

# 目 录

一、2016年全国电力工业基本情况.....	1
二、2016年火电100MW、水电40MW及以上容量机组和核电机组运行 可靠性分析.....	5
三、2016年200MW及以上容量火电机组主要辅助设备运行可靠性分析.....	44
四、2016年全国电网220kV及以上电压等级变压器、断路器、架空线路等13类 输变电设施运行可靠性分析.....	73
五、2016年全国直流输电系统可靠性分析.....	116
六、2016年全国用户供电可靠性分析.....	136
附表及附录	
附表1：2016年火电100MW及以上容量机组运行可靠性综合指标.....	151
附表2：2016年水电40MW及以上容量机组运行可靠性综合指标.....	156
附表3：2016年全国电网220kV及以上电压等级架空线路、变压器、电抗器、 断路器等13类输变电设施可靠性综合指标 .....	157
附表4：2016年全国点对点直流输电系统可靠性指标.....	162
附表5：2016年全国背靠背直流输电系统可靠性指标 .....	164
附表6：2016年全国各区域供电可靠性主要指标.....	165
附表7：2016年各区域故障停电原因分类 .....	166
附表8：2016年全国各区域预安排停电原因分类.....	167



## 一、2016年全国电力工业基本情况

2016年，全国电力消费增速同比提高，全年全社会用电量5.92万亿千瓦时、同比增长5.0%，比上年增加4.1个百分点。

截至2016年底，全国发电装机容量达到16.46亿千瓦，同比增长8.20%。其中全国火电装机容量10.54亿千瓦，占全部装机容量的64.04%；水电装机容量3.32亿千瓦，占全部装机容量的20.18%；全国核电装机3364万千瓦；全国风电装机1.49亿千瓦；并网太阳能发电装机容量达到7742万千瓦。2016年，我国非化石能源发电装机占全国总装机的36.7%，较2015年提高1.7个百分点；非化石能源发电量同比增长12.7%，占全年发电量的29.4%，较2015年提高了2个百分点。2016年，人均装机和年人均用电量分别达到1.2千瓦、4281千瓦时，约为世界平均水平的1.4倍。

全国220千伏及以上输电线路回路长度64.24万千米，220千伏及以上公用变电设备容量34.16亿千伏安，分别同比增长5.7%、8.3%

2016年，全国全口径发电量为5.99万亿千瓦时，同比增长5.2%。全国发电设备利用小时3785小时、同比降低203小时；全国火电机组供电标准煤耗降至312克/千瓦时，比上年降低3克/千瓦时。全国电网线路损失率6.47%，同比降低0.16个百分点。

### （一）发电机组基本情况

近五年，全国发电设备总装机容量、发电量及其增长情况见表1-1。

表1-1 近五年全国发电设备总装机容量及发电量情况

分类		统计年度				
		2012	2013	2014	2015	2016*
装机容量	总装机容量（兆瓦）	1141790	1251650	1364630	1521211	1645746
	装机净增容量（兆瓦）	79260	109860	112980	156581	124535
	比上年增长的比例（%）	7.46	9.62	9.03	11.47	8.19

2016 年度全国电力可靠性同业对标及趋势分析报告

分类		统计年度				
		2012	2013	2014	2015	2016*
装机容量构成	火电装机容量（兆瓦）	815540	864960	918190	1000499	1053880
	占总装机容量比例（%）	71.43	69.11	67.28	65.77	64.04
	火电净增容量（兆瓦）	47200	49420	53230	82309	53381
	比上年增长的比列（%）	6.14	6.06	6.15	8.96	5.34
	水电装机容量（兆瓦）	249450	279750	304440	319526	332114
	占总装机容量比例（%）	21.85	22.35	22.31	21.00	20.18
	水电净增容量（兆瓦）	16470	30300	24690	15086	12588
	比上年增长的比列（%）	7.07	12.15	8.83	4.96	3.94
	核电装机容量（兆瓦）	12570	14610	20080	27167	33644
	占总装机容量比例（%）	1.10	1.17	1.47	1.79	2.04
	核电净增容量（兆瓦）	0	2040	5470	7087	6477
	比上年增长的比列（%）	0	16.23	37.44	35.29	23.84
	风电装机容量（兆瓦）	60620	73610	96860	131302	148643
	占总装机容量比例（%）	5.31	5.88	7.10	8.63	9.03
	风电净增容量（兆瓦）	14390	12990	23250	31440	17341
	比上年增长的比列（%）	31.13	21.43	31.59	35.56	13.21
火电装机比例	火电100兆瓦及以上： 台数	1870	1889	1950	2033	2121
	装机容量（兆瓦）	671337	702369	739584	789683	835784
	占火电装机比例（%）	81.95	81.45	80.77	78.93	79.30
	火电200兆瓦及以上： 台数	1583	1585	1656	1732	1822
	装机容量（兆瓦）	627424	661884	700094	749197	795438
	占火电装机比例（%）	76.59	76.75	76.46	74.88	75.48
	火电300兆瓦及以上： 台数	1349	1372	1450	1534	1623
	装机容量（兆瓦）	579323	618073	657743	708506	754512
	占火电装机比例（%）	70.72	71.67	71.83	70.81	71.59

2016 年度全国电力可靠性同业对标及趋势分析报告

分类		统计年度				
		2012	2013	2014	2015	2016*
水电 装 机 比 例	水电40兆瓦及以上： 台数	957	1023	1099	1160	1215
	装机容量（兆瓦）	164377	190701	209614	219382	228908
	占水电装机比例（%）	66.04	68.10	69.45	68.66	68.93
	水电200兆瓦及以上： 台数	282	333	366	376	392
	装机容量（兆瓦）	109512	134915	151405	156938	163473
	占水电装机比例（%）	44.00	48.18	50.16	49.12	49.22
发 电 量	总发电量（亿千瓦时）	49733	53530	55725	56938	59897
	比上年增长比例（%）	5.33	7.63	4.10	2.18	5.20
发 电 量 构 成	火电发电量（亿千瓦时）	39142	42027	41955	41868	42886
	占总发电量比例（%）	78.70	78.51	75.29	73.53	71.60
	水电发电量（亿千瓦时）	8540	8906	10601	11117	11807
	占总发电量比例（%）	17.17	16.64	19.02	19.52	19.71
	核电发电量（亿千瓦时）	983	1115	1332	1714	2132
	占总发电量比例（%）	1.98	2.08	2.39	3.01	3.56

## （二）电网输变电设施基本情况

近五年，220千伏及以上电压等级的输电线路长度、变电设备容量情况见表1-2。

表1-2 近五年全国输电线路长度及变电设备容量情况

分类 \ 统计年度	2012	2013	2014	2015	2016*
220千伏及以上输电线路回路长度 (千米)	506553	543896	577142	607643	642389
其中：直流部分	16199	19988	24818	25429	28254
±800千伏	4574	6904	9966	10580	12300
±660千伏	1400	1400	1336	1336	1336
±500千伏	9174	10653	11875	11872	12977
±400千伏	1051	1031	1640	1640	1640
其中：交流部分	490354	523908	552325	582213	614135
1000千伏	641	1936	3111	3114	7366
750千伏	10032	12666	13881	15665	17478
500千伏	136850	146166	152107	157984	165992
330千伏	22517	24065	25146	26811	28336
220千伏	320316	339075	358080	378639	394962
220千伏及以上公用变设备容量 (万千伏安)	227658	264786	273581	315408	341564
1000千伏	1800	3900	5700	5700	10800
750千伏	5320	6500	8090	10850	12710
500千伏	82686	90112	99842	106857	114163
330千伏	7098	8575	8704	9364	9844
220千伏	130754	155699	151245	164254	172734

\* 部分数据摘自中电联规划与统计信息部 2015 年全国电力生产统计指标快报。

## 二、2016年火电100MW、水电40MW及以上容量机组和核电机组运行可靠性分析

### （一）2016年参与可靠性指标统计评价的发电机组装机容量构成

纳入2016年电力可靠性管理中心统计的发电机组（火电100MW及以上、水电40MW及以上和核电机组，本文所指均为此范围的统计口径）共计2866台，装机容量之和（以下简称“总装机容量”）为972893.56MW，分别比2015年增加126台和54756.56MW。2016年全国100MW及以上容量火电机组运行可靠性综合指标见附表1，40MW及以上容量水电机组运行可靠性综合指标见附表2。

#### 1、发电机组装机类型构成

2016年火电机组1904台（含152台燃气轮机组），装机容量之和（以下简称“火电总装机容量”）为755902.6MW，占总装机容量的77.7%；水电机组945台，装机容量之和（以下简称“水电总装机容量”）为202362.76MW，占总装机容量的20.8%；核电机组17台，装机容量之和为14628.2MW，占总装机容量的1.5%。发电机组装机类型构成见图2-1。

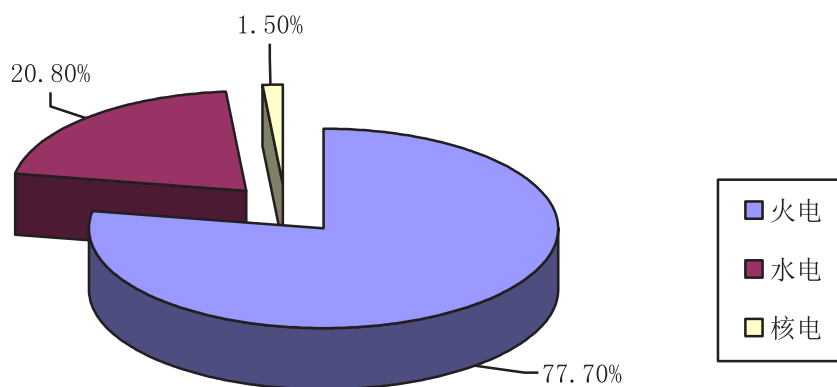


图2-1 2016年发电机组装机类型构成

#### 2、100MW及以上容量火电机组装机构成

火电机组中燃煤机组占绝大多数，共计1752台，总容量711287.92MW，占火电总装机容量的94.1%；燃气轮机组152台，总容量44614.68MW，占火

电总装机容量的5.9%。

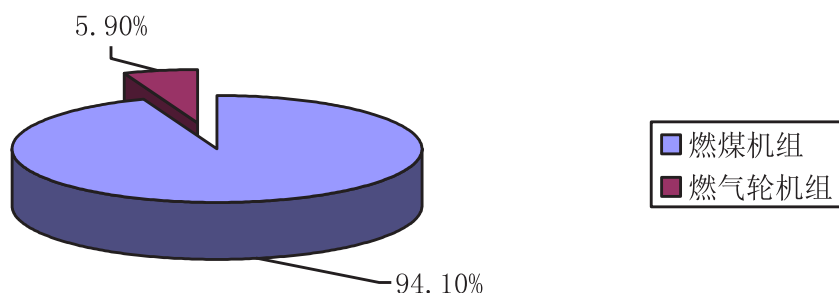


图2-2 100MW及以上容量燃煤机组成构成

### 3、100MW及以上容量燃煤机组装机容量构成

燃煤机组中，1000MW容量机组80台，总容量80542MW，占燃煤机组总装机容量的11.32%；600-699MW容量机组474台，总容量295366MW，占燃煤机组总装机容量的41.53%；300-399MW容量机组819台，总容量261392MW，占燃煤机组总装机容量的36.75%；200-299MW容量机组173台，总容量35640MW，占燃煤机组总装机容量的5.01%；100-199MW容量机组186台，总容量25157.92MW，占燃煤机组总装机容量的3.54%。300MW及以上容量机组所占比重进一步提高，占常规火电总装机容量的91.45%。燃煤机组装机容量构成见图2-3。

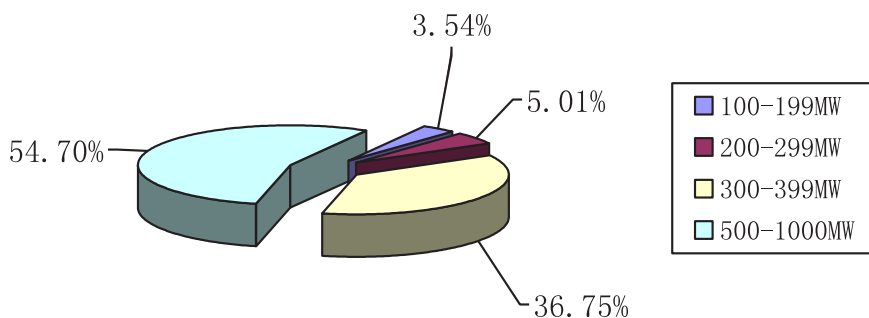


图2-3 100MW及以上容量燃煤机组装机容量构成

### 4、40MW及以上容量水电机组装机容量构成

水电机组中，轴流机组151台，总容量15957.64MW，占水电总装机容量的7.89%；混流机组709台，总容量165135.1MW，占水电总装机容量的81.6%；抽水蓄能机组85台，总容量21270.4MW，占水电总装机容量的



10.51%。水电机组装机容量见图2-4。

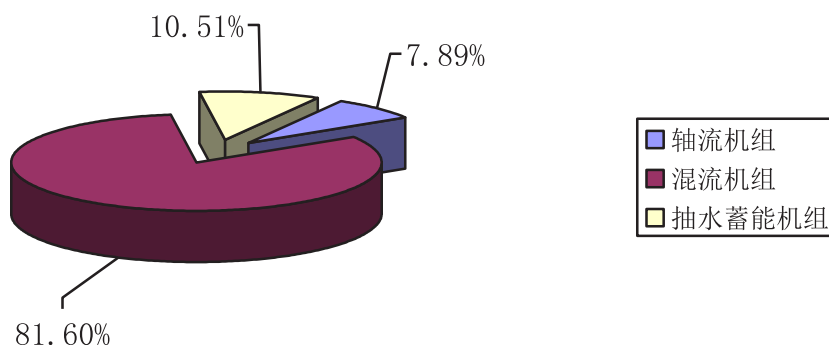


图2-4 40MW及以上容量水电机组装机容量构成

按单机容量分类，40-99MW机组378台，总容量22728.38MW，占水电总装机容量的11.23%；100-199MW机组205台，总容量28000.95MW，占水电总装机容量的13.84%；200-299MW机组113台，总容量26498.5MW，占水电总装机容量的13.09%；300-399MW机组104台，总容量32244.5MW，占水电总装机容量的15.93%；400MW及以上容量机组145台，总容量92889.9MW；占水电总装机容量的45.9%。水电机组装机容量见图2-5。

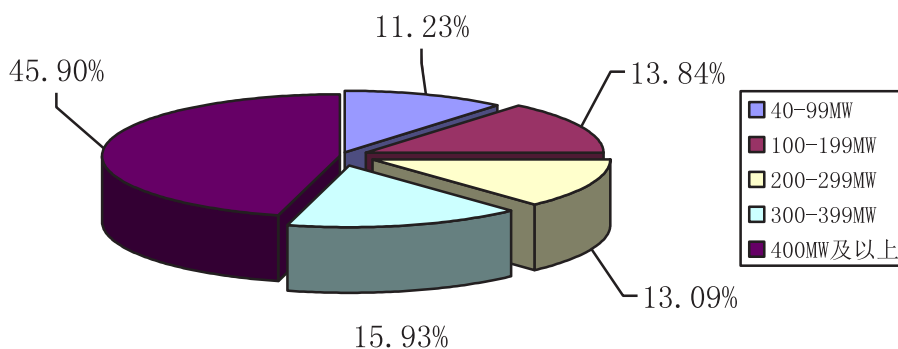


图2-5 按机组容量分类的水电机组装机容量构成

## 5、发电量构成

参与可靠性统计的火电100MW、水电40MW及以上容量和核电机组发电量（以下简称“总发电量”）共计38980.68亿千瓦时。其中火电机组发电量为30720.14亿千瓦时，占总发电量的78.81%；水电机组发电量为7130.15亿千瓦时，占总发电量的18.29%；核电机组发电量为1130.39亿千瓦时，占总发电量的2.9%。发电量构成见图2-6。

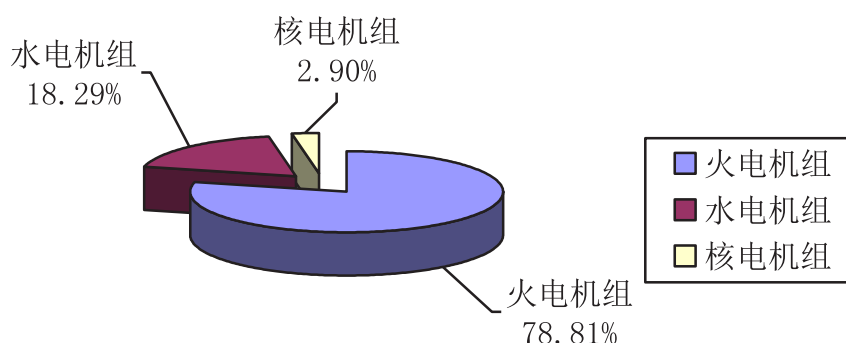


图2-6 发电量构成

## (二) 1000MW火电机组运行可靠性指标

2016年统计1000MW火电机组80台，均为燃煤机组，比2015年增加13台。2016年等效可用系数91.61%，比2015年上升了0.37个百分点。利用小时台年平均4852.6小时，比2015年减少124.41小时。发生强迫停运共26次，停运时间共870.98小时。

注：机组依据锅炉制造厂家划分为国产、进口机组，下同。

### 1、1000MW火电机组5年来的主要运行可靠性指标

表2-1 1000MW火电机组5年来的主要运行可靠性指标

年份	指标	统计台数 (台)	运行系数 (%)	等效可用系数 (%)	等效强迫停运率 (%)	非计划停运次数 (次/台年)
	1000 MW	2012	41	86.06	91.44	0.23
	2013	53	88.64	92.03	0.35	0.69
	2014	60	83.13	90.91	0.26	0.44
	2015	67	78.82	91.24	0.52	0.23
	2016	80	75.77	91.61	0.18	0.33

2、锅炉、汽机、发电机的等效非计划停运小时及其对整机等效可用系数的影响

表2-2 锅炉、汽机、发电机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家		统计台数(台)	等效非计划停运小时(小时/台年)		影响整机等效可用系数的百分点(%)	
			总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
1000MW						
锅炉	东方锅炉	34	5.21	0.00	0.06	0.00
	上海锅炉	29	18.34	4.97	0.21	0.06
	哈尔滨锅炉	13	0.55	0.17	0.01	0.00
	北京巴威	4	0.25	0.12	0.00	0.00
汽机	上海汽机	45	1.92	1.15	0.02	0.01
	东方汽机	25	2.02	1.63	0.02	0.02
	哈尔滨汽机	8	0.00	0.00	0.00	0.00
	北重电	2	0.16	0.16	0.00	0.00
发电机	上海电机	44	0.32	0.15	0.00	0.00
	东方电机	24	0.44	0.44	0.01	0.01
	哈尔滨电机	8	0.00	0.00	0.00	0.00
	北重电	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	日本1	1	0.00	0.00	0.00	0.00
	德国2	1	0.00	0.00	0.00	0.00

全国80台燃煤火电1000MW机组可靠性指标对标情况见下表。

表2-3 燃煤火电1000MW机组可靠性指标对标

指标 对标值	等效可用系数 (%) EAF	运行系数 (%) SF	出力系数 (%) OF	等效强迫 停运率(%) EFOR	非计划停运 次数UOT	非计划停运 小时UOH
最优值	100.00	100.00	87.82	0.00	0.00	0.00
第5%值	100.00	98.05	83.02	0.00	0.00	0.00
第25%值	99.94	85.19	77.41	0.00	0.00	0.00
第中位值	90.83	78.70	71.86	0.00	0.00	0.00
第75%值	86.61	69.67	68.76	0.06	1.00	0.70
第末位值	76.66	37.30	50.60	3.87	3.00	276.15
总平均值	91.61	75.77	72.70	0.18	0.33	11.31

### (三) 700-900MW火电机组运行可靠性指标

2016年统计900MW火电机组 2 台，800MW火电机组 2 台，700MW火电机组8台，均为燃煤机组。

#### 1、700-900MW火电机组主要运行可靠性指标

表2-4 700-900MW火电机组5年来的主要运行可靠性指标

分类	年份	指标	统计台数	运行系数	等效可用系数	等效强迫停运	非计划停运次数
			(台)	(%)	(%)	率 (%)	(次/台年)
900 MW	2012		2	81.89	88.75	0.23	0.50
	2013		2	81.82	87.91	0.22	3.00
	2014		2	69.82	82.29	0.00	0.00
	2015		2	73.12	89.11	0.00	0.00
	2016		2	74.99	87.78	0.06	0.50
800 MW	2012		2	59.43	94.67	0.06	0.5
	2013		2	52.40	99.96	0.07	0.00
	2014		2	82.29	94.06	0.71	2.44
	2015		2	70.95	94.06	0.79	2.07
	2016		2	48.78	98.52	0.26	1.00
700 MW	2012		8	84.24	93.66	0.79	0.88
	2013		8	79.76	88.17	0.07	0.75
	2014		8	84.82	94.06	0.47	0.50
	2015		8	79.75	88.29	0.73	0.50
	2016		8	74.70	88.55	0.38	0.75

2、锅炉、汽机、发电机的等效非计划停运小时及其对整机等效可用系数的影响

表2-5 锅炉、汽机、发电机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响整机等效可用系数的 百分点 (%)		
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素	
900MW						
锅炉	法国2	2	0.00	0.00	0.00	0.00
汽机	德国2	2	0.00	0.00	0.00	0.00

制造厂家		统计台数(台)	等效非计划停运小时(小时/台年)		影响整机等效可用系数的百分点(%)	
			总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
发电机	德国2	2	0.00	0.00	0.00	0.00
800MW						
锅炉	俄罗斯1	2	32.90	11.91	0.38	0.14
汽机	哈尔滨汽机	2	17.03	0.00	0.19	0.00
发电机	俄罗斯2	2	0.00	0.00	0.00	0.00
700MW						
锅炉	德国6	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	东方锅炉	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	上海锅炉	2	9.26	3.15	0.11	0.04
	日本2	2	51.33	51.33	0.59	0.59
汽机	美国6	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	东方汽机	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	日本2	2	16.06	15.30	0.18	0.17
	上海汽机	2	0.00	0.00	0.00	0.00
发电机	美国6	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	东方电机	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	上海电机	2	4.41	4.41	0.05	0.05
	美国5	2	16.29	16.29	0.19	0.19

#### (四) 600MW等级火电机组运行可靠性指标

2016年600MW等级火电机组统计474台，均为燃煤机组。其中国产444台，进口30台。

##### 1、600MW等级火电机组主要可靠性指标

表2-6 600MW等级火电机组近五年内主要可靠性指标

分类	年份	指标				
		统计台数(台)	运行系数(%)	等效可用系数(%)	等效强迫停运率(%)	非计划停运次数(次/台年)
600-699 MW	2012	392	82.10	92.79	0.38	0.65
	2013	415	81.88	91.17	0.45	0.64
	2014	429	78.09	92.42	0.43	0.43
	2015	442	72.55	92.35	0.42	0.40
	2016	474	69.08	91.86	0.23	0.37

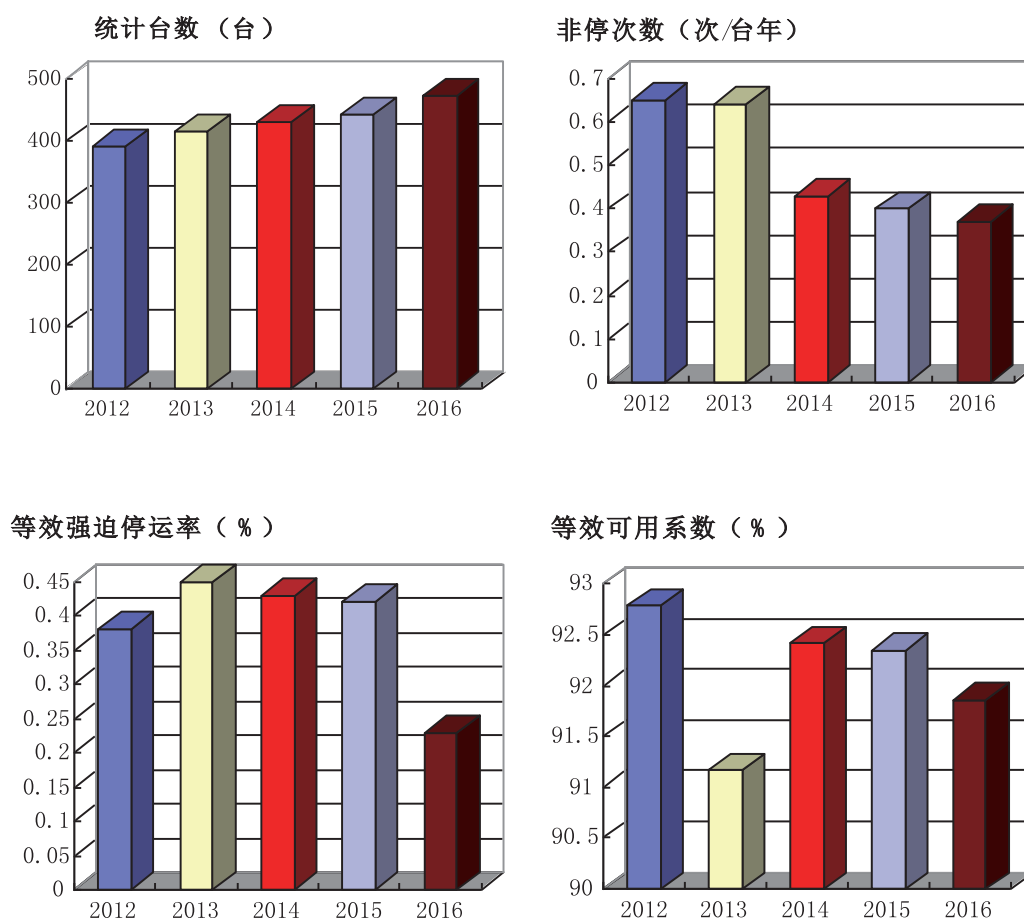


图2-7 600MW等级机组可靠性指标趋势

从图2-7可以看出：统计台数逐年增加，等效可用系数从2014年开始处于下降趋势，主要原因是台年计划停运时间有所上升，比2015年计划停运时间增加了55.93小时/台年；非计划停运次数和等效强迫停运率从2013年开始逐年下降。

600MW级机组按投运年份分类的机组平均等效可用系数可以从图2-8中看出，投运20年以上的机组有11台，由于备用时间的增加，平均等效可用系数达到了94.25%。近十年投运的机组达到了408台，占600MW级机组的86.08%，平均等效可用系数91.4%，低于全部600MW等级燃煤机组等效可用系数0.46个百分点。

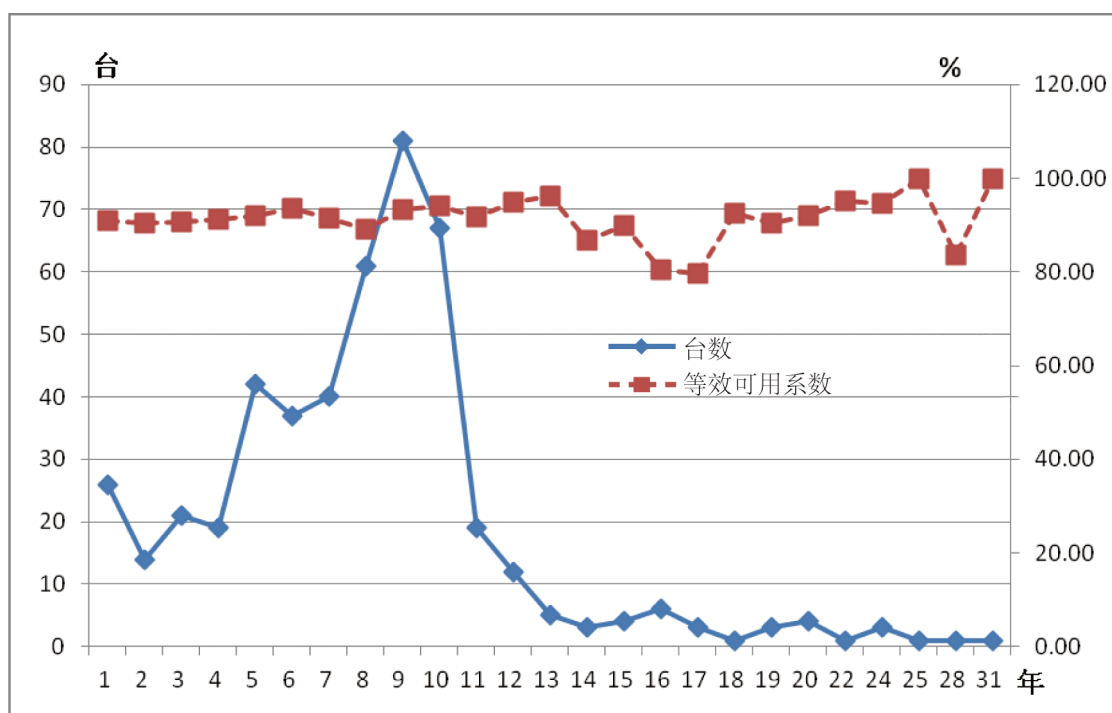


图2-8 2016年600MW等级机组按投运年份和台数分类的平均等效可用系数

2、锅炉、汽机、发电机的等效非计划停运小时及其对整机等效可用系数的影响

### (1) 600MW等级机组的锅炉

表2-7 600MW等级机组锅炉的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响整机等效可用系数的 百分点 (%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
哈尔滨锅炉	153	17.32	2.65	0.20	0.03
东方锅炉	129	13.00	5.67	0.15	0.06
上海锅炉	125	10.99	3.92	0.13	0.04
北京巴威	37	1.91	0.23	0.02	0.00
美国2	4	0.00	0.00	0.00	0.00
美国8	4	0.00	0.00	0.00	0.00
日本2	4	79.66	79.66	0.91	0.91
英国4	4	47.07	47.07	0.54	0.54

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响整机等效可用系数的 百分点 (%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
ABB意大利	3	0.00	0.00	0.00	0.00
日本4	3	0.79	0.00	0.01	0.00
美国	3	11.90	0.00	0.14	0.00
美国4	2	1.30	0.00	0.01	0.00
美国1	1	0.00	0.00	0.00	0.00
德国1	1	0.00	0.00	0.00	0.00
加拿大1	1	2.63	0.00	0.03	0.00

## (2) 600MW等级机组的汽机

表2-8 600MW等级机组汽机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响整机等效可用系数的 百分点 (%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
东方汽机	151	1.09	0.22	0.01	0.00
上海汽机	146	1.33	0.83	0.02	0.01
哈尔滨汽机	133	2.46	0.77	0.03	0.01
法国2	6	0.29	0.04	0.00	0.00
日本3	6	0.63	0.00	0.01	0.00
日本2	6	17.21	0.00	0.20	0.00
北重电	5	40.77	0.36	0.47	0.00
日本1	5	0.00	0.00	0.00	0.00
日本5	3	0.00	0.00	0.00	0.00
英国	3	46.10	10.74	0.53	0.12
英国2	2	0.00	0.00	0.00	0.00
德国2	2	0.00	0.00	0.00	0.00
北重机	2	4.13	0.00	0.05	0.00
美国5	2	0.00	0.00	0.00	0.00
瑞士1	2	4.54	4.54	0.05	0.05



## (3) 600MW等级机组的发电机

表2-9 600MW等级机组发电机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数(台)	等效非计划停运小时(小时/台年)		影响整机等效可用系数的百分点(%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
东方电机	146	1.51	1.38	0.02	0.02
上海电机	137	1.76	0.51	0.02	0.01
哈尔滨电机	135	0.42	0.42	0.00	0.00
北重电	9	0.00	0.00	0.00	0.00
日本3	6	0.00	0.00	0.00	0.00
德国2	6	0.00	0.00	0.00	0.00
日本2	6	0.00	0.00	0.00	0.00
日本1	5	3.12	3.12	0.04	0.04
东风电机厂	5	0.00	0.00	0.00	0.00
美国5	4	0.00	0.00	0.00	0.00
法国2	3	0.00	0.00	0.00	0.00
日本5	3	0.00	0.00	0.00	0.00
法国	3	0.00	0.00	0.00	0.00
英国2	2	0.00	0.00	0.00	0.00
上海通捷	2	5.22	0.00	0.06	0.00
瑞士1	2	0.00	0.00	0.00	0.00

全国474台燃煤火电600MW等级机组可靠性指标对标情况见下表。

表2-10 燃煤火电600MW等级机组可靠性指标对标

指标 对标值	等效可用系数(%) EAF	运行系数(%) SF	出力系数(%) OF	等效强迫停运率(%) EFOR	非计划停运次数UOT	非计划停运小时UOH
最优值	100.00	100.00	88.42	0.00	0.00	0.00
第5%值	100.00	95.04	80.50	0.00	0.00	0.00
第25%值	99.95	82.44	74.95	0.00	0.00	0.00
中位值	93.24	72.17	69.24	0.00	0.00	0.00
第75%值	86.89	58.66	64.47	0.05	0.00	0.00
末位值	54.03	0.00	0.00	17.58	8.00	1115.30
总平均值	91.86	69.08	69.51	0.23	0.37	16.93

## （五）500MW火电机组运行可靠性指标

2016年500MW机组8台，均为进口燃煤机组。

### 1、500MW火电机组主要可靠性指标

表2-11 500MW火电机组近五年内主要可靠性指标

分类	年份	指标	统计台数 (台)	运行系数 (%)	等效可用系数 (%)	等效强迫 停运率 (%)	非计划 停运次数 (次/台年)
500 MW	2012		8	83.98	93.14	0.11	0.87
	2013		8	83.08	88.93	0.44	1.01
	2014		8	78.72	90.03	0.10	0.38
	2015		8	76.43	95.60	0.33	0.52
	2016		8	65.32	92.09	0.58	0.76

2、锅炉、汽机、发电机的等效非计划停运小时及其对整机等效可用系数的影响

#### （1）500MW机组的锅炉

表2-12 500MW机组锅炉的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计 台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响整机等效可用系数的 百分点 (%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
捷克1	4	0.00	0.00	0.00	0.00
俄罗斯8	2	0.00	0.00	0.00	0.00
俄罗斯2	2	0.00	0.00	0.00	0.00

## (2) 500MW机组的汽机

表2-13 500MW机组气机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数(台)	等效非计划停运小时(小时/台年)		影响整机等效可用系数的百分点(%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
俄罗斯2	4	9.71	0.00	0.11	0.00
捷克2	4	19.35	19.35	0.22	0.22

## (3) 500MW机组的发电机

表2-14 500MW机组发电机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数(台)	等效非计划停运小时(小时/台年)		影响整机等效可用系数的百分点(%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
捷克2	4	37.99	0.00	0.43	0.00
俄罗斯2	4	0.00	0.00	0.00	0.00

## (六) 300MW等级火电机组运行可靠性指标

2016年300MW等级火电机组统计819台，国产燃煤机组752台，进口燃煤机组67台。

## 1、300MW等级火电机组近五年主要可靠性指标

表2-15 300MW等级火电机组近五年主要可靠性指标

分类	年份	指标				
		统计台数(台)	运行系数(%)	等效可用系数(%)	等效强迫停运率(%)	非计划停运次数(次/台年)
300 MW等级	2012	725	78.91	93.06	0.52	0.53
	2013	745	78.86	92.03	0.34	0.49
	2014	748	87.02	91.92	0.38	0.47
	2015	787	69.42	93.07	0.27	0.31
	2016	819	67.36	93.86	0.31	0.35

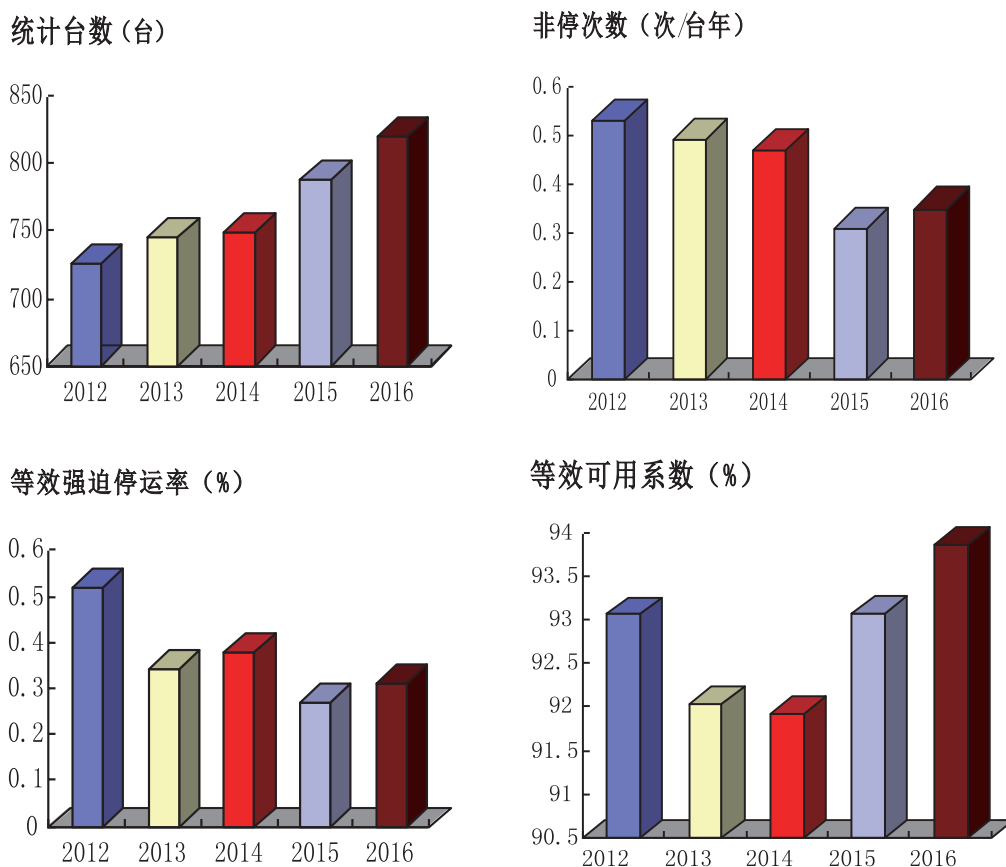


图2-10 300MW等级机组可靠性指标趋势

从上图可以看出，300MW等级机组的台数在逐年增加，非计划停运次数和等效强迫停运率总的趋势是在下降，但2016年比2015年均有所上升；2016年等效可用系数从2014年开始处于上升趋势，主要因素是计划停运时间从2014年开始在逐年减少，比2015年减少了73.97小时/台年。

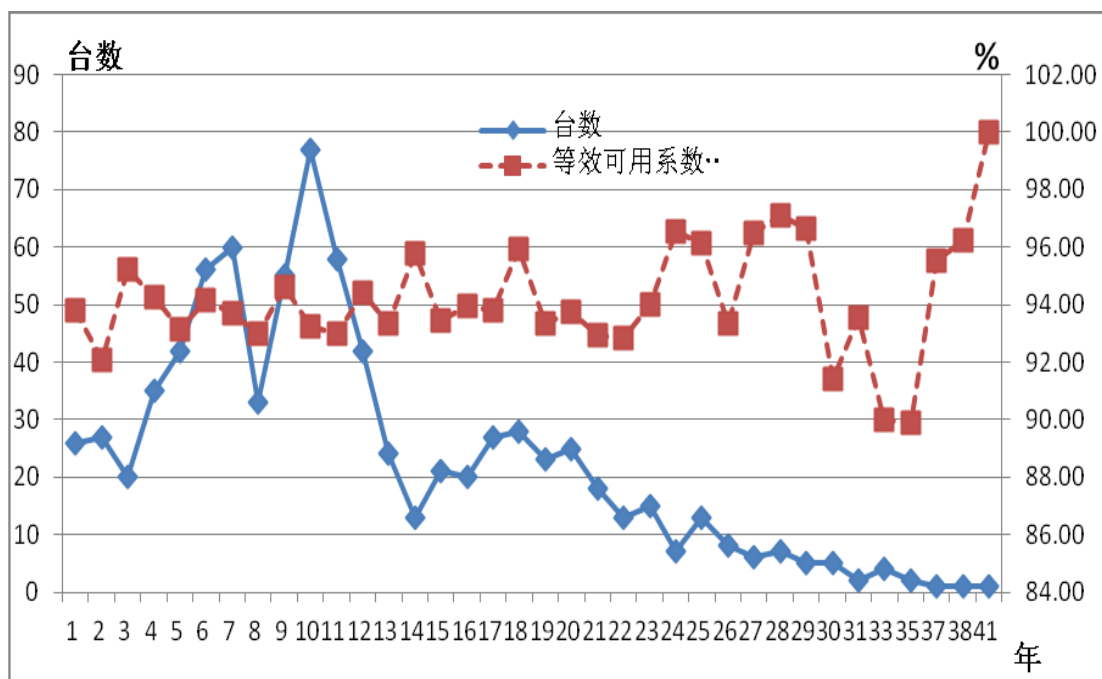


图2-11 2016年300MW等级机组按投运年份和台数分类的平均等效可用系数

300MW级机组按投运年份分类的机组平均等效可用系数可以从图2-11中看出，运行年份在30年以上的机组有16台，除去姚孟01号机组全年停备以外，其余机组平均等效可用系数为93.03%，低于300MW级燃煤机组93.86%的平均水平。近十年投产的300MW级燃煤机组占52.63%，机组等效可用系数均在92%以上，作为主力机型的300MW等级容量燃煤机组运行处于较为稳定的状态。

## 2、锅炉、汽机、发电机的等效非计划停运小时及其对整机等效可用系数的影响

### (1) 300MW等级机组的锅炉

表2-16 300MW等级机组锅炉的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响整机等效可用系数的 百分点 (%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
东方锅炉	219	21.68	6.41	0.25	0.07
哈尔滨锅炉	214	19.32	5.72	0.22	0.07
上海锅炉	206	12.05	4.29	0.14	0.05
武汉锅炉	57	10.09	3.36	0.12	0.04
北京巴威	54	13.99	2.63	0.16	0.03
美国2	14	44.78	0.00	0.51	0.00
日本2	10	34.58	7.33	0.39	0.08
英国4	7	5.28	5.28	0.06	0.06
法国1	6	0.00	0.00	0.00	0.00
加拿大1	4	2.25	2.25	0.03	0.03
俄罗斯1	4	0.00	0.00	0.00	0.00
德国6	4	8.16	1.92	0.09	0.02
四川	2	0.00	0.00	0.00	0.00
西班牙3	2	0.00	0.00	0.00	0.00
西班牙	2	0.00	0.00	0.00	0.00
美国	2	0.00	0.00	0.00	0.00
罗马尼亚	2	0.00	0.00	0.00	0.00
英国	2	0.00	0.00	0.00	0.00
意大利1	2	0.00	0.00	0.00	0.00
波兰1	2	0.00	0.00	0.00	0.00
日本4	2	51.82	0.00	0.59	0.00
比利时1	2	0.00	0.00	0.00	0.00

## (2) 300MW等级机组的汽机

表2-17 300MW等级机组汽机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响整机等效可用系数的 百分点 (%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
上海汽机	273	3.77	1.74	0.04	0.02
东方汽机	231	1.92	0.94	0.02	0.01
哈尔滨汽机	182	1.27	0.36	0.01	0.00
北重电	59	3.45	1.34	0.04	0.02
德国2	10	0.60	0.60	0.01	0.01
日本2	9	4.97	0.00	0.06	0.00
美国6	8	0.26	0.26	0.00	0.00
法国2	8	2.37	0.00	0.03	0.00
意大利2	6	0.00	0.00	0.00	0.00
美国5	6	0.35	0.00	0.00	0.00
日本1	6	0.00	0.00	0.00	0.00
GEC	4	0.00	0.00	0.00	0.00
瑞士1	2	0.00	0.00	0.00	0.00
英国2	2	0.00	0.00	0.00	0.00
俄罗斯2	2	0.00	0.00	0.00	0.00
俄罗斯3	2	0.00	0.00	0.00	0.00
德国7	2	7.26	4.57	0.08	0.05
日本3	2	1.35	0.00	0.02	0.00
罗马尼亚	2	0.00	0.00	0.00	0.00
北京巴威	1	0.00	0.00	0.00	0.00
北京电力设备	1	0.00	0.00	0.00	0.00
南京汽轮	1	2.91	2.13	0.03	0.02

## (3) 300MW等级机组的发电机

表2-18 300MW等级机组发电机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响整机等效可用系数的 百分点 (%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
上海电机	280	0.89	0.07	0.01	0.00
东方电机	221	0.43	0.30	0.00	0.00
哈尔滨电机	184	0.24	0.00	0.00	0.00
北重电	55	0.48	0.48	0.01	0.01
德国2	10	0.00	0.00	0.00	0.00
日本2	9	0.00	0.00	0.00	0.00
美国6	8	0.00	0.00	0.00	0.00
意大利2	6	0.00	0.00	0.00	0.00
济发设备	6	0.00	0.00	0.00	0.00
法国2	6	0.00	0.00	0.00	0.00
美国5	6	0.00	0.00	0.00	0.00
英国2	4	0.00	0.00	0.00	0.00
GEC	4	0.00	0.00	0.00	0.00
俄罗斯2	4	0.00	0.00	0.00	0.00
瑞士1	2	0.00	0.00	0.00	0.00
俄罗斯7	2	0.00	0.00	0.00	0.00
日本1	2	0.00	0.00	0.00	0.00
罗马尼亚	2	0.00	0.00	0.00	0.00
比利时2	2	0.00	0.00	0.00	0.00
德国7	2	0.21	0.21	0.00	0.00
日本3	2	0.00	0.00	0.00	0.00
意大利	1	0.00	0.00	0.00	0.00
东风电机厂	1	0.00	0.00	0.00	0.00



全国819台燃煤300MW等级机组可靠性指标对标情况见下表。

表2-19 燃煤火电300 MW等级机组可靠性指标对标

对标值 \ 指标	等效可用系数 (%) EAF	运行系数 (%) SF	出力系数 (%) OF	等效强迫停运率 (%) EFOR	非计划停运次数UOT	非计划停运小时UOH
最优值	100.00	100.00	88.51	0.00	0.00	0.00
第5%值	100.00	93.01	80.30	0.00	0.00	0.00
第25%值	99.98	81.62	74.50	0.00	0.00	0.00
中位值	95.08	70.74	69.86	0.00	0.00	0.00
第75%值	90.24	56.55	64.77	0.03	0.00	0.00
末位值	66.72	0.00	0.00	20.78	10.00	1121.32
总平均值	93.86	67.36	69.91	0.31	0.35	18.51

### (七) 200MW等级火电机组运行可靠性指标

2016年200MW火电机组统173台，均为燃煤机组，其中国产164台，进口9台。

#### 1、200MW等级火电机组近五年主要可靠性指标

表2-20 200MW火电机组近五年主要可靠性指标

分类	年份	指标				
		统计台数 (台)	运行系数 (%)	等效可用系数 (%)	等效强迫停运率 (%)	非计划停运次数 (次/台年)
200 MW等级	2012	201	71.52	93.90	0.45	0.48
	2013	197	73.53	93.63	0.28	0.40
	2014	184	67.48	91.34	0.40	0.39
	2015	171	63.39	92.51	0.17	0.27
	2016	174	61.67	94.32	0.17	0.20

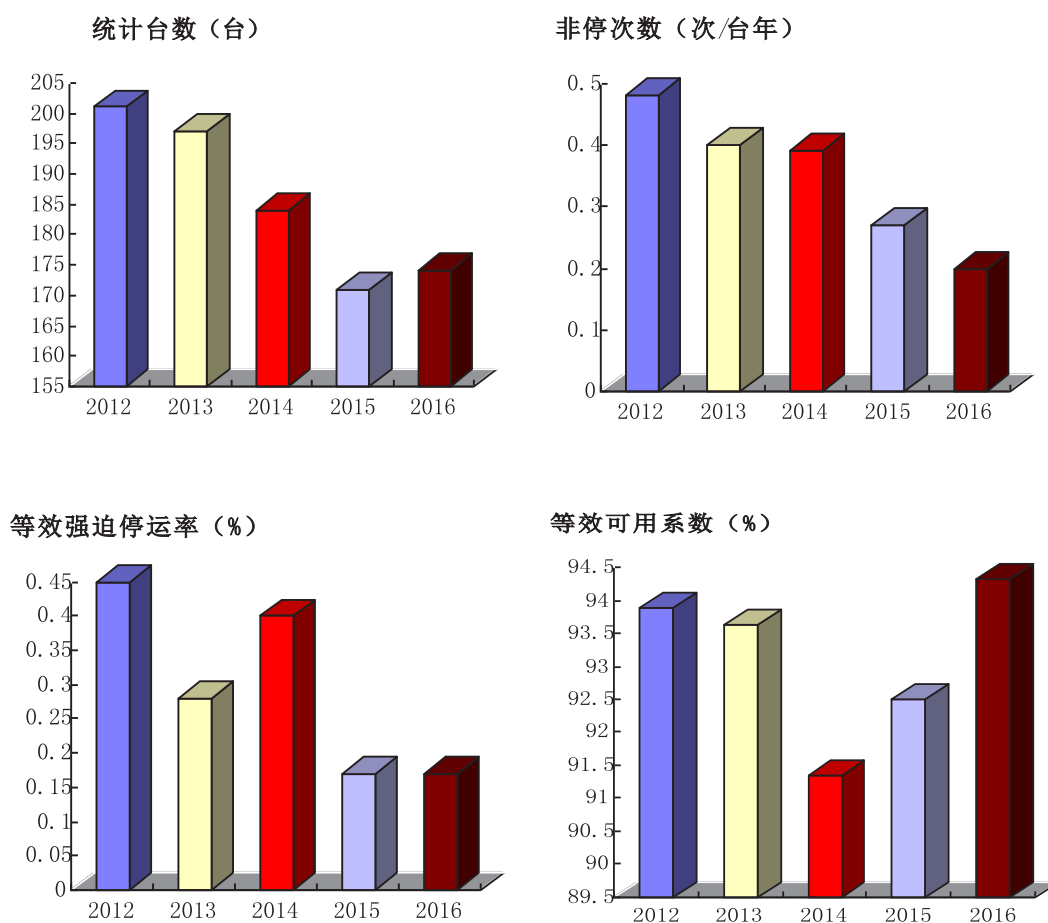


图2-9 200MW等级机组可靠性指标趋势

从上图中可以看出，200MW等级机组台数总体是呈减少的趋势，非计划停运次数呈下降趋势，2016年平均等效可用系数高于燃煤机组平均值1.55个百分点。

## 2、锅炉、汽机、发电机的等效非计划停运小时及其对整机等效可用系数的影响

### (1) 200MW等级机组的锅炉

表2-21 200MW等级机组锅炉的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响整机等效可用系数的 百分点 (%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
哈尔滨锅炉	59	3.95	0.46	0.05	0.01
东方锅炉	53	3.71	1.74	0.04	0.02
武汉锅炉	30	4.22	3.15	0.05	0.04
无锡锅炉	7	45.61	0.00	0.52	0.00
上海锅炉	6	2.95	0.40	0.03	0.00
北京巴威	5	0.00	0.00	0.00	0.00
俄罗斯1	4	0.00	0.00	0.00	0.00
四川	4	0.00	0.00	0.00	0.00
日本1	2	0.00	0.00	0.00	0.00
德国6	2	11.59	0.00	0.13	0.00
俄罗斯5	1	0.00	0.00	0.00	0.00

### (2) 200MW等级机组的汽机

表2-22 200MW等级机组汽机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响整机等效可用系数的 百分点 (%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
哈尔滨汽机	90	2.31	0.20	0.03	0.00
东方汽机	47	0.14	0.14	0.00	0.00
北重电	24	2.86	0.00	0.03	0.00
俄罗斯2	4	0.00	0.00	0.00	0.00
上海汽机	2	0.00	0.00	0.00	0.00
俄罗斯9	2	0.00	0.00	0.00	0.00
GEC	2	11.06	0.00	0.13	0.00
日本1	2	0.00	0.00	0.00	0.00

## (3) 200MW等级机组的发电机

表2-23 200MW等级机组发电机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响整机等效可用系数的 百分点(%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
哈尔滨电机	82	0.89	0.00	0.01	0.00
东方电机	41	0.07	0.00	0.00	0.00
北重电	23	0.00	0.00	0.00	0.00
济发设备	7	0.00	0.00	0.00	0.00
山电设备	4	0.00	0.00	0.00	0.00
日本1	4	0.00	0.00	0.00	0.00
俄罗斯2	3	0.00	0.00	0.00	0.00
俄罗斯9	2	0.00	0.00	0.00	0.00
上海电机	2	0.00	0.00	0.00	0.00
GEC	2	0.00	0.00	0.00	0.00
生建电机	2	0.00	0.00	0.00	0.00
前苏联	1	0.00	0.00	0.00	0.00

## (八) 超临界及以上机组运行可靠性指标

2016年纳入可靠性统计的超临及超超临界燃煤机组共454台，其运行可靠性主要综合指标见表2-24。

表2-24 近五年纳入可靠性统计的超临界及以上机组运行可靠性指标

容量 分类	统计 年份	统计台数 (台)	利用小时 (小时/台年)	非计划停运 次数 (次/台年)	非计划停运小时 (小时/台年)	等效可用 系数(%)
全部	2016	454	4406.45	0.34	16.96	91.50
	2015	415	4564.89	0.38	28.49	91.88
	2014	379	5009.54	0.51	36.92	91.98
	2013	354	5405.60	0.67	41.92	91.44
	2012	310	5320.98	0.78	48.71	92.41

### (九) 100MW及以上容量燃气轮机组运行可靠性指标

纳入2016年可靠性统计的100MW及以上燃气轮机组共152台，总容量44614.68MW。燃气轮机组近五年的可靠性主要指标见表2-25。

表2-25 燃气轮机组近五年的可靠性主要指标

统计年度	统计台数 (台)	运行系数 (%)	等效可用系数 (%)	等效强迫停运率 (%)	非计划停运次数 (次/台年)
2016	152	44.65	92.3	1.63	0.39
2015	145	45.89	92.82	0.49	0.37
2014	112	46.41	92.60	0.08	0.26
2013	94	47.72	92.54	0.14	0.44
2012	84	48.61	91.18	0.25	0.53

### (十) 100MW及以上容量火电机组备用时间分析

表2-26 按区域电网分类的火电机组备用时间

区域电网	*2012年备用 (小时/台年)	*2013年备用 (小时/台年)	*2014年备用 (小时/台年)	*2015年备用 (小时/台年)	*2016年备用 (小时/台年)
华北电网	961.38	948.53	1014.8	1482.58	1768.24
东北电网	1995.12	1997.73	1890.77	2145.91	2169.27
华东电网	716.21	564.21	1050.12	1508.57	1567.3
华中电网	1832.94	1498.93	1917.86	2579.75	2732.66
西北电网	973.44	821	1019.24	1666.37	1994.36
南方电网	1038.57	901.08	1587.55	2447.62	3075.04
全国	1132.70	1002.12	1321.65	1867.55	2115.88

\*注：2003年以后按新划分的区域电网公司分类，华北电网包含山东，华东电网包含福建，华中电网包含四川、重庆，南方电网包含海南。

- 各大区域备用时间总体上有不同程度的增长

各区域燃煤机组备用时间则均有不同幅度的增长。特别是南方区域连续两年备用时间增长最大，比2015年增长627.42小时。全国平均备用时间也比2015年增加了248.33小时。

- 各区域电网之间备用时间差距较大

华东电网机组备用时间2016年最少，为1567.3小时，南方电网备用时间为最长3075.04小时，华中其次2732.66小时。

- 全国电力供需持续降低

2016年全国燃煤机组台年平均备用小时为2115.88小时，比2015年增加248.32小时，且各区域备用小时均在1500小时以上，已经连续三年备用小时超过1000小时，2016年备用时间的继续增加，说明电力供需仍在走低，经济增长仍然放缓。

表2-27 各省（市、区）电网火电机组备用及运行时间

电网分类	统计台数 (台)	平均容量 (MW/台)	利用小时 (小时/台年)	运行小时 (小时/台年)	备用小时 (小时/台年)
华北区	532	349.57	4713.63	6453.93	1768.24
北京市	4	192.5	4346.69	5531.68	2556
河北省	96	346.35	5138.54	7217.79	1102.73
山西省	123	342.37	3981.29	5454.83	2613.1
内蒙区	157	352.93	4457.65	6385.87	1924.95
天津市	24	400.17	4617.96	6503.89	1829.49
山东省	128	350.2	5453.94	6924.67	1233.69
东北区	165	333.24	3926.88	6127.96	2169.27
辽宁省	63	381.43	4244.26	6596.13	1686.7
吉林省	50	300.9	3336.58	5585.55	2857.04
黑龙江省	52	305.96	4003.97	5925.53	2254.04
华东区	342	524.62	4614.08	6368.03	1567.3
江苏省	126	495.95	5268.81	6818.45	1244.03
浙江省	72	571.75	4664.17	6598	1378.19
安徽	74	533.92	4365.57	6229	1476.82
上海	27	531.48	4351.98	6329.43	1573.61
福建	43	509.4	3288.1	4937.5	2998.12
华中区	273	439.65	3649.77	5346.65	2732.66
河南省	106	436.04	4018.64	5956.05	1982.59
湖北省	45	452.22	4047.85	5400.36	2764.36

电网分类	统计台数 (台)	平均容量 (MW/台)	利用小时 (小时/台年)	运行小时 (小时/台年)	备用小时 (小时/台年)
湖南省	37	450.41	3146.97	4676.88	3591.96
江西省	32	498.13	4436.09	6437.15	1540.51
四川省	33	364.24	1849.75	3009.95	5181.28
重庆市	20	441.5	2875.47	4631.7	3635.5
西北区	208	351.56	4289.34	6203.57	1994.36
陕西省	61	402.13	4766.74	6559.76	1460.97
甘肃省	50	317.5	3398.01	5137.45	3053.33
青海省	3	316.67	5643.88	6908.38	1158.84
宁夏省	36	415.28	5200.58	7263.63	1017.24
新疆区	58	290	3540.02	5700.26	2696.16
南方区	232	421.39	3429.81	5183.94	3075.04
广东省	109	463.64	3841.91	5770.67	2441.45
广西区	21	436.67	2741.83	5029.13	3199.84
云南省	30	373.33	1243.35	1911.03	6760.7
贵州省	62	384.19	3634.3	5278.76	2942.36
海南	10	303.6	5256.19	7403.29	475.05
全部	1752	405.99	4226.79	6018.65	2115.88

### (十一) 2015年新投产机组在2016年的运行可靠性指标

2015年投产机组纳入2016年可靠性指标统计的燃煤机组共64台，总容量为38280MW。近五年火电机组投产后第一年运行可靠性指标见表2-28。

表2-28 近五年火电机组投产后第一年运行可靠性指标

指标	年份	2012	2013	2014	2015	2016
	投产年份(年)		2011	2012	2013	2014
统计台数(台)		102	64	44	93	64
平均容量(MW)		505.42	526.76	552.05	540.86	598.13
运行系数(%)		78.53	79.79	78.43	71.87	67.61
等效可用系数(%)		91.40	93.01	93.07	92.2	92.02
等效强迫停运率(%)		1.69	1.45	1.28	0.86	0.48
非计划停运次数(次/台年)		1.06	1.23	1.50	0.72	1.2

2015年投产火电机组在2016年的等效可用系数为92.02%，比2015年下降了0.18%，低于燃煤机组平均等效可用系数；等效强迫停运率为0.48%，比2015年下降0.38%；非计划停运次数为1.2次/台年，比2015年上升了0.48次/台年。

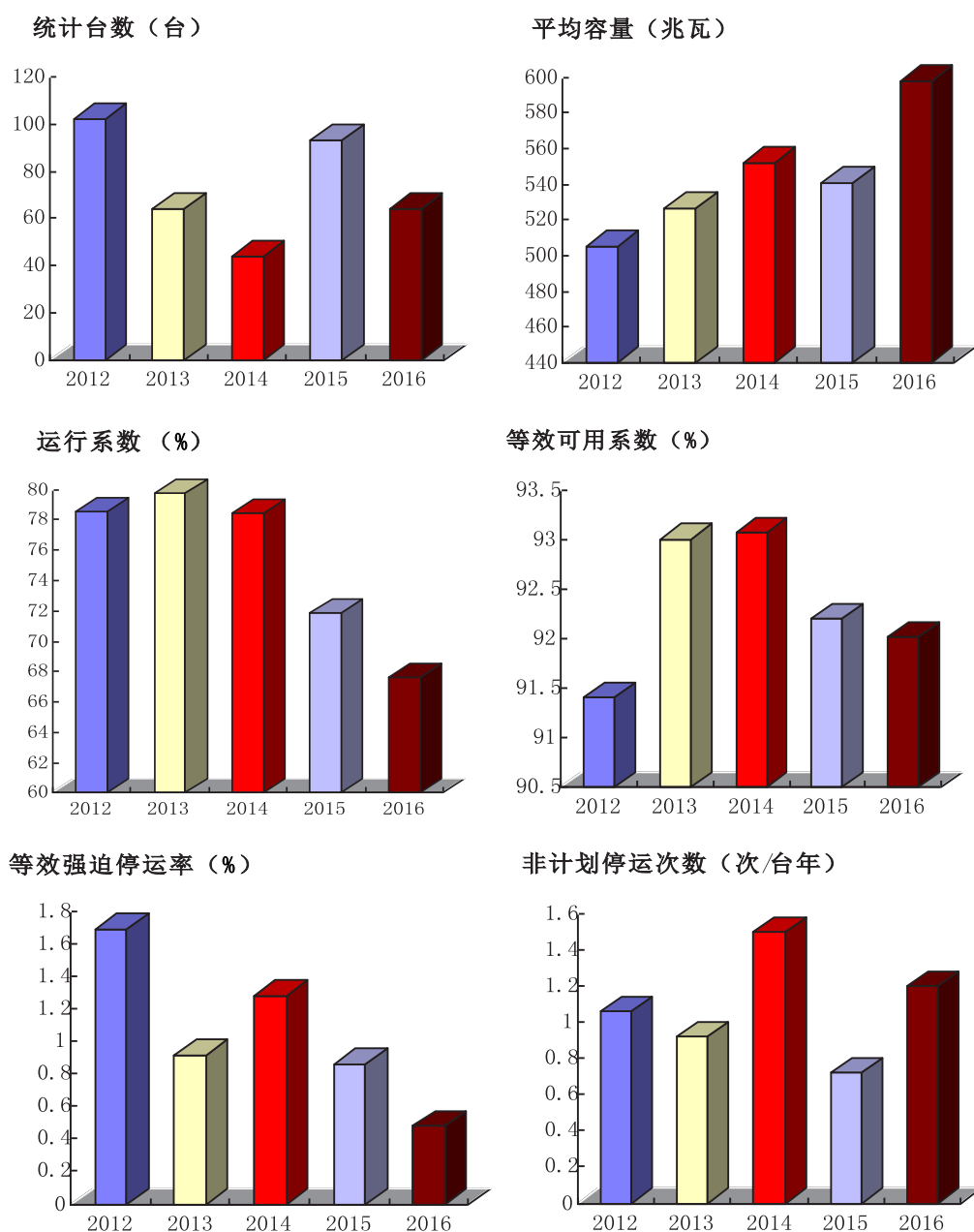


图2-10 新投产机组投产后第一年可靠性指标趋势



## （十二）非计划停运

2016年燃煤机组（1752台）共发生非计划停运605次，非计划停运总时间为34983.32小时，台年平均分别为0.35次和17.72小时，较2015年台年平均停运次数增加0.01次，台年平均停运时间减少6.72小时。其中持续时间超过300小时的非计划停运共20次，非计划停运时间8693.76小时，占全部燃煤机组非计划停运总时间的24.85%。

前三类非计划停运即强迫停运发生564次，强迫停运总时间29511.49小时，占全部燃煤机组非计划停运总时间的84.36%。强迫停运台年平均分别为0.33次和15.01小时。

三大主设备中，锅炉引起的非计划停运台年平均为0.1次和8.84小时，占全部燃煤机组非计划停运总时间的44.37%。锅炉、汽轮机、发电机三大主设备引发的非计划停运占到了全部燃煤机组非计划停运总时间的58.96%。表2-29给出了三大主设备引发非计划停运的比重。

表2-29 三大主设备引发非计划停运的比重

序号	主设备	停运次数（次/台年）	停运时间（小时/台年）	*百分比
1	锅炉	0.1	8.84	44.37
2	汽轮机	0.04	2.19	10.99
3	发电机	0.02	0.72	3.6

\*百分比：占机组非计划停运时间的百分比。

发生非计划停运的责任原因中产品质量不良为第一位，台年平均为0.1次和5.7小时。前三位主要责任原因占全部燃煤机组非计划停运总时间的58.32%。

表2-30 非计划停运的前三位责任原因

序号	责任原因	停运次数（次/台年）	停运时间（小时/台年）	*百分比
1	产品质量不良	0.1	5.7	28.62
2	检修质量不良	0.04	3.08	15.48
3	施工安装不良	0.04	2.83	14.22

\*百分比：占机组非计划停运时间的百分比。

从表2-31可以看出，2016年按照燃煤机组非计划停运事件持续时间的长短，划分为五个等级来看，停运次数最多的是小于10小时的非计划停运事件，占40.5%，其次在10-100小时的区间内，占机组总非停次数的39.67%。

表2-31 非计划停运事件按持续时间划分表

类别	火电机组非计划停运时间 (小时)	停运总次数 (次)	占停运次数百分比 (%)
1级	<10	245	40.50
2级	10-100	240	39.67
3级	100-500	116	19.17
4级	500-1000	4	0.66
5级	1000	0	0
备注	各分级数值范围中，下限值包含，上限值为不包含		

### (十三) 按地区分类的100MW及以上容量火电机组运行可靠性指标

2016年各地区100MW及以上容量火电机组运行可靠性指标见下表。

表2-31 2016年各地区100MW及以上容量火电机组运行可靠性指标

地区	统计台数 (台)	平均 容量 (MW/台)	每千瓦装机 发电量 MWh/kW	运行 系数 (%)	等效可用系数 (%)	非计划停运次数 (次/台年)
华北	532	349.57	4.71	73.68	93.83	0.33
东北	165	333.24	3.93	69.95	94.57	0.27
华东	342	524.62	4.61	72.69	90.50	0.30
华中	273	439.65	3.65	61.03	92.09	0.21
西北	208	351.56	4.29	70.82	93.51	0.57
南方	232	421.39	3.43	59.00	94.13	0.49
全部	1752	405.99	4.23	68.68	92.77	0.35

注：本表不包括燃气轮机组。

## (十四) 40MW及以上容量水电机组运行可靠性指标

## 1、40MW及以上容量水电机组近五年运行可靠性指标。

表2-32 40MW及以上容量水电机组近五年运行可靠性指标

指标 \ 统计年度	2012	2013	2014	2015	2016
统计台数 (台)	718	758	827	885	945
平均容量 (MW/台)	191.33	199.73	213.86	218.62	214.14
运行系数 (%)	50.71	48.62	51.74	51.80	54.19
等效可用系数 (%)	92.47	91.71	92.60	92.05	92.44
等效强迫停运率 (%)	0.07	0.13	0.11	0.08	0.09
非计划停运次数 (次/台年)	0.34	0.37	0.30	0.27	0.26
强迫停运次数 (次/台年)	0.21	0.28	0.22	0.19	0.22
强迫停运时间 (小时/台年)	2.96	6.84	4.87	3.41	4.09

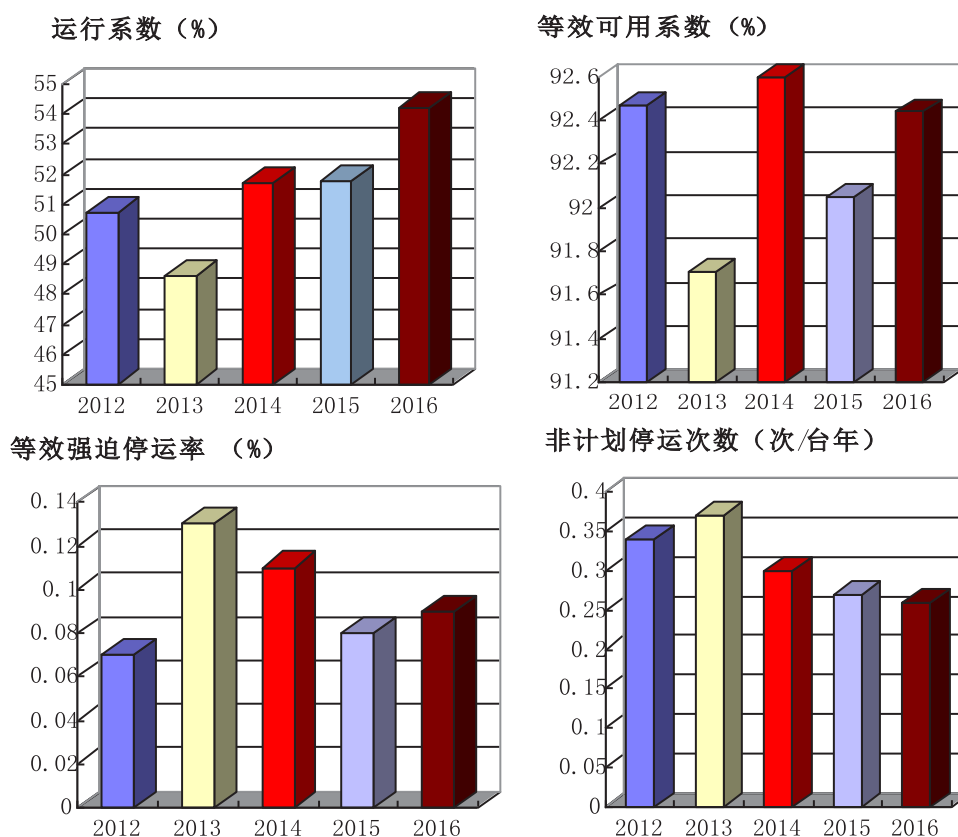


图2-11 40MW及以上水电机组可靠性指标趋势

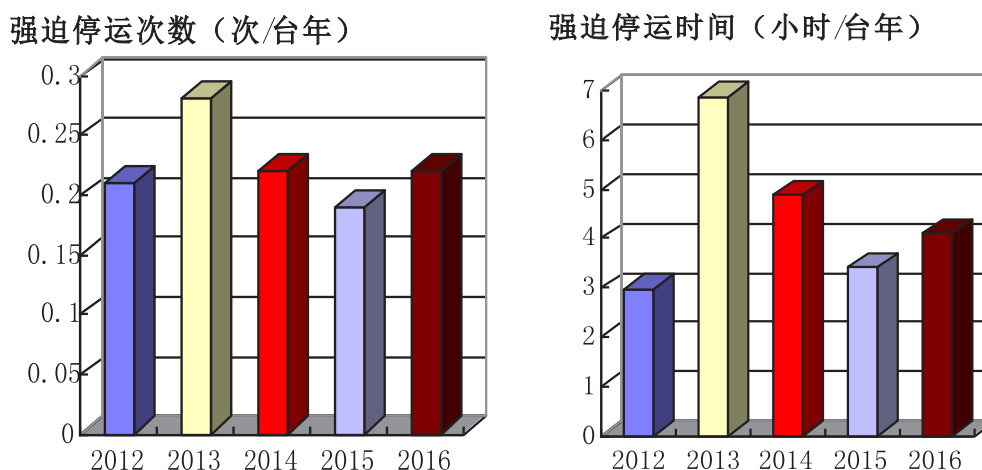


图2-12 近五年水电机组强迫停运次数和时间趋势

从上图及表中可以看出，2016年水电机组的等效可用系数与2015年相比有所上升，上升幅度为0.39%，非计划停运次数则略有下降。

“十二五”期间，40MW及以上各容量水电机组的运行系数、等效可用系数、等效强迫停运率以及非计划停运次数的平均值分别是49.19%、92.34%、0.13%以及0.42次/台年。与之相比，2016年水电机组的运行系数上升了5%、等效可用系数上升了0.1%、等效强迫停运率下降了0.04%，非计划停运次数下降幅度较大，达到了0.16次/台年。

## 2、2016年40MW及以上各容量水电机组运行可靠性指标

表2-33 2016年40MW及以上各容量水电机组运行可靠性指标

分类	指标	统计台数 (台)	运行系数 (%)	等效可用系数 (%)	等效强迫停运率 (%)	非计划停运次数 (次/台年)
水电轴流机组		151	64.19	93.14	0.02	0.13
	40-99MW	68	51.1	91.19	0.03	0.25
	100-199MW	74	67.58	94.12	0.02	0.03
	200-299MW	9	74.5	92.14	0	0
水电混流机组		709	55.47	92.76	0.08	0.07
	40-99MW	301	56.39	93.01	0.11	0.05
	100-199MW	125	47.14	93.49	0.37	0.12
	200-299MW	84	50.66	91.17	0.01	0.06
	300-699MW	123	58.53	90.7	0.07	0.09

2016 年度全国电力可靠性同业对标及趋势分析报告

分类	指标	统计台数 (台)	运行系数 (%)	等效可用系 数 (%)	等效强迫停运 率 (%)	非计划停运次数 (次/台年)
	700-750MW	76	56.36	95.23	0.02	0.04
	抽水蓄能机组	85	37.02	89.45	0.29	2.08
	40-99MW	9	43.61	86.86	0.44	2.99
	100-199MW	6	30.43	84.94	0.16	1.50
	200-299MW	20	40.72	88.85	0.27	1.65
	300MW及以上	50	35.98	90.01	0.30	2.15
	全部	945	54.19	92.44	0.09	0.26

3、近五年40MW及以上水电机组运行可靠性指标

表2-34 近五年40MW及以上水电机组运行可靠性指标

分类	年份	统计 台数	运行系数 (%)	等效可用系数 (%)	等效强迫停运率 (%)	非计划停运次数 (次/台年)
轴流机组	2012	136	51.72	92.18	0.05	0.26
	2013	140	58.58	92.66	0.19	0.19
	2014	140	61.68	93.35	0.02	0.13
	2015	144	64.01	92.75	0.00	0.11
	2016	151	64.19	93.14	0.02	0.13
混流机组	2012	510	42.46	92.93	0.05	0.12
	2013	537	52.99	91.62	0.10	0.14
	2014	602	55.49	92.85	0.07	0.09
	2015	656	54.57	92.38	0.06	0.09
	2016	709	55.47	92.76	0.08	0.07
抽水蓄能 机组	2012	72	14.99	90.01	0.62	2.04
	2013	81	16.30	91.57	0.53	2.20
	2014	85	20.27	90.50	0.89	2.05
	2015	85	22.83	89.18	0.43	1.98
	2016	85	37.02	89.45	0.29	2.08
全部	2012	718	39.79	92.47	0.07	0.34
	2013	758	48.62	91.71	0.13	0.37
	2014	827	51.74	92.60	0.11	0.30
	2015	885	51.80	92.05	0.08	0.27
	2016	945	54.19	92.44	0.09	0.26

## 4、近五年40MW及以上各容量等级水电机组运行可靠性指标

表2-35 40MW及以上各容量等级水电机组近五年运行可靠性指标

机组型式	指标分类	年份	统计台数	运行系数 (%)	等效可用系数 (%)	等效强迫停运率 (%)	非计划停运次数 (次/台年)
轴流机组	40-99MW	2012	65	44.88	92.57	0.09	0.43
		2013	68	53.33	93.13	0.66	0.27
		2014	67	50.28	92.59	0.09	0.24
		2015	69	51.17	91.63	0.01	0.21
		2016	68	51.1	91.19	0.03	0.25
	100-199MW	2012	63	54.81	91.94	0.01	0.08
		2013	63	62.24	92.54	0.03	0.10
		2014	64	68.26	93.28	0.00	0.02
		2015	66	69.32	94.06	0.00	0.02
		2016	74	67.58	94.12	0.02	0.03
	200-299MW	2012	7	61.09	91.55	0.00	0.28
		2013	7	58.15	91.81	0.01	0.29
		2014	7	62.10	92.39	0.00	0.14
		2015	7	68.15	91.17	0.00	0.00
		2016	9	74.5	92.14	0	0
混流机组	40-99MW	2012	220	39.26	92.77	0.00	0.06
		2013	224	54.65	92.19	0.01	0.05
		2014	246	55.22	94.56	0.06	0.06
		2015	267	55.29	92.93	0.00	0.06
		2016	301	56.39	93.01	0.11	0.05
	100-199MW	2012	104	37.27	91.68	0.01	0.15
		2013	107	46.78	91.82	0.04	0.08
		2014	108	43.89	92.77	0.02	0.07
		2015	114	46.06	92.92	0.04	0.11
		2016	125	47.14	93.49	0.37	0.12
	200-299MW	2012	64	40.05	94.18	0.21	0.17
		2013	70	45.88	92.78	0.21	0.29
		2014	76	53.27	91.76	0.01	0.11
		2015	82	51.06	91.65	0.12	0.18
		2016	84	50.66	91.17	0.01	0.06
	300MW及以上	2012	122	44.89	92.95	0.03	0.15
		2013	136	55.57	91.20	0.10	0.25
		2014	172	57.79	92.96	0.09	0.13
		2015	193	56.37	92.35	0.07	0.07
		2016	199	57.48	92.89	0.05	0.07

2016 年度全国电力可靠性同业对标及趋势分析报告

机组型式	指标分类	年份	统计台数	运行系数 (%)	等效可用系数 (%)	等效强迫停运率 (%)	非计划停运次数 (次/台年)
抽水蓄能机组	40-99MW	2012	7	21.99	91.04	2.15	1.00
		2013	9	34.56	90.60	0.70	2.11
		2014	9	40.46	92.98	0.11	1.44
		2015	9	36.57	92.54	0.09	1.22
		2016	9	43.61	86.86	0.44	2.99
	100-199MW	2012	6	19.48	93.79	0.00	0.00
		2013	6	21.83	93.45	0.04	0.67
		2014	6	20.49	89.82	0.21	0.83
		2015	6	19.83	84.97	0.34	1.17
		2016	6	30.43	84.94	0.16	1.50
	200-299MW	2012	17	12.22	92.67	0.03	0.23
		2013	20	14.82	91.74	0.25	0.95
		2014	20	18.59	90.88	0.24	0.90
		2015	20	20.16	90.24	0.36	1.05
		2016	20	40.72	88.85	0.27	1.65
	300MW及以上	2012	42	15.30	88.85	0.74	3.23
		2013	46	15.70	91.42	0.65	2.96
		2014	50	20.02	90.33	1.19	2.76
		2015	50	23.34	88.96	0.47	2.58
		2016	50	35.98	90.01	0.30	2.15

2016年全国709台水电40MW级以上混流机组可靠性指标对标情况见下表。

表2-36 2016年水电40MW级以上混流机组可靠性指标对标

指标	最优值	第5%值	第25%值	中位值	第75%值	最末值	总平均值
等效可用系数	100.00	100.00	97.64	95.32	90.52	11.11	92.76
运行系数	100.00	91.53	66.81	52.64	41.36	1.40	55.47
出力系数	99.83	98.23	88.86	78.75	65.96	6.11	76.68
等效强迫停运率	0	0	0	0	0	28.3	0.08
非计划停运次数	0	0	0	0	0	3	0.07
非计划停运时间	0	0	0	0	0	1336.37	3.92

2016年全国151台水电40MW级以上轴流机组可靠性指标对标情况见下表。

表2-37 2016年水电40MW级以上轴流机组可靠性指标对标

指标	最优值	第5%值	第25%值	中位值	第75%值	最末值	总平均值
等效可用系数	100.00	100.00	96.87	94.73	91.07	62.80	93.14
运行系数	97.12	93.35	76.41	59.89	48.61	13.13	64.19
出力系数	99.13	97.32	90.36	78.60	69.71	44.50	81.01
等效强迫停运率	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.28	0.02
非计划停运次数	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4	0.13
非计划停运时间	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.43	1.07

2016年全国85台抽水蓄能机组可靠性指标对标情况见下表。

表2-38 2016年抽水蓄能机组可靠性指标对标

指标	最优值	第5%值	第25%值	中位值	第75%值	最末值	总平均值
等效可用系数	95.15	94.88	93.21	91.76	88.04	54.45	89.45
运行系数	91.15	52.59	42.48	37.96	31.11	14.30	37.02
出力系数	99.39	99.30	97.33	95.10	83.20	47.48	93.60
等效强迫停运率	0.00	0.00	0.00	0.15	0.39	2.45	0.29
非计划停运次数	0.00	0.00	1.00	2.00	3.00	11.00	2.08
非计划停运时间	0.00	0.00	0.07	5.75	15.42	87.8	11.33

### 5、新投产40MW及以上水电机组投产后第一年运行可靠性指标

2015年新投产水电机组纳入2016年可靠性指标统计的共44台，总容量为8475.72MW，2016年等效可用系数为94.26%。

表2-39 新投产40MW及以上水电机组投产后第一年运行可靠性指标

投产年	统计台数	平均容量 (MW)	运行系数 (%)	等效可用系数 (%)	等效强迫停运率 (%)	非计划停运次数 (次/台年)
2011*	39	233.21	49.96	90.43	0.16	0.33
2012*	39	353.85	64.30	91.04	0.32	0.94
2013*	69	404.55	58.34	93.91	0.18	0.38
2014*	48	329.44	57.07	91.91	0.29	0.10
2015*	44	192.63	55.28	94.26	0.04	0.16

\*对应指标为该年度新投产机组在下一年度的运行可靠性指标。



## 6、水电机组非计划停运

2016年水电机组（945台）共发生非计划停运247次，非计划停运总时间4632.55小时，台年平均分别为0.26次和4.48小时，较2015台年平均值降低了0.01次和0.6小时。其中持续时间超过300小时的非计划停运2次，非计划停运的总时间2190.59小时，占全部非计划停运总时间的47.29%。

前三类非计划停运即强迫停运共发生208次，总计4178.68小时，占全部非计划停运总时间的90.2%。强迫停运台年平均值为0.22次和4.09小时，比2015年分别减少了0.03次和0.52小时。

水电厂主设备中，水轮发电机引起的非计划停运台年平均次数和时间分别为0.02次和1.5小时，累计停运时间占非计划停运总时间的31.06%；水轮机引起的非计划停运台年平均次数和时间分别为0.02次和0.24小时，累计停运时间占非计划停运总时间的4.97%；变压器引起的非计划停运次数为3次，台年平均次数和时间分别为0.00次和0.02小时，累计停运时间占非计划停运总时间的0.41%，见表2-40。

表2-40 2016年主设备引发非计划停运的比重

序号	主设备	停运次数(次\台年)	停运时间(小时/台年)	*百分比(%)
1	水轮机	0.02	0.24	4.97
2	水轮发电机	0.02	1.50	31.06
3	变压器	0.00	0.02	0.41

\*百分比：占机组非计划停运时间的百分比。

发生非计划停运的责任原因中施工安装不良为第一位，台年平均次数和时间分别为0.01次和1.67小时，占非计划停运总时间的28.94%。外部原因尽管只引发了2次非计划停运，但是非计划停运时间却占非计划停运总时间的17.5%。表2-41为非计划停运的前三位责任原因。

表2-41 2016年非计划停运的前三位责任原因

序号	责任原因	停运次数(次\台年)	停运时间(小时\台年)	*百分比(%)
1	施工安装不良	0.01	1.67	28.94
2	产品质量不良	0.11	1.36	23.57
3	外部原因	0.00	1.01	17.50

\*百分比：占机组非计划停运时间的百分比。

### (十五) 水电700MW等级机组运行可靠性指标

#### 1、700MW等级水电机组运行可靠性指标

2016年统计700MW等级水电机组76台，均为混流机组，与2015年相同。2016年等效可用系数95.23%，比2015年上升了0.66个百分点；利用小时台年平均4306.18小时，比2015年增加了240.48小时；备用时间为3405.3小时，比2015年减少了177.02小时；计划停运时间为416.69小时，比2015年减少了58.35小时；非计划停运次数为0.04次/台年，非计划停运时间为0.94小时/台年，其中非停次数与2015年相同，但非计划停运时间却增加了0.69小时/台年。

700MW等级常规水电机组5年来的主要运行可靠性指标见表2-42，变化趋势图见图2-13。

表2-42 700MW等级常规水电机组5年来的主要运行可靠性指标

年份	指标	统计台数(台)	运行系数(%)	等效可用系数(%)	等效强迫停运率(%)	非计划停运次数(次/台年)
700 MW	2012	48	54.94	93.91	0.02	0.17
	2013	53	50.52	92.55	0.01	0.19
	2014	68	56.00	94.42	0.00	0.06
	2015	76	53.68	94.57	0.01	0.04
	2016	76	56.36	95.23	0.02	0.04

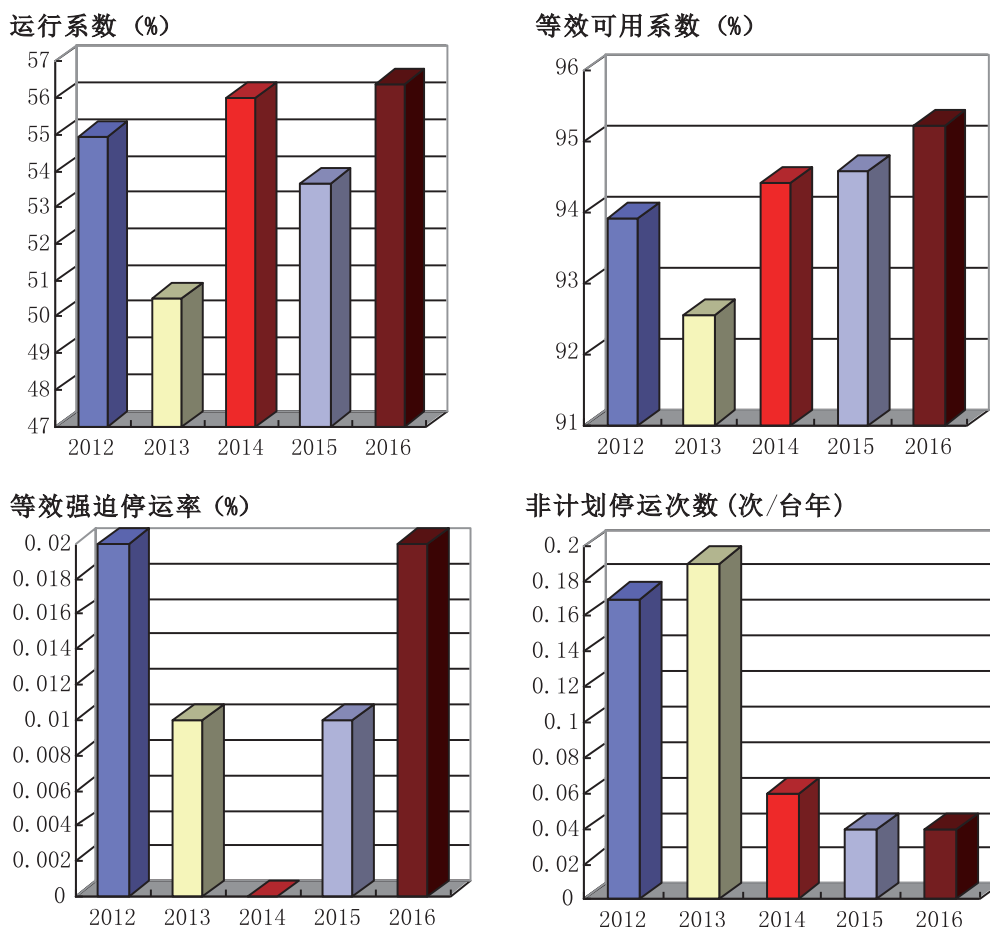


图2-13 700MW等级常规水电机组可靠性指标趋势

## 2、700MW等级常规水电机组非计划停运

2016年700MW等级常规水电机组共发生非计划停运3次，其中三峡水力28号机组发生1次、向家坝05号机组发生2次，非计划停运累计时间为66.05小时，该等级水电机组非计划停运的台年平均值为0.04次和0.94小时。与2015年非停总次数相同，但累计非停时间增加了47.27小时。在这3次非停中，均由水电厂辅助设备引起。这3次非计划停运的责任原因中，2次为产品质量不良，总时间为65.85小时；1次为运行管理不当，时间仅为0.2小时。

## (十六) 核电机组运行可靠性指标

纳入2016年可靠性统计的核电机组有17台，总容量14628.2MW，核电机组的综合可靠性主要指标见表2-43。

表2-43 核电机组近五年运行可靠性指标

年份	统计台数(台)	平均容量(MW/台)	运行系数(%)	等效可用系数(%)	等效强迫停运率(%)	非计划停运次数(次/台年)
2016	17	860.48	88.32	88.77	0.77	0.23
2015	16	846.20	89.41	89.07	0.79	0.50
2014	15	830.01	91.35	90.60	0.17	0.40
2013	15	830.01	90.37	89.86	0.17	0.27
2012	15	830.01	90.08	89.00	0.09	0.27

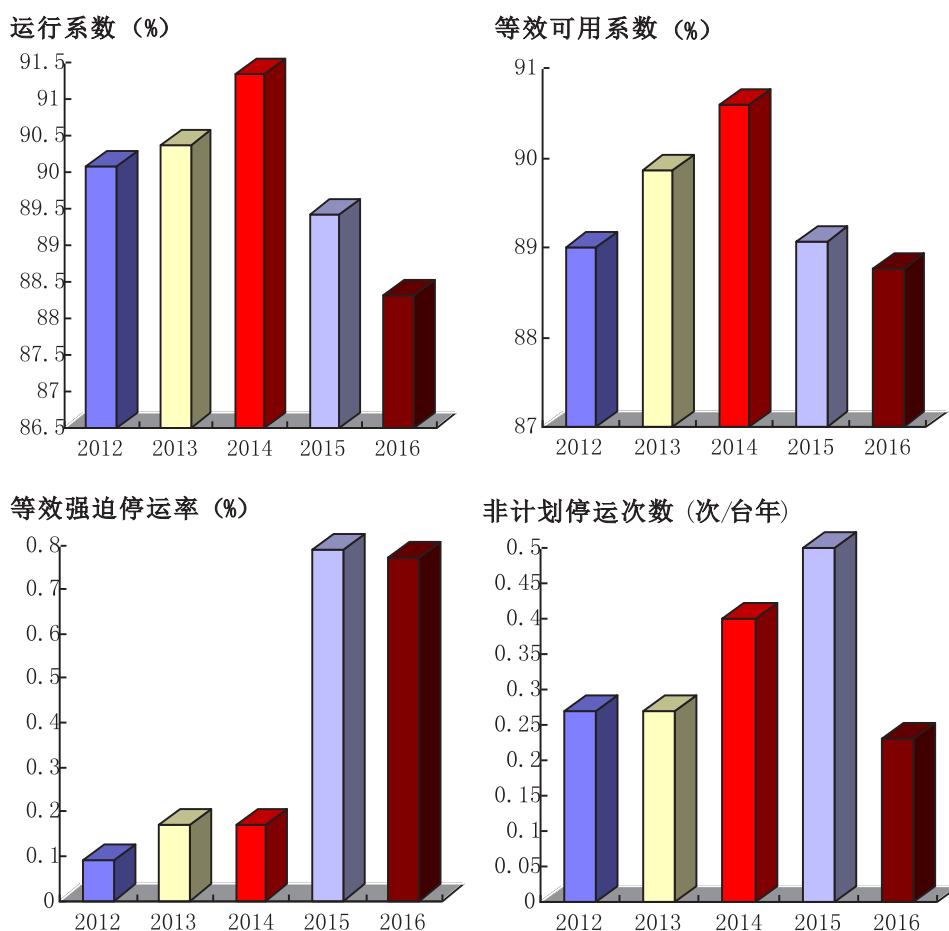


图2-14 核电机组可靠性指标趋势

从图2-14可以看出，2015年和2016年核电机组的等效强迫停运率增涨幅度较大，主要原因是这两年发生的非计划停运均为强迫停运事件。2016年共发生4次非计划停运，均为一类非计划停运，累计停运时间为1000.03小时。

### 三、2016年200MW及以上容量火电机组主要辅助设备运行可靠性分析

200MW及以上容量火电机组主要辅助设备是指磨煤机、给水泵组、送风机、引风机和高压加热器，近五年运行可靠性指标如下：

表3-1 近五年火电机组主要辅助设备运行可靠性指标

辅助设备分类	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	计划停运 系数 (%)	非计划 停运系数 (%)	非计划 停运率 (%)	
磨煤机	2012	5014	64.89	93.95	5.88	0.15	0.23
	2013	5242	65.01	92.45	7.41	0.13	0.20
	2014	5509	60.61	92.68	7.78	0.02	0.13
	2015	5830	56.11	93.71	6.23	0.05	0.09
	2016	6211	53.73	92.94	7.01	0.05	0.09
给水泵组	2012	2934	52.82	94.96	4.95	0.08	0.15
	2013	3036	53.25	93.23	6.71	0.06	0.12
	2014	3110	51.62	93.29	6.36	0.02	0.09
	2015	3332	48.14	94.29	5.68	0.03	0.06
	2016	3495	46.31	93.99	5.97	0.04	0.08
送风机	2012	2104	79.03	94.78	5.20	0.01	0.01
	2013	2184	79.16	93.14	6.85	0.01	0.01
	2014	2244	75.23	93.22	6.60	0.01	0.01
	2015	2388	70.17	94.10	5.89	0.01	0.01
	2016	2511	66.69	93.50	6.50	0.00	0
引风机	2012	2112	78.91	94.86	5.10	0.03	0.03
	2013	2174	78.86	93.17	6.80	0.03	0.03
	2014	2257	75.12	93.17	6.54	0.01	0.03
	2015	2418	70.20	94.03	5.93	0.03	0.05
	2016	2556	66.73	93.60	6.39	0.02	0
高压加热器	2012	3150	78.56	94.88	5.02	0.09	0.11
	2013	3278	78.95	93.16	6.73	0.11	0.14
	2014	3423	75.17	93.13	6.81	0.17	0.10
	2015	3626	69.97	94.22	5.73	0.05	0.07
	2016	3854	66.37	93.82	6.13	0.05	0.07

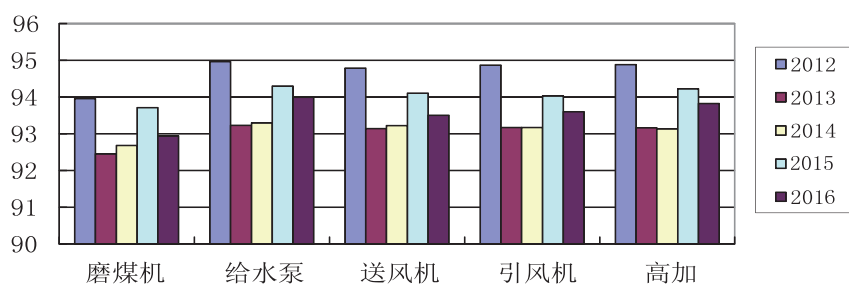


图3-1 2012—2016年五种辅助设备的可用系数%

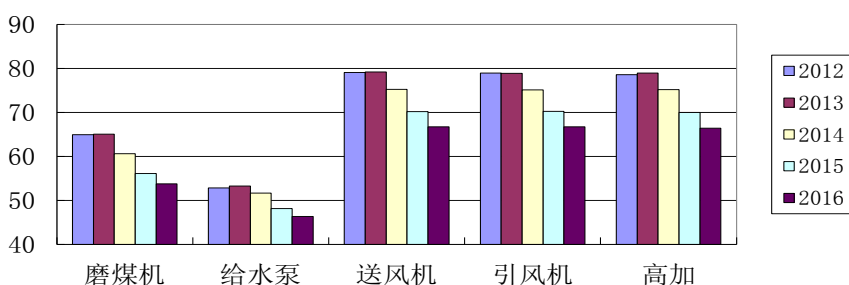


图3-2 2012—2016年五种辅助设备的运行系数%

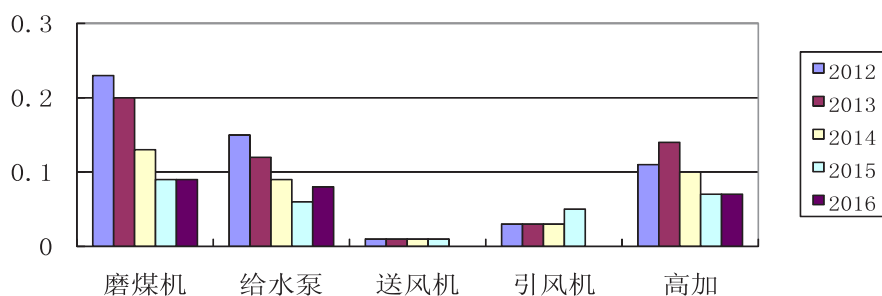


图3-3 2012—2016年五种辅助设备的非计划停运率 %

从图3-1可看出2012年到2016年五种辅助设备的可用系数变化趋势是：2013年是这五年的最低点，之后逐年上升，2016年又是下滑的趋势，其中磨煤机的可用系数指标仍不理想，只达到了92.54%，也是五种辅机中可用系数最低的附属设备，说明磨煤机因发生故障而停运的时间较其它统计的四种辅助设备停运时间偏多，治理磨煤机频发故障不仅是技术难题，也是管理课题，保障附属设备安全运行，更是保障主机安全运行的基础之一。给水泵、送风机、引风机以及高压加热器的可用系数较同期均有所下降，应引起各有关方面关注。

从图3-2可以看出2012年到2016年五种辅助设备的运行系数变化趋势：五种辅助设备的近五年运行系数基本都在呈下降状态，本年为最低

值，间接反映了社会用电量低于往年，致使辅机的运行小时一直下降。

从图3-3可以看出在2012年至2016年磨煤机发生的非计划停运率这五年是逐年降低，但仍然高于其它四种辅助设备的非计划停运率，这与磨煤机的特性及其在生产过程中频繁启动操作相关。但值得肯定的是设备非计划停运率的整体趋势是呈下降状态，并且是逐年递减，这与企业不断重视设备治理改造、加强维护、安全运行密切相关。从图3-3中可以看出，送、引风机的非计划停运率较低，并保持一定的水平，本年度两种设备的非计划停率为零，反映此类设备运行的稳定性较高。相比之下，加强给水泵以及高压加热器的监控显得尤为重要。

从图3-1、图3-2、图3-3可以看出：

●可用系数：本期较同期比，磨煤机、给水泵、送风机、引风机、高压加热器分别降低了0.77%、0.3%、0.6%、0.43%、0.4%。

●运行系数：本期较同期比，磨煤机、给水泵、送风机、引风机、高压加热器分别降低了2.38%、1.83%、3.48%、3.47%、3.6%。相当于设备每台年运行小时分别少运行208.49小时、160.31小时、304.85小时、303.97小时、315.36小时。

●非计划停运率：本期较同期送风机、引风机分别降低0.01%、0.05%；磨煤机、高加与同期持平；给煤机较同期增加0.02%。

2016年五种辅助设备可用系数对标分布情况见表3-2。

表3-2 2016年五种辅助设备可用系数对标分布情况 单位：%

设备	总台数	最优值（占比）	中间值	最末值	平均值
磨煤机	6211	100（29.28%）	95.34	55.91	92.94
给水泵	3495	100（42.00%）	96.45	51.25	93.99
送风机	2511	100（41.33%）	95.77	52.2	93.50
引风机	2556	100（40.71%）	95.76	52.2	93.60
高压加热器	3854	100（43.05%）	96.17	52.2	93.82



2016年主要辅助设备运行可靠性情况如下：

### (一) 磨煤机的运行可靠性指标

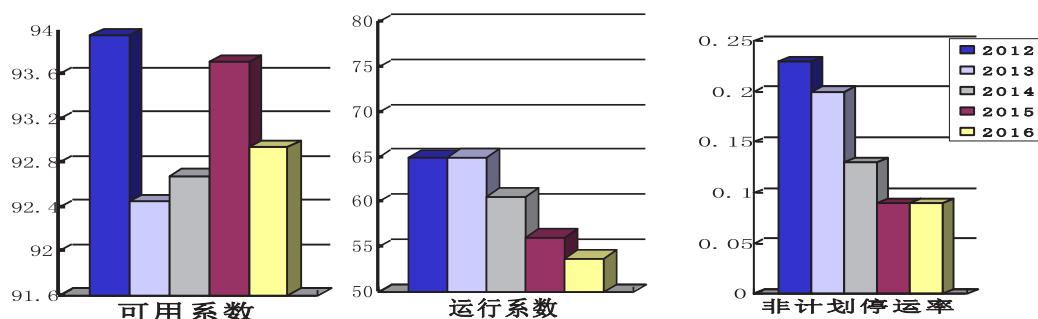


图3-4 2016年磨煤机运行可靠性指标

#### 1、2016年磨煤机按主机容量分类的运行可靠性指标

表3-3 2016年磨煤机按主机容量分类的运行可靠性指标

主机容量 (MW)	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	计划停运系数 (%)	非计划停运系数 (%)	非计划停运率 (%)
200-299	504	47.75	93.89	6.09	0.02	0.04
300-399	2793	53.07	93.83	6.12	0.05	0.09
500-599	56	50.91	87.23	12.76	0.01	0.01
600-699	2404	54.78	92.20	7.76	0.04	0.07
1000-1100	407	58.72	91.08	8.82	0.10	0.17

#### 2、2016年磨煤机按转速分类的运行可靠性指标

表3-4 2016年磨煤机按转速分类的运行可靠性指标

磨煤机分类	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	计划停运系数 (%)	非计划停运系数 (%)	非计划停运率 (%)
低速磨	1345	50.23	93.09	6.85	0.06	0.12
中速磨	4618	55.20	93.06	6.90	0.05	0.09
高速磨	248	45.34	90.02	9.98	0.00	0.00

从图3-5可以看出：

可用系数：低、中、高速磨本期较同期分别提高1.45%、0.91%、

0.56%；相当于平均台年可用小时增加了127.02小时、79.72小时、49.06小时。

从图3-6可以看出：

运行系数：低、中、高速磨本期较同期分别降低了4.14%、4.98%、0.30%。相当于平均台年运行小时分别减少了362.66小时、436.25小时、26.28小时。

近五年，低、中、高速磨煤机一致的规律即前两年指标逐年下降，后三年呈“Λ”形状，本期高速磨可用系数明显低于同期，反映出高速磨利用率不高。而五年来的低、中、高速磨煤机运行系数均为一路下跌，今年为最低点，明显低于同期。

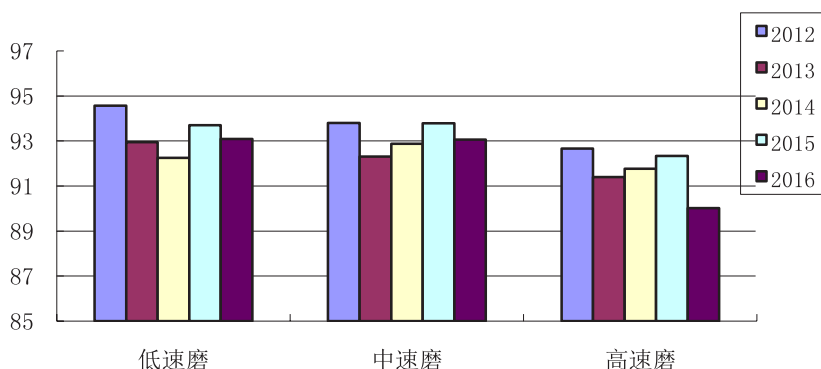


图3-5 2012-2016年低、中、高速磨煤机的可用系数

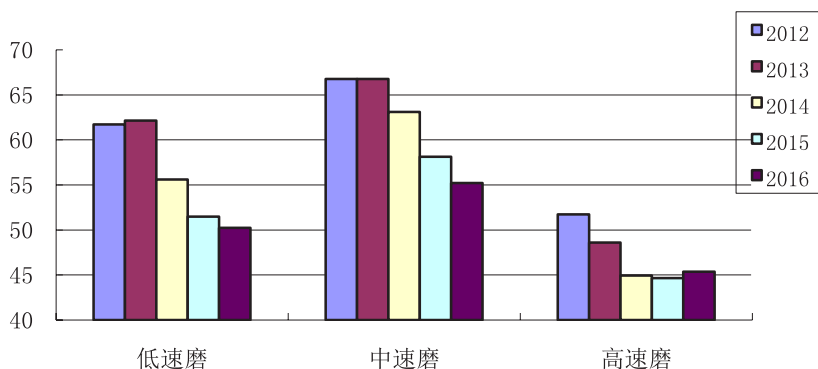


图3-6 2012-2016年低、中、高速磨煤机的运行系数

### 3、2016年按制造厂分类的运行可靠性指标（按10台及以上统计台数排序，下同）

#### （1）低速磨煤机

表3-5 2016年低速磨煤机按制造厂分类的运行可靠性指标

制造厂家	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	非计划 停运率 (%)	设备因素影响	
					非停小时*	% **
沈阳重型机械厂	651	48.20	93.15	0.18	2.59	58.11
上海重型机器厂	178	56.84	92.07	0.00	-	-
福斯特·惠勒公司(FW)	118	62.57	90.45	0.04	1.60	6.49
西安电力机械厂	78	47.77	96.24	0.04	0.60	1.60
北京电力设备总厂	70	43.48	93.75	0.11	-	-
焦作矿山机械厂	49	49.18	90.78	0.04	-	-
三井巴布科克能源有限公司 (BABCOCK)	20	56.71	95.87	0.02	1.00	0.69
洛阳中信重型机械公司	16	35.06	94.45	0.24	-	-
北京重型机器厂	14	45.71	91.94	0.00	-	-
东方锅炉（集团）股份有限 公司	12	27.31	93.18	0.00	-	-

\* 此项为由于设备因素造成的非计划停运小时，单位：小时/台年；（下同）

\*\* 此项为设备因素造成的非计划停运小时占同类磨煤机全部非计划停运时间的百分比。（下同）

#### （2）中速磨煤机

表3-6 2016年中速磨煤机按制造厂分类的机运行可靠性指标

制造厂家	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	非计划 停运率 (%)	设备因素影响	
					非停小时*	% **
上海重型机器厂	1724	54.68	92.67	0.08	0.70	36.28
北京电力设备总厂	1667	55.40	64.45	0.05	1.05	52.74
长春发电设备总厂	475	58.22	92.01	0.02	-	-
沈阳重型机械厂	259	54.67	92.60	0.07	0.12	0.97
巴布科克(BABCOCK)公司	65	52.15	89.63	0.17	0.04	0.07
石川岛播磨株式会社(IHI)	40	51.28	88.30	1.72	-	-

2016 年度全国电力可靠性同业对标及趋势分析报告

制造厂家	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	非计划 停运率 (%)	设备因素影响	
					非停小时*	% **
三菱(MHISUBISHI)公司	37	48.23	90.57	0.83	-	-
ABB德国公司	26	61.03	97.17	0.23	9.40	7.60
上海电力机械厂	24	65.46	88.36	0.19	0.38	0.27
北京重型机器厂	22	53.88	94.09	0.13	-	-
福斯特·惠勒公司(FW)	20	70.54	93.22	0.00	0.29	0.17
燃烧工程公司(CE)	18	62.22	94.75	0.09	0.70	0.92
美国	16	55.20	97.02	0.00	-	-
加拿大	14	54.10	86.30	0.00	-	-
上海电机厂	13	55.58	87.77	0.00	-	-
塔干罗格锅炉厂(TK3)	12	60.70	96.49	0.16	-	-
上海锅炉厂有限公司	12	49.58	86.93	0.07	-	-
太原重型机器厂	12	77.44	91.58	0.00	-	-
哈尔滨重型机械厂	12	32.43	79.48	0.00	-	-
列宁格勒金属工厂(JIM3)	12	50.83	91.03	0.31	2.74	0.99
阿尔斯通公司	11	59.07	86.32	0.50	-	-
上海电力修造总厂有限公司	10	69.24	94.69	0.02	-	-
波兰	10	27.87	99.44	0.72	-	-
德国	10	43.60	77.64	0.00	-	-
塔干罗格锅炉厂(TK3)	10	51.61	100.00	0.00	-	-

(3) 高速磨煤机

表3-7 2016年高速磨煤机按制造厂分类的运行可靠性指标

制造厂家	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	非计划 停运率 (%)	设备因素影响	
					非停小时*	% **
长春发电设备总厂	119	45.65	87.43	0.00	0	0
沈阳重型机械厂	78	47.55	94.11	0.00	0	0
新西伯利亚动力机械厂 (HTT)	16	41.50	83.09	0.00	0	0
北方工程(NEI)公司	12	49.23	95.51	0.00	0	0

## 4、2016年磨煤机按配置分类的运行可靠性指标

表3-8 2016年磨煤机按配置分类的运行可靠性指标

分类及配置		统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	计划停 运系数 (%)	非计划 停运系数 (%)	非计划 停运率 (%)
高速	4台	8	22.36	100	0.00	0.00	0.00
	5台	5	67.17	93.94	6.06	0.00	0.00
	6台	157	47.36	87.22	12.78	0.00	0.00
	8台	78	42.24	94.36	5.64	0.00	0.00
中速	2台	2	12.36	100	0.00	0.00	0.00
	3台	12	83.45	89.27	10.73	0.00	0.00
	4台	188	51.64	95.02	4.98	0.01	0.01
	5台	1708	54.05	94.11	5.84	0.06	0.10
	6台	2490	56.30	92.38	7.57	0.05	0.08
	7台	119	50.15	91.53	8.47	0.00	0.00
	8台	100	57.49	93.34	6.63	0.03	0.05
	12台	24	54.90	81.23	18.77	0.00	0.00
低速	1台	2	22.41	100	0.00	0.00	0.00
	2台	152	50.49	95.92	4.07	0.01	0.01
	3台	134	66.85	90.26	9.71	0.03	0.05
	4台	628	45.38	93.31	6.64	0.05	0.11
	5台	75	55.26	90.18	9.75	0.07	0.13
	6台	354	51.51	93.12	6.77	0.11	0.21

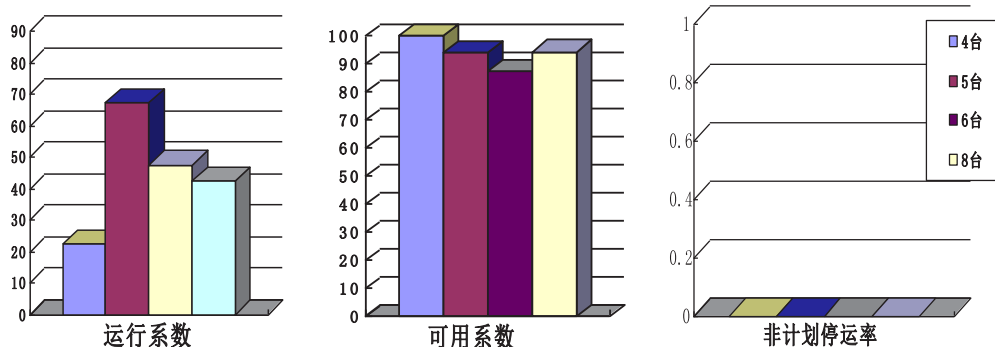


图3-7 高速磨煤机按配置分类的运行可靠性指标

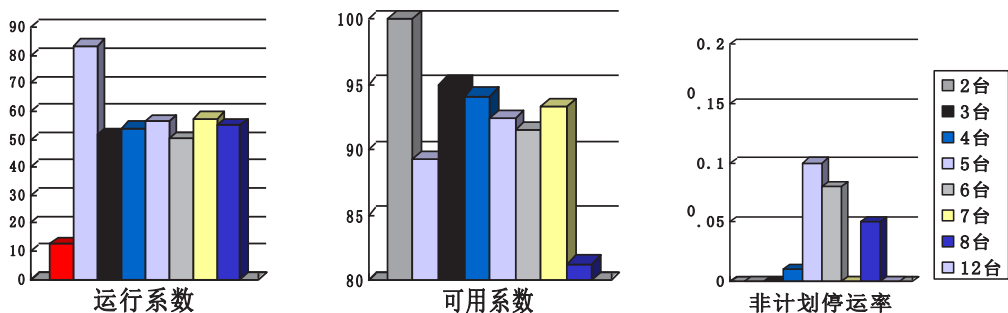


图3-8 中速磨煤机按配置分类的运行可靠性指标

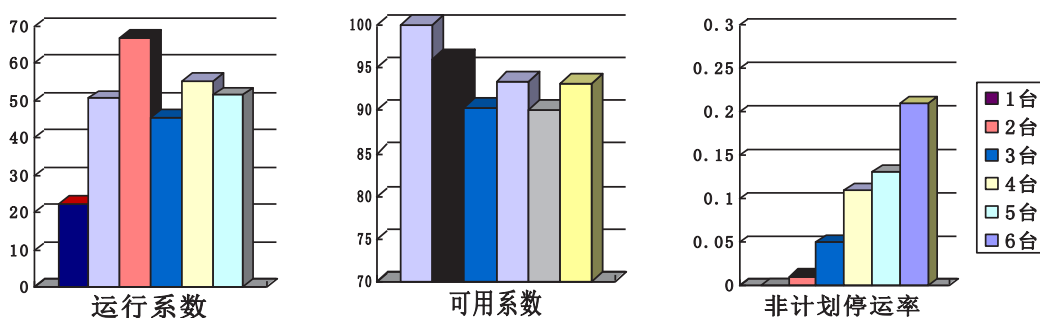


图3-9 低速磨煤机按配置分类的运行可靠性指标

## 5、2016年磨煤机的非计划停运

### (1) 非计划停运原因分析

表3-9 2016年磨煤机非计划停运原因分析

技术原因	非计划停运次数		非计划停运小时			非计划停运次数百分数 (%) *	非计划停运小时百分数 (%) *
	累计	平均每台年	累计	平均每台年	平均每次		
堵塞	927	0.14	4100.44	0.63	4.42	30.98	15.60
漏粉	207	0.03	2334.18	0.36	11.28	6.92	8.88
其它	118	0.02	2169.44	0.33	18.39	3.94	8.25
振动大	89	0.01	1714.97	0.26	19.27	2.98	6.53
断裂	71	0.01	1684.07	0.26	23.72	2.37	6.41

\* 指此原因引起的非计划停运次数（小时数）占全部非计划停运次数（小时数）的百分数。（下同）

本年磨煤机非计划停运的主要技术原因排在前五位的分别是：堵塞、漏粉、其它（由于编码的限制不能归类的设备故障）、振动大和断裂，通

过统计显示，造成设备故障的主要部件是双进双出低速钢球磨、辊一碗式（HP）中速磨冷却水系统石子煤斗、辊一环式（MPS）中速磨；辊一碗式（HP）中速磨本体出口管，磨煤机电动机。主要责任原因是设备老化、产品质量不良、燃料影响、检修质量不良及规划、设计不周等。其造成非计划停运小时分别占有所有非计划停运小时的15.60%、8.88%、8.25%、6.53%、6.41%。

从中心跟踪几年的情况看，造成磨煤机非计划停运经常发生的技术原因还有漏油、磨损（机械磨损）、更新（更换）等。

2012—2016年由于堵塞、漏粉、振动大和断裂等原因造成磨煤机非计划停运小时占总非计划停运小时的百分数见下图。

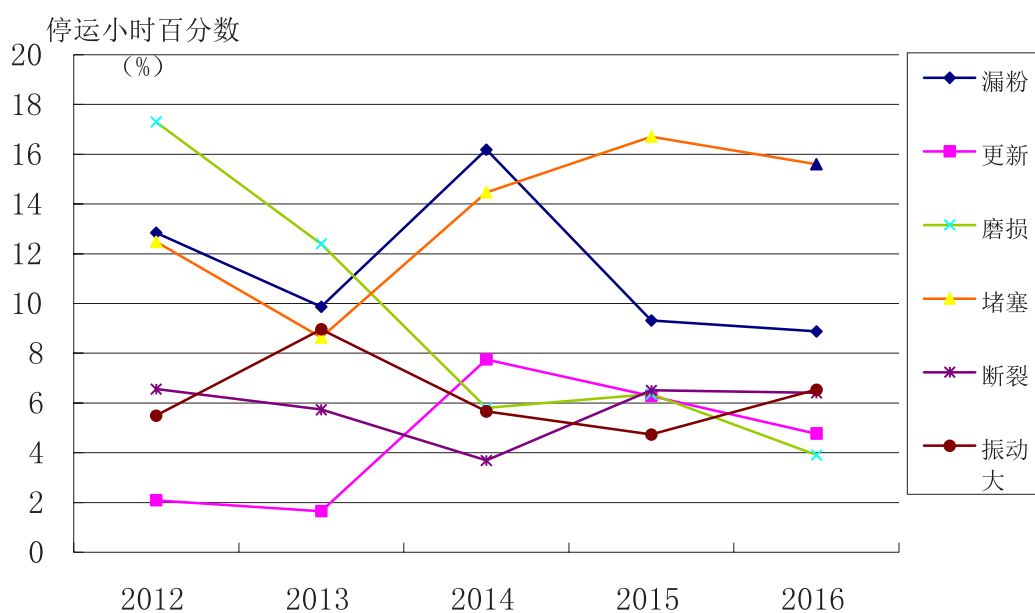


图3-10 2012-2016年磨煤机主要非停技术原因的停运小时百分数

从上图可以看出：近五年磨煤机经常发生故障中，振动大造成的停运小时本期有增加，磨损、设备更新、漏粉、堵塞较同期都有不同程度的降低。

## (2) 低、中、高速磨煤机非计划停运的主要原因

表3-10 低、中、高速磨煤机非计划停运的主要原因

磨煤机分类	主要原因	停运次数百分数 (%)	停运小时百分数 (%)
低速磨煤机	堵塞	46.87	38.59
中速磨煤机	漏粉	10.56	10.72
高速磨煤机	振动大	4.32	6.63

## (3) 单台全年非计划停运时间较长的三台设备

表3-11 单台全年非计划停运时间较长的三台设备

辅助设备	投运时间	累计非计划停运小时	非计划停运主要原因	制造厂家	责任原因
沙角B01号机组01号磨煤机	1987.04	1104.42	A磨煤机组一次风机换型改造	石川岛播磨株式会社 (IHI)	设备老化
广安门34号机组0A号磨煤机	2004.10	774.45	电机更换	其它	产品质量不良
温州05号机组0D号磨煤机	2005.03	536.30	#2角漏粉	上海重型机械厂	规划、设计不周

## (二) 给水泵组的运行可靠性指标

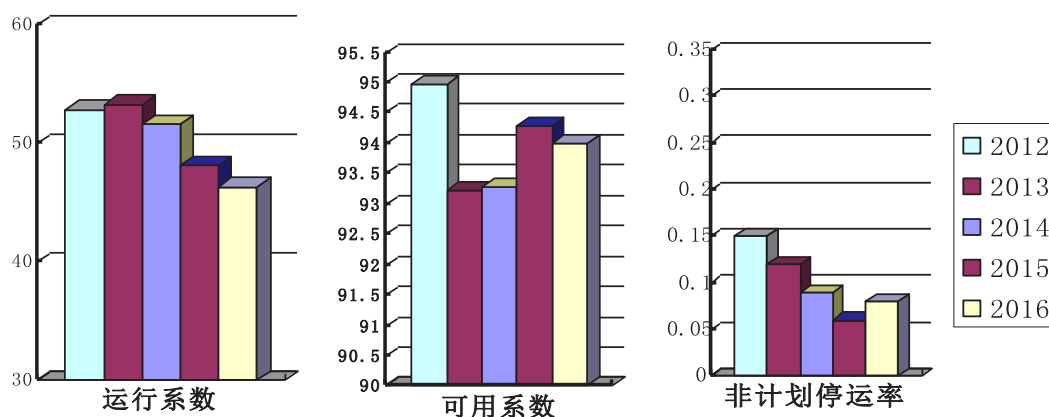


图3-11 2012-2016年给水泵组运行可靠性指标



## 1、2016年给水泵组按主机容量分类的运行可靠性指标

表3-12 2016年给水泵组按主机容量分类的运行可靠性指标

主机容量 (MW)	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	计划停 运系数 (%)	非计划 停运系数 (%)	非计划 停运率 (%)
200-299	359	31.79	96.17	3.82	0.01	0.03
300-399	1826	45.55	94.32	5.64	0.04	0.10
500-599	22	37.69	89.00	10.76	0.24	0.63
600-699	1080	50.19	92.99	6.97	0.03	0.06
1000-1100	165	60.55	92.33	7.67	0.00	0.00

## 2、2016年给水泵组按制造厂分类的运行可靠性指标

表3-13 2016年给水泵组按制造厂分类的运行可靠性指标

制造厂家	统计 台数 (台)	运行 系数 (%)	可用 系数 (%)	非计划 停运率 (%)	设备因素影响	
					非停小时*	% **
上海电力修造总厂有限公司	1386	45.72	94.44	0.07	1.12	33.09
沈阳水泵厂	730	44.53	93.57	0.09	1.30	20.09
上海水泵厂	158	43.64	94.59	0.06	0.09	0.29
KSB	143	47.48	94.62	0.01	0.04	0.13
北京电力设备总厂	98	40.35	95.41	0.06	1.61	3.34
郑州电力机械厂	76	46.14	93.01	0.00	-	-
苏尔寿公司(SULZER)	68	54.2	92.25	0.43	0.32	0.47
威尔泵有限公司	67	38.66	95.06	0.01	-	-
东方汽轮机厂	51	56.95	95.48	0.00	-	-
日本	48	60.47	94.67	0.22	-	-
上海凯士比泵有限公司	45	45.2	90.39	0.08	2.72	0.35
华北电力设备成套公司	32	55.92	94.57	0.00	-	-
英格索兰水泵厂	30	53.91	91.5	0.98	44.66	28.39
上海电建修造厂	28	38.91	92.78	0.04	0.04	0.02
杭州发电设备集团公司	27	49.69	91.99	0.00	-	-
三菱(MHISUBISHI)公司	25	44.32	93.12	0.00	-	-
沈阳风机厂	24	62.97	91.49	0.02	-	-

2016 年度全国电力可靠性同业对标及趋势分析报告

制造厂家	统计台数(台)	运行系数(%)	可用系数(%)	非计划停运率(%)	设备因素影响	
					非停小时*	% **
英国	24	54.41	94.69	0.02	0.49	0.25
日立(HITACHI)公司	23	58.79	92.06	0.00	-	-
上海汽轮机有限公司(STC)	22	58.99	95.18	0.00	-	-
湘潭电机股份有限公司	21	47.82	97.68	0.04	-	-
上海电气集团公司	21	55.14	95.71	0.00	-	-
上海电机厂	18	29.06	93.01	0.00	-	-
苏尔寿(SULZER)公司	17	54.36	92.65	0.12	4.22	1.52
哈尔滨汽轮机厂有限责任公司	16	50.94	87.72	0.00	-	-
上海凯士比泵公司	16	60.89	89.75	0.00	5.68	0.96
沈阳电机股份有限公司	14	37.79	96.54	0.00	-	-
上海第一水泵厂	13	61.11	90.38	0.02	-	-
荏原博泵泵业有限公司	12	56	96.86	0.00	-	-
EBARA公司	12	51.26	85.97	0.00	-	-
阿尔斯通公司	12	31.56	96.6	0.00	-	-
西门子(SIEMENS)公司	11	36.91	84.03	0.00	-	-
沈阳透平机械股份有限公司	10	52.6	98.71	0.00	-	-
前苏联	10	49.59	93.95	0.19	-	-
南宁发电设备总厂	10	25.64	90.51	1.68	38.3	8.12

### 3、2016年给水泵的非计划停运

#### (1) 非计划停运原因

表3-14 2016年给水泵的非计划停运原因

技术原因	非计划停运次数		非计划停运小时			非停次数百分数(%)*	非停小时百分数(%)*
	累计	平均每台年	累计	平均每台年	平均每次		
漏油	31	0.01	1585.60	0.43	51.15	9.94	14.24
漏水	51	0.01	1580.80	0.43	31.00	16.35	14.19
振动大	24	0.01	1431.88	0.39	59.66	7.69	12.86
卡涩	10	0.00	1132.83	0.31	113.28	3.21	10.17
磨损(机械磨损)	21	0.01	912.42	0.25	43.45	6.73	8.19

本年给水泵非计划停运的主要技术原因排在前五位的分别是：漏油、漏水、振动大、卡涩、磨损（机械磨损）。通过统计显示，造成设备故障的主要部件是给水泵前置给水泵本联轴器、给水泵本体推力轴承、给水泵液力耦合器升速齿轮、给水泵本体轴、给水泵电动机定子线棒等；主要原因是设备老化、产品质量不良、检修不良施工安装不良、运行不当等。

2012—2016年由于漏油、漏水、振动大、卡涩、磨损（机械磨损）、更新等原因造成给水泵非计划停运小时占总非计划停运小时的百分数见图3-12。

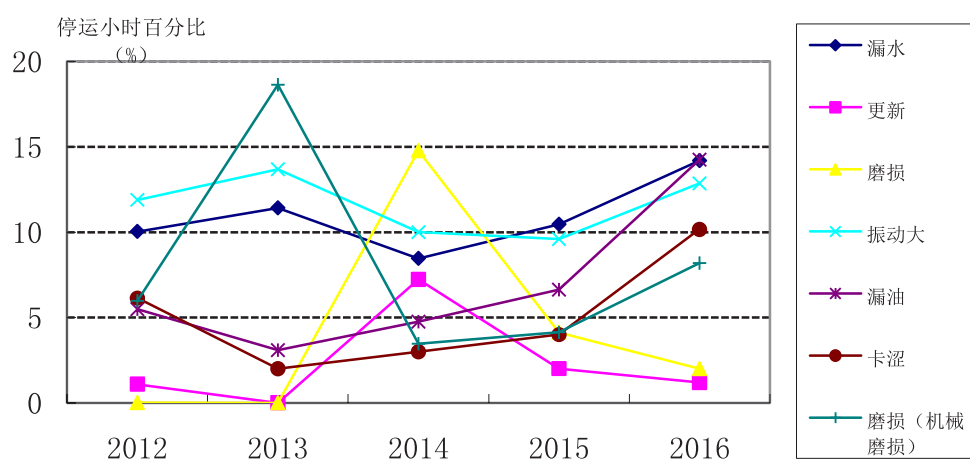


图3-12 2012-2016年给水泵非停主要技术原因的停运小时百分比

从上图中可以看出，因漏油造成设备故障本期较同期有较大幅度增加，因设备振动大、漏水、卡涩造成设备故障较同期也有一定程度的增加，更新、磨损造成设备故障较同期有所降低。

## (2) 单台全年非计划停运时间较长的三台设备

表3-15 单台全年非计划停运时间较长的三台设备

辅助设备	投运时间	累计非计划停运小时	非计划停运主要原因	制造厂家	责任原因
华能大连03号机组01号给水泵组	1998.12	861.95	3A汽泵推力瓦温度高跳闸	英格索兰水泵厂	产品质量不良
灵武01号机01号给水泵	2007.06	749.13	电机故障	上海电力修造总厂有限公司	产品质量不良
国华惠州热02号机组02号给水泵	2010.04	571.78	前置泵驱动端更换机封	上海电力修造总厂有限公司	设备老化

### （三）送风机的运行可靠性指标

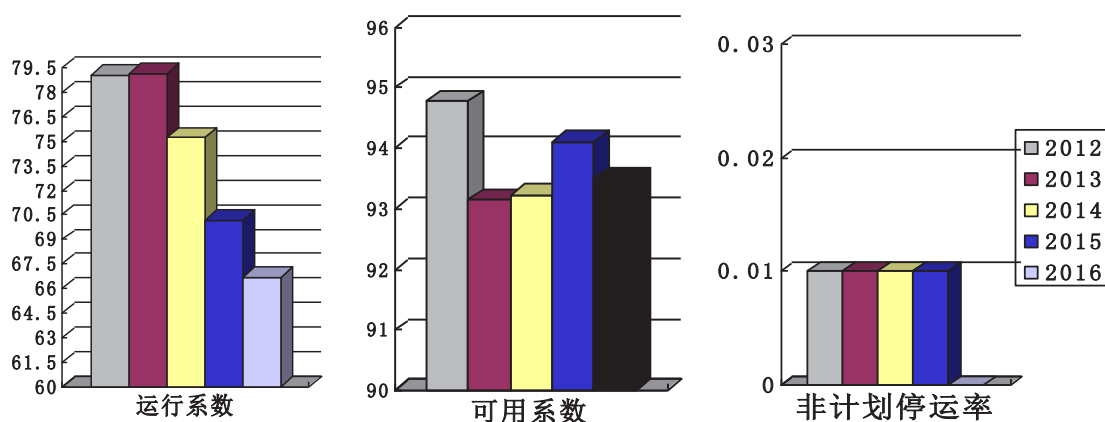


图3-13 2012-2016年送风机的运行可靠性指标

#### 1、2016年送风机按主机容量分类的运行可靠性指标

表3-16 2016年送风机按主机容量分类的运行可靠性指标

主机容量 (MW)	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	计划停运系数 (%)	非计划停运系数 (%)	非计划停运率 (%)
200—299	294	60.93	95.32	4.68	0.00	0.00
300—399	1246	66.28	93.79	6.21	0.00	0.00
500--599	16	67.07	89.01	10.99	0.00	0.00
600—699	797	67.90	92.75	7.25	0.00	0.00
1000-1100	136	74.00	91.57	8.43	0.00	0.00

#### 2、2016年送风机按制造厂分类的运行可靠性指标

表3-17 2016年送风机按制造厂分类的运行可靠性指标

制造厂家	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	非计划停运率 (%)	设备因素影响	
					非停小时*	% **
上海鼓风机厂有限公司	1075	67.67	93.18	0.00	0.03	17.98
成都电力机械厂	468	67.33	94.11	0.00	0.01	2.90
沈阳风机厂	428	65.58	94.14	0.00	0.14	35.66
成都风机厂	42	68.16	93.71	0.00	-	-
武汉鼓风机厂	38	56.24	93.62	0.00	-	-

制造厂家	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	非计划 停运率 (%)	设备因素影响	
					非停小时*	% **
豪顿华工程有限公司	34	67.79	90.24	0.00	-	-
丹麦	34	74.43	94.72	0.00	-	-
英国	28	65.21	95.32	0.00	-	-
德国	16	49.55	90.48	0.00	-	-
三菱(MHISUBISHI)公司	14	60.19	93.07	0.00	-	-
山东电力设备厂	12	70.11	97.16	0.00	-	-
ABB德国公司	12	80.05	96.88	0.03	1.90	13.61
泰勒公司(TIT)	12	77.46	93.61	0.00	-	-
美国	12	68.37	93.82	0.00	-	-
华北电力设备成套公司	11	52.18	97.52	0.00	-	-
湘潭电机股份有限公司	10	76.74	89.33	0.00	-	-
上海锅炉厂有限公司	10	56.84	91.3	0.01	0.08	0.50

### 3、2016年送风机的非计划停运

#### (1) 非计划停运原因

表3-18 2016年送风机的非计划停运

技术原因	非计划停运次数		非计划停运小时			非停次数 百分数 (%)*	非停小时 百分数 (%)*
	累计	平均 每台年	累计	平均 每台年	平均 每次		
振动大	5	0.00	77.50	0.03	15.50	7.04	18.88
漏油	6	0.00	72.05	0.03	12.01	8.45	17.55
断裂	2	0.00	50.02	0.02	25.01	2.82	12.18
卡涩	8	0.00	30.23	0.01	3.78	11.27	7.36
磨损 (机械磨损)	3	0.00	25.20	0.01	8.40	4.23	6.14

本年送风机非计划停运的主要技术原因排在前五位的分别是：振动大、漏油、断裂、卡涩、磨损（机械磨损），通过统计显示，造成设备故障的主要部件是动叶可调轴流送风机本体动叶片；动叶可调轴流送风机本体轴承、送风机电动机轴承、动叶可调轴流送风机润滑油站密封件、静叶

调节轴流送风机本体轴承等；主要责任原因是设备老化、产品质量、管理不当、检修质量不良和运行不当等。

从近五年跟踪的频发故障情况看，因更新设备造成设备停运近两年已经大量减少，数据上已经无法体现，在折线图上已经不能连续画出；因温度高造成设备停运本期少于同期，也无法用数字体现，无法绘出折线图；因振动大造成非停事件明显少于同期；断裂故障造成非停本期高于同期。

2012—2016年由于振动大、温度高、断裂、更新（换）原因造成送风机非计划停运小时占总非计划停运小时的百分数见下图。

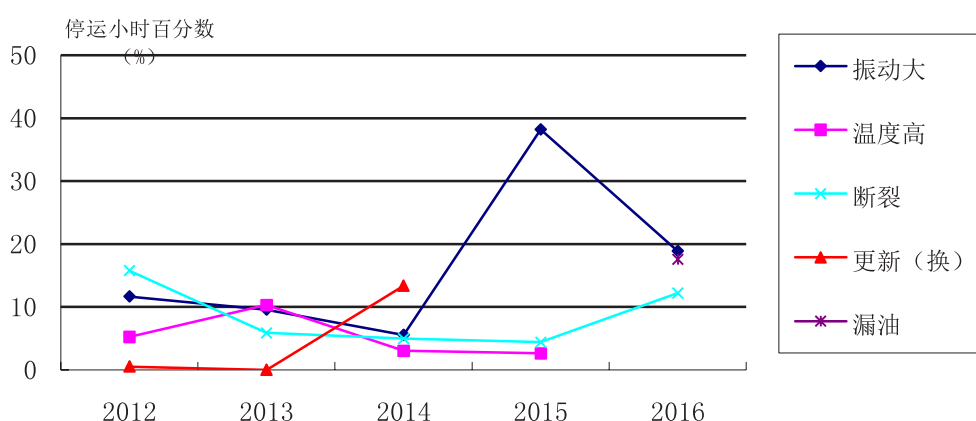


图3-14 2012-2016年送风机主要非停技术原因的停运小时百分数

## (2) 单台全年非计划停运时间较长的三台设备

表3-19 单台全年非计划停运时间较长的三台设备

辅助设备	投运时间	累计非计划停运小时	非计划停运主要原因	制造厂家	责任原因
六盘山热01号机21号送风机	2010.11	102.82	调节机构松动	上海鼓风机厂有限公司	产品质量不良
南京板桥热电厂04号机0B号送风机	2005.12	46.85	本体故障	上海鼓风机厂有限公司	设备老化
华能上安02号机组01送风机	1990.11	39.52	振动大	美国TLT	产品质量不良

## (四) 引风机的运行可靠性指标

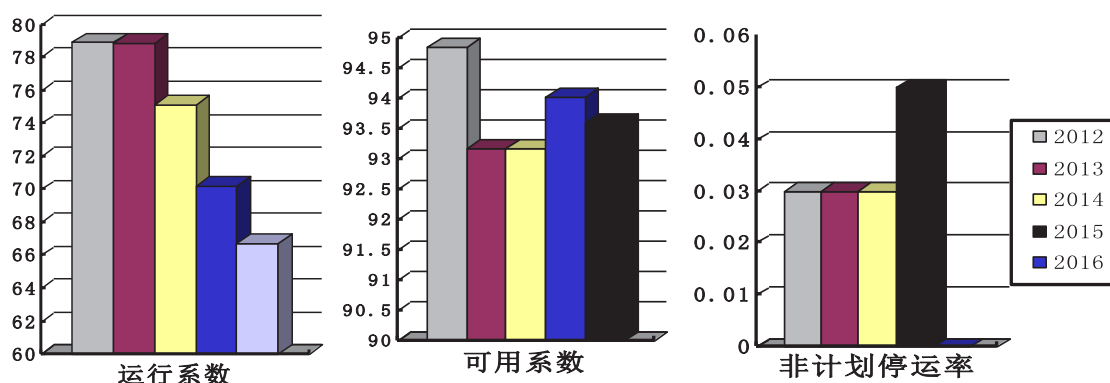


图3-15 2012-2016年引风机的运行可靠性指标

## 1、2016年引风机按主机容量分类的运行可靠性指标

表3-20 2016年引风机按主机容量分类的运行可靠性指标

主机容量 (MW)	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	计划停运系数 (%)	非计划停运系数 (%)	非计划停运率 (%)
200-299	298	62.27	95.38	4.62	0.00	0.00
300-399	1295	66.06	93.83	6.16	0.02	0.02
500-599	12	75.21	92.61	7.39	0.00	0.00
600-699	786	67.72	92.90	7.08	0.02	0.04
1000-1100	141	74.11	91.48	8.48	0.04	0.05

## 2、2016年引风机按制造厂分类的运行可靠性指标

表3-21 2016年引风机按制造厂分类的运行可靠性指标

制造厂家	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	非计划停运率 (%)	设备因素影响	
					非停小时*	% **
成都电力机械厂	1314	66	93.89	0.03	-	-
上海鼓风机厂有限公司	484	66.64	93.43	0.04	0.23	7.43
沈阳风机厂	195	67.35	92.73	0.04	1.05	13.29
成都风机厂	125	71.69	93.58	0.03	1.03	8.39

制造厂家	统计台数(台)	运行系数(%)	可用系数(%)	非计划停运率(%)	设备因素影响	
					非停小时*	% **
山东电力设备厂	32	75	90.82	0.00	-	-
成都凯凯凯电站风机有限公司	28	74.79	91.4	0.00	-	-
丹麦	24	76.73	92.1	0.01	0.78	1.18
武汉鼓风机厂	21	72.26	93.4	0.00	-	-
英国	20	70.83	93.91	0.01	-	-
成都电力修造厂	17	60.95	98.58	0.00	-	-
三菱(MHISUBISHI)公司	16	52.73	88.42	0.00	-	-
豪顿华工程有限公司	15	72.17	98.05	0.02	1.88	0.98
德国	14	44.34	88.56	0.06	-	-
美国	12	67.55	93.82	0.00	-	-
湘潭电机股份有限公司	10	76.38	90.64	0.00	-	-
泰勒公司(TIT)	10	76.21	94.11	0.01	-	-
华北电力设备成套公司	10	50.46	94.34	0.00	-	-

### 3、2016年引风机的非计划停运

#### (1) 引风机非计划停运原因

表3-22 2016年引风机非计划停运原因

技术原因	非计划停运次数		非计划停运小时			非停次数百分数(%) *	非停小时百分数(%) *
	累计	平均每台年	累计	平均每台年	平均每次		
振动大	8	0.00	793.97	0.29	99.25	6.90	20.21
温度高	9	0.00	630.50	0.23	70.06	7.76	16.05
变形(弯曲、扭曲、挤压)	2	0.00	559.88	0.21	279.94	1.72	14.25
断裂	6	0.00	292.17	0.11	48.69	5.17	7.44
松动	8	0.00	270.85	0.10	33.86	6.90	6.90



本年引风机非计划停运的主要技术原因排在前五位的分别是：振动大、温度高、变形（弯曲、扭曲、挤压）、断裂、松动。通过统计显示，造成设备故障的主要部件是离心引风机润滑油站油管道、离心引风机本体轴承、静叶调节轴流引风机本体轴承、动叶调节轴流引风机本体动轴承、引风机电动及轴承；主要责任原因是产品质量不良、检修质量不良、施工安装不良、管理不当、设备老化等。

从本年及我们追踪的近几年的情况看，因设备振动大造成引风机非计划停运的技术原因所占总的非停比重前四年是下降状态；而本期停运时间比重较大，为20.21%，应重点加强管理与监测。

2012—2016年由断裂、温度高、磨损（机械磨损）、烧损等原因造成引风机非计划停运小时占总非计划停运小时的百分数见下图。

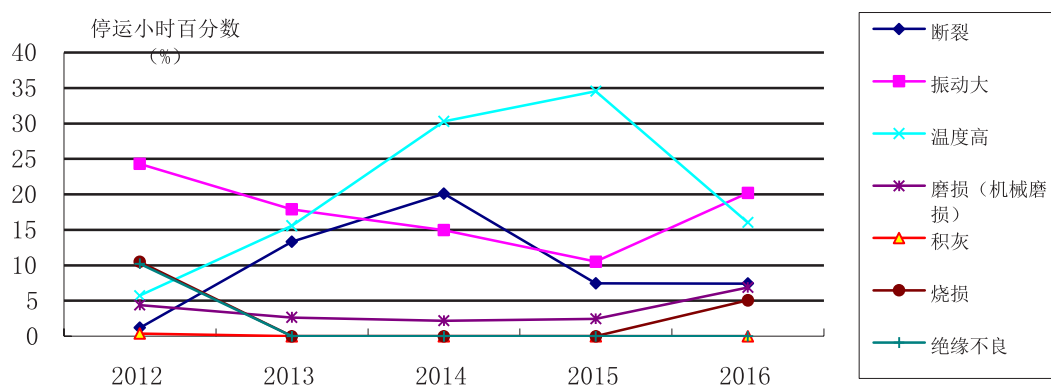


图3-16 2012—2016年引风机主要非停技术原因的停运小时百分数

## (2) 单台全年非计划停运时间较长的三台设备

表3-23 单台全年非计划停运时间较长的三台设备

辅助设备	投运时间	累计非计划停运小时	非计划停运主要原因	制造厂家	责任原因
常熟02号机组2B号引风机	1993.12	552	变形	上海鼓风机厂有限公司	检修质量不良
射阳港#05号机组0B号引风机	2011.08	468.68	本体轴承温度高	成都电力机械厂	检修质量不良
中电荔新01号机组0A号引风机	2012.08	335.72	轴承振动大	成都电力机械厂	产品质量不良

### (五) 高压加热器的运行可靠性指标

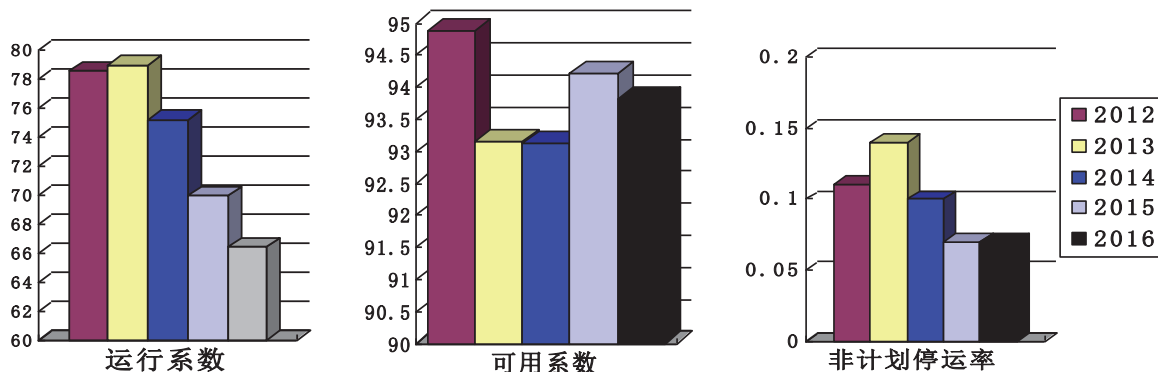


图3-17 2012-2016年高压加热器的运行可靠性指标

#### 1、2016年高压加热器按主机容量分类的运行可靠性指标

表3-24 2016年高压加热器按主机容量分类的运行可靠性指标

主机容量 (MW)	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	计划停运系数 (%)	非计划停运系数 (%)	非计划停运率 (%)
200-299	397	58.58	96.14	3.76	0.10	0.17
300-399	1911	65.75	94.10	5.84	0.05	0.08
500-599	22	67.66	88.20	11.77	0.03	0.05
600-699	1172	67.76	92.99	6.99	0.02	0.03
1000-1100	311	73.31	92.48	7.49	0.04	0.05

#### 2、2016年高压加热器按制造厂分类的运行可靠性指标

表3-25 2016年高压加热器按制造厂分类的运行可靠性指标

制造厂家	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	非计划停运率 (%)	设备因素影响	
					非停小时*	% **
上海动力设备有限公司 (SPEC)	1086	65.74	93.42	0.03	0.82	21.14
哈尔滨锅炉厂有限责任公司	616	67.89	94.55	0.05	2.28	32.96
东方锅炉 (集团) 股份有限公司	599	62.63	94.52	0.10	0.55	7.65
上海电气集团公司	340	71.3	93.59	0.04	-	-

2016 年度全国电力可靠性同业对标及趋势分析报告

制造厂家	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	非计划 停运率 (%)	设备因素影响	
					非停小时*	% **
杭州富春锅炉容器有限公司 (杭州锅炉厂)	310	67.06	92.52	0.03	0.72	5.19
青岛锅炉辅机厂	82	67.56	93.98	0.00	-	-
哈尔滨汽轮机厂有限责任公司 (HTC)	61	61.19	92.76	0.00	-	-
东方汽轮机厂	47	56.6	94.96	1.60	30.13	33.06
上海电力修造总厂有限公司	41	71.04	95.94	0.12	-	-
四川锅炉厂	39	66.69	98.19	0.00	-	-
福斯特·惠勒公司 (FW)	38	76.45	93.42	0.00	-	-
华北电力设备成套公司	38	67.96	93.94	0.45	-	-
德国	30	77.23	93.52	0.00	-	-
上海汽轮机有限公司 (STC)	27	66.75	92.4	0.00	-	-
列宁格勒金属工厂 (ЛМЗ)	22	77.98	98.47	0.00	-	-
上海电力机械厂	21	67.08	97.57	0.04	-	-
阿尔斯通公司	21	48.31	94.04	0.01	-	-
青岛汽轮机厂	18	77.29	97.51	0.00	-	-
上海发电设备成套设计研究所	18	68.6	99.05	0.00	-	-
东方电气集团公司	17	66.34	96.64	0.00	-	-
三菱 (MITSUBISHI) 公司	15	50.09	93.22	0.00	-	-
大连日立机械设备有限公司	14	75.78	89.5	0.00	-	-
杭州锅炉集团有限公司	12	62.57	93.96	0.00	-	-
杭州发电设备集团公司	12	76	91.11	2.29	-	-
ABB 德国公司	12	61.17	89.25	0.33	-	-
美国	12	74.87	93.69	0.00	-	-
日立 (HITACHI) 公司	12	53.85	87.03	0.00	-	-

## 3、2016年高压加热器的非计划停运

## (1) 非计划停运原因

表3-26 2016年高压加热器的非计划停运原因

技术原因	非计划停运次数		非计划停运小时			非停次数 百分数 (%) *	非停小时 百分数 (%) *
	累计	平均 每台年	累计	平均 每台年	平均 每次		
漏水	32	0.01	3510.85	0.86	109.71	15.92	22.22
磨损爆(泄)漏	3	0.00	3337.45	0.82	1112.48	1.49	21.12
腐蚀	39	0.01	2596.34	0.64	66.57	19.40	16.43
裂纹(开裂)	17	0.00	1941.62	0.48	114.21	8.46	12.29
冲蚀	6	0.00	1175.85	0.29	195.98	2.99	7.44

本年高压加热器非计划停运的主要技术原因排在前五位的分别是：漏水、磨损爆(泄)漏、腐蚀、裂纹(开裂)、冲蚀。通过统计显示，造成设备故障的主要部件是高压加热器U型管、高压加热器疏水调整门高压加热器筒体等；主要责任原因是产品质量不良、设备老化、检修不良、管理不当、规划、设计不周等。

从近几年的情况看，因漏水造成高压加热器非计划停运的技术原因近五年均是下降趋势；因磨损爆(泄)漏造成高压加热器非计划停运的技术原因较同期有较大幅度的增加，引以关注和重视。

2012—2016年由于漏水、漏汽、冲蚀、卡涩、开焊、磨损爆(泄)漏、裂纹(开裂)原因造成高压加热器非计划停运小时占总非计划停运小时的百分数见下图。从图3-18可以看出，因卡涩、阀门不严造成的高压加热器非计划停运今年折线图没有连线，表明已经排到了非停故障排名的十五位之后，即影响设备停运有所减少。

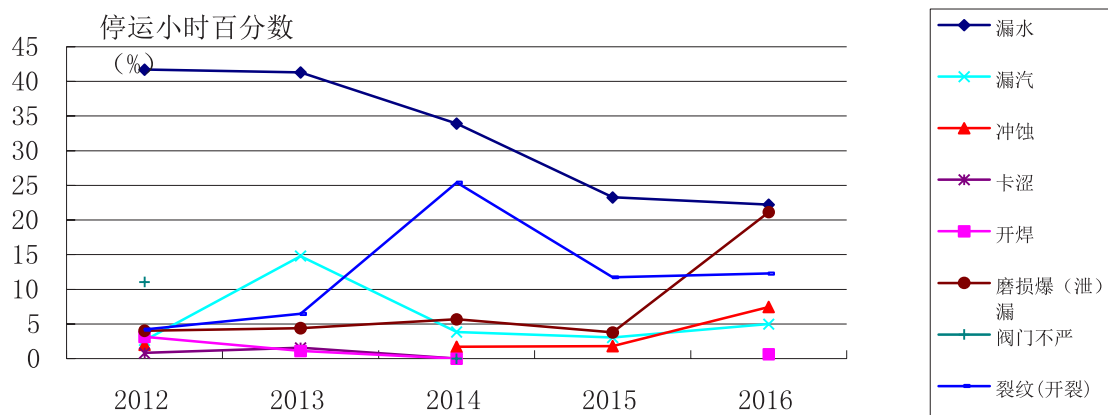


图3-18 2012—2016年高加主要非停技术原因的停运小时百分数

## (2) 单台全年非计划停运时间较长的三台设备

表3-27 单台全年非计划停运时间较长的三台设备

辅助设备	投运时间	累计非计划停运小时	非计划停运主要原因	制造厂家	责任原因
新海15号机组01号高压加热器	2005.01.	1112.5	高加组泄漏	东方汽轮机厂	检修质量不良
德源府谷01号机组10号高压加热器	2008.07	726.43	高加U型管开裂	哈尔滨锅炉厂有限责任公司	产品质量不良
户县二厂01号机组01号高压加热器	2005.12	625.25	高加泄漏	杭州锅炉集团有限公司	设备老化

本年200MW及以上容量参加统计的五种辅助设备中，其国产化率分别为90.40%、83.61%、88.53%、92.06%、92.11%。同期分别为89.90%、94.96%、89.36%、91.89%、92.22%，其中磨煤机、引风机本期比同期略有提高。

从可靠性指标看，国产设备五种辅机的可用系数分别为93.11%、94.14%、93.62%、93.66%、93.91%。比进口设备五种辅机的可用系数分别提高1.63%、0.91%、1.14%、0.76%、1.09%。数据显示国产设备比较安全、可靠、稳定。

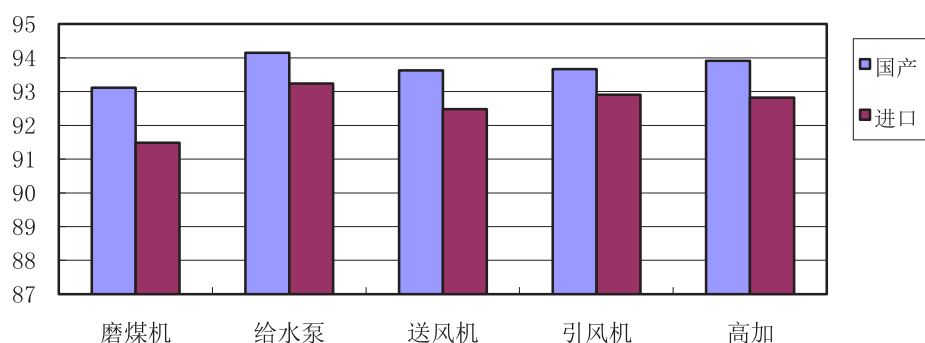


图3-19 2016年200MW及以上容量火电机组五种辅助设备  
国产、进口可用系数比较 %

国产设备五种辅机的非计划停运率分别为0.07%、0.06%、0.00%、0.03%、0.08%；比进口设备的非计划停运率：磨煤机、给水泵分别下降了0.19%、0.09%；送风机持平；引风机、高压加热器分别上升了0.02%、0.07%。

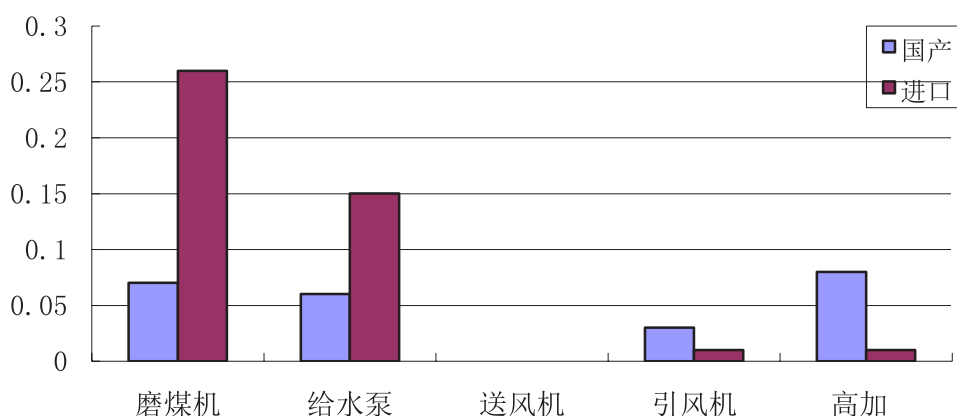


图3-20 2016年200MW及以上容量火电机组五种辅助设备  
国产、进口非计划停运率比较 %

2016年300MW等级容量的五种辅助设备按国产、进口分类的主要可靠性指标（台年平均）见下表：

表3-28 2016年300MW等级容量的五种辅助设备

按国产、进口分类的主要可靠性指标

指标	磨煤机		给水泵		送风机		引风机		高加	
	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口
台数	2468	317	1573	253	1104	138	1183	108	1706	205
运行系数 (%)	52.92	54.09	46.31	40.77	66.65	64.05	66.46	62.53	65.85	64.88
可用系数 (%)	94.02	92.47	94.42	93.67	93.96	92.43	93.91	92.97	94.30	92.45
非计划停运率 (%)	0.06	0.34	0.06	0.37	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02
计划停运系数 (%)	5.95	7.34	5.55	6.18	6.04	7.57	6.07	7.03	5.64	7.54

本年300MW级容量火电机组参与统计评价的五种辅助设备，国产化率分别为88.36%、86.15%、88.60%、91.35%、89.27；同期为88.78%、87.46%、89.54%、91.63%、89.85%；较同期五种辅机不同程度的均有所降低。

从表3-28可以看出，运行系数：磨煤机国产辅助设备低于进口设备。给水泵、送风机、引风机、高压加热器国产辅助设备均高于进口设备。

非计划停运率：非计划停运率：引风机国产辅助设备高于进口设备，磨煤机、给水泵、送风机、高压加热器国产辅助设备均低于进口设备。因此各有关单位应进一步加强设备维护，不断提高国产设备的健康运行水平。

2016年500MW及以上容量的五种辅助设备按国产、进口分类的主要可靠性指标（台年平均）见下表：

表3-29 2016年500MW及以上容量的五种辅助设备

按国产、进口分类的主要可靠性指标

指标	磨煤机		给水泵		送风机		引风机		高加	
	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口
台数	2686	253	1022	280	837	128	882	81	1459	87
运行系数 (%)	55.27	56.63	50.12	56.33	68.51	71.40	68.46	75.04	68.78	75.33
可用系数 (%)	92.11	90.07	93.05	92.38	92.59	92.31	92.75	92.56	92.85	93.33
非计划停运率 (%)	0.09	0.19	0.07	0.02	0.00	0.00	0.04	0.01	0.04	0.00
计划停运系数 (%)	7.84	9.83	6.91	7.61	7.41	7.69	7.22	7.44	7.12	6.68

本年500MW及以上容量火电机组参与统计评价的五种辅助设备，国产率分别为91.39%、78.49%、86.74%、91.59%、94.37%；同期为91.75%、79.92%、87.02%、90.72%、94.36%；本期与同期相比磨煤机、给煤机、送风机国产率略低于进口设备；引风机、高压加热器略有提高。

我国大型火电机组在辅机配套设备方面，国产化基本保持在百分之八十以上，有些设备：磨煤机、引风机、高加已经达到了百分之九十以上，国产化率水平比较高。

从表3-29中可以看出：

运行系数：本年度国产五种附属设备均低于进口设备，说明国产设备运转时间低于进口设备运转时间。

可用系数：磨煤机、给水泵、引风机、送风机、高压加热器均高于进口设备，间接反映了国产设备停备时间较进口设备长。

非计划停运率：磨煤机国产设备低于进口设备；送风机国产及进口设备持平；给水泵、引风机、高压加热器均高于进口设备。

上述指标反映了国产设备在可靠性方面较国外设备有很大的改进空间，特别是国产设备在非计划停运与进口设备相比国产设备还有一定的提升潜力。

2016年600MW容量等级的五种辅助设备按国产、进口分类的主要可靠性指标（台年平均）见下表：

表3-30 2016年600MW容量等级的五种辅助设备  
按国产、进口分类的主要可靠性指标

指标	磨煤机		给水泵		送风机		引风机		高压加热器	
	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口
台数	2238	166	926	154	699	92	731	55	1121	51
运行系数 (%)	54.44	59.44	49.29	55.63	67.53	69.95	67.23	74.15	67.51	73.16
可用系数 (%)	92.26	91.34	92.96	93.19	92.75	92.51	92.79	94.27	93.00	92.60
非计划停运率 (%)	0.07	0.07	0.07	0.01	0.00	0.00	0.04	0.01	0.03	0.00
计划停运系数 (%)	7.70	8.62	7.00	6.81	7.25	7.49	7.18	5.72	6.98	7.40



本年将600MW等级容量火电机组参与统计评价的五种辅助设备单独进行统计，数据显示：国产化率分别为93.09%、85.74%、87.70%、93.00%、95.65%；同期为92.96%、86.69%、88.33%、92.76%、95.77%；相比只有磨煤机、引风机略高于同期，其余均有所降低。

运行系数：国产设备均低于进口设备。

可用系数：国产设备磨煤机、送风机、高压加热器高于进口设备，给水泵、引风机低于进口设备。

非计划停运率：磨煤机、送风机国产设备器与进口设备持平；给水泵、引风机、高压加热器国产设备均高于进口设备。

### （七）电除尘、脱硫系统指标完成情况

可靠性中心开展对全国电力企业火电机组的附属设备即电除尘器、脱硫系统的可管理评价工作，至今已经有六年了，参与统计的设备由起初的电除尘693套到2016年的1597套；脱硫装置由起初的543套到2016年的1087套有了显著的增加，但参加统计评价的设备与全国应参加的统计评价设备有一定的差距。

2016年200MW及以上火电机组电除尘设备、脱硫系统主要可靠性指标表3-31

由表3-31可知：设备统计台数：本期较同期电除尘器、脱硫设备分别增加11台、6台。

运行系数：本期较同期电除尘器降低0.62%，相当于台年平均运行小时减少54.31小时；脱硫设备降低1.46%；相当于台年平均运行小时减少127.90小时。

可用系数：本期较同期电除尘器、脱硫设备分别降低0.07%，0.65%；相当于台年平均停运小时分别增加6.13小时、106小时。

具体指标见下表。

表3-31 2016年200MW及以上火电机组电除尘设备、脱硫系统主要可靠性指标

指标	年份	台数	运行系数%	可用系数%	非计划停运率%
电除尘	2016	1597	68.11	93.13	0.05
	2015	1586	68.73	93.20	0.04
脱硫	2016	1087	68.23	93.31	0.01
	2015	1081	69.69	93.96	0.01

#### 四、2016年全国电网220kV及以上电压等级变压器、断路器、架空线路等13类输变电设施运行可靠性分析

13类输变电设施包括：架空线路、变压器、断路器、电抗器、电流互感器、电压互感器、隔离开关、避雷器、耦合电容器、阻波器、全封闭组合电器、电缆线路、母线。

##### （一）2016年全国电网13类输变电设施统计数量情况

2016年全国共有37个省级电网企业及所辖384个地市级供电公司（含所属发电厂、检修公司、超高压公司）向电力可靠性管理中心报送了220kV及以上电压等级架空线路、变压器、电抗器等十三类输变电设施的可靠性统计数据。2016年全国电网参与可靠性统计的十三类输变电设施数量见表4-1-1、4-1-2、4-1-3、4-1-4。

表4-1 2016年全国电网13类输变电设施统计数量情况

类别	220kV	330 kV	400 kV	500 kV	660 kV	750 kV	800 kV	1000 kV	综合
架空线路	3989.087	265.518	20.630	1945.862	26.667	170.892	218.759	54.476	6691.890
变压器	9875	373	0	3851	6	224	18	117	14464
电抗器	144	134	0	1791	0	376	0	97	2542
断路器	33286	1628	0	6026	0	300	0	19	41259
电流互感器	100350	2887	0	14516	0	3	0	67	117823
电压互感器	51237	4112	0	15934	0	880	0	240	72403
隔离开关	127190	3760	0	15287	0	805	0	81	147123
避雷器	93319	3855	0	16981	1	1304	0	258	115718
耦合电容器	9094	102	0	362	0	0	0	0	9558
阻波器	13660	680	0	2452	0	4	0	0	16796
电缆线路	42.818	0	0	0.584	0	0	0	0	43.402
组合电器	2911	73	0	1404	0	20	0	25	4433
母线	9708	255	0	1289	0	61	0	12	11325

注：上表中统计数量单位：架空线路、电缆线路为百公里，其它设备为台（段）。

表4-1-2 2016年全国及各地区220千伏及以上电压等级架空线路总长度

区域 电网	架空线路总长度 (km)						
	220kV	330kV	500kV	660kV	750kV	800kV	1000kV
华北	100210.380	0	40526.204	1839.776	0	497.546	2224.558
东北	40749.613	0	15247.621	0	0	0	0
华东	77754.955	0	37176.797	0	0	3808.298	2699.893
华中	81533.314	185.302	48593.955	0	0	9926.148	523.100
西北	26086.426	26366.476	809.702	826.970	17089.193	3654.834	0
南方	72573.984	0	52231.948	0	0	3989.040	0
总计	398908.680	26551.778	194586.230	2666.746	17089.193	21875.866	5447.551

表4-1-3 2016年全国及各地区220千伏及以上电压等级变压器数量

区域 电网	变压器总台数 (台)						
	220kV	330kV	500kV	660kV	750kV	800kV	1000kV
华北	2489	0	987	0	0	0	37
东北	815	0	275	0	0	0	0
华东	2623	0	967	0	0	0	68
华中	1926	0	794	0	0	0	12
西北	335	367	0	0	224	0	0
南方	1687	6	828	6	0	18	0
总计	9875	373	3851	6	224	18	117

表4-1-4 2016年全国及各地区220千伏及以上电压等级断路器数量

区域 电网	断路器总台数 (台)						
	220kV	330kV	500kV	660kV	750kV	800kV	1000kV
华北	6155	0	1275	0	0	0	16
东北	2979	0	554	0	0	0	0
华东	9448	0	1401	0	0	0	0
华中	7154	23	1263	0	0	0	3
西北	1334	1605	0	0	300	0	0
南方	6216	0	1533	0	0	0	0
总计	33286	1628	6026	0	300	0	19

## (二) 2016年全国电网13类输变电设施可靠性指标完成情况

2016、2015年全国电网架空线路等十三类输变电设施主要指标完成情况见表4-2。

表4-2 2016、2015年全国电网十三类输变电设施主要可靠性指标完成情况

类别	可用系数%		强迫停运率		非计划停时间		计划停时间	
	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015
架空线路	99.570	99.600	0.067	0.094	1.055	0.976	34.085	33.347
变压器	99.867	99.887	0.156	0.136	0.173	0.144	11.254	9.557
电抗器	99.904	99.921	0.399	0.593	0.015	0.008	8.404	6.765
断路器	99.958	99.953	0.123	0.108	0.037	0.094	3.623	3.870
电流互感器	99.986	99.983	0.010	0.012	0.019	0.002	1.164	1.338
电压互感器	99.976	99.980	0.083	0.030	0.034	0.002	2.031	1.701
隔离开关	99.992	99.991	0.008	0.009	0.009	0.028	0.716	0.737
避雷器	99.983	99.983	0.024	0.022	0.001	0.002	1.495	1.484
耦合电容器	99.992	99.989	0.010	0.000	0.000	0.001	0.625	0.922
阻波器	99.987	99.990	0.046	0.011	0.001	0.003	1.040	0.878
电缆线路	99.917	99.946	0.000	0.028	0.000	0.000	7.280	2.024
组合电器	99.993	99.989	0.021	0.011	0.008	0.043	0.617	0.887
母线	99.959	99.961	0.287	0.074	0.038	0.017	3.518	3.354

注：上表中强迫停运率单位：架空线路、电缆线路为次/百公里年，其它设备为次/百台（段）年；非停、计停时间单位：架空线路、电缆线路为小时/百公里年，其它设备为小时/台（段）年。

通过表4-2看出：2016年全国电网220kV及以上电压等级13类输变电设施可靠性指标均维持在较高水平。变压器、架空线路可用系数较2015年分别下降0.020、0.030百分点，断路器可用系数较2015年上升0.005百分点。

### (三) 全国电网变压器、断路器、架空线路三类主要输变电设施可靠性分析

#### 1、三类主要输变电设施综合指标完成情况

变压器、断路器、架空线路三类设施综合指标完成情况对比见图4-1。变压器、断路器、架空线路三类设施近五年各电压等级可靠性主要指标完成情况及对比见表4-3。

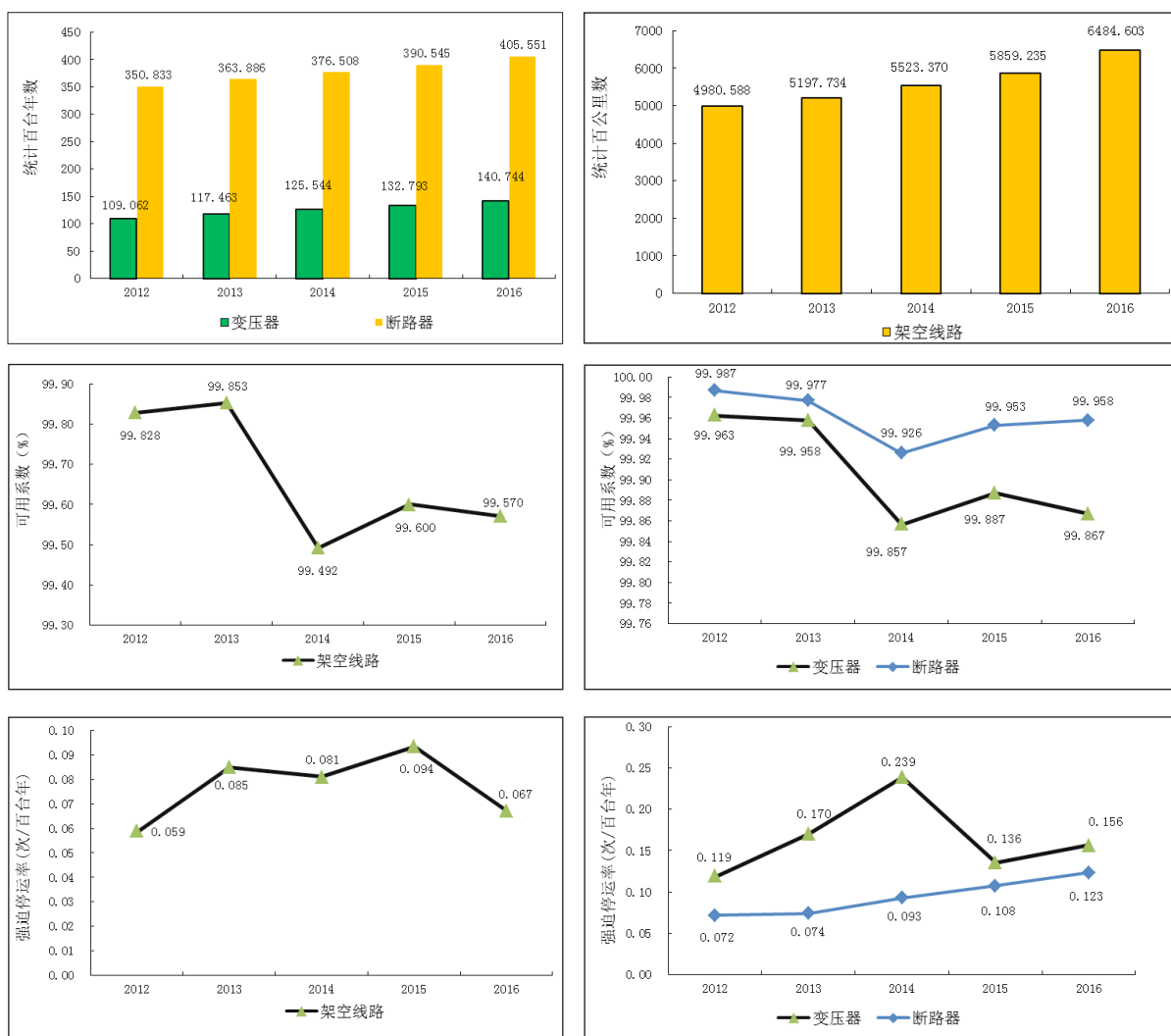


图4-1 三类设施五年主要指标对比图

表4-3 三类主要输变电设施近五年可靠性指标完成情况对比

分类	年份	统计百台年(百公里年)			强迫停运率			可用系数(%)		
		220kV	330kV	500kV	220kV	330kV	500kV	220kV	330kV	500kV
变压器	2012	77.179	2.827	27.770	0.090	0.354	0.144	99.973	99.983	99.940
	2013	82.586	2.998	30.233	0.073	0.667	0.364	99.970	99.878	99.935
	2014	87.829	3.234	32.556	0.114	2.474	0.307	99.873	99.079	99.892
	2015	92.168	3.489	34.529	0.141	0.287	0.058	99.888	99.789	99.909
	2016	96.812	3.677	37.121	0.103	1.088	0.162	99.889	99.748	99.840
断路器	2012	228.269	13.826	38.947	0.025	0.145	0.267	99.990	99.988	99.969
	2013	294.227	14.281	53.452	0.037	0.350	0.187	99.984	99.884	99.964
	2014	305.109	14.843	54.448	0.075	0.067	0.202	99.931	99.842	99.925
	2015	316.062	15.371	56.749	0.104	0.195	0.106	99.956	99.890	99.963
	2016	327.856	15.739	59.084	0.079	0.064	0.203	99.961	99.937	99.962
架空线路	2012	3006.640	218.012	1541.439	0.049	0.069	0.082	99.978	99.951	99.598
	2013	3148.068	219.920	1577.613	0.072	0.114	0.115	99.928	99.661	99.814
	2014	3299.545	232.097	1649.611	0.068	0.168	0.100	99.720	99.135	99.519
	2015	3511.912	241.910	1700.743	0.085	0.178	0.118	99.841	99.514	99.405
	2016	3885.883	258.651	1891.736	0.065	0.147	0.069	99.872	99.563	99.382

注：图4-1及表4-2中强迫停运率单位：变压器、断路器单位为次/百台年；架空线路单位为次/百公里年。

从图4-1及表4-3看出：

1、变压器、断路器和架空线路三类设施2016年的统计数量分别较2012年增加31.682百台年、54.718百台年和1504.015百公里年，5年来年均增长率分别达到5.23%、2.94%和5.42%。

2、变压器、断路器、架空线路三类设施可用系数近五年一直维持在较高水平，近两年呈逐年下降趋势。2016年变压器、断路器、架空线路可用系数较2012年分别下降0.096、0.029和0.258个百分点。

3、变压器、断路器、架空线路三类设施强迫停运率近5年均有较大幅度下降，近两年呈上升趋势。2016年变压器、断路器及架空线路强迫停

运率分别较2012年上升0.037次/百台年、0.052次/百台年和0.008次/百公里年。

## 2、三类主要输变电设施可靠性指标对标情况

2016年变压器、断路器、架空线路三类设施可靠性指标对标情况见表4-4、表4-5、表4-6。

表4-4 2016年全国电网变压器可靠性指标对标情况

指标	电压等级	最优值（占比%）	最末值	平均值
可用系数（%）	220	100（81.91）	67.667	99.889
	500	100（84.48）	48.649	99.840
非计划停运次数	220	0（99.85）	1次/台年	0.155次/百台年
	500	0（99.80）	1次/台年	0.216次/百台年
非计划停运小时	220	0（99.85）	48.750小时/台年	0.012小时/百台年
	500	0（99.80）	54.783小时/台年	0.028小时/百台年

表4-5 2016年全国电网断路器可靠性指标对标情况

指标	电压等级	最优值（占比%）	最末值	平均值
可用系数（%）	220	100（89.68）	87.422	99.961
	500	100（90.31）	93.326	99.962
非计划停运次数	220	0（99.91）	2次/台年	0.101次/百台年
	500	0（99.77）	1次/台年	0.216次/百台年
非计划停运小时	220	0（99.91）	180.750小时/台年	0.021小时/百台年
	500	0（99.77）	371.033小时/台年	0.105小时/百台年

表4-6 2016年全国电网架空线路可靠性指标对标情况

指标	电压等级	最优值（占比%）	最末值	平均值
可用系数（%）	220	100（82.92）	85.074	99.872
	500	100（72.24）	79.978	99.382
非计划停运次数	220	0（98.28）	3次/条年	0.075次/百千米年
	500	0（94.40）	3次/条年	0.080次/百千米年
非计划停运小时	220	0（98.28）	301.519小时/条年	0.173小时/百千米年
	500	0（92.81）	486.200小时/条年	2.676小时/百千米年



## 3、三类主要输变电设施按投运时间可靠性指标情况

2016年变压器、断路器、架空线路三类设施按投运时间可靠性指标情况见表4-7、表4-8、表4-9。

表4-7 2016年全国电网变压器按投运时间可靠性指标情况

投运时间	电压等级	台数	可用系数 (%)	计划停运率	非计划停运率
5年以内	综合	4043	99.877	20.362	0.388
	220	2543	99.920	18.277	0.259
	330	110	99.798	25.958	0.961
	500	1162	99.870	18.318	0.594
5年以上, 10年以内	综合	5614	99.891	18.855	0.160
	220	3691	99.907	20.585	0.054
	330	156	99.818	15.982	2.557
	500	1637	99.859	15.942	0.061
10年以上, 20年以内	综合	3917	99.838	20.831	0.178
	220	2921	99.859	22.059	0.170
	330	86	99.626	13.915	2.319
	500	903	99.788	17.670	0.000
20年以上	综合	890	99.803	22.298	0.331
	220	720	99.823	22.418	0.273
	330	21	99.477	28.493	0.000
	500	149	99.751	20.876	0.652

表4-8 2016年全国电网断路器按投运时间可靠性指标情况

投运时间	电压等级	台数	可用系数 (%)	计划停运率	非计划停运率
5年以内	综合	8701	99.957	12.866	0.316
	220	7021	99.970	12.096	0.233
	330	307	99.947	10.832	0.000
	500	1210	99.933	14.110	0.369
5年以上, 10年以内	综合	16657	99.961	11.395	0.150
	220	12982	99.964	11.551	0.062
	330	720	99.954	7.757	0.554
	500	2799	99.969	10.713	0.250

投运时间	电压等级	台数	可用系数 (%)	计划停运率	非计划停运率
10年以上, 20年以内	综合	14883	99.956	11.236	0.087
	220	12488	99.956	11.388	0.080
	330	473	99.907	10.964	0.000
	500	1922	99.966	10.319	0.156
20年以上	综合	1017	99.941	10.073	0.000
	220	794	99.939	11.359	0.000
	330	128	99.928	5.454	0.000
	500	95	99.981	5.249	0.000

表4-9 2016年全国电网架空线路按投运时间可靠性指标情况

投运时间	电压等级	长度	可用系数 (%)	计划停运率	非计划停运率
5年以内	综合	2572	99.591	0.487	0.081
	220	1619	99.889	0.588	0.083
	330	83	99.485	0.567	0.094
	500	591	99.640	0.330	0.093
5年以上, 10年以内	综合	2581	99.556	0.601	0.070
	220	1429	99.869	0.794	0.075
	330	129	99.667	0.463	0.154
	500	812	99.428	0.396	0.058
10年以上, 20年以内	综合	1130	99.558	0.675	0.081
	220	643	99.872	0.771	0.058
	330	35	99.252	0.729	0.168
	500	451	99.129	0.535	0.107
20年以上	综合	409	99.574	0.495	0.087
	220	298	99.807	0.591	0.079
	330	19	99.740	0.362	0.259
	500	93	98.787	0.213	0.075

从表4-7、表4-8、表4-9看出：

2016年全国电网变压器投运时间在5年以上、10年以内的数量最多，达到5614台，可靠性指标情况较好的是5年以上、10年以内变压器，可用系数达到99.891%，非计划停运率为0.160次/百台年。

2016年全国电网断路器投运时间在5年以上、10年以内的数量最多，达到16657台，可靠性指标情况较好的是5年以上、10年以内断路器，可用系数达到99.961%，非计划停运率为0.150次/百台年。

2016年全国电网架空线路投运时间在5年以上、10年以内数量最多，达到2581百公里，可靠性指标情况较好的是5年以内架空线路，可用系数达到99.591%，非计划停运率为0.081次/百公里年。

#### (四) 影响变压器、断路器和架空线路可靠性指标的主要因素

2016年、2015年变压器、断路器和架空线路三类设施计划停运及非计划停运影响可靠性指标的情况见表4-10。

表4-10 2016、2015年三类设施影响可靠性指标情况对比

指标	年份	变压器	断路器	架空线路
可用系数 (%)	2016	99.867	99.958	99.570
	2015	99.887	99.953	99.600
	比较	-0.020	0.005	-0.030
计划停运影响的可用系数 (%)	2016	0.131	0.042	0.417
	2015	0.111	0.046	0.389
	比较	0.020	-0.004	0.028
非计划停运影响的可用系数 (%)	2016	0.002	0.000	0.013
	2015	0.002	0.001	0.011
	比较	0.000	-0.001	0.002

从表4-10看出：

1、2016年变压器可用系数比2015年降低0.020个百分点，计划停运影响的可用系数比2015年上升0.020个百分点，非计划停运影响的可用系数与2015年持平。

2、2016年断路器可用系数比2015年上升0.005个百分点，计划停运影响的可用系数比2015年降低0.004个百分点，非计划停运影响的可用系数比2015年降低0.001个百分点。

3、2016年架空线路可用系数比2015年降低0.030个百分点，计划停运影响的可用系数比2015年上升0.028个百分点，非计划停运影响的可用系数比2015年上升0.002个百分点。

### (1) 非计划停运对可靠性指标的影响分析

2016年与2015年变压器、断路器和架空线路三类设施非计划停运情况见表4-11。

表4-11 2016、2015年三类主要设施非计划停运情况

分类	年份	220kV		330kV		500kV	
		次数*	时间**	次数*	时间**	次数*	时间**
变压器	2016	15	0.012	7	5.895	8	0.028
	2015	19	0.065	1	0.051	4	0.103
	比较	-4	-0.053	6	5.844	4	-0.075
断路器	2016	33	0.021	4	0.033	14	0.105
	2015	34	0.013	1	0.058	12	0.009
	比较	-1	0.008	3	-0.025	2	0.096
架空线路	2016	293	0.173	38	0.131	152	3.086
	2015	330	0.235	46	0.837	209	2.676
	比较	-37	-0.062	-8	-0.706	-57	0.410

注：\*架空线路、变压器、断路器次数单位：次。

\*\*架空线路时间单位：小时/百公里年；变压器、断路器时间单位：小时/台年。

从表4-11可以看出：2016年，220kV 变压器及220kV、330kV、500kV 架空线路非计划停运次数均少于2015年，其中500kV架空线路下降最多，为57次。2016年，220kV、500kV变压器、330kV断路器及220kV、330kV 架空线路的非计划停运时间较2015年均有所减少，其余330kV变压器、220kV、500kV断路器、500kV架空线路非计划停运时间较2015年有所增加。

2016年与2015年变压器、断路器和架空线路三类主要设施非计划停运影响可用系数及对比情况见表4-12及图4-2。

表4-12 2016、2015年三类主要设施非计划停运影响可用系数情况

分类	电压等级 (kV)	影响可用系数 (%)		
		2016	2015	比较
变压器	220	0.000	0.001	-0.001
	330	0.067	0.001	0.066
	500	0.001	0.001	0.000
断路器	220	0.000	0.000	0.000
	330	0.000	0.000	0.000
	500	0.001	0.008	-0.007
架空线路	220	0.002	0.003	-0.001
	330	0.002	0.010	-0.008
	500	0.037	0.031	0.006

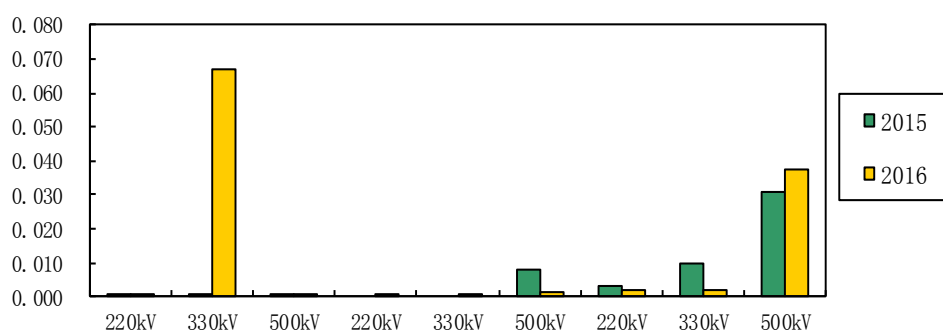


图4-2 2016年与2015年三类设施非计划停运影响的可用系数对比

从表4-12及图4-2可以看出：2016年，220kV变压器，500kV断路器及220kV、330kV架空线路非计划停运影响的可用系数较2015年有所降低，其中330kV架空线路降低幅度最大，等效提高可用系数0.008个百分点。2016年500kV变压器、220kV、330kV断路器非计划停运影响的可用系数较2015年持平。330kV变压器、500kV架空线路非计划停运影响的可用系数均较2015年有所升高，其中330kV变压器等效上升可用系数0.066个百分点。

## (2) 非计划停运对可用系数影响较大设施330kV变压器分析

2016年 330kV变压器非计划停运情况见表4-13。

表4-13 2016年330kV变压器非计划停运分布情况

停运类别	次数	占非计划停运次数百分比%	小时/百台年	占非计划停运时间百分比%
第一类非计划停运	4	57.14	5.607	95.11
第二类非计划停运	0	0.00	0.000	0.00
第三类非计划停运	3	42.86	0.288	4.89
第四类非计划停运	0	0.00	0.000	0.00
强迫停运	4	57.14	5.607	95.11
非计划停运合计	7	100	5.895	100

从表4-13可以看出：2016年，影响330kV变压器可用系数的有7次非计划停运，主要为第一类非计划停运，停运时间为5.607小时/百台年。

### (3) 非计划停运的事件分析

#### 变压器

2016年，全国电网变压器共发生非计划停运33次，比2015年增加6次，其中220kV有15次，比2015年减少4次；330kV有7次，比2015年增加6次；500kV有8次，比2015年增加4次；750kV、1000kV有2次、1次，与2015年持平；2016年660kV、800kV未发生非计划停运。2016年累计非计划停运0.173小时/台年，比2015年增加0.029小时/台年，影响全国电网变压器可用系数0.002%。

#### A. 按停运时间分析

2016年全国电网变压器发生的33次非计划停运按停运时间分布情况见图4-3，按停运时间分级分析情况见表4-14。

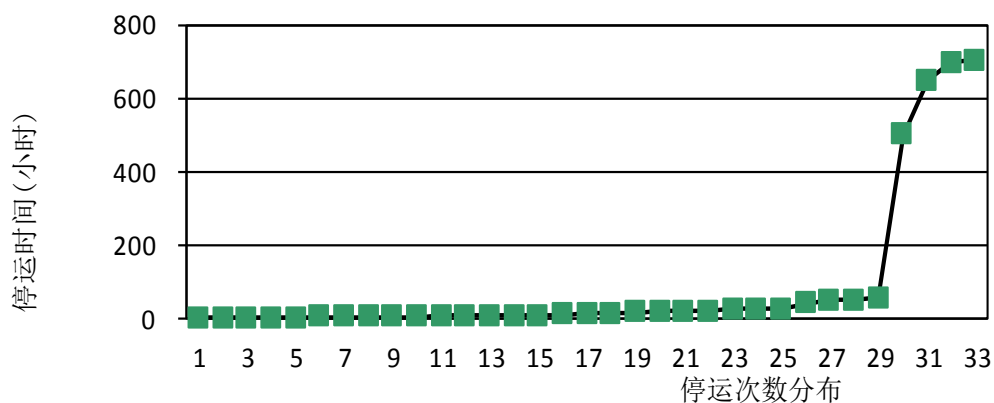


图4-3 2016年变压器非计划停运按停运时间分布

表4-14 2016年变压器非计划停运按停运时间分级分析情况

级别	变压器非计划停运时间（小时）	非停次数（次）
1级	<5	13
2级	5-50	15
3级	50-500	2
4级	500-800	3
5级	≥800	0
备注	各分级数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。	

从图4-3和表4-14可以看出：2016年全国电网变压器发生4级非停事件3次，发生3级非停事件2次，具体情况如下：

——2016年6月至7月，陕西省电力公司检修公司330kV南郊变电站#1、#2、#3主变由于施工安装不良，导致主变高压线圈断裂、熔断，各发生1次第一类非计划停运，非停时间分别为647.52小时、695.52小时、701.52小时。

——2016年12月至2017年1月，辽宁省电力有限公司检修分公司500kV唐家变电站2号主变压器A相由于产品质量不良，主变报轻瓦斯保护动作信息，经检查分析，2号主变A相瓦斯继电器内有气体，气体与油样中乙炔含量严重超标。发生1次第二类非计划停运，非停时间为498.28小时。

#### B. 按部位因素分析

非计划停运按部位因素分析的情况见表4-15、表4-16、表4-17、表4-18、表4-19、表4-20。

表4-15 2016年220kV变压器非计划停运按部位分类

非计划停运部位	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
有载分接开关	2	48.783	40.81%
套管电流互感器	1	17.067	14.28%
充油式套管	3	12.433	10.40%
继电保护	2	11.917	9.97%
一次系统	1	4.400	3.68%

非计划停运部位	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时 间的百分比 (%)
储油柜	1	3.933	3.29%
风冷散热器	1	2.917	2.44%
灭火装置	1	0.283	0.24%
纯瓷套管	1	0.083	0.07%
气体继电器	1	0.050	0.04%
其它	1	17.667	14.78%

表4-16 2016年330kV变压器非计划停运按部位分类

非计划停运部位	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时 间的百分比 (%)
高压线圈	3	2044.550	94.58%
引流线	1	11.717	0.54%
充油式套管	1	3.867	0.18%
其它	2	101.600	4.70%

表4-17 2016年500kV变压器非计划停运按部位分类

非计划停运部位	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时 间的百分比 (%)
有载分接开关	3	68.900	42.27%
低压线圈	1	54.783	33.61%
充油式套管	2	22.433	13.76%
油纸电容式套管	1	14.117	8.66%
其它	1	2.750	1.69%

表4-18 2016年750kV变压器非计划停运按部位分类

非计划停运部位	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时 间的百分比 (%)
储油柜	1	39.483	99.96%
气体继电器	1	0.017	0.04%

表4-19 2016年1000kV变压器非计划停运按部位分类

非计划停运部位	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时 间的百分比 (%)
铁心	1	9.75	100%



表4-20 2016年220kV及以上变压器非计划停运按部位分类

非计划停运原因	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比(%)
高压线圈	3	2044.550	82.00%
有载分接开关	5	117.683	4.72%
低压线圈	1	54.783	2.20%
储油柜	2	43.417	1.74%
充油式套管	6	38.733	1.55%
套管电流互感器	1	17.067	0.68%
油纸电容式套管	1	14.117	0.57%
继电保护	2	11.917	0.48%
引流线	1	11.717	0.47%
铁心	1	9.750	0.39%
一次系统	1	4.400	0.18%
风冷散热器	1	2.917	0.12%
灭火装置	1	0.283	0.01%
纯瓷套管	1	0.083	0.00%
气体继电器	2	0.067	0.00%
其它	4	122.017	4.89%

从表4-15、表4-16、表4-17、表4-18、表4-19、表4-20看出：按部位因素分析，充油式套管是造成220kV及以上变压器非计划停运次数最多的部位因素。分电压等级来看，充油式套管是造成220kV变压器非计划停运的主要原因；高压线圈是造成330kV变压器非计划停运的主要原因；有载分接开关是造成500kV变压器非计划停运的主要原因；油浸高压线圈故障是造成1000kV变压器非计划停运的主要原因。

### C. 按责任因素分析

非计划停运按原因分类的情况见表4-21、表4-22、表4-23、表4-24、表4-25、表4-26。

表4-21 2016年220kV变压器非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
气候因素	6	75.800	63.41%
规划、设计不周	1	17.067	14.28%
检修质量不良	2	10.600	8.87%
产品质量不良	2	7.317	6.12%
运行不当	1	5.083	4.25%
动物事故	1	0.083	0.07%
待查	2	3.583	3.00%

表4-22 2016年330kV变压器非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
施工安装不良	3	2044.550	94.58%
产品质量不良	2	101.600	4.70%
自然灾害	1	11.717	0.54%
气候因素	1	3.867	0.18%

表4-23 2016年500kV变压器非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
产品质量不良	5	126.433	77.57%
动物事故	1	14.117	8.66%
运行不当	1	6.333	3.89%
待查	1	16.100	9.88%

表4-24 2016年750kV变压器非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
待查	2	39.500	100%

表4-25 2016年1000kV变压器非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
待查	1	9.750	100%

表4-26 2015年220kV及以上变压器非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
施工安装不良	3	2044.550	82.00%
产品质量不良	9	235.350	9.44%
气候因素	7	79.667	3.19%
规划、设计不周	1	17.067	0.68%
动物事故	2	14.200	0.57%
自然灾害	1	11.717	0.47%
运行不当	2	11.417	0.46%
检修质量不良	2	10.600	0.43%
待查	6	68.933	2.76%

从表4-21、表4-22、表4-23、表4-24、表4-25、表4-26看出：按责任因素分析，产品质量不良是造成220kV及以上变压器非计划停运的主要原因。分电压等级来看，气候因素是造成220kV变压器非计划停运的主要原因，施工安装不良是造成330kV变压器非计划停运的主要原因，产品质量不良是造成500kV变压器非计划停运的主要原因。

#### D. 按国产、进口变压器分析

2016年国产、进口变压器二年主要可靠性指标见表4-27。

表4-27 2016年国产、进口变压器近二年可靠性指标情况

分类	年份	统计百台年			可用系数(%)			强迫停运率(次/百台年)		
		220kV	330kV	500kV	220kV	330kV	500kV	220kV	330kV	500kV
国产	2015	88.248	3.329	28.219	99.892	99.784	99.932	0.147	0.3	0.071
	2016	87.266	3.517	28.177	99.883	99.753	99.846	0.092	1.137	0.213
进口	2015	3.11	0.04	5.58	99.788	99.712	99.815	0	0	0
	2016	3.277	0.040	5.804	99.869	99.690	99.793	0.610	0	0

从表4-27看出：2016年，220kV、330kV、500kV国产变压器可用系数分别较进口变压器高出0.014、0.064和0.053个百分点。330kV、500kV进口变压器2016年均未发生强迫停运。

## E. 变压器按制造厂家分类的运行可靠性指标

变压器按制造厂家分类（按统计台数排序,下同）的运行可靠性指标见表4-28、表4-29、表4-30、表4-31、表4-32。

表4-28 2016年220kV变压器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
合肥ABB变压器有限公司	829	99.831	0	0	0	0
特变电工(沈阳)变压器集团公司	812	99.810	0.124	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	795	99.892	0	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	723	99.908	0	0	0	0
常州西电变压器有限责任公司	702	99.921	0.145	0	0	0
山东电力设备有限公司	542	99.806	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司	413	99.819	0	0	0	0
江苏华鹏变压器有限公司	365	99.931	0	0	0	0
广州西门子变压器有限公司	345	99.941	0	0	0	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂	342	99.909	0.302	0.013	46.397	0.302
济南西门子变压器有限公司	298	99.964	0	0	0	0
山东达驰电气有限公司	283	99.910	0	0	0	0
中山ABB变压器有限公司	252	99.944	0	0	0	0
葫芦岛电力设备厂	243	99.865	0	0	0	0
山东鲁能泰山电力设备有限公司泰安泰山电气有限公司	226	99.914	0	0	0	0
哈尔滨变压器厂	168	99.815	0	0	0	0
常州东芝变压器有限公司	154	99.974	0	0	0	0
山东泰开变压器有限公司	152	99.899	1.515	0.017	84.517	0.758
西门子(SIEMENS)公司	142	99.888	0	0	0	0
青岛青波变压器股份有限公司	114	99.870	0	0	0	0
云南变压器厂	82	99.942	0	0	0	0
江苏南通晓星变压器有限公司	69	99.980	0	0	0	0
长春三鼎变压器有限公司	67	99.924	0	0	0	0

2016 年度全国电力可靠性同业对标及趋势分析报告

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
三变科技股份有限公司	65	99.883	1.555	0	0	0
西电济南变压器股份有限公司	64	99.911	0	0	0	0
卧龙电气烟台东源变压器有限公司	60	99.615	0	0	0	0
重庆ABB变压器有限公司	56	99.894	0	0	0	0
江西变压器厂	44	99.971	0	0	0	0
南通变压器厂	38	99.921	0	0	0	0
东芝(TOSHIBA)公司	36	99.890	0	0	0	0
上海AREVA变压器有限公司	31	99.977	0	0	0	0
重庆重变电器有限责任公司	28	99.893	0	0	0	0
太原变压器厂	26	99.838	0	0	0	0
上海电力变压器厂	22	99.941	0	0	0	0
济南志友集团股份有限公司	19	99.739	0	0	0	0
天威保变(合肥)变压器有限公司	16	99.819	0	0	0	0
(BRUSH)电气机械公司	15	99.982	0	0	0	0
伊林(ELIN)联合公司	14	99.572	6.677	0	0	0
ABB瑞士公司	14	99.991	0	0	0	0
阿尔斯通公司	14	99.999	0	0	0	0
北京电力机电研究所	14	99.967	0	0	0	0
ABB德国公司	13	99.997	0	0	0	0
阿海珐输配电隔离开关(无锡)有限公司	13	99.960	0	0	0	0
法国阿海珐(AREAVA)公司	11	99.980	0	0	0	0
衡阳变压器厂	11	99.911	0	0	0	0
重庆市亚东亚集团变压器有限公司	10	99.830	0	0	0	0
上海ABB变压器有限公司	10	99.984	0	0	0	0
三菱(MHISUBISHI)公司	9	99.996	0	0	0	0

\* 此项为由于设备因素造成的非计划停运小时。

\*\* 此项为设备因素造成的非计划停运小时占该制造厂提供产品的全部非计划停运时间的百分比。(下同)

另: 统计台数少于末行台数的制造厂家未列入上表(下同)。

表4-29 2016年330kV变压器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
西安西电变压器有限责任公司	142	99.649	2.852	0	0	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂	49	99.847	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	35	99.810	0	0	0	0
特变电工(沈阳)变压器集团公司	31	99.748	0	0	0	0
常州西电变压器有限责任公司	19	99.796	0	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	17	99.903	0	6.074	100	0
济南西门子变压器有限公司	10	99.933	0	0	0	0
山东电力设备有限公司	10	99.657	0	0	0	0
重庆重变电器有限责任公司	7	99.870	0	0	0	0
山东泰开变压器有限公司	6	99.938	0	0	0	0
重庆ABB变压器有限公司	5	99.453	0	0	0	0
江苏南通晓星变压器有限公司	5	99.750	0	0	0	0
上海AREVA变压器有限公司	4	100	0	0	0	0
南通变压器厂	4	99.865	0	0	0	0
东芝(TOSHIBA)公司	3	99.586	0	0	0	0
上海ABB变压器有限公司	3	100	0	0	0	0
江苏华鹏变压器有限公司	3	100	0	0	0	0

表4-30 2016年500kV变压器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
保定天威保变电气股份有限公司	435	99.851	0	0	0	0
特变电工(沈阳)变压器集团公司	383	99.856	1.415	0.197	86.727	1.132
重庆ABB变压器有限公司	303	99.856	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司	282	99.845	0	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	280	99.903	0	0	0	0

2016 年度全国电力可靠性同业对标及趋势分析报告

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
常州东芝变压器有限公司	273	99.751	0	0	0	0
常州西电变压器有限责任公司	259	99.779	0	0	0	0
重庆重变电器有限责任公司	202	99.872	0	0	0	0
东芝(TOSHIBA)公司	179	99.809	0	0	0	0
山东电力设备有限公司	105	99.740	0	0	0	0
济南西门子变压器有限公司	84	99.959	0	0	0	0
西门子(SIEMENS)公司	78	99.820	0	0	0	0
三菱(MHISUBISHI)公司	77	99.971	0	0	0	0
扎布罗什变压器厂(II A III)	63	99.143	0	0	0	0
山东达驰电气有限公司	36	99.900	0	0	0	0
广州西门子变压器有限公司	31	100	0	0	0	0
重庆重变电器有限责任公司	26	99.996	0	0	0	0
日立(HITACHI)公司	25	99.961	0	0	0	0
衡阳变压器厂	24	99.605	4.155	0	0	0
上海AREVA变压器有限公司	24	100	0	0	0	0
法国阿海珐(AREAVA)公司	21	100	0	0	0	0
特变电工康嘉(沈阳)互感器有限公司	21	99.554	0	0	0	0
ABB德国公司	19	99.996	0	0	0	0
山东泰开变压器有限公司	19	100	0	0	0	0
上海阿尔斯通有限公司	18	100	0	0	0	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂	15	99.912	0	0	0	0
西安变压器厂	15	99.773	0	0	0	0
安沙尔多(ANSAIDO)公司	12	100	0	0	0	0
重庆变压器厂	12	99.867	0	0	0	0
阿尔斯通公司	11	99.997	0	0	0	0
三菱东芝	11	100	0	0	0	0
GEC-阿尔斯通公司	10	99.553	0	0.275	100	0

2016 年度全国电力可靠性同业对标及趋势分析报告

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
上海ABB变压器有限公司	9	99.948	0	0	0	0
南通变压器厂	9	99.450	0	0	0	0
山东鲁能泰山电力设备有限公司 泰安泰山电气有限公司	9	100	0	0	0	0
意大利	8	99.983	0	0	0	0
前苏联	7	99.715	0	0	0	0
伊林(ELIN)联合公司	6	100	0	0	0	0
施耐德(SHEINDER)公司	6	100	0	0	0	0
(BRUSH)电气机械公司	6	100	0	0	0	0
富士(FUJI)电气公司	6	99.652	0	0	0	0
广州电力设备厂	6	100	0	0	0	0
上海电力变压器厂	6	100	0	0	0	0
阿海珐输配电隔离开关(无锡)有限公司	6	99.981	0	0	0	0
江苏华鹏变压器有限公司	6	99.962	0	0	0	0
北京ABB高压开关设备有限公司	6	99.966	0	0	0	0
ABB瑞士公司	5	99.965	0	0	0	0

表4-31 2016年750kV变压器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
西安西电变压器有限责任公司	64	99.829	1.585	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	54	100	0	0	0	0
特变电工(沈阳)变压器集团公司	41	99.805	0	0	0	0
山东电力设备有限公司	27	99.148	0	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	19	99.431	0	0	0	0
重庆ABB变压器有限公司	9	99.929	0	0	0	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂	7	99.505	0	0	0	0
ABB德国公司	3	100	0	0	0	0



表4-32 2016年1000kV变压器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
西安西电变压器有限责任公司	33	99.777	3.756	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	32	99.390	0	0	0	0
特变电工(沈阳)变压器集团公司	27	98.708	0	0	0	0
山东电力设备有限公司	22	98.672	0	0	0	0

### 断路器

2016年全国电网断路器共发生非计划停运63次，比2015年减少5次。其中：220kV有33次，比2015年减少11次；330kV有4次，比2015年减少6次；500kV有14次，比2015年增加1次；750kV有12次，比2015年增加11次；1000kV未发生非计划停运。2016年累计非计划停运0.037小时/台年，比2015年减少0.057小时/台年，影响全国电网断路器可用系数0.0004%。

#### A. 按停运时间分析

2016年全国电网断路器发生的63次非计划停运按停运时间分级分析情况见表4-33、图4-4。

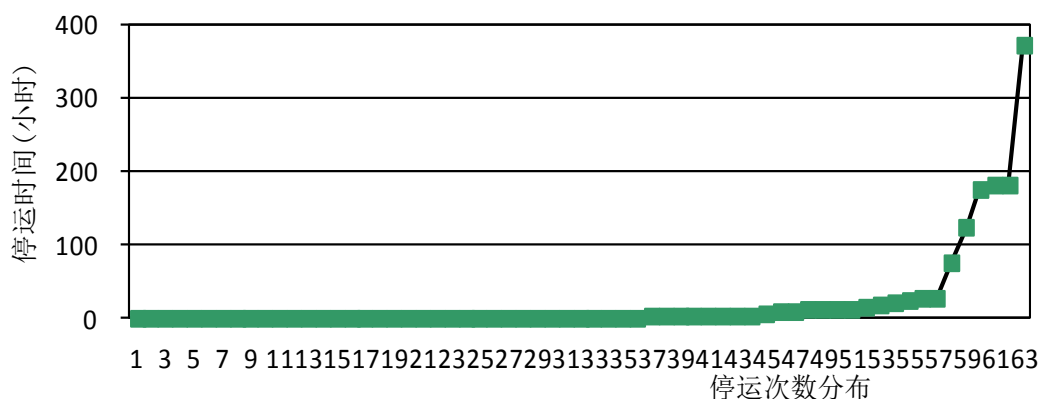


图4-4 2016年断路器非计划停运按停运时间分布

表4-33 2016年断路器非计划停运按停运时间分级分析情况

级别	断路器非计划停运时间（小时）	非停次数（次）
1级	<5	42
2级	5-50	15
3级	50-300	5
4级	300-500	1
5级	≥500	0
备注	各分级数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。	

从图4-4和表4-33可以看出：2016年全国电网断路器发生4级非计划停运事件1次，发生3级非停事件5次，具体情况如下：

——2016年12月，内蒙古超高压供电局武川变电站5022断路器由于本体瓷套故障，发生1次第一类非计划停运，非停时间为371.03小时。

#### B. 按部位因素分析

非计划停运按部位分析的情况见表4-34、表4-35、表4-36、表4-37、表4-38。

表4-34 2016年220kV断路器非计划停运按部位分类

非计划停运部位	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
灭弧部分	9	538.683	75.21%
二次回路公用设备	2	99.583	13.90%
操作机构	11	54.133	7.56%
本体其他部件	5	7.583	1.06%
一次系统	2	6.033	0.84%
端子箱	1	5.750	0.80%
继电保护	3	4.517	0.63%

表4-35 2016年330kV断路器非计划停运按部位分类

非计划停运部位	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
操作机构	3	49.817	96.20%
本体其他部件	1	1.967	3.80%

表4-36 2016年500kV断路器非计划停运按部位分类

非计划停运部位	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间 的百分比(%)
本体其他部件	3	403.683	85.32%
操作机构	9	67.567	14.28%
灭弧部分	2	1.917	0.41%

表4-37 2016年750kV断路器非计划停运按部位分类

非计划停运部位	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间 的百分比(%)
操作机构	3	126.633	81.67%
本体其他部件	9	28.417	18.33%

表4-38 2016年220kV及以上断路器非计划停运按部位分类

非计划停运原因	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间 的百分比(%)
灭弧部分	11	540.600	38.72%
本体其他部件	18	441.650	31.63%
操作机构	26	298.150	21.35%
二次回路公用设备	2	99.583	7.13%
一次系统	2	6.033	0.43%
端子箱	1	5.750	0.41%
继电保护	3	4.517	0.32%

从表4-34、表4-35、表4-36、表4-37、表4-38看出：按部位因素分析，操作机构故障是造成220kV及以上断路器非计划停运次数最多的部位因素。分电压等级来看，操作机构故障是造成220kV、330kV、500kV断路器非计划停运的主要原因，本体其他部件故障是造成750kV断路器非计划停运的主要原因。

### C. 按责任因素分析

非计划停运按责任因素分类的情况见表4-39、表4-40、表4-41、表4-42、表4-43。

表4-39 2015年220kV断路器非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比(%)
产品质量不良	6	568.617	80.01%
气候因素	9	112.250	15.79%
检修质量不良	1	12.917	1.82%
管理不当	1	4.050	0.57%
规划、设计不周	1	3.667	0.52%
自然灾害	6	2.800	0.39%
外力损坏	3	0.467	0.07%
动物事故	2	0.033	0.01%
待查	4	5.900	0.83%

表4-40 2016年330kV断路器非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比(%)
气候因素	4	51.783	100%

表4-41 2016年500kV断路器非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比(%)
产品质量不良	6	70.233	14.84%
设备老化	1	5.500	1.16%
气候因素	3	4.800	1.01%
待查	4	392.633	82.98%

表4-42 2016年750kV断路器非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比(%)
产品质量不良	1	124.25	80.14%
施工安装不良	1	17.333333	11.18%
自然灾害	8	11.08333	7.15%
规划、设计不周	2	2.3833333	1.54%

表4-43 2016年220kV及以上断路器非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比(%)
产品质量不良	13	763.100	54.87%
气候因素	16	168.833	12.14%
施工安装不良	1	17.333	1.25%
自然灾害	14	13.883	1.00%
检修质量不良	1	12.917	0.93%
规划、设计不周	3	6.050	0.44%
设备老化	1	5.500	0.40%
管理不当	1	4.050	0.29%
外力损坏	3	0.467	0.03%
动物事故	2	0.033	0.00%
待查	8	398.533	28.66%

从表4-39、表4-40、表4-41、表4-42、表4-43看出：按责任因素分析，气候因素是造成220kV及以上断路器非计划停运的主要原因。分电压等级来看，气候因素是造成220kV、330kV断路器非计划停运的主要原因，产品质量不良是造成500kV断路器非计划停运的主要原因，自然灾害是造成750kV断路器非计划停运的主要原因。

#### D. 按国产、进口设备分析

2016年国产、进口断路器主要可靠性指标见表4-44。

表4-44 2016年国产、进口断路器近二年可靠性指标情况

分类	年份	统计百台年			可用系数(%)			强迫停运率(次/百台年)		
		220kV	330kV	500kV	220kV	330kV	500kV	220kV	330kV	500kV
国产	2015	267.008	13.308	39.882	99.955	99.885	99.952	0.124	0.075	0.150
	2016	255.776	13.596	37.594	99.960	99.939	99.961	0.094	0.074	0.213
进口	2015	44.664	1.793	15.527	99.961	99.916	99.989	0	1.115	0
	2016	45.966	1.834	16.450	99.957	99.905	99.976	0.022	0	0.243

从表4-44可以看出：2016年，国产、进口各电压等级断路器的可用系数均保持在较高水平，220kV、330kV国产断路器的可用系数分别较进口变压器高出0.003和0.035个百分点，330kV进口断路器2016年未发生强迫停运。

#### E. 断路器按制造厂家分类的运行可靠性指标

断路器按制造厂家分类（按统计台数排序，下同）的运行可靠性指标见表4-45、表4-46、表4-47、表4-48。

表4-45 2016年220kV断路器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
北京ABB高压开关设备有限公司	6733	99.965	0.075	0	0	0
西门子(杭州)高压开关有限公司	4933	99.958	0.144	0.004	68.543	0
河南平高电气股份有限公司	4660	99.958	0.043	0.001	53.962	0
西门子(SIEMENS)公司	3155	99.955	0	0	0	0
西安西电高压开关有限责任公司	2905	99.956	0.105	0.178	96.497	0
苏州阿海珐高压电气开关有限公司	1490	99.971	0.067	0	0	0
苏州阿尔斯通有限责任公司	1264	99.982	0.083	0	0	0
山东泰开高压开关有限公司	774	99.957	0	0	0	0
新东北电气(沈阳)高压开关有限公司	755	99.940	0.134	0.012	100	0.134
北京ABB开关设备有限公司	523	99.943	0.381	0	0	0
江苏省如高高压电器有限公司	397	99.947	0.280	0	0	0
阿尔斯通公司	351	99.976	0.288	0	0	0
苏州开关厂	271	99.969	0	0	0	0
北京北开电气股份有限公司	125	99.888	0	0	0	0
宁波慈溪电器开关总厂	88	99.991	0	0	0	0
西安高压开关厂	80	99.942	0	0	0	0
ABB德国公司	76	99.966	0	0	0	0
阿海珐输配电隔离开关(无锡)有限公司	64	99.973	0	0	0	0

2016 年度全国电力可靠性同业对标及趋势分析报告

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
上海西门子高压开关有限公司	57	99.936	0	0	0	0
上海华通开关厂有限公司	48	99.941	0	0	0	0
河南平高东芝高压开关有限责任公司	45	99.831	0	0	0	0
三菱(MHISUBISHI)公司	39	99.586	0	0	0	0
维奥输配电(广州)有限公司	38	99.975	0	0	0	0
烟台东源开关设备制造有限公司	35	100	0	0	0	0
许继电气开关厂	33	99.997	0	0	0	0
通用电气(GEC)阿尔斯通(ALSTHOM)公司	32	100	0	0	0	0
(BRUSH)电气机械公司	31	99.991	0	0	0	0
云南开关厂	23	99.953	0	0	0	0
法国	19	99.998	0	0	0	0
美国	19	100	0	0	0	0
日新(NIS)公司	19	99.976	0	0	0	0
杭州西门子开关厂	19	100	0	0	0	0
勃朗. 鲍威利(BBC)	17	99.997	0	0	0	0
德国	17	100	0	0	0	0
广州西门子变压器有限公司	16	99.992	0	0	0	0
厦门ABB华电高压开关有限公司	15	100	0	0	0	0
南京南瑞继保电气有限公司	14	99.970	0	0	0	0
电力规划设计总院	14	100	0	0	0	0
河北电力设备厂	12	100	0	0	0	0
通用电气(AGE)公司	11	99.996	0	0	0	0
西安西电电力电容器有限责任公司	11	100	0	0	0	0
浙江运达风力发电工程有限工程公司	11	100	0	0	0	0
山东鲁能泰山电力设备有限公司 泰安泰山电气有限公司	9	100	0	0	0	0
东芝(TOSHIBA)公司	8	100	0	0	0	0

表4-46 2016年330kV断路器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
西安西电高压开关有限责任公司	731	99.944	0.138	0	0	0
河南平高电气股份有限公司	234	99.919	0	0	0	0
北京ABB高压开关设备有限公司	206	99.955	0	0	0	0
西门子(杭州)高压开关有限公司	115	99.926	0	0	0	0
苏州阿尔斯通有限责任公司	89	99.944	0	0	0	0
阿尔斯通公司	49	99.998	0	0	0	0
西门子(SIEMENS)公司	43	99.980	0	0	0	0
苏州开关厂	19	99.877	0	0	0	0
苏州阿海珐高压电气开关有限公司	11	99.920	0	0	0	0
法国	9	99.443	0	0	0	0
三菱(MHISUBISHI)公司	8	100	0	0	0	0

表4-47 2016年500kV断路器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
北京ABB高压开关设备有限公司	1358	99.988	0	0	0	0
西门子(SIEMENS)公司	713	99.970	0.419	0	0	0
西门子(杭州)高压开关有限公司	631	99.984	0	0	0	0
西安西电高压开关有限责任公司	551	99.965	0.367	0.008	100	0.367
河南平高电气股份有限公司	316	99.997	0	0	0	0
苏州阿海珐高压电气开关有限公司	232	99.943	0.430	0.002	100	0.430
新东北电气(沈阳)高压开关有限公司	193	99.978	0	0	0	0
苏州阿尔斯通有限责任公司	188	99.999	0	0	0	0
三菱(MHISUBISHI)公司	158	99.975	0	0	0	0
西安高压开关厂	149	99.651	1.339	0.253	20.218	1.339
阿尔斯通公司	119	99.998	0	0	0	0
北京ABB开关设备有限公司	51	99.547	3.911	0	0	0



2016 年度全国电力可靠性同业对标及趋势分析报告

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
ABB德国公司	46	99.926	2.168	0	0	0
厦门ABB华电高压开关有限公司	43	99.987	0	0	0	0
上海西门子高压开关有限公司	37	100	0	0	0	0
日新(NIS)公司	26	100	0	0	0	0
苏州开关厂	26	100	0	0	0	0
美国	21	100	0	0	0	0
施耐德(SHEINDER)公司	15	99.990	0	0	0	0
山东泰开高压开关有限公司	15	100	0	0	0	0
河南平高东芝高压开关有限责任公司	13	100	0	0	0	0
勃朗.鲍威利(BBC)	10	100	0	0	0	0
日本	10	100	0	0	0	0
江苏省如高高压电器有限公司	10	99.521	0	0	0	0
西安西电高压电瓷有限责任公司	9	100	0	0	0	0
通用电气(GEC)阿尔斯通(ALSTHOM)公司	7	100	0	0	0	0
日立(HITACHI)公司	7	99.995	0	0	0	0
北京北开电气股份有限公司	7	99.968	0	0	0	0
法国阿海珐(AREAVA)公司	6	100	0	0	0	0
美国ABB公司	6	100	0	0	0	0
法国阿海珐(AREAVA)公司	5	100	0	0	0	0
维奥输配电(广州)有限公司	5	99.978	0	0	0	0

表4-48 2016年750kV断路器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
河南平高电气股份有限公司	103	99.432	1.058	1.318	100	1.058
西安西电高压开关有限责任公司	83	99.566	9.612	0	0	0
新东北电气(沈阳)高压开关有限公司	48	99.693	0	0	0	0
北京ABB高压开关设备有限公司	46	99.921	0	0	0	0
山东泰开高压开关有限公司	17	99.561	14.245	0	0	0

## 架空线路

2016年架空线路共发生非计划停运498次，比2015年减少93次。其中：220kV有293次，比2015年减少37次；330kV有38次，比2015年减少8次；500kV有152次，比2015年减少57次；660kV有2次，与2015年持平；750kV有12次，比2015年增加7次；800kV未发生停运；1000kV有1次，与2015年持平。累计非计划停运1.054小时/百公里年，比2015年上升0.078小时/百公里年，影响架空线路全年可用系数0.013%。2012年至2016年750kV及以上电压等级架空线路主要指标见表4-49。

表4-49 2012年至2016年750kV及以上电压等级架空线路主要指标情况

电压等级 (kV)	年份	统计百公里年数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百公里年)	非停次数 (次)	非停时间 (小时/百公里年)	计停次数 (次)	计停时间 (小时/百公里年)
750	2012	91.552	99.924	0	0	0	7	3.880
	2013	112.000	99.842	0.009	2	3.500	16	10.300
	2014	128.975	98.680	0.062	8	0.777	26	108.870
	2015	142.817	99.150	0.028	5	0.942	39	73.427
	2016	163.274	99.126	0.073	12	0.490	41	75.417
800	2012	80.070	98.611	0.038	3	6.630	10	115.320
	2013	107.717	98.662	0.028	3	0.510	6	115.820
	2014	165.627	96.090	0.066	11	3.378	14	274.020
	2015	185.547	97.569	0.005	1	0.017	13	210.310
	2016	203.803	97.131	0	0	0	10	199.654
1000	2012	6.410	99.455	0.156	1	0.770	10	47.070
	2013	9.899	99.619	0.303	3	10.650	2	18.500
	2014	19.747	97.907	0	0	0	10	169.210
	2015	29.008	99.122	0	0	0	6	76.905
	2016	33.829	97.879	0.030	1	0.060	15	186.258

从表4-49看出：2016年，架空线路各项指标普遍较2015年均有所下降，750kV架空线路可用系数较2015年下降0.024个百分点，强迫停运率上升0.045次/百公里年，非停次数增加7次，计停次数增加2次，非停时间较2015年下降0.452小时/百公里年。800kV架空线路可用系数较2015年下降0.438个百分点，强迫停运率下降0.005次/百公里年，非停次数和计停

次数分别减少1次和3次，非停时间较2015年下降0.017小时/百公里年。1000kV架空线路可用系数较2015年下降1.243个百分点，强迫停运率上升0.030次/百公里年，非停次数和计停次数分别增加1次和9次，非停时间较2015年上升0.060小时/百公里年。

#### A. 按停运时间分析

2016年全国电网架空线路发生的498次非计划停运按停运时间分级分析情况见表4-50。

表4-50 2016年架空线路非计划停运按停运时间分级分析情况

级别	架空线路非计划停运时间（小时）	非停次数（次）
1级	<1	279
2级	1-5	153
3级	5-100	56
4级	100-300	5
5级	≥300	5
备注	各分级数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。	

从表4-50可以看出：2016年全国电网架空线路发生3级非计划停运事件56次，合计停运时间1023.82小时；发生4级非计划停运事件5次，合计停运时间1010.07小时；发生5级非计划停运事件5次，停运时间3336.80小时。5级非计划停运事件具体情况如下：

——2016年3月至6月，湖北省电力公司检修分公司500kV盘龙I回线由于基础所在山体发生滑坡险情，需在#190-#210段范围内对#200杆塔、杆塔基础进行加固及导线张力释放，第三类非计划停运一次，停电时间为1758.70小时。

——2016年12月至2017年1月，辽宁省电力有限公司检修分公司500kV丰徐I回线由于继电保护故障，第一类非计划停运一次，停电时间为562.58小时。

——2016年9月，国网福建省电力有限公司检修分公司500kV漳泉I路、厦沧I路由于自然灾害台风影响，各发生第一类非计划停运一次，停

电时间分别为357.42小时、356.58小时。

——2016年9月，厦门供电公司220kV李西线由于自然灾害台风影响，第一类非计划停运一次，停电时间分别为301.52小时。

#### B. 按部位因素分析

非计划停运部位分类情况见表4-51、表4-52、表4-53、表4-54、表4-55、表4-56、表4-57。

表4-51 2016年220kV架空线路非计划停运按部位分类

非计划停运部位	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
铁塔	10	1149.950	59.52%
导线	249	724.750	37.51%
金具	8	23.333	1.21%
继电保护	1	8.217	0.43%
绝缘子	8	6.750	0.35%
拉线	1	4.350	0.23%
一次系统	6	3.350	0.17%
砼杆	2	2.950	0.15%
架空地线	2	1.633	0.08%
木杆	3	1.200	0.06%
继电保护	1	0.217	0.01%
其它	2	5.483	0.28%

表4-52 2016年330kV架空线路非计划停运按部位分类

非计划停运部位	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
导线	36	63.567	97.27%
绝缘子	2	1.783	2.73%

表4-53 2016年500kV架空线路非计划停运按部位分类

非计划停运部位	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
导线	125	2889.567	80.88%
继电保护	1	417.483	11.69%
铁塔	2	143.217	4.01%
绝缘子	12	70.217	1.97%
架空地线	5	21.800	0.61%

非计划停运部位	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
金具	1	15.467	0.43%
一次系统	2	7.067	0.20%
ADSS光缆	1	0.033	0.00%
其它	3	7.850	0.22%

表4-54 2016年660kV架空线路非计划停运按部位分类

非计划停运部位	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
继电保护	1	15.767	99.89%
导线	1	0.017	0.11%

表4-55 2016年750kV架空线路非计划停运按部位分类

非计划停运部位	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
金具	1	24.183	42.12%
一次系统	1	22.050	38.40%
导线	5	5.400	9.40%
铁塔	4	4.533	7.90%
其它	1	1.250	2.18%

表4-56 2016年1000kV架空线路非计划停运按部位分类

非计划停运部位	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
导线	1	1.333	100

表4-57 2016年220kV及以上架空线路非计划停运按部位分类

非计划停运原因	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
导线	417	3684.634	65.28%
铁塔	16	1297.700	22.99%
继电保护	4	441.684	7.82%
绝缘子	22	78.750	1.40%
金具	10	62.983	1.12%
一次系统	9	32.467	0.58%
架空地线	7	23.433	0.42%
拉线	1	4.350	0.08%
砼杆	2	2.950	0.05%
木杆	3	1.200	0.02%
ADSS光缆	1	0.033	0.00%
其它	6	14.583	0.26%

从表4-51、表4-52、表4-53、表4-54、表4-55、表4-56、表4-57可以看出：按部位因素分析，导线故障是造成220kV及以上架空线路非计划停运次数最多的部位因素。

### C. 按责任因素分析

非计划停运按责任原因分类情况见表4-58、表4-59、表4-60、表4-61、表4-62、表4-63、表4-64。

表4-58 2016年220kV架空线路非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
自然灾害	105	1595.135	82.556%
气候因素	56	95.383	4.937%
运行不当	4	81.65	4.226%
外力损坏	89	70.432	3.645%
设备老化	10	30.482	1.578%
施工安装不良	4	20.383	1.055%
规划、设计不周	4	7.850	0.406%
检修质量不良	1	3.917	0.203%
产品质量不良	3	3.634	0.188%
管理不当	3	1.300	0.067%
动物事故	1	0.750	0.039%
待查	13	21.268	1.101%

表4-59 2016年330kV架空线路非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
外力损坏	14	23.684	36.24%
自然灾害	12	18.283	27.98%
气候因素	9	12.717	19.46%
待查	3	10.667	16.32%

表4-60 2016年500kV架空线路非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
气候因素	30	1862.517	52.13%
自然灾害	66	1127.314	31.55%
外力损坏	33	56.483	1.58%
产品质量不良	4	42.317	1.18%
施工安装不良	5	38.750	1.08%
设备老化	2	6.800	0.19%
动物事故	3	2.750	0.08%
运行不当	1	2.550	0.07%
待查	8	433.215	12.13%

表4-61 2016年660kV架空线路非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
产品质量不良	1	15.767	99.89%
待查	1	0.017	0.11%

表4-62 2016年750kV架空线路非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
气候因素	6	27.700	48.25%
外力损坏	2	24.933	43.43%
自然灾害	2	3.216	5.60%
运行不当	1	0.583	1.02%
待查	1	0.983	1.71%

表4-63 2016年1000kV架空线路非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
外力损坏	1	1.333	100

表4-64 2016年220kV及以上架空线路非计划停运按责任分类

非计划停运原因	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
自然灾害	185	2743.948	48.61%
气候因素	101	1998.317	35.40%
外力损坏	139	176.865	3.13%

非计划停运原因	非计划停运次数(次)	非计划停运时间(小时)	占非计划停运总时间的百分比(%)
运行不当	6	84.783	1.50%
产品质量不良	8	61.718	1.09%
施工安装不良	9	59.133	1.05%
设备老化	12	37.282	0.66%
规划、设计不周	4	7.850	0.14%
检修质量不良	1	3.917	0.07%
动物事故	4	3.500	0.06%
管理不当	3	1.300	0.02%
待查	26	466.150	8.26%

从表4-58、表4-59、表4-60、表4-61、表4-62、表4-63、表4-64看出：按责任因素分析，2016年架空线路的498次非计划停运中由于自然灾害、气候因素造成的为286次430次，比2015年减少144次，占非计划停运总次数的57.43%，比2015年减少15.33个百分点，由于自然灾害、气候因素造成的非计划停运时间为4742.265小时，占非计划停运总时间的74.69%，比2015年增加9.32个百分点。2016年责任原因为待查的非计划停运26次，非计划停运时间为466.150小时，占非计划停运总时间的8.26%。

#### D. 架空线路按运行单位分类的运行可靠性指标

表4-65 2016年220kV架空线路按运行单位分类的运行可靠性指标

单位	统计长度 (百公里年)	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百公里年)	平均强迫 停运时间 (小时/次)	计划停运 率(次/百 公里年)	平均计划停 运时间 (小时/次)
冀北电力有限公司	100.458	99.673	0.119	1.475	0.946	74.353
北京市电力公司	27.022	99.946	0.333	0.496	0.518	51.337
河北省电力公司	103.730	99.971	0.048	0.873	0.501	18.510
山西省电力公司	129.219	99.932	0.015	6.308	0.542	33.699
天津市电力公司	28.323	99.931	0.388	0.355	1.483	22.741
山东电力集团公司	344.795	99.922	0.035	0.139	0.293	71.168
辽宁省电力公司	167.868	99.744	0.030	6.453	1.459	46.620



2016 年度全国电力可靠性同业对标及趋势分析报告

单位	统计长度 (百公里年)	可用系 数 (%)	强迫停运率 (次/百公里 年)	平均强迫 停运时间 (小时/次)	计划停运 率 (次/百 公里年)	平均计划停 运时间 (小时/次)
吉林省电力公司	109.059	99.887	0.000	0.000	0.440	46.059
黑龙江省电力公司	127.880	99.907	0.000	0.000	0.586	26.665
内蒙古东部电力有限公司	83.788	99.807	0.024	0.567	0.585	51.245
江苏省电力公司	283.019	99.921	0.018	174.161	2.230	8.750
浙江省电力公司	161.905	99.683	0.006	8.146	1.112	100.315
安徽省电力公司	153.355	99.798	0.026	1.054	0.815	73.587
上海市电力公司	35.146	100.000	0.057	0.850	0.000	0.000
福建省电力公司	120.706	99.958	0.340	10.868	0.124	121.461
河南省电力公司	175.438	99.975	0.080	0.551	0.165	40.407
湖北省电力公司	138.784	99.681	0.022	1.483	0.735	98.044
湖南省电力公司	139.062	99.941	0.043	0.297	0.388	37.674
江西省电力公司	115.914	99.811	0.043	0.200	0.328	110.549
四川省电力公司	164.334	99.932	0.024	0.942	0.292	70.641
重庆市电力公司	75.442	99.965	0.000	0.000	0.106	34.585
西藏电力有限公司	18.299	99.918	0.328	0.031	0.328	45.233
甘肃省电力公司	7.675	99.384	0.130	1.617	0.651	405.070
宁夏电力公司	28.674	99.574	0.000	0.000	1.430	114.826
新疆电力公司	191.659	99.652	0.224	4.525	0.689	56.601
广东电网公司	215.306	99.987	0.000	0.000	0.084	28.349
广西电网公司	155.399	99.990	0.039	0.419	0.064	28.660
云南电网公司	157.518	99.894	0.146	2.075	0.305	50.165
贵州电网公司	105.999	99.921	0.009	10.117	0.698	21.304
海南电网公司	38.936	99.942	0.231	5.091	1.079	11.849
广州供电局有限公司	26.025	99.926	0.038	0.017	0.845	42.655
深圳供电局有限公司	15.411	99.999	0.000	0.000	0.260	4.500
南网超高压输变电公司	2.002	99.883	0.000	0.000	1.998	30.509
内蒙古电力集团公司	137.733	99.880	0.138	0.939	2.033	14.824

表4-66 2016年330kV架空线路按运行单位分类的运行可靠性指标

单位	统计长度 (百公里年)	可用系数 (%)	强迫停运 率(次/百 公里年)	平均强迫停 运时间 (小时/次)	计划停运率 (次/百公里年)	平均计划 停运时间 (小时/次)
河南省电力公司	1.529	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
陕西省电力公司	90.933	99.743	0.176	1.858	0.396	75.326
甘肃省电力公司	74.572	99.659	0.188	1.696	0.644	95.669
青海省电力公司	58.951	99.184	0.085	1.630	0.645	134.932
宁夏电力公司	32.666	99.730	0.092	1.239	0.398	103.583

表4-67 2016年400kV架空线路按运行单位分类的运行可靠性指标

单位	统计长度 (百公里年)	可用系数 (%)	强迫停运 率(次/百 公里年)	平均强迫停 运时间 (小时/次)	计划停运率 (次/百公里 年)	平均计划 停运时间 (小时/次)
西藏电力有限公司	8.481	95.857	0.000	0.000	0.354	242.616
青海省电力公司	12.205	98.280	0.000	0.000	0.164	151.050

表4-68 2016年500kV架空线路按运行单位分类的运行可靠性指标

单位	统计长度 (百公里年)	可用系数 (%)	强迫停运 率(次/百 公里 年)	平均强迫停 运时间 (小时/次)	计划停运率 (次/百公里 年)	平均计划 停运时间 (小时/次)
冀北电力有限公司	88.177	98.931	0.057	0.730	0.590	132.730
北京市电力公司	2.994	99.914	0.668	9.167	0.334	12.183
河北省电力公司	42.197	99.965	0.095	1.121	0.095	28.912
山西省电力公司	63.235	99.899	0.095	0.839	0.348	39.097
天津市电力公司	8.103	99.950	0.247	0.400	0.370	50.105
山东电力集团公司	72.069	99.918	0.083	1.175	0.056	144.076
辽宁省电力公司	74.092	99.621	0.135	32.863	0.270	72.534
吉林省电力公司	30.122	99.710	0.033	0.467	0.266	75.730
黑龙江省电力公司	45.795	99.952	0.087	10.829	0.066	53.055
内蒙古东部电力有限公司	34.712	99.324	0.029	4.050	0.346	67.136
江苏省电力公司	124.235	99.497	0.048	25.469	0.926	55.891
浙江省电力公司	92.188	98.840	0.043	3.583	0.879	224.026
安徽省电力公司	85.379	98.647	0.035	0.422	0.328	217.332
上海市电力公司	13.171	99.527	0.000	0.000	0.759	171.507
福建省电力公司	50.559	99.515	0.257	55.282	0.257	140.814
河南省电力公司	77.451	99.181	0.052	0.579	0.775	118.831

2016 年度全国电力可靠性同业对标及趋势分析报告

单位	统计长度 (百公里年)	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百公里 年)	平均强迫停 运时间 (小时/次)	计划停运率 (次/百公里 年)	平均计划停 运时间 (小时/次)
湖北省电力公司	134.857	99.384	0.059	1.071	0.393	78.185
湖南省电力公司	57.035	99.258	0.035	0.750	0.263	48.058
江西省电力公司	38.852	99.864	0.077	3.650	0.077	127.877
四川省电力公司	138.932	99.987	0.094	3.963	0.036	17.603
重庆市电力公司	31.734	99.830	0.063	0.692	0.095	97.567
陕西省电力公司	5.897	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
新疆电力公司	2.222	99.537	0.000	0.000	2.250	42.433
广东电网公司	99.577	99.991	0.000	0.000	0.060	58.456
广西电网公司	18.128	99.999	0.055	1.050	0.000	0.000
云南电网公司	105.396	99.787	0.133	5.425	0.313	64.872
贵州电网公司	34.231	99.850	0.204	1.443	0.409	36.645
广州供电局有限公司	10.236	99.984	0.000	0.000	0.195	37.841
深圳供电局有限公司	4.350	99.998	0.000	0.000	0.230	1.900
南网超高压输变电公司	241.639	99.348	0.029	1.207	0.741	19.445
内蒙古电力集团公司	64.172	99.670	0.031	12.625	0.280	94.574

表4-69 2016年660kV架空线路按运行单位分类的运行可靠性指标

单位	统计长度 (百公里年)	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百公里 年)	平均强迫停 运时间 (小时/次)	计划停运率 (次/百公里 年)	平均计划停 运时间 (小时/次)
河北省电力公司	4.008	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
山西省电力公司	6.113	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
山东电力集团公司	8.328	95.255	0.240	7.892	0.480	204.442
陕西省电力公司	6.169	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
宁夏电力公司	2.124	96.649	0.000	0.000	1.883	147.188

表4-70 2016年750kV架空线路按运行单位分类的运行可靠性指标

单位	统计长度 (百公里年)	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百公里 年)	平均强迫停 运时间 (小时/次)	计划停运率 (次/百公里 年)	平均计划停 运时间 (小时/次)
陕西省电力公司	21.589	99.164	0.093	12.317	0.278	117.314
甘肃省电力公司	49.041	99.344	0.020	1.833	0.184	159.970
青海省电力公司	27.015	99.224	0.000	0.000	0.111	231.044
宁夏电力公司	11.359	99.661	0.264	0.994	0.528	63.808
新疆电力公司	54.270	98.823	0.111	4.661	0.313	186.712

表4-71 2016年800kV架空线路按运行单位分类的运行可靠性指标

单位	统计长度 (百公里年)	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百公里年)	平均强迫 停运时间 (小时/次)	计划停运 率(次/百 公里年)	平均计划 停运时间 (小时/次)
山西省电力公司	4.989	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
江苏省电力公司	1.307	99.392	0.000	0.000	1.531	80.866
浙江省电力公司	9.103	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
安徽省电力公司	18.542	97.146	0.000	0.000	0.216	300.608
上海市电力公司	2.129	98.827	0.000	0.000	0.940	103.000
河南省电力公司	6.961	99.014	0.000	0.000	0.287	203.942
湖北省电力公司	19.683	99.374	0.000	0.000	0.203	55.000
湖南省电力公司	27.878	98.250	0.000	0.000	0.215	135.805
江西省电力公司	9.021	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
四川省电力公司	17.132	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
重庆市电力公司	11.590	95.812	0.000	0.000	0.345	367.134
陕西省电力公司	3.360	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
甘肃省电力公司	27.089	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
宁夏电力公司	2.709	99.254	0.000	0.000	0.738	79.109
新疆电力公司	2.312	97.186	0.000	0.000	0.865	246.176
南网超高压输变电 公司	40.000	99.357	0.000	0.000	0.050	78.250

表4-72 2016年1000kV架空线路按运行单位分类的运行可靠性指标

单位	统计长度 (百公里年)	可用系数 (%)	强迫停运 率(次/百 公里年)	平均强迫停 运时间 (小时/次)	计划停运 率(次/百 公里年)	平均计划 停运时间 (小时/次)
冀北电力有限公司	0.952	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
山西省电力公司	1.718	99.178	0.000	0.000	0.582	106.500
天津市电力公司	0.087	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
山东电力集团公司	0.551	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
江苏省电力公司	0.129	98.616	0.000	0.000	7.741	243.187
浙江省电力公司	9.795	98.024	0.000	0.000	1.021	177.640
安徽省电力公司	11.233	98.412	0.089	1.333	0.356	173.817
上海市电力公司	0.689	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
福建省电力公司	3.429	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
河南省电力公司	3.438	96.688	0.000	0.000	0.582	275.983
湖北省电力公司	1.808	98.970	0.000	0.000	0.553	90.500

## E. 架空线路受大风影响分析

2016年影响架空线路非计划最大停运原因为大风，全年220kV及以上电压等级架空线路受大风影响一共发生非计划停运93次，最长非计划停运时间达1758.7小时。2016年架空线路受大风影响比较严重的是新疆、甘肃、辽宁、江苏、贵州、河北六个省级电力公司。2016年电网架空线路受大风影响情况见表4-73。

表4-73 2016年电网架空线路受大风影响情况

单位	非计划停运次数 (次)	受大风影响非 计划停运次数 (次) 及占比 (%)	非计划 停运时间 (小时/百公 里年)	受大风影响非计划 停运时间 (小时/百公里年) 及占比 (%)
全国	498	93(18.67%)	1.054	0.127(12.05%)
新疆电力公司	50	20(40%)	0.871	0.476(54.65%)
甘肃省电力公司	16	9(56.25%)	0.095	0.068(71.58%)
辽宁省电力公司	15	7(46.67%)	1.466	0.045(3.07%)
江苏省电力公司	11	7(63.64%)	1.341	1.311(97.76%)
贵州电网公司	55	7(12.73%)	0.716	0.051(7.12%)
河北省电力公司	9	6(66.67%)	0.029	0.015(51.72%)

从表4-73看出：受大风影响架空线路非停次数最多及非停次数占总非停次数最多的是新疆省电力公司，一共有20次，占全部非停次数的40%。受大风影响架空线路非停时间最长及非停时间占总非停时间最多的是江苏省电力公司，非计划停运时间为1.311小时/百公里年，占全部非停时间的97.76%。

## 五、2016年全国直流输电系统可靠性分析

### (一) 直流输电系统概况

2016年，全国参与可靠性统计的直流输电系统数量为23个，其中包括14个点对点超高压直流输电系统、6个点对点特高压直流输电系统和3个背靠背直流输电系统，额定输送容量总计82424兆瓦，直流输电线路总长度约为24894.48千米。2016年参与可靠性统计的直流输电系统的基本情况见表5-1。

表5-1 2016年参与可靠性统计的直流输电系统基本情况表

序号	系统名称	极(单元)	投运日期	额定电压 (千伏)	额定输送容量 (兆瓦)	线路长度 (千米)	电网集团
点对点超高压直流输电系统							
1	葛南直流输电系统	极 I	1989-9-1	±500	582	1110.05	国家电网
		极 II	1990-8-1		582		
2	天广直流输电系统	极 I	2000-12-26	±500	900	963	南方电网
		极 II	2001-6-26		900		
3	龙政直流输电系统	极 I	2003-6-1	±500	1500	860.44	国家电网
		极 II	2003-6-1		1500		
4	高肇直流输电系统	极 I	2004-9-24	±500	1500	891	南方电网
		极 II	2004-5-31		1500		
5	江城直流输电系统	极 I	2004-6-1	±500	1500	940.72	国家电网
		极 II	2004-6-1		1500		
6	宜华直流输电系统	极 I	2006-12-1	±500	1500	1048.51	国家电网
		极 II	2006-12-1		1500		
7	兴安直流输电系统	极 I	2007-12-3	±500	1500	1194	南方电网
		极 II	2007-6-21		1500		
8	德宝直流输电系统	极 I	2010-4-21	±500	1500	534.34	国家电网
		极 II	2010-4-21		1500		
9	伊穆直流输电系统	极 I	2010-9-30	±500	1500	906.49	国家电网
		极 II	2010-9-30		1500		
10	银东直流输电系统	极 I	2011-3-25	±660	2000	1334.01	国家电网
		极 II	2011-3-25		2000		
11	林枫直流输电系统	极 I	2011-5-2	±500	1500	978.4	国家电网
		极 II	2011-5-2		1500		
12	柴拉直流输电系统	极 I	2012-6-10	±400	300	1033.6	国家电网
		极 II	2012-6-10		300		
13	牛从甲直流 (溪洛渡-广东)	极 I	2014-4-11	±500	1600	1224.69	南方电网
		极 II	2013-10-12		1600		

2016 年度全国电力可靠性同业对标及趋势分析报告

序号	系统名称	极（单元）	投运日期	额定电压 (千伏)	额定输送容量 (兆瓦)	线路长度 (千米)	电网集团
14	牛从乙直流 (溪洛渡-广东)	极 I	2014-6-29	±500	1600	1224.69	南方 电网
		极 II	2014-6-29		1600		
<b>点对点特高压直流输电系统</b>							
15	楚穗直流 输电系统	极 I	2010-6-18	±800	2500	1374	南方 电网
		极 II	2009-12-28		2500		
16	复奉直流 输电系统	极 I	2010-7-26	±800	3200	1891.3	国家 电网
		极 II	2010-7-26		3200		
17	锦苏直流 输电系统	极 I	2012-7-19	±800	3600	2057.86	国家 电网
		极 II	双极低端投运 2012-12-6 全面投运		3600		
18	天中直流 输电系统	极 I	2014-1-25	±800	4000	2210	国家 电网
		极 II	2014-1-25		4000		
19	宾金直流 输电系统	极 I	2014-7-3	±800	4000	1705	国家 电网
		极 II	2014-7-3		4000		
20	普侨直流 输电系统	极 I	2015-5-30	±800	2500	1412.38	南方 电网
		极 II	2014-1-29		2500		
<b>背靠背直流输电系统</b>							
21	灵宝背靠 背换流站	单元 I	2005-7-1	120	360	0	国家 电网
		单元 II	2009-12-15	167	750		
22	高岭背靠 背换流站	单元 I	2008-11-1	±125	750	0	国家 电网
		单元 II	2008-11-1		750		
		单元 III	2012-11-13		750		
		单元 IV	2012-11-13		750		
23	黑河背靠 背换流站	单元 I	2012-1-7	±125	750	0	国家 电网

2016年 在建、调试和部分投运的直流输电系统基本情况见表5-2。

表5-2 2016年 在建、调试和部分投运的直流输电系统基本情况

序号	系统名称	状态	额定电压 (千伏)	额定输送容量 (兆瓦)	线路长度 (千米)	电网集团
1	酒泉—湖南	在建	±800	8000	2383	国家电网
2	晋北—南京	在建	±800	8000	1119	国家电网
3	锡盟—泰州	在建	±800	10000	1620	国家电网
4	扎鲁特—青州	在建	±800	10000	1620	国家电网
5	上海庙—山东	在建	±800	10000	1238	国家电网
6	滇西北—广东	在建	±800	5000	1928	南方电网
7	准东—华东	在建	±1100	12000	3324	国家电网
8	吉昌—古泉	在建	±1100	12000	3305	国家电网
9	金中直流 输电系统	调试中	±500	3200	1105	南方电网

## （二）可靠性指标总体情况

2016年，全国直流输电系统运行情况稳定，全年23个系统合计能量可用率、能量利用率分别为94.67%、54.17%，总计强迫停运40.5次，与2015年系统合计值相比，能量可用率减少0.55个百分点、能量利用率增加3.57个百分点，强迫停运增加12.5次。全国2015、2016年参与可靠性统计的直流输电系统可靠性指标比较见表5-3。

表5-3 2015、2016年参与可靠性统计的直流输电系统可靠性指标比较

可靠性指标	年份	点对点超高压	点对点特高压	背靠背	合计
系统数量（个）	2015年	12	5	3	20
	2016年	14	6	3	23
额定输送容量(兆瓦)	2015年	31564	34600	4860	71024
	2016年	37964	39600	4860	82424
能量可用率(%)	2015年	94.983	95.465	95.017	95.220
	2016年	96.003	93.112	96.971	94.671
强迫停运次数（次）	2015年	17	11	0	28
	2016年	20	14.5	6	40.5
强迫能量不可用率(%)	2015年	0.139	0.523	0.000	0.317
	2016年	0.061	0.167	0.749	0.152
计划能量不可用率(%)	2015年	4.877	4.012	4.983	4.463
	2016年	3.936	6.723	2.287	5.178
总输送电量(亿千瓦时)	2015年	1452.60	1538.80	245.19	3236.59
	2016年	1711.56	1913.23	297.48	3922.27
能量利用率(%)	2015年	52.54	50.77	36.92	50.61
	2016年	51.32	55.00	69.68	54.17

注：本报告中能量可用率、强迫能量不可用率、计划能量不可用率、能量利用率等可靠性综合指标计算方法为各系统指标按照额定输送容量加权计算。

### 1. 点对点超高压直流输电系统可靠性指标情况

#### （1）能量可用率与强迫停运次数

2016年参与可靠性统计的14个点对点超高压直流输电系统合计能量可用率、强迫能量不可用率、计划能量不可用率、强迫停运次数分别为96.00%、0.06%、3.94%、20次，与2015年系统合计值相比，能量可用率增加1.02%，计划能量不可用率和强迫能量不可用率分别减少0.94%和0.08%，强迫停运次数增加3次。2016年参与可靠性统计的点对点超高压直



流输电系统可靠性指标情况见表5-4。

表5-4 2016年参与可靠性统计的点对点超高压直流输电系统可靠性指标情况

系统简称	能量可用率 (%)	强迫能量 不可用率(%)	计划能量 不可用率(%)	强迫停运次数(次)		
				单极	双极	合计
葛南	84.121	0.029	15.85	2	0	2
天广	96.762	0.141	3.097	4	0	4
龙政	95.970	0.000	4.030	0	0	0
江城	97.508	0.000	2.492	0	0	0
高肇	99.684	0.000	0.316	0	0	0
宜华	96.494	0.048	3.458	1	0	1
兴安	99.147	0.005	0.849	2	0	2
德宝	95.808	0.000	4.192	0	0	0
伊穆	97.408	0.023	2.569	1	0	1
银东	95.174	0.127	4.699	2	0	2
林枫	94.099	0.046	5.854	1	0	1
柴拉	90.474	0.251	9.275	4	0	4
牛从甲	95.203	0.000	4.797	0	0	0
牛从乙	95.186	0.312	4.502	3	0	3
合计	96.003	0.061	4.797	20	0	20

从表5-4可以看出：

2016年点对点超高压直流输电系统中：能量可用率最高的是高肇系统，达到了99.684%；强迫能量不可用率最高的是牛从乙系统，达到了0.312%；计划能量不可用率最高的是葛南系统，达到了15.85%，因此葛南系统能量可用率最低，仅为84.121%。

能量可用率与2015年相比，葛南、林枫、银东、德宝、柴拉、江城系统分别降低10.509%、3.561%、2.336%、1.472%、0.186%、0.052%，龙政、兴安、宜华、伊穆、高肇、天广系统分别上升17.490%、2.627%、2.264%、2.038%、0.246%、0.177%。

2016年17个点对点超高压直流输电系统全年累计单极强迫停运20次，无双极强迫停运。龙政、江城、高肇、德宝、牛从甲5个系统全年未发生

强迫停运，宜华、伊穆、林枫3个系统各发生1次单极强迫停运，柴拉和天广系统各发生4次单极强迫停运，停运次数最多。2016年17个点对点超高压直流输电系统全年累计单极强迫停运次数比2015年增加4次，双极强迫停运次数比2015年减少1次。

## (2) 能量输送情况

2016年全年点对点超高压直流输电系统总输送电量1711.56亿千瓦时，能量利用率为51.32%，能量利用率与2015年全年在运的12个系统合计值相比降低1.22个百分点。能量输送情况见表5-5。

表5-5 2016年全年在运点对点超高压直流输电系统能量输送情况

系统	额定输送容量(兆瓦)	总输送电量(亿千瓦时)	能量利用率(%)
葛南	1164	46.684	45.66
天广	1800	69.590	44.01
龙政	3000	99.670	37.82
江城	3000	160.707	60.98
高肇	3000	151.539	57.55
宜华	3000	120.238	45.63
兴安	3000	167.862	63.70
德宝	3000	76.838	29.16
伊穆	3000	148.761	56.45
银东	4000	292.560	83.27
林枫	3000	74.327	28.21
柴拉	600	14.411	27.34
牛从甲	3200	147.622	52.52
牛从乙	3200	140.756	50.08
合计	37964	1711.564	51.32

从表5-5可以看出：

银东系统能量利用率最高，达到83.27%，柴拉系统能量利用率最低，为27.34%。

2016年指标与2015年相比：能量利用率德宝、天广、高肇、伊穆、银

东、葛南分别下降了16.51%、11.63%、10.15%、2.26%、1.14%、0.84%，柴拉、宜华、江城、兴安、龙政、林枫分别上升了10.70%、9.10%、5.28%、3.67%、3.34%、1.55%；19个系统2016年合计总输送电量1711.564亿千瓦时，较2015年提升258.964亿千瓦时。

### (3) 各换流站可靠性指标

2016年参与可靠性统计的点对点超高压直流输电系统各换流站可靠性指标见表5-6。

表5-6 2016年全年在运点对点超高压直流输电系统换流站可靠性指标

换流站	能量可用率	强迫能量	计划能量	强迫停运次数		
	(%)	不可用率(%)	不可用率(%)	单极	双极	合计
葛洲坝换流站	96.110	0	3.895	2	0	2
南桥换流站	84.155	0	15.845	0	0	0
天生桥换流站	97.061	0.091	2.848	0	0	0
广州换流站	98.917	0	1.083	0	0	0
龙泉换流站	97.707	0	2.293	0	0	0
政平换流站	96.341	0	3.659	0	0	0
江陵换流站	97.722	0	2.278	1	0	1
鹅城换流站	97.650	0	2.350	0	0	0
高坡换流站	100	0	0	0	0	0
肇庆换流站	99.726	0	0.274	0	0	0
宜都换流站	97.072	0	2.928	1	0	1
华新换流站	96.545	0	3.455	0	0	0
兴仁换流站	99.811	0	0.190	2	0	2
宝安换流站	99.386	0	0.614	1	0	1
德阳换流站	96.022	0	3.978	1	0	1
宝鸡换流站	95.819	0	4.181	1	0	1
伊敏换流站	97.431	0	2.569	4	0	4
穆家换流站	97.493	0	2.507	1	0	1
银东换流站	95.341	0.053	4.606	0	0	0
胶东换流站	96.645	0.073	3.282	0	0	0
团林换流站	97.539	0.046	2.415	2	0	2
枫泾换流站	95.131	0	4.869	0	0	0

换流站	能量可用率	强迫能量	计划能量	强迫停运次数		
	(%)	不可用率(%)	不可用率(%)	单极	双极	合计
柴达木换流站	90.899	0.1	9.001	1	0	1
拉萨换流站	90.682	0.096	9.222	0	0	0
从西换流站(甲)	96.169	0	3.831	0	1	1
牛寨换流站(甲)	95.470	0	4.530	0	0	0
从西换流站(乙)	95.792	0	4.208	0	0	0
牛寨换流站(乙)	95.298	0.2485	4.454	0	0	0
合计强迫停运次数				17	0	18

从表5-6可以看出:

高坡站的能量可用率最高,达到100%;南桥站的能量可用率最低,为84.155%。南桥换流站计划能量不可用率为15.845%,导致其能量可用率较低,其他换流站的能量可用率均达到90%以上。

全年在运的点对点超高压直流输电系统各换流站2016年发生强迫停运18次,其中17次单极强迫停运、1次双极强迫停运。比上年增加9次。

华新换流站连续六年未发生强迫停运;政平和胶东换流站连续五年未发生强迫停运;天生桥、枫泾、龙泉等3个换流站连续三年未发生强迫停运;鹅城和银东两个换流站连续两年未发生强迫停运;南桥换流站、广州换流站、高坡换流站、肇庆换流站、拉萨换流站、牛寨换流站(牛从甲)、从西换流站(牛从乙)、牛寨换流站(牛从乙)等16个换流站2016年当年未发生强迫停运。

## 2. 点对点特高压直流输电系统可靠性指标情况

### (1) 能量可用率与强迫停运次数

2016年全年在运的6个点对点特高压直流输电系统合计能量可用率、强迫能量不可用率、计划能量不可用率、强迫停运次数分别为93.112%、0.167%、6.723%、14.5次,与2015年相比,计划能量不可用率上升了2.711%,造成能量可用率降低2.353%。强迫能量不可用率减少0.356%,而强迫停运次数增加了3.5次。

2016年仅宾金直流系统发生了一次双极强迫停运事件。楚穗、复奉、锦苏、天中、普侨五个±800kV特高压直流输电系统均未发生双极强迫停运。2016年6个全年在运的特高压直流输电系统可靠性指标情况见表5-7。

表5-7 2016年全年在运点对点特高压直流输电系统可靠性指标情况

系统	能量可用率 (%)	强迫能量 不可用率(%)	单极强迫停运		双极强迫停运	
			次数	小时	次数	小时
楚穗	95.929	0.105	1	69.32	0	0.000
复奉	92.540	0.000	0	0.00	0	0.000
锦苏	93.330	0.220	2	41.42	0	0.000
天中	90.390	0.180	1	25.08	0	0.000
宾金	93.240	0.220	0	0.00	1	7.317
普侨	94.867	0.257	3	162.10	0	0.000
合计	93.112	0.167	7	297.92	1	7.317

## (2) 能量输送情况

2016年全年在运的点对点特高压直流输电系统总输送电量1913.23亿千瓦时，能量利用率为55.00%，各系统能量输送情况见表5-8。

表5-8 2016年全年在运点对点特高压直流输电系统能量输送情况

系统	额定输送容量 (兆瓦)	总输送电量 (亿千瓦时)	能量利用率 (%)	较2015增长(%)
楚穗	5000	255.500	58.174	-6.638
复奉	6400	326.007	57.990	3.620
锦苏	7200	383.316	60.608	0.171
天中	8000	323.000	45.964	12.039
宾金	8000	367.389	52.281	5.025
普侨	5000	258.017	58.747	-
合计	39600	1913.229	55.002	3.565

### (3) 各换流站可靠性指标

2016年参与可靠性统计的点对点特高压直流输电系统各换流站可靠性指标见表5-9。

表5-9 2016年全年在运点对点特高压直流输电系统换流站可靠性指标

换流站	能量可用率 (%)	强迫能量 不可用率(%)	计划能量 不可用率(%)	强迫停运次数		
				单极	双极	合计
楚雄换流站	97.018	0.000	2.983	0	0	0
穗东换流站	97.457	0.105	2.438	1	0	1
复龙换流站	96.230	0.000	3.770	0	0	0
奉贤换流站	94.940	0.000	5.060	0	0	0
锦屏换流站	94.790	0.030	5.190	0	0	0
苏州换流站	93.780	0.020	6.200	1	0	1
天山换流站	90.810	0.000	9.190	0	0	0
中州换流站	96.610	0.180	3.200	1	0	1
宜宾换流站	96.400	0.050	3.550	0	0	0
金华换流站	96.750	0.020	3.220	0	0	0
普洱换流站	96.479	0.015	3.506	0	0	0
侨乡换流站	95.077	0.370	4.553	1	0	1
合计强迫停运次数				4	0	4

从表5-9可以看出：

2016年全年在运所有点对点特高压直流输电系统的换流站均未发生双极强迫停运，穗东、苏州、中州、侨乡站各发生1次单极强迫停运，其余全年未发生强迫停运事件。侨乡站的计划能量不可用率最高，为0.370%；天山站的能量可用率最低，为90.810%。

### 3. 背靠背直流输电系统可靠性指标情况

#### (1) 能量可用率与强迫停运次数

2016年全年在运的背靠背换流站合计能量可用率、强迫能量不可用率、计划能量不可用率、强迫停运次数分别为96.971%、0.749%、

2.287%、6次，与2015年相比，能量可用率和强迫能量不可用率分别增加1.954%和0.749%，计划能量不可用率减少2.696%。2016年灵宝、高岭、黑河背靠背换流站及各单元能量可用率与强迫停运次数情况见表5-10。

表5-10 2016年全年在运背靠背直流输电系统可靠性指标情况

统计对象		能量可用率 (%)	强迫能量 不可用率(%)	计划能量 不可用率(%)	单元强迫停运	
					次数	小时
灵宝	换流站	97.270	0.070	2.660	1	12.86
	单元I	98.558	0.113	1.330	1	12.86
	单元II	98.673	0.000	1.327	0	0
高岭	换流站	96.200	1.090	2.720	2	382
	单元I、II	97.182	0.000	2.818	0	0
	单元I	97.284	0.000	2.716	0	0
	单元II	97.080	0.000	2.920	0	0
	单元III、IV	95.209	2.176	2.612	2	382
	单元III	97.380	0.000	2.612	0	0
	单元IV	93.039	4.349	2.612	2	382
黑河	单元I	99.610	0.390	0.000	3	34.58
背靠背换流站合计		96.971	0.749	2.287	6	429.88

灵宝换流站2016年发生一次强迫停运。与2015年相比，2016年灵宝单元I、灵宝单元II的能量可用率分别降低0.107%和提高0.008%。

高岭单元I、II、III，三个单元2016年未发生强迫停运，2016年高岭单元IV发生2次强迫停运。高岭单元I、II、III，三个单元的能量可用率比2015年分别提高2.403%、2.854%、2.491%，单元IV能量可用率降低0.098%。

黑河换流站2016年未发生强迫停运，单元I的能量可用率上升5.07%。

## (2) 能量输送情况

2016年背靠背换流站总输送电量、能量利用率分别为297.477亿千瓦时、69.683%，各换流站能量输送情况见表5-11。

表5-11 2016年全年在运背靠背直流输电系统能量输送情况

统计对象		额定输送容量 (兆瓦)	总输送电量 (亿千瓦时)	能量利用率 (%)
灵宝	换流站	1110	71.419	73.25
	单元I	360	25.014	79.10
	单元II	750	46.405	70.44
高岭	换流站	3000	206.745	78.67
	单元I、II	1500	102.703	78.16
	单元I	750	51.613	78.56
	单元II	750	51.091	77.76
	单元III、IV	1500	104.041	79.18
	单元III	750	53.236	81.03
	单元IV	750	50.806	77.33
黑河	单元I	750	19.313	29.32
背靠背换流站合计		4860	297.477	69.68

与2015年相比：2016年灵宝单元 I、单元 II 总输送电量分别增加了 3.124 亿千瓦时、3.875 亿千瓦时，能量利用率分别提升了 9.69%、5.71%；高岭单元 I、单元 II、单元 III、单元 IV 总输送电量分别增加了 8.041 亿千瓦时、8.147 亿千瓦时、7.969 亿千瓦时、6.571 亿千瓦时，能量利用率分别增加了 45.40%、45.08%、47.58%、43.67%；黑河单元 I 总输送电量及能量利用率分别增加了 7.226、22.09%。

### （三）强迫停运及降额运行情况

#### 1. 强迫停运情况

2016年全国全年在运的直流输电系统统计40.5次强迫停运中，双极强迫停运1次、单极强迫停运26次、阀组强迫停运10次、单元强迫停运6次，情况见表5-12。



表5-12 2016年全年在运直流输电系统强迫停运情况

系统	阀组强迫停运		单极强迫停运		双极强迫停运		单元强迫停运		强迫停运合计	
	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	等效停运小时
葛南	-	-	2	5.07	0	0.00	-	-	2	2.55
天广	-	-	4	29.86	0	0.00	-	-	4	14.93
龙政	-	-	0	0.00	0	0.00	-	-	0	0.00
江城	-	-	0	0.00	0	0.00	-	-	0	0.00
高肇	-	-	0	0.00	0	0.00	-	-	0	0.00
宜华	-	-	1	8.45	0	0.00	-	-	1	4.23
兴安	-	-	2	0.80	0	0.00	-	-	2	0.40
德宝	-	-	0	0.00	0	0.00	-	-	0	0.00
伊穆	-	-	1	4.04	0	0.00	-	-	1	2.02
银东	-	-	2	22.22	0	0.00	-	-	2	11.11
林枫	-	-	1	8.10	0	0.00	-	-	1	4.05
柴拉	-	-	4	42.55	0	0.00	-	-	4	21.27
牛从甲	-	-	0	0.00	0	0.00	-	-	0	0.00
牛从乙	-	-	3	82.45	0	0.00	-	-	3	41.23
楚穗	2	17.15	1	69.32	0	0.00	-	-	2	38.95
复奉	0	0.00	0	0.00	0	0.00	-	-	0	0.00
锦苏	1	8.92	2	41.42	0	0.00	-	-	3	22.94
天中	1	14.45	1	25.08	0	0.00	-	-	2	16.15
宾金	2	23.99	0	0.00	1	7.32	-	-	3	19.31
普侨	3	143.03	3	162.10	0	0.00	-	-	4.5	116.80
灵宝	-	-	-	-	-	-	1	12.86	1	6.43
高岭	-	-	-	-	-	-	2	382.00	2	95.50
黑河	-	-	-	-	-	-	3	34.58	3	34.58
全国累计	9	207.54	27	501.46	1	7.32	6	429.44	40.5	452.45

与2015年全国直流输电系统强迫停运情况相比，2016年双极强迫停运减少2次，总计强迫停运次数和累计各系统强迫停运等效停运小时均有所增加，近五年强迫停运次数比较见表5-13、图5-1。

表5-13 全国近五年参与可靠性统计直流输电系统强迫停运次数比较

停运类型	指标类别	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
双极强迫 停运	点对点双极数量(个)	13	15	16	17	20
	次数(次)	0	3	0	3	1
	平均次数(次/双极·年)	0	0.2	0	0.18	0.05
单极强迫 停运	点对点单极数量(个)	26	30	32	34	40
	次数(次)	16	22	24	22	27
	平均(次/极·年)	0.62	0.73	0.75	0.65	0.675
单元强迫 停运	背靠背单元数量(个)	4	7	7	7	7
	次数(次)	0	2	1	0	6
	平均次数(次/单元·年)	0	0.29	0.14	0	0.857
阀组强迫 停运	双阀组系统数量(个)	2	3	4	5	6
	次数(次)	2	4	1	3	9
	平均次数(次/系统·年)	1	1.33	0.25	0.6	1.5

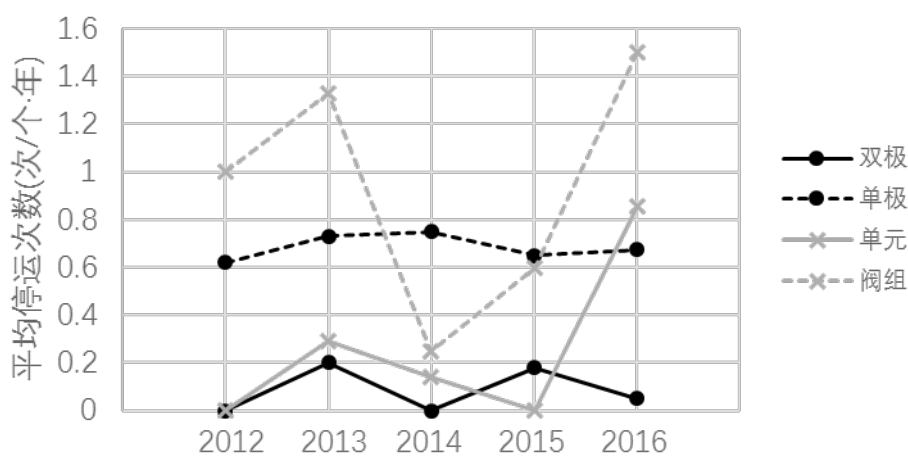


图5-1 全国近五年参与可靠性统计的直流输电系统平均强迫停运次数趋势

## 2. 强迫停运主要原因分析

2016年，全国直流输电系统强迫停运总计40.5次，降额运行1次，强迫停运和降额运行的等效停运小时（以下简称等效强迫停运小时）的各系统累计值为454.253小时。将影响直流输电系统强迫停运和降额运行的原因按照交流及其辅助设备（AC-E）、阀设备（V）、控制和保护系统（C

&P)、直流一次设备(DC-E)、换流站内其他原因(O)、直流输电线路(TL)等六大类原因分类统计,结果见表5-14。

表5-14 2016年全国直流输电系统强迫停运和降额运行的主要分类原因

原因分类	统计对象	强迫停运次数(次)	降额运行次数(次)	等效强迫停运小时(h)	时间影响百分比(%)
交流及其辅助设备(AC-E)	灵宝换流站	1	0	6.43	1.42
	黑河换流站	3	0	34.58	7.64
	AC-E全国累计	4	0	41.01	9.06
阀设备(V)	柴拉系统	1	0	8.81	1.95
	牛从乙系统	1	0	5.50	1.22
	锦苏系统	1	0	1.76	0.39
	V全国累计	3	0	16.07	3.55
控制和保护系统(C&P)	银东系统	2	0	11.11	2.46
	柴拉系统	3	0	12.47	2.76
	楚穗系统	1	0	4.29	0.95
	锦苏系统	1	0	2.23	0.49
	天中系统	2	0	16.15	3.57
	宾金系统	1	1	6.41	1.42
	普侨系统	0.5	0	0.66	0.15
	C&P全国累计	7	0	148.81	32.89
直流一次设备(DC-E)	天广	1	0	7.99	1.76
	林枫	1	0	4.05	0.90
	牛从乙	1	0	35.43	7.83
	楚穗	1	0	34.66	7.66
	普侨	1	0	115.30	25.48
	DC-E全国累计	5	0	197.42	43.63
其他原因(O)	O全国累计	0	0	0.00	0.00
换流站原因合计		25.5	1	235.785	79.29
直流输电线路(TL)	葛南	2	0	2.55	0.56
	天广	3	0	6.95	1.53
	宜华	1	0	4.23	0.93
	兴安	2	0	0.40	0.09
	伊穆	1	0	2.03	0.45
	牛从乙	1	0	0.30	0.07
	锦苏	1	0	18.94	4.19
	宾金	2	0	12.91	2.85
	普侨	2	0	0.85	0.19
	TL 全国累计	15	0	49.14	10.86
总计		40.5	1	297.38	100

注：“时间影响百分比”是直流输电系统本类等效强迫停运小时与全部等效强迫停运小时之比的百分数。

2016年点对点超高压、特高压直流输电系统以及背靠背直流输电系统累计等效强迫停运小时的分类原因构成见表5-15、图5-2。

表5-15 2016年三类直流输电系统累计等效强迫停运小时的分类原因构成

系统类型	指标	AC-E	V	C&P	DC-E	O	TL
点对点超高压	时间影响百分比	0.00%	3.16%	5.21%	10.49%	0.00%	3.64%
	等效停运小时	0.00	14.31	23.58	47.46	0.00	16.45
点对点特高压	时间影响百分比	0.00%	0.39%	6.57%	33.14%	0.00%	7.23%
	等效停运小时	0.00	1.76	29.74	149.96	0.00	32.70
背靠背	时间影响百分比	9.06%	0.00%	21.11%	0.00%	0.00%	0.00%
	等效停运小时	41.01	0.00	95.50	0.00	0.00	0.00

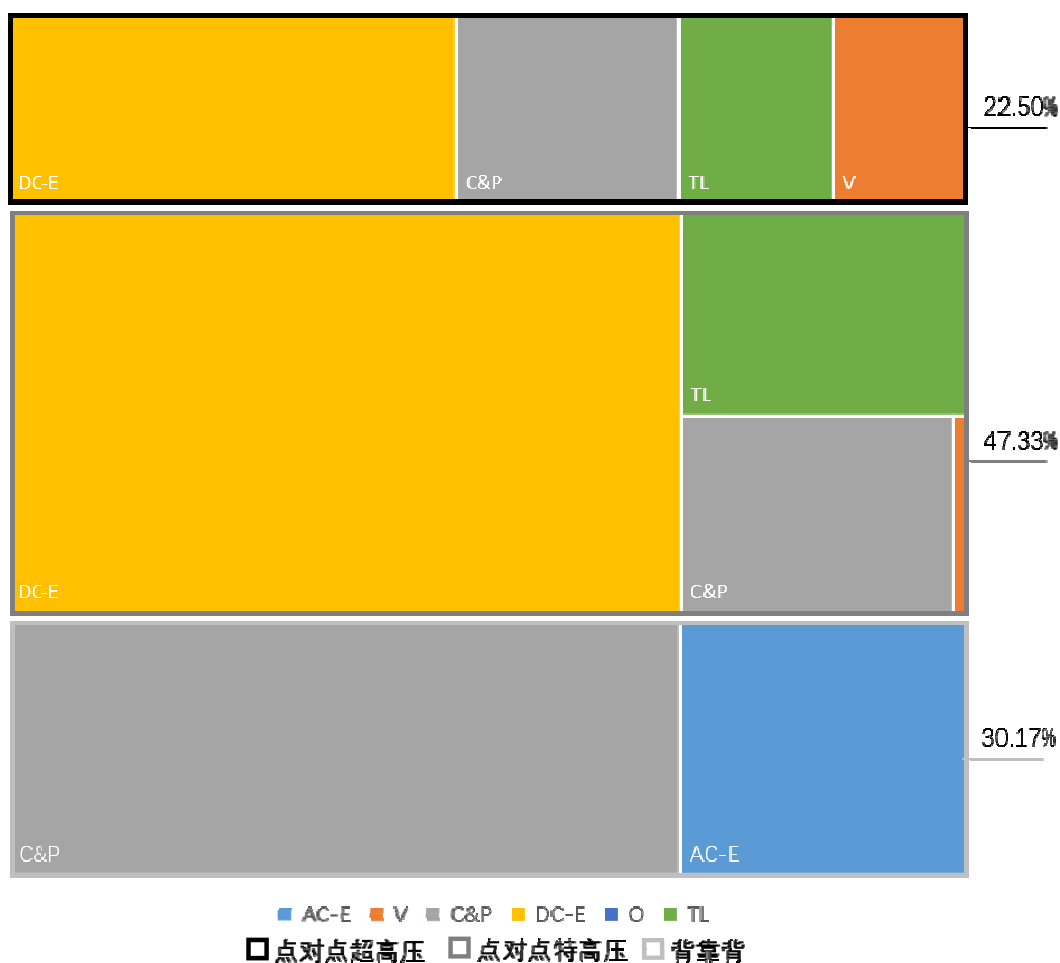


图5-2 2016年三类直流输电系统累计等效强迫停运小时分类构成

2016年全国直流输电系统累计等效强迫停运452.455小时，其中直流输电线路原因占10.86%，换流站原因占89.14%。各直流输电系统等效强迫停运小时按分类设备原因构成见表5-16。

表5-16 2016年导致各直流输电系统强迫停运的换流站设备分类

系统	AC-E	V	C&P	DC-E	0
葛南	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
天广	0.00	0.00	0.00	7.99	0.00
龙政	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
江城	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
高肇	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
宜华	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
兴安	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
德宝	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
伊穆	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
银东	0.00	0.00	11.11	0.00	0.00
林枫	0.00	0.00	0.00	4.05	0.00
柴拉	0.00	8.81	12.47	0.00	0.00
牛从甲	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
牛从乙	0.00	5.50	0.00	35.43	0.00
楚穗	0.00	0.00	4.29	34.66	0.00
复奉	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
锦苏	0.00	1.76	2.23	0.00	0.00
天中	0.00	0.00	16.15	0.00	0.00
宾金	0.00	0.00	6.41	0.00	0.00
普侨	0.00	0.00	0.66	115.30	0.00
灵宝	6.43	0.00	0.00	0.00	0.00
高岭	0.00	0.00	95.50	0.00	0.00
黑河	34.58	0.00	0.00	0.00	0.00

2016年全国直流输电系统累计等效强迫停运小时的换流站分类原因构成见图5-3。

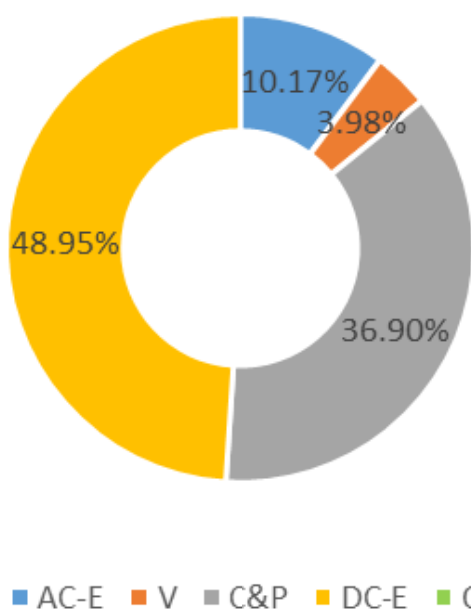


图5-3 2016年全国直流输电系统累计等小强迫停运小时按换流站设备分类

从强迫停运的分类原因构成来看，2016年全国直流输电系统由于直流及其辅助设备故障导致的强迫停运影响最高，百分比与2015年基本持平，由于控制和保护系统导致的强迫停运影响比2015年大幅上升，由于交流及其辅助设备故障导致的强迫停运影响大幅下降。2016年没有因其他因素导致的强迫停运事件。

#### （四）计划停运情况分析

2016年，全国全年在运的直流输电系统计划停运总计167次，其中双极计划停运34次、单极计划停运85次、阀组计划停运41次、单元计划停运7次，情况见表5-17。

表5-17 2016年全年在运直流输电系统计划停运情况

统计对象	阀组计划停运		单极计划停运		双极计划停运		单元计划停运		计划停运合计	
	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	小时	总次数	等效停运小时
葛南	0	0	9	380.767	2	1201.833	0	0	11	1393.596
天广	0	0	8	455.433	1	84	0	0	9	311.717
龙政	0	0	9	187.367	1	260.733	0	0	10	354.417

2016 年度全国电力可靠性同业对标及趋势分析报告

统计对象	阀组计划停运		单极计划停运		双极计划停运		单元计划停运		计划停运合计	
	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	小时	总次数	等效停运小时
江城	0	0	1	4.217	2	216.800	0	0	3	218.900
高肇	0	0	2	48.183	0	0	0	0	2	24.092
宜华	0	0	7	82.950	1	262.233	0	0	8	303.708
兴安	0	0	6	93.267	0	0	0	0	6	93.267
德宝	0	0	0	0	2	368.250	0	0	2	368.250
伊穆	0	0	2	451.250	0	0	0	0	2	225.625
银东	0	0	0	0	4	412.796	0	0	4	412.796
林枫	0	0	4	142.450	1	443.033	0	0	5	514.258
柴拉	0	0	3	1380.167	1	124.633	0	0	4	814.717
牛从甲	0	0	5	210.517	5	378.092	0	0	10	483.350
牛从乙	0	0	5	116.383	4	426.580	0	0	9	484.772
楚穗	7	67.416	4	367.380	2	40.783	0	0	13	224.473
复奉	4	147.413	6	516.280	2	360.220	0	0	12	655.210
锦苏	6	52.470	7	353.598	1	369.330	0	0	14	559.217
天中	11	2065.24	1	14.460	1	304.867	0	0	13	828.407
宾金	6	234.216	3	473.316	1	279.558	0	0	10	574.770
普侨	7	87.31	3	47.767	3	369.090	0	0	13	392.973
灵宝	0	0	0	0	0	0	1	233.58	1	233.580
高岭	0	0	0	0	0	0	6	954.16	6	238.540
黑河	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
全国累计	41	2654.065	85	5325.752	34	5902.831	7	1187.74	167	9710.634

2016年全国直流输电系统的计划停运等效停运小时累计9710.634小时。其中时间最长的是葛南系统，等效停运时间达到1393.596小时；时间最短的是黑河系统，无计划停运。

2016年除兴安系统和黑河系统外，全国全年在运的点对点直流输电系统和背靠背换流站均开展了年度检修，等效停运小时累计7734.886小时，占全部计划停运等效停运小时的79.654%。年度检修情况见表5-18。

表5-18 2016年全年在运直流输电系统年度检修状况

统计对象	次数	系统等效停运 小时 (h)	时间百分比 (%)	其他计划停运 等效停运小时 (h)
葛南	2	1201.833	86.240	191.763
天广	1	84	26.948	227.717
龙政	1	260.733	73.567	93.684
江城	1	204.530	93.435	14.370
高肇	1	21.190	87.955	2.902
宜华	1	262.017	86.273	41.691
兴安	0	0	0	93.267
德宝	2	368.250	100	0
伊穆	2	225.625	100	0
银东	3	412.796	100	0.0002
林枫	1	443.033	86.150	71.225
柴拉	2	810.083	99.431	4.634
牛从甲	2	247.183	51.140	236.167
牛从乙	2	345.080	71.184	139.692
楚穗	1	171.970	76.610	52.503
复奉	2	595.110	90.827	60.100
锦苏	2	530.920	94.940	28.297
天中	1	304.867	36.802	523.540
宾金	2	505.398	87.930	69.372
普侨	1	277.2083	70.541	115.765
灵宝	1	233.580	100	0
高岭	2	229.480	96.202	9.060
黑河	0	0	-	0
全国累计	33	7734.886	79.654	1975.747

注：时间百分比是直流输电系统因年度检修系统等效停运小时与计划停运等效停运小时之比的百分数，其他计划停运等效停运小时是除去年度检修之外其他计划停运的等效停运小时。

从表5-18可以看出：

年度检修的等效停运小时最长的是依然是葛南系统，达到了1201.833



小时；柴拉系统达到810.083小时；其他点对点系统和背靠背换流单元的年度检修计划停运等效停运小时都在600小时以内。兴安、天广、天中、牛从甲系统的年度检修等效停运小时占计划停运等效停运小时比例较低，其他系统年度检修时间占比均在60%以上，德宝、伊穆、银东、灵宝等系统的占比达到100%。

葛南系统年度检修等效停运小时最长，达到了一个半月以上；黑河换流站和兴安、高肇、天广系统年度检修等效停运小时较短，均在一周以内。

除年度检修之外，其他计划停运的等效停运小时最长的是天中系统，达到了523.54小时；天广和牛从甲系统分别达到227.717小时和236.167小时；其他点对点系统和背靠背换流单元的非年度检修计划停运等效停运小时都在200小时以内。

## 六、2016年全国用户供电可靠性分析

### (一) 总体指标

2016年全国10千伏用户（以下简称“用户”）供电可靠性指标情况如表6-1所示。

表6-1 2016年全国供电系统用户供电可靠性指标汇总

可靠性指标	全口径 (1+2+3+4)	城市 (1+2+3)	市中心 (1)	城镇 (2+3)	农村 (4)
等效总用户数(万户)	849.50	218.33	23.77	194.55	631.17
用户总容量(万千伏安)	260437.10	127138.27	20442.65	106695.62	133298.83
线路总长度(万公里)	413.84	71.74	10.00	61.74	342.10
架空线路绝缘化率(%)	18.92	57.52	55.68	57.7	14.59
线路电缆化率(%)	14.37	52.94	71.02	50.02	6.28
供电可靠率(%)	99.805	99.941	99.961	99.938	99.758
平均停电时间(时/户)	17.11	5.20	3.41	5.42	21.23
平均停电次数(次/户)	3.57	1.22	0.77	1.28	4.39
故障平均停电时间(时/户)	6.38	1.74	1.41	1.78	7.98
预安排平均停电时间(时/户)	10.73	3.46	2.00	3.64	13.25

注：1:市中心区； 2:市区； 3:城镇； 4:农村

2016年全国用户平均供电可靠率RS1为99.805%，同比下降了0.075%；用户平均停电时间17.11小时/户，同比增加了6.61小时/户。其中，全国城市用户平均供电可靠率RS1为99.941%，同比下降了0.012%，相当于我国城市用户年平均停电时间由2015年的4.08小时/户上升到5.20小时/户；全国农村用户平均供电可靠率RS1为99.758%，同比下降了0.097%，相当于我国农村用户年平均停电时间由2015年的12.74小时/户上升到21.23小时/户。

2016年城市用户供电可靠率与农村相比高出0.183个百分点，即平均停电时间相差16.03小时/户，平均停电次数相差3.17次/户。

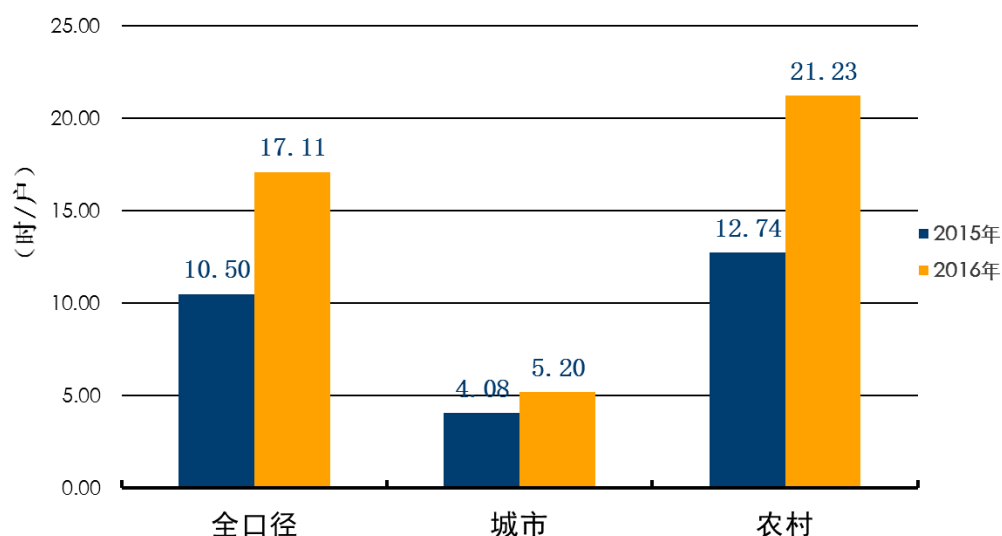


图6-1 同比上一年用户平均停电时间变化

## (二) 各区域指标

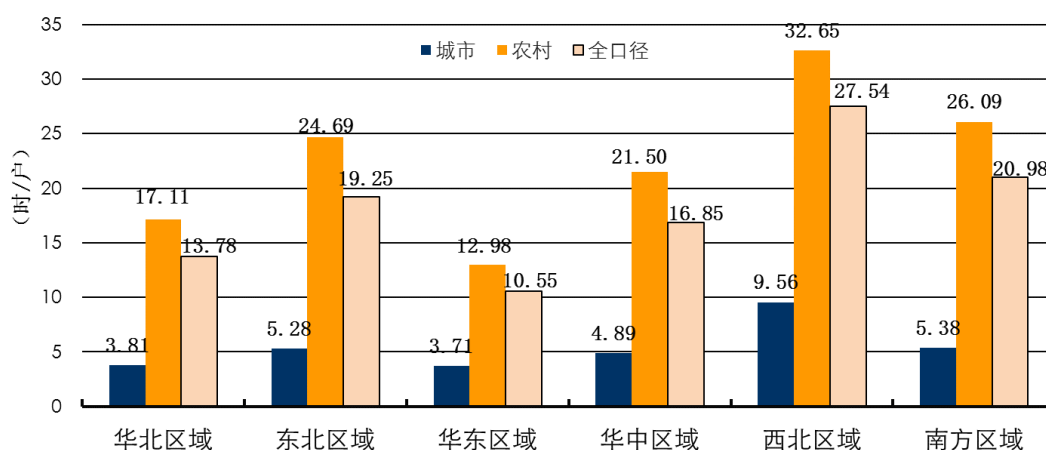


图6-2 2016年各区域城市、农村、全口径用户平均停电时间对比

2016年六个区域中，华北、华东、华中三个区域的用户平均停电时间低于全国平均值（17.11小时/户），华北、华东、华中三个区域的城市用户平均停电时间低于全国平均值（5.20小时/户），华北、华东两个区域的农村用户平均停电时间低于全国平均值（21.23小时/户）；其中区域内城市与农村用户平均停电时间相差最小的是华东地区，为9.27小时/户，区域内城市与农村用户平均停电时间相差最多的是西北地区，为23.09小时/户。

### (三) 各省级电力公司指标

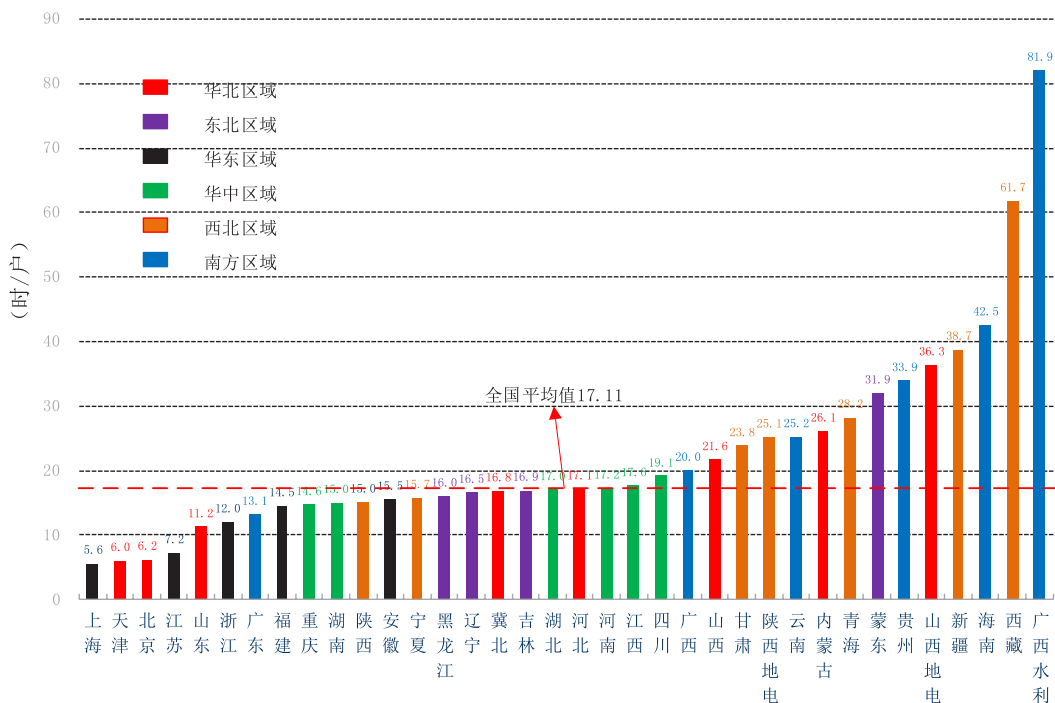


图6-3 2016年各省级电力公司用户平均停电时间分布（全口径）

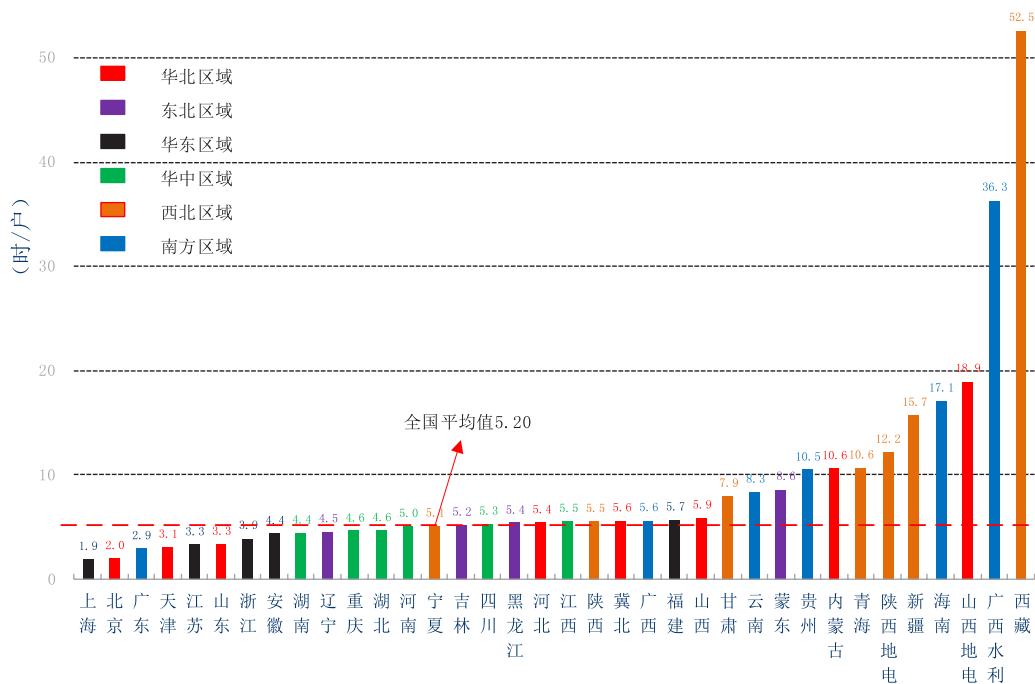


图6-4 2016年各省级电力公司用户平均停电时间分布（城市）

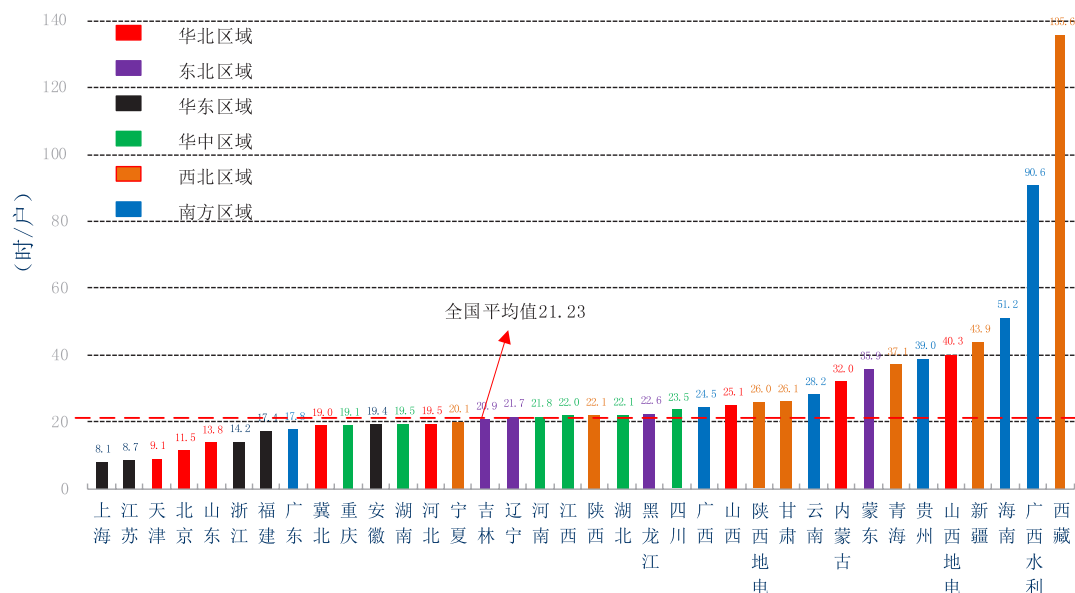


图6-5 2016年各省级电力公司用户平均停电时间分布（农村）

2016年全国各省级电力公司所属用户供电可靠性水平差异明显。36个省级电力公司中，上海、北京、天津、江苏所属用户的平均停电时间低于10小时/户，13个省的用户平均停电时间高于20小时/户。其中，15个省所属城市用户平均停电时间低于全国平均值，9个省所属城市用户平均停电时间超过了10小时/户，最短与最长停电时间相差50.65小时/户；20个省所属农村用户平均停电时间低于全国平均值，9个省所属农村用户平均停电时间超过了30小时/户，最短与最长停电时间相差115.77小时/户。

各省级电力公司城乡用户供电可靠性差异水平较为明显，其中城乡差距最小的是江苏、天津、上海，分别相差5.36小时/户、6.06小时/户、6.20小时/户；城乡差距较大的是西藏、广西水利、海南，分别相差83.09小时/户、54.35小时/户、34.18小时/户。

表6-2 2016年各省用户平均停电时间对标情况（单位：小时/户）

排序	城市范围		农村范围		全口径范围	
	名称	用户平均停电时间	名称	用户平均停电时间	名称	用户平均停电时间
1	广东省	2.92	江苏省	8.66	江苏省	7.21
2	江苏省	3.29	山东省	13.80	山东省	11.22
3	山东省	3.34	浙江省	14.17	浙江省	11.98
4	浙江省	3.90	福建省	17.41	广东省	13.15
5	安徽省	4.36	广东省	17.81	福建省	14.47
	第25%值	4.52	第25%值	19.06	第25%值	14.89
	中位值	5.46	中位值	22.05	中位值	17.03
	第75%值	9.06	第75%值	29.15	第75%值	25.38
	最末值	52.54	最末值	135.63	最末值	81.90
	总平均值	5.20	总平均值	21.23	总平均值	17.11

注：1、四大直辖市未参与排名；

2、广东省数据包含广东电网公司、广州供电局有限公司、深圳供电局有限公司。

#### （四）主要城市供电企业指标

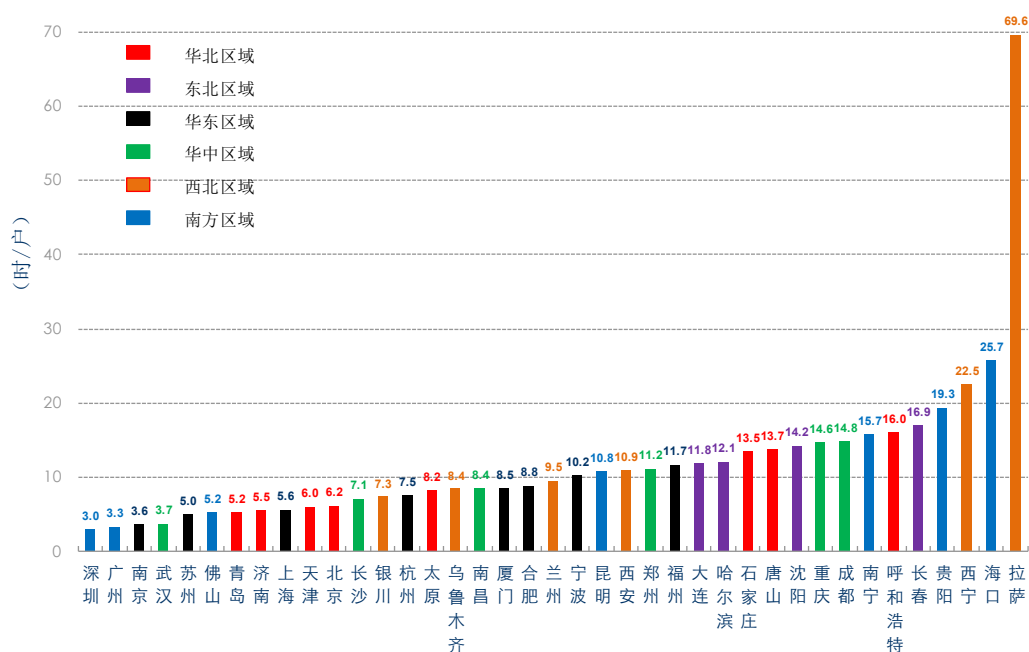


图6-6 2016年主要城市所属用户平均停电时间对比（全口径）

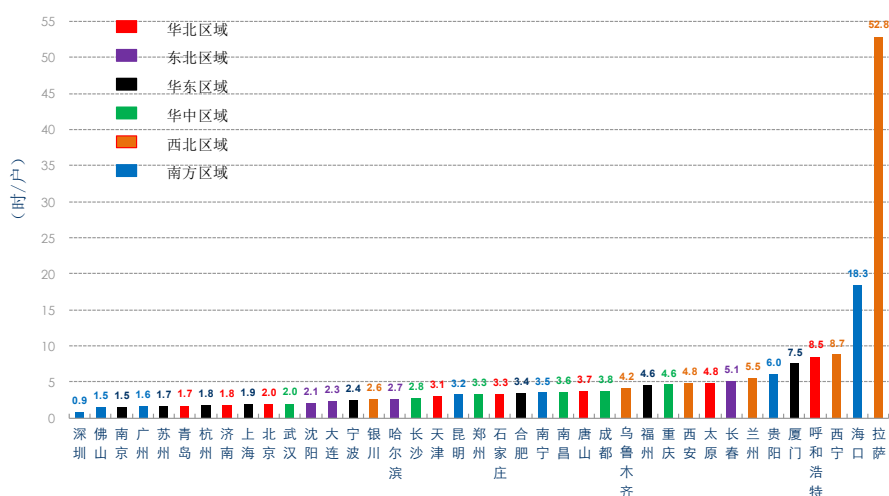


图6-7 2016年主要城市所属用户平均停电时间对比（城市）

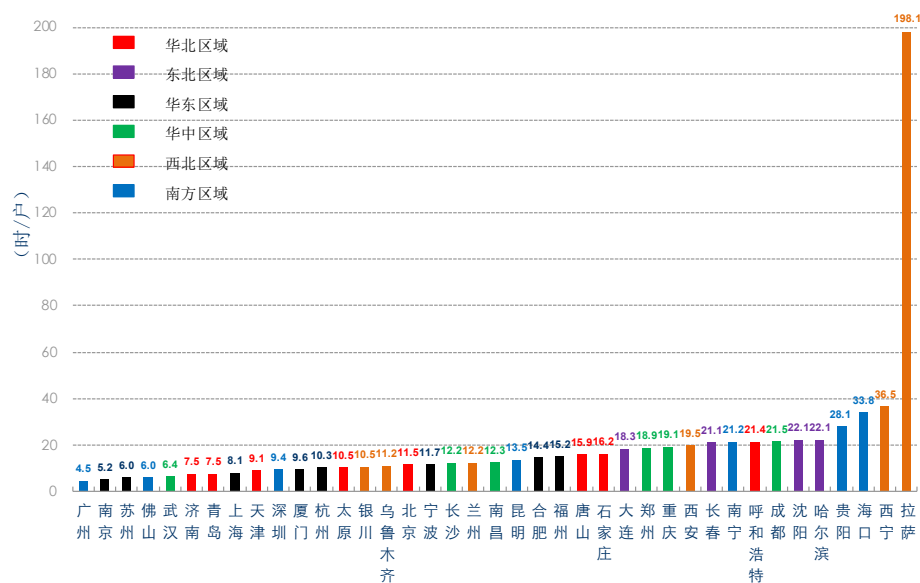


图6-8 2016年主要城市所属用户平均停电时间对比（农村）

2016年全国39个主要城市（即27个省会城市、4个直辖市及其它8个重点城市）的用户数占全国总用户数的25.29%，其所属户平均停电时间为9.17小时/户，低于全国平均值7.94小时/户。其中，所属城市用户平均停电时间在2个小时及以下的城市有11个，超过5个小时的有8个，这些城市所属城市用户的平均停电时间为3.00小时/户，低于全国平均值2.20小时/户；所属农村用户平均停电时间低于10个小时的城市有11个，超过20个小时的有10个，这些城市所属农村用户的平均停电时间13.16小时/户，低于全国平均值8.07小时/户。

### (五) 地市级供电企业指标

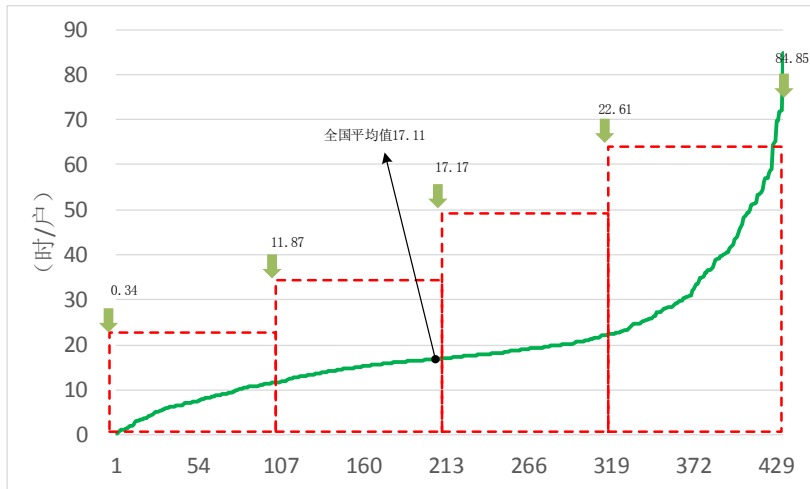


图6-9 2016年全国地市级城市供电企业用户平均停电时间分布（全口径）

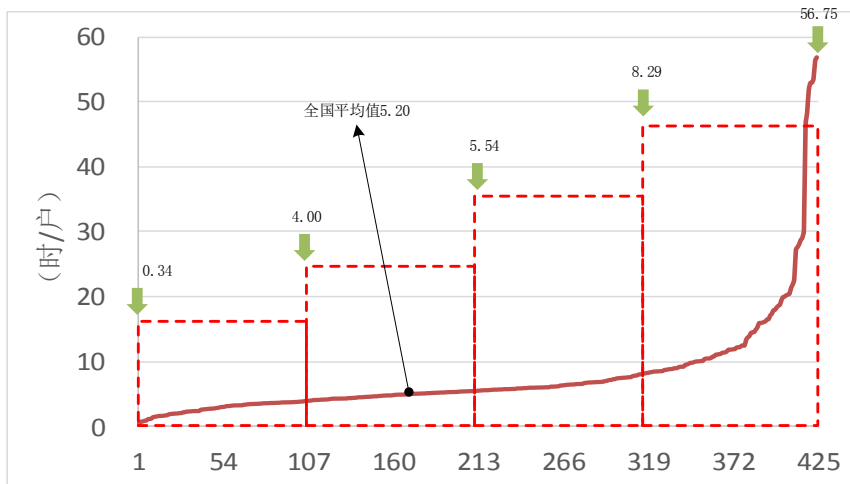


图6-10 2016年全国地市级供电企业用户平均停电时间分布（城市）

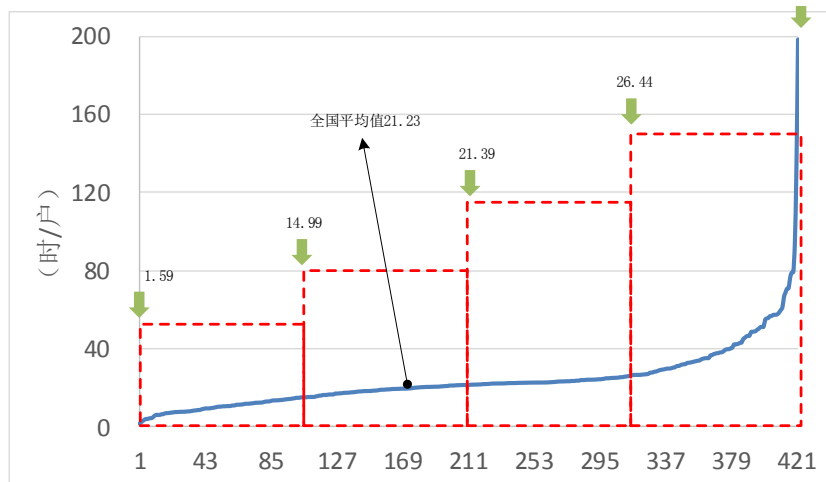


图6-11 2016年全国地市级供电企业用户平均停电时间分布（农村）



2016年全国四百多个地市级供电企业按所属用户平均停电时间分为四个梯队，处于第一梯队的全口径用户平均停电时间低于11.87小时/户，城市用户平均停电时间低于4小时/户，农村用户平均停电时间低于14.99小时/户。其中，城市用户的平均停电时间范围为0.34-56.75小时/户，全国有4个地市级供电企业所属城市用户的供电可靠率达到了99.99%，有4.95%、21个地市级供电企业的城市用户平均停电时间低于2小时/户，有43.16%、共183个供电企业城市用户平均停电时间高于全国平均水平（5.20小时/户）；农村用户的平均停电时间范围为1.59-198.12小时/户，有9.48%、40个供电企业的供电可靠率达到“三个九”，有48.34%、共204个供电企业农村用户平均停电时间高于全国平均水平（21.23小时/户）。

## （六）停电原因分析

2016年我国用户平均故障停电时间6.38小时/户，平均预安排停电时间10.73小时/户，分别占到总停电时间的37.29%、62.71%；用户平均故障停电次数1.89次/户，平均预安排停电次数1.69次/户，分别占到总停电次数的52.87%、47.13%。

2016年农村用户平均故障停电时间、平均预安排停电时间、平均故障停电次数、平均预安排停电次数是城市的近4倍，农村与城市供电可靠性相比还有较大差距。

表6-3 2016年故障、预安排停电指标

可靠性指标	全口径 (1+2+3+4)	百分比	城市 (1+2+3)	百分比	农村 (4)	百分比
平均故障停电时间	6.38	37.29%	1.74	33.51%	7.98	37.61%
平均预安排停电时间	10.73	62.71%	3.46	66.49%	13.25	62.39%
平均故障停电次数	1.89	52.87%	0.59	48.58%	2.34	53.29%
平均预安排停电次数	1.69	47.13%	0.63	51.42%	2.05	46.71%
故障停电平均持续时间	3.67	-	3.28	-	3.76	-
预安排停电平均持续时间	5.62	-	5.28	-	5.72	-
故障停电平均用户数	19.21	-	8.75	-	21.05	-
预安排停电平均用户数	17.12	-	8.69	-	18.71	-

## 1、故障停电分析

### (1) 用户平均故障停电指标分析

2016年，全口径、城市、农村用户平均故障停电时间分别为6.38小时/户、1.74小时/户、7.98小时/户，占总停电时间的32.29%、33.51%、37.61%，全口径、城市、农村用户平均故障停电时间同比，分别增加了3.45小时/户、0.51小时/户、4.09小时/户；全口径、城市、农村用户平均故障停电次数分别为1.69次/户、0.59次/户、2.34次/户，占总停电次数的52.87%、48.58%、53.29%，全口径、城市、农村用户平均故障停电次数同比，分别增加了0.86次/户、0.16次/户、1.08次/户。

### (2) 故障停电复电时间分析

2016年用户故障停电平均持续时间3.67小时/次，同比增加0.98小时/次。其中，城市用户故障停电平均持续时间为3.28小时/次，同比增加了0.79小时/次；农村用户故障停电平均持续时间为3.76小时/次，同比增加了1.00小时/次。图6-12对2016年故障停电时间的分布做了分析，其中，30.17%用户的故障停电能够在1小时以内排除并恢复供电；49.76%用户的故障停电能够在2小时以内排除并恢复供电；7.33%用户的故障停电恢复时间超过了10个小时。

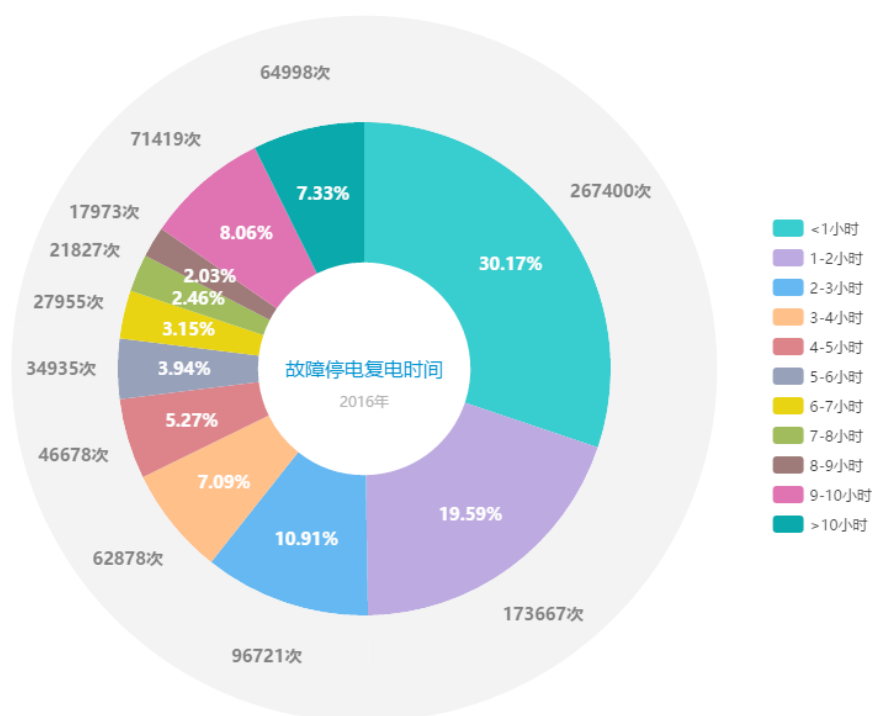


图6-12 2016年故障停电复电时间分析

### (3) 故障停电责任原因分析

表6-4 2016年故障停电责任原因分析

范围	停电原因	停电时户数	占故障停电时户数百分比 (%)	停电次数	占故障停电次数百分比 (%)	对RS-1的影响 (%)
全口径范围	发电设施	22178	0.04%	646	0.08%	0.0000
	输变电设施	3016109	5.77%	27856	3.39%	0.0040
	10kV配网设施	48126143	92.13%	727479	88.50%	0.0645
	低压设施	1071454	2.05%	65983	8.03%	0.0014
城市范围	发电设施	7587	0.20%	426	0.29%	0.0000
	输变电设施	173094	4.61%	5191	3.52%	0.0005
	10kV配网设施	3494854	92.98%	128731	87.41%	0.0182
	低压设施	83169	2.21%	12932	8.78%	0.0004
农村范围	发电设施	14591	0.03%	228	0.03%	0.0000
	输变电设施	2843015	5.86%	23777	3.45%	0.0009
	10kV配网设施	44631289	92.07%	610890	88.76%	0.0805
	低压设施	988285	2.04%	53373	7.75%	0.0018

在2016年所有的故障停电事件中，全口径、城市、农村范围因10千伏配电网设施故障停电次数分别占故障总停电次数的88.50%、87.41%、88.76%，故障停电时户数分别占故障总停电时户数的92.13%、92.98%、92.07%。因此，10千伏配电网设施故障是引起用户故障停电的主要原因，故障分类情况见表6-5。

表6-5 2016年全国10千伏配电网设施故障停电责任原因分类情况

范围	停电原因	停电时户数	占故障停电时户数百分比 (%)	停电次数	占故障停电次数百分比 (%)	对RS-1的影响 (%)
全口径范围	自然因素	20765745	39.75%	218331	26.56%	0.0278
	设备原因	8738472	16.73%	148589	18.08%	0.0117
	外力因素	7539985	14.43%	129092	15.71%	0.0101
	用户影响	6385746	12.22%	166850	20.30%	0.0086
	运行维护	4158589	7.96%	58516	7.12%	0.0056
	设计施工	537606	1.03%	6101	0.74%	0.0007
城市范围	自然因素	1037437	27.60%	25137	17.07%	0.0054
	设备原因	891302	23.71%	31425	21.34%	0.0046
	外力因素	664571	17.68%	23431	15.91%	0.0035
	用户影响	609118	16.21%	37617	25.54%	0.0032
	运行维护	245194	6.52%	9793	6.65%	0.0013
	设计施工	47232	1.26%	1328	0.90%	0.0002
农村范围	自然因素	19728309	40.70%	197258	28.66%	0.0356
	设备原因	7847170	16.19%	119607	17.38%	0.0142
	外力因素	6875414	14.18%	107886	15.67%	0.0124
	用户影响	5776628	11.92%	131151	19.06%	0.0104
	运行维护	3913394	8.07%	50102	7.28%	0.0071
	设计施工	490374	1.01%	4886	0.71%	0.0009

2016年，自然因素是造成用户停电的第一因素。特别是农村地区，电力设施基础薄弱，“单线单变”问题突出，线路供电半径过长，设施故障率偏高，抵御恶劣环境能力较差，因而大风、大雨、雷电等气候引起的故障停电较多，因自然因素引起农村用户平均停电时间3.1小时/户，故障停

电时户数占到农村故障总停电时户数的40.7%，故障停电次数占到农村故障总停电次数的28.66%。

另外，城市范围内，设备和外力因素也是造成用户故障停电的主要原因，引起城市用户平均停电时间42.8分钟/户，故障停电时户数占到了城市故障总停电时户数的41.39%，故障停电次数占到城市故障总停电次数的37.25%。因此持续加强设备运维和隐患排查，降低设备故障率，预防和减少大量施工对电力设施造成的破坏，还将是一段时间内减少供电系统故障的有效措施。

#### （4）故障停电设施分析

2016年10千伏配网四种主要设施，即架空线路、电缆线路、变压器、断路器的故障率分别为10.97次/100公里·年、2.92次/100公里·年、0.26次/100台·年、0.74次/100台·年。

四种设施中，变压器的故障率最低。目前10千伏配网在统计变压器台数924万台，总容量约26亿千伏安。随着变压器产业结构的升级，变压器的增容改造，高耗能变压器的不断淘汰及变压器在线监测技术的实施，变压器烧毁、损坏得到了有效的控制。

断路器是电力系统中最重要开关设备，它使用数量多、范围广，特别是分段开关（断路器）的使用为线路故障隔离、线路检修和转电操作带来了很大的方便，也对提高供电可靠性起到了很明显的的作用。因此断路器是否具有优良的性能，直接影响到电力系统的稳定和安全运行。近年来，断路器的运行基本平稳，2016年故障率较上一年有所下降。

10千伏线路分布范围广，长期暴露户外，容易因遭受外力破坏、自然灾害等原因发生故障，影响电网的安全稳定运行。近几年，架空线路的故障率呈上升趋势，2016年与上一年故障率基本持平，百公里架空线路的平均故障率为10.97次。引起线路故障的主要原因为自然灾害、外力破坏、设备故障、树木障碍等。对此，相关运行维护单位应该对这些故障原因进行深入分析，积极探寻合理有效的防治措施，尽可能降低线路的故障率，

提高10千伏线路的运行水平。

随着城市化的进程，10千伏电缆线路快速普及，2016年我国电缆化率达到14.37%，其中城市电缆化率更是首次超过50%，达到了52.94%，与此同时，近五年电缆的故障率呈上升趋势，2016年百公里电缆线路的平均故障率为2.92次，在其他三类设备故障率较上一年有一定下降的情况下，电缆的故障率上升幅度较大，相关运行维护单位应采取合理有效的措施，以降低电缆线路的故障率。

## 2、预安排停电分析

### (1) 用户平均预安排停电指标分析

2016年，全口径、城市、农村用户平均预安排停电时间分别为10.73小时/户、3.46小时/户、13.25小时/户，占城市、农村总停电时间的62.71%、66.46%、62.39%，同比增加了3.52小时/户、0.61小时/户、4.32小时/户；全口径、城市、农村用户平均预安排停电次数分别为1.68次/户、0.63次/户、2.05次/户，占城市、农村总停电次数的52.87%、51.42%、46.71%，其中全口径和农村用户平均预安排停电次数分别增加了0.22次/户和0.28次/户，而城市用户平均预安排停电次数同比减少了0.01次/户。

### (2) 预安排停电复电时间分析

2016年预安排停电平均持续时间为5.62小时/次，同比增加了1.84小时/次。其中，城市预安排停电平均持续时间为5.28小时/次，同比增加了1.54小时/次；农村预安排停电平均持续时间为5.72小时/次，同比增加了1.89小时/次。图6-13对2016年预安排停电时间的分布做了分析，其中，16.16%用户的预安排停电能够在1小时以内恢复供电；29.07%用户的预安排停电能够在2小时以内恢复供电；16.04%用户的预安排停电恢复时间超过了10个小时。

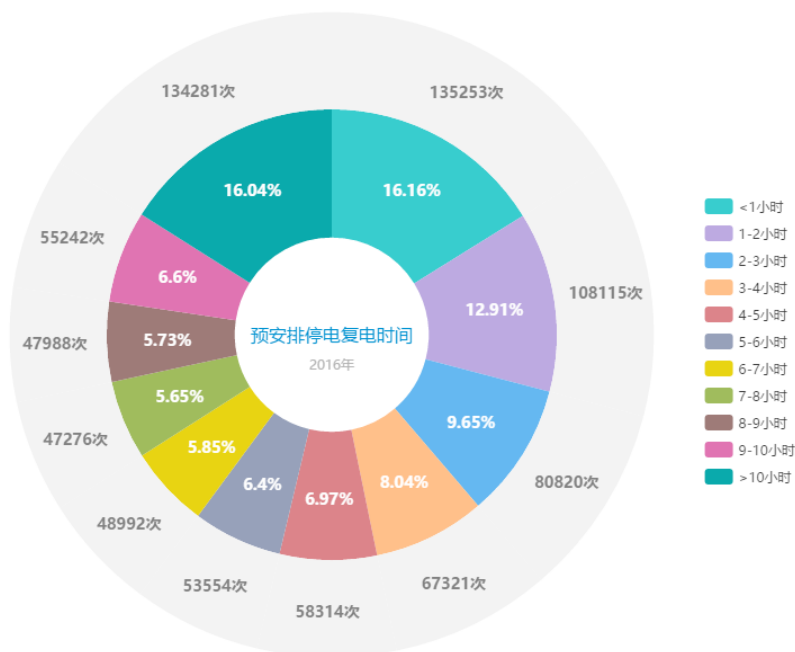


图6-13 2016年预安排停电复电时间分析

### (3) 预安排停电责任原因分析

2016年引起预安排停电的主要责任原因如下图，其中工程与检修停电占到了预安排总停电时间的96.04%。

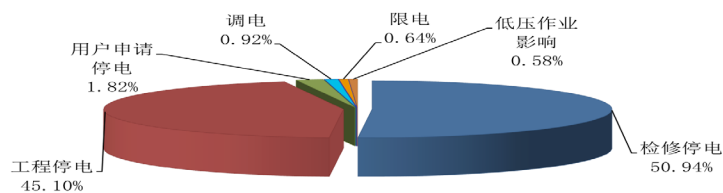


图6-14 2016年预安排停电主要责任原因分布

——检修停电，是2016年影响预安排停电的最大因素，占预安排停电的50.94%。配网设施检修造成的停电时户数占预安排停电的40.58%，引起用户年平均停电时间为4.26小时/户，同比增加了1.11小时/户。检修停电中大部分为10（20、6）kV城市配网设施检修停电，占到检修停电总时户数的79.18%；其次为35千伏设施检修、变电所10kV馈线系统、母线系统设施检修停电，分别占检修停电总时户数的7.66%、5.31%及3.19%。另

外计划检修和临时检修停电时户数分别占检修停电总时户数的86.93%和13.07%。

——工程停电，占预安排停电的45.10%，影响用户平均停电时间为4.74小时/户，同比增加了2.04小时/户。工程停电中大部分为10千伏城市配网改造，占到总工程停电时户数的77.67%，其次为市政工程施工和业扩工程施工停电，分别占总工程停电时户数的4.54%和4.42%。

——用户申请停电，主要包括影响其他用户的用户设施检修、改造等。2016年用户申请停电占到预安排停电的1.83%，影响用户平均停电时间为11.50分钟/户，同比增加了2.58分钟/户。

——调电停电，主要指由于检修、施工作业、故障处理或负荷调整等对运行方式的改变而造成的用户停电。2016年调电停电占到预安排停电的0.92%，影响用户平均停电时间为5.78分钟/户，同比减少了0.17分钟/户。

——限电，包含供电网限电和系统电源不足限电，是指由于供电系统本身设备容量不足，或发电设施电源容量不足，造成的由调度命令对用户以拉闸或不拉闸的方式对于求大于供的部分进行限量供应。2016年限电占到预安排停电的0.64%，影响用户平均停电时间4.04分钟/户，同比增加了1.65分钟/户。

——低压作业影响，主要指供电企业管辖低压设施作业造成的中压用户停电。2016年低压作业影响停电占到预安排停电的0.58%，影响用户平均停电时间为3.65分钟/户，同比减少了1.46分钟/户。



附表1

2016年火电100MW及以上容量机组运行可靠性综合指标

机组分类	机组容量 (MW)	台数	台数	台年数	平均容量 (MW/台)	利用小时 UTH	可用小时		不可用小时及次数				等效出力等效停运小时	等效可用系数 EAF (%)	等效强迫停运率 EFOR (%)	
							运行 SH	备用 RH	计划停运	非计划停运	强迫停运					
							次数	小时	次数	小时	次数	小时				
100-120MW		23	23.06	103.48	3603.09	4815.24	3568.35	0.87	351.38	0.13	25.03	0.13	25.03	0	95.7	0.52
	燃煤	23	23.06	103.48	3603.09	4815.24	3568.35	0.87	351.38	0.13	25.03	0.13	25.03	0	95.7	0.52
	燃煤国产	20	20.05	104	3560.07	4778.68	3743.57	0.85	209.1	0.15	28.64	0.15	28.64	0	97.29	0.60
125MW	燃煤进口	3	3.01	100	3901.34	5068.7	2353.45	1	1337.84	0	0	0	0	0	84.73	0.00
		22	22.06	125	4442.53	6096.42	2342.21	0.82	321.15	0.09	0.22	0.09	0.22	0.22	96.33	0.00
	燃煤	22	22.06	125	4442.53	6096.42	2342.21	0.82	321.15	0.09	0.22	0.09	0.22	0.22	96.33	0.00
	燃煤国产	18	18.05	125	4263.04	5890.37	2522.98	0.94	346.38	0.11	0.27	0.11	0.27	0.27	96.04	0.00
	燃煤进口	4	4.01	125	5250.2	7023.64	1528.72	0.25	207.64	0	0	0	0	0	97.63	0.00
130-138MW	燃煤	74	71.86	135.16	3670.67	5271.3	3079.22	0.78	319.2	0.51	90.28	0.4	73.33	107.11	94.1	1.38
	燃煤国产	74	71.86	135.16	3670.67	5271.3	3079.22	0.78	319.2	0.51	90.28	0.4	73.33	107.11	94.1	1.38
	燃煤	57	56.15	147.12	4361.49	5905.52	2307.4	1.12	509.58	0.52	37.5	0.43	24.33	0.11	93.75	0.41
140-150MW	燃煤国产	54	53.14	147.04	4404.43	5834.57	2421.48	1.11	480.48	0.43	23.48	0.41	23.11	0.12	94.25	0.40
	燃煤进口	3	3.01	148.64	3610.89	7145.81	313.46	1.33	1018.11	1.99	282.62	0.66	45.8	0	85.15	0.64
	燃煤	10	10.03	164	4233.32	5965.09	2394.27	0.8	400.64	0	0	0	0	0.95	95.42	0.02
160-185MW	燃煤国产	4	4.01	162.5	4890.5	6317.53	2210.89	1	231.58	0	0	0	0	0	97.36	0.00
	燃煤进口	6	6.02	165	3801.84	5733.69	2514.67	0.66	511.64	0	0	0	0	1.58	94.14	0.03

附表1  
2016年火电100MW及以上容量机组运行可靠性综合指标 (续1)

机组分类	机组容量 (MW)	台数	台年数	平均容量 (MW/台)	利用小时 UTH	可用小时		不可用小时及次数				降低出力等效停运小时	等效可用系数 EAF (%)	等效强迫停运率 EFOR (%)		
						运行 SH	备用 RH	计划停运	非计划停运	强迫停运						
						次数	小时	次数	小时	次数	小时					
100-199MW		186	183.16	135.26	4017.97	5576.92	2741.28	0.9	391.45	0.39	50.36	0.32	39.32	42.13	94.48	0.70
	燃煤	186	183.16	135.26	4017.97	5576.92	2741.28	0.9	391.45	0.39	50.36	0.32	39.32	42.13	94.48	0.70
	燃煤国产	170	167.11	134.84	4009.7	5513.44	2831.64	0.92	365.16	0.39	49.76	0.34	42.32	46.26	94.74	0.76
200MW	燃煤进口	16	16.04	139.75	4100.99	6214.55	1833.56	0.75	655.52	0.37	56.36	0.12	9.13	0.7	91.87	0.16
		112	110.7	200	3964.59	5531.78	2723.53	0.75	492.64	0.24	12.05	0.23	11.84	0.99	94.23	0.22
	燃煤	112	110.7	200	3964.59	5531.78	2723.53	0.75	492.64	0.24	12.05	0.23	11.84	0.99	94.23	0.22
	燃煤国产	110	108.69	200	4008.65	5598.01	2647.99	0.76	501.73	0.25	12.27	0.24	12.06	1.01	94.12	0.22
205-250MW	燃煤进口	2	2.01	200	1576.2	1942.35	6817.65	0	0	0	0	0	0	0	100	0.00
		61	60.53	217.05	3707.3	5183.08	3096.57	0.93	478.22	0.13	2.14	0.13	2.14	2.99	94.48	0.07
	燃煤	61	60.53	217.05	3707.3	5183.08	3096.57	0.93	478.22	0.13	2.14	0.13	2.14	2.99	94.48	0.07
	燃煤国产	54	53.51	215.83	3690.56	5209.34	3053.79	0.92	494.43	0.15	2.44	0.15	2.44	2.95	94.29	0.07
200-299MW	燃煤进口	7	7.02	226.43	3828.97	4992.2	3407.39	1	360.4	0	0	0	0	3.23	95.85	0.06
		173	171.23	206.01	3868.77	5401.92	2862.45	0.81	487.27	0.2	8.36	0.2	8.23	1.73	94.32	0.17
	燃煤	173	171.23	206.01	3868.77	5401.92	2862.45	0.81	487.27	0.2	8.36	0.2	8.23	1.73	94.32	0.17
	燃煤国产	164	162.2	205.21	3898.3	5463.17	2788.78	0.81	499.19	0.22	8.86	0.21	8.72	1.68	94.18	0.17
	燃煤进口	9	9.02	220.56	3375.01	4377.62	4094.6	0.78	287.78	0	0	0	0	2.58	96.69	0.06

附表1  
2016年火电100MW及以上容量机组运行可靠性综合指标 (续2)

机组分类	机组容量 (MW)	台数	台年数	平均容量 (MW/台)	利用小时 UTH	可用小时		不可用小时及次数				降低出力等效停运小时	等效可用系数 EAF (%)	等效强迫停运率 EFOR (%)		
						运行 SH	备用 RH	计划停运	非计划停运	强迫停运						
						次数	小时	次数	小时	次数	小时					
300MW		375	373.37	300	4033.52	5661.57	2579.56	0.78	503.85	0.37	22.4	0.35	19.33	3.77	93.99	0.37
	燃煤	375	373.37	300	4033.52	5661.57	2579.56	0.78	503.85	0.37	22.4	0.35	19.33	3.77	93.99	0.37
	燃煤国产	367	365.51	300	4030.02	5660.11	2579.97	0.78	504.71	0.37	22.75	0.35	19.62	3.83	93.97	0.38
310-328.5MW	燃煤进口	8	7.87	300	4196.14	5729.44	2560.81	0.64	463.83	0.38	5.93	0.38	5.93	0.94	94.63	0.11
	燃煤	63	61.68	320.3	4154.05	5916.26	2332	0.79	517.18	0.23	7.88	0.19	4.24	0.21	94.16	0.08
	燃煤国产	56	55.11	320.21	4162.07	5937.67	2278.42	0.83	549.99	0.25	8.82	0.22	4.75	0.24	93.79	0.08
330-340MW	燃煤进口	7	6.58	321	4086.92	5737.11	2780.25	0.46	242.64	0	0	0	0	0	97.23	0.00
	燃煤	244	239.7	330.37	4185.22	6036.7	2197.93	0.8	513.03	0.3	16.51	0.29	15.47	1.41	93.94	0.27
	燃煤国产	237	232.68	330.38	4197.61	6052.1	2182.23	0.8	512.96	0.31	17.01	0.3	15.93	1.33	93.93	0.28
350-352MW	燃煤进口	7	7.02	330	3773.98	5525.61	2719.04	0.71	515.35	0	0	0	0	3.94	94.07	0.07
	燃煤	125	122.92	350.03	4286.28	6333.2	1862.56	0.77	561.05	0.39	9.71	0.38	8.35	9.33	93.4	0.16
	燃煤国产	88	86.83	350	4268.65	6375.59	1813.14	0.79	569.21	0.41	8.09	0.4	6.15	12.01	93.27	0.12
360-380MW	燃煤进口	37	36.09	350.11	4328.7	6231.23	1981.45	0.72	541.42	0.33	13.62	0.33	13.62	2.9	93.72	0.26
	燃煤	12	11.41	362.42	3659.59	5203.92	2897.79	0.61	564.59	1.14	93.7	1.14	93.7	39.15	92.04	2.51
	燃煤国产	4	3.39	365	4946.18	6819.19	1496.16	0.59	343.26	1.47	101.39	1.47	101.39	123.82	93.51	3.25
	燃煤进口	8	8.02	361.13	3112.07	4516.54	3494.25	0.62	658.77	1	90.43	1	90.43	3.11	91.41	2.03

附表1

2016年火电100MW及以上容量机组运行可靠性综合指标 (续3)

机组分类	机组容量 (MW)	台数	台年数	平均容量 (MW/台)	利用小时 UTH	可用小时		不可用小时及次数				降低出力等效停运小时	等效可用系数 EAF (%)	等效强迫停运率 EFOR (%)		
						运行 SH	备用 RH	计划停运	非计划停运	强迫停运						
						次数	小时	次数	小时	次数	小时					
300-399MW		819	809.08	319.16	4125.44	5900.79	2329.1	0.78	518.19	0.35	18.51	0.34	16.35	4.27	93.86	0.31
	燃煤	819	809.08	319.16	4125.44	5900.79	2329.1	0.78	518.19	0.35	18.51	0.34	16.35	4.27	93.86	0.31
	燃煤国产	752	743.51	317.28	4130.08	5906.95	2323.23	0.79	518.26	0.35	18.36	0.33	16	4.43	93.85	0.30
500MW	燃煤进口	67	65.57	340.3	4076.32	5835.64	2391.15	0.67	517.5	0.35	20.08	0.35	20.08	2.56	93.88	0.39
	燃煤进口	8	7.85	503.75	4200.42	5721.74	2348.27	0.64	657.55	0.76	32.43	0.76	32.43	2.57	92.09	0.58
600MW	燃煤	266	261.67	600	4001.11	5760.19	2322.84	0.75	666.44	0.37	19.44	0.34	15.46	3.42	92.16	0.28
	燃煤国产	243	239.23	600	3964.98	5727.41	2390.8	0.75	632.97	0.36	18.56	0.35	16.77	3.64	92.56	0.31
	燃煤进口	23	22.44	600	4386.3	6109.62	1598.3	0.8	1023.3	0.45	28.78	0.27	1.52	1.13	87.98	0.03
630-650MW	燃煤	71	69.05	635.63	4459.16	6434.18	1530.11	0.84	779.71	0.2	16	0.19	14.21	0.46	90.91	0.22
	燃煤国产	69	67.04	635.8	4450.56	6426.91	1546.59	0.82	770.02	0.21	16.48	0.19	14.63	0.47	91.02	0.23
	燃煤进口	2	2.01	630	4749.35	6679.47	973.81	1.49	1106.73	0	0	0	0	0	87.37	0.00
660-680MW	燃煤	137	135.23	661.58	4442.54	6375.68	1667.67	0.82	708.03	0.46	12.98	0.42	8.97	1.49	91.8	0.16
	燃煤国产	132	130.21	661.64	4424.04	6344.29	1695.36	0.82	712.81	0.41	12.06	0.38	7.9	1.55	91.76	0.14
	燃煤进口	5	5.01	660	4924.15	7192.88	946.75	0.8	583.54	1.6	36.83	1.6	36.83	0	92.92	0.51
600-699MW	燃煤	474	465.95	623.14	4206.36	6051.71	2001.15	0.79	696.38	0.37	16.93	0.34	13.27	2.38	91.86	0.23
	燃煤国产	444	436.49	623.89	4186.22	6032.06	2038.64	0.78	679.68	0.36	16.18	0.33	13.63	2.48	92.06	0.24
	燃煤进口	30	29.46	612	4510.4	6348.28	1435.02	0.85	948.46	0.61	28.24	0.48	7.89	0.84	88.84	0.13

附表1  
2016年火电100MW及以上容量机组运行可靠性综合指标 (续4)

机组分类	机组容量(MW)	台数	台年数	平均容量(MW/台)	利用小时 UTH	可用小时		不可用小时及次数				降低出力等效停运小时	等效可用系数 EAF(%)	等效强迫停运率 EFOR (%)		
						运行 SH	备用 RH	计划停运	非计划停运	强迫停运						
						次数	小时	次数	小时	次数	小时					
700MW	燃煤	8	8.02	700	4688.7	6543.93	1217.84	1.12	977.19	0.75	21.05	0.75	21.05	4.89	88.55	0.38
	燃煤国产	4	4.01	700	4417.45	6515.35	1087.42	1	1150.37	0.75	6.85	0.75	6.85	0	86.79	0.11
	燃煤进口	4	4.01	700	4959.94	6572.51	1348.25	1.25	804.01	0.75	35.24	0.75	35.24	9.79	90.31	0.66
800MW	燃煤进口	2	2.01	880	4262.58	7343.37	1322.78	0.5	79.28	1	14.56	1	14.56	35.49	98.52	0.26
900MW	燃煤进口	2	2.01	900	4496.68	6569.03	1120.69	0.5	1066.19	0.5	4.09	0.5	4.09	0	87.78	0.06
1000MW	燃煤国产	80	77.71	1006.78	4825.6	6637.44	1397.22	0.77	714.54	0.33	11.31	0.33	11.31	9.13	91.61	0.18
500-1000MW	燃煤	574	563.54	677.87	4341.94	6184	1862.14	0.78	702.73	0.38	15.93	0.35	13.15	3.94	91.78	0.23
	燃煤国产	528	518.21	682.48	4329.63	6169.94	1889.07	0.78	691.14	0.36	15.03	0.34	13.06	3.93	91.92	0.22
	燃煤进口	46	45.33	625	4495.4	6359.1	1526.74	0.82	847.04	0.66	27.13	0.57	14.19	4.07	89.97	0.24
100-1000MW		1752	1727	405.99	4226.79	6018.65	2115.88	0.8	612.8	0.35	17.72	0.33	15.01	5.3	92.77	0.27
	燃煤	1752	1727	405.99	4226.79	6018.65	2115.88	0.8	612.8	0.35	17.72	0.33	15.01	5.3	92.77	0.27
	燃煤国产	1614	1591.04	406.14	4223.24	6014.4	2127.14	0.8	606.65	0.34	17.14	0.32	14.93	5.48	92.84	0.27
燃气轮机	燃煤进口	138	135.97	404.14	4268.39	6068.66	1983.61	0.74	685.03	0.43	24.47	0.38	15.86	3.26	91.88	0.29
		152	152.33	293.52	2545.16	3911.54	4174.82	1.12	595.93	0.39	78.74	0.33	64.63	0.17	92.3	1.63

附表 2

## 2016年水电40MW及以上容量机组运行可靠性综合指标

机组分类	机组容量 (MW)	台数	台数	平均容量 (MW/台)	利用小时UTH	可用小时		不可用小时及次数				降低出力等效停运小时	等效可用系数 EAF (%)	等效强迫停运率 EFOR (%)		
						运行SH	备用RH	计划停运	非计划停运	强迫停运	次数				小时	次数
抽水蓄能机组	全部	85	85.23	250.24	3035.11	3242.64	4603.38	9.19	916.42	2.08	11.33	1.89	9.44	0	89.45	0.29
	40-99MW	9	9.02	63.33	2740.94	3820.47	3788.51	9.87	1134.04	2.99	16.98	2.99	16.98	0	86.86	0.44
	100-199MW	6	6.02	150	2766.56	2665.27	4775.9	9.8	1314.66	1.5	4.17	1.5	4.17	0	84.94	0.16
	200-299MW	20	20.05	240	3467.37	3567.23	4216.37	9.13	966.84	1.65	9.56	1.65	9.56	0	88.85	0.27
	300MW及以上	50	50.14	300	2924.08	3151.46	4747.84	9.01	868.12	2.15	12.11	1.83	9.43	0	90.01	0.30
水电轴流机组	全部	151	148.15	105.68	4555.49	5623.4	2537.58	1.54	602.58	0.13	1.07	0.05	0.99	0	93.14	0.02
	40-99MW	68	67.18	59.37	3648.99	4476.52	3519.71	1.95	769.92	0.25	1.51	0.09	1.23	0	91.19	0.03
	100-199MW	74	71.94	136.16	4701.06	5920.42	2324.49	1.11	518.27	0.03	1.09	0.03	1.09	0	94.12	0.02
	200-299MW	9	9.02	204.94	5742.48	6526.16	1545.5	1.88	688.34	0	0	0	0	0	92.14	0.00
	全部	709	707.42	232.91	3725.79	4859.09	3273.71	1.44	624.08	0.07	3.92	0.05	3.7	6.63	92.76	0.08
水电混流机组	40-99MW	301	300.21	60.2	3617.31	4939.73	3268.41	1.5	546.65	0.05	6.28	0.04	5.24	60.35	93.01	0.11
	100-199MW	125	124.8	136.2	3056.07	4129.81	4064.8	1.31	554.44	0.12	15.42	0.08	15.2	0	93.49	0.37
	200-299MW	84	84.13	236.36	3337.19	4437.99	3548.7	1.3	772.32	0.06	0.99	0.04	0.24	0	91.17	0.01
	300MW及以上	199	198.29	553.44	3918.26	5035.47	3101.81	1.51	620.77	0.07	2.28	0.07	2.28	0	92.89	0.05
全部机组	945	940.8	214.14	3717.19	4747.43	3357.21	2.16	653.35	0.26	4.48	0.22	4.09	5.42	92.44	0.09	

附表 3

### 2016 年全国电网 220kV 及以上电压等级架空线路、变压器、电抗器、 断路器 等 13 类输电设施可靠性综合指标

设施类型	电压等级 (kV)	设施总数/ 线路全长*1	统计百台 (段、公里) 年数	强迫 停运率*2	可用系数 (%)	连续可用 小时 (小时/次)	非计划 停运次数 (次)	非计划 停运时间 *3	计停次数 (次)	计停时间 *3
架空线路	综合	6691.890	6484.603	0.067	99.57	36689.655	498	1.054	3676	34.085
	220	3989.087	3885.883	0.065	99.872	42676.426	293	0.173	2707	10.672
	330	265.518	258.651	0.147	99.563	26938.401	38	0.131	135	37.494
	400	20.630	20.686	0	95.857	5613.383	0	0	3	363.925
	500	1945.862	1891.736	0.069	99.382	21254.788	152	3.086	761	48.681
	660	26.667	26.741	0.075	95.255	2789.075	2	7.893	4	408.882
	750	170.892	163.274	0.073	99.126	16823.902	12	0.49	41	75.417
	800	218.759	203.803	0	97.131	11677.495	0	0	10	199.654
	1000	54.476	33.829	0.03	97.879	10064.912	1	0.06	15	186.258
	综合	14464	140.744	0.156	99.867	43158.542	33	0.173	2817	11.254
变压器	220	9875	96.812	0.103	99.889	42125.04	15	0.012	1996	9.451
	330	373	3.677	1.088	99.748	41730.139	7	5.895	70	16.155
	500	3851	37.121	0.162	99.84	50179.994	8	0.028	639	13.693
	660	6	0.060	0	100	52704	0	0	0	0
	750	224	2.050	0.488	99.747	28430.992	2	0.193	61	21.719
	800	18	0.180	0	100	158112	0	0	0	0
	1000	117	0.842	1.187	99.226	14082.779	1	0.116	51	67.306

附表3

2016年全国电网220kV及以上电压等级架空线路、变压器、电抗器、  
断路器等13类输电设施可靠性综合指标 (续1)

设施类型	电压等级 (kV)	设施总数/ 线路全长*1	统计百台 (段、公里) 年数	强迫 停运率*2	可用系数 (%)	连续可用 小时 (小时/次)	非计划 停运次数 (次)	非计划 停运时间 *3	计停次数 (次)	计停时间 *3
电抗器	综合	2542	25.034	0.399	99.904	80791.603	11	0.015	263	8.404
	220	144	1.435	0	99.995	179541.645	0	0	7	0.451
	330	134	1.315	0	99.893	287571.596	0	0	4	9.404
	500	1791	17.88	0.168	99.951	92088.048	4	0.01	166	4.286
	750	376	3.645	1.92	99.781	51387.777	7	0.053	55	19.149
	1000	97	0.760	0	99.237	21318.127	0	0	31	67.013
断路器	综合	41259	405.551	0.123	99.958	74534.704	63	0.037	4700	3.623
	220	33286	327.856	0.079	99.961	74899.716	33	0.021	3800	3.337
	330	1628	15.739	0.064	99.937	94372.603	4	0.033	142	5.541
	500	6026	59.084	0.203	99.962	77105.299	14	0.105	657	3.250
	750	300	2.810	3.915	99.6	21696.667	12	0.553	101	34.166
	1000	19	0.063	0	100	55004.533	0	0	0	0
电流互感器	综合	117823	1165.740	0.01	99.986	212516.348	38	0.02	4764	1.164
	220	100350	994.058	0.009	99.987	221943.093	31	0.02	3892	1.064
	330	2887	28.642	0	99.941	98336.052	4	0.003	251	5.162
	500	14516	142.942	0.021	99.987	200643.139	3	0.023	621	1.060
	750	3	0.021	0	100	18114	0	0	0	0
	1000	67	0.077	0	100	67285.2	0	0	0	0



附表 3

2016年全国电网220kV及以上电压等级架空线路、变压器、电抗器、  
断路器等13类输电设施可靠性综合指标 (续2)

设施类型	电压等级 (kV)	设施总数/ 线路全长*1	统计百台 (段、公里) 年数	强迫 停运率*2	可用系数 (%)	连续可用 小时 (小时/次)	非计划 停运次数 (次)	非计划 停运时间 *3	计停次数 (次)	计停时间 *3
电压互感器	综合	72403	707.716	0.083	99.976	200986.56	63	0.034	3019	2.030
	220	51237	504.177	0.046	99.991	266999.651	26	0.016	1628	0.794
	330	4112	39.913	0.025	99.954	161795.399	1	0.002	215	4.068
	500	15934	153.673	0.182	99.952	136740.512	28	0.101	956	4.131
	750	880	8.164	0.857	99.789	43783.435	8	0.019	155	18.066
	1000	240	1.789	0	99.414	23963.625	0	0	65	51.438
隔离开关	综合	147123	1448.854	0.008	99.992	338740.873	62	0.009	3682	0.715
	220	127190	1255.837	0.005	99.994	385981.024	12	0.001	2838	0.529
	330	3760	36.447	0	99.972	194623.411	33	0.157	131	2.345
	500	15287	148.832	0.007	99.983	210590.544	11	0.039	608	1.353
	750	805	7.558	0.662	99.866	59569.932	6	0.041	105	11.301
	1000	81	0.179	0	100	156800.167	0	0	0	0
避雷器	综合	115718	1133.421	0.024	99.983	266059.801	27	0.001	3701	1.495
	220	93319	917.122	0.004	99.991	337957.439	4	0	2373	0.807
	330	3855	37.967	0.158	99.964	180692.019	6	0.003	178	3.142
	500	16981	163.992	0.043	99.961	158151.13	7	0.006	901	3.402
	660	1	0.003	356.581	99.347	2440.617	1	16.05	0	0
	750	1304	12.374	0.727	99.84	59136.585	9	0.01	174	13.810
1000	258	1.962	0	99.381	22777.54	0	0	75	54.372	

附表 3

2016 年全国电网 220kV 及以上电压等级架空线路、变压器、电抗器、  
断路器等 13 类输电设施可靠性综合指标 (续 3)

设施类型	电压等级 (kV)	设施总数/ 线路全长*1	统计百台 (段、公里) 年数	强迫 停运率*2	可用系数 (%)	连续可用 小时 (小时/次)	非计划 停运次数 (次)	非计划 停运时间 *3	计停次数 (次)	计停时间 *3
耦合电容器	综合	9558	97.565	0.01	99.992	464780.36	1	0	182	0.626
	220	9094	92.916	0.011	99.991	459813.66	1	0	176	0.656
	330	102	1.023	0	100	895968	0	0	0	0
	500	362	3.627	0	100	529478.192	0	0	6	0.030
	综合	16796	172.683	0.046	99.987	398961.158	8	0.001	370	1.040
阻波器	220	13660	141.093	0.043	99.988	451031.782	6	0.001	268	0.940
	330	680	6.892	0	99.98	464336.244	0	0	13	1.692
	500	2452	24.658	0.081	99.983	237321.508	2	0.001	89	1.429
	750	4	0.040	0	100	35136	0	0	0	0
	综合	43.402	40.234	0	99.917	158659.497	0	0	53	7.280
电缆线路	220	42.818	39.648	0	99.916	164021.9	0	0	51	7.327
	500	0.584	0.586	0	99.954	65711.168	0	0	2	4.064
	综合	4433	39.925	0.021	99.993	13722.231	49	0.008	2498	0.618
组合电器	220	2911	26.005	0.008	99.994	12862.406	20	0.006	1751	0.497
	330	73	0.683	0.018	99.987	7574.273	7	0.048	72	1.079
	500	1404	12.835	0.018	99.991	18927.174	9	0.004	585	0.742
	750	20	0.181	1.974	99.906	2197.564	11	0.485	61	7.794
	1000	25	0.22	0.157	99.997	6216.23	2	0.01	29	0.275

附表 3

2016 年全国电网 220kV 及以上电压等级架空线路、变压器、电抗器、  
断路器 等 13 类输电设施可靠性综合指标 (续 4)

设施类型	电压等级 (kV)	设施总数/ 线路全长*1	统计百台 (段、公里) 年数	强迫 停运率*2	可用系数 (%)	连续可用 小时 (小时/次)	非计划 停运次数 (次)	非计划 停运时间 *3	计停次数 (次)	计停时间 *3
母线	综合	11325	111.529	0.287	99.959	132201.808	36	0.038	701	3.518
	220	9708	95.810	0.250	99.968	152273.383	28	0.04	523	2.745
	330	255	2.537	1.971	99.954	111067.201	5	0.005	15	4.027
	500	1289	12.512	0.240	99.895	68003.638	3	0.033	158	9.211
	750	61	0.586	0	99.925	102676.227	0	0	5	6.614
	1000	12	0.084	0	100	73776	0	0	0	0

注：\*1 架空线路、电缆线路单位为：百公里；其它设备单位为：台（段）。

\*2 架空线路、电缆线路单位为：次/百公里年；其它设备单位为：次/百台（段）年。

\*3 架空线路、电缆线路单位为：小时/百公里年；其它设备单位为：小时/台（段）年。

附表 4

## 2016 年全国点对点直流输电系统可靠性指标

系统名称	额定电压	额定输送容量 (MW)	投运时间		能量可用率 (%)	能量利用率 (%)	强迫能量不可用率 (%)	计划能量不可用率 (%)	强迫停运次数	总输送电量 (MWh)
葛南	±500	1164	极 I 极 II	Pole I Pole II 1989-9-1 1990-8-1	84.121	45.658	0.029	15.85	2	4668384
天广	±500	1800	极 I 极 II	Pole I Pole II 2000-12-26 2001-6-26	96.762	44.013	0.141	3.10	4	6959033
龙政	±500	3000	极 I 极 II	Pole I Pole II 2003-6-1 2003-6-1	95.970	37.822	0.000	4.03	0	9966971.75
江城	±500	3000	极 I 极 II	Pole I Pole II 2004-6-1 2004-6-1	97.508	60.985	0.000	2.49	0	16070701.5
高肇	±500	3000	极 I 极 II	Pole I Pole II 2004-9-24 2004-5-31	99.684	57.506	0.000	0.32	0	15153863
宜华	±500	3000	极 I 极 II	Pole I Pole II 2006-12-1 2006-12-1	96.494	45.628	0.048	3.46	1	12023785.2
兴安	±500	3000	极 I 极 II	Pole I Pole II 2007-12-3 2007-6-21	99.147	63.700	0.005	0.85	2	16786227
德宝	±500	3000	极 I 极 II	Pole I Pole II 2010-4-21 2010-4-21	95.808	29.158	0.000	4.19	0	7683801.14
伊穆	±500	3000	极 I 极 II	Pole I Pole II 2010-9-30 2010-9-30	97.408	56.451	0.023	2.57	1	14876076.6
银东	±660	4000	极 I 极 II	Pole I Pole II 2011-3-25 2011-3-25	95.174	83.265	0.127	4.70	2	29256001.5
林枫	±500	3000	极 I 极 II	Pole I Pole II 2011-5-2 2011-5-2	94.099	28.205	0.046	5.85	1	7432678
柴拉	±400	600	极 I 极 II	Pole I Pole II 2012-6-10 2012-6-10	90.474	27.342	0.251	9.27	4	1441054.34
牛从甲	±500	3200	极 I 极 II	Pole I Pole II 2014-4-11 2013-10-12	95.203	52.518	0.000	4.80	0	14762166

附表 4

2016 年全国点对点直流输电系统可靠性指标 (续 1)

系统名称	额定电压	额定输送容量 (MW)	投运时间		能量可用率 (%)	能量利用率 (%)	强迫能量不可用率 (%)	计划能量不可用率 (%)	强迫停运次数	总输送电量 (MWh)	
			极 I 极 II	Pole I Pole II							
牛从乙	±500	3200	极 I 极 II	Pole I Pole II	2014-6-29 2014-6-29	95.186	50.075	0.312	4.50	3	14075617.5
楚穗	±800	5000	极 I 极 II	Pole I Pole II	2010-6-18 2009-12-28	95.929	58.174	0.105	3.97	2	25550028
复奉	±800	6400	极 I 极 II	Pole I Pole II	2010-7-26 2010-7-26	92.540	57.990	0.000	7.46	0	32600703.84
锦苏	±800	7200	极 I 极 II	Pole I Pole II	2012-7-19 2012-12-6	93.330	60.608	0.220	6.45	3	38331575.14
天中	±800	8000	极 I 极 II	Pole I Pole II	2014-1-25 2014-1-25	90.390	45.964	0.180	9.43	2	32300000
宾金	±800	8000	极 I 极 II	Pole I Pole II	2014-7-3 2014-7-3	93.240	52.281	0.220	6.54	3	36738867.05
普侨	±800	5000	极 I 极 II	Pole I Pole II	2015-5-30 2014-1-29	94.867	58.747	0.257	4.88	4.5	25801682.5

附表5

## 2016年全国背靠背直流输电系统可靠性指标

系统名称	换流站/单元	额定输送容量(MW)	投运时间	能量可用率(%)	能量利用率(%)	强迫能量不可用率(%)	计划能量不可用率(%)	强迫停运次数	总输送电量(MWh)
灵宝背靠背	接流站	1100	2005-7-1	97.270	73.248	0.070	2.660	1	7141900
	单元 I 120kV	360	2005-7-1	98.558	79.102	0.113	1.329	1	2501393
	单元 II 167kV	750	2009-12-15	98.673	70.439	0.000	1.327	0	4640506
高岭背靠背	换流站	3000	2008-11-1	96.200	78.670	1.090	2.710	2	20674467
	单元 I ± 125kV	750	2008-11-1	97.284	78.560	0.000	2.716	0	5161253
	单元 II ± 125kV	750	2008-11-1	97.080	77.760	0.000	2.920	0	5109075
	单元 III ± 125kV	750	2012-11-13	97.380	81.030	0.000	2.620	0	5323575
黑河背靠背	单元 IV ± 125kV	750	2012-11-13	93.039	77.330	4.349	2.612	2	5080565
	接流站	750	2012-1-07	99.610	29.316	0.390	0.000	3	1931348
	单元 I 125kV	750	2012-1-07	99.610	29.316	0.390	0.000	3	1931348

附表6

## 2016年全国各区域供电可靠性主要指标

区域	统计口径	供电可靠率 (%)	用户平均 停电次数 (次/户*年)	用户平均 停电时间 (小时/户*年)	用户平均 故障停电时间 (小时/户*年)	用户平均预 安排停电时间 (小时/户*年)	等效 总用户数	用户 总容量(kVA)
华北区域	全口径	99.843	2.41	13.78	4.83	8.94	1717115	533194277
	城市	99.957	0.79	3.81	1.26	2.54	430117	268282082
	农村	99.805	2.95	17.11	6.03	11.08	1286997	264912195
东北区域	全口径	99.781	4.75	19.25	6.52	12.73	782345	166860188
	城市	99.940	1.34	5.28	1.47	3.80	219365	100566346
	农村	99.719	6.08	24.69	8.49	16.20	562980	66293842
华东区域	全口径	99.880	2.47	10.55	3.21	7.34	2059392	759285349
	城市	99.958	0.92	3.71	1.27	2.43	540366	314004891
	农村	99.852	3.02	12.98	3.90	9.08	1519025	445280458
华中区域	全口径	99.808	2.61	16.85	4.20	12.64	1701170	482592875
	城市	99.944	0.94	4.89	1.32	3.57	476928	269261315
	农村	99.755	3.26	21.50	5.33	16.17	1224242	213331560
西北区域	全口径	99.687	6.24	27.54	9.54	18.00	556714	122092597
	城市	99.891	2.38	9.56	3.18	6.38	123205	66856891
	农村	99.628	7.34	32.65	11.35	21.30	433509	55235706
南方区域	全口径	99.761	4.88	20.98	11.93	9.06	1306026	470520308
	城市	99.939	1.46	5.38	2.34	3.04	322092	222588531
	农村	99.703	6.00	26.09	15.06	11.03	983935	247931777
全国	全口径	99.805	3.57	17.11	6.38	10.73	8494992	2604370995
	城市	99.941	1.22	5.20	1.74	3.46	2183258	1271382715
	农村	99.758	4.39	21.23	7.98	13.25	6311735	1332988280

附表 7

## 2016 年各区域故障停电原因分类

区域	影响指标	自然因素		设备原因		外力因素		运行维护		用户影响		主网影响		设计施工		低压设施故障	
		*	**	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**
华北区域	AIHC	2.002	14.53	0.760	5.52	0.940	6.82	0.119	0.86	0.652	4.73	0.162	1.18	0.034	0.25	0.164	1.19
	AITC	0.385	15.99	0.186	7.72	0.271	11.26	0.033	1.37	0.179	7.45	0.026	1.08	0.007	0.30	0.044	1.84
东北区域	AIHC	3.214	16.70	0.866	4.50	0.986	5.12	0.163	0.84	0.878	4.56	0.156	0.81	0.020	0.10	0.240	1.25
	AITC	1.236	26.01	0.326	6.86	0.447	9.40	0.073	1.54	0.406	8.55	0.051	1.07	0.005	0.11	0.121	2.54
华东区域	AIHC	1.179	11.18	0.822	7.79	0.667	6.33	0.094	0.89	0.179	1.70	0.137	1.30	0.052	0.50	0.079	0.75
	AITC	0.307	12.41	0.276	11.16	0.243	9.83	0.036	1.44	0.062	2.51	0.051	2.06	0.011	0.45	0.028	1.13
华中区域	AIHC	1.388	8.24	0.987	5.86	0.671	3.98	0.170	1.01	0.524	3.11	0.218	1.29	0.083	0.49	0.163	0.97
	AITC	0.269	10.32	0.205	7.86	0.158	6.06	0.034	1.30	0.083	3.17	0.039	1.49	0.009	0.35	0.043	1.64
西北区域	AIHC	3.223	11.70	0.707	2.57	0.980	3.56	1.277	4.64	2.469	8.97	0.692	2.51	0.033	0.12	0.162	0.59
	AITC	1.054	16.88	0.262	4.20	0.397	6.36	0.680	10.89	1.125	18.02	0.210	3.36	0.009	0.14	0.076	1.22
南方区域	AIHC	4.896	26.77	1.554	8.49	1.050	5.74	1.148	6.27	1.326	7.25	0.542	2.96	0.115	0.63	0.048	0.26
	AITC	1.173	26.91	0.505	11.58	0.344	7.90	0.420	9.65	0.385	8.83	0.167	3.84	0.031	0.70	0.017	0.40
全国	AIHC	2.445	14.68	1.029	6.18	0.888	5.33	0.490	2.94	0.752	4.51	0.355	2.13	0.063	0.38	0.126	0.76
	AITC	0.625	17.96	0.303	8.70	0.294	8.44	0.191	5.48	0.245	7.03	0.112	3.23	0.013	0.37	0.043	1.25

注：\* 指标的受影响值(AIHC：小时/户，AITC：次/户)

\*\* 受影响占全部停电总值的百分数(%)



附表 8

## 2016 年全国各区域预安排停电原因分类

区域	影响指标	检修停电		电网建设施工		业扩工程 施工停电		市政工程 建设施工停电		调电		限电		用户申请停电		低压作业影响	
		*	**	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**
华北区域	AIHC	5.556	40.32	2.634	19.11	0.126	0.92	0.228	1.66	0.068	0.49	0.056	0.40	0.177	1.28	0.100	0.73
	AITC	0.786	32.68	0.345	14.33	0.021	0.89	0.027	1.12	0.024	1.01	0.008	0.33	0.033	1.39	0.030	1.25
东北区域	AIHC	7.387	38.38	4.170	21.67	0.311	1.62	0.572	2.97	0.159	0.83	0.043	0.22	0.039	0.20	0.043	0.22
	AITC	1.315	27.68	0.562	11.82	0.065	1.38	0.064	1.36	0.036	0.75	0.010	0.22	0.017	0.35	0.017	0.35
华东区域	AIHC	3.035	28.78	3.948	37.43	0.073	0.69	0.038	0.36	0.145	1.37	0.009	0.08	0.036	0.34	0.052	0.49
	AITC	0.639	25.82	0.716	28.93	0.013	0.54	0.005	0.20	0.061	2.45	0.003	0.12	0.008	0.31	0.014	0.58
华中区域	AIHC	6.465	38.38	5.460	32.41	0.199	1.18	0.181	1.07	0.052	0.31	0.007	0.04	0.192	1.14	0.086	0.51
	AITC	0.961	36.84	0.691	26.48	0.030	1.15	0.021	0.82	0.025	0.94	0.002	0.06	0.021	0.80	0.019	0.72
西北区域	AIHC	8.705	31.61	8.207	29.80	0.281	1.02	0.334	1.21	0.091	0.33	0.214	0.78	0.128	0.47	0.036	0.13
	AITC	1.218	19.51	0.913	14.62	0.055	0.88	0.042	0.68	0.098	1.57	0.056	0.90	0.038	0.61	0.010	0.15
南方区域	AIHC	3.331	18.21	2.780	15.20	0.400	2.19	0.275	1.50	0.056	0.31	0.147	0.80	0.595	3.25	0.024	0.13
	AITC	0.549	12.59	0.342	7.83	0.097	2.22	0.036	0.84	0.185	4.24	0.032	0.73	0.067	1.54	0.007	0.15
全国	AIHC	5.351	32.13	4.313	25.75	0.209	1.26	0.215	1.29	0.096	0.58	0.067	0.40	0.192	1.15	0.061	0.37
	AITC	0.859	24.69	0.594	17.05	0.042	1.20	0.026	0.75	0.069	2.00	0.018	0.51	0.029	0.83	0.017	0.48

注：\* 指标的受影响值(AIHC：小时/户，AITC：次/户)，  
\*\* 受影响占全部停电总值的百分数(%)。