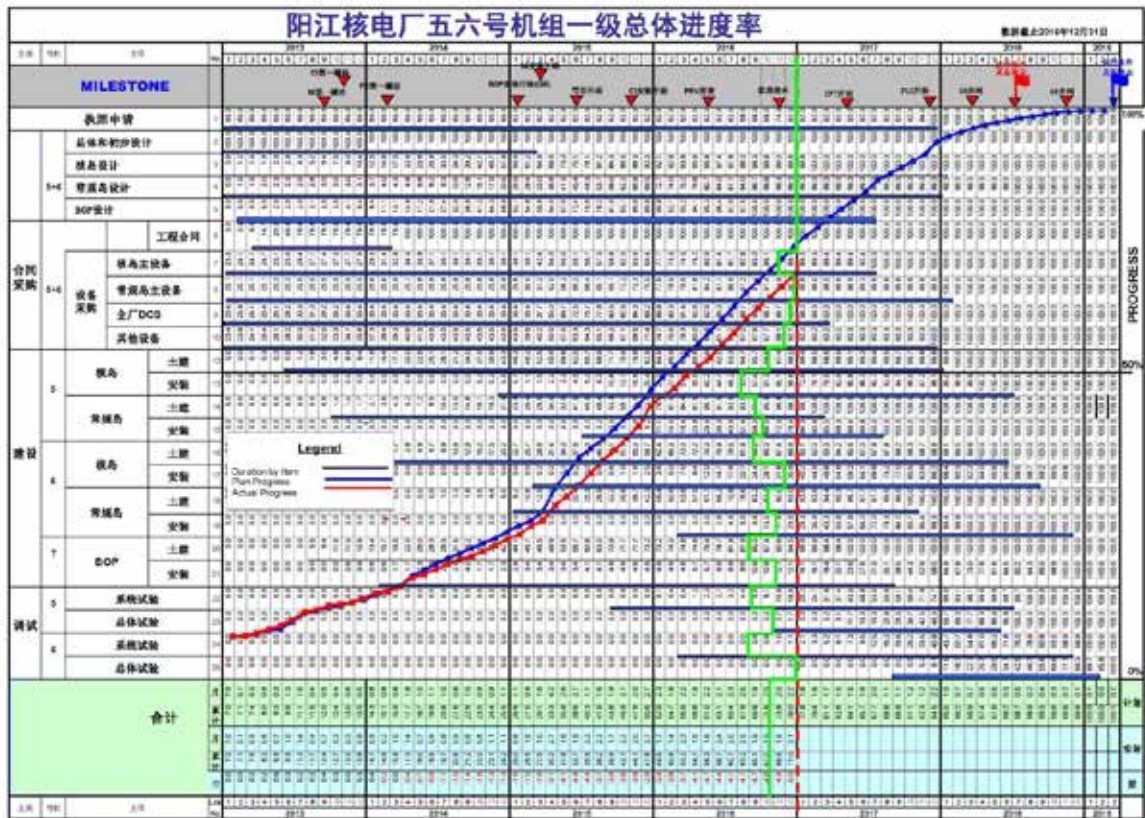


图 3.4-3 阳江核电站 5、6 号机组进度图

表 3.4-1 阳江核电站 4-6 号机组里程碑完成情况

序号	里程碑	完成时间 (4号机组)	完成时间 (5号机组)	完成时间 (6号机组)
1	核岛 FCD	2012	2013	2013
2	常规岛 FCD	2011	2013	2014
3	核岛安装开始	2014	2015	2015
4	核岛穹顶吊装	2014	2015	2016
5	常规岛安装开始	2013	2016	2016
6	核岛环吊可用	2014	2015	2016
7	汽轮机首台低压缸模块到货	2014	2016	
8	发电机到货	2014	2016	
9	泵站进水	2014	2016	
10	反应堆压力容器与蒸汽发生器全部到货	2015		
11	核岛主回路冷试开始	2016		
12	核岛主回路热试开始	2016		
13	开始装载核燃料	2016		

序号	里程碑	完成时间 (4号机组)	完成时间 (5号机组)	完成时间 (6号机组)
14	首次核临界	2016		
15	首次并网			
16	具备商业运行条件			

### 3.5 三门核电厂 1、2 号机组

一、基本情况	
业主单位	三门核电有限公司
主要股东	中国核能电力股份有限公司、浙江浙能电力股份有限公司、中电投核电有限公司、华电福新能源股份有限公司、中核投资有限公司
厂址	浙江省三门县
机组堆型	AP1000
设计功率	1250MWe
开工日期	1号机组：2009年04月19日 2号机组：2009年12月15日
计划完工日期	1号机组：2017年12月31日 2号机组：2018年08月30日
二、建设亮点	
<p>2016年，1号机组全部系统完成从建安向调试移交；4台主泵全部安装完成并顺利实现点动；机组冷态功能试验完成；凝汽器完成抽真空；汽轮机实现非核蒸汽冲转；热态功能试验项目基本执行完成，正在进行热试后消缺和装料前准备工作。2号机组稳压器安装完成；润滑油第一阶段冲洗完成；反应堆穹顶完工；堆内构件安装完成；PMS机柜到货并完成安装；500kV倒送电完成；新燃料接收完成；二回路水压试验完成；四台主泵全部到货并安装完成，目前正在进行机组冷态功能试验前的准备工作。</p>	
三、质量管理	
<p>2016年，在建机组的工程质量整体受控，现场施工和设备制造未发生较大及以上质量事件/事故。持续优化调试管理、助推生产移交、推进一期工程设计工作收口、加强设备尾项处理和工程收尾管理、开展了大宗材料质量控制管理、继续对标美国先进核电厂。</p>	
四、健康、安全与环境管理	
<p>2016年，安全环保工作目标、指标控制良好。自项目开工建设至2016年底，工程现场未发生重伤及以上伤亡事故和重大设备事故，工程现场始终保持良好的安全文明施工态势。建立安全监督人员网络，切实强化对高风险作业活动的安全监管；制定并推行“安全值周”“六个一”制度，助推调试生产管理人员深入现场履行安全管理职责。</p>	



图 3.5-1 三门核电厂



图 3.5-2 三门核电厂 1、2 号机组

表 3.5-1 三门核电厂 1、2 号机组里程碑完成情况

序号	里程碑	完成时间（1 号机组）	完成时间（2 号机组）
1	框架性合同签订	2007	2007
2	钢衬建造合同授权	2008	2008
3	主合同签订	2007	2007
4	主合同生效	2007	2007
5	授权开工日	2007	2007
6	初步安全分析报告提交给业主	2008	2008



序号	里程碑	完成时间（1号机组）	完成时间（2号机组）
7	核岛开始负挖	2008	2008
8	模块预制厂	2008	2008
9	建造许可证	2009	2009
10	大吊车可用	2009	2009
11	核岛 FCD	2009	2009
12	CA20 模块就位	2009	2010
13	CV 底封头就位	2009	2010
14	常规岛 FCD	2009	2010
15	CA01 模块就位	2010	2010
16	CV1 # 环就位	2010	2010
17	CV2 # 环就位	2010	2011
18	CV3 # 环就位	2010	2011
19	汽机厂房吊车可用	2011	2012
20	反应堆压力容器到货	2011	2014
21	汽轮机区域开始安装	2011	2012
22	凝汽器到货	2011	2013
23	发电机到货	2011	2013
24	蒸汽发生器到货	2012	2015
25	汽轮机到货	2012	2013
26	CV 顶封头就位	2013	2015
27	厂用电母线送电	2012	2015
28	核岛环吊可用	2013	2015
29	除盐水可用	2012	2012
30	仪控用压缩空气可用	2014	2015
31	最终安全分析报告	2012	×
32	反应堆冷却泵到货	2016	2016
33	操作员模拟机可用	2012	2012
34	反应堆冷却系统移交	2016	
35	反应堆穹顶完工	2014	2016
36	主控室可用	2014	2015
37	冷态试验	2016	
38	凝汽器抽真空	2016	
39	汽机准备冲转	2016	
40	热态试验	2016	
41	漏泄率试验结束	2015	
42	颁发装料许可证		
43	开始装料		
44	首次临界		

序号	里程碑	完成时间（1号机组）	完成时间（2号机组）
45	首次并网		
46	性能试验结束		

说明：× 为该机组没有此项里程碑。

### 3.6 海阳核电站 1、2 号机组

一、基本情况	
业主单位	山东核电有限公司
主要股东	国家核电技术公司、山东省国际信托有限公司、烟台蓝天投资控股有限公司、中国国电集团公司、中国核能电力股份有限公司、华能核电开发有限公司
厂址	山东省海阳市大辛家
机组堆型	AP1000
设计功率	1250 MWe
开工日期	1号机组：2009年09月24日 2号机组：2010年06月20日
计划完工日期	1号机组：2014年05月31日（合同日期） 2号机组：2015年03月31日（合同日期）
二、建设亮点	
<p>2016年，面对建安、调试、生产深度交叉的局面，充分发挥业主作用，统筹协调，建立调试生产一体化协调机制，强化关键路径控制，狠抓先决条件落实，加强现场组织和资源配备，加大尾项消缺力度，确保了1号机组冷试顺利完成和热试如期开展。同时，强化技术准备和内外部经验反馈，加强试验程序的本地化，加强技术图纸资料消化，充分借鉴内外部经验，完成了1号机组主泵安装和一体化顶盖就位，实现了主泵点动、非核蒸汽冲转等重要试验一次成功。按照“成系统、少尾项”的原则推进系统移交，移交质量显著提升，大宗材料安装基本完成，先后实现了保护和监测系统（PMS）到场安装、主控室可用、汽轮机具备进汽条件、蒸汽发生器二次侧水压试验、主泵发运等重要节点，为做好后续工作奠定了坚实基础。</p>	
三、质量管理	
<p>2016年，针对1号机组主泵安装过程、2号核岛堆内构件安装过程、1号机组冷试后役前检查、建安阶段核岛无损检测（表面检测）、设计文件审查、调试期间临时变更管理、调试期间质量管理、工单管理、调试移交管理、调试缺陷管理、混凝土链管理等重要活动开展质保监督，通过监督及时发现质量控制过程中的弱项和不足，并督促责任单位采取有效措施进行整改，保证工程土建、安装、调试活动质量可控、在控。</p>	
四、健康、安全与环境管理	

2016 年，项目现场安全生产形势总体稳定，全年未发生人身重伤及以上事故。注重培训和安全教育，开展防止高处坠落、防烫伤、防触电等安全知识培训，开展内外部事故事件经验反馈，培育员工基于风险、基于程序、基于标准的安全价值观和行为习惯，强化风险预控和安全意识。

全年未发生超剂量照射、放射源丢失事件，各项辐射防护控制指标良好。组织开展职业健康监护工作，完善医疗救护日常管理及出警流程优化，与消防形成联动机制，积极开展核事故医学应急准备工作，核事故医学应急物资及人员提标去污物资均配置到位。



图 3.6-1 海阳核电厂远景图



图 3.6-2 海阳核电厂

表 3.6-1 海阳核电厂 1、2 号机组里程碑完成情况

序号	里程碑	完成时间（1 号机组）	完成时间（2 号机组）
1	框架协议签订	2007	×
2	主合同签字	2007	×
3	主合同生效	2007	×
4	ATP 授权开工	2007	×
5	最初安全分析报告提交业主	2007	×
6	授予模块预制合同	2008	×
7	开始核岛负挖	2008	2008
8	重型吊车可用	2009	×
9	获得建造许可证	2009	×
10	核岛 FCD	2009	2010
11	常规岛 FCD	2010	2010
12	CA20 模块就位	2010	2010
13	安全壳底封头就位	2010	2010
14	CA01 模块就位	2010	2011
15	安全壳 1# 环就位	2010	2011
16	安全壳 2# 环就位	2010	2011
17	安全壳 3# 环就位	2010	2011
18	安全壳 4# 环就位	2011	2012
19	常规岛汽轮机安装开始	2011	2012
20	冷凝器到货	2011	2013
21	反应堆压力容器交付至现场	2011	2014
22	发电机到货	2012	2014
23	电站设施母线受电	2012	2014
24	两台蒸汽发生器交付至现场	2012	2015
25	除盐水可用	2012	×
26	最终安全分析报告提交	2012	×
27	模拟机可用于运行培训	2013	×
28	安全壳顶封头就位	2013	2015
29	核岛环吊可用	2013	2015
30	核岛反应堆外穹顶完工	2015	2016
31	主控室可用	2015	2016
32	汽轮机具备受汽条件	2015	2016
33	开始热试	2016	
34	装料许可发布		
35	开始装料		
36	首次临界		
37	首次并网		
38	性能试验结束 EPT		

说明：× 表示该机组没有此项里程碑。

### 3.7 台山核电厂 1、2 号机组

一、基本情况	
业主单位	台山核电合营有限公司
主要股东	中国广核电力股份有限公司、广东核电投资有限公司、法国电力国际公司、台山核电产业投资有限公司、EDF（中国）投资有限公司
厂址	广东省台山市赤溪镇
机组堆型	EPR
设计功率	1750MWe
开工日期	1 号机组：2009 年 11 月 18 日 2 号机组：2010 年 04 月 15 日
计划完工日期	1 号机组：2017 年 12 月 31 日 2 号机组：2018 年 06 月 30 日
二、建设亮点	
2016 年，1、2 号机组工程建设稳步推进。1 号机组完成冷态功能试验和安全壳打压试验，11 月 5 日进入热态功能试验前期阶段；2 号机组处于设备安装阶段。	
三、质量管理	
2016 年，在建机组的工程质量整体受控。针对现场重要施工活动开展监督监查，不断促进施工单位改进质量管理体系，提高质量管理水平。	
四、健康、安全与环境管理	
2016 年，未发生轻伤及以上生产安全事故，未发生超剂量照射、放射源丢失事件，各项辐射防护控制指标良好。扎实落实“领导干部带班巡视、每日隐患排查、高风险每日申报、区域网格化”四项基本制度，并且对个人安全业绩档案、月度动态风险评估和预防机制进行进一步优化。	



图 3.7-1 台山核电厂



图 3.7-2 台山核电厂冷试完成

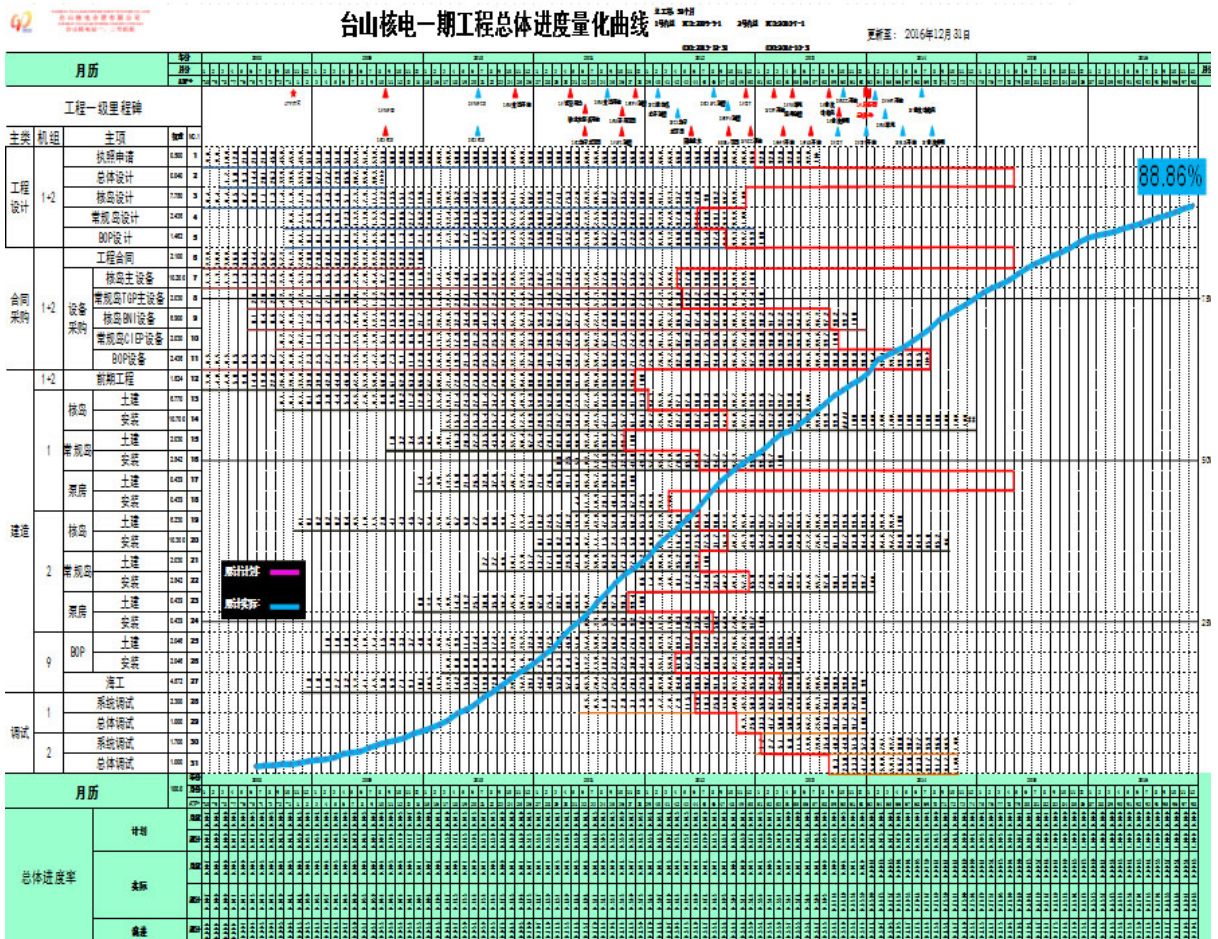


图 3.7-3 台山核电厂一期工程进度图

表 3.7-1 台山核电厂 1、2 号机组里程碑完成情况

序号	里程碑	完成时间（1 号机组）	完成时间（2 号机组）
1	核岛设计采购合同签订	2007	2007
2	TG 供应合同签订	2008	2008
3	颁发建造许可证	2009	2009
4	核岛 FCD	2009	2010
5	常规岛 FCD	2009	2010
6	泵房（HPX）FCD	2009	2009
7	汽轮机基座开始施工	2010	2010
8	核岛安装开始（HL* 管道）	2010	2011
9	穹顶吊装	2011	2012
10	除盐水生产系统调试开始	2011	2011
11	主行车可用	2011	2012
12	环吊可用	2012	2013
13	汽轮机 LP1 模块到货	2011	2013
14	反应堆压力容器到货	2011	2014
15	发电机定子到货	2012	2014
16	海底隧道完工	2012	2014
17	泵站进水	2013	2016
18	500kV 可用	2014	
19	安全壳试验	2016	
20	NCC(核回路管道冲洗)开始	2013	
21	冷试开始	2015	
22	热试开始		
23	燃料组件到货		
24	颁发装料许可证		
25	装料开始		
26	首次核临界		
27	首次并网		
28	具备商业运行条件		

### 3.8 昌江核电厂 2 号机组

一、基本情况	
业主单位	海南核电有限公司
主要股东	中国核能电力股份有限公司、华能核电开发有限公司、华能国际电力股份有限公司
厂址	海南省昌江县海尾镇塘兴村
机组堆型	CNP600

设计功率	650MWe
开工日期	2 号机组：2010 年 11 月 21 日
计划完工日期	2 号机组：2016 年 08 月 12 日（实际商运日期）
二、建设亮点	
2016 年，2 号机组顺利实现商业运行。通过计划优化抓执行、涉网试验勤协调等十项措施，力保工程安全与进度。	
三、质量管理	
2016 年，在建机组的工程质量整体受控。积极推进质量文化建设工作，参加中核集团、海南省质量协会组织的 QC 小组成果发布会，获得数个国家级及省部级奖项。	
四、健康、安全与环境管理	
2016 年，未发生轻伤及以上生产安全事故，未发生超剂量照射、放射源丢失事件，各项辐射防护控制指标良好。以安全活动为载体，深入开展安全教育活动，学习事故经验反馈，提高风险辨识能力，采取多种方法加大活动宣传力度不断提升员工安全意识，营造良好安全氛围。结合环境、健康和质量三标一体认证工作，组织开展危险源辨识、风险分析与控制措施制定工作，发布《海南昌江核电厂危险源辨识、风险评价与控制措施清单》（第二版），对电厂全体员工进行危险源告知，确保人人了解现场危险源。	



图 3.8-1 昌江核电厂全景图



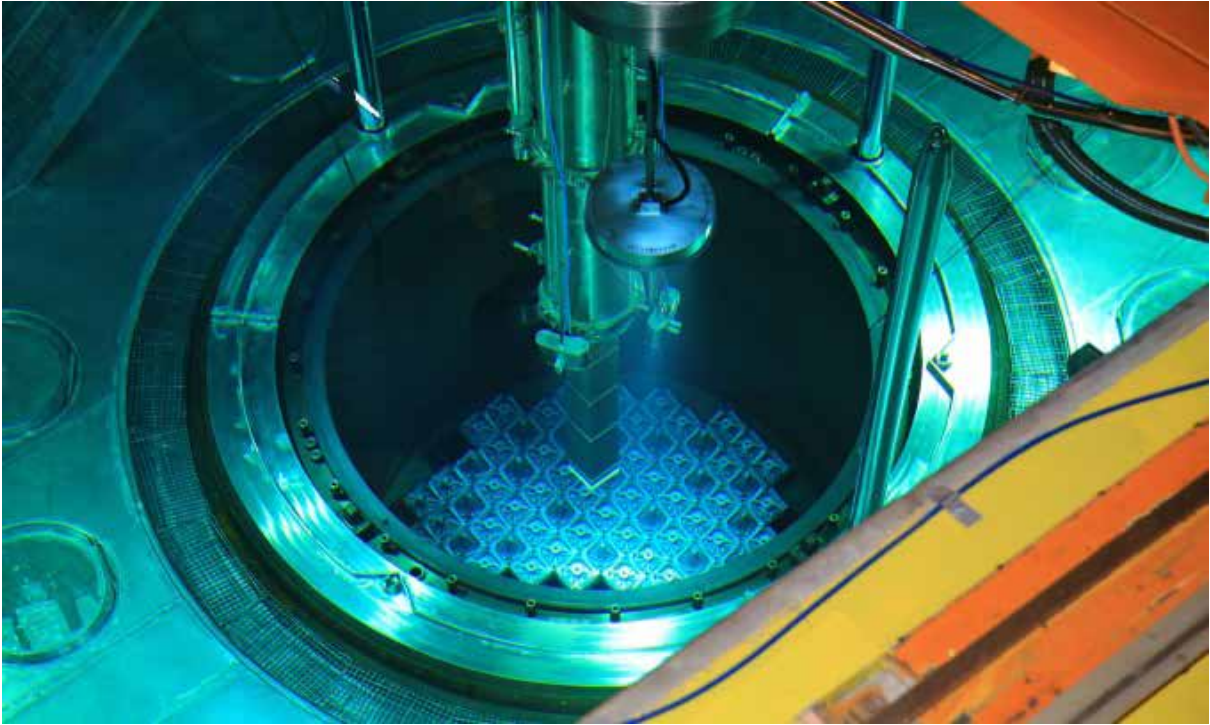


图 3.8-2 昌江核电厂 2 号机组首次装料完成

表 3.8-1 昌江核电厂 2 号机组里程碑完成情况

序号	里程碑	完成时间（2 号机组）
1	核岛 FCD	2010
2	常规岛 FCD	2011
3	泵房 FCD	2010
4	核岛安装开始	2012
5	穹顶吊装	2012
6	环吊可用	2013
7	常规岛安装开始	2013
8	反应堆压力容器就位	2014
9	汽轮机安装开始	2014
10	备用电源倒送电	2014
11	泵房进水	2014
12	主电源倒送电	2014
13	冷试开始	2015
14	冷试结束	2015
15	热试开始	2015
16	燃料到场	2016
17	装料许可证颁发	2016
18	首次装料	2016

序号	里程碑	完成时间（2号机组）
19	首次临界	2016
20	首次并网	2016
21	商业运行	2016

### 3.9 防城港核电厂 2-4 号机组

一、基本情况	
业主单位	广西防城港核电有限公司
主要股东	中国广核集团有限公司、广西投资集团有限公司
厂址	广西壮族自治区防城港市光坡镇红沙湾
机组堆型	CPR1000（2号机组）、华龙一号（3-4号机组）
设计功率	1086Mwe（2号机组）、1180MWe（3-4号机组）
开工日期	2号机组：2010年12月23日 3号机组：2015年12月24日 4号机组：2016年12月23日
计划完工日期	2号机组：2016年10月01日（实际商运日期） 3号机组：2021年10月31日 4号机组：2022年06月30日
二、建设亮点	
2016年，2号机组按期实现商业运行，3号机组建设稳步推进，4号机组顺利实现核岛FCD，3、4号机组工程一级里程碑全部按时完成。	
三、质量管理	
2016年，在建机组的工程质量整体受控。围绕4号机组核岛FCD、二期工程常规岛和PX泵房土建施工、2号机组热试和小修重大设备制造等重要活动有针对性开展监督监查活动，发现并纠正了各责任单位在工作和管理中存在的问题，规范了人员行为，提高了遵守程序的意识，维护了管理体系的有效运作。	
四、健康、安全与环境管理	
2016年，安全总体状况良好，未发生重伤及以上生产安全事故，未发生消防、保卫、核安全与辐射防护事故事件、未发生环境事故和质量事故。一期工程全面推行安全精细化管理，日常安全生产做到程序化、标准化、流程化，做到现场作业风险100%跟踪；二期工程按照“高标准、严要求”的原则，加强顶层设计，组织全体参建单位“无缝对接”安全质量环保标准化及国际标杆高目标，形成高水平安全起点的良好局面；全面推进隐患排查从数量向质量与数量并进的转型；建立安全事故事件统计和趋势分析制度，启动实施“红线”，提升现场管控效果。	



图 3.9-1 防城港核电站全景图



图 3.9-2 防城港核电站工程现场



图 3.9-3 防城港核电站 3、4 号机组进度图

表 3.9-1 防城港核电厂 2-4 号机组里程碑完成情况

序号	里程碑	完成时间 (2号机组)	完成时间 (3号机组)	完成时间 (4号机组)
1	场平工程开工	×	×	×
2	核岛负挖工程开工	×	2015	2016
3	RPV、SG 合同签订	×	2015	×
4	常规岛 FCD	2011	2016	
5	核岛 FCD	2010	2015	2016
6	DCS 合同签订	×	2015	×
7	泵房 FCD	×	2016	
8	BOP 安装开始	×		
9	核岛安装开始	×		
10	安全壳穹顶吊装	2012		
11	常规岛安装开始	×		
12	首个单系统 (SDA) 调试开始	×		
13	反应堆厂房环吊可用	2013		
14	汽轮机首个 LP 模块到货	2013		
15	发电机定子到货	2013		
16	反应堆压力容器和蒸汽发生器全部到货	2014		
17	泵站进水	2014		
18	500kV 可用	×		
19	核岛主回路冷试开始	2015		
20	核岛主回路热试开始	2015		
21	装料	2016		
22	首次临界	2016		
23	首次并网	2016		
24	具备商业运行条件	2016		

说明：× 为该机组没有此项里程碑。

### 3.10 石岛湾核电厂高温气冷堆核电站示范工程

一、基本情况	
业主单位	华能山东石岛湾核电有限公司
主要股东	中国华能集团公司、中国核工业建设集团公司、清华控股有限公司
厂址	山东省荣成市石岛管理区宁津街道办事处辖区
机组堆型	高温气冷堆
设计功率	211MWe
开工日期	2012年12月09日

计划完工日期	2019 年 08 月
<b>二、建设亮点</b>	
<p>工程团队通过多次完善吊装方案并通过专家审查，顺利完成了首台反应堆压力容器及金属堆内构件吊装。调试团队通过提前介入等方式，发现现场问题并及时解决，加快了安装移交调试进度，保证了年度目标实现。</p>	
<b>三、质量管理</b>	
<p>2016 年，在建机组的工程质量整体受控，现场施工和设备制造未发生较大及以上质量事件/事故。持续优化调试管理、助推生产移交，完成了首台反应堆压力容器及金属堆内构件吊装、110kV 倒送电、主控室可用等重大节点，工程质量可控在控。</p>	
<b>四、健康、安全与环境管理</b>	
<p>2016 年，未发生人身伤亡事件，职业病发病率为零，未发生环境污染事件。在公司及各参建单位的共同努力下，对照《电力建设工程项目安全生产标准化规范及达标评级标准（试行）》，全面梳理完善安全管理和现场管理工作，以 94.6 高分通过安全生产标准化一级达标评审；对照《港口普通货物码头企业安全生产达标考评指标细则》开展自查自纠，完善大件设备运输码头安全管理，顺利通过安全生产标准化二级考评。加强施工期环境质量监督性监测，严格履行建设项目环境保护“三同时”制度。</p>	



图 3.10-1 石岛湾核电厂高温气冷堆核电站示范工程现场全景图



图 3.10-2 石岛湾核电厂高温气冷堆核电站示范工程

高温气冷堆示范工程工程进度图（截至2016年底）

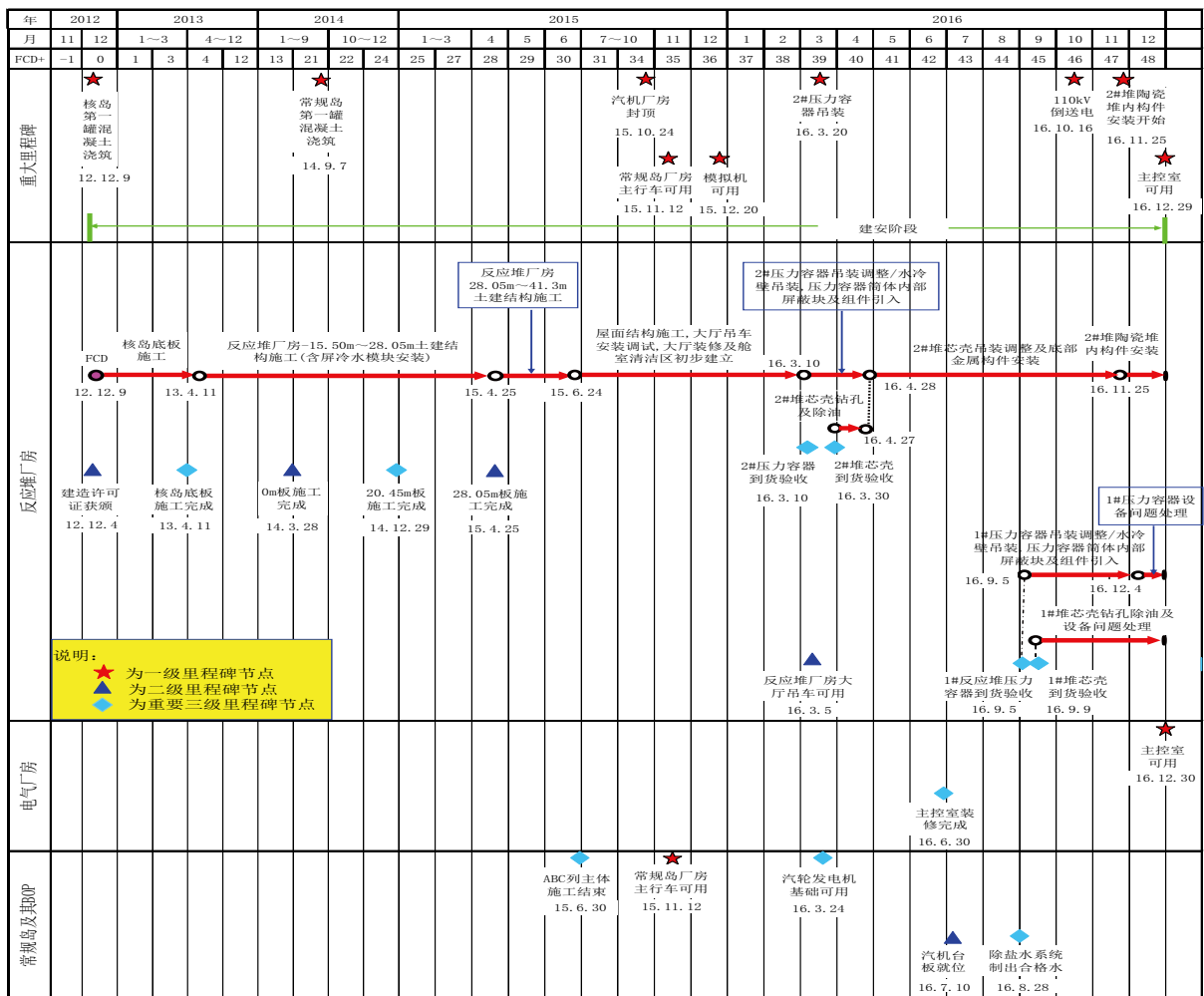


图 3.10-3 石岛湾核电厂高温气冷堆核电站示范工程进度图

表 3.10-1 石岛湾核电厂高温气冷堆核电站示范工程里程碑完成情况

序号	里程碑	完成时间
1	建造许可证获颁	2012
2	核岛 FCD	2012
3	反应堆厂房 ±0.00m 板施工完成	2014
4	常规岛 FCD	2014
5	反应堆厂房 +28.05m 板施工完成	2015
6	汽机厂房封顶	2015
7	常规岛厂房主行车可用	2015
8	上报装料许可证申领文件（FSAR 等）	2015
9	模拟机可用	2015
10	2# 反应堆具备主设备吊装条件	2016
11	反应堆厂房大厅吊车可用	2016
12	2# 反应堆陶瓷堆内构件安装开始	2016
13	汽机台板就位	2016
14	110kV 倒送电	2016
15	主控室可用	2016
16	2# 蒸汽发生器到货	
17	2# 反应堆三壳组装完成	
18	220kV 倒送电	
19	汽机扣缸	
20	2# 反应堆主回路试压开始	
21	循环水系统具备通水条件	
22	燃料元件到场	
23	2# 反应堆主回路热试开始	
24	2# 反应堆装料开始	
25	汽轮机油循环结束	
26	2# 反应堆空气气氛下首次临界	
27	汽轮机调速静止试验结束	
28	2# 反应堆氦气气氛下首次临界	
29	汽机核冲转	
30	首次并网	
31	2# 反应堆满功率试验结束（50% 机组额定功率）	
32	168 小时满功率运行	

### 3.11 田湾核电厂 3-6 号机组

一、基本情况	
业主单位	江苏核电有限公司

主要股东	中国核能电力股份有限公司、上海禾曦能源投资有限公司、江苏省国信资产管理集团有限公司
厂址	江苏省连云港市连云区田湾
机组堆型	VVER（3、4号机组）、M310改进型（5-6号机组）
设计功率	1126MWe（3、4号机组）、1118MWe（5-6号机组）
开工日期	3号机组：2012年12月27日 4号机组：2013年09月27日 5号机组：2015年12月27日 6号机组：2016年09月07日
计划完工日期	3号机组：2018年2月27日 4号机组：2018年12月27日 5号机组：2020年12月31日 6号机组：2021年10月31日
<b>二、建设亮点</b>	
2016年，3号机组主回路冷试较一级里程碑计划提前16天开始，主回路热试较一级里程碑计划提前32天开始。5、6号机组核岛、常规岛及PX泵房重大控制节点均提前计划完成，其中6号机组核岛提前52天实现FCD。	
<b>三、质量管理</b>	
2016年，为了降低质量问题的重复发生率，鼓励现场人员主动发现质量问题、异常事件，挖掘现场良好实践，有奖有罚，在扩建工程领域推行“质量领域红黄线”和“质量领域表扬信”制度。通过完善的奖惩制度及正确的引导，控制施工作业中的质量风险，有效预防和遏制质量问题的发生，持续提高现场个人及单位的质量意识，促进建设各方质量责任主体提升质量管理水平。	
<b>四、健康、安全与环境管理</b>	
2016年，未发生放射源丢失事件、辐射事件事故和一般及以上职业病危害事故。开展每天安全巡查、每周领导带队HSE巡查、红黄线检查、各专项安全监督检查、高风险作业每天监督检查、每天隐患治理碰头会等工作，累计发现安全隐患21446条，其中包含红线隐患93条，黄线隐患513条，人员违章行为得到初步遏制；对隐患高发、频发的施工单位、施工区域和隐患类型，采取包括约谈、培训、考核、分区分级控制等有针对性的纠正行动，各施工单位每天通报重点作业、重点施工区域和高风险作业，并做好旁站监督。	
为践行“核电与民融合”的公众沟通理念，积极开展以“核电科普、环保与健康进乡村”、“美丽田湾，核谐港城”等为主题的多种形式的核电科普知识宣传活动。	





图 3.11-1 田湾核电站 3、4 号机组



图 3.11-2 田湾核电站 5、6 号机组

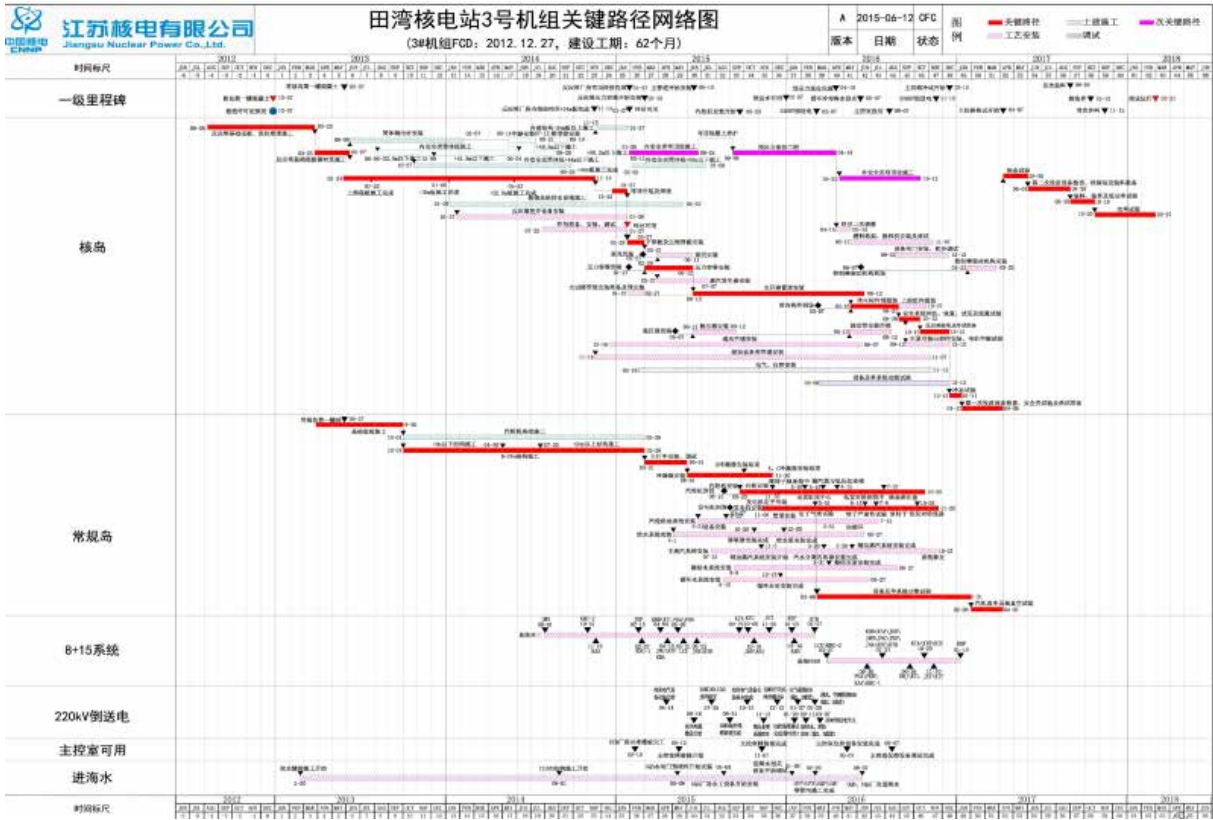


图 3.11-3 田湾核电厂 3 号机组关键路径图

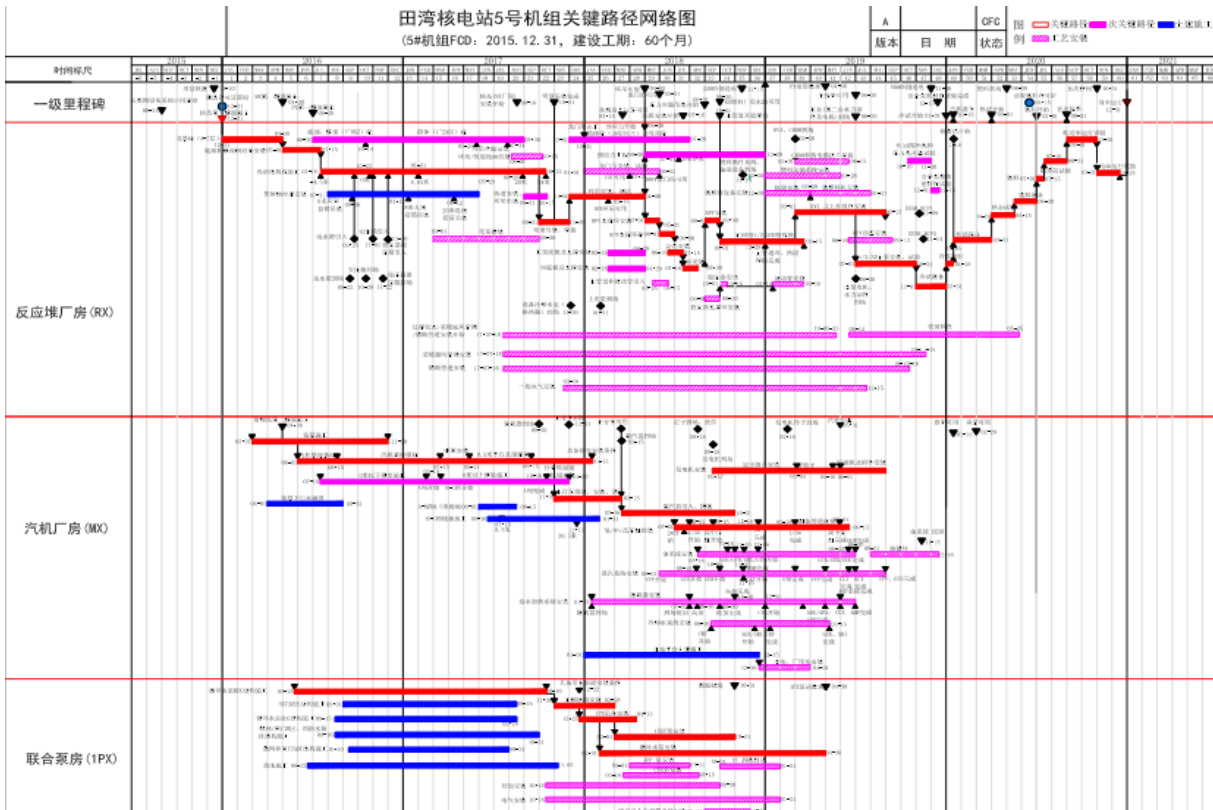


图 3.11-4 田湾核电厂 5 号机组关键路径图

表 3.11-1 田湾核电厂 3、4 号机组里程碑完成情况

序号	里程碑	完成时间（3 号机组）	完成时间（4 号机组）
1	建造许可证颁发	2012/12/26	2012/12/26
2	核岛 FCD	2012/12/27	2013/09/27
3	常规岛 FCD	2013/04/21	2014/02/21
4	UJA 厂房内部结构至 34m 板完成	2014/11/11	2015/08/09
5	反应堆厂房穹顶焊接完成	2014/12/29	2015/10/24
6	环吊可用	2015/01/20	2015/11/03
7	反应堆压力容器开始安装	2015/02/20	2015/12/12
8	主管道开始安装	2015/06/10	2016/04/13
9	汽轮机机安装开始	2015/07/05	2016/07/13
10	除盐水可用	2015/12/14	2015/12/14
11	220kV 倒送电	2016/02/20	2017/01/07
12	预应力张拉完成	2016/03/26	2017/01/17
13	循环冷却（海）水供水	2016/06/05	2017/04/07
14	主控室投用	2016/07/29	
15	500kV 倒送电	2016/12/04	
16	主回路冷试开始	2016/11/27	
17	主回路热试开始	2017/03/06	
18	首次装料		
19	首次临界		
20	首次并网		
21	商业运行		

表 3.11-2 田湾核电厂 5、6 号机组里程碑完成情况

序号	里程碑	完成时间（5 号机组）	完成时间（6 号机组）
1	长周期设备采购合同重启	2015/08/03	2015/08/03
2	项目核准	2015/12/22	2015/12/22
3	获取项目建造许可证	2015/12/23	2015/12/23
4	核岛 FCD	2015/12/27	2016/09/07
5	MX 常规岛 FCD	2016/04/29	2016/10/30
6	PX 泵房 FCD	2016/06/21	2016/06/21
7	核岛安装开始（NX 厂房安装开始）		
8	穹顶吊装		
9	常规岛主行车可用		
10	环吊完全可用		
11	龙门吊完全可用		
12	汽机安装开始（低压缸安装开始）		
13	反应堆压力容器吊装		

序号	里程碑	完成时间（5号机组）	完成时间（6号机组）
14	KX 燃料厂房水池可用		
15	主管道焊接开始		
16	220kV 倒送电		
17	PX 泵房进水		
18	主控室可用		
19	主泵到货（第三台水力部件及电机）		
20	500kV 倒送电		
21	安全壳密封性试验完成		
22	冷试开始		
23	汽机盘车可用		
24	热试开始		
25	燃料到场		
26	获取装料许可证		
27	装料开始		
28	首次临界		
29	首次并网		
30	商业运行		

## 4 同行评估及经验交流

根据 2016 年工作安排，委员会顺利完成了核电运行及工程建设同行评估任务，完善了以 CINNO 网为基础的核电厂经验反馈及经验交流体系，持续提升 CINNO 网运维管理水平，深入开展国际交流与、两岸合作活动。此外，委员会根据我国核电发展状况，以及应对未来核电安全高效发展的需求，编制了《中国核能行业协会核电运行分会组织管理办法》（讨论稿）和《中国核能行业协会中长期战略规划》（讨论稿），并完成了内部审议和修订。

### 4.1 核电运行和工程建设同行评估

核电厂同行评估是委员会的一项核心业务，是提高核电管理和安全业绩的重要手段。在各成员单位大力支持和同行专家的直接参与下，2016 年委员会完成了 8 场评估活动，组织了相关的评估培训班。

2016 年 4 月 12 日至 29 日，协会与 WANO 巴黎中心联合组织实施了大亚湾核电基地同行评估活动。评估队由来自 11 个国家的 45 名专家组成，其中中方专家 10 名，分别来自中核核电运行管理有限公司、江苏核电有限公司、海南核电有限公司、三门核电有限公司、山东核电有限公司、华能山东石岛湾核电有限公司、核动力运行研究所等单位。评估活动是采用 WANO 新版业绩目标与准则（PO&C），是大亚湾核电基地建立以来接受的规模最大的同行评估，对提高我国核电运行管理水平具有重大影响和积极推动作用。

2016 年 5 月 7 日至 13 日，协会组织同行评估回访队，对 CAP1400 示范工程开展了同行评估回访。此次回访活动是对 2015 年 10 月进行的 CAP1400 示范工程 FCD 前同行评估中所发现待改进项（AFI）的改进情况的跟踪回访。评估队根据国核示范电站有限责任公司提供的纠正行动计划及其完成情况，通过文件查阅、人员访谈、现场巡视等形式，对每一项 AFI 的改进情况进行了核实，并根据事实给出了评价。回访结果表明，各项纠正行动计划得到了有效实施。

2016 年 7 月 11 日至 15 日，协会组织实施了三门核电厂自评估技术支持活动。此次活动协会是应三门核电有限公司的要求而组织的。协会协助三门核电编制了自评估方案，同时邀请台湾电力公司的 5 名专家参与评估，为自评估提供了技术支持服务。

2016 年 7 月 17 日至 22 日，协会组织实施了田湾核电厂 3、4 机组安装施工阶段调试领域同行评估活动。来自中核集团、中广核集团、国家电投的十余位资深调试专家参与了评估活动。在为期一周的评估中，评估队采取文件查阅、人员访谈、现场巡视、观察等方式，针对调试组织与管理、调试大纲与程序、调试准备、调试过程管理、移

交管理等方面进行了详细客观的评估，针对3、4号机组调试工作提出了重点关注项、待改进项及相关建议。

2016年8月22日至26日，受国家核安全局委托，协会组织开展了秦山第三核电厂严重事故管理同行评估活动。来自国内高校、设计单位、技术支持单位、核电厂业主的15名具备严重事故管理工作丰富经验的专家组成的评估队，通过听取介绍、人员访谈、现场巡视和查阅文件资料等方式，对秦山第三核电厂严重事故管理工作的管理、技术要素进行了全面、详细、深入的评估。评估工作收到了预期效果，对秦山第三核电厂提高严重事故管理水平有着积极的推动作用。

2016年9月5日至9日，协会组织实施了秦山核电基地同行评估回访活动，主要是对2014年11月运行同行评估中所发现待改进项（AFI）的纠正行动完成情况进行跟踪回访。在近一周时间里，评估队通过现场巡视了解各机组的状态，实施针对性的活动观察了解AFI的改进实际效果，并通过人员访谈、查阅文件来落实纠正行动的实际关闭情况。回访结果显示，多项纠正行动均进展顺利。

2016年10月17日至23日，协会组织实施了国核工程有限公司核电工程建设管理同行评估活动。此次评估是由国核工程有限公司提出申请、专门针对该公司进行的同行评估。评估队分成两部分，一部分在国核工程有限公司总部开展评估工作，另一部分在海阳核电工程项目现场评估国核工程有限公司项目部的管理水平、执行能力和工程管理的实效性。来自协会、中核集团、中广核集团的22名评估员通过文件查阅、人员访谈、现场巡视、活动观察等工作，对国核工程有限公司的核电工程管理情况进行全面、客观的评估。

2016年11月21日至25日，协会与WANO莫斯科中心组成的联合评估回访队，对田湾核电厂1、2号机组实施了评估回访。此次活动是针对2014年9月联合同行评估中所发现的待改进项整改情况进行的回访。联合回访队成员中9名来自莫斯科中心，其余7名来自中核核电运行管理有限公司、核动力运行研究所。在回访过程中，评估员通过现场巡视、活动观察、人员访谈和文件查阅等工作，对每个待改进项纠正行动落实的有效性进行了评估，并给出了评价意见。

2016年1月25日至29日，协会在上海举办了2016年第一期同行评估培训班。培训班的主要任务是为与WANO巴黎中心对大亚湾核电基地开展的同行评估，做好相关准备工作。培训班邀请了WANO巴黎中心的三位专家担任教员，培训期间主要向学员们讲解了WANO巴黎中心同行评估的流程、现场巡视、黄纸贴练习以及评估相关报告（白卡、观察报告和待改进项）的编写方法。通过此次培训，评估队员了解了WANO巴黎中心同行评估的流程及其评估技巧，为WANO巴黎中心对大亚湾核电基地同行评估活

动的开展打下了基础，另一方面，培训班也提供了一个良好的交流平台，促进了协会各会员单位之间的交流。

2016年5月3日至5日，协会在深圳举办了2016年第二期同行评估培训班。培训班的主要任务是为即将开展的福清核电站5、6号机组同行评估活动，做好相关准备工作。来自协会、中广核集团、中广核研究院有限公司、中广核工程公司、三门核电有限公司、山东核电有限公司、中核国电漳州能源有限公司等单位的评估队成员参加了培训。培训班就同行评估流程、评估文件、评估概况、评估方法，以及《核电工程建设业绩目标与准则》的内容等进行了讲授与练习。通过培训，评估队员了解熟悉了核电站同行评估的准则和流程、评估的方法和技巧，培养了评估团队精神，为评估活动的顺利进行打下了良好的基础。

2016年11月16日至18日，协会在嘉兴开展了江苏核电联合评估回访培训班。培训班的主要任务是为协会与WANO莫斯科中心联合开展对田湾核电站的运行同行评估回访，做好相关准备工作。此次培训班是国内首次针对回访组织实施的专项培训班。结合回访活动的特点，协会组织开发了一整套培训材料，为回访活动的顺利开展提供了重要支持。

2016年，委员会秘书处完成了《核电工程建设管理业绩目标与评估准则》修订和出版工作。自2015年开始，委员会秘书处在总结20余场工程建设同行评估经验的基础上，组织资深评估队长和评估员，对原业绩目标与准则进行修订，并组织编写了核电工程建设同行评价指标。经多次会议研究讨论，该书于2016年完成了最终修订，并交付出版社出版。《核电工程建设管理业绩目标与评估准则》的出版，不仅对进一步规范和提升我国核电工程建设同行评估水平具有重要意义，也是对世界核电同行评估体系的完善作出的积极贡献。

2016年，委员会秘书处开发了运行核电站同行评估现场评估系统和核电工程建设同行评估信息管理系统。运行核电站同行评估现场评估系统基于核电站同行评估数据分析及应用平台开发，2016年下半年开始进行开发和测试，计划2017年试用。2016年对核电工程建设同行评估信息管理系统进行了软件测试和验证，在2015年开发工作的基础上，增加了部分功能，修改了部分BUG，并计划2017年在试用的基础上继续进行完善。

#### 4.2 核电站经验反馈及经验交流

2016年，委员会秘书处结合行业需求，组织技术支持单位编制印发了4期《运行核电站生产季报》（2015年4季度-2016年3季度）、4期《中国核电项目建设信息季报》（2015年4季度-2016年3季度）。编制了4期《全国核电运行情况报告》（2015年1-12

月、2016年1-3月、2016年1-6月、2016年1-9月），并通过协会官方网站、CINNO网以及协会微信公众平台向社会公开发布，以便公众及时了解我国核电安全生产与运行状况。编写完成了《中国核能行业协会核电运行与建设年度报告（2015年度）》、《中国运行核电厂关键业绩指标报告（2015年）》与《中国运行核电厂事件经验反馈报告（2015年）》等3份年度报告。首次编制了《2015年全球核电概述》，并通过协会网站发布。该报告首次按年度公布了全球运行和在建核动力堆情况、主要核电国家发展动态等内容。根据委员会工作重点和成员单位的需求，委员会秘书处分别以经验交流和相关活动为主题，印发了4期《委员会信息简报》，并通过电子邮件、邮寄等方式向委员会成员单位、相关政府部门进行了分享与交流。秘书处结合近年来运行核电厂重复发生的各种共性问题，编制了5份典型经验反馈报告，分别为《防异物管理》、《走错间隔、工作准备不当造成非计划停堆》、《核仪表标定》、《调整和定期试验》、《维修准备和工作过程管理不当导致紧急停堆或机组瞬态》，以委员会简报的形式在成员单位中共享。同时，开展了协会网站核电评估板块的日常维护和定期更新工作。

2016年2月25日，委员会在大连召开了第三次核电厂经验交流工作研讨会。委员会各成员单位及环境保护部核与辐射安全中心等31家单位的64名主管经验反馈工作的代表参加了会议。与会代表围绕各单位开展经验反馈工作情况和如何进一步完善委员会经验反馈体系等问题进行了交流和讨论，提出了很多切实可行的意见和建议。会上，环境保护部核与辐射安全中心的专家还就国家核安全局经验反馈体系作了专题报告。

#### 4.3 中国核能行业协会核电营运信息网（CINNO网）

CINNO网是我国运行核电厂及在建核电工程经验反馈重要渠道。依托CINNO网，核电行业相关单位实现了行业内基础性、专业化运行/在建信息的交流和共享。2016年，在技术支持单位的配合和支持下，各成员单位通过CINNO网站共提交运行事件报告74份、内部事件报告617份、运行月报108份、运行年报9份、大修总结报告11份。大部分核电厂均填报了2016年应填报的WANO指标数据，按期填报率较2015年有大幅提高。2016年，CINNO网站在网络管理、用户管理、信息维护、新用户接入服务等方面取得了有效进展，规范了网络管理、设备维护和安全管理工作，严格按照要求进行网络设备的日常巡检、系统维护和数据备份等相关工作，保障CINNO网站全年稳定运行。根据要求进行CINNO网用户账号和权限管理，及时跟踪处理各成员单位意见反馈单，保证各类用户对CINNO网站的有效、可控访问。委员会秘书处组织技术支持单位编制并发布了52期外部事件周报，定期进行法规标准、国外信息、定期报告、经验反馈专题报告等信息的收集、整理。新增和开通了昌江核电厂（1号机组）、防城港核电厂（1&2号机组）、福清核电厂（3号机组）、宁德核电厂（4号机组）、红沿河核电厂（4号机组）



等 5 家单位用户提交 CINNO 网运行事件和业绩指标用户的权限，增加了福清核电厂（6 号机组）、田湾核电厂（6 号机组）等两家用户的提交 CINNO 网建造阶段事件和建造月报权限。上传了 2010–2015 年软课题成果信息，维护 2016–2017 年软课题清单，上传行业专题工作组相关信息。同时，不定期更新核电机组信息和中国核电机组分布图，增加新开工机组和商运机组。

2016 年委员会在 CINNO 网升级改造完成的基础上，进行了新功能开发和模块完善。在建经验模块新增在建动态信息（含工程建设动态、自主创新与国产化两类信息）和工程建设典型事件的填报和展示。完善了共享反馈模块，意见反馈新增回复和插入图片功能，经验共享增加附件打包下载功能。完善提醒和推送功能，实现了运行事件报告、运行月报和 WANO 月度数据填报的自动提醒和运行事件通告 / 报告的自动推送，统一提醒和推送的邮件格式。增加节假日设置功能，实现提醒邮件的节假日顺延。优化数据监测模块和国外信息模块。

#### 4.4 国际交流与两岸合作

2016 年，协会继续以“积极、开放、互利、共赢”的姿态，坚持“请进来、走出去”的方针，深入开展国际交流与两岸合作活动，积极贯彻国家“创新驱动”、“一带一路”建设和核电“走出去”发展战略。

2016，协会按照与 INPO 签订的合作备忘录，积极开展协会之间的合作。应 INPO 邀请，协会参与了 INPO、WANO、国家能源局等搭建的国际核安全与可靠性委员会的第二次会议。会议主要讨论了指导委员会如何开展合作以减少核电业绩长期较差者或新进入者带来的风险，如何开展培训提升核能行业从业人员的核安全意识和水平等问题。随着 INPO 国际业务（尤其是国际会员）的压缩，INPO 希望通过加强各国核安全和可靠性的交流与合作，分享经验，共同提高世界核电的安全和可靠性水平。

2016 年 7 月 24 日至 29 日，协会在在山东威海召开了 2016 年 CNEA-INPO 核电评估与经验交流研讨会。会议邀请了 INPO 的三位专家分别就美国核工业、INPO 战略规划、电厂评价、绩效提升、运行经验、援助与培训、绩效指标等内容作专题报告。中核集团、中广核集团、国家电投、华能集团等 27 家单位的 70 多名代表参加了研讨会。中美两国专家和代表就核电厂同行评估、经验交流、培训论证、核电运行指标体系、业绩提升等议题进行了深入探讨与广泛交流，为双方进一步开展有关合作打下了良好基础。

2016 年 10 月 26 日，由国家能源局和阿拉伯国家联盟主办、协会承办的第五届中阿能源合作大会核能合作论坛在北京召开。中核集团、中国核建、阿拉伯原子能机构、沙特核能与可再生能源城、苏丹水利部的代表介绍中阿双方在核能领域的合作现状与未来规划，并就如何确保中阿之间核能可持续合作展开讨论。时任协会理事长张华祝

就中国核电及产业发展情况作了主题报告。

2016 年 11 月 23 日，委员会秘书处组织中核集团、国家电投、华能集团负责 WANO 事务的代表，在北京召开了协会与 WANO 关系研讨会。会议就协会与 WANO 之间的关系、双方合作方式等问题进行深入讨论，并就相关问题达成共识。

为促进海峡两岸核能行业间的信息交流与经验共享，提高核电厂安全水平和运行业绩，自 2012 年起，协会与台湾核能科技协进会已共同举办了三期海峡两岸核能合作研讨会，对两岸核能界的加强了解、增加互信、深化合作起到了积极的推动作用。为充分利用好这一平台，双方于 2016 年 9 月 26 日至 28 日在山东石岛湾召开第四届海峡两岸核能合作研讨会。两岸近 40 家单位的 110 余名专家和代表参加会议。会议围绕核电新技术研发与应用、核电厂运行与维护安全、核电厂放射性废物与乏燃料处理、两岸核能行业合作展望等议题进行交流与探讨，共发表报告 21 篇，进一步加深了双方对两岸核能安全发展的了解，为两岸核电企业的实质性技术支持与合作打下了良好基础。

#### 4.5 同行评估及经验交流的工作体系

2016 年 1 月 14 日，委员会秘书处 2016 年第一次工作会议在深圳召开。委员会技术支持单位（核动力运行研究所、中广核研究院有限公司、苏州热工研究院有限公司）参加了会议。委员会秘书处汇报了核能科普软件系统研究与开发、委员会战略发展规划研究等 4 个专项任务的进展情况；委员会 3 家技术支持单位汇报了评估及经验交流相关技术课题的进展情况。苏州热工研究院有限公司还汇报了核电厂性能状态专题工作组筹备情况。经过讨论，会议建议委员会秘书处在 2016 年开展核电厂性能状态专题工作组的筹建工作。截至 2016 年底，委员会共有 42 家成员单位。核电厂同行评估及经验交流委员会成员单位名单见附录 5。

2016 年 4 月 28 日，第三届核电厂同行评估及经验交流委员会第四次会议在福州召开。相关集团公司、核电营运单位、研究设计院所、工程公司等单位的委员、协调员及代表共近 70 人参加了会议。会议审议通过了《核电厂同行评估及经验交流委员会工作报告（2015-2016）》、委员会 2015 年经费决算、2016 年重点工作安排及经费预算，以及 2016-2017 周期同行评估及经验交流软课题项目。就《核电厂同行评估及经验交流管理办法》执行情况、建立委员会快速经验反馈机制和核电厂常规岛金属监督问题等进行了专题汇报和讨论；还就与 WANO 联合评估的模式、标准以及委员会中长期发展规划编制等事宜进行了讨论。核能行业可靠性维修专题工作组、核电厂汽轮机专题工作组、核风险管理专题工作组和核电厂调试启动专题工作组等 4 个 2015 年优秀行业专题工作组就各自的工作情况进行了汇报。

2016 年 12 月 16 日，委员会秘书处 2016 年第二次工作会议在武汉召开。委员会技

术支持单位分别汇报了运行核电厂及在建核电工程经验反馈情况，以及《设备可靠性管理业绩目标与准则》开发、核电厂同行评估现场评估系统及核电工程建设同行评估信息管理系统建设、《中国核能行业协会核电营运信息网经验交流工作制度》修订、《核电工程建设管理业绩目标与评估准则》修订等工作的进展情况。会议还听取了信息安全专题工作组、励磁系统专题工作组、核电维修专题工作组筹备情况的汇报，并建议委员会秘书处按照《中国核能行业协会行业专题工作组管理办法》，在 2017 年规范开展以上 3 个工作组的筹建工作。

## 5 技术研讨与方法创新

2016 年，核能行业协会继续推进软课题科研项目的工作，开展优秀行业专题工作组的评比，并依托专题工作组策划并组织实施了多项交流研讨活动。

### 5.1 软课题研究

2016 年，委员会根据我国核电行业发展情况和行业需求，继续开展 2016–2017 周期委员会软课题的申报工作，完成了 21 项软课题立项工作。委员会秘书处与立项单位签订了软课题研究合同，并拨付了研究经费。根据项目建议书和合同要求，委员会秘书处对各课题的研究进展情况进行过程管理。从上一周期开始，委员会逐步采用行业专题工作组介入软课题管理的新模式，督促各专题工作组深度参与软课题的开题、中期审查等工作。在新的管理模式促进下，软课题申报单位从委员会技术支持单位扩大到核电厂等其他成员单位，申报质量明显提升，软课题研究成果的深度和适用性更贴近核电厂实际需求。

截至 2016 年底，2014–2015 周期的课题成果已全部完成，并发布在 CINNO 网站供委员会成员单位共享。（2014–2015 周期同行评估及经验交流软课题提交成果清单见附录 8。2016–2017 周期同行评估及经验交流软课题研究项目列表见附录 9。）

### 5.2 行业专题工作组活动

2016 年，各专题工作组严格按照《行业专题工作组管理规范》的要求，积极开展同行评估、技术经验研讨与交流、软课题管理、专业领域技术规范与信息简报编制、相关技术支持服务等工作，各专题工作组的工作受到成员单位充分肯定。全年约有 1700 人次参加工作组的各类交流活动，发表论文或专题报告文近 500 篇；依托《中国核能》杂志，编辑出版了 3 期专刊。各专题工作组纷纷建立了微信群，积极开展信息交流和问题研讨。

结合行业发展需要，成立了核电厂性能试验和放射性废物管理两个专题工作组，筹备成立核电厂网络信息安全专题工作组、核电厂励磁系统专题工作组、核电维修行业专题工作组。根据《行业专题工作组管理规范》的评分考核办法，核电厂汽轮机工作组、核风险管理工作组、核电厂事件根本原因分析专题工作组、核电厂调试启动工作组、核电厂腐蚀与防护工作组被评选为 2016 年优秀行业专题工作组。

核电厂汽轮机专题工作组在完成年度工作任务的同时，积极探索新的工作模式，规范工作流程。工作组以全新模式组织技术研讨、专家培训，改版工作简报，编制经验反馈专题报告，深化专家支持活动，发布了会议承办流程及专家组运作章程。此外，核电厂汽轮机专题工作组积极推动行业“产、学、研、用”的交流，并取得了明显的成效。

核风险管理工作组顺利完成换届工作，按照计划完成了年度工作任务，重点开展了 PSA（概率安全分析）同行评估、第 5 届核能行业 PSA 研讨会和中高层管理 PSA 培训班三项工作，为核能行业加强技术交流、提高 PSA 技术水平、推进 PSA 应用发挥了积极作用。工作组依托专家组对软课题进行技术审查，编制了《工作组软课题管理实施办法》并发布实施，工作简报编制也步入了制度化、规范化轨道。

核电厂事件根本原因分析专题工作组通过培训、研讨班等各类活动，积极推广“设备根本原因分析方法与技术培训教程”的使用。工作组成功举行了第一次核电厂事件根本原因分析培训班，组织了一期核电厂事件根本原因分析研讨会，并计划将其发展成工作组的长期活动。工作组还积极收集国内外相关经验反馈报告，通过简报与工作组成员分享。

核电厂调试启动工作组顺利完成了工作组换届。工作组在完成《核电厂调试从业人员资格评价标准研究》的基础上，在组内开展推广应用，逐步开展核电厂调试从业人员资格评价的探索工作。工作组继续开展核电厂调试领域经验反馈专刊的编制工作，进一步规范和完善了论文的申报、审评和出版相关工作。此外，工作组还大力支持协会调试启动专项评估工作，组织专家为编写调试领域国家标准、成员单位技术咨询等提供技术支持。

核电厂腐蚀与防护专题工作组致力于建立核电厂腐蚀与防护专业领域技术交流和经验反馈平台，通过交流研讨会、工作简报、申报软课题、举办培训、专家技术支持等形式，组织开展各项活动。工作组全年共出版 4 期工作简报，内容包括行业资讯、工作组动态、技术专栏、经验反馈等；共收集经验反馈案例 49 项，翻译 3 份技术导则，开展 2 次专项技术培训，开展 2 次专家技术支持活动，完成 1 份培训教材编写。工作组还积极探索与工业腐蚀协会等其他组织的合作，计划在 2017 年深度参与 ISO 腐蚀相关标准的编制。

2016 年核电厂同行评估及经验交流委员会行业专题工作组主要活动见附录 10。  
2017 年核电厂同行评估及经验交流委员会行业专题工作组工作计划见附录 11。

### 5.3 管理和技术研讨交流

2016 年，在委员会各成员单位的密切配合和大力支持下，委员会围绕核电厂常规岛金属监督现状、核电厂内部火灾 PSA 及地震 PSA 开发方法标准、核电厂汽轮机等方面，依托专题工作组，策划并组织了 23 场交流研讨活动。（2016 年委员会策划并组织各类交流技术研讨活动见附录 12。）

## 6 大事记

1月1日，阳江核电厂3号机组、防城港核电厂1号机组相继投入商运。

1月19日，中华人民共和国国家主席习近平访问沙特阿拉伯王国。期间，在习近平主席与沙特阿拉伯国王萨勒曼见证下，中国核工业建设集团公司与沙特核能与可再生能源城签订了《沙特高温气冷堆项目合作谅解备忘录》。

1月26日，中国核能行业协会在北京组织召开了《内陆核电建设中几个重要问题的再研究》课题专家评审会。时任协会理事长张华祝出席会议并讲话。

1月27日，国务院新闻办公室发表《中国的核应急》白皮书。

3月17日，由中国核工业集团公司和中国广核集团有限公司共同出资组建的华龙国际核电技术有限公司正式揭牌成立。

3月19日，中国国家原子能机构与美国能源部共同建设的核安保示范中心在北京市房山区投入运行。该中心是亚太地区乃至全球规模最大、设备最全、设施最先进的核安保交流与培训中心，将有力促进中国与美国、国际原子能机构以及其他国家和国际组织在核安保领域的国际交流合作。

4月1日，中国国家主席习近平出席在美国华盛顿举行的第四届核安全峰会，并发表题为《加强国际核安全体系，推进全球核安全治理》的重要讲话，围绕构建公平、合作、共赢的国际核安全体系，全面阐述中国政策主张，介绍中国在核安全领域取得的新进展，宣布中国加强本国核安全并积极推进国际合作的举措。

4月15日，中国核能行业协会第二届理事会第六次会议在北京召开。

4月28日，第三届核电厂同行评估及经验交流委员会第四次会议在福州召开。相关集团公司、核电营运单位、研究设计院所、工程公司等单位的委员、协调员及代表共近70人参加了会议。

5月16日，中国核能行业协会在杭州组织召开了2016年核能行业质量管理工作组组长会议。来自环境保护部核与辐射安全中心、各相关集团公司、核电厂业主及营运单位、工程公司、建设公司等12家单位的专家和代表参加了会议。

5月24日，中国核工业建设集团公司与东盟能源中心签订了《中国核工业建设集团公司与东盟能源中心关于核能技术和清洁能源的合作谅解备忘录》。

5月24日，国家核事故应急协调委员会五届三次会议正式宣布组建成立中国核应急救援队，这是我国首支核应急“国家队”。救援队由指挥协调与技术支持分队、突击抢险分队、工程抢险分队、应急监测与辐射防护分队、去污洗消分队、医学救援分队6支救援分队组成，规模为320人。

6月6日，中国核工业建设股份有限公司成功挂牌上市，股票简称为“中国核建”，股票代码为“601611”。

6月28日，中国核能行业协会率中国核工业集团、中国广核集团、中国国家电力投资集团、中国华能集团等15家中国核能企业组团参加第二届法国世界核工业展览会，集中展示由中国设计制造、具有国际竞争力的核电技术与产品。

7月13日，我国具有完全自主知识产权的核级DCS通用平台“和睦系统”顺利通过IAEA审评。

7月21日，宁德核电厂4号机组投入商运。

7月29日，由中核集团核动力研究设计院负责实施的大亚湾核电厂1号机组乏燃料水池高密度格架升级改造项目的两台高密格架安装到位，顺利完成项目第一阶段工作，标志着我国已掌握并实施首例商用核电厂乏燃料水池改造。

8月12日，昌江核电厂2号机组投入商运。

9月7日，田湾核电厂6号机组核岛浇筑第一罐混凝土（FCD）。

9月19日，红沿河核电厂4号机组投入商运。

9月19日，国务院法制办就《核电管理条例（送审稿）》向社会公开征求意见。

9月29日，中国广核集团、法国电力集团（EDF）在伦敦正式签署了英国新建核电项目一揽子合作协议，并与英国政府同步签署了欣克利角C核电项目收入及投资保障等政府性协议，完成了相关公司的股权交割。这意味着欣克利角C项目已经完成了所有必须的审批和商务流程，开始实质性启动。

10月1日，防城港核电厂2号机组投入商运。

10月15日，中核集团出口巴基斯坦的恰希玛核电厂3号机组（C3）首次并网成功。

10月24日，福清核电厂3号机组投入商运。

10月26日，环境保护部（国家核安全局）重新修订的《核动力厂设计安全规定》（HAF102）正式发布实施。

10月31日，2016年中国核能行业协会核电厂同行评估及经验交流委员会负责人扩大会议在京召开。

11月7日，国家发展和改革委员会、国家能源局召开新闻发布会对外正式发布《电力发展“十三五”规划》。

11月9日，国务院副总理马凯与英国能源与知识产权国务大臣内维尔·罗尔夫女男爵在伦敦为中英核联合研发与创新中心揭牌。

11月14日，《核安全法（草案）》在全国人大官网公开征求意见。

11月19日，由中核控制系统工程有限公司开发的、具有完全自主知识产权的安全

级数字化仪控系统（DCS）平台 NicSys®8000N 通过 IAEA 独立工程评审，成为国内首个获得其认可的基于 FPGA 技术的核电安全级 DCS 平台。

12 月 23 日，防城港核电站 4 号机组核岛浇筑第一罐混凝土。



## 附录：

附录 1 2016 年中国商运核电机组发电相对燃煤发电减排情况

核电厂 / 机组号	项目	发电量 (亿千瓦时)	核能发电相对燃煤发电减排情况			
			标准煤 (万吨)	二氧化碳 (万吨)	二氧化硫 (万吨)	氮氧化物 (万吨)
秦山核电厂	25.80	80.50	210.90	0.68	0.60	
大亚湾核电厂	1号机组	75.61	235.90	618.07	2.01	1.75
	2号机组	76.11	237.46	622.15	2.02	1.76
秦山第二核电厂	1号机组	50.44	157.37	412.32	1.34	1.16
	2号机组	48.33	150.79	395.07	1.28	1.12
	3号机组	56.19	175.31	459.32	1.49	1.30
	4号机组	53.10	165.67	434.06	1.41	1.23
岭澳核电厂	1号机组	86.19	268.91	704.55	2.29	1.99
	2号机组	73.00	227.76	596.73	1.94	1.69
	3号机组	85.12	265.57	695.80	2.26	1.97
	4号机组	77.00	240.24	629.43	2.04	1.78
秦山第三核电厂	1号机组	59.32	185.08	484.91	1.57	1.37
	2号机组	49.32	153.88	403.16	1.31	1.14
田湾核电厂	1号机组	75.25	234.78	615.12	2.00	1.74
	2号机组	78.48	244.86	641.53	2.08	1.81
红沿河核电厂	1号机组	65.20	203.42	532.97	1.73	1.51
	2号机组	56.57	176.50	462.43	1.50	1.31
	3号机组	58.87	183.67	481.23	1.56	1.36
	4号机组	12.15	37.91	99.32	0.32	0.28
宁德核电厂	1号机组	73.12	228.13	597.71	1.94	1.69
	2号机组	62.62	195.37	511.88	1.66	1.45
	3号机组	65.92	205.67	538.86	1.75	1.52
	4号机组	39.63	123.65	323.95	1.05	0.91
福清核电厂	1号机组	72.55	226.36	593.05	1.92	1.68
	2号机组	66.11	206.26	540.41	1.75	1.53
	3号机组	17.95	56.00	146.73	0.48	0.41
阳江核电厂	1号机组	75.51	235.59	617.25	2.00	1.74
	2号机组	73.73	230.04	602.70	1.96	1.70
	3号机组	81.18	253.28	663.60	2.15	1.87
方家山核电厂	1号机组	83.33	259.99	681.17	2.21	1.92
	2号机组	77.83	242.83	636.21	2.06	1.80
昌江核电厂	1号机组	40.10	125.11	327.79	1.06	0.93
	2号机组	16.22	50.61	132.59	0.43	0.37

核电厂 / 机组号		项目	发电量 (亿千瓦时)	核能发电相对燃煤发电减排情况			
				标准煤 (万吨)	二氧化碳 (万吨)	二氧化硫 (万吨)	氮氧化物 (万吨)
防城港核电厂	1号机组		77.46	241.68	633.19	2.05	1.79
	2号机组		19.95	62.24	163.08	0.53	0.46
合计			2105.24	6568.35	17209.07	55.83	48.61

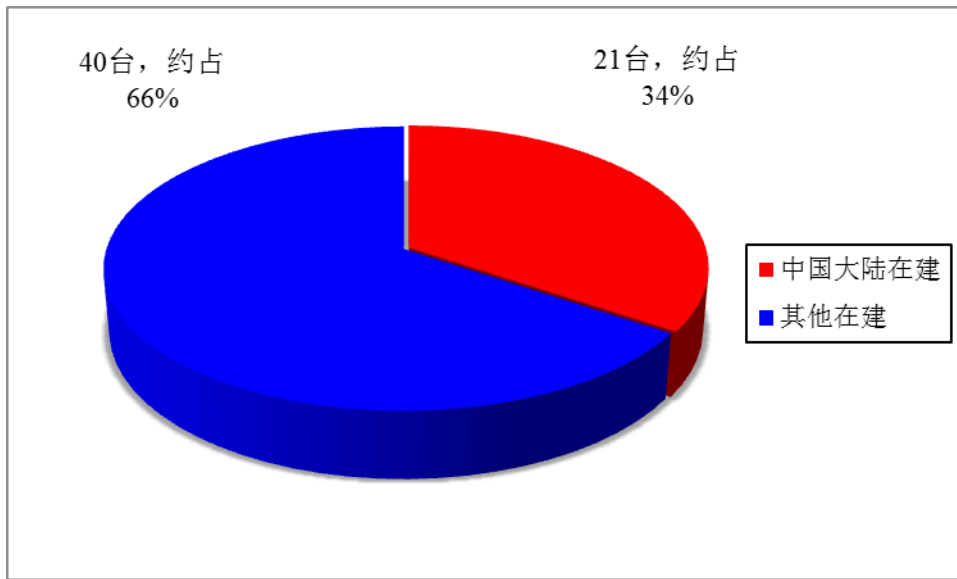
附录2 2016年世界运行核电信息

国家（地区）	机组数（台）	装机容量（万千瓦）	核能发电量（亿千瓦时）	核能发电量占所在国家（地区）总发电量的比例
美国	99	10540.3	8053.2700	19.74%
法国	58	6588.0	3840.0000	74.28%
日本	42	4148.2	174.5300	2.15%
中国	35	3363.2	2105.2400	3.51%
俄罗斯	35	2788.8	1797.2385	17.74%
韩国	25	2418.1	1542.5300	30.30%
印度	22	678.0	349.9986	3.38%
加拿大	19	1448.2	974.4548	15.63%
乌克兰	15	1383.5	809.5005	52.29%
英国	15	1036.2	651.4900	24.40%
瑞典	10	1014.7	606.4740	40.03%
德国	8	1135.7	800.6960	13.12%
西班牙	7	741.6	560.7800	21.38%
比利时	7	620.7	412.8277	51.72%
中国台北	6	521.4	304.6110	13.72%
捷克	6	416.0	227.2987	29.36%
瑞士	5	348.5	203.0312	34.44%
芬兰	4	286.0	222.8200	33.71%
匈牙利	4	200.0	151.7828	51.27%
斯洛伐克	4	195.0	137.3336	54.14%
巴基斯坦	4	109.0	50.9391	4.39%
阿根廷	3	175.0	76.7700	5.62%
保加利亚	2	200.0	157.7484	35.03%
巴西	2	199.0	158.6430	2.93%

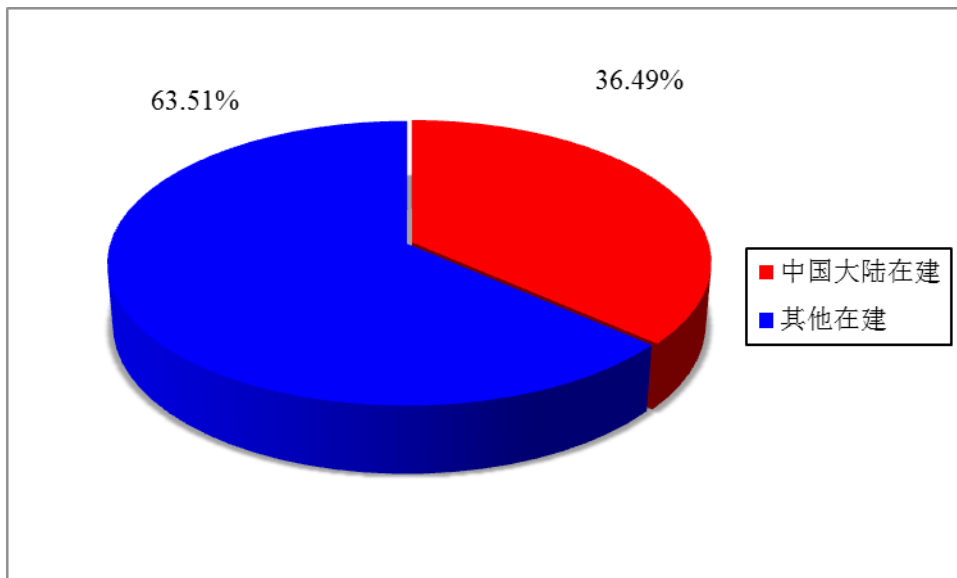
国家（地区）	机组数（台）	装机容量（万千瓦）	核能发电量（亿千瓦时）	核能发电量占所在国家（地区）总发电量的比例
南非	2	194.0	152.0946	6.61%
墨西哥	2	161.5	102.7229	6.19%
罗马尼亚	2	141.1	103.6800	17.09%
伊朗	1	100.0	59.2397	2.11%
斯洛文尼亚	1	72.7	54.3127	35.19%
荷兰	1	51.5	37.5200	3.39%
亚美尼亚	1	40.8	21.9485	31.41%
合计	447	41316.7		

附录 3 2016 年世界在建核电信息

国家（地区）	机组数（台）	装机容量（万千瓦）	反应堆型号
中国	21	2444.4	M310 改进型，8 台； HPR1000，4 台；AP1000，4 台； EPR，2 台； VVER V-428M，2 台；HTGR，1 台；
俄罗斯	7	593.7	KLT-40S ‘Floating’，2 台； VVER V-491，3 台； VVER V-392M，1 台； VVER V-320，1 台；
印度	5	330.0	PHWR-700，2 台；Prototype，1 台； Horizontal Pressure Tube type，2 台；
美国	4	500.0	AP1000，4 台；
阿联酋	4	560.0	APR-1400，4 台；
韩国	3	420.0	APR-1400，3 台；
巴基斯坦	3	254.0	CNP-300，1 台；ACP1000，2 台；
日本	2	275.6	ABWR，2 台；
中国台北	2	270.0	ABWR，2 台；
乌克兰	2	217.8	VVER V-392B，2 台；
斯洛伐克	2	94.2	VVER V-213，2 台；
白俄罗斯	2	238.8	VVER V-491，2 台；
芬兰	1	172.0	EPR，1 台；
法国	1	165.0	EPR，1 台；
巴西	1	135.0	PRE KONVOI，1 台；
阿根廷	1	29.0	PWR，1 台；
合计	61	6699.5	



2016 年世界在建核电机组数量情况



2016 年世界在建核电机组装机容量比例

附录 4 2016 年中国运行核电厂运行事件清单

序号	核电厂机组	事件名称	INES 级别	发生时间
1	秦山核电厂机组	柴油机消防水泵蓄电池部分监测要求现场无法实施	0	2016/12/16

序号	核电厂机组	事件名称	INES 级别	发生时间
2	大亚湾核电厂 1 号机组	1 号机组不满足运行技术规范特殊规定情况下下插停堆棒组事件	0	2016/10/22
3	秦山第二核电厂 1 号机组	1 号机组 7 号废气衰变箱压力下降事件	0	2016/07/19
4	岭澳核电厂 2 号机组	2 号机组因海生物涌入取水口导致反应堆紧急停堆	0	2016/01/09
5	岭澳核电厂 2 号机组	2 号机组 DVC066VAF 维修工作导致 2DVC 碘回路不可用事件	0	2016/04/02
6	岭澳核电厂 2 号机组	2 号机组现场隔离错误导致 2RCP012MN 不可用事件	0	2016/10/03
7	岭澳核电厂 2 号机组	2 号机组执行试验时 2PTR 乏燃料水池冷却不满足技术规范要求事件	0	2016/10/21
8	岭澳核电厂 3 号机组	3 号机组 KRT006MA 报警闭锁导致不可用的时间超过技术规范要求的维修期限事件	0	2016/05/24
9	田湾核电厂 1 号机组	1 号机组喷淋管与 JEF30 接管焊缝附近缺陷修复的事件	0	2016/03/12
10	田湾核电厂 2 号机组	2 号机组因误碰汽轮机调节油系统导致反应堆停堆事件	0	2016/09/11
11	红沿河核电厂 1 号机组	1 号机组 NS/RRA 模式下一回路压力超出 P-T 图范围	0	2016/02/24
12	红沿河核电厂 1 号机组	1 号机组 1KRT011MA 触发二级报警导致 1EBA 阀门关闭	0	2016/03/22
13	红沿河核电厂 1 号机组	1 号机组执行 T1SAP001 期间 1SAP001CO 跳闸产生非预期第一组 IO		
0	2016/07/25			
14	红沿河核电厂 2 号机组	2 号机组 JDT001AR LX/WX 厂房火警通道年度周期性试验期间产生非预期第一组 IO		
0	2016/06/11			
15	红沿河核电厂 2 号机组	2 号机组 RPN024MA 的停堆通量高报警被误闭锁事件	0	2016/11/21
16	红沿河核电厂 4 号机组	4 号机组 RCP005MP 二次阀关闭导致仪表不可用事件	0	2016/02/14
17	宁德核电厂 1 号机组	1 号机组 1DVE066VAN 止回阀无法正常回座导致 1DVE 部分长期不可用事件	0	2016/01/07
18	宁德核电厂 1 号机组	宁德核电厂第五台柴油机消防长期不可用	0	2016/07/23

序号	核电厂机组	事件名称	INES 级别	发生时间
19	宁德核电厂 1 号机组	1/2/3/4 号机组多个消防系统部分不可用积累实践超过维修期限	0	2016/08/13
20	宁德核电厂 1 号机组	因错误取样导致 1、2 号机稳压器液相硼浓度失去定期监督	0	2016/08/22
21	宁德核电厂 1 号机组	1KRT018019MA 计数评价试验未有效执行违反定期试验监督要求	0	2016/09/19
22	宁德核电厂 1 号机组	1PTR 乏燃料贮存池补水后未及时化验硼浓度	0	2016/09/22
23	宁德核电厂 1 号机组	1 号机组一回路压力短时超出运行技术规范要求	0	2016/09/28
24	宁德核电厂 2 号机组	2 号机柴油机厂房部分消防功能不可用时间超维修期限	0	2016/08/02
25	宁德核电厂 2 号机组	2 号机 2EAS047、048VB 因存在设计缺陷导致不能全开	0	2016/10/12
26	宁德核电厂 2 号机组	2 号机组同时存在 5 个以上第二组 IO 超过 1 小时	0	2016/10/22
27	宁德核电厂 2 号机组	2 号机组执行加装电话工作期间产生非预期第一组事件	0	2016/12/12
28	宁德核电厂 3 号机组	3 号机进行 KCS 故障处理时人员误操作导致 KIC 不可用	0	2016/05/01
29	宁德核电厂 3 号机组	3 号机组 3EAS047、048VB 因存在设计缺陷与定期试验监督要求状态不符	0	2016/06/28
30	宁德核电厂 3 号机组	3 号机组 3KRT021MA 定期试验超出规定的期限	0	2016/09/23
31	宁德核电厂 3 号机组	3 号机组执行上充泵房应急通风系统 A 列风机试验期间产生非预期第一组事件	0	2016/12/08
32	宁德核电厂 4 号机组	4 号机组在已存在第一组事件的情况下执行超运行技术规范试验	0	2016/01/13
33	宁德核电厂 4 号机组	4 号机组因误碰 4LHP129VF 排空日用燃油罐导致 4LHP 应急柴油机不可用	0	2016/01/14
34	宁德核电厂 4 号机组	4 号机组多个定期试验不具备执行条件超出监督要求规定的周期	0	2016/05/28
35	宁德核电厂 4 号机组	4 号机组因人员误碰 LCB 开关产生多个第一组 IO	0	2016/06/14
36	宁德核电厂 4 号机组	4 号机组排气烟囱总 $\beta$ 活度短时超化学技术规范限值学技术规范限值运行事件通告	1	2016/08/30

序号	核电厂机组	事件名称	INES 级别	发生时间
37	宁德核电厂 4 号机组	4 号机组因错误取样导致稳压器液相硼浓度失去定期监督	0	2016/09/06
38	福清核电厂 1 号机组	1 号机组因误动开关 1LDG144JA 导致 1LHP 应急柴油发电机不可用事件	0	2016/12/02
39	福清核电厂 2 号机组	2 号机组主控室空调系统碘过滤器回路风机动力电源接线错误导致碘过滤器回路不可用事件	0	2016/08/23
40	福清核电厂 2 号机组	2 号机组上充泵跳闸后引起主泵停运的反应堆停堆事件	0	2016/09/28
41	福清核电厂 2 号机组	2 号机组 B 列停堆断路器意外打开导致控制棒落棒事件	0	2016/10/02
42	福清核电厂 2 号机组	2 号机组安全壳喷淋系统止回阀 2EAS047/048VB 安装方向错误事件	0	2016/10/28
43	阳江核电厂 1 号机组	人员误碰风门导致 1 号机组主控室空调系统碘过滤功能不可用	0	2016/04/13
44	阳江核电厂 1 号机组	1 号机组执行 T1SAP001 试验时将两台空压机均置于“试验”位置导致人为产生第一组事件	0	2016/05/03
45	阳江核电厂 1 号机组	1 号机组 EAS048VB 开启卡涩不满足定期试验监督要求	0	2016/07/02
46	阳江核电厂 3 号机组	3 号机组同时存在两个第一组计划事件	0	2016/04/26
47	阳江核电厂 3 号机组	调试人员执行 TR-4-DVW-09 试验时导致 3DVW 碘过滤排风回路全部不可用	0	2016/05/25
48	阳江核电厂 3 号机组	3 号机组执行 8DVN007/008ZV 切换过程中导致 8DVN 系统全停	0	2016/08/05
49	阳江核电厂 4 号机组	4 号机组 RCP 稳压器安全阀手动功能不可用不满足运行技术规范的要求；	0	2016/12/02
50	方家山核电厂 1 号机组	9LNF 系统 UPS 和逆变器维修试验超期	0	2016/07/11
51	方家山核电厂 2 号机组	两台机组烟囱气载放射性流出物粒子排放量超过月度和季度控制值事件	0	2016/01/05
52	方家山核电厂 2 号机组	2 号机组定期试验要求对测温旁路流体传输时间规定不全面事件	0	2016/02/08
53	昌江核电厂 1 号机组	1 号机组执行定期试验 PT1RIS005 导致人为产生第一组事件	0	2016/01/18
54	昌江核电厂 1 号机组	1 号机组核仪表系统 1RPN024MA 通道参数调整导致人为产生第一组事件	0	2016/02/26

序号	核电厂机组	事件名称	INES 级别	发生时间
55	昌江核电厂 1 号机组	1 号机组执行定期试验期间断开电动辅助给水泵电源导致人为产生第一组事件	0	2016/03/31
56	昌江核电厂 2 号机组	2 号机组在单相中间停堆状态执行中间量程 2RPN023MA 定期试验导致人为引入第一组事件	0	2016/05/31
57	昌江核电厂 2 号机组	2 号机组误触发蒸汽发生器主给水流量低信号导致自动停堆	0	2016/06/24
58	昌江核电厂 2 号机组	2 号机组执行 TP2COR51 试验前更改 RPN 周期计算参数将 2RPN024MA 旁通产生第一组 IO 事件	0	2016/07/14
59	昌江核电厂 2 号机组	2 号机组核岛 DCS 机柜 2KCP515AR 失电导致自动停堆事件	0	2016/07/18
60	昌江核电厂 2 号机组	2 号机组执行 TP2RPN52 试验将 2RPN013MA 置于旁通位置产生第一组 IO 事件	0	2016/07/21
61	昌江核电厂 2 号机组	2 号机组热停堆状态下汽轮机旁路排放系统 GCT-C 阀门开启导致安注动作	0	2016/07/29
62	昌江核电厂 2 号机组	2 号机组循环水过滤系统鼓网压差高引起循环水泵跳泵与自动停堆事件	0	2016/10/19
63	防城港核电厂 1 号机组	9JDT536/530/330/615/603DTN 先后触发, 导致 1DVW 系统碘过滤排风回路全部不可用	0	2016/01/19
64	防城港核电厂 1 号机组	1 号机组 DCL053055VAF 关闭导致 DCL 碘过滤器 B 列不可用事件	0	2016/02/22
65	防城港核电厂 1 号机组	1 号机组 DVW033/065/066VAF 关闭导致 DVW 碘过滤排风回路全部不可用事件	0	2016/04/25
66	防城港核电厂 2 号机组	2 号机组 8 米气闸门双开期间 2LLN 失电导致双开条件不满足技术规范要求事件	0	2016/05/30
67	防城港核电厂 2 号机组	2 号机组错误关闭 2REN102VP 导致硼表不可用	0	2016/05/31
68	防城港核电厂 2 号机组	调试大纲未甄别出执行 TP-2-RRC-50 产生第一组 IO	0	2016/07/06
69	防城港核电厂 2 号机组	定期试验窗口不当导致 2RPN 中间量程通道非计划不可用	0	2016/07/15
70	防城港核电厂 2 号机组	2 号机组由于人员误碰 2VVP001VV 的关限位开导致反应堆自动停堆	0	2016/08/04
71	防城港核电厂 2 号机组	2 号机组一回路反应堆冷却剂平均温度超过限制	0	2016/09/21



## 附录 5 核电厂同行评估及经验交流委员会成员单位名单

（排名不分先后）

中国核能行业协会	阳江核电有限公司
中国核工业集团公司	广西防城港核电有限公司
中国核工业建设集团公司	三门核电有限公司
中国广核集团有限公司	山东核电有限公司
国家核电技术有限公司	台山核电合营有限公司
中国华能集团公司	华能山东石岛湾核电有限公司
中国核能电力股份有限公司	中核辽宁核电有限公司
华能核电开发有限公司	国核示范电站有限责任公司
秦山核电有限公司	核动力运行研究所
核电秦山联营有限公司	苏州热工研究院有限公司
秦山第三核电有限公司	中国核电工程有限公司
中核核电运行管理有限公司	中广核工程有限公司
广东核电合营有限公司	国核工程有限公司
岭澳核电有限公司	中国中原对外工程有限公司
岭东核电有限公司	中国核动力研究设计院
大亚湾核电运营管理有限责任公司	上海核工程研究设计院
江苏核电有限公司	中国原子能科学研究院
辽宁红沿河核电有限公司	中广核研究院有限公司
福建福清核电有限公司	国家电投集团科学技术研究院有限公司
福建宁德核电有限公司	中广核核电运营有限公司
海南核电有限公司	国核电站运行服务技术有限公司

附录 6 2016-2020 年国内运行核电厂同行评估计划

序号	受评电厂	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	备注 (接受协会评估情况)
1	中核核电运行有限公司	评估回访 (9月5-9日)	一厂 WANO 评估 二、三厂 WANO 回访	方家山 WANO 回 访	与 WANO 联合评 估 (9 台机组)	方家山 WANO 评 估	中核运行一厂: 1) 2008 年综合评估; 2) 2010 年评估回访。 中核运行三厂: 1) 2007 年综合评估; 2) 2009 年评估回访; 3) 2013 年人员绩效专项评估; 4) 2014 年人员绩效评估回访 秦山基地: 1) 2014 年综合评估 (7 台) 2) 2015 年设备可靠性评估
		方家山 WANO 评 估					
2	大亚湾核电运营管理 有限公司	WANO 与 CNEA 联合评估		联合评估回访		综合评估	1) 2005 年联合评估 2) 2007 年评估回访 (联) 3) 2010 年应急评估; 4) 2011 年应急评估回访; 5) 2012 年联合评估; 6) 2014 年评估回访 (联)
3	江苏核电有限公司	联合评估回访					1) 2008 年综合评估; 2) 2010 年评估回访; 3) 2014 年联合评估;
4	红沿河核电有限公司	WANO CPR 评估 (6月)		WANO 与 CNEA 联合评估		联合评 估回 访	
5	宁德核电有限公司		宁德一期 (1-4 号机组) WANO 评估		综合评估		

序号	受评电厂	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	备注（接受协会评估情况）
6	三门核电有限公司				综合评估	WANO 同行评估	
7	台山核电有限公司		WANO 与 CNEA 联合评估				
8	山东核电有限公司		防人因失误专项		WANO 或 INPO 同行评估		
9	阳江核电有限公司				WANO 与 CNEA 联合评估		
10	福清核电有限公司			运行专项评估	1-2 号机组 WANO 评估		
11	华能山东石岛湾核电有限公司					运行评估	
12	海南核电有限公司			1、2 机组 WANO 同行评估		WANO 同行评估回访	

附录 7 2016--2020 年国内核电项目建设同行评估计划

序号	在建核电项目	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	备注
1	华能山东石岛湾核电有限公司	PSUR 技术支持	WANO PSUR				1) 2009 年 FCD 前项目管理综合评估 2) 2013 年土建施工阶段综合评估 3) 2014 年土建施工阶段评估跟踪回访 4) 2015 年再改进情况评估
2	福清核电有限公司		4 号机组 PSUR				1) 2014 年综合评估（含 5、6 号机组沙盘推演） 2) 2015 年评估回访
3	三门核电有限公司	1 号机组 PSUR		2 号机组 PSUR	项目建造阶段综合评估（二期工程）		
4	江苏核电有限公司	调试管理专项评估					1) 2010 年 FCD 前项目管理综合评估 2) 2011 年 FCD 前评估跟踪回访 3) 2015 年 DCS 设计变更管理
5	红沿河核电有限公司					5 号机组 WANO PSUR	（尚未申请协会评估）
6	山东核电有限公司	SOER 评估技术支持	2 号机组 WANO PSUR	项目建造阶段综合评估（二期工程）			1) 2011 年核电厂工程施工阶段同行评估 2) 2012 年核电厂工程施工阶段同行评估跟踪回访 3) 2013 年调试启动领域专项评估 4) 2013-2014 年 PSUR、SOER 技术支持
7	阳江核电有限公司						5) 2012 年核电厂工程施工阶段同行评估 6) 2013 年核电厂工程施工阶段同行评估跟踪回访

序号	在建核电项目	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	备注
8	防城港核电有限公司	WANO PSUR					(尚未申请协会评估)
9	台山核电有限公司						(尚未申请协会评估)
10	海南核电有限公司	2 号机组 WANO PSUR			3、4 机组综合 评估(根据评 估队意见)	1/2 号机组运行 同行评估	1) 2013 年核电项目工程建设同行评 估 2) 2013 年同行评估回访
11	宁德核电有限公司						(尚未申请协会评估)
12	辽宁核电有限公司			项目建造阶段 综合评估			
13	国核示范	综合评估回访		综合评估			2015 年综合评估
14	国核工程	综合评估					依托三门和海阳核电项目
15	中原对外		综合评估				依托 K2、K3

附件 8 2014–2015 周期同行评估及经验交流软课题提交成果清单

序号	项目名称	承担单位	提交成果
1	设备根本原因分析(RCA)培训教材开发	苏州热工研究院有限公司	设备根本原因分析方法与技术培训教程(第1版)
2	核电厂调试从业人员资格评价标准研究	中广核工程有限公司	(1) 核电厂调试从业人员资格培训大纲 (2) 核电厂调试从业人员资格要求
3	核电厂关键电机设备故障及维修策略研究	苏州热工研究院有限公司	(1) 核电厂关键电机设备故障及维修策略研究主要经验反馈调研 (2) 380V 关键交流电机设备故障及维修策略专项分析报告 (3) 6.6kV 脂润滑交流电机设备故障及维修策略专项分析报告 (4) 关键直流电机设备故障及维修策略专项分析报告
4	100 型主泵关键部件维修策略研究	中广核核电运营有限公司	(1) 核电厂 100 型主泵关键部件维修策略研究报告 (2) 100 型主泵关键部件预防性维修参考大纲
5	停堆工况内部事件一级概率安全分析及功率工况内部火灾概率安全分析同行评估技术导则编制研究	苏州热工研究院有限公司	(1) 低功率和停堆工况内部事件一级概率安全分析同行评估技术导则 (2) 低功率和停堆工况内部事件一级概率安全分析同行评估实施办法 (3) 功率工况内部火灾一级概率安全分析同行评估技术导则 (4) 功率工况内部火灾一级概率安全分析同行评估实施办法
6	核能行业大型变压器经验反馈研究	苏州热工研究院有限公司	核电厂大型变压器典型事件及良好实践分析汇编
7	核能行业蒸汽发生器经验反馈体系研究	核动力运行研究所	(1) 我国核电厂 SG 运行经验反馈报告 (2) 我国核电厂蒸汽发生器经验反馈数据库建议方案
8	关键敏感设备质量保证分级研究	大亚湾核电运营管理有限公司	运营核电厂设备质保分级管理应用实践(运行核电厂关键敏感设备管理)
9	核电厂人因事件报告编制指南开发	核动力运行研究所	核电厂人因事件报告编制指南
10	风险监测器在核电厂的应用与技术研究	中国核电工程有限公司	(1) 核电厂风险监测器管理框架 (2) 核电厂风险监测器技术指导文件
11	核电厂 DCS 人机界面应用经验反馈报告	核动力运行研究所	核电厂 DCS 人机界面应用经验反馈报告
12	AP1000 核电厂先进人员可靠性分析方法研究	中电投核电技术中心(北京)有限公司	AP1000 核电厂先进人员可靠性分析方法研究报告

序号	项目名称	承担单位	提交成果
13	核电厂老化管理与设备管理统筹实施策略	核动力运行研究所	核电厂老化管理与设备管理统筹实施策略研究报告
14	核电汽轮机全寿期标准化管理方法研究	中广核核电运营有限公司	(1) 核电汽轮机全寿期管理信息收集结果报告 (2) 核电汽轮机全寿期管理方法调研报告 (3) 核电汽轮机全寿期标准化管理方法研究报告 (4) 核电汽轮机全寿期管理技术平台建立方法 (5) 多基地汽轮机全寿期管理导则 (6) 核电汽轮机全寿期标准化管理方法研究(结题报告)
15	压水堆核电厂控制棒驱动机构性能评价及鉴定规范研究	中科华核电技术研究院	压水堆核电厂控制棒驱动机构性能评价及鉴定规范研究
16	核电厂概率安全评价(PSA)技术培训大纲	上海核工程研究院设计院	核电厂概率安全评价(PSA)技术培训大纲

附录 9 2016-2017 周期同行评估及经验交流软课题研究项目列表

序号	项目名称	承担单位	项目负责人	研究目标 / 内容	预期成果 / 应用前景
	核电厂人员培训教材“核电厂材料与设备的腐蚀与防护”	中科院金属研究所	韩恩厚	<p>(1) 完成“核电厂材料与设备的腐蚀与防护”的核电厂人员培训教材的编写；(2) 开展一期相关培训，并征求修改完善的意见；(3) 根据反馈意见，进一步修改完善，之后正式出版。</p>	<p>正式出版一部“核电厂材料与设备的腐蚀与防护”培训教材。该教材将在每年或每两年一次的培训活动中使用。</p>
	核电汽轮机转子最优启动曲线研究	西安交通大学	谢永慧	<p>首先构造核电汽轮机转子瞬态温度场数值分析模型。使用 CFD 软件模拟核电汽轮机在额定工况、不同启停工况以及变工况运行时的流动传热状况，得到转子的瞬态换热系数，并验证其准确性。</p> <p>建立核电汽轮机转子的有限元分析模型，计算额定工况和不同启停工况（滑参数停机、冷态启动、温态启动、热态启动等）下转子内部的温度分布，进而基于双线性随动强化模型，建立转子的弹性应力分析模型。采用先进的双向流固耦合技术对核电汽轮机转子的温度场和应力场进行分析，为转子启动曲线和结构的优化打下基础。</p> <p>编写出启动曲线优化程序。以启动过程的最大等效应力最小为目标，采用模式搜索算法、模拟退火算法、遗传算法等智能优化算法，对启动曲线进行优化，开发出核电转子最优启动曲线。</p>	<p>准确预测额定工况和不同启停工况（滑参数停机、冷态启动、温态启动、热态启动等）下转子的温度分布，进而基于双线性随动强化模型，建立转子的弹性应力分析模型。采用先进的双向流固耦合技术对核电汽轮机转子的温度场和应力场进行准确分析。根据转子危险点的应变幅值，准确评估转子的低周疲劳寿命损耗，为转子启动曲线优化和转子结构优化提供理论基础和方向。</p> <p>编写启动曲线优化程序。以启动过程的最大等效应力最小为目标，采用模式搜索算法、模拟退火算法、遗传算法等智能优化算法，对启动曲线进行总体控制，对额定工况和不同启停工况（滑参数停机、冷态启动、温态启动、热态启动等）的启动过程进行优化，开发出具有自主知识产权的核电转子最优启动曲线，从而满足机组的安全性和经济性要求。</p> <p>形成技术分析报告 3 份，申请软件著作权 1 件。</p>
	蒸汽发生器传热管防振条涡流检查导则	中广核检测技术公司	孔玉莹	<p>本项目的研究内容如下：                      (1) 开展传热管与防振条间隙距离测量、防振条扭转角度测量量流检测技术研究。                      (2) 优化防振条偏移距离、错位距离及下插深度测量涡流检测技术研究。                      (3) 开展防振条定位精度研究，确定防振条位置信息的涡流检查精度误差，优化防振条位置检查数据分析及数据处理方法。</p>	<p>预期成果如下：                      (1) 蒸汽发生器传热管与防振条间隙距离测量实验报告。                      (2) 蒸汽发生器传热管防振条扭转角度测量实验报告。                      (3) 蒸汽发生器传热管防振条定位精度实验报告。                      (4) 蒸汽发生器传热管防振条涡流检查导则。                      (5) 论文两篇。</p> <p>本项目可应用于 CPR1000 机组及 EPR 机组蒸汽发生器传热管防振条涡流检查，并可推广应用到 AP1000、华龙一号等其他类型机组的防振条涡流检查。</p>



序号	项目名称	承担单位	项目负责人	研究目标 / 内容	预期成果 / 应用前景
	华龙一号调试大纲技术研发	中国核能行业协会调试启动工作组 (中广核工程有限公司为调试启动工作组组长单位)	—	项目通过国内和国际上有关法律法规标准的研究, 结合对在建的 CPR1000 机组、三代机组 AP1000 机组、EPR 机组、中核华龙一号等《机组调试大纲》的调研, 通过分析这些在建机组《调试大纲》的编制、实施、监管、反馈等过程, 以及与国家核安全局 (NNSA)、环境保护部核辐射与安全评审中心 (NSC) 的交流研讨, 形成华龙一号调试阶段划分原则和阶段状态转换控制方案、首堆试验管理方案、调试期间需违反运行技术规范的项目、带试验报告分析单 (TRAS 单) 试验项目选取原则、CPR1000 机组《调试大纲》实践经验后经验反馈、各阶段状态转换控制清单等方面进行研究, 最终提出《华龙一号机组调试大纲》编制方案, 研发出华龙一号标准机组调试大纲, 为后续华龙一号项目机组调试大纲的编写提供参考借鉴, 更好的指导华龙一号调试工作的开展。	预期成果如下: (1) 华龙一号调试阶段状态转换清单及控制方法文件, 发表科技论文 1~2 篇。该成果将应用于指导《华龙一号标准化调试大纲》的调试阶段划分和阶段状态转换控制清单的编制。 (2) 华龙一号各调试阶段划分及阶段状态转换控制方案。该成果将应用于指导华龙一号调试阶段划分, 用于与 HAF/HAD103 调试阶段划分对标比照和阶段状态转换控制点选取、阶段状态转换控制点释放和阶段状态转换的调试机组核安全监督和核安全自查。 (3) 华龙一号首堆试验管理方案报告。该成果将应用于指导华龙一号首堆试验项目的调试准备、调试技术准备和调试方案评审, 实现对试验原理、试验方法、试验过程、验收标准进行全面掌握和深刻理解。
	核能行业质量保证培训大纲和教材升版	中国核能行业协会技术服务部	姜慧银	根据现行法规和相关文件精神的要求, 升版核能行业质量保证培训大纲; 根据大纲的要求, 升版培训教材, 为行业培养合格的监督员、提升质量保证从业人员的技能和水平发挥作用。	预期成果如下: (1) 核能行业质量保证培训大纲; (2) 核能行业质量保证监督员培训教材; (3) 核能行业高级管理人员质量保证培训教材。 提升核能行业高级管理人员的质量管理、安全管理意识和水平; 为核能产业链各有关单位培养熟悉核安全质量保证法规和质量管理标准要求, 掌握质保监查技术和方法的合格的质保监查人员。
	RCA 培训案例开发研究	苏州热工研究院	关建军	本项目的研究目标是根据 RCA 分析培训需求, 利用实际的 RCA 分析案例, 开发高质量的、适合培训课程应用的 RCA 案例, 并将 RCA 分析方法与技术理论与实际应用实施经验有机融入到培训案例中。	该研究成果主要应用于核能行业开展 RCA 分析方法与技术培训, 通过大量实战演练来体验 RCA 分析中的精髓, 力求从理论和实践相结合的角度提出调查事件、阐述 RCA 方法原理、解析应用方法、引发思考, 从而弄清事件调查过程中构成要素的客观联系, 提高 RCA 分析技术培训的质量。为培训出高水平的 RCA 分析人员, 为核能行业 RCA 工作组培养和提供后备专家, 推进 RCA 方法在我国各行业、各单位的普及推广发挥重要作用。

序号	项目名称	承担单位	项目负责人	研究目标 / 内容	预期成果 / 应用前景
	核电厂 DCS 系统与信息安全研究与标准研制	协会信息化委员会 环境保护部核与辐射安全中心	沙睿	本课题通过调研核电 DCS 信息安全现状，以及对工控领域信息安全相关标准研究分析，深入开展核电厂 DCS 信息安全技术研究，包括面临的威胁、信息安全设计方法，以及采取的防御措施。在此基础上对其适用标准、设计策略及安全漏洞研究，找出目前核电厂数字化仪控系统的安全漏洞，针对这些安全漏洞研究安全防御技术。同时建立核电厂全厂信息安全评估体系，安全策略、梳理分析现有在运核电厂网络安全和信息安全管理方面的不足，为核电厂 DCS 免受恶意攻击提供有力保障和坚实的技术基础，并研制确保核电厂 DCS 信息安全的相关标准。	调研分析报告：《核电厂信息安全管理体系分析及技术优化报告》；《核电厂 DCS 信息安全现状调研报告》；《核电厂数字化仪控系统信息安全漏洞分析报告》；《核电厂数字化仪控系统信息安全防护技术报告》； 《核电厂数字化仪控系统信息安全评估方法》（试行）； 行业标准：《核电厂 DCS 信息安全标准》草案
	研究并编制《运营核电厂人因管理工作导则》	中广核核电运营公司	王金众	本项目最终目标为编制完成《运营核电厂人因管理工作导则》，具体表现在：（1）总结国内各电厂在防人因工作方面的先进实践，要涵盖完整的人因管理工作链条；人因事件根本原因分析；人因事件二次分析；核电厂人机环境中的人因陷阱；防人因失误培训（含六张人因工具卡的使用）；生产现场的人因管理；人因状况监测指标。（2）形成运营核电厂人因管理工作的框架和细则，具有较高的实用性。	编写《运营核电厂人因管理工作导则》。该导则将用于对各集团下的核电厂人因管理工作提供指导。
	核电厂大型电力变压器故障及维修策略研究	苏州热工研究院	江虹	本项目的研究目标是通过开展核能行业大型电力变压器的故障模式分析，结合内外外部经验反馈，梳理大型电力变压器主要故障模式及故障机理，并参考各种故障监测和诊断技术，推荐的大型电力变压器的预防性维修策略、状态监测技术以及故障处理措施，为国内核电厂的大型电力变压器的管理提供参考与指导。	预期成果：为核电厂大型电力变压器故障模式及维修策略研究报告；核电厂大型电力变压器结构分析；核电厂大型电力变压器故障模式及故障机理分析；大型电力变压器先进状态监测技术调研分析；核电厂大型电力变压器维修策略分析；核电厂大型电力变压器更换良好实践汇编； 应用前景：本项目开发的核电厂大型电力变压器故障模式及维修策略分析可以作为各核电厂大型电力变压器设备管理的参考，并基于此技术报告，形成统一的经验反馈和运维经验数据，提高各核电厂之间的经验交流渠道和成效，持续提升核电厂大型电力变压器的运维管理水平。
	内部事件二级 PSA 及内部水淹 PSA 同行评估技术导则编制研究	苏州热工研究院	杨志超	本课题的研究目标是在深入研究国外相关导则的基础上，编写我国功率工况内部事件二级 PSA 同行评估导则和功率工况内部水淹 PSA 同行评估导则，以指导和规范国内功率工况内部事件二级 PSA 和功率工况内部水淹 PSA 的同行评估活动，从而逐步健全和完善 PSA 同行评估体系。	预期成果：《功率工况内部事件二级概率安全评价同行评估技术导则》；《功率工况内部水淹概率安全评价同行评估技术导则》

序号	项目名称	承担单位	项目负责人	研究目标 / 内容	预期成果 / 应用前景
	HRA 相关性分析研究方法与应用	中国核电工程有限公司	田秀峰	<p>本项目结合国内外研究成果和国内实践经验,通过对人因相关性分析方法的详细研究,最终形成一套统一的广泛认同的人因相关性分析及流程,以便进一步规范人因相关性分析工作。本项目重点解决以下三个问题: 1) 如何识别别人因相关性; 2) 如何判断人员行为之间是否存在相关性; 3) 如何制定合理的相关性判定准则。</p>	<p>预期成果:                      (1) 人因相关性技术分析见解 (1 份);                      (2) 人因相关性分析导则 (1 份);                      最终形成的人因相关性分析导则可以统一国内 HRA 相关性分析技术, 填补国内 HRA 相关性技术要求文件空白, 并用于指导行业内人因相关性分析工作, 规范工作流程, 减少业内分歧。</p>
	核电关键阀门运行维修反馈对设计制造改进需求研究	核动力运行研究所	李杰	<p>本项目的研究目标是通过核电/气动等关键阀门运行维修经验反馈的收集整理和分析, 开展对设计制造需求的研究, 借助核能行业协会这一平台, 帮助推动国内阀门制造厂家改变传统的设计制造理念, 提高阀门的可靠性及维修便利性, 为后期阀门可靠运行提供源头上的保证。</p>	<p>核电阀门运行维修对设计制造需求研究报告</p>
	RCC 规范设计的核电机组运行许可延续论证策略研究	苏州热工研究院	薛飞	<p>梳理出 RCC 规范设计的核电机组在采用 NNSA 所确定的论证技术政策进行运行许可延续论证时的差异性, 并给出解决建议, 为 RCC 规范设计的核电机组顺利执行运行许可延续论证提供技术保障。</p>	<p>预期成果:                      (1) RCC 规范设计的核电机组运行许可延续论证方法研究报告 1 篇;                      (2) 科技论文 2 篇。                      项目成果将首先应用于大亚湾核电运行许可延续论证工作, 在此基础上, 将应用于国内其他按照 RCC 系列规范设计的核电机组的运行许可延续论证工作。</p>
	核电蒸汽发生器全长度液胀管技术	上海电气核电设备有限公司	江才林	<p>本课题将聚焦蒸汽发生器管子管板液胀管技术, 在已有的技术储备和经验基础上, 收集、整理和汇总国内不同核电技术中, 蒸汽发生器管子管板液胀管的设计要求、材料、制造等方面的数据, 为蒸汽发生器的设计和制造提供有力的参考。</p> <p>针对蒸汽发生器的制造周期, 本课题将收集、整理和汇总不同蒸汽发生器制造厂针对不同核电技术中, 液胀管的制造周期、制造工艺等数据, 对基础数据进行分析, 从而制定出最优化的液胀管制造工艺, 并收集对液胀管造成重大影响的不符合项, 对如何降低液胀管过程中的风险, 减少堵塞风险, 减少不符合项的发生等进行研究, 缩短蒸汽发生器的制造周期, 减少堵塞风险, 增加核电厂经济运行收益。</p>	<p>预期成果:《核蒸汽发生器液胀管技术经验报告》                      通过本项目的研究, 收集、整理和汇总国内不同核电技术中, 蒸汽发生器管子管板液胀管的设计、材料、制造等方面的数据, 作为蒸汽发生器经验反馈体系, 为蒸汽发生器的设计和制造优化提供有力支撑。</p>

序号	项目名称	承担单位	项目负责人	研究目标 / 内容	预期成果 / 应用前景
	100 型主泵电机轴绝缘低及轴承温度读数偏差大原因分析及处理技术研究	中广核核电运营公司	王勤湖	开发《100 型主泵电机轴绝缘低及轴承温度读数偏差大原因分析及处理技术研究报告》，为各核电厂解决电机轴绝缘低及轴承温度读数偏差大问题提供技术指导和文献参考，提高反应堆冷却剂泵电机的安全性和可靠性。	预期成果：100 型主泵电机轴绝缘低原因分析及处理技术研究报告 1 份；100 型主泵电机轴承温度读数偏差大原因分析及处理技术研究报告 1 份。 应用前景：基于机理研究，预期通过维修或改进轴承温度探头和电机绝缘装置的安装工艺，制定由监测、预防、诊断、处理等整套方案彻底消除缺陷，或制定可控的主泵电机轴承温度波动和偏差大及轴绝缘偏低或为零的干预标准和处理方案，目前国内外多基地均存在同类问题，国内外市场的需求迫切且旺盛
	反应堆保护系统标准化维修策略软件开发与应用	红沿河核电公司	李德江	分析梳理 RPR 保护系统的仪表输入信号清单，根据仪表控制逻辑图以及信号分配图提取风险点，通过分析软件整合数据，给单个仪表故障后的维修活动提供全面的仪表信息、建议处理措施、风险分析和相关经验反馈。	反应堆保护系统维修策略软件作为反应堆保护系统故障异常处理的标准化工件，涵盖了保护系统相关设备的故障现象预测、风险分析、设备信息、经验反馈和建议处理措施等内容。该系统能有效避免工作风险分析不完善，缩短工作准备及故障修复的时间，在出现故障时保证安全保护系统快速、安全恢复至正常状态，提高保护系统的可靠性。反应堆保护系统维修策略软件中提供完善的风险分析与处理措施建议，能有效降低风险分析不完善导致的人因失误。 反应堆保护系统标准化维修系统主要目的是实现保护系统相关维修工作标准化，通过逐一核实与分析保护系统仪表与控制系统的功能、逻辑风险等，很好地提炼了保护系统的重要设备故障处理方案，在运行或大修机组的异常意见出现时，快速处理保证机组的运行和关键路径工作。
	核电厂严重事故管理导则与缓释操作程序编制规范专题研究	中广核研究院有限公司	廖业宏	本课题的研究内容主要包括如下两部分： 1) 现状调研：针对各国审评机构和核电厂在全范围 SAMG 方面的最新监管要求和实际执行情况进行调研，对调研结果进行总结并形成调研报告。 2) 编制规范建议：在充分调研国内外现状的基础上，结合国内全范围 SAMG 监管、执行的实际情况，提出适合我国的导则编制规范建议，以期为我国监管、执行单位的具体工作提供具有实用价值的借鉴意义。	预期成果为完成相应的调研和规范报告，包括： (1) 《全范围 SAMG 监管要求和执行情况调研报告》； (2) 《全范围 SAMG 编制规范》。 预期该项目成果将为监管机构监管要求制定和执行单位具体执行提供重要的支持和指导。

序号	项目名称	承担单位	项目负责人	研究目标 / 内容	预期成果 / 应用前景
	CRDM 性能鉴定及评价导则程序研究	中广核研究院有限公司	路广遥	<p>本课题利用中广核研究院在压水堆核电站控制棒驱动机构科研成果、运营公司在控制棒驱动机构运行试验、检修等方面的工作经验，开展压水堆（包括小型压水堆）核电站控制棒驱动机构的性能鉴定及评价导则研究，建立一套合理可行、通用性强的性能评价及鉴定试验文件，以完善控制棒驱动机构的性能评价及质量水平，确保在断和评价控制棒驱动机构的性能及质量水平，确保在役控制棒驱动机构可靠运行。</p>	<p>通过本项目承担单位与合作单位共同研究，形成 CRDM 性能鉴定及评价导则 1 份。</p>
	根本原因分析中人因失效模式调查分析及研究	苏州热工研究院	关建军	<p>本课题完成科学合理的根本原因分析中人因失效模式的方法，以及完成成人因事件根本原因分析培训材料，为核电厂根本原因中人因分析提供方法指导，全面提升核电厂的人因分析能力和可靠性，同时为提升核电厂人员管理水平提供保证。</p>	<p>预期成果：《人因失效模式调查分析和研究》，《核电厂人因事件根本原因分析培训材料》。</p> <p>应用前景：强化和提升电厂对出现根本原因分析中的人因失效的认识，在事件发生前就可以对人员的不当动作或状态的情况进行及时反馈和总结，这些反馈和总结的成果将会为电厂内部开展人因事件分析提供指导和参考。</p> <p>补充完善核电厂事件根本原因分析的分析方法及事件覆盖范围，提高根本原因分析中的人因失效分析效率和精度。</p>
	AP1000 核电机组工程建设重要事件经验反馈	国电研究院	王遥	<p>收集及分析 AP1000 核电机组工程建设重要事件，提炼及总结经验教训，完成《AP1000 核电机组工程建设重要事件经验反馈研究报告》，供我国核电行业后续 AP1000 核电机组工程建设及调试工作中参考借鉴。</p>	<p>完成的《AP1000 核电机组工程建设重要事件经验反馈研究报告》将为我国后续 AP1000 核电机组工程建设及调试工作顺利开展提供经验反馈支撑，对后续 AP1000 核电机组顺利开展工程建设及调试工作具有重要意义。</p>
	真实机组严重事故状态预估评价系统开发	核动力运行研究所	郭富德	<p>基于核电厂严重事故期间的实测数据对国际认可的严重事故分析程序 MAAP5.0.3 进行快速初始化，并在基于仿真技术的机组大数据库的基础上开发真实机组严重事故机组状态预估评价系统。为 TSC 人员的决策分析提供必要技术支持手段。</p>	<p>预期成果：《真实机组严重事故状态预估评价系统开发技术研究报告》</p> <p>应用前景：本课题研究成果能够对真实机组严重事故期间的机组状态进行快速预估评价，为 TSC 人员的决策分析提供必要的技术手段，为事故缓解措施的制定提供有力的参考依据，最终为机组的安全运行提供有力的技术保障。</p>

## 附录 10 2016 年核电厂同行评估及经验交流委员会行业专题工作组主要工作与成果

序号	活动名称	时间 / 地点
1	核电厂在役检查及无损检验专题工作组第一次组长会议	4月11日 / 武汉
2	2016年第核电厂调试启动专题工作组第一次组长会议	5月10-11日 / 威海
3	2016年质量管理工作组组长会议	5月16-18日 / 杭州
4	核电厂汽轮机专题工作组2016年第一次组长会议	6月20日 / 台山
5	核风险管理工作专题工作组2016年第一次会议	7月1日 / 北京
6	核电阀门状态管理专题工作组组长会	7月14日 / 苏州
7	核电厂汽轮机专题工作组2016年第二次组长会议	8月3日 / 烟台
8	核电厂控制棒驱动系统工作组组长会议	8月29日 / 成都
9	核电厂放射性废物管理专题工作组成立筹备会议	8月31日 / 成都
10	核风险管理专题工作组组长会	9月7日 / 青岛
11	核电厂在役检查及无损检验专题工作组第二次组长会议	9月21日 / 嘉兴
12	核电厂老化与寿命管理工作组组长会议	10月9日 / 上海
13	核电厂防人因失误工作组组长会议	10月12日 / 上海
14	核电厂调试启动专题工作组2016年第二次组长会议	10月28日 / 北京
16	核电厂蒸汽发生器工作组组长会议	11月3日 / 上海
17	核电厂大型变压器专题工作组组长会议	11月8日 / 常州
18	核电厂腐蚀与防护专题工作组组长会议	11月9日 / 荣成
19	核电厂可靠性维修工作组组长会议	11月17日 / 连云港
20	核电厂汽轮机专题工作组2016年第三次组长会议	11月17-18日 / 西安
21	核级泵专题工作组组长会议	12月7日 / 深圳
22	核电厂事件根本原因分析专题工作组组长会议	12月9日 / 深圳
23	核电厂DCS工作组组长会议	12月14日 / 武汉
24	核风险管理工作专题工作组2016年第二次会议	12月19日 / 北京
25	核电厂放射性废物管理专题工作组组长会议	12月20日 / 成都

附录 11 2017 年核电厂同行评估及经验交流委员会行业专题工作组工作计划

序号	工作组	活动名称	时间
1	应急柴油发电机工作组	核电厂应急柴油机专业领域培训	7-8 月
		核电厂应急柴油机组长会议及专项研讨	9 月
2	大型变压器工作组	核电厂大型变压器工作组扩大会议	6 月
		第四届核电厂大型变压器专题工作组研讨会	11 月
3	可靠性工作组	成员单位可靠性管理技术调研	3-4 月
		设备可靠性管理技术研讨会	9 月
		开展成员单位技术培训 1~2 期	待定
4	老化与寿命管理工作组	老化工作组组长会议	3 月
		第五届核电材料与可靠性国际学术研讨会	9 月 26-28 日
		老化工作组组长会议	9 月
		核电厂老化与寿命管理研讨会	11 月
5	仪控工作组	核电厂仪控工作组第一次工作组组长会议	4 月
		核电厂仪控系统技术专题研讨会	待定
		核电厂仪控工作组第二次工作组组长会议	待定
		仪控工作组专题调研	待定
6	核级泵工作组	核级泵工作组组长会议	6 月
		首届核级泵检修大赛	8 月前
		第六届核能行业核级泵技术研讨会	11 月前
7	CRDS 工作组	CRDS 工作组组长会议	12 月
8	PSA 工作组	PSA 第 1 次工作组组长会议	4-6 月
		PSA 应用试点研讨会	8 月前
		维修规则研讨会	8 月前
		地震 PSA 研讨会	待定
		PSA 培训	待定
9	调试启动工作组	调试工作组第一次组长会	4 月
		华龙一号首堆试验交流会	4 月
		调试启动工作组经验反馈交流	6 月
		API1000 专题报告	6 月
		调试工作组第一次组长会	10 月
10	质量保证	2017 年质量管理专题研讨会	第二季度
		质量管理工作组第八次组长会议	第二季度
		2017-2018 质量管理软课题立项座谈会	第二季度
11	防人因失误工作组	“观察指导活动”对标	4 月
		2017 年度人因工作组组长会	7 月
		第五届人因工作组研讨会	7 月
12	SG 工作组	第三届蒸汽发生器技术研讨会	10 月

序号	工作组	活动名称	时间
13	阀门工作组	核电厂阀门工作组第一次组长会议	待定
		核电厂阀门工作组第二次组长会议	待定
		核电厂阀门经验交流研讨会	待定
		技术调研	待定
14	汽轮机工作组	核电厂汽轮机工作组第一次组长会议	3月
		汽轮机专题培训	6、10月
		核电厂汽轮机工作组第二次组长会议	10月
		第四届核电厂汽轮机技术研讨会	待定
		汽轮机技术交流与专题研讨活动	待定
15	在役检查及无损检验	在役检查与无损检验工作组组长会议	3月
		在役检查与无损检验专题研讨会	4月
		在役检查与无损检验专题工作组技术交流会	9月
		1-2场无损检验技术培训	待定
16	RCA	RCA工作组第一次组长会议	3月
		开展1-2期RCA培训	5-6月/9-10月
		RCA工作组第二次组长会议	10-11月
17	腐蚀与防护工作组	防腐工作组第一次会议	4月
		第三届核电厂腐蚀与防护技术交流研讨会	11月
		防腐工作组第二次会议	11月
		核电厂防腐工程师培训	9月
18	性能试验工作组	性能试验工作组第一次会议	5月
		ISO振动工程师资格培训（二级）	6月
		核电厂性能试验第二届经验交流研讨会及专家组会议	10月
		ISO振动工程师资格培训（三级）	12月
19	放射性废物管理工组	核电厂放射性废物管理工作组组长会议	9月21日
		核电废物管理专题研讨会	9月22日
20	信息安全工作组（筹）	核电厂信息安全研讨会	待定
21	维修工作组	筹备工作	待定
22	励磁工作组	筹备工作	待定



附录 12 2016 年委员会策划并组织的各类行业经验交流研讨活动

序号	会议名称	时间 / 地点	参会人数
1	核电厂常规岛金属监督现状专题讨论会	4月11日 / 武汉	15人参会
2	核电厂内部火灾 PSA 及地震 PSA 开发方法标准研讨会	6月2日 / 深圳	5家单位 / 近20余人
3	核电厂调试启动工作组专题会议	6月14-16日 / 上海	15人参会
4	核电厂汽轮机专题研讨会	6月20-22日 / 台山	60余名代表
5	第三届核电厂阀门状态管理研讨会	7月13-15日 / 苏州	70余名代表
6	2016年 CNEA-INPO 核电评估与经验交流研讨会	7月24-29日 / 威海	27家单位 / 70余名代表
7	核电厂性能试验专题工作组筹备及成立会议	7月-8日 / 苏州	25家单位 / 40余名代表
8	第三届核电厂汽轮机技术研讨会	8-24日 / 烟台	70名代表
9	首届核电厂励磁系统经验交流研讨会	8月17-19日 / 福清	80余名代表
10	第三届核电厂控制棒驱动系统经验交流研讨会	8月30日 / 成都	50名代表
11	首届核电厂放射性废物管理专题研讨会	9月1日 / 成都	80余代表
12	第五届核能行业概率安全分析研讨会	9月7-8日 / 青岛	36家单位 / 140余代表
13	第三届核电厂在役检查及无损检验技术经验交流研讨会	9月21-23日 / 嘉兴	30家单位 / 70余代表
14	第四届核电厂老化与寿命管理研讨会	10月9-11日 / 上海	20家单位 / 80余名代表
15	第四届防人因失误研讨会	10月12-13日 / 上海	26家单位 / 60余名代表
16	第四届核电厂阀门状态管理研讨会	10月23-24日 / 嘉兴	14家单位 / 50余名代表
17	第二届核电厂事件根本原因分析研讨会	10月25-27日 / 西安	80余代表
18	第三届核电厂大型变压器技术研讨会	11月7日-9日 / 江苏常州	近70名代表
19	第二届核电厂腐蚀与防护技术经验交流研讨会	11月10日 / 山东荣成	27家单位 / 60余名代表
20	第二届核电厂设备可靠性管理研讨会	11月17日 / 江苏连云港	19家单位 / 60余名代表
21	首届核电厂维修技术与经验交流研讨会	12月2日 / 成都	40家单位 / 120余名代表
22	第五届核能行业核级泵技术研讨会	12月6-8日 / 深圳	23家单位 / 60余名代表
23	2016年核能行业数字化仪控系统(DCS)技术经验交流研讨会	12月15日 / 武汉	60余名代表