

2019 年全国电力可靠性 年度报告

国家能源局
中国电力企业联合会
2020 年 6 月

目 录

第一章	2019 年全国电力工业基本情况.....	1
第一节	发电机组基本情况.....	1
第二节	电网输变电设施基本情况.....	3
第三节	供电设施基本情况.....	5
第二章	2019 年全国 100 兆瓦及以上火电机组、40 兆瓦及以上 水电机组、核电机组运行可靠性.....	7
第一节	2019 年纳入可靠性指标统计评价的发电机组装机容量 构成.....	7
第二节	1000 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性.....	10
第三节	600 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性.....	13
第四节	300 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性.....	17
第五节	200 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性.....	22
第六节	超临界及以上燃煤机组运行可靠性.....	24
第七节	100 兆瓦及以上容量燃气轮机组运行可靠性.....	25
第八节	100 兆瓦及以上容量燃煤机组备用时间分析.....	26
第九节	2018 年新投产机组可靠性指标.....	28
第十节	非计划停运分析.....	30
第十一节	按地区分类的 100 兆瓦及以上容量燃煤机组运行可 靠性.....	32

第十二节	40 兆瓦及以上容量水电机组运行可靠性	32
第十三节	700 兆瓦等级常规水电机组运行可靠性	43
第十四节	核电机组运行可靠性.....	45
第三章	2019 年全国 200 兆瓦及以上容量燃煤机组主要辅助设备运行可靠性	47
第一节	磨煤机运行可靠性.....	50
第二节	给水泵组运行可靠性	54
第三节	送风机运行可靠性.....	57
第四节	引风机运行可靠性.....	60
第五节	高压加热器运行可靠性.....	63
第六节	国产、进口辅助设备可靠性对比分析.....	66
第七节	除尘、脱硫、脱硝设备运行可靠性.....	69
第四章	2019 年全国 220 千伏及以上电压等级变压器、断路器、架空线路等十三类输变电设施运行可靠性.....	71
第一节	2019 年全国十三类输变电设施统计数量.....	71
第二节	输变电设施运行可靠性总体情况	72
第三节	变压器运行可靠性.....	74
第四节	断路器运行可靠性.....	85
第五节	架空线路运行可靠性	97
第六节	我国与北美 NERC 三类主要设施指标对比.....	105
第五章	2019 年全国直流输电系统运行可靠性	108
第一节	直流输电系统总体情况.....	108
第二节	可靠性指标总体情况	110

第三节	强迫停运及降额运行情况	119
第四节	计划停运情况	124
第五节	我国与国外超高压直流输电系统可靠性对比分析	127
第六章	2019 年全国 10 千伏供电系统用户供电可靠性	132
第一节	全国供电可靠性总体情况	132
第二节	区域供电可靠性	134
第三节	省级电力企业供电可靠性	136
第四节	地级行政区供电企业供电可靠性	140
第五节	全国 50 个主要城市供电企业供电可靠性	145
第六节	停电原因分析	150
第七节	低压用户供电可靠性管理探索和实践	157
附表 1	2019 年全国火电 100MW 及以上容量机组运行可靠性主要指标	158
附表 2	2019 年全国水电 40MW 及以上容量机组运行可靠性主要指标	163
附表 3	2019 年全国 220kV 及以上电压等级架空线路、变压器、电抗器、断路器 等 13 类输变电设施运行可靠性主要指标	164
附表 4	2019 年全国点对点直流输电系统运行可靠性主要指标	169
附表 5	2019 年全国背靠背直流输电系统运行可靠性主要指标	172
附表 6	2019 年全国各区域供电可靠性主要指标	173
附表 7	2019 年全国各区域故障停电原因分类	175
附表 8	2019 年全国各区域预安排停电原因分类	176
附表 9	2019 年省级电力企业供电可靠性主要指标	177

第一章 2019 年全国电力工业基本情况

2019 年，全国电力生产平稳运行，电力供需总体平衡，全年全社会用电量 7.23 万亿千瓦时，同比增长 4.5%，增速比上年下降 4.0 个百分点。

截止 2019 年底，全国发电装机容量 20.1 亿千瓦，同比增长 5.8%。其中火电装机 11.9 亿千瓦，占 59.2%；水电装机 3.6 亿千瓦，占 17.7%；核电装机 4874 万千瓦；风电装机 2.1 亿千瓦；并网太阳能发电装机 2.0 亿千瓦。2019 年，我国非化石能源发电装机占全国总装机的 41.9%；同比提高 1.1 个百分点；非化石能源发电量同比增长 10.4%，占全年发电量的 32.6%，同比提高 1.7 个百分点。2019 年，人均装机和年人均用电量分别达到 1.44 千瓦、5161 千瓦时。

2019 年，全国 220 千伏及以上输电线路回路长度 75.5 万千米，220 千伏及以上公用变电设备容量 42.6 亿千伏安，同比分别增长 4.1%、6.0%。

2019 年，全国 10 千伏用户总容量 37.3 亿千伏安，同比增长 9.9%。10 千伏线路总长度 487.7 万千米，其中架空线路和电缆线路长度分别为 401.2 万千米、86.5 万千米，同比分别增长 0.3%、11.3%。架空线路绝缘化率 27.5%，线路电缆化率 17.7%，同比分别增加 3.7% 和 1.5%。

2019 年，全国全口径发电量为 7.33 万亿千瓦时，同比增长 4.7%。全国发电设备利用小时 3825 小时，同比降低 54 小时。全国 6000 千瓦及以上电厂供电标准煤耗 306.9 克 / 千瓦时，同比降低 0.7 克 / 千瓦时。全国电网输电线路损失率 5.9%，同比下降 0.4 个百分点。

第一节 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				
		2015	2016	2017	2018	2019
装机容量	总装机容量 (兆瓦)	1521211	1652085	1784180	1900120	2010660
	装机净增容量 (兆瓦)	156581	130874	132095	115940	110540
	比上年增长的比率 (%)	11.47	8.60	8.00	6.5	5.82

分类		统计年度				
		2015	2016	2017	2018	2019
装机容量构成	火电装机容量 (兆瓦)	1000499	1060944	1110090	1144080	1190550
	占总装机容量比例 (%)	65.77	64.22	62.22	60.21	59.21
	火电净增容量 (兆瓦)	82309	60445	49146	33990	46470
	比上年增长的比例 (%)	8.96	6.04	4.63	3.06	4.06
	水电装机容量 (兆瓦)	319526	332070	343770	352590	356400
	占总装机容量比例 (%)	21.00	20.10	19.26	18.56	17.73
	水电净增容量 (兆瓦)	15086	12544	11700	8820	3810
	比上年增长的比例 (%)	4.96	3.93	3.52	2.57	1.08
	核电装机容量 (兆瓦)	27167	33642	35819	44660	48740
	占总装机容量比例 (%)	1.79	2.04	2.02	2.35	2.42
	核电净增容量 (兆瓦)	7087	6475	2177	8841	4080
	比上年增长的比例 (%)	35.29	23.83	6.47	24.68	9.14
	风电装机容量 (兆瓦)	131302	148174	163673	184270	210050
	占总装机容量比例 (%)	8.63	12.85	9.21	9.70	10.45
	风电净增容量 (兆瓦)	31440	16872	15499	20597	25780
	比上年增长的比例 (%)	35.56	12.85	10.46	12.58	13.99
	太阳能装机容量 (兆瓦)	42180	77190	130420	174330	204680
	占总装机容量比例 (%)	2.77	4.67	7.31	9.17	10.18
太阳能净增容量 (兆瓦)	17320	35010	53410	43910	30350	
比上年增长的比例 (%)	69.67	83	69.19	33.67	17.41	
燃煤装机比例	燃煤 100 兆瓦及以上: 台数	2033	2121	2157	2097	2124
	装机容量 (兆瓦)	789683	835784	864014	879484	915910
	占火电装机比例 (%)	78.93	79.30	77.83	76.90	76.93
	燃煤 200 兆瓦及以上: 台数	1732	1822	1863	1902	1941
	装机容量 (兆瓦)	749197	795438	824522	852507	890473
	占火电装机比例 (%)	74.88	75.48	74.55	74.54	74.8
	燃煤 300 兆瓦及以上: 台数	1534	1623	1666	1719	1777
	装机容量 (兆瓦)	708506	754512	783716	814526	856473
	占火电装机比例 (%)	70.81	71.59	70.86	71.22	71.94
水电装机比例	水电 40 兆瓦及以上: 台数	1160	1215	1257	1300	1310
	装机容量 (兆瓦)	219382	228908	236573	244464	246493.9
	占水电装机比例 (%)	68.66	68.93	68.82	69.40	69.16
	水电 200 兆瓦及以上: 台数	376	392	416	427	431
	装机容量 (兆瓦)	156938	163473	170397.5	171760	176205.38
	占水电装机比例 (%)	49.12	49.22	49.94	48.76	49.44

分类		统计年度				
		2015	2016	2017	2018	2019
发电量	总发电量(亿千瓦时)	56938	60248	64529	69947	73253
	比上年增长比例(%)	2.18	5.81	7.11	8.4	4.7
发电量构成	火电发电量(亿千瓦时)	41868	43273	45877	49249	50450
	占总发电量比例(%)	73.53	71.82	71.10	70.41	68.87
	水电发电量(亿千瓦时)	11117	11748	11947	12321	13019
	占总发电量比例(%)	19.52	19.50	18.51	17.61	17.77
	核电发电量(亿千瓦时)	1714	2132	2481	2950	3487
	占总发电量比例(%)	3.01	3.54	3.84	4.22	4.76

注：数据摘自中电联行业发展与环境资源部2019年全国电力工业统计快报

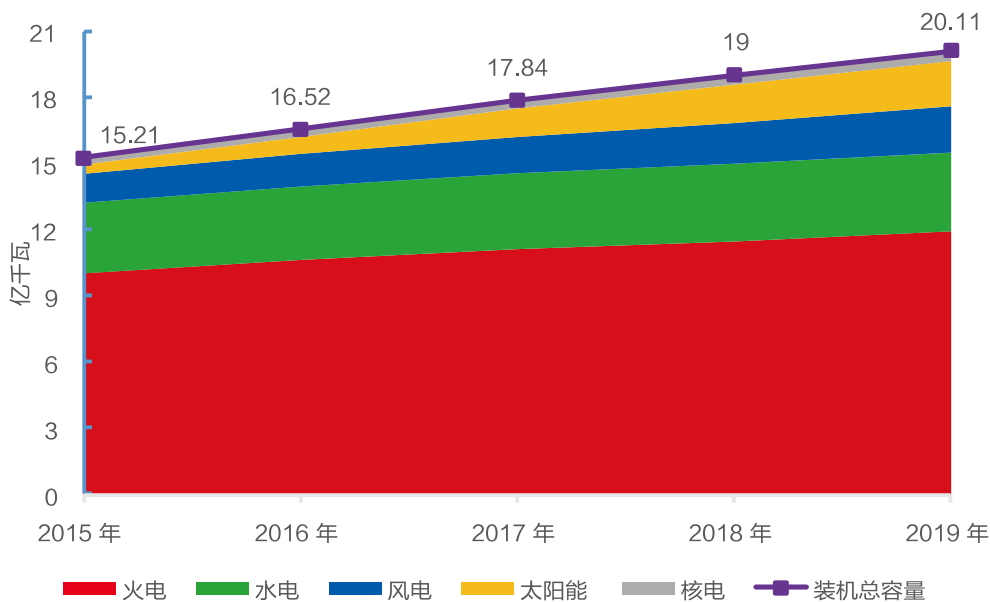


图 1-1 近五年全国发电设备总装机容量变化

第二节 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	2015	2016	2017	2018	2019
220 千伏及以上输电线路回路长度 (千米)		607643	645609	685567	724788	754785
其中：直流部分		25429	28808	37399	41721	41721
±1100 千伏		-	-	-	608	608
±800 千伏		10580	12295	20874	21954	21954
±660 千伏		1336	1334	1334	2091	2091
±500 千伏		11872	13539	13552	15428	15428
±400 千伏		1640	1640	1640	1640	1640
其中：交流部分		582213	616801	648168	683067	713064
1000 千伏		3114	7245	10073	10396	11709
750 千伏		15665	18266	18830	20543	22198
500 千伏		157984	165875	173772	187158	193867
330 千伏		26811	28366	30183	30477	32493
220 千伏		378639	397050	415311	434493	452795
220 千伏及以上公用变电设备容量 (万千伏安)		333791	345970	378934	402255	426392
其中：直流部分		18383	22449	31657	33566	36038
±1100 千伏		-	-	-	600	1800
±800 千伏		3180	4882	11879	12933	17824
±660 千伏		-	-	947	947	1920
±500 千伏		15203	17567	18831	18944	13353
±400 千伏		-	-	-	-	1141
其中：交流部分		315408	323521	347277	368689	390354
1000 千伏		5700	9900	13800	14700	16200
750 千伏		10850	13570	14540	16130	17780
500 千伏		106857	116501	125133	135316	143905
330 千伏		9364	9766	10897	11497	11572
220 千伏		164254	173784	182906	191046	200897

* 数据摘自中电联 2019 年全国电力工业统计快报

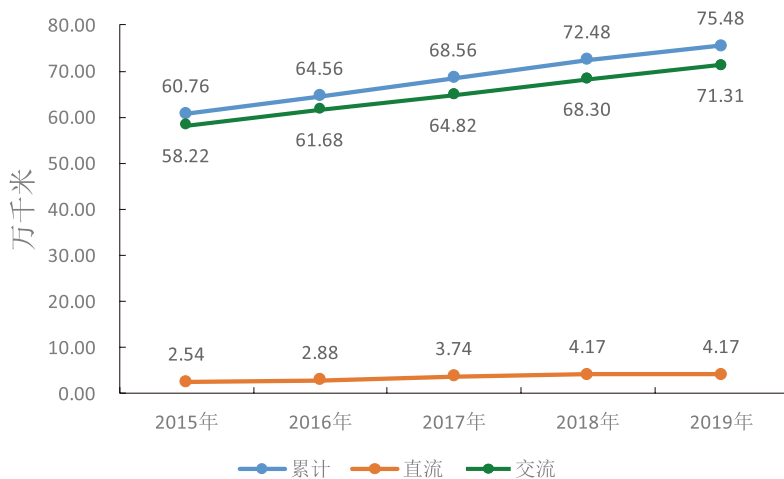


图 1-2 近五年 220 千伏及以上输电线路回路长度变化

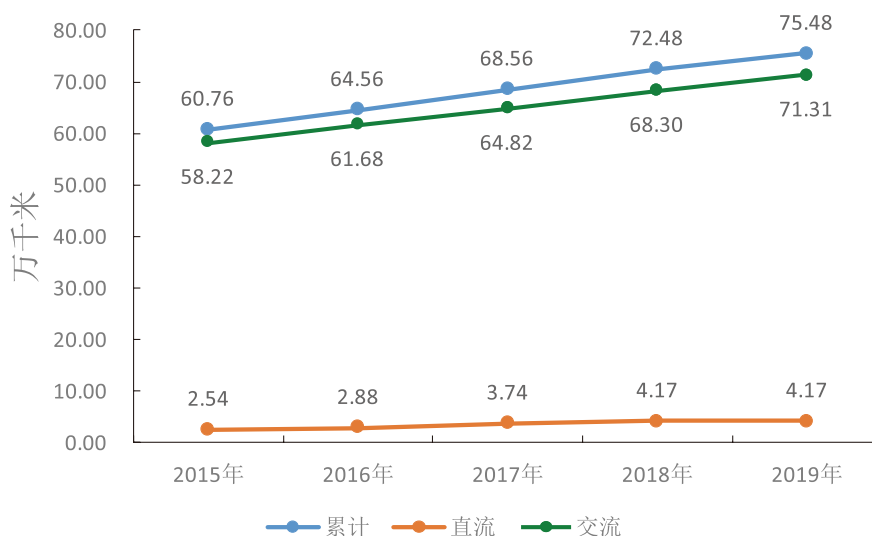


图 1-3 近五年 220 千伏及以上公用变电设备容量变化

第三节 供电设施基本情况

近五年, 10 千伏线路长度及 10 千伏用户总容量情况见表 1-3。

表 1-3 近五年 10 千伏线路长度及 10 千伏用户总容量情况¹

分类	统计年度	2015	2016	2017	2018	2019
	10 千伏线路长度 (千米)					
全口径		3959835	4138412	4430699	4475236	4876976
城市		665628	717372	856510	912826	957436
农村		3294207	3421040	3574189	3862410	3919540
其中: 架空线路						
全口径		3409092	3650515	3835366	3398234	4009781
城市		328939	368594	441529	425724	418367
农村		3080153	3281921	3393836	3572910	3591414
其中: 电缆线路						
全口径		550743	594529	693333	777031	865152
城市		336689	379804	444703	487210	538298
农村		214054	214725	248630	289821	326754
10 千伏用户总容量 (万千伏安)						
全口径		230149	260437	291710	339026	372523
城市		112839	127138	132118	164132	177001
农村		117310	133289	159592	174893	195523

¹ 统计范围包括: 国家电网、南方电网、内蒙古电力、陕西地电、山西地电、广西水利

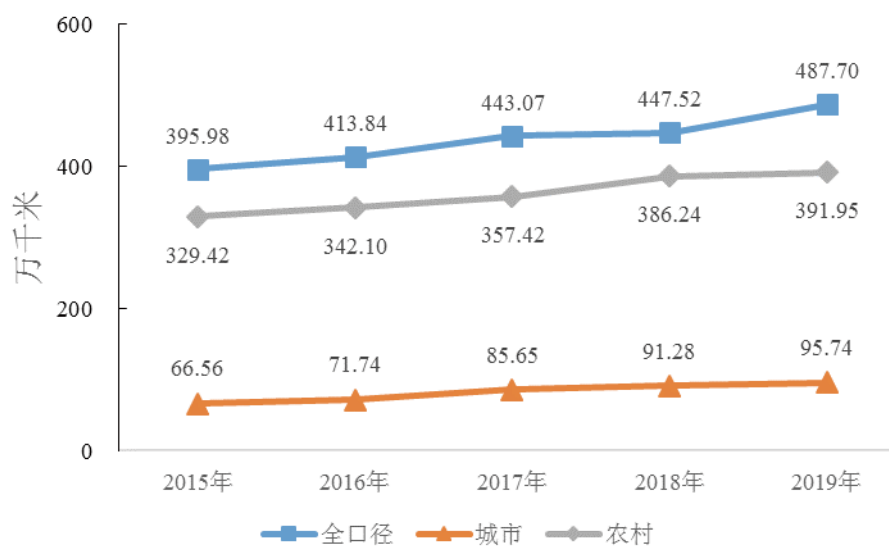


图 1-4 近五年 10 千伏线路长度变化

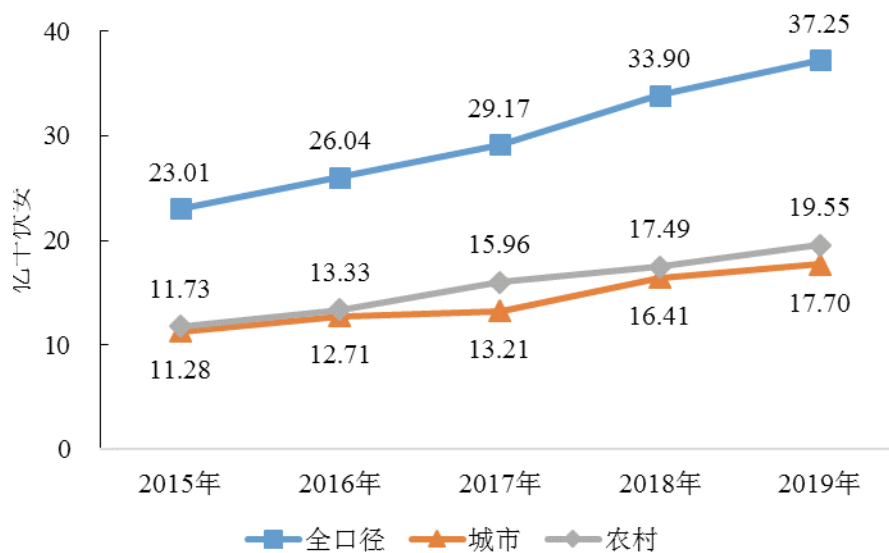


图 1-5 近五年 10 千伏用户总容量变化

第二章 2019 年全国 100 兆瓦及以上火电机组、40 兆瓦及以上水电机组、核电机组运行可靠性

第一节 2019 年纳入可靠性指标统计评价的发电机组装机容量构成

纳入 2019 年电力可靠性统计的发电机组为 100 兆瓦及以上火电、40 兆瓦及以上水电和核电机组（本章均为此统计口径），共 3049 台，总装机容量 10.83 亿千瓦（占全国总装机容量的 53.86%），同比增加 71 台、0.45 亿千瓦。2019 年全国火电机组运行可靠性综合指标见附表 1，水电机组运行可靠性综合指标见附表 2。

一、纳入可靠性统计的发电机组构成

2019 年，纳入可靠性统计的火电机组 2007 台（含 211 台燃气轮机组），总装机容量 8.38 亿千瓦，占全国火电总装机容量的 70.35%，占应统计容量的 91.43%；水电机组 1042 台，总装机容量为 2.28 亿千瓦，占全国水电总装机容量的 64.04%，占应统计容量的 93.83%；核电机组 19 台，总装机容量为 0.17 亿千瓦，占全国核电总装机容量的 34.69%。发电机组装机类型构成见图 2-1，占应统计容量的比例见图 2-2。

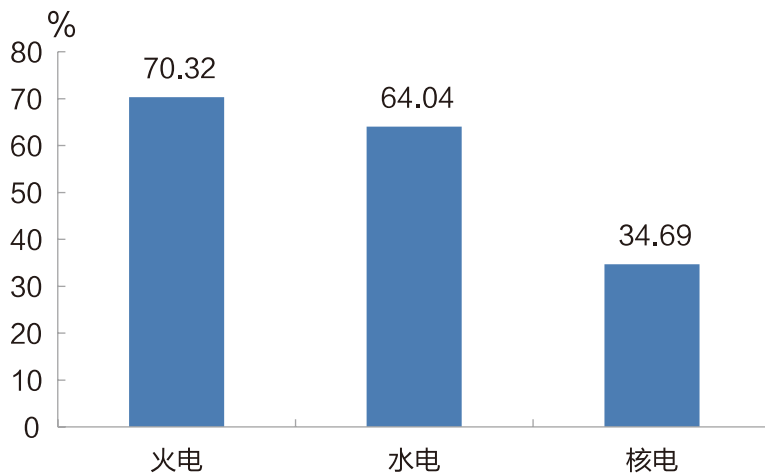


图 2-1 2019 年发电机组统计装机容量与总装机容量占比图

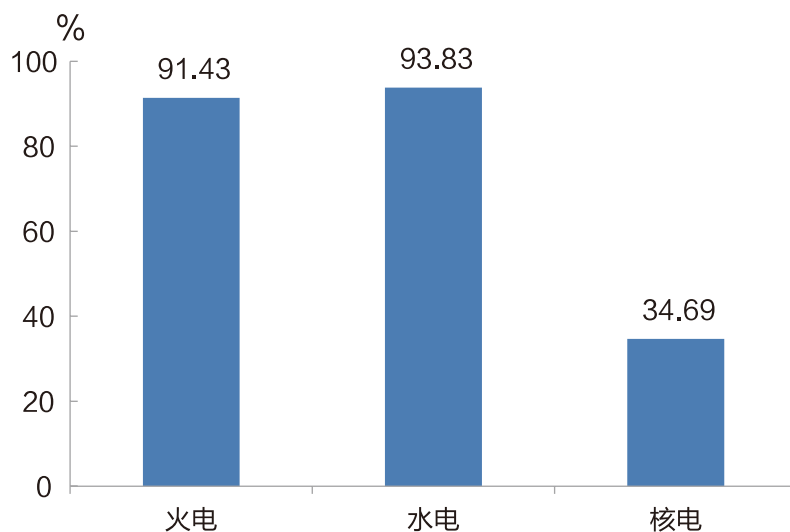


图 2-2 2019 年发电机组统计装机容量与应统计装机容量的占比

二、纳入可靠性统计的火电机组装机构成

2019 年，纳入可靠性统计的火电机组中燃煤机组 1796 台，总装机容量 7.77 亿千瓦，占火电总装机容量的 92.71%；燃气轮机组 211 台，总装机容量 0.61 亿千瓦，占火电总装机容量的 7.29%。

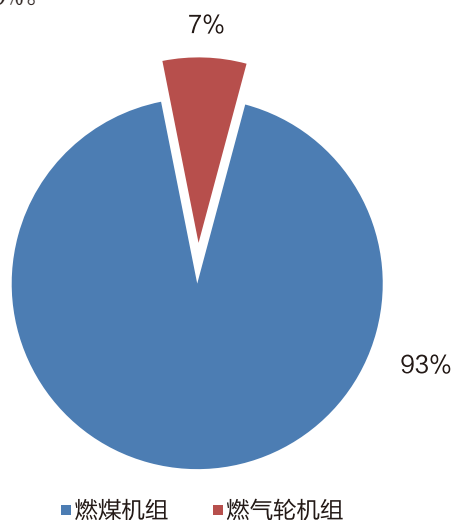


图 2-3 2019 年 100 兆瓦及以上容量火电机组装机构成

三、100 兆瓦及以上容量燃煤机组装机容量构成

2019 年，纳入可靠性统计的 1000 兆瓦容量机组 109 台，总容量 1.1 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 14.17%；600-699 兆瓦容量机组 520 台，总容量 3.26 亿千瓦，占 41.98%；300-399 兆瓦容量机组 864 台，总容量 2.78 亿千瓦，占

35.77%；200-299 兆瓦容量机组 144 台，总容量 0.30 亿千瓦，占 3.82%；100-199 兆瓦容量机组 139 台，总容量 0.19 亿千瓦，占 2.44%。燃煤机组装机容量构成见图 2-4。

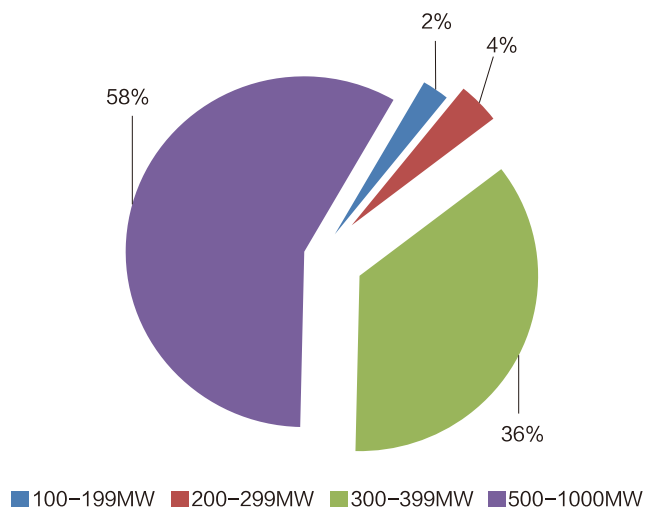


图 2-4 2019 年 100 兆瓦及以上容量燃煤机组装机容量构成

四、40 兆瓦及以上容量水电机组装机容量构成

按机组类型分：2019 年纳入可靠性统计的轴流机组 160 台，总容量 0.17 亿千瓦，占水电总装机容量的 7.28%；混流机组 772 台，总容量 1.82 亿千瓦，占 80.12%；抽水蓄能机组 110 台，总容量 0.29 亿千瓦，占 12.60%。水电机组装机构成见图 2-5。

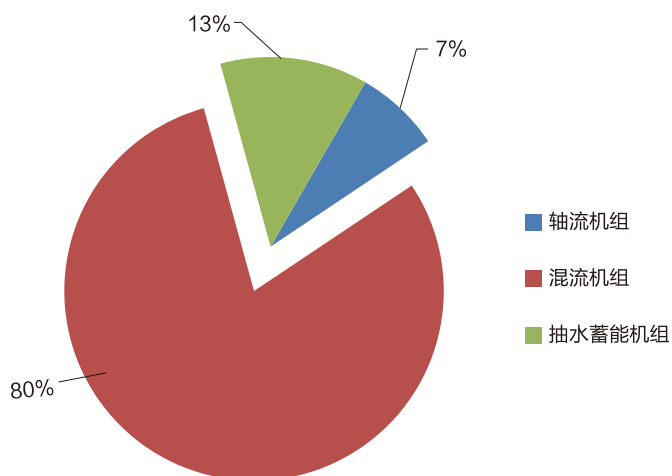


图 2-5 2019 年 40 兆瓦及以上容量水电机组按类型分类装机容量构成

按单机容量分：40-99 兆瓦机组 402 台，总容量 0.24 亿千瓦，占水电总装机容量的 10.67%；100-199 兆瓦机组 218 台，总容量 0.3 亿千瓦，占 13.00%；200-299 兆瓦机组 129 台，总容量 0.30 亿千瓦，占 13.22%；300-399 兆瓦机组 130 台，总容

量 0.41 亿千瓦，占 18.06%；400 兆瓦及以上容量机组 163 台，总容量 1.03 亿千瓦；占 45.05%。水电机组装机容量见图 2-6。

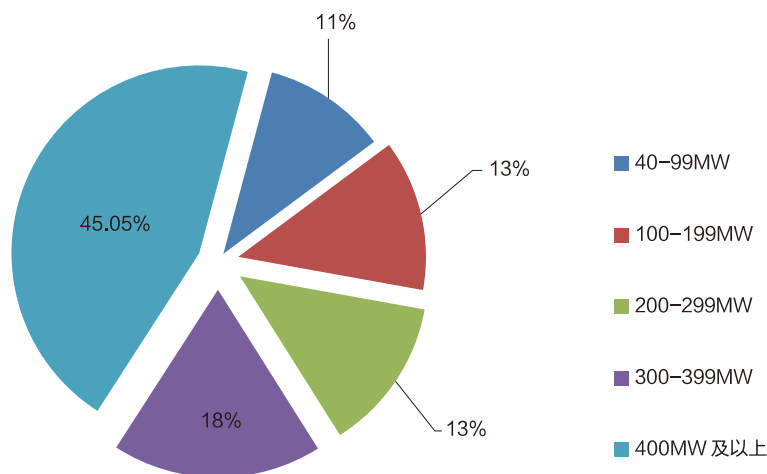


图 2-6 2019 年按机组容量分类的水电机组装机容量构成

第二节 1000 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

2019 年，纳入可靠性统计的 1000 兆瓦等级火电机组 109 台，均为燃煤机组，同比增加 10 台。2019 年等效可用系数 92.42%，同比下降 0.18 个百分点，主要因素是计划停运时间上升，同比上升 74.61 小时 / 台年。发生强迫停运共 36 次，同比减少 25 次；停运时间共 3124.2 小时，同比减少 2034.77 小时。

一、2015-2019 年 1000 兆瓦等级燃煤机组主要运行可靠性指标

表 2-1 2015-2019 年 1000 兆瓦等级燃煤机组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 兆瓦	2015	67	78.82	91.24	0.52	0.23
	2016	80	75.77	91.61	0.18	0.33
	2017	91	78.31	92.72	0.20	0.42
	2018	99	80.46	92.60	0.52	0.60
	2019	109	78.58	92.42	0.39	0.35

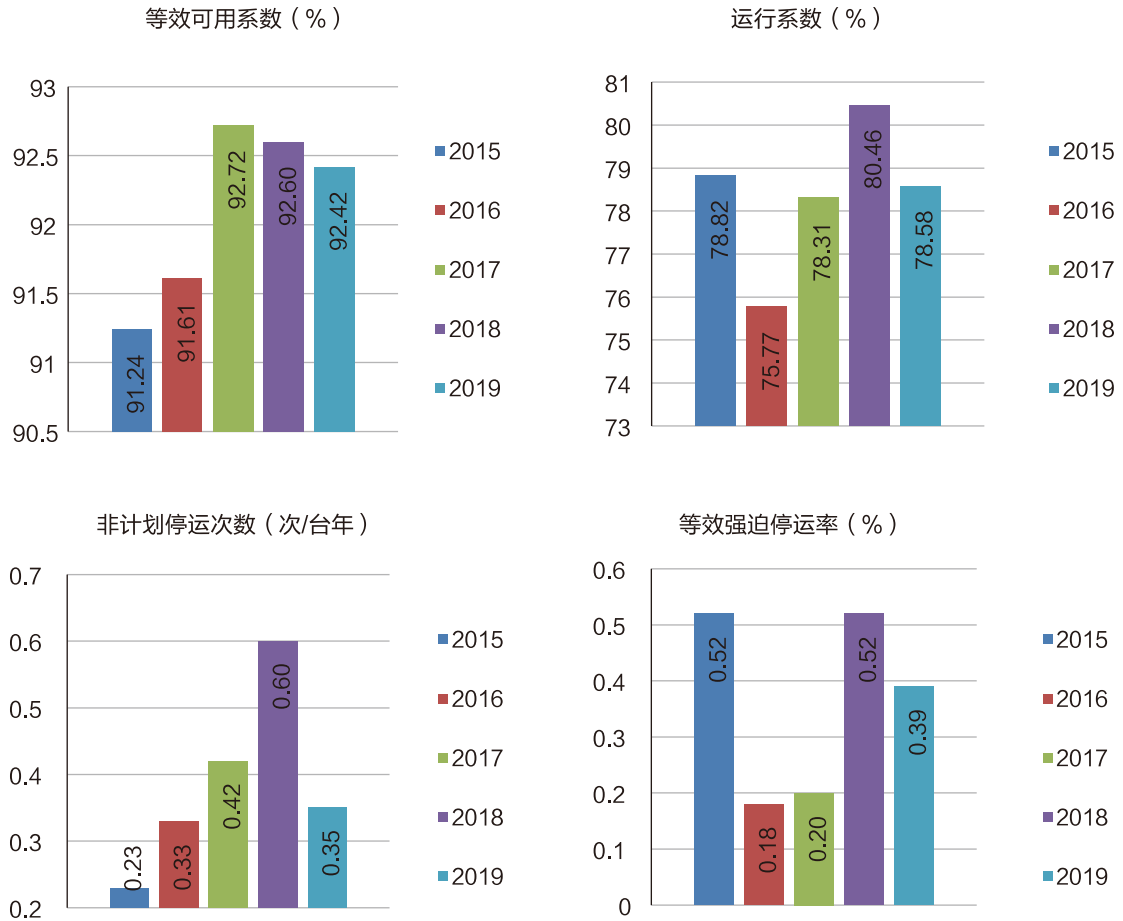


图 2-7 2015-2019 年 1000 兆瓦燃煤机组主要可靠性指标

二、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 2019 年 1000 兆瓦等级燃煤机组锅炉、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	
锅炉	东方锅炉	43	11.22	2.16	0.13	0.02
	上海锅炉	42	23.55	2.29	0.27	0.03
	哈尔滨锅炉	20	12.65	3.47	0.14	0.04
	北京巴威	4	66.8	66.68	0.76	0.76
汽机	上海汽机	68	1.23	0.02	0.01	0
	东方汽机	29	2.12	0	0.02	0
	哈尔滨汽机	10	0.15	0.15	0	0
	北重电	2	15.04	0	0.17	0

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	上海电机	59	0.54	0.3	0.01	0
	东方电机	28	1.11	0	0.01	0
	哈尔滨电机	10	3.72	1.06	0.04	0.01
	上海电气	7	0	0	0	0
	北重电	2	0	0	0	0
	德国西门子	1	0	0	0	0
	虹桥电力设备	1	0	0	0	0
	日立	1	593.63	593.63	6.78	6.78

全国 109 台燃煤 1000 兆瓦机组可靠性指标分布情况见表 2-3 及图 2-8，运行较好的机组见表 2-4。

表 2-3 2019 年 1000 兆瓦等级燃煤机组可靠性指标分布

指标 对标值	等效可用 系数 (%)	运行系数 (%)	出力系数 (%)	等效强迫 停运率 (%)	非计划 停运次数	非计划 停运小时
最优值	100	100	84.35	0	0	0
第 5% 值	100	95.03	79.41	0	0	0
第 25% 值	99.65	85.76	73.75	0	0	0
中位值	91.93	80.39	70.83	0	0	0
第 75% 值	88.61	73.11	67.43	0.12	1	4.83
末位值	76.25	32.78	39.91	9.44	3	725.18
总平均值	92.42	78.58	70.16	0.73	0.32	28.53

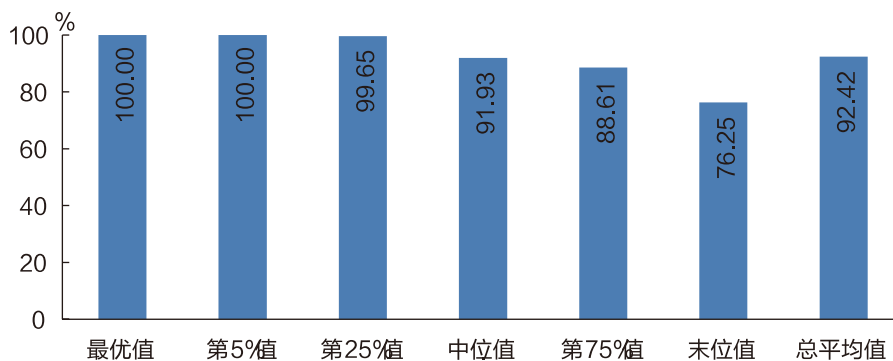


图 2-8 2019 年 1000 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数指标分布

表 2-4 2019 年 1000 兆瓦等级运行指标较好的燃煤机组

机组名称	运行暴露率 EXR (%)
国家能源国电泰州发电有限公司 4 号机组	100
浙江国华浙能发电有限公司宁海 6 号机组	100
国电浙江北仑第三发电有限公司 6 号机组	97.30
国家能源集团谏壁发电厂 14 号机组	94.97
天津国投津电发电有限公司 1 号机组	93.68
华能国际电力股份有限公司玉环电厂 4 号机组	91.69
神华国华寿光发电有限责任公司 2 号机组	91.38
广东大唐国际潮州发电有限责任公司 4 号机组	90.19
徐州华润彭城发电厂 5 号机组	87.05
华电莱州发电有限公司 1 号机组	86.93

第三节 600 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

2019 年，纳入可靠性统计的 600 兆瓦等级机组 520 台，均为燃煤机组。其中国产 494 台，进口 26 台。

一、2015-2019 年 600 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

2019 年，600 兆瓦等级机组等效可用系数同比上升了 0.21 个百分点，主要因素是非计划停运次数和等效强迫停运率均低于 2018 年。发生强迫停运共 235 次，非计划停运时间共 20610.61 小时，同比减少 73 次、1324.27 小时。600 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标见表 2-5。

表 2-5 2015-2019 年 600 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

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 兆瓦	2015	442	72.55	92.35	0.42	0.40
	2016	474	69.08	91.86	0.23	0.37
	2017	489	71.29	92.54	0.57	0.71
	2018	503	77.52	92.48	0.70	0.79
	2019	520	75.81	92.69	0.44	0.51

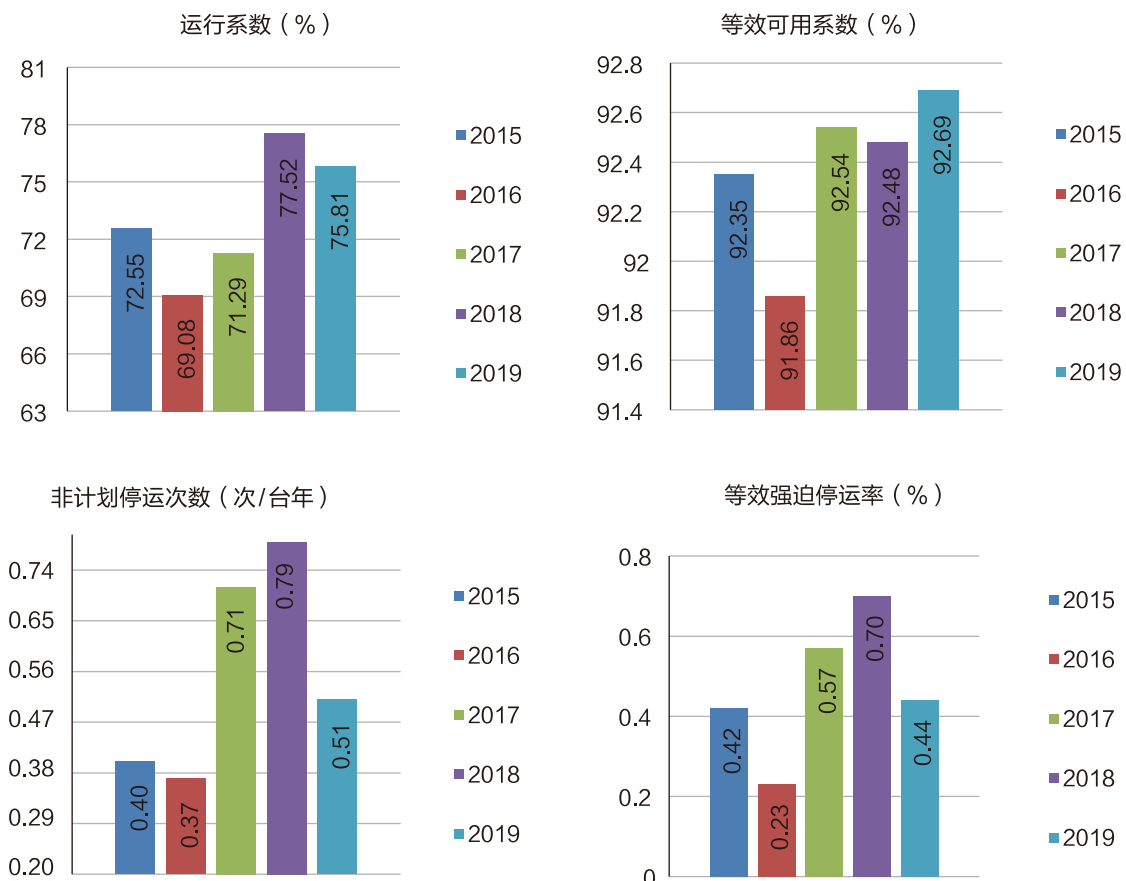


图 2-9 2015-2019 年 600 兆瓦等级机组主要可靠性指标

按投运年份分类，投运 10 年以下的机组 230 台，占 600 兆瓦等级机组的 44.23%，平均等效可用系数 92.97%，高于 600 兆瓦等级燃煤机组平均等效可用系数 0.28 个百分点。具体见图 2-10。

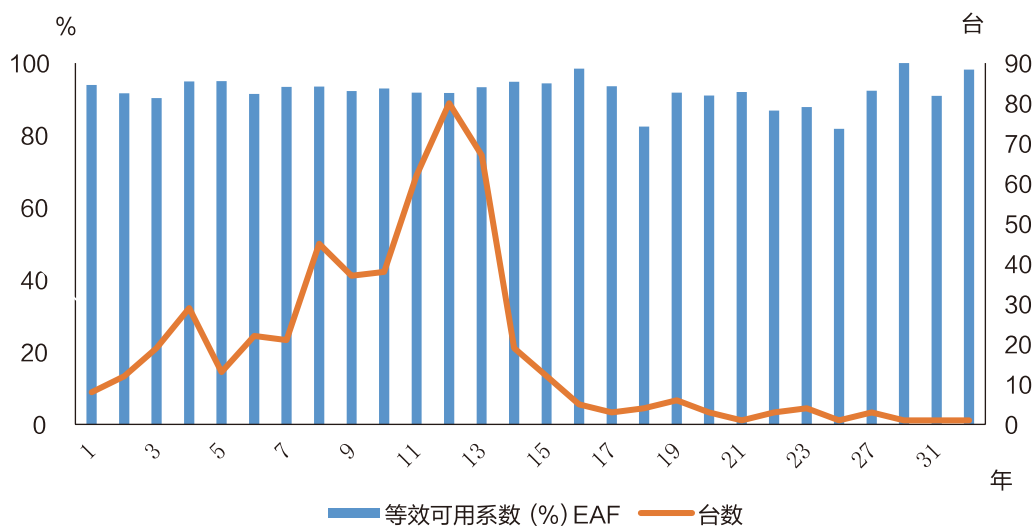


图 2-10 2019 年 600 兆瓦等级机组按投运年份和台数分类的平均等效可用系数

二、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

(一) 600 兆瓦等级机组的锅炉

表 2-6 2019 年 600 兆瓦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	158	36.85	13.47	0.42	0.15
东方锅炉	152	22.96	6.08	0.26	0.07
上海锅炉	133	25.08	4.2	0.29	0.05
北京巴威	45	23.27	15.94	0.27	0.18
美国巴威	6	29.64	0	0.34	0
三井巴布科克	4	71.28	0	0.81	0
日本三菱	4	9.11	0	0.1	0
福斯特·惠勒	4	0	0	0	0

(二) 600 兆瓦等级机组的汽机

表 2-7 2019 年 600 兆瓦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	166	3.55	1.79	0.04	0.02
上海汽机	164	4.33	1.47	0.05	0.02
哈尔滨汽机	146	2.22	0.33	0.03	0
北重电	8	1.31	0	0.01	0
日本三菱	6	0	0	0	0
日本东芝	6	0	0	0	0
日本日立	5	0.86	0.86	0.01	0.01
法国阿尔斯通	5	0	0	0	0

(三) 600 兆瓦等级机组的发电机

表 2-8 2019 年 600 兆瓦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	161	3.78	0.18	0.04	0
上海电机	152	3.07	0.61	0.04	0.01
哈尔滨电机	148	18.19	0.8	0.21	0.01
北重电	10	2.57	0	0.03	0
德国西门子	6	0	0	0	0
日本三菱	6	0	0	0	0
日本东芝	6	0.88	0	0.01	0
东风电机厂	5	0	0	0	0
日本日立	5	0	0	0	0
美国版西屋	4	0	0	0	0

全国 520 台燃煤 600 兆瓦等级机组可靠性指标对标情况见表 2-9 及图 2-11，运行指标较好机组见表 2-10。

表 2-9 2019 年 600 兆瓦等级燃煤机组可靠性指标分布

指标 对标值	等效可用 系数 (%)	运行系数 (%)	出力系数 (%)	等效强迫 停运率 (%)	非计划 停运次数	非计划 停运小时
最优值	100	100	83.29	0	0	0
第 5% 值	100	95.45	76.31	0	0	0
第 25% 值	99.94	86.29	71.48	0	0	0
中位值	93.45	79.26	67.61	0	0	0
第 75% 值	88.43	68.13	62.83	0.17	1	11.62
末位值	55.34	0	0	16.46	10	2109.07
总平均值	92.69	78.51	67	0.44	0.51	39.77

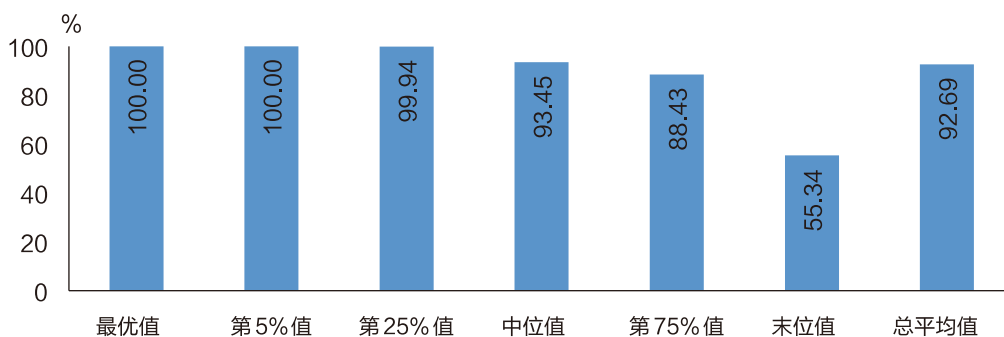


图 2-11 2019 年 600 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数指标分布

表 2-10 2019 年 600 兆瓦等级运行指标较好燃煤机组

机组名称	运行暴露率 EXR (%)
淮浙煤电有限责任公司凤台发电分公司 2 号机组	100
广东大唐国际潮州发电有限责任公司 2 号机组	100
河北大唐国际王滩发电有限责任公司 2 号机组	98.84
国电浙江北仑第一发电有限公司 1 号机组	97.35
大唐湘潭发电有限责任公司 3 号机组	97.35
华能上海石洞口发电有限责任公司 4 号机组	97.17
浙江浙能乐清发电有限责任公司 2 号机组	96.91
河北国华沧东发电有限责任公司 2 号机组	96.89
国信靖江发电有限公司 2 号机组	96.34
内蒙古大唐国际托克托发电有限责任公司 1 号机组	96.25
大唐南京发电厂 1 号机组	96.13
河北国华定州发电有限责任公司 2 号机组	96.1
江苏大唐国际吕四港发电有限责任公司 1 号机组	95.78
河北国华沧东发电有限责任公司 1 号机组	95.77
华电国际邹县发电厂 5 号机组	95.71
内蒙古大唐国际托克托发电有限责任公司 3 号机组	95.68
华润电力（常熟）有限公司 3 号机组	95.48
中信泰富有限公司利港发电厂 7 号机组	95.45
天津大唐国际盘山发电有限公司 4 号机组	95.44
国家电力淮沪电力田集电厂 4 号机组	95.27

第四节 300 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

2019 年，纳入可靠性统计的 300 兆瓦等级燃煤机组共 864 台，其中国产燃煤机组 806 台，进口燃煤机组 58 台。

一、2015-2019 年 300 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

300 兆瓦等级燃煤机组运行系数保持总体平稳，等效可用系数同比上升 0.88 个百分点，主要是等效强迫停运率和非计划停运次数均有所减少，2019 年非计划停运时间同比减少 12.01 小时 / 台年。具体见表 2-11 及图 2-12。

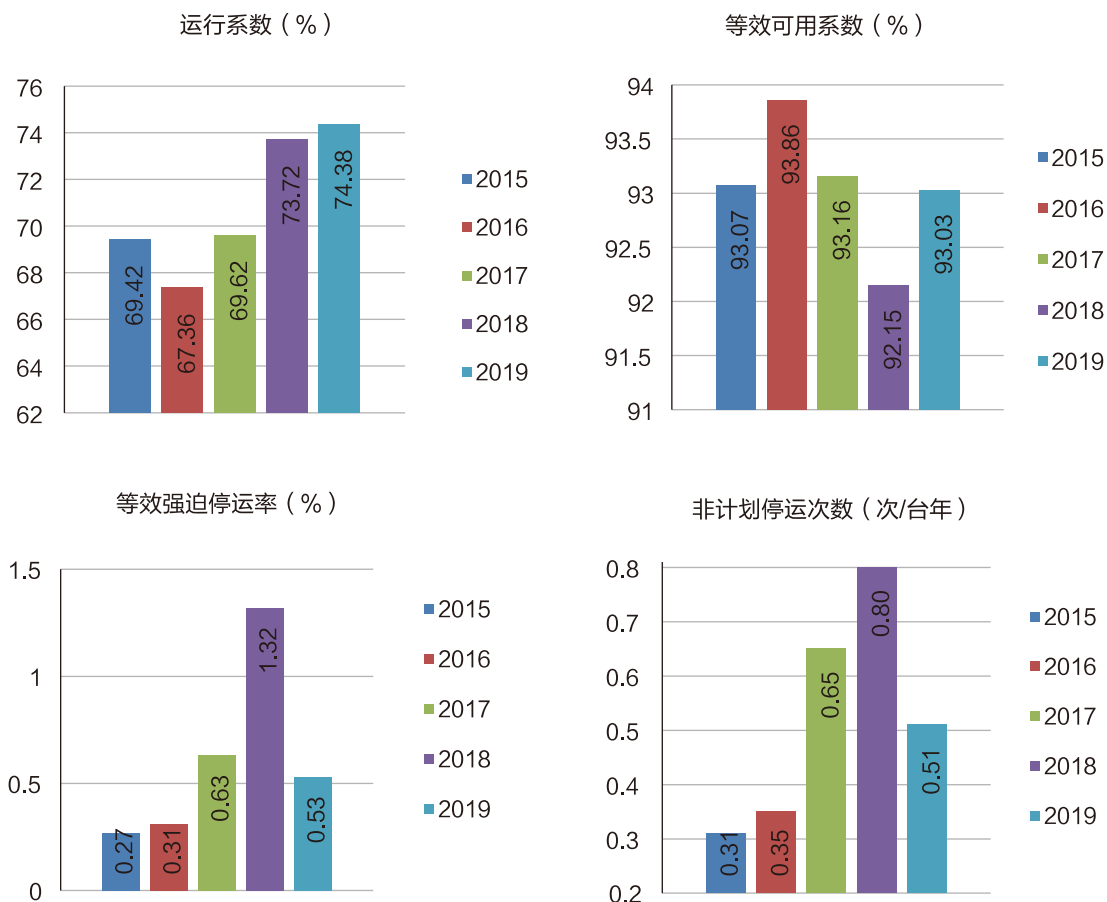


图 2-12 2015-2019 年 300 兆瓦等级燃煤机组近五年主要可靠性指标

表 2-11 2015-2019 年 300 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

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 兆瓦等级	2015	787	69.42	93.07	0.27	0.31
	2016	819	67.36	93.86	0.31	0.35
	2017	825	69.62	93.16	0.63	0.65
	2018	836	73.72	92.15	1.32	0.80
	2019	864	74.38	93.03	0.53	0.51

按投运年份分类，投运 30 年以上的机组 22 台；投运 15 年以上的 319 台，占 300 兆瓦级燃煤机组的 36.92%，平均等效可用系数 93.87%，高于 300 兆瓦等级燃煤机组平均等效可用系数 0.84 个百分点。300 兆瓦等级燃煤机组平均等效可用系数 93.03%，高于全国 100 兆瓦及以上容量燃煤机组平均水平。具体见图 2-13。

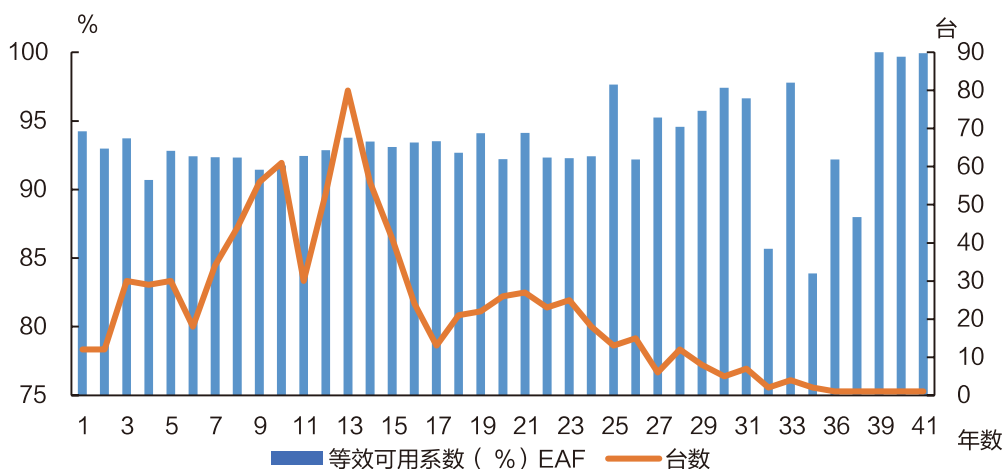


图 2-13 2019 年 300 兆瓦等级机组按投运年份和台数分类的平均等效可用系数

二、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

(一) 300 兆瓦等级燃煤机组的锅炉

表 2-12 2019 年 300 兆瓦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	230	23.15	7.7	0.26	0.09
东方锅炉	229	20.34	6.64	0.23	0.08
上海锅炉	220	17.59	2.87	0.2	0.03
北京巴威	66	33.29	8.4	0.38	0.1
武汉锅炉	55	32.02	11.68	0.37	0.13
福斯特·惠勒	16	12.19	1.49	0.14	0.02
日本三菱	12	11.04	7.14	0.13	0.08
三井巴布科克	6	0.59	0	0.01	0
斯坦因	6	20.86	0	0.24	0
巴布科克·维尔科克斯	4	4.35	0	0.05	0
德国巴布科克	4	82.61	0.48	0.94	0.01
俄罗斯塔干罗格	4	0	0	0	0

(二) 300 兆瓦等级燃煤机组的汽机

表 2-13 2019 年 300 兆瓦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	286	5.61	1.86	0.06	0.02
东方汽机	247	4.84	0.73	0.06	0.01
哈尔滨汽机	199	10.89	4.56	0.12	0.05
北重电	60	6.61	0.67	0.08	0.01
日本三菱	11	0.52	0.3	0.01	0
德国西门子	10	0.39	0	0	0
美国通用电气	8	0	0	0	0
日本日立	6	0	0	0	0
通用电气阿尔斯通	6	0	0	0	0
安沙尔多	6	0	0	0	0
美国西屋	6	0	0	0	0
GEC-阿尔斯通公司	4	0	0	0	0
法国	4	0.99	0	0.01	0

(三) 300 兆瓦等级燃煤机组的发电机

表 2-14 2019 年 300 兆瓦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	293	0.7	0.25	0.01	0
东方电机	237	5.31	0.26	0.06	0
哈尔滨电机	197	2.5	0.86	0.03	0.01
北重电	57	18.99	6.03	0.22	0.07
日本三菱	11	0	0	0	0
德国西门子	10	0	0	0	0
通用电气	8	0	0	0	0
济南发设备	8	9.54	9.54	0.11	0.11
美国西屋	6	0	0	0	0
通用电气阿尔斯通	6	0	0	0	0
安沙尔多	6	5.8	1.01	0.07	0.01
圣彼得堡	4	7.25	0	0.08	0
GEC-阿尔斯通公司	4	0	0	0	0
法国	4	0	0	0	0

全国 864 台 300 兆瓦等级燃煤机组可靠性指标分布情况见表 2-15 及图 2-14，运行指标较好机组见表 2-16。

表 2-15 2019 年 300 兆瓦等级燃煤机组可靠性指标分布

指标 对标值	等效可用 系数 (%)	运行系数 (%)	出力系数 (%)	等效强迫停 运率 (%)	非计划停运 次数 (次)	非计划停运 小时 (小时)
最优值	100	100	95.62	0	0	0
第 5% 值	100	94.21	79.58	0	0	0
第 25% 值	98.95	87.34	72.59	0	0	0
中位值	93.97	79.4	68.31	0	0	0
第 75% 值	89.94	66.78	63.44	0.16	1	10.88
末位值	53.44	0	0	16.14	8	1308.37
总平均值	93.03	74.38	68.03	0.53	0.51	41.34

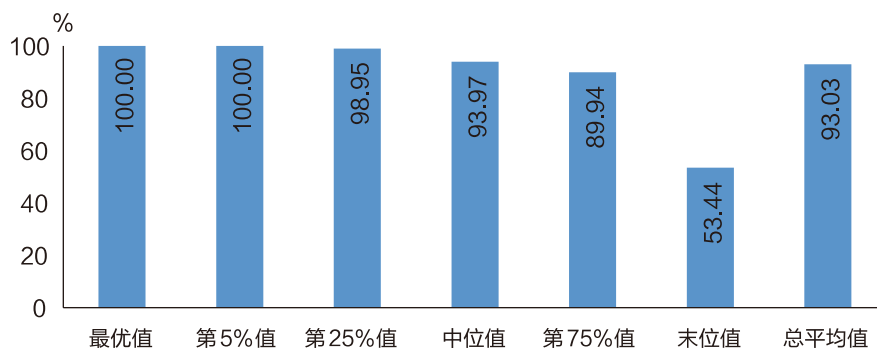


图 2-14 2019 年 300 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数指标分布图

表 2-16 2019 年 300 兆瓦等级运行指标较好燃煤机组

机组名称	运行暴露率 EXR (%)
华能国际电力股份有限公司上安电厂 2 号机组	100
三河发电有限责任公司 1 号机组	100
神华国华（舟山）发电有限责任公司 4 号机组	100
华能澠池热电有限责任公司 1 号机组	100
国电宣威发电有限责任公司 10 号机组	100
国家电投内蒙古霍煤鸿骏铝电公司自备电厂	99.13
大唐华银电力股份有限公司耒阳分公司 3 号机组	98.83
国电泉州热电有限公司 1 号机组	98.21
神华国华（舟山）发电有限责任公司 3 号机组	98.09

机组名称	运行暴露率 EXR (%)
浙江浙能绍兴滨海热电有限责任公司 2 号机组	97.78
大唐国际发电股份有限公司张家口发电厂 7 号机组	97.6
大唐阳城国际发电有限责任公司 3 号机组	97.32
华能海南发电股份有限公司东方电厂 1 号机组	96.81
华能济南黄台发电有限公司 10 号机组	96.73
国电陕西宝鸡第二发电有限责任公司 3 号机组	96.29
国电乐东发电有限公司 1 号机组	96.01
大唐鲁北发电有限责任公司 2 号机组	95.25
华能国际电力股份有限公司济宁电厂 2 号机组	95.08
华电包头东华热电有限公司 1 号机组	94.66
大唐河北发电有限公司马头热电分公司 10 号机组	94.52

第五节 200 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

2019 年，纳入可靠性统计的 200 兆瓦火电机组共 144 台，均为燃煤机组，其中国产 134 台，进口 10 台。

一、2015-2019 年 200 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

200 兆瓦等级燃煤机组台数呈下降趋势，等效非计划停运率和非计划停运次数同比下降，2019 年平均等效可用系数同比上升 1.74 个百分点。具体见表 2-17 及图 2-15。

表 2-17 2015-2019 年 200 兆瓦燃煤机组主要可靠性指标

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 兆瓦 等级	2015		171	63.39	92.51	0.17	0.27
	2016		174	61.67	94.32	0.17	0.20
	2017		164	61.01	94.09	0.44	0.44
	2018		152	67.56	91.85	0.92	0.80
	2019		144	67.79	93.59	0.77	0.59

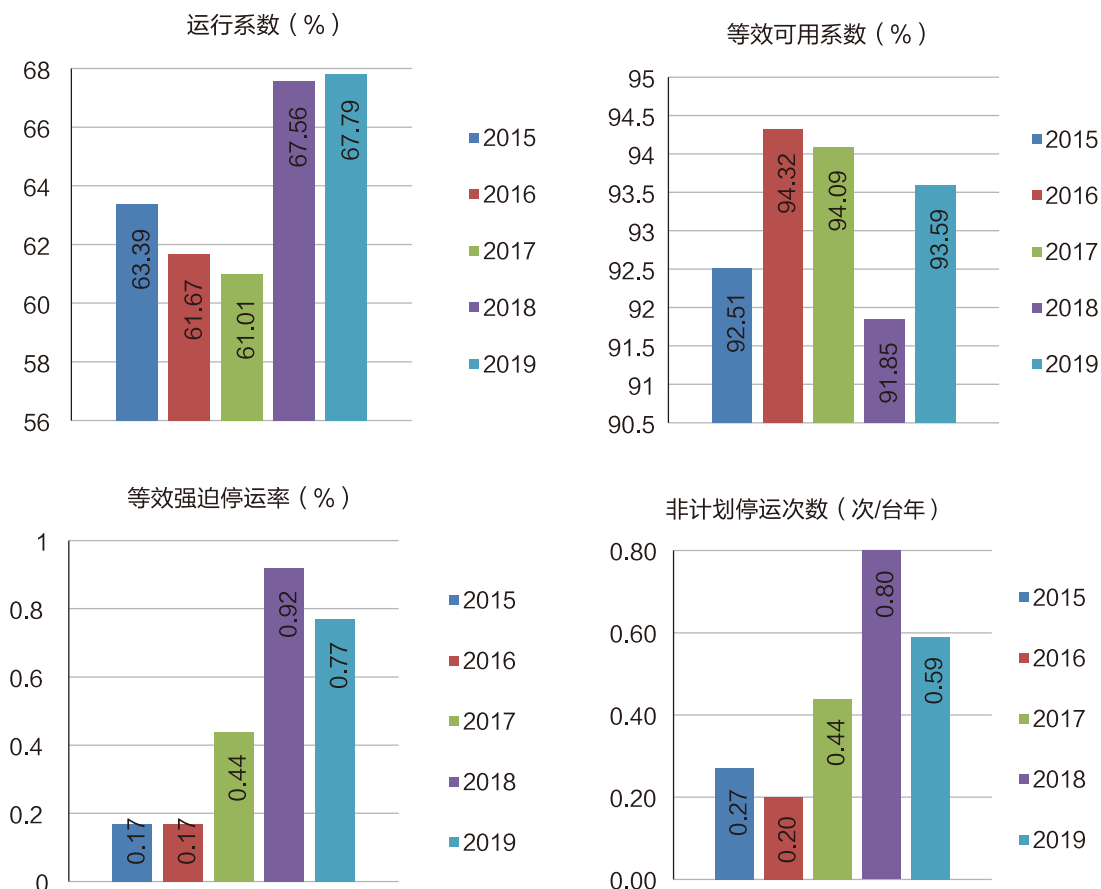


图 2-15 2015-2019 年 200 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

二、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

(一) 200 兆瓦等级燃煤机组的锅炉

表 2-18 2019 年 200 兆瓦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	51	6.9	2.51	0.08	0.03
东方锅炉	33	26.75	11.29	0.31	0.13
武汉锅炉	25	13.24	0.1	0.15	0
俄罗斯斯塔干罗格	7	0	0	0	0
无锡锅炉	7	5.12	0	0.06	0
上海锅炉	6	0.32	0	0	0
北京巴威	6	31.05	0.09	0.35	0
四川锅炉	4	4.37	0	0.05	0

(二) 200 兆瓦等级燃煤机组的汽机

表 2-19 2019 年 200 兆瓦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	81	1.28	0.09	0.01	0
东方汽机	33	4.05	0.87	0.05	0.01
北重电	15	2.08	1.42	0.02	0.02
俄罗斯	7	0	0	0	0

(三) 200 兆瓦等级燃煤机组的发电机

表 2-20 2019 年 200 兆瓦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	73	0.35	0	0	0
东方电机	25	2.78	0	0.03	0
北重电	15	0	0	0	0
济南发电设备	10	0	0	0	0
圣彼得堡	7	0	0	0	0

第六节 超临界及以上燃煤机组运行可靠性

2019 年, 纳入可靠性统计的超临界及以上燃煤机组共 547 台, 运行可靠性主要综合指标见表 2-21。超临界及以上燃煤机组与 10 万千瓦及以上容量燃煤机组近五年平均等效可用系数见图 2-16。

表 2-21 2015-2019 年超临界及以上燃煤机组运行可靠性指标

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 (%)
2015	415	4564.89	0.38	28.49	91.88
2016	454	4406.45	0.34	16.96	91.50
2017	481	4557.57	0.69	56.80	92.20
2018	518	4761.90	0.81	80.04	92.68
2019	547	4584.85	0.48	36.15	92.80

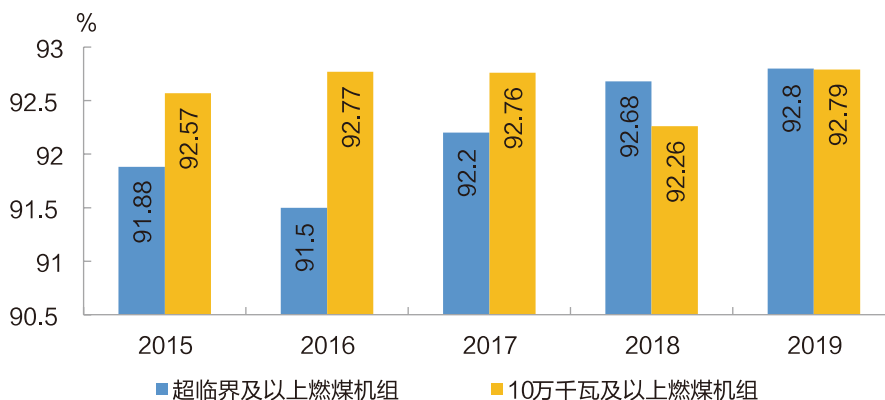


图 2-16 2015-2019 年超临界及以上燃煤机组等效可用系数

第七节 100 兆瓦及以上容量燃气轮机组运行可靠性

2019 年，纳入可靠性统计的 100 兆瓦及以上燃气轮机组共 211 台，总容量 0.61 亿千瓦。2015-2019 年燃气轮机组主要可靠性指标见表 2-22。2015-2019 年燃气轮机组与燃煤机组等效可用系数见图 2-17。

表 2-22 2015-2019 年燃气轮机组主要可靠性指标

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)
2015	145	45.89	92.82	0.49	0.37
2016	152	44.65	92.30	1.63	0.39
2017	167	46.50	92.60	0.24	0.35
2018	180	48.50	92.47	0.30	0.45
2019	211	45.07	92.37	0.21	0.20

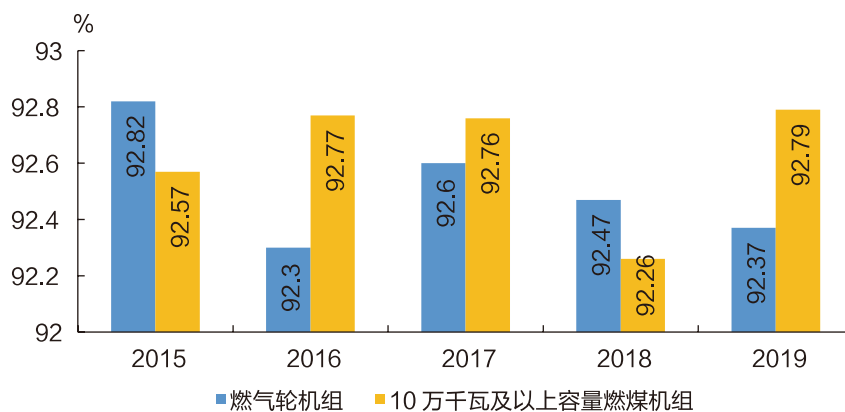


图 2-17 2015-2019 年燃气轮机组与燃煤机组等效可用系数

第八节 100 兆瓦及以上容量燃煤机组备用时间分析

2019 年，除东北、内蒙、西南外，其余地区电网燃煤机组备用时间略有上升。全国台年平均备用小时同比上升 40.13 小时，内蒙电网备用时间降低最多，同比降低 602.75 小时。西南电网机组备用时间最长，为 3468.93 小时；南方电网其次，为 2080.25 小时；内蒙电网机组备用时间最短，为 314.76 小时。具体见表 2-23 及图 2-18。

表 2-23 2015-2019 年按地区分类的燃煤机组备用小时

单位：小时 / 台年

区域电网	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
华北电网	1482.58	1768.24	1506.91	1053.82	1294.7
东北电网	2145.91	2169.27	1848.08	1362.18	1151.25
华东电网	1508.57	1567.30	1525.46	1420.00	1527.61
华中电网	2579.75	2732.66	2376.83	1724.84	1728.94
西北电网	1666.37	1994.36	1865.58	1635.31	1663.15
西南电网	3794.50	4521.09	4718.35	3583.68	3468.93
南方电网	2447.62	3075.04	2420.20	2005.12	2080.25
内蒙电网	1533.63	2070.64	1634.49	917.51	314.76
全国	1867.55	2115.88	1922.04	1511.26	1551.39

*注：华北电网-北京、天津、冀北、河北、山东和山西；东北电网-辽宁、吉林和黑龙江；华东电网-上海、江苏、浙江、安徽和福建；华中电网-湖北、湖南、河南和江西；西北电网-陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆；西南电网-四川、重庆和西藏；南方电网-广东、广西、云南、贵州和海南；内蒙电网-蒙东和蒙西。

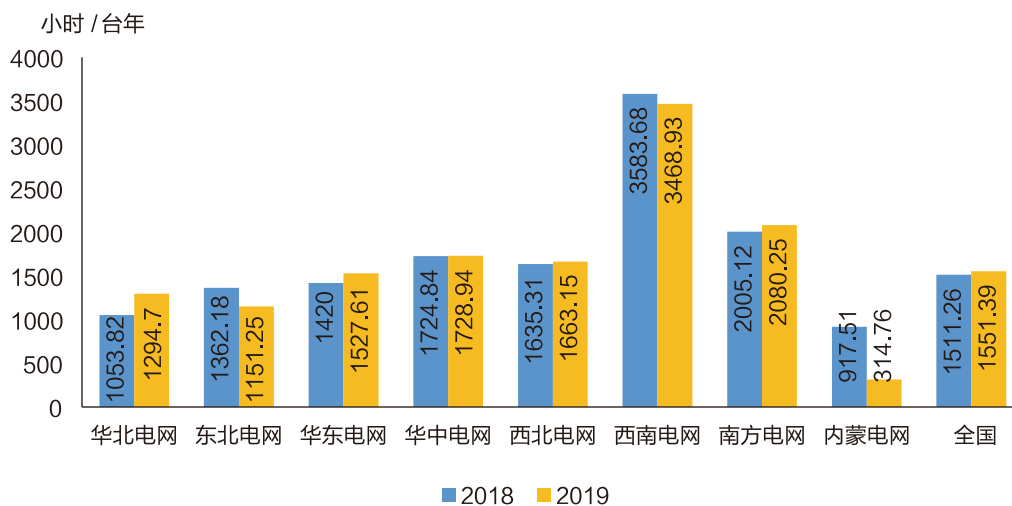


图 2-18 2018、2019 年各大区域电网燃煤机组备用小时

备用时间较短的五个省份分别是海南省 380.95 小时、内蒙古自治区 624.06 小时、江西省 814.67 小时、宁夏回族自治区 868.12 小时、河北省 874.85 小时；备用时间相对较长的五个省份分别是云南省 5777.64 小时、北京市 4839.27 小时、青海省 4165.27 小时、四川省 3604.99 小时、重庆市 3566.51 小时。具体见表 2-24。主要发电集团备用小时见图 2-19。

表 2-24 2019 年各省（市、区）燃煤机组备用及运行时间

电网分类	统计台数 (台)	平均容量 (兆瓦/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)
北京市	4	192.50	1993.70	2543.10	4839.27
河北省	102	352.35	5160.73	7257.59	874.85
山西省	134	362.32	4713.59	6935.24	1170.65
内蒙古自治区	170	370.82	5299.44	7533.51	624.06
天津市	22	492.45	4466.32	6571.22	1667.49
山东省	143	371.26	4588.00	6354.79	1651.62
辽宁省	64	384.22	4081.85	6966.41	1211.14
吉林省	50	302.90	3899.13	6752.51	1476.48
黑龙江省	50	320.00	4026.56	6965.46	1263.12
江苏省	130	537.15	4496.48	6376.97	1794.62
浙江省	64	636.48	4643.96	7087.48	1146.25
安徽省	86	552.44	4850.94	6788.31	1247.55
上海市	27	531.48	3908.22	5975.58	2007.94
福建省	43	530.33	4633.25	6417.97	1767.58
河南省	101	461.98	3666.43	6085.53	2103.46
湖北省	49	465.51	5223.22	6895.00	1130.88
湖南省	39	459.62	3984.61	6233.60	1821.31
江西省	35	541.14	5104.76	7166.51	814.67
四川省	25	426.40	3173.18	4496.10	3604.99
重庆市	20	488.00	3060.18	4739.56	3566.51
陕西省	65	422.00	4462.35	6347.95	1790.52
甘肃省	32	342.66	3880.65	5904.27	2246.72
青海省	6	436.67	3165.04	4334.34	4165.27
宁夏回族自治区	43	465.12	4958.47	7215.02	868.12
新疆区	52	328.08	4568.30	7079.36	1312.86
广东省	106	477.30	4172.51	6489.14	1670.41
广西区	25	556.80	4276.94	6276.21	1867.54
云南省	32	387.50	1873.38	2767.65	5777.64
贵州省	67	426.27	4248.07	6180.56	1614.28
海南省	10	303.60	5350.08	7935.04	380.95

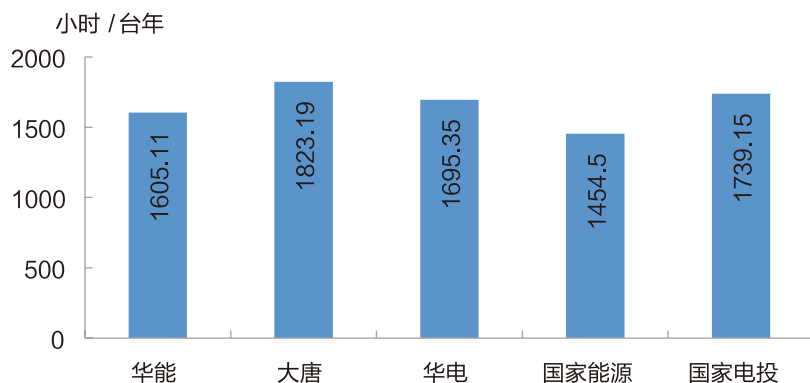


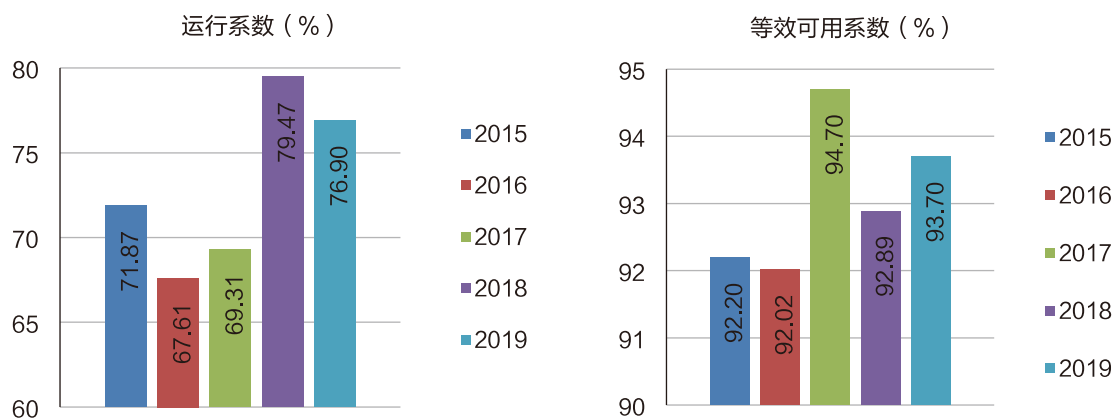
图 2-19 2019 年主要发电集团燃煤机组备用小时

第九节 2018 年新投产机组可靠性指标

2018 年投产、纳入 2019 年可靠性指标统计的燃煤机组共 26 台，总容量为 0.155 亿千瓦。近五年来燃煤机组投产后第一年运行可靠性指标见表 2-25。

表 2-25 2015-2019 年燃煤机组投产后第一年运行可靠性指标

指标年份	投产年份 (年)	统计台数 (台)	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)
2015	2014	93	540.86	71.87	92.20	0.86	0.72
2016	2015	64	598.13	67.61	92.02	0.48	1.20
2017	2016	48	571.79	69.31	94.70	1.29	1.33
2018	2017	29	634.83	79.47	92.89	1.02	1.38
2019	2018	26	595.77	76.9	93.7	1.53	1.5



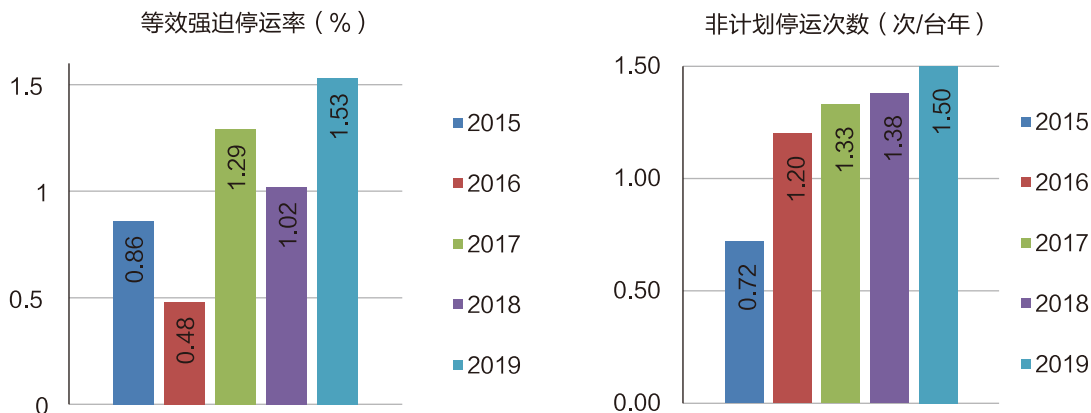


图 2-20 2015-2019 年燃煤新投产机组投产后第一年可靠性指标

2018 年投产燃煤机组 2019 年等效可用系数同比上升 0.81 个百分点，高于全国 10 万千瓦及以上容量燃煤机组平均值 0.91 个百分点；等效强迫停运率同比上升 0.51 个百分点；非计划停运次数增加 0.88 次 / 台年，比全国 10 万千瓦及以上容量燃煤机组平均值高 0.99 次 / 台年。按照机组容量分析，2019 年，新投产主要容量等级燃煤机组可靠性指标同比情况见图 2-21 及图 2-22。由图可见，2018 年新投产机组各容量等级的等效可用系数同比均略有升高；非计划停运次数 300MW 等级同比减少，600MW、1000MW 等级机组同比增加。

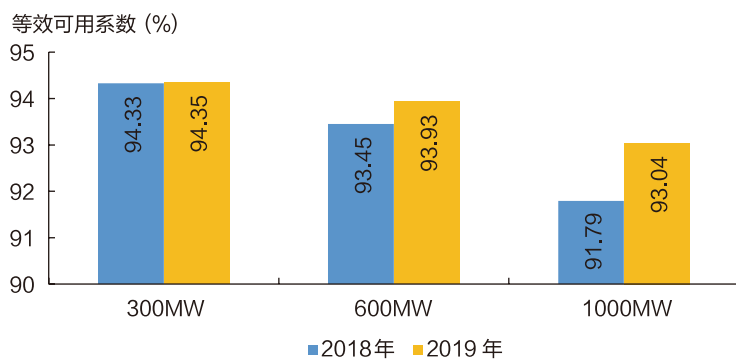


图 2-21 2018、2019 年新投产机组按容量等级划分等效可用系数

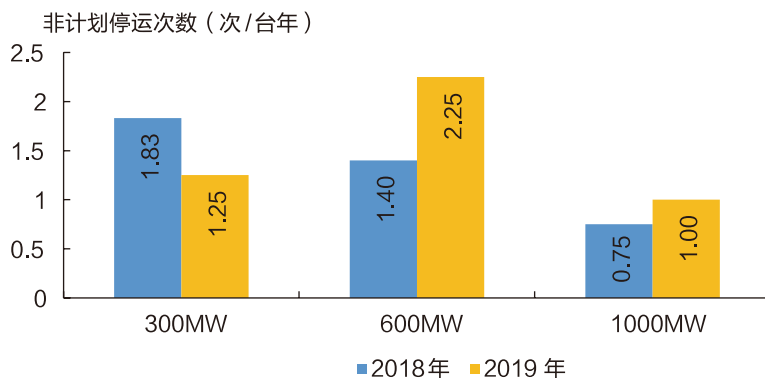


图 2-22 2018、2019 年新投产机组按容量等级划分非计划停运次数

第十节 非计划停运分析

2019 年，全国 1796 台燃煤机组共发生非计划停运 910 次，总时间 73363.16 小时，台年平均停运 0.51 次、39.57 小时，同比减少 0.27 次、62.21 小时。其中持续时间超过 300 小时的非计划停运共 46 次，总时间 23239.58 小时，占全部燃煤机组非计划停运总时间的 31.68%。

发生强迫停运 815 次，总时间 57922.21 小时，台年平均值分别为 0.45 次、30.68 小时，同比减少 0.18 次、28.39 小时。强迫停运占全部燃煤机组非计划停运总时间的 78.95%。

三大主设备中，锅炉引起的非计划停运台年平均为 0.23 次、22.41 小时，占全部燃煤机组非计划停运总时间的 47%，是主要的非计划停运部件。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 66.66%。具体见表 2-26。

表 2-26 2019 年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	0.23	22.41	47.00
2	汽轮机	0.07	3.89	9.11
3	发电机	0.04	4.39	10.55

* 百分比：占机组非计划停运时间的百分比

按照造成发电机组非计划停运的责任原因分析，产品质量不良为第一位，台年平均为 0.14 次、10.8 小时。前五位主要责任原因占全部燃煤机组非计划停运总时间的 76.62%。具体见表 2-27。

表 2-27 2019 年非计划停运的前五位责任原因

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	0.14	10.8	24.05
2	设备老化	0.08	7.76	17.86
3	检修质量不良	0.06	5.37	12.60
4	施工安装不良	0.04	5.08	12.25
5	燃料影响	0.04	3.28	6.53

* 百分比：占机组非计划停运时间的百分比

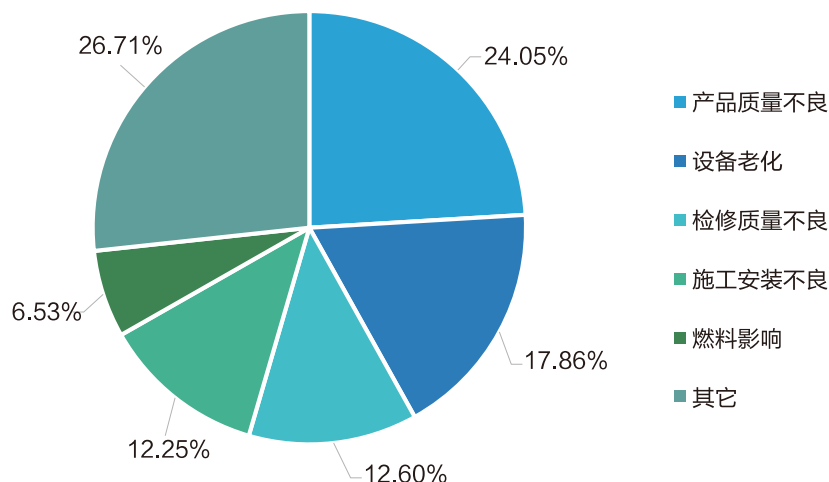


图 2-23 2019 年非计划停运的前五位责任原因占机组非计划停运时间的百分比

2019 年，按照燃煤机组非计划停运事件持续时间长短分类，停运次数最多的是 10-100 小时区间的非计划停运事件，并且大部份是强迫停运事件，占燃煤机组总非停次数的 38.02%；其次是小于 10 小时的区间，占燃煤机组总非停次数的 34.73%；超过 1000 小时的有 2 次。具体见表 2-28。

表 2-28 2019 年非计划停运事件按持续时间划分表

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 (%)
<10	316	34.73
10-100	346	38.02
100-500	233	25.60
500-1000	13	1.43
1000	2	0.22

备注：各分级数值范围中，下限值包含，上限值为不包含

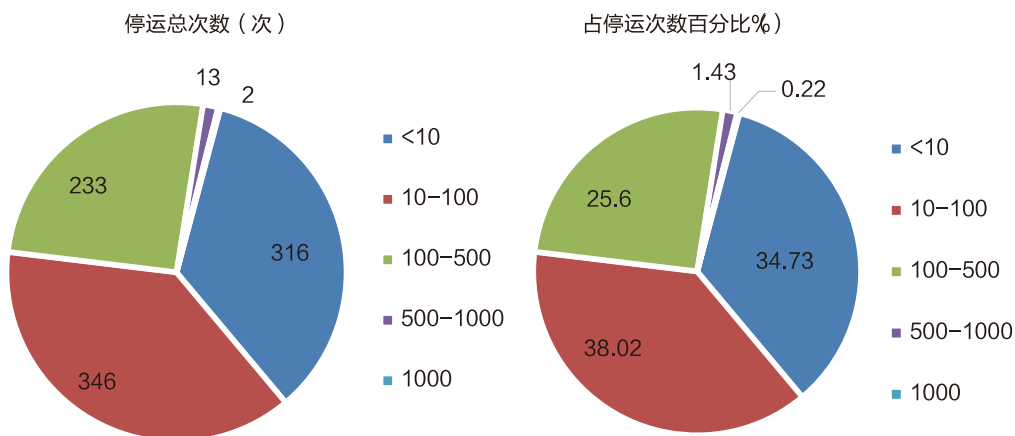


图 2-24 2019 年非计划停运事件按持续时间划分停运总次数和占比

第十一节 按地区分类的 100 兆瓦及以上容量燃煤机组运行可靠性

2019 年各地区 100 兆瓦及以上容量燃煤机组运行可靠性指标见表 2-29。

表 2-29 2019 年各地区 100 兆瓦及以上容量燃煤机组运行可靠性指标

地区	统计台数 (台)	平均容量 (兆瓦/台)	每千瓦装机发电量 兆瓦 h/kW	运行系数 (%)	等效可用系数 (%)	非计划停运次数 (次/台年)
华北	575	369.09	4.91	79.78	92.48	0.51
东北	164	339.85	4.02	78.86	93.65	0.44
华东	350	557.80	4.7	75.35	92.89	0.29
华中	269	471.21	4.12	70.56	92.58	0.45
西北	198	394.32	4.49	75.41	93.52	0.88
南方	240	452.13	3.99	68.68	92.51	0.62
全部	1796	432.37	4.47	75.11	92.79	0.51

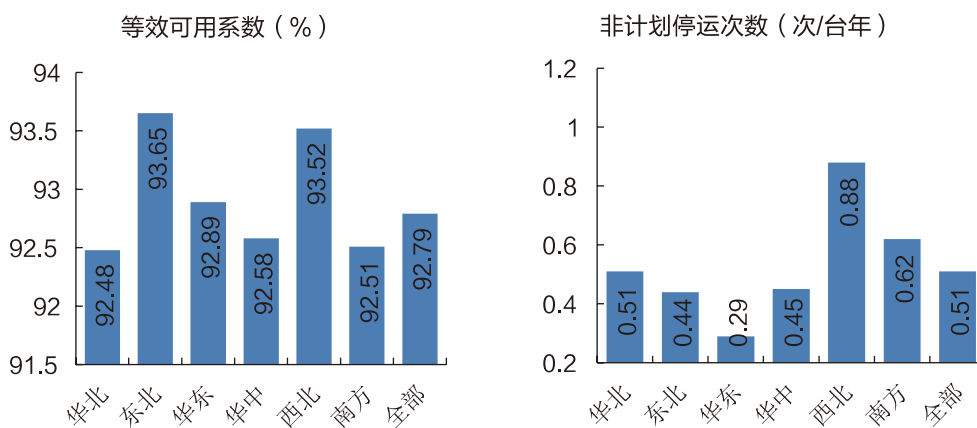


图 2-25 2019 年各地区 100 兆瓦及以上容量燃煤机组等效可用系数、非计划停运次数

第十二节 40 兆瓦及以上容量水电机组运行可靠性

一、2015-2019 年 40 兆瓦及以上容量水电机组运行可靠性指标

2019 年水电机组的等效可用系数同比上升 0.28 个百分点；运行系数为

57.88%，同比上升了 2.2 个百分点；非计划停运次数为 0.18 次/台年，同比下降了 0.03 次/台年；等效强迫停运率为 0.03%，同比下降了 0.07 个百分点。具体见表 2-30 及图 2-27。

表 2-30 2015-2019 年 40 兆瓦及以上容量水电机组主要可靠性指标

年	指标	统计台数 (台)	平均容量 (兆瓦/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)	强迫停运次数 (次/台年)	强迫停运时间 (小时/台年)
2015		885	218.62	51.8	92.05	0.08	0.27	0.19	3.41
2016		945	214.14	54.19	92.44	0.09	0.26	0.22	4.09
2017		971	218.07	54.96	92.55	0.14	0.19	0.14	6.91
2018		1015	217.63	55.68	92.30	0.10	0.21	0.14	4.95
2019		1042	218.48	57.88	92.58	0.03	0.18	0.12	1.63

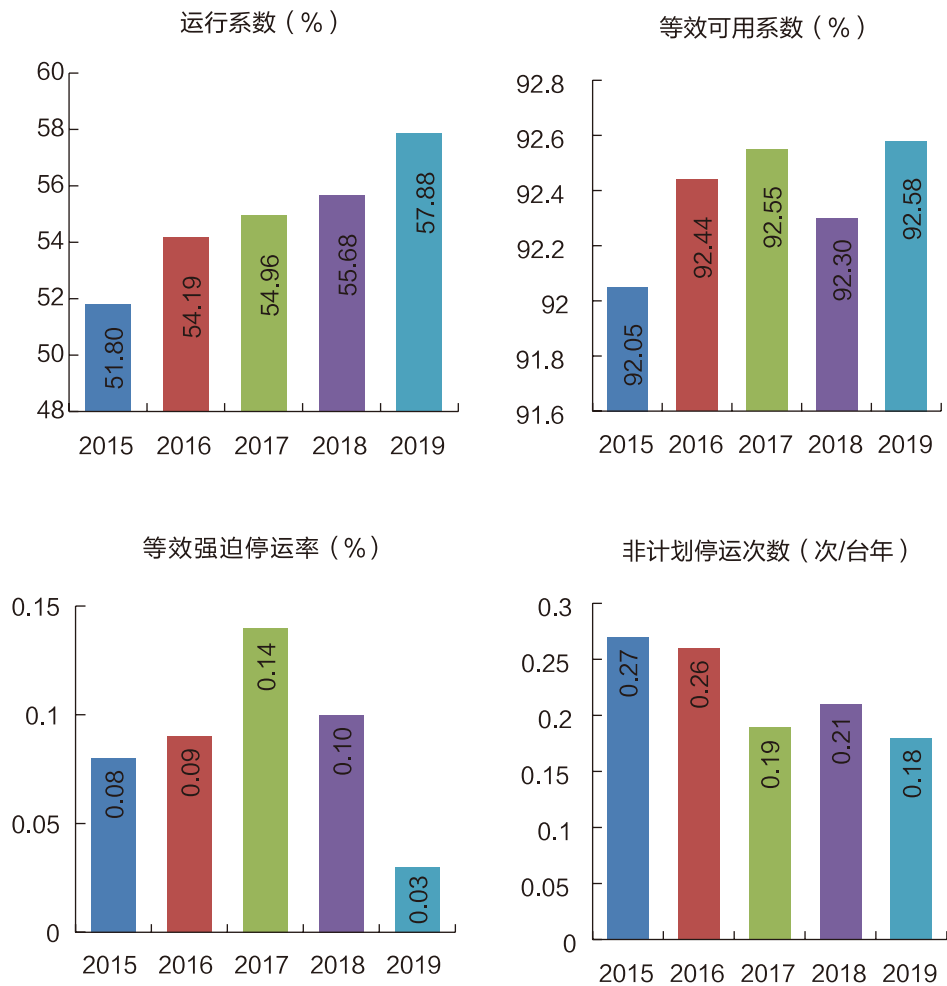


图 2-26 2015-2019 年 40 兆瓦及以上容量水电机组主要可靠性指标

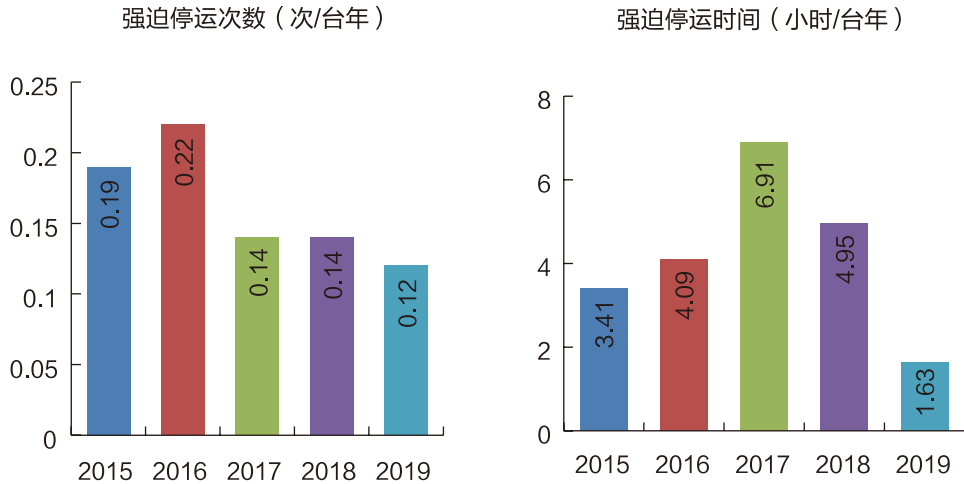


图 2-27 2015-2019 年水电机组强迫停运次数和时间

二、2019 年 40 兆瓦及以上各容量水电机组运行可靠性指标分布

表 2-31 2019 年 40 兆瓦及以上各容量水电机组运行可靠性指标分布

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		160	67.69	92.68	0.02	0.13
40-99 兆瓦		75	57.01	92.67	0.08	0.23
100-199 兆瓦		76	73.15	92.50	0.00	0.04
200-299 兆瓦		9	62.75	93.67	0.00	0.00
水电混流机组		772	60.43	93.2	0.03	0.09
40-99 兆瓦		318	54.10	93.46	0.04	0.04
100-199 兆瓦		136	52.44	93.95	0.06	0.13
200-299 兆瓦		91	54.33	93.05	0.03	0.09
300-699 兆瓦		151	65.63	92.60	0.01	0.15
700-750 兆瓦		76	61.09	93.70	0.05	0.11
抽水蓄能机组		110	36.21	88.60	0.09	0.92
40-99 兆瓦		9	49.20	87.69	0.11	1.00
100-199 兆瓦		6	26.95	91.87	0.00	0.00
200-299 兆瓦		29	29.94	88.17	0.13	0.90
300 兆瓦及以上		66	38.39	88.63	0.08	1.00
全部		1042	57.88	92.58	0.03	0.18

三、2015-2019 年 40 兆瓦及以上容量水电机组按机组类型分类运行可靠性指标

表 2-32 2015-2019 年 40 兆瓦及以上容量水电机组主要可靠性指标

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	2015	144	64.01	92.75	0.00	0.11
	2016	151	64.19	93.14	0.02	0.13
	2017	149	61.03	92.24	0.00	0.10
	2018	158	63.02	92.58	0.08	0.15
	2019	160	67.69	92.68	0.02	0.13
混流机组	2015	656	54.57	92.38	0.06	0.09
	2016	709	55.47	92.76	0.08	0.07
	2017	725	57.47	92.99	0.15	0.05
	2018	754	58.66	93.09	0.09	0.11
	2019	772	60.43	93.20	0.03	0.09
抽水蓄能机组	2015	85	22.83	89.18	0.43	1.98
	2016	85	37.02	89.45	0.29	2.08
	2017	97	34.28	89.75	0.25	1.33
	2018	103	32.03	87.02	0.26	1.06
	2019	110	36.21	88.60	0.09	0.92
全部	2015	885	51.80	92.05	0.08	0.27
	2016	945	54.19	92.44	0.09	0.26
	2017	971	54.96	92.55	0.14	0.19
	2018	1015	55.68	92.30	0.10	0.21
	2019	1042	57.88	92.58	0.03	0.18

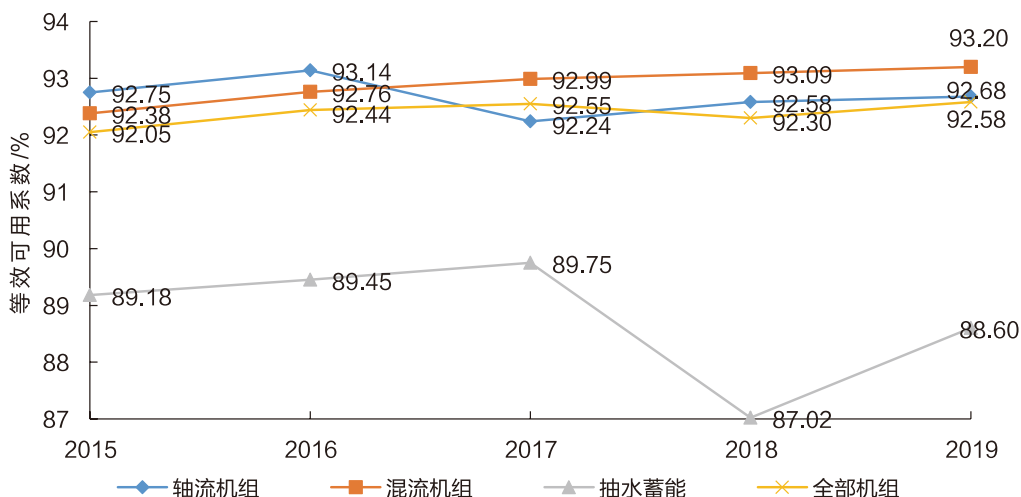


图 2-28 2015-2019 年 40 兆瓦及以上容量水电机组等效可用系数

四、2015-2019 年 40 兆瓦及以上各容量水电机组运行可靠性指标

表 2-33 2015-2019 年 40 兆瓦及以上各容量水电机组主要可靠性指标

机组型式	分类	指标	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	40-99 兆瓦		2015	69	51.17	91.63	0.01	0.21	
			2016	68	51.10	91.19	0.03	0.25	
			2017	65	49.70	90.38	0.01	0.16	
			2018	74	55.05	91.79	0.29	0.26	
			2019	75	57.01	92.67	0.08	0.23	
	100-199 兆瓦			2015	66	69.32	94.06	0.00	0.02
				2016	74	67.58	94.12	0.02	0.03
				2017	75	66.50	93.16	0.00	0.03
				2018	75	70.10	93.29	0.01	0.05
				2019	76	73.15	92.50	0.00	0.04
	200-299 兆瓦			2015	7	68.15	91.17	0.00	0.00
				2016	9	74.50	92.14	0.00	0.00
				2017	9	54.70	91.05	0.00	0.22
				2018	9	43.03	90.57	0.04	0.11
				2019	9	62.75	93.67	0.00	0.00

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)
混流机组	40-99 兆瓦	2015	267	55.29	92.93	0.00	0.06
		2016	301	56.39	93.01	0.11	0.05
		2017	305	55.47	93.59	0.02	0.04
		2018	316	53.93	93.54	0.03	0.06
		2019	318	54.10	93.46	0.04	0.04
	100-199 兆瓦	2015	114	46.06	92.92	0.04	0.11
		2016	125	47.14	93.49	0.37	0.12
		2017	128	47.11	92.09	1.41	0.05
		2018	135	49.29	92.14	0.61	0.07
		2019	136	52.44	93.95	0.06	0.13
	200-299 兆瓦	2015	82	51.06	91.65	0.12	0.18
		2016	84	50.66	91.17	0.01	0.06
		2017	82	48.72	91.77	0.08	0.11
		2018	84	48.32	92.85	0.01	0.11
		2019	91	54.33	93.05	0.03	0.09
	300 兆瓦及以上	2015	193	56.37	92.35	0.07	0.07
		2016	199	57.48	92.89	0.05	0.07
		2017	210	60.83	93.24	0.03	0.04
		2018	219	62.58	93.21	0.05	0.19
		2019	227	63.69	93.07	0.02	0.13
抽水蓄能机组	40-99 兆瓦	2015	9	36.57	92.54	0.09	1.22
		2016	9	43.61	86.86	0.44	2.99
		2017	9	31.00	66.57	0.74	0.89
		2018	7	20.36	60.88	0.25	1.00
		2019	9	49.20	87.69	0.11	1.00
	100-199 兆瓦	2015	6	19.83	84.97	0.34	1.17
		2016	6	30.43	84.94	0.16	1.50
		2017	6	30.02	86.57	0.10	0.67
		2018	6	27.12	91.00	0.00	0.17
		2019	6	26.95	91.87	0.00	0.00

机组型式	分类	指标	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)
	200-299 兆瓦		2015	20	20.16	90.24	0.36	1.05
			2016	20	40.72	88.85	0.27	1.65
			2017	20	32.66	89.21	0.32	0.80
			2018	27	27.55	87.12	0.20	0.56
			2019	29	29.94	88.17	0.13	0.9
	300 兆瓦及以上		2015	50	23.34	88.96	0.47	2.58
			2016	50	35.98	90.01	0.30	2.15
			2017	62	35.00	90.74	0.23	1.63
			2018	63	34.06	87.44	0.28	1.37
			2019	66	38.39	88.63	0.08	1.00

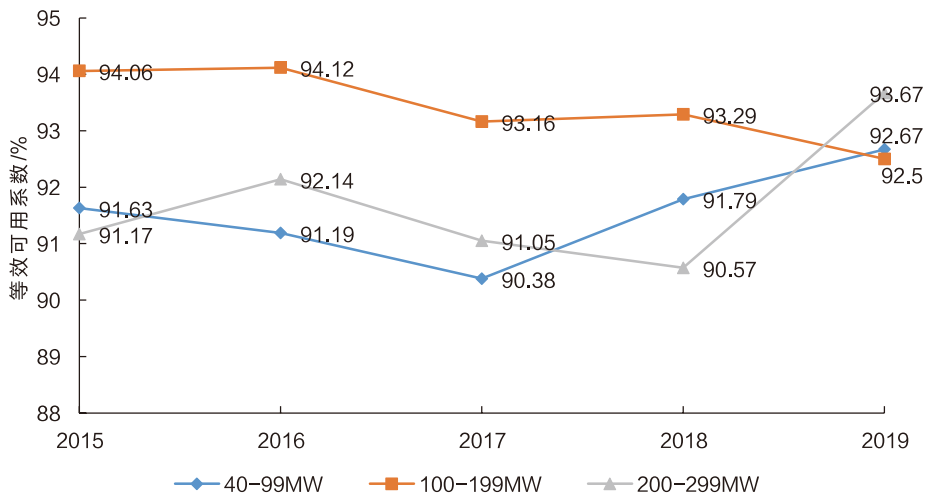


图 2-29 2015-2019 年 40 兆瓦及以上容量水电轴流机组等效可用系数

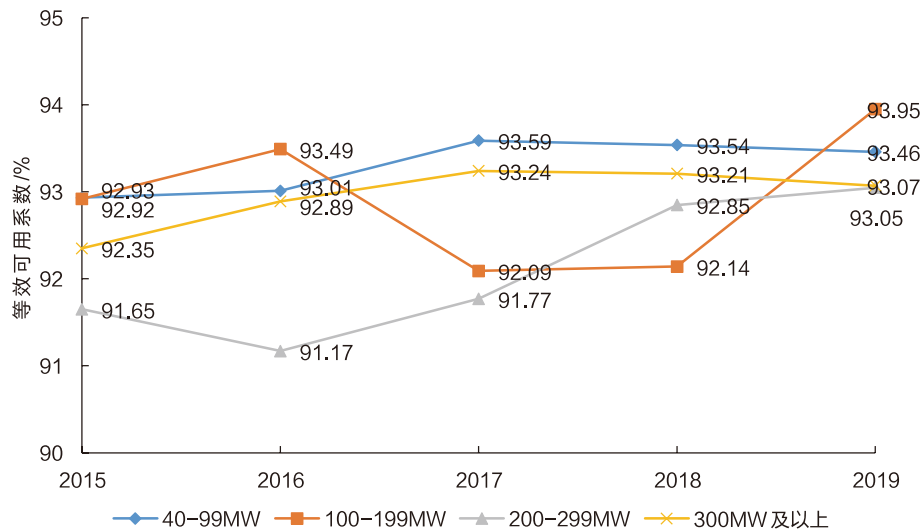


图 2-30 2015-2019 年 40 兆瓦及以上容量水电混流机组等效可用系数

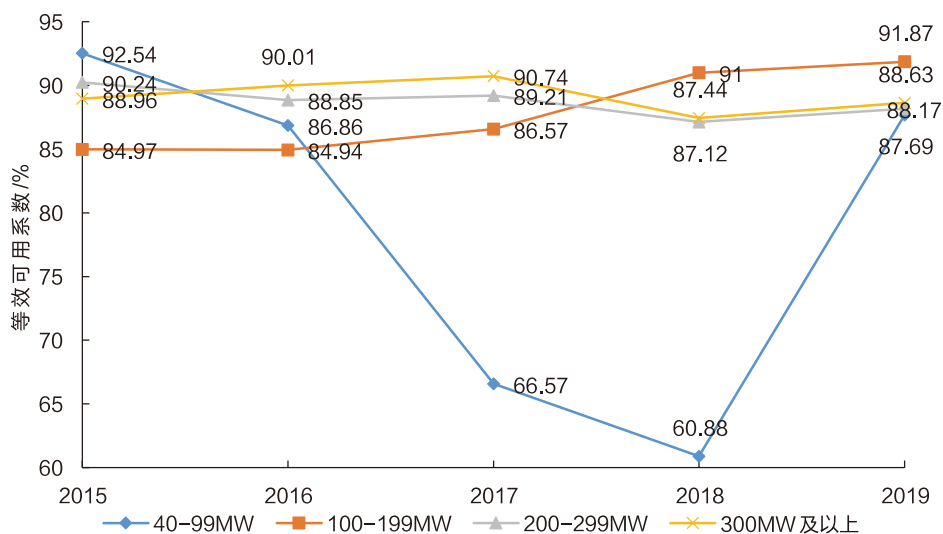


图 2-31 2015-2019 年 40 兆瓦及以上容量抽水蓄能机组等效可用系数

2019 年全国 772 台水电 40 兆瓦以上容量混流机组可靠性指标分布情况见下表。

表 2-34 2019 年水电 40 兆瓦以上容量混流机组可靠性指标分布

指标	等效可用系数 (%)	运行系数 (%)	出力系数 (%)	等效强迫停运率 (%)	非计划停运次数 (次 / 台年)	非计划停运时间 (小时 / 台年)
最优值	100	100	100	0	0	0
第 5% 值	100	90.27	96.85	0	0	0
第 25% 值	97.67	71.83	88.16	0	0	0
中位值	95.74	60.07	80.78	0	0	0
第 75% 值	91.63	42.90	70.52	0	0	0
最末值	32.07	0.23	9.83	5.63	4	1165.72
总平均值	93.20	60.43	77.67	0.03	0.09	3.40

2019 年全国 160 台水电 40 兆瓦级以上容量轴流机组可靠性指标分布情况见下表。

表 2-35 2019 年水电 40 兆瓦以上容量轴流机组可靠性指标分布

指标	等效可用系数 (%)	运行系数 (%)	出力系数 (%)	等效强迫停运率 (%)	非计划停运次数 (次 / 台年)	非计划停运时间 (小时 / 台年)
最优值	100	100	100	0	0	0
第 5% 值	100	97.27	99.81	0	0	0
第 25% 值	97.05	81.12	89.21	0	0	0
中位值	94.85	67.75	82.46	0	0	0
第 75% 值	91.82	50.74	73.62	0	0	0
最末值	54.29	11.58	21.66	8.38	3	272.13
总平均值	92.68	67.69	80.44	0.02	0.13	2.97

2019 年全国 110 台抽水蓄能机组可靠性指标分布情况见下表。

表 2-36 2019 年抽水蓄能机组可靠性指标分布

指标	等效可用系数 (%)	运行系数 (%)	出力系数 (%)	等效强迫停运率 (%)	非计划停运次数 (次/台年)	非计划停运时间 (小时/台年)
最优值	100	100	100	0	0	0
第 5% 值	98.74	59.04	100	0	0	0
第 25% 值	94.43	48.16	90.88	0	0	0
中位值	92.47	35.89	78.93	0	0	0
第 75% 值	84.41	27.47	68.81	0.09	1	3.53
最末值	63.05	4.92	46.62	1.98	15	98.4
总平均值	88.60	36.21	76.15	0.09	0.92	5.02

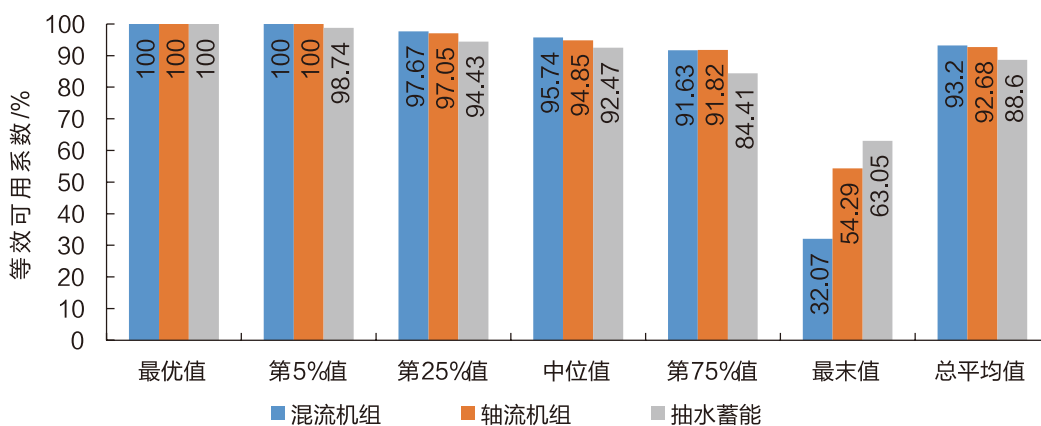


图 2-32 2019 年水电机组等效可用系数分布图

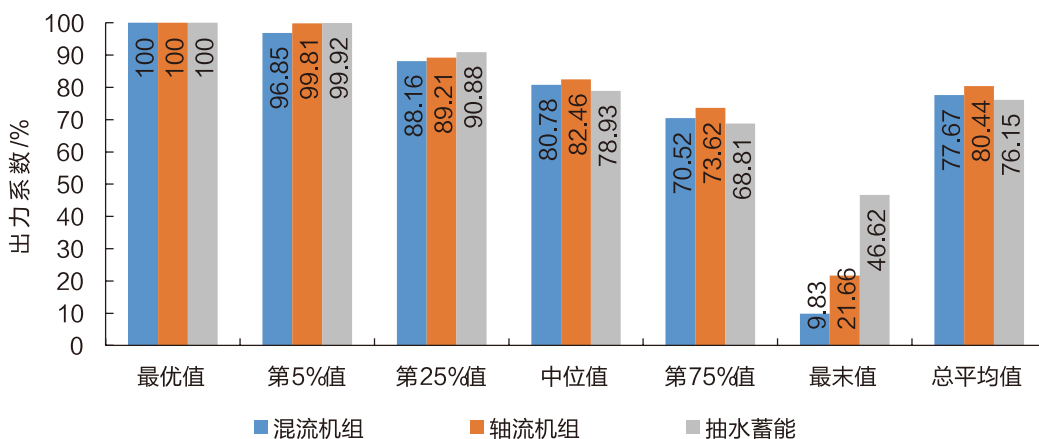


图 2-33 2019 年水电机组运行系数分布图

五、新投产 40 兆瓦及以上容量水电机组投产后第一年运行可靠性指标

2018 年投产、纳入 2019 年可靠性指标统计的水电机组共 22 台，总容量 5528.6 兆瓦，2019 年等效可用系数 92.05%，比 2017 年投产机组次年等效可用系数降低 2.39 个百分点。

表 2-37 新投产 40 兆瓦及以上容量水电机组投产后第一年运行可靠性指标

年份	投产年	统计台数	平均容量 (兆瓦)	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)
2015	2014	48	329.44	57.07	91.91	0.29	0.10
2016	2015	44	192.63	55.28	94.26	0.04	0.16
2017	2016	26	293.23	48.77	89.66	0.16	0.85
2018	2017	24	297.92	46.17	94.44	0.16	0.84
2019	2018	22	251.30	53.61	92.05	0.03	1.45

* 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

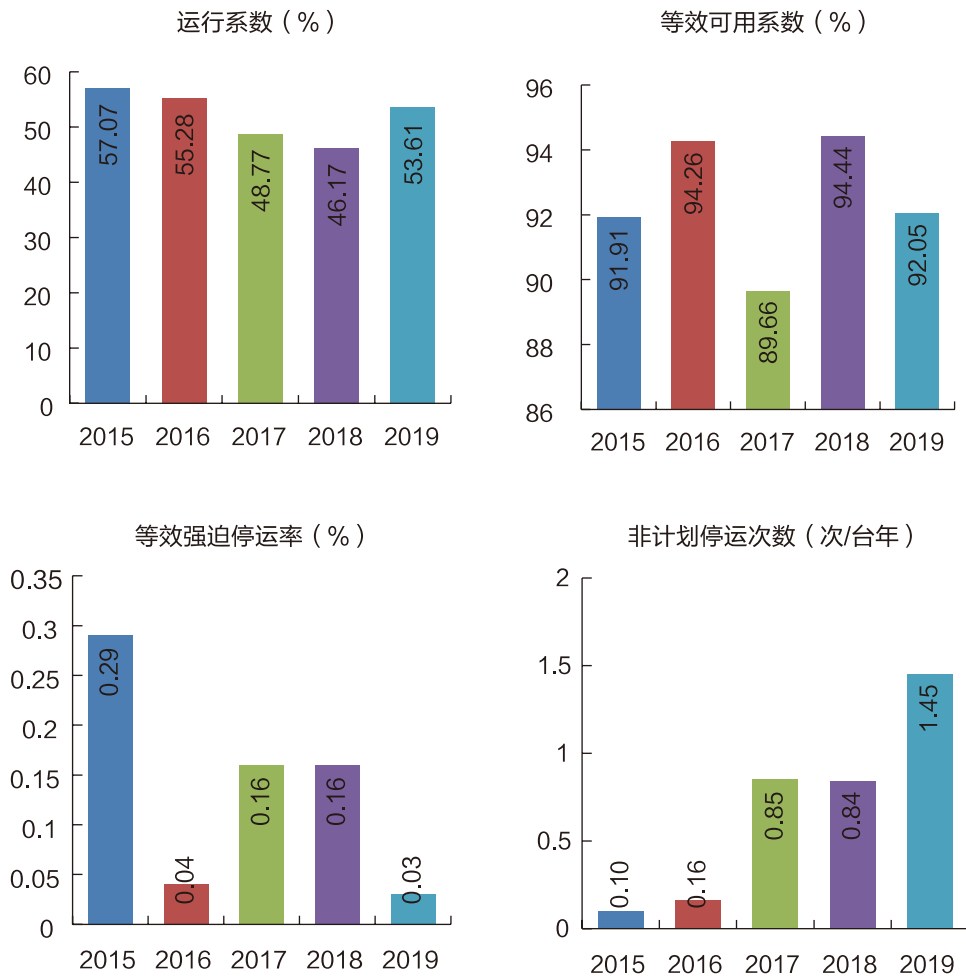


图 2-34 新投产 40 兆瓦及以上容量水电机组投产后第一年运行可靠性指标

六、水电机组非计划停运

2019 年水电机组（1042 台）共发生非计划停运 191 次，总时间 4153.08 小时，台年平均分别为 0.18 次、3.57 小时，其中非停次数及非停时间同比分别降低了 0.03 次、8.45 小时 / 台年。其中持续时间超过 300 小时的非计划停运 1 次，非计划停运时间为 668.6 小时，占全部非计划停运总时间的 16.10%。

强迫停运共发生 128 次，总计 1886.44 小时，占全部非计划停运总时间的 45.42%。强迫停运台年平均次数和时间分别为 0.12 次、1.63 小时，同比分别减少 0.02 次 / 台年、3.32 小时 / 台年。

水电机组主设备中，水轮机引起的非计划停运台年平均次数和时间分别为 0.04 次、1.49 小时，累计停运时间占非计划停运总时间的 37.31%；变压器引起了 4 次非停，总非停时间为 12.51 小时，台年平均值为 0.01 小时，累计停运时间占非计划停运总时间的 0.30%；发电机引起的非计划停运台年平均次数和时间分别为 0.05 次、0.89 小时，累计停运时间占非计划停运总时间的 22.39%。具体见表 2-38 及图 2-35。

表 2-38 2019 年水电机组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	0.04	1.49	37.31
2	变压器	0.00	0.01	0.30
3	发电机	0.05	0.89	22.39

* 百分比：占机组非计划停运时间的百分比

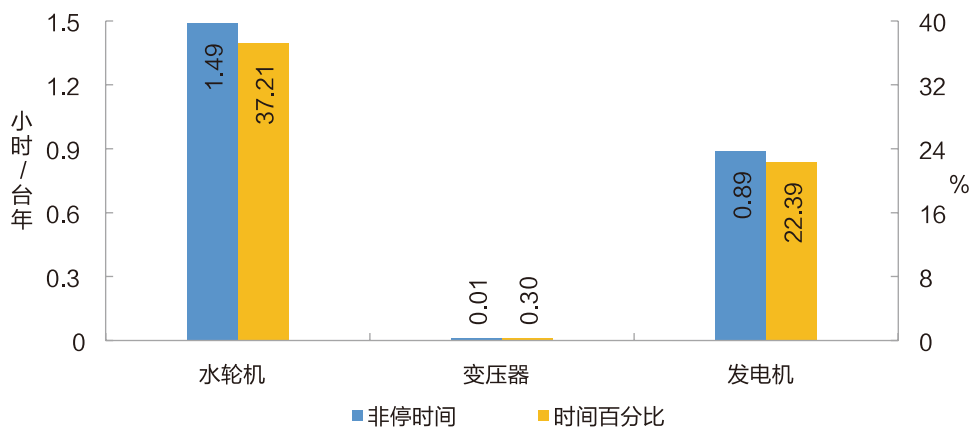


图 2-35 2019 年水电机组主设备引发非计划停运的比重

引发非计划停运的责任原因中产品质量不良为第一位，引起的非计划停运次数为 0.07 次 / 台年，时间为 1.17 小时 / 台年，占非计划停运总时间的 30.63%；其次是设备老化，引起的非计划停运台年平均次数、时间分别为 0.02 次、0.84 小时，

累计停运时间占非计划停运总时间的 21.90%；排在第三位的是施工质量不良，引起的非计划停运台年平均次数、时间分别为 0.02 次、0.52 小时，累计停运时间占非计划停运总时间的 13.66%。表 2-36 及图 2-36 为非计划停运的前三位责任原因。

表 2-39 2019 年水电机组主设备非计划停运的前三位责任原因

序号	责任原因	停运总次数（次）	停运时间 （小时 / 台年）	* 百分比（%）
1	产品质量不良	0.07	1.17	30.63
2	设备老化	0.03	0.84	21.90
3	施工安装不良	0.02	0.52	13.66

* 百分比：占机组非计划停运时间的百分比

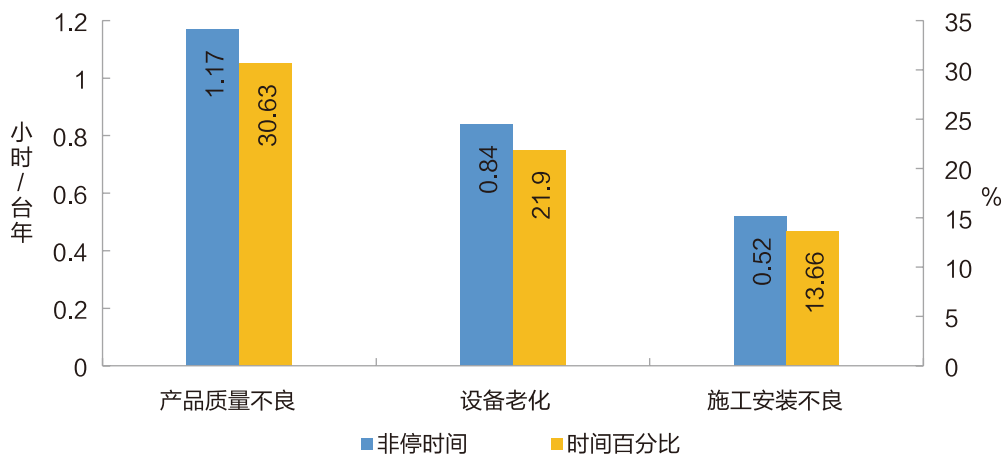


图 2-36 2019 年水电机组主设备非计划停运的前三位责任原因

第十三节 700 兆瓦等级常规水电机组运行可靠性

一、700 兆瓦等级常规水电机组运行可靠性指标

2019 年，参与统计 700 兆瓦等级水电机组为 76 台，与 2018 年持平，均为混流机组。2019 年等效可用系数 93.70%，同比下降 0.66 个百分点；备用时间 2856.53 小时，同比减少 146.52 小时；计划停运时间 549.47 小时，同比增加 61.94 小时；非计划停运次数 0.11 次 / 台年，非计划停运时间 2.58 小时 / 台年，非停次数与非停时间同比分别降低 0.04 次 / 台年、3.56 小时 / 台年。

2015-2019 年 700 兆瓦等级常规水电机组主要运行可靠性指标见表 2-40 及图

2-37。

表 2-40 2015-2019 年 700 兆瓦等级常规水电机组主要可靠性指标

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)
2015		76	53.68	94.57	0.01	0.04
2016		76	56.36	95.23	0.02	0.04
2017		76	58.09	94.88	0.01	0.04
2018		76	60.08	94.36	0.01	0.15
2019		76	61.09	93.70	0.05	0.11

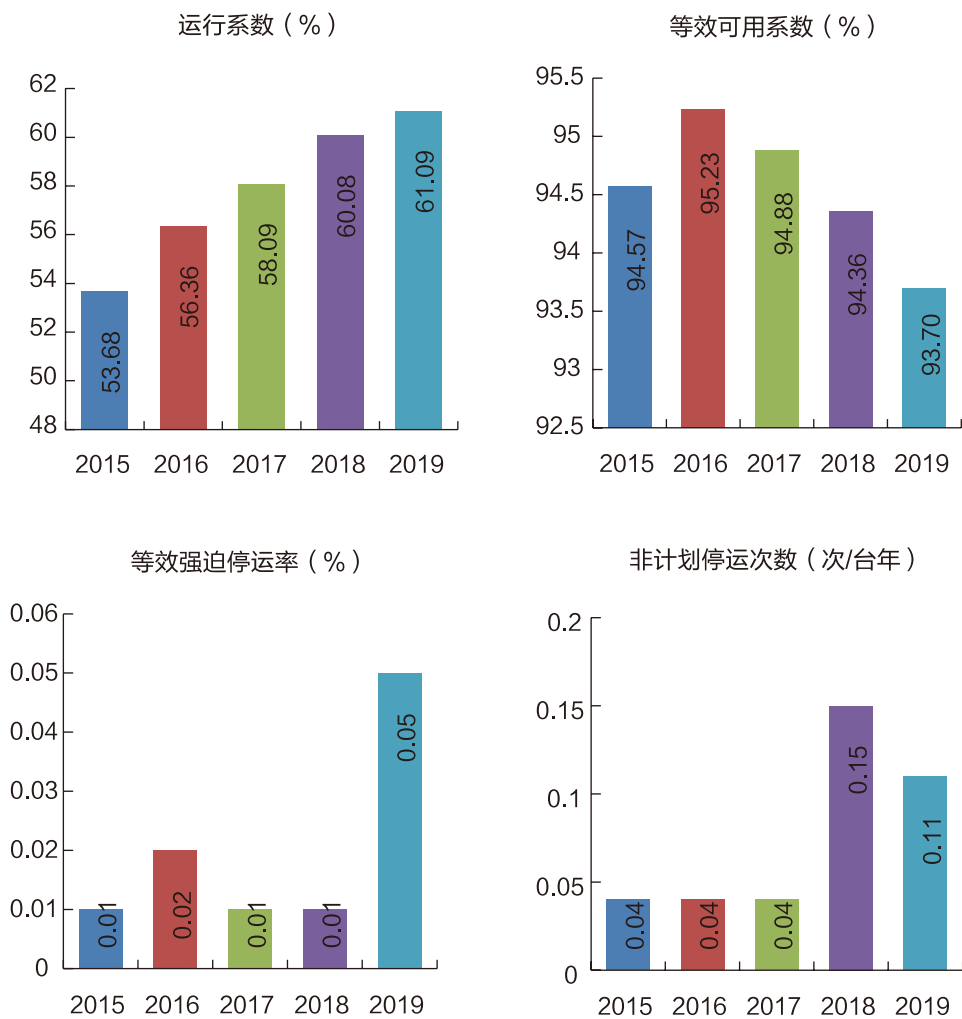


图 2-37 2015-2019 年 700 兆瓦等级常规水电机组可靠性指标

二、700 兆瓦等级常规水电机组非计划停运

2019 年，700MW 等级水电机组共发生非计划停运 9 次，同比降低 2 次，非计划

停运时间总计 192.95 小时，同比减少 273.69 小时。非计划停运次数、时间台年平均值分别为 0.11 次、2.58 小时，其中龙滩 03 号机组及小湾 03 号机组均发生 2 次，累计非计划停运时间分别为 135.95 小时、7.47 小时。

在 9 次非停中，发电机引发 4 次，非停时间累计 165.1 小时；水轮机引发 2 次，非停时间累计 15.80 小时；水电厂辅助设备引发 2 次，非停累计时间 7.47 小时；另一次为隔离开关脱落，非停时间 4.58 小时。

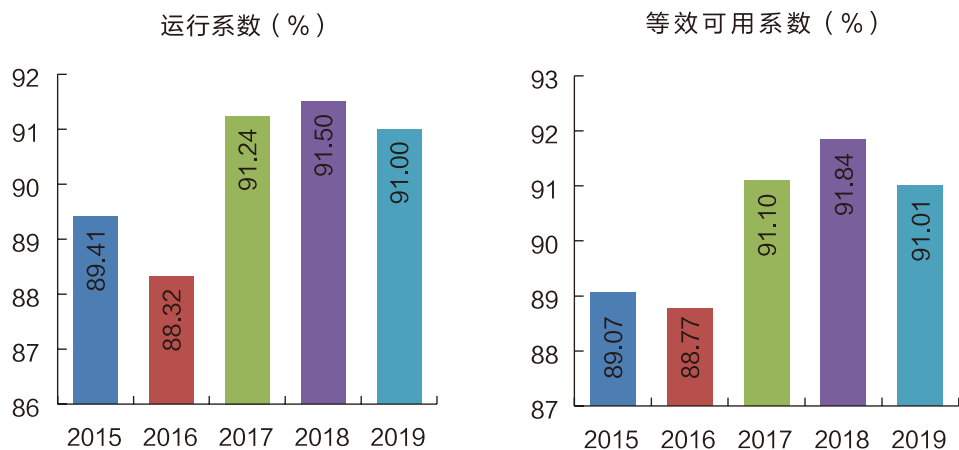
此外，9 次非计划停运的责任原因中，4 次为设备老化，累计时间为 162.18 小时；2 次为运行不当，累计时间 18.72 小时；2 次为检修质量不良，累计时间 7.47 小时；1 次为规划设计不周，持续时间 4.58 小时。

第十四节 核电机组运行可靠性

纳入 2019 年可靠性统计的核电机组有 19 台，总容量 0.17 亿千瓦，占全国已投产核电机组的 34.69%。核电机组的可靠性指标见表 2-41 及图 2-38。

表 2-41 2015-2019 年核电机组可靠性指标

年份	统计台数 (台)	平均容量 (兆瓦/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)
2015	16	846.2	89.41	89.07	0.79	0.50
2016	17	860.48	88.32	88.77	0.77	0.23
2017	17	860.48	91.24	91.10	0.09	0.24
2018	17	870.60	91.50	91.84	0.33	0.59
2019	19	894.75	91.00	91.01	0.09	0.21



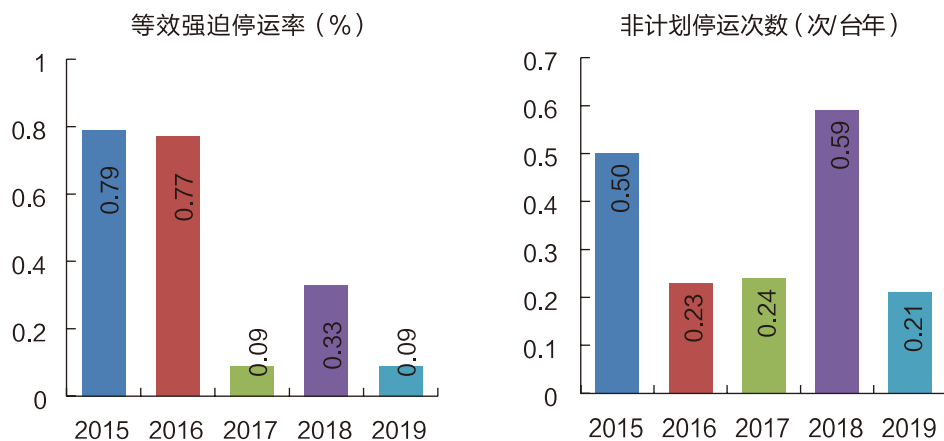


图 2-38 2015-2019 年核电机组主要可靠性指标

2019 年，核电机组共发生 4 次非计划停运事件，同比下降 6 次，累计停运时间 136.766 小时，同比减少 332.444 小时。等效可用系数同比下降 0.83%，主要因素是计划停运时间增加。非停发生在反应堆堆芯和反应堆冷却系统、核辅助系统、核电控制和保护系统、发电机等部位。

第三章 2019 年全国 200 兆瓦及以上容量燃煤 机组主要辅助设备运行可靠性

200 兆瓦及以上容量燃煤机组主要辅助设备包含磨煤机、给水泵组、送风机、引风机和高压加热器。2015-2019 年主要辅助设备中，磨煤机非计划停运率均高于其它辅助设备，给水泵组、引风机、高压加热器非计划停运率近两年相对稳定，送风机非计划停运率始终维持在较低水平。

2019 年，磨煤机、给水泵组、送风机、引风机、高压加热器可用系数同比均有降低，分别降低了 0.26、0.21、0.13、0.25 和 0.29 个百分点。运行系数同比上升，分别上升了 0.86、2.82、1.08、1.08 和 1.09 个百分点。设备台年运行小时分别增加了 75.34 小时、247.03 小时、94.61 小时、94.61 小时和 95.48 小时。磨煤机、送风机非计划停运率同比分别下降 0.03、0.01 个百分点，给水泵组、引风机、高压加热器非计划停运率同比持平。

具体见表 3-1 及图 3-1、图 3-2、图 3-3。

表 3-1 2015-2019 年燃煤机组主要辅助设备可靠性指标

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	2015	5830	56.11	93.71	6.23	0.05	0.09
	2016	6211	53.73	92.94	7.01	0.05	0.09
	2017	6700	55.15	93.73	6.23	0.05	0.09
	2018	6932	60.86	94.35	5.59	0.06	0.10
	2019	7005	61.72	94.09	5.87	0.04	0.07
给水泵组	2015	3332	48.14	94.29	5.68	0.03	0.06
	2016	3495	46.31	93.99	5.97	0.04	0.08
	2017	3721	46.42	94.29	5.67	0.03	0.07
	2018	3831	52.19	94.75	5.22	0.02	0.04
	2019	3850	55.01	94.54	5.43	0.02	0.04
送风机	2015	2388	70.17	94.10	5.89	0.01	0.01
	2016	2511	66.69	93.50	6.50	0.00	0.00
	2017	2669	67.72	94.18	5.82	0.00	0.01
	2018	2779	74.05	94.67	5.32	0.01	0.01
	2019	2780	75.13	94.54	5.46	0.00	0.00

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 (%)	
引风机	2015	2418	70.20	94.03	5.93	0.03	0.05
	2016	2556	66.73	93.60	6.39	0.02	0.00
	2017	2734	67.58	94.06	5.92	0.03	0.04
	2018	2846	73.99	94.58	5.40	0.02	0.03
	2019	2858	75.07	94.33	5.64	0.03	0.03
高压加热器	2015	3626	69.97	94.22	5.73	0.05	0.07
	2016	3854	66.37	93.82	6.13	0.05	0.07
	2017	4121	67.44	94.13	5.83	0.04	0.06
	2018	4291	74.17	94.70	5.28	0.03	0.03
	2019	4329	75.26	94.41	5.56	0.02	0.03

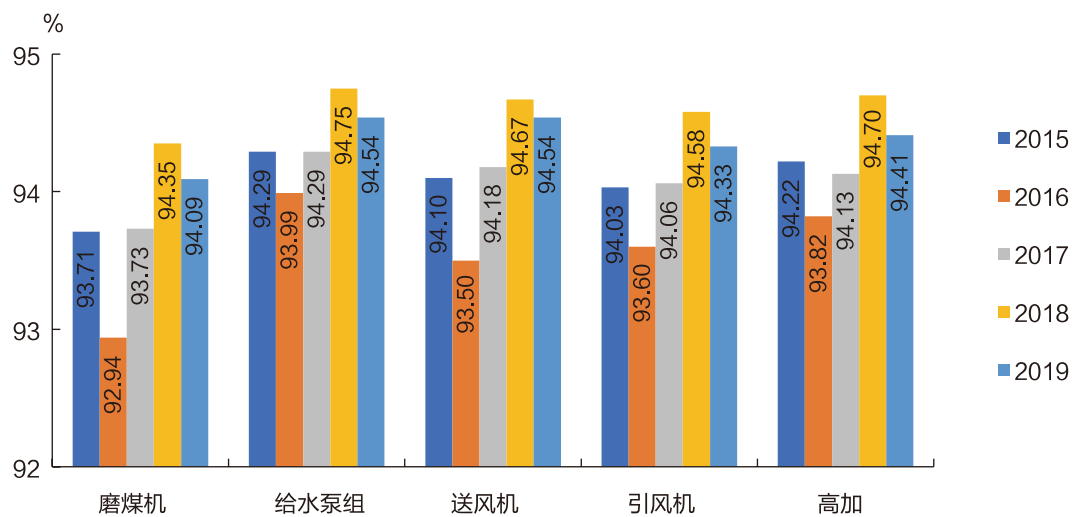


图 3-1 2015 -2019 年燃煤机组五种辅助设备可用系数

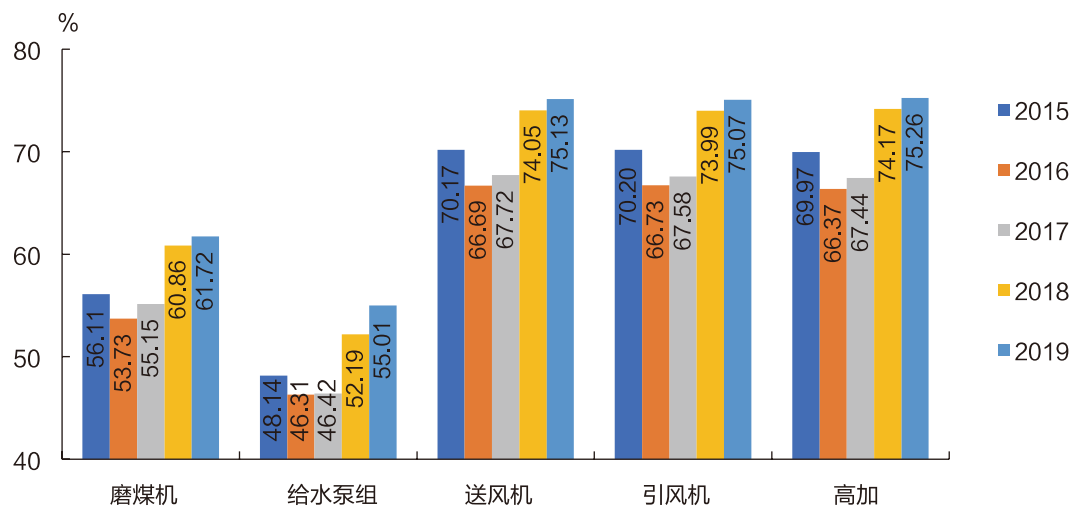


图 3-2 2015 -2019 年燃煤机组五种辅助设备运行系数

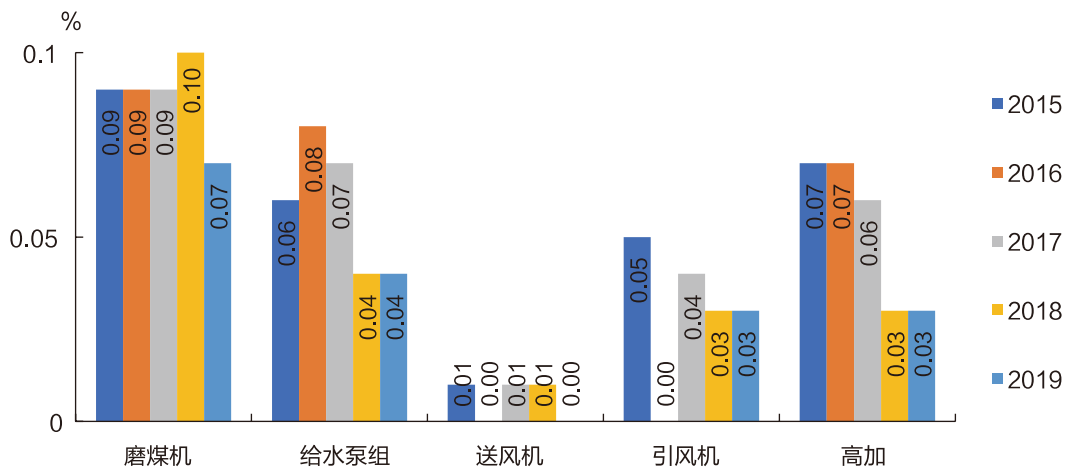


图 3-3 2015 -2019 年燃煤机组五种辅助设备非计划停运率

2019 年燃煤机组五种辅助设备可用系数指标分布情况见表 3-2，可用系数对标值分布见图 3-4。

表 3-2 2019 年燃煤机组五种辅助设备可用系数指标分布情况 (单位: %)

设备	磨煤机	给水泵组	送风机	引风机	高压加热器
总台数	7005	3850	2780	2858	4329
最优值	100	100	100	100	100
最优值占比	33.18	41.71	41.55	40.45	41.53
中间值	95.51	96.38	96.16	95.96	96.06
最末值	61.79	32.88	63.84	32.88	63.84
平均值	94.29	94.8	94.72	94.51	94.62

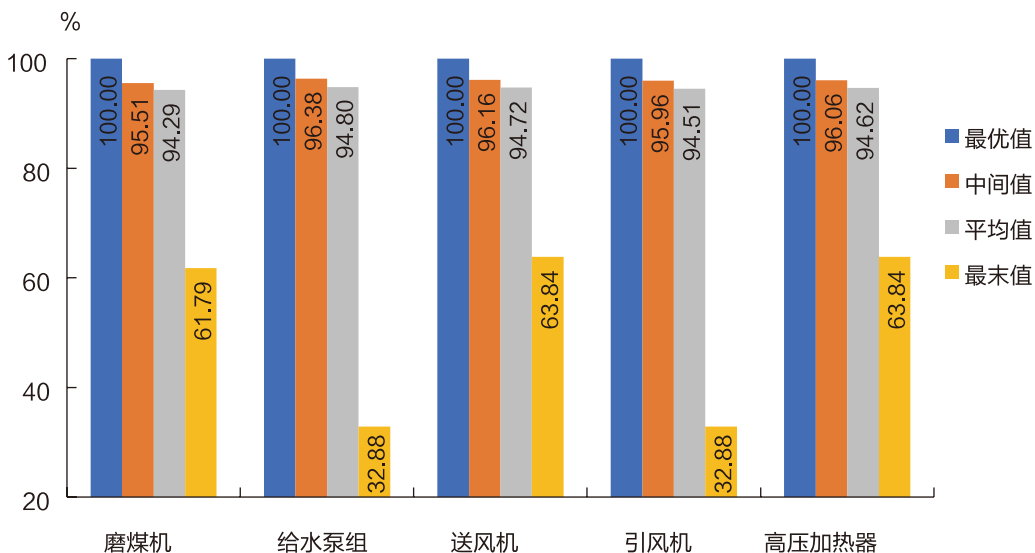


图 3-4 2019 年五种辅助设备可用系数对标值分布图

第一节 磨煤机运行可靠性

一、2019 年磨煤机按主机容量分类运行可靠性指标

表 3-3 2019 年磨煤机按主机容量分类运行可靠性指标分布

主机容量 (兆瓦)	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	384	53.55	94.98	5	0.02	0.05
300-399	3203	60.78	94.84	5.11	0.05	0.08
500-599	44	56.75	94.82	5.18	0	0
600-699	2718	61.55	93.57	6.39	0.04	0.07
1000-1100	568	65	94.55	5.42	0.04	0.06

二、2019 年磨煤机按转速分类运行可靠性指标

2019 年低、中、高速磨可用系数分别为 93.12%、94.31%、94.07%，低、中速磨同比分别下降 1.26 、0.09 个百分点，高速磨同比上升 0.99 个百分点；平均台年可用小时分别减少 110.38 小时、7.88 小时、增加 86.72 小时，具体见表 3-4 及图 3-5。运行系数同比分别上升了 1.14 、0.34 和 4.01 个百分点；平均台年运行小时分别增加了 99.86 小时、29.78 小时和 351.28 小时，具体见表 3-4 及图 3-6。

表 3-4 2019 年磨煤机按转速分类运行可靠性指标分布

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	1496	58.70	93.12	6.83	0.06	0.10
中速磨	5297	62.62	94.31	5.65	0.04	0.06
高速磨	212	54.85	94.07	5.93	0	0

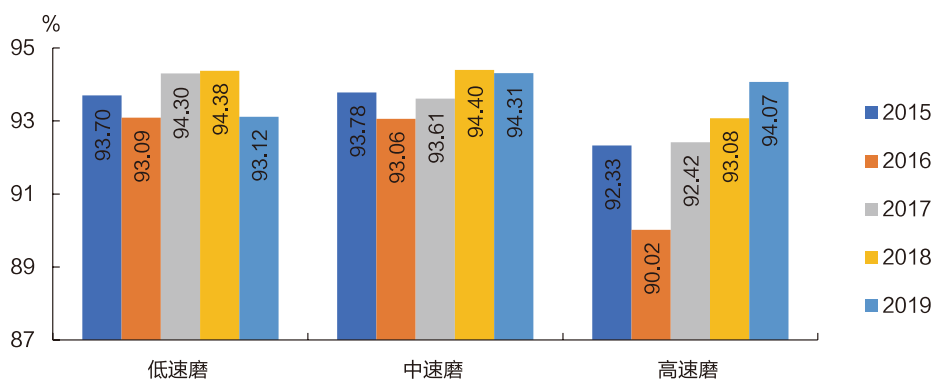


图 3-5 2015 -2019 年低、中、高速磨煤机可用系数

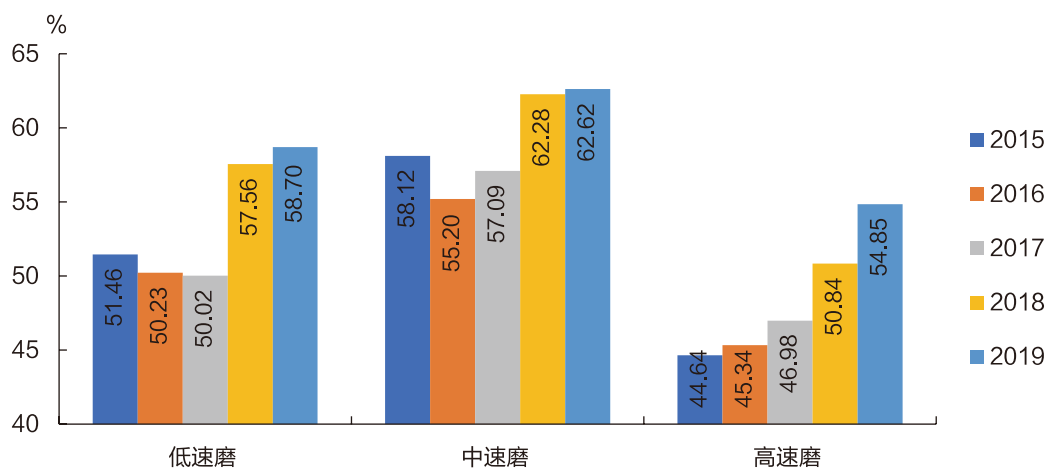


图 3-6 2015 -2019 年低、中、高速磨煤机运行系数

三、2019 年按制造厂分类运行可靠性指标（按 10 台及以上统计台数排序，下同）

（一）低速磨煤机

表 3-5 2019 年低速磨煤机按制造厂分类运行可靠性指标

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 *	(%) **
沈阳重型机械集团	729	56.39	94.73	0.06	0.55	17.32
上海重型机器厂	230	61.15	89.51	0	0	0
福斯特·惠勒公司	109	72.37	91.65	0.08	0.42	8.37
西安电力机械厂	80	56.85	94.71	0.15	2.92	39.79
北京电力设备总厂	45	59.7	91.86	0.23	0	0
焦作矿山机械厂	42	58.57	93.32	0	0	0
洛阳矿山机器厂 (中信重型机械公司)	24	41.29	99.28	0	0	0
三井巴布科克能源有限公司	20	68.87	91.17	0	0	0
山东济南发电设备厂有限公司	19	48	97.22	0.11	0.25	5.29
北京重型机器厂	12	51.11	83.45	0	0	0
长春发电设备总厂	12	78.93	97.88	2.62	186	100
阿尔斯通公司	12	56.17	95.81	0.58	0.41	1.41
东方锅炉(集团)股份有限公司	12	41.41	87.64	0	0	0
济南锅炉厂	10	47.08	93.89	0	0	0
前苏联	10	45.9	94.09	0	0	0

* 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（本章下同）；

** 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（本章下同）

(二) 中速磨煤机

表 3-6 2019 年中速磨煤机按制造厂分类运行可靠性指标

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	1915	61.79	94.32	0.06	0.45	14.64
北京电力设备总厂	1912	63.92	94.72	0.06	1.13	36.2
长春发电设备总厂	608	64.86	94.05	0.08	0.31	7.07
沈阳重型机械集团	315	59.28	92.74	0.05	0.03	1.14
巴布科克公司	46	67.8	97.58	0.07	0	0
三菱公司	37	49.13	90.78	0.2	0.8	9.22
石川岛播磨株式会社	30	56.66	96.5	0	0	0
北京重型机器厂	28	73.24	95.07	0.01	0	0
上海电力机械厂	24	65.18	84.79	0.14	5.61	67.81
福斯特·惠勒公司	20	65.48	92.63	0	0	0
湘潭电机股份有限公司	19	79.21	92.98	0	0.05	86.53
燃烧工程公司	18	62.91	93.05	0.22	0.02	0.15
上海电机厂	18	44.76	94.62	0	0	0
美国 ABB 公司	18	44.34	95.11	0.77	20.17	67.31
北方工程公司	18	78.66	98.31	0	0	0
美国	16	56.09	92.93	0	0	0
哈尔滨重型机器厂	12	55.92	100	0	0	0
阿尔斯通公司	12	62.15	90.8	0	0	0
太原重型机器厂	12	77.69	100	0	0	0
上海锅炉厂有限公司	12	53.29	98.16	0	0	0
塔干罗格锅炉厂	12	59.16	94.39	0	0	0
列宁格勒金属工厂	12	49.12	85.43	0.1	0.79	17.64
上海电力修造总厂有限公司	10	78.26	92.74	0	0	0

(三) 高速磨煤机

表 3-7 2019 年高速磨煤机按制造厂分类运行可靠性指标分布

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 *	(%) **
沈阳重型机械集团	84	55.72	94.03	0	0	0
长春发电设备总厂	73	49.79	96.13	0	0	0
新西伯利亚动力机械厂	16	62.48	95.12	0	0	0
北方工程公司	11	49.61	93.57	0	0	0

四、2019 年磨煤机非计划停运

(一) 非计划停运原因分析

2019 年，磨煤机非计划停运主要技术原因排在前五位的是：磨损（机械磨损）、开焊、漏粉、堵塞和损坏。造成故障的前五位主要设备部件是：辊一盘式中速磨煤机本体磨盘、锅炉辅助设备辊一碗式 (HP) 中速磨煤机本体分离器、锅炉辅助设备辊一碗式 (HP) 中速磨煤机本体磨辊、锅炉辅助设备辊一碗式 (HP) 中速磨煤机本体其它、辊一碗式 (HP) 中速磨煤机本体出口管。前五位主要责任原因是：产品质量不良、设备老化、检修质量不良、燃料影响、管理不当。具体见表 3-8。

表 3-8 2019 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		
磨损 (机械磨损)	102	0.01	2901.43	0.41	28.45	6.19	12.58
开焊	22	0	2316.65	0.33	105.3	1.33	10.05
漏粉	256	0.04	2174.6	0.31	8.49	15.52	9.43
堵塞	320	0.05	1900.31	0.27	5.94	19.41	8.24
损坏	7	0	1684.47	0.24	240.64	0.42	7.31

* 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 (本章下同)

在近五年磨煤机前五位技术原因中，开焊近两年占比较高，磨损（机械磨损）近几年呈上升趋势，漏粉较为稳定，堵塞总体呈下降趋势，损坏波动上升。2015-2019 年前五位技术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图 3-7。

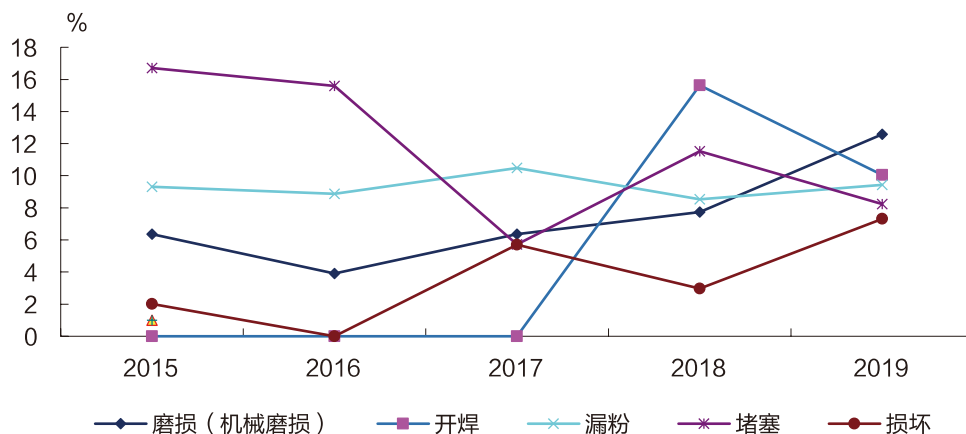


图 3-7 2015-2019 年磨煤机主要非停技术原因停运小时百分数

(二) 低、中、高速磨煤机非计划停运主要原因

表 3-9 2019 年低、中、高速磨煤机非计划停运主要原因

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	开焊	3.78	34.08
中速磨煤机	磨损 (机械磨损)	7.42	13.26

注：因本年高速磨未发生非停事件，故表内未列入

(三) 单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 3-10 2019 年磨煤机单台全年非计划停运时间最长的前三名设备

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
宝钢电厂 01 号机组 1K 号磨煤机	2014. 4. 1	1382. 5	锅炉辅助设备辊一碗式 (HP) 中速磨煤机本体内部轴承损坏	上海重型机器厂	设备老化 (超期服役)
来宾 03 号机组 02 号磨煤机	2006. 12. 1	415. 83	锅炉辅助设备单进单出低速钢球磨煤机本体衬瓦脱落	沈阳重型机械厂	设备老化 (超期服役)
华电土默特 02 号机组 2A 号磨煤机	2016. 6. 30	372	锅炉辅助设备辊一盘式中速磨煤机本体磨盘开焊	长春发电设备总厂	产品质量不良 (零部件不合格)

第二节 给水泵组运行可靠性

一、2019 年给水泵组按主机容量分类运行可靠性指标

表 3-11 2019 年给水泵组按主机容量分类运行可靠性指标分布

主机容量 (兆瓦)	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	263	31.69	96.92	3.07	0.01	0.02
300-399	2091	51.35	94.93	5.04	0.03	0.06
500-599	18	44.29	97.83	2.17	0	0
600-699	1201	56.49	94.16	5.81	0.03	0.05
1000-1100	214	67.84	94.08	5.92	0	0

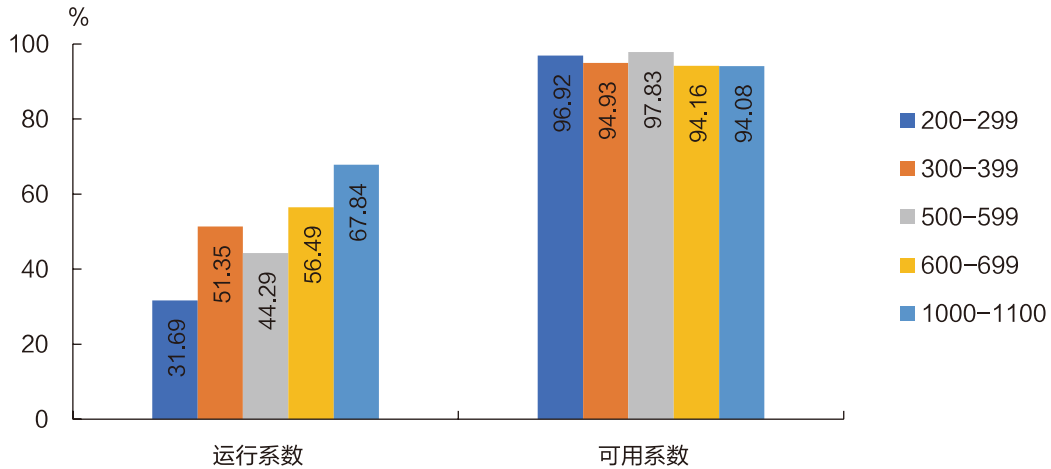


图 3-8 2019 年给水泵组按机组容量分类运行系数和可用系数

二、2019 年给水泵组按制造厂分类运行可靠性指标

表 3-12 2019 年给水泵组按制造厂分类运行可靠性指标分布

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	1567	54.31	94.62	0.04	0.4	23.57
沈阳水泵厂	725	52.97	94.24	0.11	2.3	43.26
上海水泵厂	171	49.97	95.08	0.02	0.26	30.07
KSB	170	52.13	93.77	0.01	0.28	46.77
北京电力设备总厂	105	50.61	96.08	0	0.08	87.27
苏尔寿公司	102	62.83	95.66	0.02	0.06	5.08
郑州电力机械厂	71	50.34	93.45	0	0	0
东方汽轮机厂	57	67.98	93.39	0	0	0
威尔泵有限公司	48	52.5	94.3	0	0	0
日本	47	66.38	94.23	0	0	0
上海汽轮机有限公司	41	74.49	95.05	0.03	0	0
上海希科水电设备有限公司	38	52.69	94.03	0.04	0	0
杭州发电设备集团公司	36	52.45	95.82	0	0	0
沈阳风机厂	33	64.49	92.29	0	0.14	74.7
三菱公司	31	55.08	94.96	0.04	1.96	94.53
英格索兰水泵厂	30	61.07	92.05	0.06	2.49	77.14
上海电机厂	27	25.29	96.09	0	0	0
华北电力设备成套公司	27	67.22	89.73	0.01	0.35	71.63
英国	24	51.2	90.48	0	0	0
上海凯士比泵公司	24	63.16	92.6	0.01	0.96	85.41

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 *	(%) **
前苏联	22	32.27	94.86	0	0	0
日立公司	22	63.15	95.89	0	0	0
湘潭电机股份有限公司	21	53.99	98.62	0	0	0
上海电建修造厂	20	52.03	96.27	0.02	1.05	100
沈阳电机股份有限公司	20	49.83	92.23	0	0	0
荏原博泵泵业有限公司	20	57.64	97.13	0	0.04	66.62
哈尔滨汽轮机厂有限责任公司	20	71.89	95.99	0	0	0
苏尔寿公司	18	56.94	97.39	0.13	0	0
上海电气集团公司	18	79.64	93.86	0	0	0
上海第一水泵厂	17	53.37	96.94	0	0	0
沈阳鼓风机(集团)有限公司	15	72.91	96.11	0	0	0
沈阳透平机械股份有限公司	15	66.85	96.15	0	0	0
阿尔斯通公司	12	18.11	94.57	0	0	0
荏原公司	12	54.7	92.42	0.02	0	0
上海凯泉泵业(集团)有限公司	10	54.25	99.29	0.04	0	0

三、2019 年给水泵组非计划停运

(一) 非计划停运原因

2019 年, 给水泵组非计划停运主要技术原因排在前五位的分别是: 磨损(机械磨损)、漏水、部件老化、断裂、失灵。造成故障的前五位主要设备部件是: 给水泵本体尾盖、给水泵电动机定子线棒、给水泵液力耦合器勺管、给水泵小汽轮机叶片叶型(叶身)、水泵本体再循环阀门等。前五位主要责任原因是: 设备老化、产品质量不良、检修质量不良、规划/设计不周、其它等。具体见表 3-13。

表 3-13 2019 年给水泵组非计划停运原因

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	平均每年	累计	平均每年	平均每次		
磨损(机械磨损)	6	0	1384.38	0.36	230.73	2.33	17.51
漏水	64	0.02	1123.62	0.29	17.56	24.9	14.21
部件老化	2	0	1082.77	0.28	541.38	0.78	13.7
断裂	9	0	856.37	0.22	95.15	3.5	10.83
失灵	11	0	775.23	0.2	70.48	4.28	9.81

2019 年, 前五位非计划停运技术原因中磨损(机械磨损)、部件老化、断裂、

失灵造成的非计划停运的占比上升，漏水的占比近两年呈下降趋势。2015-2019 年前五位技术原因造成的给水泵组非计划停运小时占总非计划停运小时的百分数见图 3-9。

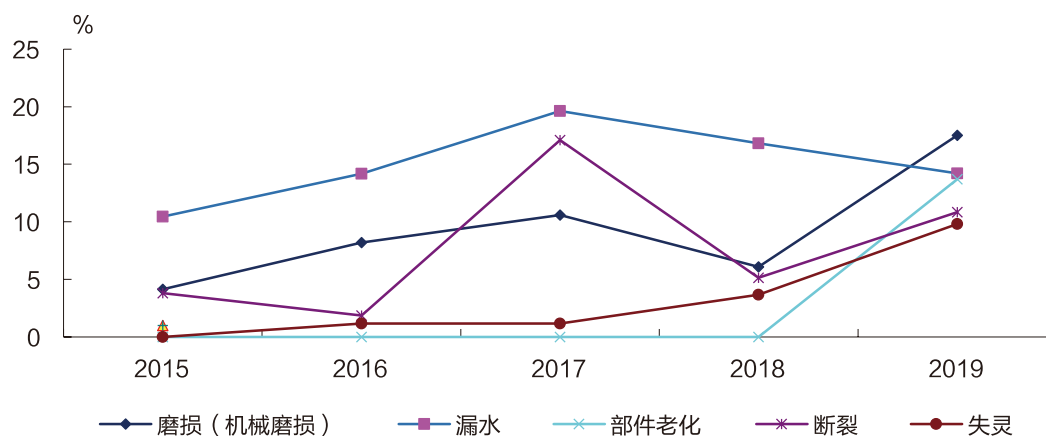


图 3-9 2015-2019 年给水泵组非停主要技术原因停运小时百分比

(二) 单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 3-14 2019 年给水泵组单台全年非计划停运时间最长的前三名设备

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
天电奇台 02 号机组 02 号给水泵组	2015. 10. 1	1218. 91	汽轮机辅机给水泵 本体尾盖, 磨损(机 械磨损)	上海电力修造 总厂有限公司	设备老化(过负 荷运行)
荆门热 07 号机组 03 号给水泵组	2007. 6. 1	1075. 88	汽轮机辅机给水泵 电动机定子线棒, 部件老化	沈阳水泵厂	产品质量不良 (结构设计不合 理)
蒲城 05 号机组 02 号 给水泵组	2008. 12. 5	744	汽轮机辅机给水泵 液力耦合器勺管失 灵	沈阳水泵厂	设备老化(超期 服役)

第三节 送风机运行可靠性

一、2019 年送风机按主机容量分类运行可靠性指标

表 3-15 2019 年送风机按主机容量分类运行可靠性指标

主机容量 (兆瓦)	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	214	64.93	96.21	3.78	0	0.01
300-399	1427	74.25	94.81	5.19	0	0
500-599	12	79.46	96.8	3.2	0	0
600-699	908	75.04	94.31	5.69	0	0
1000-1100	191	79.17	94.39	5.61	0	0

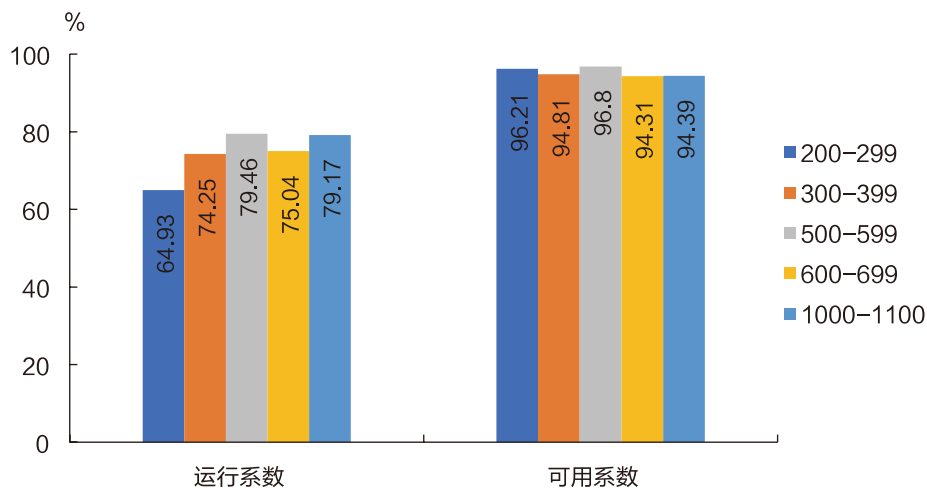


图 3-10 2019 年 200 兆瓦及以上燃煤机组按主机容量分类送风机运行系数和可用系数

二、2019 年送风机按制造厂分类运行可靠性指标

表 3-16 2019 年送风机按制造厂分类运行可靠性指标

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	1200	75.23	94.31	0	0.11	43.07
中国电建集团透平科技有限公司	518	74.26	94.54	0	0	0
沈阳风机厂	457	75.26	94.63	0	0.06	63.48
成都风机厂	54	82.76	95.84	0.03	1.28	62.26
武汉鼓风机厂	46	76.96	97.03	0	0	0
英国	40	81.09	93.48	0	0	0
毫顿华工程有限公司	34	78.67	96.11	0	0	0
丹麦	34	81.77	93.57	0	0	0
山东电力设备有限公司	20	77.62	94.37	0	0	0

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*	(%)**
三菱公司	18	69.01	91.37	0	0	0
华北电力设备成套公司	15	70.75	95.01	0	0	0
国电联合动力技术有限公司	14	79.55	92.04	0	0	0
上海锅炉厂有限公司	14	64.56	90.78	0.05	0	0
上海电机厂	12	78.55	93.48	0	0	0
沈阳电机股份有限公司	12	68.57	93.34	0	0	0
ABB 德国公司	12	79.25	91.23	0	0	0
美国	12	62.56	95.09	0	0	0
湘潭电机股份有限公司	10	70.64	91.63	0	0	0

三、2019 年送风机非计划停运

(一) 非计划停运原因

2019 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：磨损（机械磨损）、失灵、漏油、断裂、损坏；造成设备故障的前五位主要设备部件是：动叶调节轴流送风机本体调节机构、离心送风机入口调节挡板执行机构、动叶调节轴流送风机其它、动叶调节轴流送风机液压油站油管道、动叶调节轴流送风机液压油站油箱等；前五位主要责任原因是：产品质量不良、设备老化、管理不当、检修质量不良、规划 / 设计不周等。具体见表 3-17。

表 3-17 2019 年送风机非计划停运

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		
磨损（机械磨损）	3	0	84.72	0.03	28.24	5.26	15.1
失灵	4	0	82.72	0.03	20.68	7.02	14.75
漏油	9	0	62.03	0.02	6.89	15.79	11.06
断裂	7	0	57.25	0.02	8.18	12.28	10.21
损坏	1	0	39.18	0.01	39.18	1.75	6.99

2019 年，磨损（机械磨损）、失灵、漏油、断裂、损坏造成的设备非计划停运小时占比差距较小，其中磨损（机械磨损）、失灵、漏油、损坏占比同比有所上升，断裂造成的非计划停运小时占比同比下降幅度较大。2015-2019 年前五位技术原因造成的送风机非计划停运小时占总非计划停运小时的百分数见图 3-11。

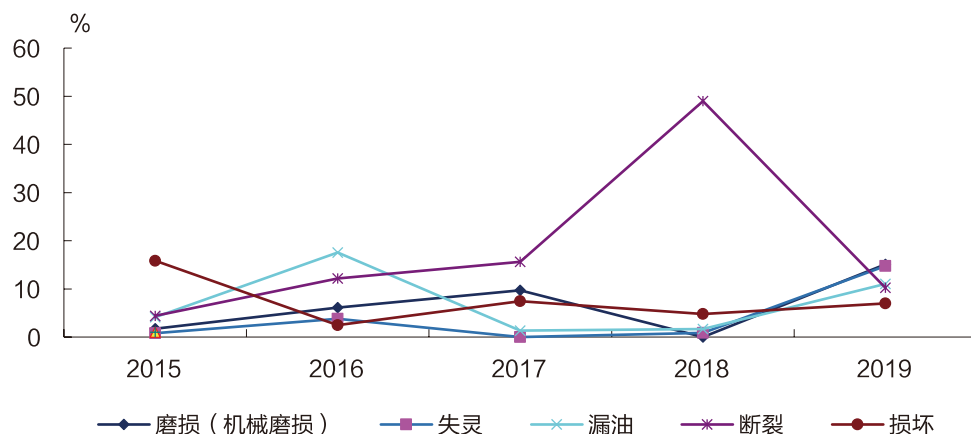


图 3-11 2015-2019 年送风机主要非停技术原因停运小时百分数

(二) 单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 3-18 2019 年送风机单台全年非计划停运时间最长的前三名设备

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
大唐神二电厂 03 号机组 01 号送风机	2004. 12. 31	96. 467	锅炉辅助设备送风机电动机电源装置开关电源故障，	捷克	规划、设计不周（规划不当）
来宾 B01 号机组 01 号送风机	1999. 9. 18	57	锅炉辅助设备离心送风机入口调节挡板执行机构失灵	上海鼓风机厂	设备老化（超期服役）
神华国华寿光发电有限责任公司 02 号机组 2A 号送风机	2016. 7. 31	44. 47	锅炉辅助设备动叶调节轴流送风机伺服阀连接杆关节轴承磨损（机械磨损）	成都风机厂	产品质量不良（尺寸超差）

第四节 引风机运行可靠性

一、2019 年引风机按主机容量分类运行可靠性指标

表 3-19 2019 年引风机按主机容量分类运行可靠性指标分布

主机容量 (兆瓦)	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	234	66.09	96.45	3.55	0	0
300-399	1477	73.96	94.52	5.46	0.02	0.03
500-599	12	80.18	96.79	3.21	0	0
600-699	907	75.09	94	5.95	0.04	0.06
1000-1100	198	79.11	94.52	5.48	0	0

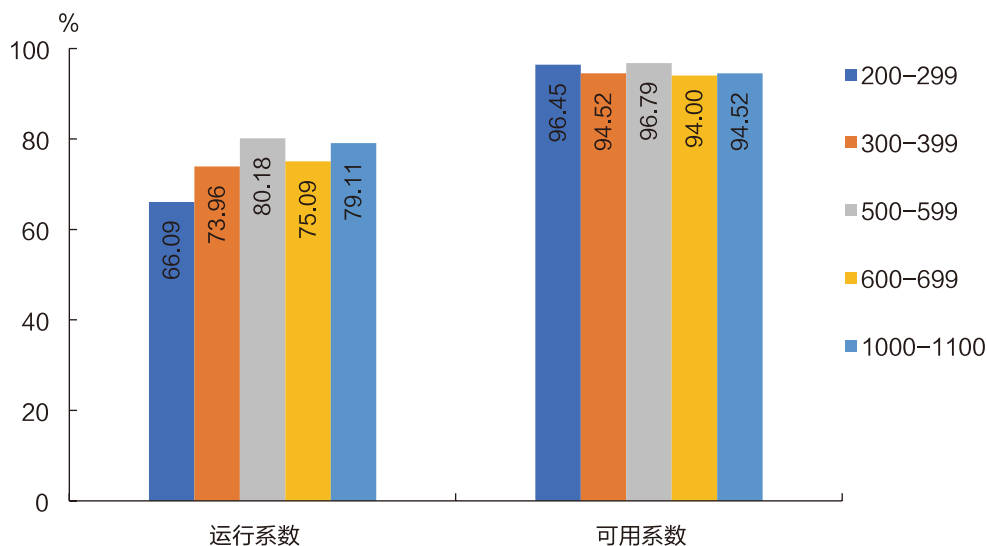


图 3-12 2019 年 200 兆瓦及以上燃煤机组按主机容量分类引风机运行系数、可用系数

二、2019 年引风机按制造厂分类运行可靠性指标

表 3-20 2019 年引风机按制造厂分类运行可靠性指标

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 *	(%) **
中国电建集团透平科技有限公司	1463	75.19	94.5	0.04	0.49	17.07
上海鼓风机厂有限公司	542	75.14	93.84	0.02	0.53	49.64
沈阳风机厂	194	73.72	95.45	0.04	0.44	16.75
成都风机厂	174	77.24	93.71	0	0	0
成都凯凯凯电站风机有限公司	38	81.03	94.82	0	0	0
山东电力设备有限公司	24	73.49	92.29	0	0	0
三菱公司	23	63.21	91.73	0.99	64.84	99.32
丹麦	21	82.65	91.49	0	0	0
英国	20	68.24	96.05	0	0	0
武汉鼓风机厂	20	81.31	95.93	0	0	0
华北电力设备成套公司	14	69.69	91.12	0	0	0
上海锅炉厂有限公司	13	68.55	94.94	0.02	0	0
湘潭电机股份有限公司	13	75.69	92.28	0	0	0
美国	12	69.14	92.52	0	0	0
沈阳鼓风机 (集团) 有限公司	10	80.24	91.8	0	0	0
上海电机厂	10	73.44	91.84	0	0	0

三、2019 年引风机非计划停运

(一) 引风机非计划停运原因

2019 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：元器件故障、裂纹（开裂）、断裂、保护误停用、磨损（机械磨损）。造成设备故障的前五位主要设备部件是：引风机电动机电源装置变频器、动叶调节轴流引风机本体动叶片、动叶调节轴流引风机本体轴承、动叶调节轴流引风机本体轴、动叶调节轴流引风机出口挡板传动机构等；前五位主要责任原因是：产品质量不良、规划 / 设计不周、设备老化、检修质量不良、施工安装不良。具体见表 3-21。

表 3-21 2019 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		
元器件故障	3	0	928.38	0.32	309.46	3.37	21.07
裂纹（开裂）	4	0	639.6	0.22	159.9	4.49	14.52
断裂	5	0	592.83	0.21	118.57	5.62	13.45
保护误停用	1	0	548.5	0.19	548.5	1.12	12.45
磨损（机械磨损）	4	0	259.28	0.09	64.82	4.49	5.88

从 2015 -2019 年总体情况看，引风机前五位技术原因造成的非计划停运时间占比在上升，其中元器件故障、裂纹（开裂）、保护误停用同比增加，断裂造成的非计划停运时间占比下降，磨损（机械磨损）总体平稳。前五位技术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图 3-13。

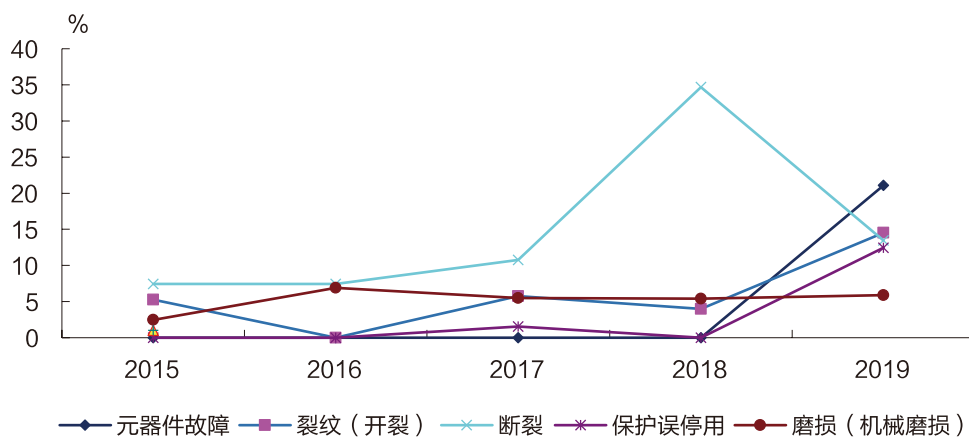


图 3-13 2015 -2019 年引风机主要非停技术原因停运小时百分数

(二) 单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 3-22 2019 年引风机单台全年非计划停运时间最长的前三名设备

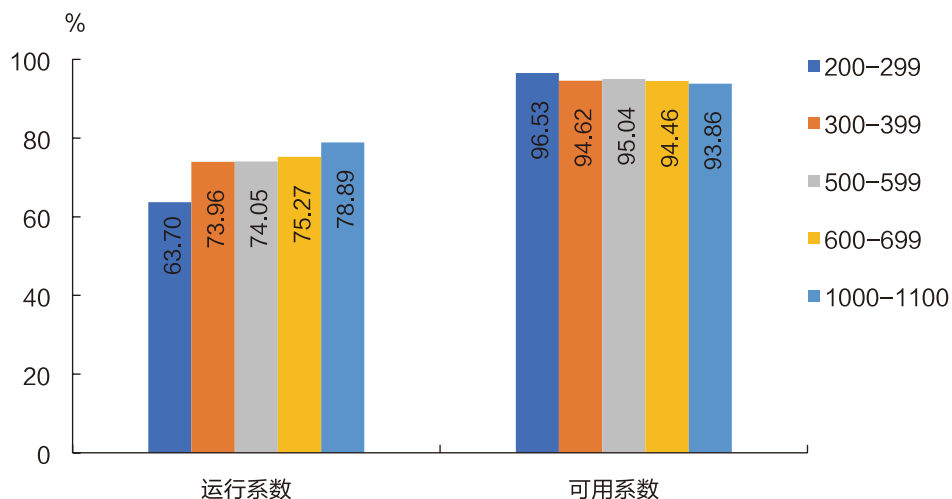
辅助设备	投运时间	累计非计划停运小时	非计划停运主要原因	制造厂家	责任原因
宝钢电厂 01 号机组 1B 号引风机	1982. 11. 1	925. 92	锅炉辅助设备引风机电动机电源装置变频器，元器件故障脱扣	三菱公司	产品质量不良（制造质量差）
金湾 03 号机组 B0 号引风机	2007. 2. 17	912	锅炉辅助设备动叶调节轴流引风机本体动叶片裂纹（开裂）、断裂（注：跨月事件）	中国电建集团透平科技有限公司	规划、设计不周（设计标准低）
宝钢电厂 02 号机组 2B 号引风机	1983. 11. 1	548. 5	锅炉辅助设备引风机电动机电源装置变频器保护误停用	三菱公司	产品质量不良（工艺不良）

第五节 高压加热器运行可靠性

一、2019 年高压加热器按主机容量分类运行可靠性指标

表 3-23 2019 年高压加热器按主机容量分类运行可靠性指标分布

主机容量（兆瓦）	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	305	63. 7	96. 53	3. 40	0. 07	0. 12
300-399	2209	73. 96	94. 62	5. 34	0. 04	0. 05
500-599	16	74. 05	95. 04	3. 95	1. 01	1. 35
600-699	1338	75. 27	94. 46	5. 53	0. 01	0. 01
1000-1100	422	78. 89	93. 86	6. 14	0. 01	0. 01



3-14 2019 年 200 兆瓦及以上燃煤机组按主机容量分类高压加热器运行系数和可用系数

二、2019 年高压加热器按制造厂分类运行可靠性指标

表 3-24 2019 年高压加热器按制造厂分类运行可靠性指标分布

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	1130	71.59	93.95	0.03	0.86	50.48
东方锅炉 (集团) 股份有限公司	663	73.63	94.73	0.03	0.62	37.47
哈尔滨锅炉厂有限责任公司	652	76.39	94.53	0.03	1.85	79.38
上海电气集团公司	518	80.05	94.37	0.01	1.36	98.19
杭州富春锅炉容器有限公司 (杭州锅炉厂)	384	78.52	94.61	0.05	0.39	11.38
青岛锅炉辅机厂	93	78.58	95.87	0.05	0	0
哈尔滨汽轮机厂有限责任公司	76	78.43	95.18	0	0	0
东方汽轮机厂	50	68.84	94.89	0	0	0
华北电力设备成套公司	44	77.45	93	0	0	0
上海电力修造总厂有限公司	44	77.51	94.07	0.14	3.47	35.61
福斯特·惠勒公司	38	69.53	95.35	0.01	0	0
四川锅炉厂	36	83.2	95.94	0.03	0.83	45.33
德国	30	81.75	95.42	0	0	0
上海汽轮机有限公司	25	82.34	89.3	0.02	3.86	100
上海电力机械厂	22	71.67	93.98	0	0	0
三菱公司	20	65.05	93.06	0	0	0
阿尔斯通公司	20	50.32	93.87	0	0	0

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*	(%)**
东方电气集团公司	20	81.09	92.7	0	0	0
上海发电设备成套设计研究所	18	79.71	98.97	0	0	0
大连日立机械设备有限公司	14	81.71	96.96	0	0	0
山东华昱压力容器股份有限公司	12	91.8	92.51	0	0	0
ABB 德国公司	12	87.59	95.05	0	0	0
美国	12	74.54	89.75	0	0	0
日立公司	12	81.96	96.66	0	0	0
青岛汽轮机厂	11	80.93	95.92	0	0	0
列宁格勒金属工厂	10	81.46	96.53	0	0	0
西电济南变压器股份有限公司	10	89.11	98	0	0	0
南京汽轮电机厂	10	83.38	96.67	0	0	0

三、2019 年高压加热器非计划停运

(一) 非计划停运原因

2019 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、漏汽、疲劳爆（泄）漏、冲蚀、腐蚀爆（泄）漏。造成设备故障的前五位主要设备部件是：高压加热器 U 型管、高压加热器其它、高压加热器疏水管道弯头、高压加热器疏水管道直管、汽轮机辅机高压加热器管板等；前五位主要责任原因是：产品质量不良、设备老化、管理不当、检修质量不良、施工安装不良。具体见表 3-25。

表 3-25 2019 年高压加热器非计划停运原因

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	29	0.01	2901.4	0.67	100.05	15.59	27.47
漏汽	25	0.01	2287.25	0.53	91.49	13.44	21.66
疲劳爆（泄）漏	5	0	1100.73	0.25	220.15	2.69	10.42
冲蚀	12	0	983.7	0.23	81.98	6.45	9.31
腐蚀爆（泄）漏	9	0	625.85	0.14	69.54	4.84	5.93

近五年高压加热器非计划停运技术原因中，漏水原因造成的非计划停运时间占比都在第一位，漏汽、疲劳爆（泄）漏造成的非计划停运时间占比波动上升，冲蚀、腐蚀爆（泄）漏占比同比有小幅下降。前五位技术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图 3-15。

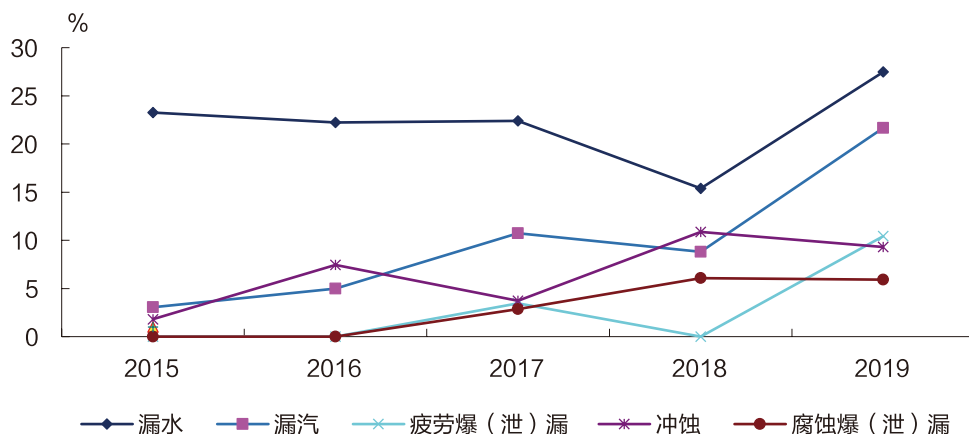


图 3-15 2015 -2019 年高压加热器主要非停技术原因停运小时百分数

(二) 单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 3-26 2019 年高压加热器单台全年非计划停运时间最长的前三名设备

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
灞桥 02 号机组 02 号高压加热器	2008. 11. 21	815. 67	汽轮机辅机高压加热器 U 型管, 漏水	上海动力设备有限公司	产品质量不良 (结构设计不合理)
通辽 02 号机组 03 号高压加热器	1985. 10. 1	744	汽轮机辅机高压加热器疏水管道直管, 疲劳爆 (泄) 漏	哈尔滨锅炉厂	设备老化 (超期服役)
大唐西安热电厂 02 号机组 03 号高压加热器	2005. 12. 16	582. 42	汽轮机辅机高压加热器疏水管道弯头漏汽	杭州富春容器集团有限公司	管理不当 (责任制不健全)

第六节 国产、进口辅助设备可靠性对比分析

一、200 兆瓦及以上容量辅助设备

2019 年, 200 兆瓦及以上容量纳入可靠性统计的磨煤机、给水泵组、送风机、引风机和高压加热器国产化率分别为 91.91%、83.34%、90.62%、94.49% 和 93.81%, 2018 年为 90.97%、84.29%、89.2%、92.52% 和 92.71%。除给水泵组国产化率同比有所下降外, 其余均有所上升。

国产五种辅机的可用系数分别为 94.14%、94.58%、94.53%、94.34% 和 94.38%, 与进口设备可用系数相比分别高 0.85、0.18、0.15、0.63 个百分点和低 0.43 个百分点。具体见图 3-16。

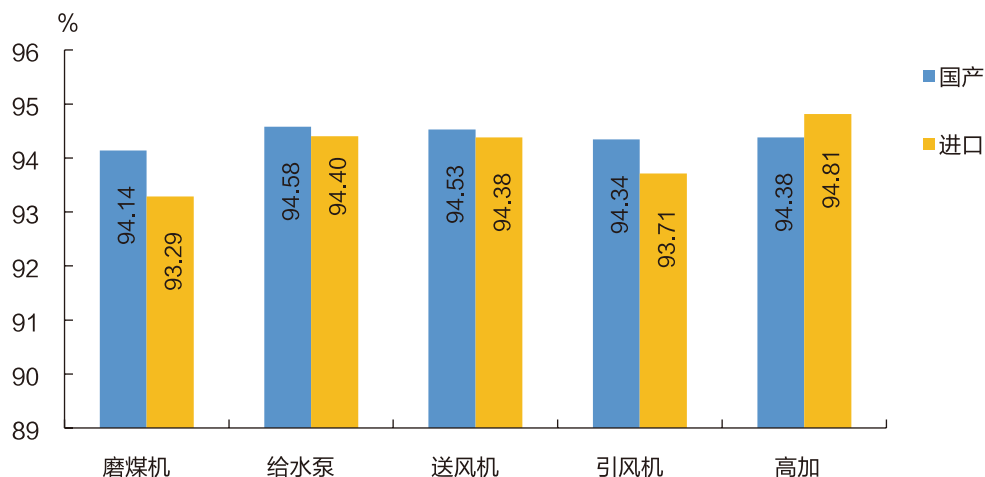


图 3-16 2019 年 200 兆瓦及以上容量燃煤机组五种辅助设备国产、进口可用系数比较

2019 年，200 兆瓦及以上容量燃煤机组五种辅机国产设备的非计划停运率分别为 0.06%、0.04%、0%、0.03%、0.03%，与进口设备相比，磨煤机、引风机、高压加热器分别低 0.02、0.09、0.08 个百分点；给水泵组高 0.01 个百分点，送风机持平。具体见图 3-17。

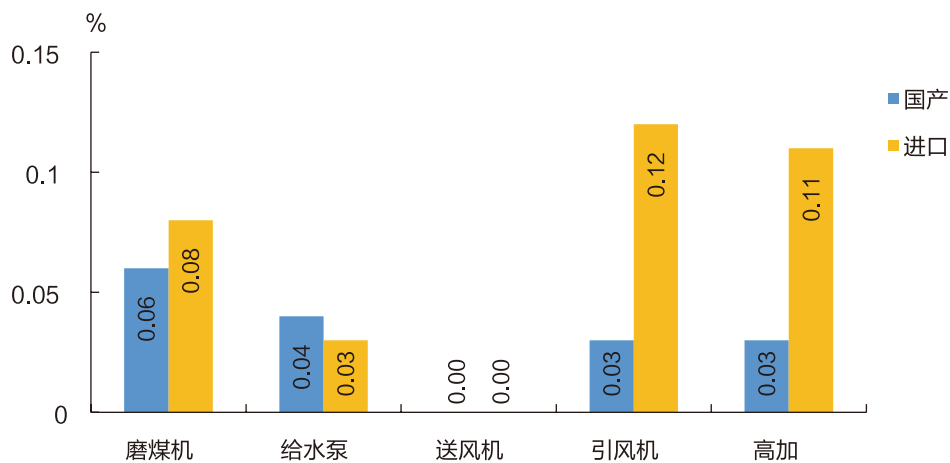


图 3-17 2019 年 200 兆瓦及以上容量燃煤机组五种辅助设备国产、进口非计划停运率比较

二、300 兆瓦容量等级辅助设备

2019 年，300 兆瓦容量等级燃煤机组的五种辅助设备国产化率分别为：91.61%、86.87%、91.16%、93.39% 和 91.41%，2018 年为 89.95%、87.03%、90.21%、92.13% 和 90.36%。五种辅助设备除给水泵组下降 0.16 个百分点外，其它国产化率

同比均有所增长，分别增长 1.66、0.95、1.26、1.05 个百分点。

五种辅助设备中，除国产磨煤机运行系数 60.65% 低于进口设备 1.24 个百分点外，其它均高于进口设备。可用系数除国产磨煤机 94.95% 高于进口设备 1.44 个百分点外，其它均低于进口设备。国产高压加热器非计划停运率 0.06% 高于进口设备 0.05 个百分点，送风机持平，其它均低于进口设备。具体见表 3-27。

表 3-27 2019 年 300 兆瓦容量等级燃煤机组五种辅助设备按国产、进口分类主要可靠性指标

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	2895	265	1806	273	1279	124	1343	95	1991	187
运行系数 (%)	60.65	61.89	52.51	44.72	74.67	74.13	74.31	71.64	74.02	72.11
可用系数 (%)	94.95	93.51	94.83	95.7	94.71	95.58	94.45	95.39	94.55	95.39
计划停运系数 (%)	5.01	6.43	5.14	4.27	5.28	4.42	5.54	4.43	5.41	4.61
非计划停运率 (%)	0.07	0.11	0.05	0.08	0	0	0.01	0.25	0.06	0.01

三、600 兆瓦容量等级辅助设备

2019 年，600 兆瓦容量等级燃煤机组的五种辅助设备国产化率分别为 93.76%、85.81%、89.66%、96.63% 和 96.46%，2018 年为 93.29%、86.74%、87.19%、93.42% 和 96.15%。除给水泵组国产化率同比下降，其它同比均有上升。

国产磨煤机、高压加热器运行系数 61.59%、75.32% 高于进口设备 0.75、3.48 个百分点，其它均低于进口设备。给水泵组、高压加热器可用系数 94.14%、94.42%，低于进口设备 0.06、0.34 个百分点，其它均高于进口设备。磨煤机非计划停运率 0.07%，低于进口设备 0.02 个百分点，送风机与进口设备持平，其它国产设备均高于进口设备。具体见表 3-28。

表 3-28 2019 年 600 兆瓦容量等级的五种辅助设备按国产、进口分类主要可靠性指标

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	2541	169	1022	169	798	92	859	30	1282	47
运行系数 (%)	61.59	60.84	56.46	57.51	74.67	77.03	74.86	77.29	75.32	71.84
可用系数 (%)	93.58	93.45	94.14	94.2	94.26	94.21	94.04	91.47	94.42	94.76
计划停运系数 (%)	6.38	6.5	5.83	5.79	5.74	5.79	5.92	8.53	5.57	5.24
非计划停运率 (%)	0.07	0.09	0.05	0.01	0	0	0.06	0	0.01	0

第七节 除尘、脱硫、脱硝设备运行可靠性

2019 年纳入可靠性统计的除尘设备 1635 台,同比增加 17 台,脱硫系统 1264 套,同比减少 36 套。除尘设备、脱硫系统运行系数同比分别上升 0.75、0.54 个百分点,台年平均运行小时分别增加 65.7 小时、47.3 小时。除尘设备、脱硫系统可用系数同比分别下降 0.03、0.06 个百分点,台年平均可用小时分别减少 2.63 小时、5.26 小时。具体见表 3-29 和表 3-30。

2019 年,将脱硝系统纳入可靠性统计,参与统计的脱硝系统 548 台,其运行系数、可用系数分别为 78.28%、94.66%,非计划停运率为 0%。

表 3-29 2015-2019 年 200 兆瓦及以上燃煤机组除尘设备主要可靠性指标

年份	台数	运行系数 (%)	可用系数 (%)	非计划停运率 (%)
2015	1586	68.73	93.20	0.14
2016	1597	68.11	93.13	0.05
2017	1603	65.58	93.89	0.01
2018	1618	73.75	94.14	0.00
2019	1635	74.50	94.11	0.00

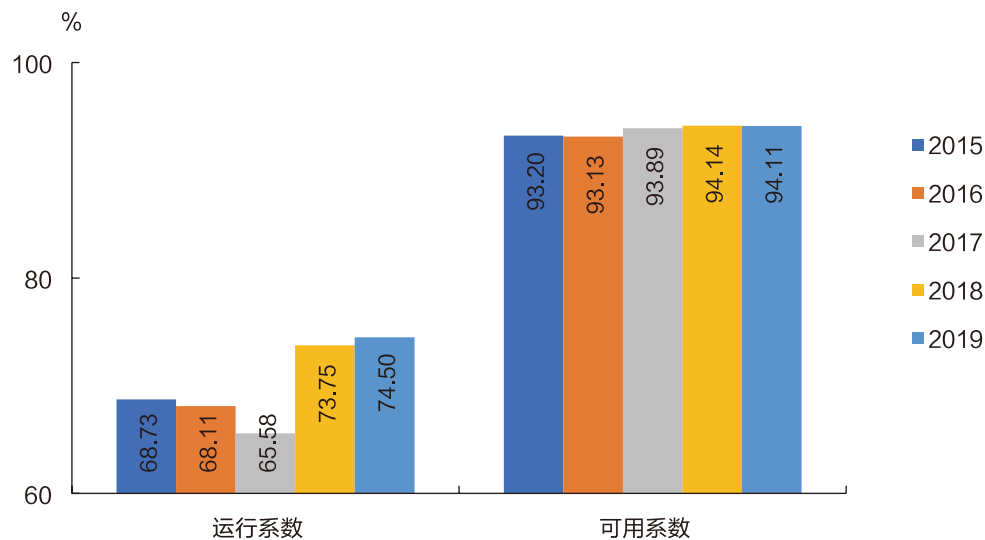


图 3-18 2015-2019 年 200 兆瓦及以上燃煤机组除尘设备运行系数、可用系数

表 3-30 2015-2019 年 200 兆瓦及以上燃煤机组脱硫设备主要可靠性指标

年份	台数	运行系数 (%)	可用系数 (%)	非计划停运率 (%)
2015	1081	69.69	93.96	0.01
2016	1087	68.23	93.31	0.01
2017	1124	66.49	93.29	0.03
2018	1300	74.00	94.46	0.01
2019	1264	74.54	94.40	0.00

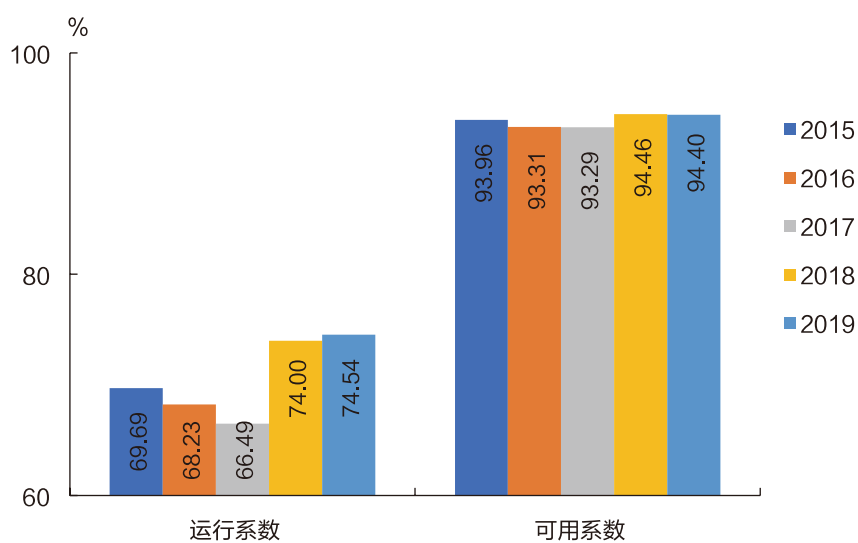


图 3-19 2015-2019 年 200 兆瓦及以上燃煤机组脱硫设备运行系数、可用系数

第四章 2019 年全国 220 千伏及以上电压等级 变压器、断路器、架空线路等十三类输变电设 施运行可靠性

十三类输变电设施包括：架空线路、变压器²、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、组合电器、电缆线路、母线。

第一节 2019 年全国十三类输变电设施统计数量

2019 年，纳入可靠性统计的电网企业包括国家电网公司、南方电网公司、内蒙古电力公司及所辖 430 个地市级供电公司和发电厂，发电企业包括华能集团、大唐集团、华电集团、国家电投集团、国家能源集团等 12 家发电集团及所辖 348 个发电厂。报送范围涵盖了 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。

2019 年全国纳入可靠性统计的十三类输变电设施数量见表 4-1。

表 4-1 2019 年全国十三类输变电设施统计数量情况

类别	220kV	330kV	400kV	500kV	660kV	750kV	800kV	1000kV	综合
架空线路	4828.519	314.510	8.458	2339.460	26.667	239.911	402.277	110.494	8243.629
变压器	12254	503	0	5467	6	364	33	176	18797
电抗器	210	230	0	2724	0	551	48	233	3996
断路器	38250	2031	0	7759	0	465	30	67	48602
电流互感器	118640	3948	0	20398	0	117	99	107	143309
电压互感器	61258	5222	0	21748	0	1307	25	559	90119
隔离开关	144067	4583	0	19699	0	1188	98	80	169715
避雷器	118982	5084	0	25459	1	1814	329	657	152325
耦合电容器	7972	124	0	344	0	3	18	0	8461

2 含油浸式交流变压器和高压直流输电用换流变压器

类别	220kV	330kV	400kV	500kV	660kV	750kV	800kV	1000kV	综合
阻波器	11830	690	0	2293	0	4	0	0	14817
电缆线路	65.480	4.885	0	1.533	0	0.028	0	0	71.925
组合电器	4816	172	0	2187	0	37	76	0	7288
母线	11025	334	0	1786	0	87	29	21	13282

注：上表中统计数量单位：架空线路、电缆线路为百千米，其它设备为台（套、段）。

第二节 输变电设施运行可靠性总体情况

2019 年，十三类输变电设施的计划停运时间波动较大，其中架空线路、电抗器同比分别减少 5.805 小时、9.601 小时，变压器和断路器同比分别增加 9.236 小时、3.325 小时。总体来看，十三类输变电设施的可用系数保持在 99.4% 以上。架空线路、电抗器的可用系数同比分别增加 0.124、0.105 个百分点，变压器和断路器的可用系数同比分别下降 0.100、0.035 个百分点。总体来看，十三类输变电设施的强迫停运率维持在 0.4 次/百千米（台、套、段）年以下。电缆线路、电压互感器、避雷器的强迫停运率同比分别减少 0.053 次/千米年、0.007 次/百台年、0.002 次/百台年，其它输变电设施的强迫停运率高于 2018 年，其中电抗器、母线、断路器和变压器的增幅较大，同比分别增加 0.158 次/百台年、0.095 次/百段年、0.051 次/百台年和 0.047 次/百台年，组合电器和阻波器的强迫停运率与上年持平。具体指标见表 4-2 和图 4-1、图 4-2。

表 4-2 2018、2019 年全国十三类输变电设施主要可靠性指标

类别	可用系数 %		强迫停运率		非计划停运时间		计划停运时间	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
架空线路	99.328	99.453	0.062	0.064	2.439	0.554	50.524	44.719
变压器	99.741	99.641	0.188	0.235	0.116	0.210	21.663	30.899
电抗器	99.720	99.825	0	0.158	0.382	0.524	23.947	14.346
断路器	99.908	99.873	0.121	0.172	0.047	0.040	7.516	10.841
电流互感器	99.972	99.964	0.006	0.008	0.009	0.013	2.321	3.098
电压互感器	99.948	99.950	0.019	0.012	0.010	0.041	4.468	4.248
隔离开关	99.977	99.975	0.005	0.007	0.007	0.018	1.883	2.066
避雷器	99.962	99.959	0.009	0.007	0.003	0.008	3.232	3.508

类别	可用系数 %		强迫停运率		非计划停运时间		计划停运时间	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
耦合电容器	99.982	99.984	0	0.011	0	0.028	1.421	1.289
阻波器	99.977	99.986	0.006	0.006	0.007	0.003	1.793	1.147
电缆线路	99.612	99.826	0.082	0.029	1.296	0.037	4.672	6.672
组合电器	99.978	99.972	0.024	0.024	0.011	0.808	1.913	1.649
母线	99.940	99.929	0.266	0.361	1.003	1.999	4.009	4.139

注：强迫停运率单位：电缆线路单位为次 / 千米年，其它设备单位为次 / 百千米（台、套、段）年；非停、计停时间单位：架空线路单位为小时 / 百千米年，其它设备单位为小时 / 千米（台、套、段）年。

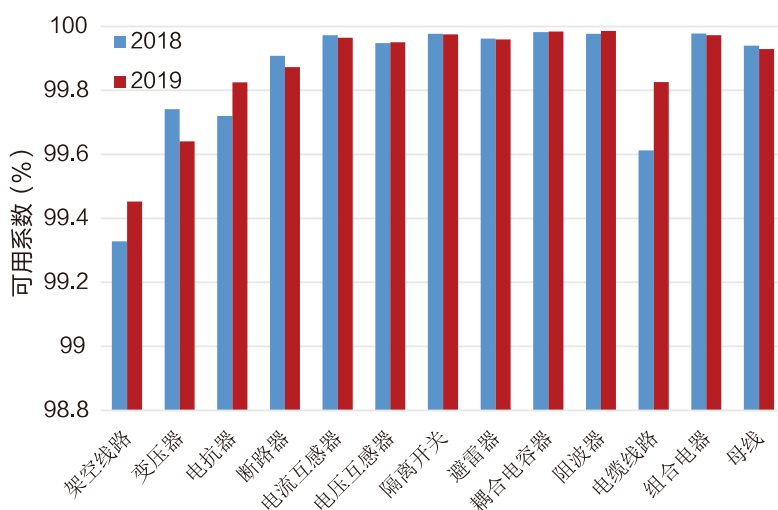


图 4-1 2018、2019 年全国十三类输变电设施可用系数对比

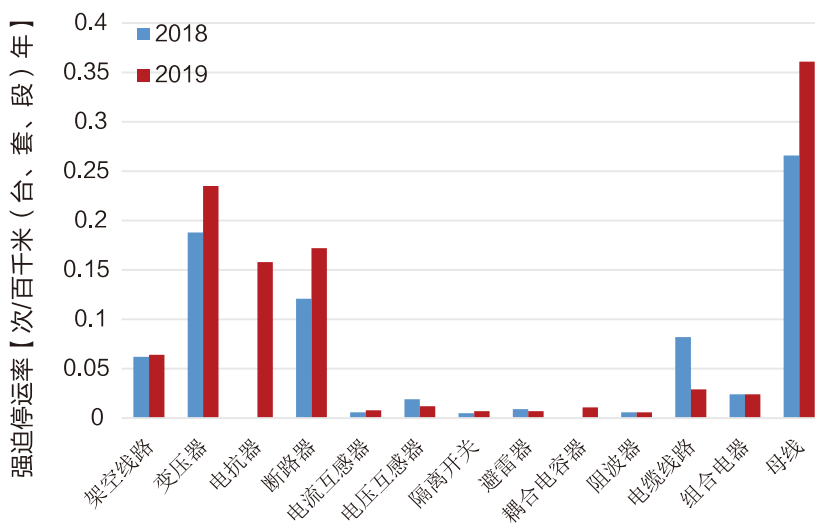


图 4-2 2018、2019 年全国十三类输变电设施强迫停运率对比

第三节 变压器运行可靠性

一、2015-2019 指标对比

2019 年，变压器的统计数量较 2015 年增加 35.185 百台年，五年年均增长率达 5.478%。变压器可用系数近五年保持在较高水平，但整体呈小幅下降趋势；2019 年变压器可用系数较 2015 年下降 0.254 个百分点。变压器强迫停运率除 2017 年小幅下降外，整体呈上升趋势，2019 年变压器强迫停运率较 2015 年上升 0.113 次/百台年。2015-2019 年变压器主要可靠性指标及对比见图 4-3、图 4-4、图 4-5。

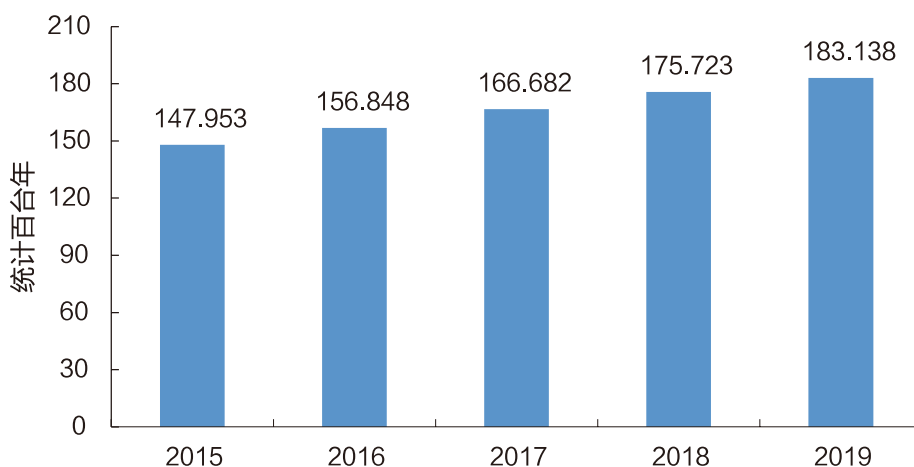


图 4-3 2015-2019 年变压器统计百台年数对比

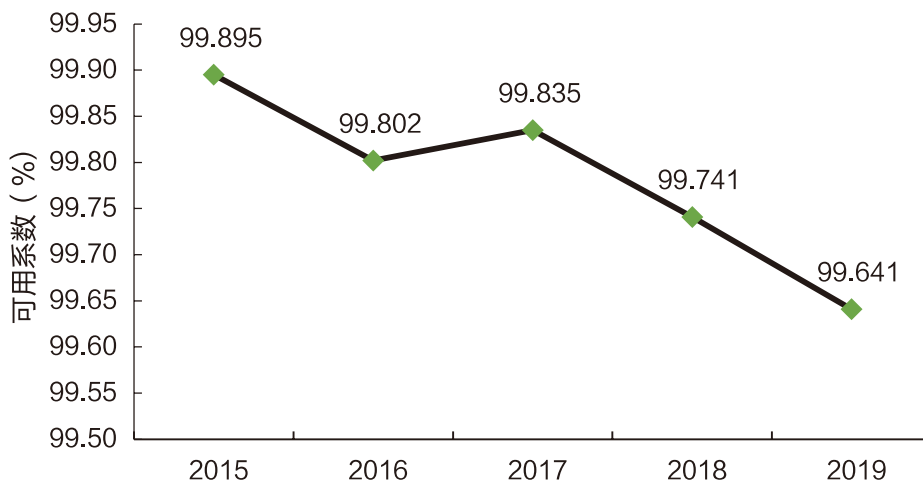


图 4-4 2015-2019 年变压器可用系数对比

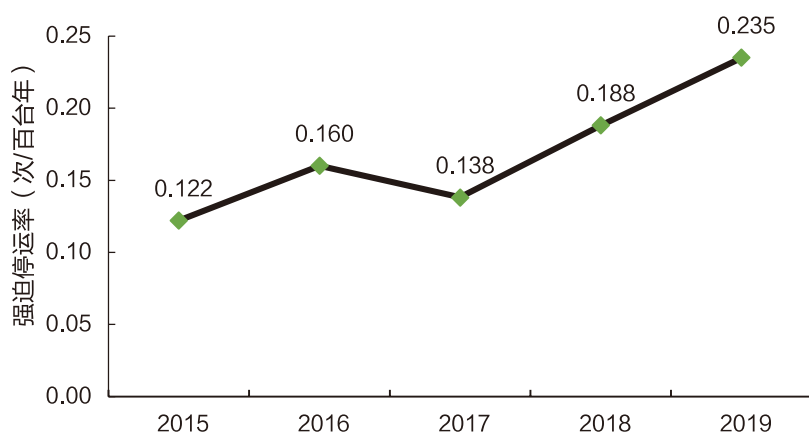


图 4-5 2015-2019 年变压器强迫停运率对比

二、按运行单位分析

2019年，变压器可用系数前五名的集团公司分别是华电集团 99.981%、南方电网公司 99.867%、内蒙古电力公司 99.756%、国家电网公司 99.700%、国家能源投资集团 99.581%。2019年各单位变压器运行可靠性指标见表 4-3。

表 4-3 2019 年各单位变压器运行可靠性指标

单位	统计数量 (百台年)	可用系数 (%)	强迫 停运率 (次/百台年)	强迫停运 时间 (小时/台年)	计划 停运率 (次/百台年)	计划停运 时间 (小时/台年)
中国华电集团有限公司	2.080	99.981	0	0	0.962	1.689
中国南方电网有限责任公司	27.143	99.867	0.626	0.234	20.632	10.824
内蒙古电力(集团)有限责任公司	5.536	99.756	0.361	0.065	51.659	19.841
国家电网有限公司	130.531	99.700	0.184	0.100	30.974	25.697
国家能源投资集团有限责任公司	3.184	99.581	0	0	8.479	36.718
国家电力投资集团有限公司	2.920	99.341	0	0	9.247	57.752
北京能源集团有限责任公司	0.660	99.185	0	0	19.697	71.400
中国大唐集团有限公司	3.210	98.813	0	0	15.576	104.024
中国华能集团有限公司	5.027	98.577	0	0	25.861	124.694
广东省能源集团有限公司	0.680	97.854	0	0	38.235	187.993
内蒙古能源发电投资有限公司	0.239	97.302	0	0	100.315	235.820
浙江省能源集团有限公司	1.070	97.050	0	0	49.533	255.083
河北省建设投资集团有限公司	0.160	96.271	0	0	62.500	522.640
中国长江三峡集团有限公司	0.390	96.238	0	0	74.359	443.239

三、按投运时间分析

2019 年，全国变压器投运时间在 10 年以上、20 年以内的数量最多，达 7579 台。可用系数较好的是 5 年以内和 5 年以上 10 年以内的变压器，可用系数分别为 99.707% 和 99.662%。非计划停运率较低的是 5 年以内和 20 年以上的变压器，非计划停运率分别为 0.443 次/百台年和 0.331 次/百台年。2019 年不同投运时间变压器可靠性指标情况见表 4-4 和图 4-6、图 4-7。

表 4-4 2019 年不同投运时间变压器可靠性指标

投运时间 (年)	电压等级(kV)	台数	可用系数 (%)	计划停运率 (次/百台年)	非计划停运率 (小时/百台年)
< 5	综合	4296	99.707	28.433	0.443
	220	2345	99.805	25.721	0.332
	330	108	99.778	25.930	0
	500	1539	99.631	29.081	0.736
5-10	综合	5132	99.662	29.908	0.51
	220	3402	99.733	27.874	0.562
	330	143	99.700	26.542	0
	500	1370	99.524	32.420	0.515
10-20	综合	7579	99.631	29.154	0.542
	220	5062	99.705	29.452	0.554
	330	204	99.501	29.415	0
	500	2261	99.467	28.869	0.577
≥ 20	综合	1790	99.484	24.027	0.331
	220	1445	99.539	23.813	0.409
	330	48	99.074	26.977	0
	500	297	99.282	24.597	0

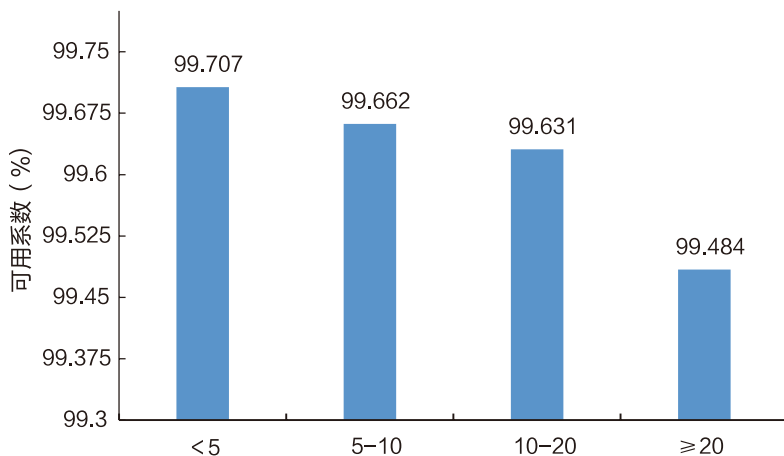


图 4-6 2019 年不同投运时间变压器可用系数对比

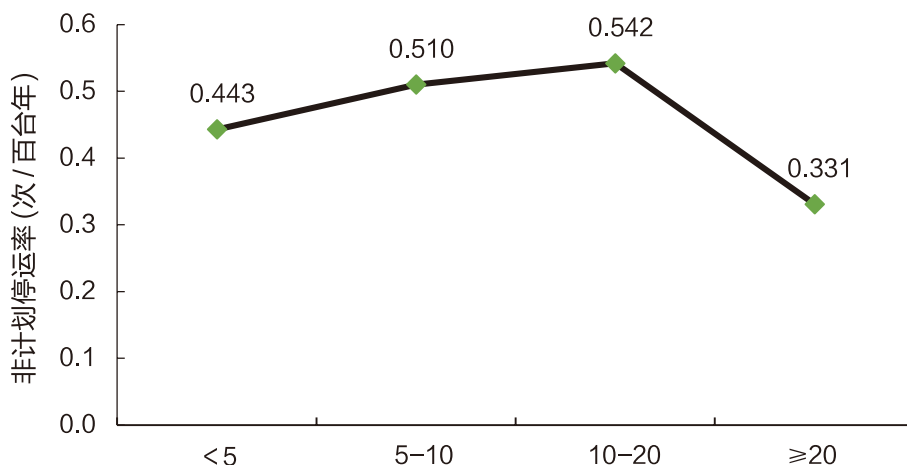


图 4-7 2019 年不同投运时间变压器非计划停运率对比

四、计划停运、非计划停运影响可用系数比较

2019 年，变压器可用系数同比下降 0.100 个百分点。计划停运影响可用系数占比为 99.328%，同比下降 0.142 个百分点。非计划停运影响可用系数占比为 0.672%，同比上升 0.142 个百分点。2018 年、2019 年变压器计划停运、非计划停运影响可用系数比较见表 4-5。

表 4-5 2018、2019 年变压器计划停运、非计划停运影响可用系数比较

指标	年份	变压器
可用系数 %	2018	99.741
	2019	99.641
	比较	-0.100
计划停运影响可用系数占比 %	2018	99.470
	2019	99.328
	比较	-0.142
非计划停运影响可用系数占比 %	2018	0.530
	2019	0.672
	比较	0.142

五、非计划停运事件分析

2019 年，变压器共发生非计划停运 90 次，同比增加 15 次。其中 220kV 变压器 60 次，同比增加 17 次；500kV 变压器 30 次，同比减少 2 次；其它电压等级变压器未发生非计划停运。2019 年累计非计划停运 0.210 小时 / 台年，同比增加 0.004 小时 / 台年。

（一）按停运时间分析

2019 年，全国变压器共发生 90 次非计划停运，按停运时间分析情况见表 4-6。

表 4-6 2019 年变压器非计划停运按停运时间分级分析情况

变压器非计划停运时间（小时）	非停次数（次）
< 5	14
5-100	58
100-500	17
500-800	1
≥ 800	0
各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含	

2019 年全国变压器发生 100 小时以上非计划停运事件 18 次，典型事件如下：

2019 年 9 月，国网四川检修公司 500kV 内江变电站 1 号主变 A 相由于地震引发主变套管漏油，发生 1 次第二类非计划停运，非停时间 517.62 小时。

2019 年 10 月，国网湖南检修公司 500kV 鼎功变电站 4 号主变 A 相由于产品质量不良，导致充油式套管绝缘磨损，发生 1 次第四类非计划停运，非停时间 246.92 小时。

2019 年 5 月南网昆明供电局 220kV 东郊变电站 2 号主变由于检修质量不良，导致控制回路断线，发生一次第三类非计划停运，非停时间 156.77 小时。

（二）按部件因素分析

2019 年，充油式套管、一次系统、继电保护装置是引起 220kV 及以上变压器非计划停运的前三位部件因素，分别引起非计划停运 14 次、8 次和 7 次。分电压等级来看，引起 220kV 变压器非计划停运的主要部件是继电保护（7 次）、充油式套管（6 次）、一次系统（5 次）；引起 500kV 变压器非计划停运的主要部件是充油式套管（8 次）、储油柜（4 次）、一次系统（3 次）、纯瓷套管（3 次）。2019 年各电压等级变压器非计划停运按部件分类情况见表 4-7、表 4-8 和表 4-9。

表 4-7 2019 年 220kV 变压器非计划停运按部件分类

非计划停运部件	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	7	149.640	8.668
充油式套管	6	206.580	11.966
一次系统	5	105.350	6.103
强油风冷却器	4	109.460	6.341
二次回路	2	156.850	9.086

非计划停运部件	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	37.750	2.187
油浸有载分接开关	1	28.670	1.661
气体继电器	1	13.300	0.770
油纸电容式套管	1	7.950	0.461
油浸高压线圈	1	5.620	0.326
引流线	1	3.000	0.174
其它	30	902.160	52.259

表 4-8 2019 年 500kV 变压器非计划停运按部件分类

非计划停运部件	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 (%)
充油式套管	8	1027.190	49.839
储油柜	4	93.020	4.513
一次系统	3	196.740	9.546
纯瓷套管	3	80.350	3.899
二次回路	3	38.780	1.882
油纸电容式套管	1	293.450	14.238
强油风冷却器	1	141.500	6.865
其它	7	190.000	9.219

表 4-9 2019 年 220kV 及以上变压器非计划停运按部件分类

非计划停运部件	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 (%)
充油式套管	14	1233.770	32.576
一次系统	8	302.090	7.976
继电保护	7	149.640	3.951
强油风冷却器	5	250.960	6.626
二次回路	5	195.630	5.165
储油柜	5	130.770	3.453
纯瓷套管	3	80.350	2.122
油纸电容式套管	2	301.400	7.958
油浸有载分接开关	1	28.670	0.757
气体继电器	1	13.300	0.351
油浸高压线圈	1	5.620	0.148
引流线	1	3.000	0.079
其它	37	1092.160	28.837

（三）按责任原因分析

2019 年，产品质量不良、设备老化、自然灾害是造成 220kV 及以上变压器非计划停运的前三位责任原因，分别引起非计划停运 15 次、14 次和 14 次。分电压等级来看，引起 220kV 变压器非计划停运的主要责任原因是设备老化（11 次）、产品质量不良（8 次）、气候因素（7 次）；引起 500kV 变压器非计划停运的主要责任原因是自然灾害（8 次）、产品质量不良（7 次）、施工安装不良（4 次）。2019 年各电压等级变压器非计划停运按责任原因分类情况见表 4-10、表 4-11 和表 4-12。

表 4-10 2019 年 220kV 变压器非计划停运按责任原因分类

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 (%)
设备老化	11	143.660	8.322
产品质量不良	8	212.140	12.288
气候因素	7	47.230	2.736
自然灾害	6	133.080	7.709
检修质量不良	4	318.700	18.461
管理不当	4	62.350	3.612
运行不当	2	15.720	0.911
动物事故	2	10.690	0.619
电力系统影响	1	0.020	0.001
施工安装不良	1	37.170	2.153
待查	5	277.830	16.094
其它	9	467.740	27.094

表 4-11 2019 年 500kV 变压器非计划停运按责任原因分类

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	8	919.190	44.599
产品质量不良	7	709.970	34.447
施工安装不良	4	101.700	4.934
设备老化	3	5.010	0.243
气候因素	2	26.510	1.286
检修质量不良	1	12.270	0.595
待查	5	286.380	13.895

表 4-12 2019 年 220kV 及以上变压器非计划停运按责任原因分类

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	15	922.110	33.465
设备老化	14	148.670	3.925
自然灾害	14	1052.270	27.784
气候因素	9	73.740	1.947
检修质量不良	5	330.970	8.739
施工安装不良	5	138.870	3.667
管理不当	4	62.350	1.646
动物事故	2	10.690	0.282
运行不当	2	15.720	0.415
电力系统影响	1	0.020	0.001
其它	9	467.740	12.350
待查	10	564.210	14.897

(四) 按制造厂家分析

变压器按制造厂家分类 (按可用系数排序, 下同) 的运行可靠性指标见表 4-13、表 4-14、表 4-15、表 4-16、表 4-17 和表 4-18。

表 4-13 2019 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/百公里年)	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)
ELTA 变压器厂	10	100	0	0	0	0
上海正泰电气股份有限公司	27	99.992	0	0	0	0
南京立业电力变压器有限公司	15	99.992	0	0	0	0
重庆重变电器有限责任公司	15	99.975	0	0	0	0
阿海珐输配电隔离开关 (无锡) 有限公司	12	99.939	0	0	0	0
(BRUSH) 电气机械公司	15	99.939	0	0	0	0
云南变压器厂	13	99.939	0	0	0	0
上海 ABB 变压器有限公司	15	99.930	0	0	0	0
阿尔斯通公司	15	99.898	0	0	0	0
长春三鼎变压器有限公司	31	99.897	0	0	0	0
伊林 (ELIN) 联合公司	12	99.887	0	0	0	0
重庆 ABB 变压器有限公司	65	99.883	0	0	0	0
广州西门子变压器有限公司	316	99.868	0.323	0	0	0

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百公里年)	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)
山东泰开电气有限公司	11	99.867	0	0	0	0
江苏南通晓星变压器有限公司	86	99.864	0	0	0	0
扎布罗什变压器厂(II A III)	20	99.853	0	0	0	0
济南志友集团股份有限公司	22	99.852	0	0	0	0
上海电力变压器厂	22	99.849	0	0	0	0
山东泰开变压器有限公司	202	99.837	0	0	0	0
东芝(TOSHIBA)公司	43	99.837	0	0	0	0
济南西门子变压器有限公司	315	99.831	0	0	0	0
山东鲁能泰山电力设备有限公司	115	99.820	0	0	0	0
合肥 ABB 变压器有限公司	832	99.819	0.120	0	0	0
南通变压器厂	43	99.818	0	0	0	0
天威保变(合肥)变压器有限公司	29	99.797	0	0	0	0
西电济南变压器股份有限公司	69	99.796	0	0	0	0
上海 AREVA 变压器有限公司	31	99.790	0	0	0	0
葫芦岛电力设备厂	257	99.766	0	0	0	0
山东达驰电气有限公司	338	99.763	0.300	0	0	0
中山 ABB 变压器有限公司	129	99.761	0	0	0	0
山东电力设备有限公司	663	99.751	0.155	0	0	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂	446	99.750	0.459	0	0	0
特变电工(沈阳)变压器集团公司	994	99.748	0	0.178	100	0
卧龙电气烟台东源变压器有限公司	63	99.702	0	0	0	0
青岛变压器厂	14	99.678	0	0	0	0
江苏华鹏变压器有限公司	379	99.666	0.545	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司	460	99.660	0	0	0	0
常州西电变压器有限责任公司	806	99.660	0	0	0	0
西门子(SIEMENS)公司	112	99.658	0	0	0	0
正泰电气股份有限公司	17	99.653	0	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	767	99.644	0.402	0.018	4.187	0.134
保定天威保变电气股份有限公司	1132	99.637	0.089	0.000	100	0.089
青岛青波变压器股份有限公司	103	99.603	0.965	0.071	100	0.965
太原变压器厂	29	99.574	0	0	0	0
常州东芝变压器有限公司	193	99.539	0	0	0	0
AREVA 公司	12	99.448	0	0	0	0
哈尔滨变压器厂	197	98.980	0.511	0.146	100	0.511

制造厂家	统计台数 (台)	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百公里年)	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)
长春变压器厂	34	98.896	0	0	0	0
三变科技股份有限公司	66	98.760	0	0	0	0
江西变压器厂	41	98.617	0	0	0	0
重庆市亚东亚集团变压器有限公司	12	97.778	0	0	0	0
GEC-阿尔斯通公司	11	93.683	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 4-14 2019 年 330kV 变压器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	设备台数 (台)	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百公里年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/百公里年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百公里年)
山东电力设备有限公司	32	99.944	0	0	0	0
常州西电变压器有限责任公司	21	99.840	0	0	0	0
济南西门子变压器有限公司	10	99.735	0	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	21	99.705	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	52	99.699	0	0	0	0
特变电工(沈阳)变压器集团公司	47	99.637	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司	183	99.393	0	0	0	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂	62	99.309	0	0	0	0

表 4-15 2019 年 500kV 变压器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	设备台数 (台)	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百公里年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/百公里年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百公里年)
(BRUSH) 电气机械公司	17	100	0	0	0	0
AREVA 公司	12	100	0	0	0	0
日立 (HITACHI) 公司	19	99.949	0	0	0	0
江苏南通晓星变压器有限公司	12	99.902	0	0	0	0
GEC-阿尔斯通公司	10	99.898	0	0	0	0
广州西门子变压器有限公司	45	99.887	4.444	0	0	0
南通变压器厂	10	99.813	0	0	0	0

制造厂家	设备台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百公里年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/百公里年)	占该厂非停总时间比例(%)	强迫停运率(次/百公里年)
重庆 ABB 变压器有限公司	336	99.747	0	0	0	0
山东达驰电气有限公司	60	99.739	0	0	0	0
ABB 德国公司	15	99.729	0	0	0	0
山东泰开变压器有限公司	60	99.649	0	0	0	0
山东电力设备有限公司	208	99.631	0	1.295	100	0
上海 ABB 变压器有限公司	11	99.619	0	0	0	0
阿尔斯通公司	12	99.556	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司	369	99.552	0.567	0	0	0
特变电工(沈阳)变压器集团公司	620	99.536	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	629	99.517	0.161	0.012	33.406	0
东芝(TOSHIBA)公司	141	99.501	0	0	0	0
常州西电变压器有限责任公司	287	99.461	0.702	0	0	0
常州东芝变压器有限公司	327	99.457	0.321	0.907	99.758	0
特变电工衡阳变压器有限公司	492	99.283	0.433	0	0	0
扎布罗什变压器厂(LI A III)	41	99.244	0	0	0	0
三菱(MHISUBISHI)公司	35	99.242	0	0	0	0
济南西门子变压器有限公司	122	99.156	0	0	0	0
重庆重变电器有限责任公司	195	99.096	0	0.743	96.587	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂	73	99.059	0	0	0	0
上海 AREVA 变压器有限公司	33	98.944	0	0	0	0
西门子(SIEMENS)公司	59	98.780	0	0	0	0

表 4-16 2019 年 750kV 变压器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	设备台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百公里年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/百公里年)	占该厂非停总时间比例(%)	强迫停运率(次/百公里年)
特变电工(沈阳)变压器集团公司	49	99.856	0	0	0	0
山东电力设备有限公司	54	99.746	0	0	0	0
重庆 ABB 变压器有限公司	14	99.718	0	0	0	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂	16	99.713	0	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	44	99.620	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司	78	99.553	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	79	99.546	0	0	0	0

表 4-17 2019 年 800 千伏变压器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	设备台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百公里年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/百公里年)	占该厂非停总时间比例(%)	强迫停运率(次/百公里年)
保定天威保变电气股份有限公司	11	100	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司	15	100	0	0	0	0

表 4-18 2019 年 1000kV 变压器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	设备台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百公里年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/百公里年)	占该厂非停总时间比例(%)	强迫停运率(次/百公里年)
特变电工衡阳变压器有限公司	15	99.384	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	35	99.339	0	0	0	0
特变电工(沈阳)变压器集团公司	58	98.985	0	0	0	0
山东电力设备有限公司	31	98.778	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司	26	98.194	0	0	0	0

第四节 断路器运行可靠性

一、2015-2019 年指标对比

2019 年, 断路器的统计数量较 2015 年增加 52.099 百台年, 五年年均增长率达 2.978%。断路器可用系数近五年总体保持在较高水平, 但受计划停运时间增加影响, 2015-2019 年呈逐年下降趋势, 2019 年断路器可用系数较 2015 年下降 0.082 个百分点。2019 年断路器强迫停运率同比上升了 0.051 次/百台年, 上升幅度达 42.149%。2015-2019 年断路器主要可靠性指标及对比见图 4-8、图 4-9 和图 4-10。

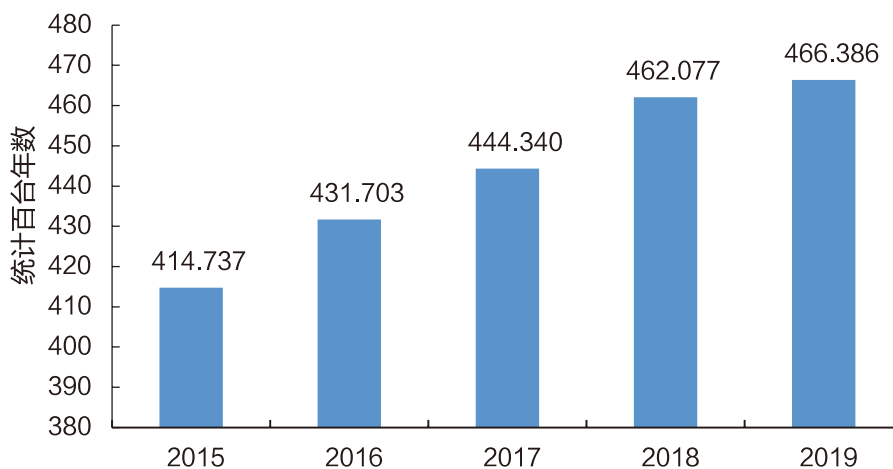


图 4-8 2015-2019 年断路器统计百台年数对比

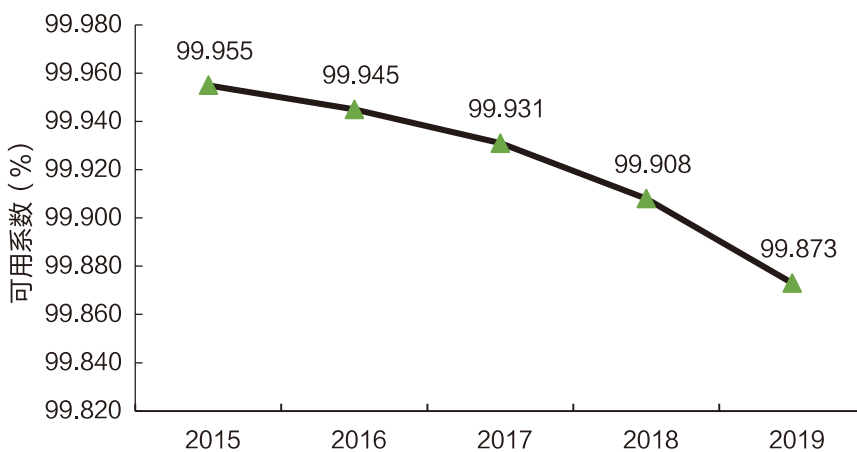


图 4-9 2015-2019 年断路器近五年可用系数对比

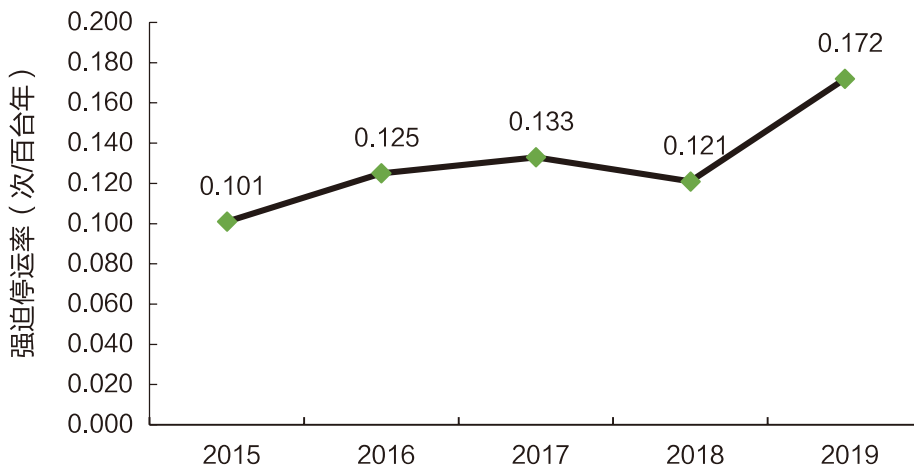


图 4-10 2015-2019 年断路器强迫停运率对比

二、按运行单位分析

2019 年，断路器可用系数前五名的集团公司分别是三峡集团 100%、华电集团 99.973%、国家能源集团 99.903%、国家电网公司 99.888%、南方电网公司 99.885%。2019 年各单位断路器运行可靠性指标见表 4-19。

表 4-19 2019 年各单位断路器运行可靠性指标

单位	统计数量 (百台年)	可用系数 (%)	强迫 停运率 (次/百台年)	强迫 停运时间 (小时/台年)	计划 停运率 (次/百台年)	计划停运 时间 (小时/台年)
中国长江三峡集团有限公司	0.190	100	0	0	0	0
中国华电集团有限公司	4.060	99.973	0	0	2.463	2.397
国家能源投资集团有限责任公司	5.960	99.903	0	0	4.530	8.54
国家电网有限公司	343.335	99.888	0.099	0.006	10.855	9.775
中国南方电网有限责任公司	72.419	99.885	0.525	0.014	18.779	8.829
内蒙古电力(集团)有限责任公司	19.070	99.884	0.367	0.035	34.137	9.847
国家电力投资集团有限公司	4.602	99.766	0	0	6.954	20.519
中国华能集团有限公司	6.180	99.593	0	0	13.107	35.615
北京能源集团有限责任公司	1.240	99.537	0	0	22.581	40.542
中国大唐集团有限公司	5.140	99.489	0	0	12.257	44.797
广东省能源集团有限公司	1.360	99.317	0.735	0.296	23.529	59.529
河北建设投资集团有限责任公司	0.370	99.240	0	0	37.838	66.578
浙江省能源集团有限公司	1.390	99.069	0	0	32.374	81.095
内蒙古能源发电投资有限公司	0.450	98.960	4.444	9.483	80.000	81.617

三、按投运时间分析

2019 年，全国断路器投运时间在 10 年以上、20 年以内的数量最多，达到 25311 台。可用系数最好的是 5 年以内和 5 年以上 10 年以内以及 20 年以上的断路器，可用系数均为 99.889%。非计划停运率较低的是 20 年以上、5 年以上 10 年以内断路器，非计划停运率分别为 0.097 次/百台年和 0.230 次/百台年。2019 年不同投运时间断路器可靠性指标情况见表 4-20、图 4-11 和图 4-12。

表 4-20 2019 年不同投运时间断路器可靠性指标

投运时间 (年)	电压等级 (kV)	台数	可用系数 (%)	计划停运率 (次/百台年)	非计划停运率 (小时/台年)
< 5	综合	7999	99.889	12.366	0.289
	220	5855	99.881	12.620	0.314
	330	389	99.954	4.422	0
	500	1466	99.929	12.410	0.329
5-10	综合	12202	99.889	14.558	0.230
	220	9767	99.892	15.093	0.190
	330	559	99.899	8.411	0
	500	1657	99.900	11.792	0.395
10-20	综合	25311	99.859	13.196	0.354
	220	20081	99.872	13.106	0.373
	330	883	99.910	6.455	0
	500	4293	99.787	15.172	0.343
≥ 20	综合	3090	99.889	6.967	0.097
	220	2547	99.872	7.856	0.078
	330	200	99.944	5.500	0
	500	343	99.985	1.170	0.293

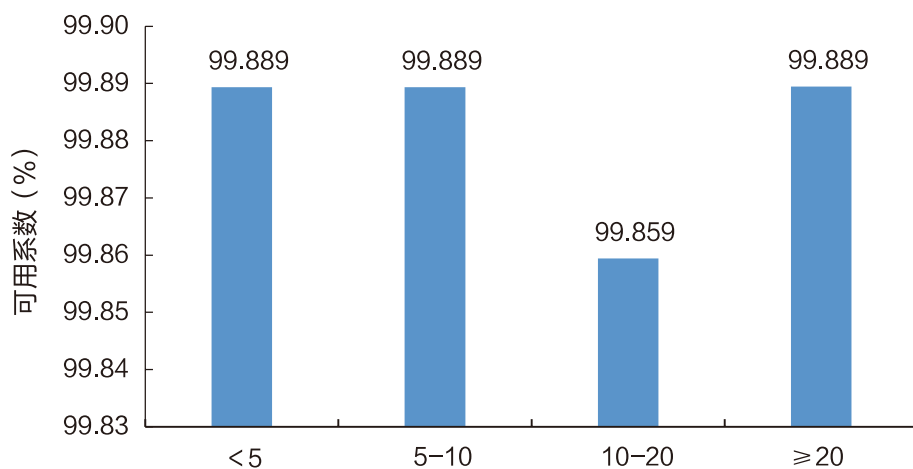


图 4-11 2019 年不同投运时间断路器可用系数对比

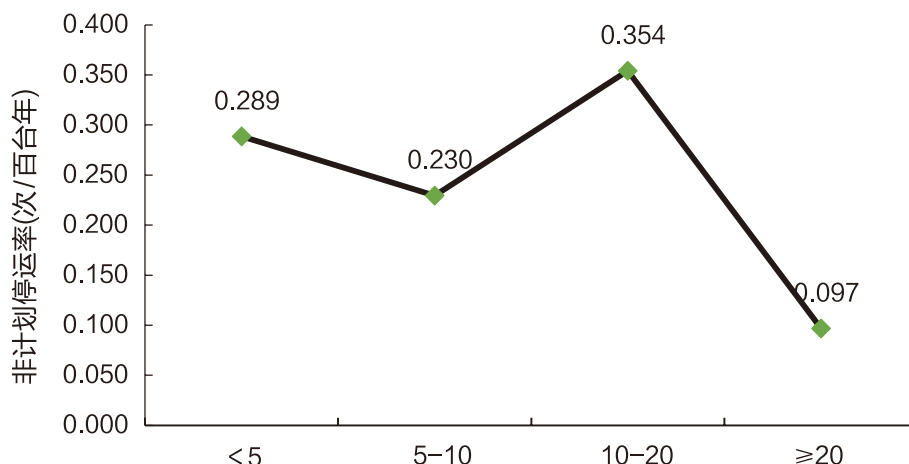


图 4-12 2019 年断路器不同投运时间非计划停运率对比

四、计划停运、非计划停运影响可用系数比较

2019 年，断路器可用系数同比下降 0.035 个百分点。计划停运影响可用系数占比为 99.632%，同比年上升 0.252 个百分点。非计划停运影响可用系数占比为 0.368%，同比年下降 0.252 个百分点，计划停运对断路器可用系数影响持续上升。2018 年、2019 年断路器计划停运、非计划停运影响可用系数比较见表 4-21。

表 4-21 2018、2019 年断路器计划停运、非计划停运影响可用系数比较

指标	年份	断路器
可用系数 %	2018	99.908
	2019	99.873
	比较	-0.035
计划停运影响可用系数占比 %	2018	99.380
	2019	99.632
	比较	0.252
非计划停运影响可用系数占比 %	2018	0.620
	2019	0.368
	比较	-0.252

五、非计划停运事件分析

2019 年，断路器共发生非计划停运 138 次，同比增加 34 次。其中 220kV110 次，同比增加 47 次；500kV25 次，同比减少 10 次；750kV3 次，同比增加 2 次；其它电压等级断路器未发生非计划停运。2019 年累计非计划停运 0.040 小时 / 台年，同

比减少 0.007 小时 / 台年。

（一）按停运时间分析

2019 年，全国断路器发生的 138 次非计划停运，按停运时间分析情况见表 4-22。

表 4-22 2019 年断路器非计划停运按停运时间分级分析情况

断路器非计划停运时间（小时）	非停次数（次）
< 5	86
5-100	50
100-300	2
≥ 300	0
各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含	

2019 年全国断路器发生 100 小时以上非计划停运事件 2 次，具体事件如下：

2019 年 4 月，南网昆明供电局 500kV 七甸变电站 500kV 宁七甲线 5711 断路器由于检修质量不良，导致合闸弹簧卡涩，发生 1 次第四类非计划停运，非停时间为 258.68 小时。

2019 年 3 月，南网中山供电局 220kV 小榄站隆小线 2960 断路器由于灭弧室灭弧管设备老化且过负荷运行，发生 1 次第三类非计划停运，非停时间为 202.50 小时。

（二）按部件因素分析

2019 年，操作机构、灭弧部分、本体其它附件分别是引起 220kV 及以上断路器非计划停运的前三位部件因素，分别引起非计划停运 55 次、22 次和 20 次。分电压等级来看，引起 220kV 断路器非计划停运的主要部件是操作机构（41 次）、灭弧部分（19 次）、本体其他部件（16 次）；引起 500kV 断路器非计划停运的主要部件是操作机构（11 次）、本体其他部件（4 次）、灭弧部分（3 次）；引起 750kV 断路器非计划停运的主要部件是操作机构（3 次）。2019 年各电压等级断路器非计划停运按部件分类情况见表 4-23、表 4-24、表 4-25 和表 4-26。

表 4-23 2019 年 220kV 断路器非计划停运按部件分类

非计划停运部件	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	41	319.440	22.887
灭弧部分	19	547.810	39.249
本体其他部件	16	24.860	1.781
一次系统	12	203.600	14.587

非计划停运部件	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	11	184.760	13.237
二次回路公用设备	3	10.950	0.785
端子箱	2	5.090	0.365
引流线	1	29.530	2.116
辅助部分	1	0.420	0.030
其它	4	69.280	4.964

表 4-24 2019 年 500kV 断路器非计划停运按部件分类

非计划停运部件	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	11	349.830	86.945
本体其他部件	4	6.110	1.519
灭弧部分	3	1.870	0.465
一次系统	2	0.060	0.015
辅助部分	1	4.170	1.036
保护	1	0.050	0.006
端子箱	1	0.020	0.005
其它	2	40.250	10.003

表 4-25 2019 年 750kV 断路器非计划停运按部件分类

非计划停运部件	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	15.450	100.000

表 4-26 2019 年 220kV 及以上断路器非计划停运按部件分类

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 (%)
操作机构	55	684.720	37.756
灭弧部分	22	549.680	30.310
本体其他部件	20	30.970	1.708
一次系统	14	203.660	11.230
继电保护	11	184.760	10.188
二次回路公用设备	3	10.950	0.604
端子箱	3	5.110	0.282
辅助部分	2	4.590	0.253
引流线	1	29.530	1.628
保护	1	0.050	0.003
其它	6	109.530	6.040

（三）按责任因素分析

2019 年，产品质量不良、设备老化、气候因素是造成 220kV 及以上断路器非计划停运的前三位责任原因，分别引起非计划停运 49 次、29 次和 21 次。分电压等级来看，引起 220kV 断路器非计划停运的主要责任原因是产品质量不良（30 次）、设备老化（26 次）、自然灾害（16 次）；引起 500kV 断路器非计划停运的主要责任原因是产品质量不良（8 次）、气候因素（5 次）、设备老化（3 次）；引起 750kV 断路器非计划停运的主要责任原因是产品质量不良（2 次）、气候因素（1 次）。2019 年各电压等级断路器非计划停运按责任原因分类情况见表 4-27、表 4-28、表 4-29 和表 4-30、。

表 4-27 2019 年 220kV 断路器非计划停运按责任原因分类

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	30	453.080	32.462
设备老化	26	676.540	48.472
自然灾害	16	178.880	12.816
气候因素	15	19.930	1.428
检修质量不良	4	29.660	2.125
电力系统影响	4	11.920	0.854
外力损坏	4	7.950	0.570
动物事故	3	5.790	0.415
运行不当	2	0.440	0.032
规划、设计不周	1	0.020	0.001
施工安装不良	1	0.020	0.001
责任原因不明	4	11.510	0.825

表 4-28 2019 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	8	66.250	16.465
责任原因不明	6	42.130	10.471
气候因素	5	4.560	1.133
设备老化	3	22.660	5.632
检修质量不良	2	266.710	66.286
调整试验不当	1	0.050	0.012

表 4-29 2019 年 750kV 断路器非计划停运按责任原因分类

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	2	0.170	1.079
气候因素	1	15.280	98.921

表 4-30 2019 年 220kV 及以上断路器非计划停运按责任原因分类

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	40	519.500	28.645
设备老化	29	699.200	38.554
气候因素	21	39.770	2.193
自然灾害	16	178.880	9.864
检修质量不良	6	296.370	16.342
电力系统影响	4	11.920	0.657
外力损坏	4	7.950	0.438
动物事故	3	5.790	0.319
运行不当	2	0.440	0.024
调整试验不当	1	0.050	0.003
规划、设计不周	1	0.020	0.001
施工安装不良	1	0.020	0.001
责任原因不明	10	53.640	2.958

(四) 按制造厂家分析

断路器按制造厂家分类 (按可用系数排序, 下同) 的运行可靠性指标见表 4-31、表 4-32、表 4-33、表 4-34、表 4-35 和表 4-36。

表 4-31 2019 年 220kV 断路器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	设备台数 (台)	可用系数 (%)	强迫停运率 (次 / 百公里年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时 / 百公里年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次 / 百公里年)
云南开关厂	27	100	0	0	0	0
扬州苏源电气设备有限公司	15	100	0	0	0	0
西安三菱电机开关设备有限公司	11	100	0	0	0	0
施普列舍尔·舒 (S&S)	18	100	0	0	0	0
上海华通开关厂有限公司	72	100	0	0	0	0
厦门 ABB 华电高压开关有限公司	13	100	0	0	0	0

制造厂家	设备台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百公里年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/百公里年)	占该厂非停总时间比例(%)	强迫停运率(次/百公里年)
马格林尼 (MAG)	22	100	0	0	0	0
鲁能泰山开关集团	23	99.995	0	0	0	0
(BRUSH) 电气机械公司	25	99.988	0	0	0	0
上海西门子高压开关有限公司	24	99.979	0	0	0	0
勃朗·鲍威利 (BBC)	17	99.978	0	0	0	0
ABB 瑞士公司	258	99.971	0	0	0	0
瓦房店高压开关厂	42	99.967	0	0	0	0
沈阳开关厂	240	99.965	0.416	0	0	0
烟台东源开关设备制造有限公司	31	99.963	0	0	0	0
法国阿海珐 (AREAVA) 公司	316	99.960	0	0	0	0
通用电气公司 (GE)	22	99.955	0	0	0	0
阿尔斯通公司	321	99.952	0	0	0	0
阿海珐输配电隔离开关(无锡)有限公司	22	99.947	0	0	0	0
北京开关厂	12	99.945	0	0	0	0
通用电气 (AGE) 公司	12	99.945	0	0	0	0
江苏省如高高压电器有限公司	744	99.941	0.284	0.100	96.354	0.284
山东鲁能泰山电力设备有限公司	10	99.934	0	0	0	0
GEC-阿尔斯通公司	187	99.926	0	0	0	0
苏州阿尔斯通有限责任公司	990	99.914	0	0	0	0
广州维奥伊林变压器厂	17	99.910	0	0	0	0
宁波慈溪电器开关总厂	63	99.907	0	0	0	0
新东北电气(沈阳)高压开关有限公司	827	99.903	0.122	0	0	0
西门子(杭州)高压开关有限公司	4486	99.902	0.135	0.001	2.599	0
苏州开关厂	228	99.896	0	0	0	0
西门子 (SIEMENS) 公司	2671	99.878	0.037	0	0	0
维奥输配电(广州)有限公司	21	99.875	0	0	0	0
河南平高电气股份有限公司	4753	99.873	0.211	0.001	12.171	0.021
北京 ABB 高压开关设备有限公司	6849	99.872	0.118	0.003	10.900	0.044
西安西电高压开关有限责任公司	3121	99.872	0.032	0	0	0
河北电力设备厂	10	99.841	0	0	0	0
苏州阿海珐高压电气开关有限公司	1388	99.838	0.072	0	0	0
北京北开电气股份有限公司	100	99.803	0	0	0	0
河南平高东芝高压开关有限公司	20	99.794	0	0	0	0
山东泰开高压开关有限公司	1111	99.762	0.279	0	0	0

制造厂家	设备台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百公里年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/百公里年)	占该厂非停总时间比例(%)	强迫停运率(次/百公里年)
三菱(MHISUBISHI)公司	21	99.759	0	0	0	0
江苏华朋集团有限公司	11	99.707	0	0	0	0
北京宏达日新电机有限公司	27	99.664	0	0	0	0
上海西门子开关有限公司	40	99.622	0	0	0	0
ABB 德国公司	73	98.928	0	0	0	0

表 4-32 2019 年 330kV 断路器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	设备台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百公里年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/百公里年)	占该厂非停总时间比例(%)	强迫停运率(次/百公里年)
ABB 瑞士公司	38	100	0	0	0	0
河南平高电气股份有限公司	290	99.963	0	0	0	0
西门子(SIEMENS)公司	43	99.961	0	0	0	0
北京 ABB 高压开关设备有限公司	276	99.939	0	0	0	0
西门子(杭州)高压开关有限公司	132	99.930	0	0	0	0
苏州阿尔斯通有限责任公司	85	99.927	0	0	0	0
苏州阿海珐高压电气开关有限公司	47	99.907	0	0	0	0
西安西电高压开关有限责任公司	652	99.897	0	0	0	0
GEC- 阿尔斯通公司	11	99.888	0	0	0	0
阿尔斯通公司	42	99.880	0	0	0	0
法国阿海珐(AREAVA)公司	45	99.816	0	0	0	0
苏州开关厂	19	98.828	0	0	0	0

表 4-33 2019 年 500kV 断路器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	设备台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百公里年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/百公里年)	占该厂非停总时间比例(%)	强迫停运率(次/百公里年)
西门子高压开关有限公司	19	100	0	0	0	0
西安三菱电机开关设备有限公司	16	100	0	0	0	0
上海西门子高压开关有限公司	10	100	0	0	0	0
上海西门子高压开关有限公司	12	100	0	0	0	0
东芝(TOSHIBA)公司	15	100	0	0	0	0
勃朗·鲍威利(BBC)	10	100	0	0	0	0

制造厂家	设备台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百公里年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/百公里年)	占该厂非停总时间比例(%)	强迫停运率(次/百公里年)
(BRUSH) 电气机械公司	17	100	0	0	0	0
瑞典 ABB	25	99.986	0	0	0	0
河南平高东芝高压开关有限公司	38	99.976	0	0	0	0
西门子(SIEMENS) 公司	455	99.962	0	0	0	0
ABB 德国公司	23	99.949	0	0	0	0
江苏省如高高压电器有限公司	11	99.938	0	0	0	0
法国阿海珐(AREAVA) 公司	141	99.936	0	0	0	0
ABB 瑞士公司	182	99.922	0.549	0.221	100	0.549
厦门 ABB 华电高压开关有限公司	29	99.911	0	0	0	0
西门子(杭州) 高压开关有限公司	560	99.905	0	0	0	0
新东北电气(沈阳) 高压开关有限公司	258	99.896	0	0	0	0
通用电气公司(GE)	11	99.889	0	0	0	0
三菱(MHISUBISHI) 公司	94	99.881	0	0	0	0
苏州阿海珐高压电气开关有限公司	259	99.877	0	0	0	0
北京 ABB 高压开关设备有限公司	1542	99.857	0.066	0.002	94.127	0
苏州阿尔斯通有限责任公司	209	99.856	0	0	0	0
西安西电高压开关有限责任公司	549	99.851	0.182	0.055	89.875	0
山东泰开高压开关有限公司	57	99.849	0	0	0	0
GEC- 阿尔斯通公司	23	99.745	0	0	0	0
阿尔斯通公司	119	99.645	0	0	0	0
沈阳开关厂	19	99.545	0	0	0	0
河南平高电气股份有限公司	473	99.499	0	0.087	100	0
苏州开关厂	25	98.963	0	0	0	0

表 4-34 2019 年 750kV 断路器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	设备台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百公里年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/百公里年)	占该厂非停总时间比例(%)	强迫停运率(次/百公里年)
北京 ABB 高压开关设备有限公司	74	99.915	0	0	0	0
西安西电高压开关有限责任公司	94	99.869	0	0	0	0
新东北电气(沈阳) 高压开关有限公司	73	99.863	0	0	0	0
河南平高电气股份有限公司	141	99.691	1.473	0.001	1.079	1.473
山东泰开高压开关有限公司	25	99.529	0	0	0	0

表 4-35 2019 年 800 千伏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	可用系数 (%)	强迫停运率 (次 / 百公里年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时 / 百公里年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次 / 百公里年)
西门子 (杭州) 高压开关有限公司	25	100	0	0	0	0
西安西电高压开关有限责任公司	2	100	0	0	0	0
北京 ABB 高压开关设备有限公司	2	100	0	0	0	0

表 4-36 2019 年 1000 千伏断路器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	设备台数 (台)	可用系数 (%)	强迫停运率 (次 / 百公里年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时 / 百公里年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次 / 百公里年)
西安西电高压开关有限责任公司	24	99.857	0	0	0	0
瑞典 ABB	16	99.679	0	0	0	0
河南平高电气股份有限公司	25	99.511	0	0	0	0

第五节 架空线路运行可靠性

一、2015-2019 年指标对比

2019 年，架空线路的统计数量较 2015 年增加 2648.21 百千米年，五年年均增长率达 10.172%。架空线路可用系数近五年总体保持在较高水平，受计划停运时间增加影响，2019 年架空线路可用系数较 2015 年下降 0.146 个百分点，但同比上升 0.125 个百分点。架空线路强迫停运率近三年平稳，维持在 0.06 次 / 百千米年左右。2015-2019 年架空线路主要可靠性指标及对比见以下图 4-13、图 4-14 和图 4-15。

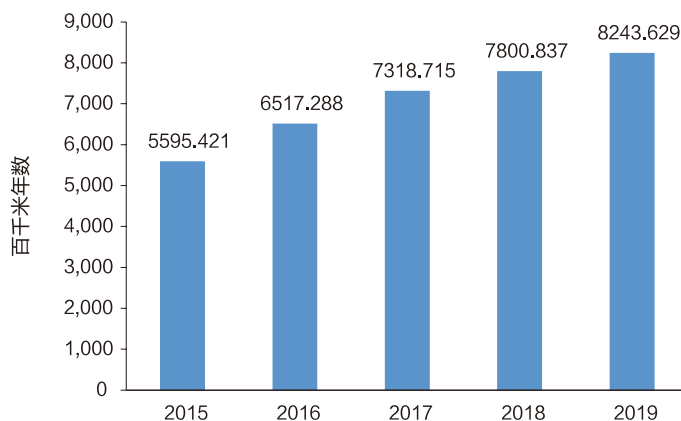


图 4-13 2015-2019 年架空线路统计百千米年数对比

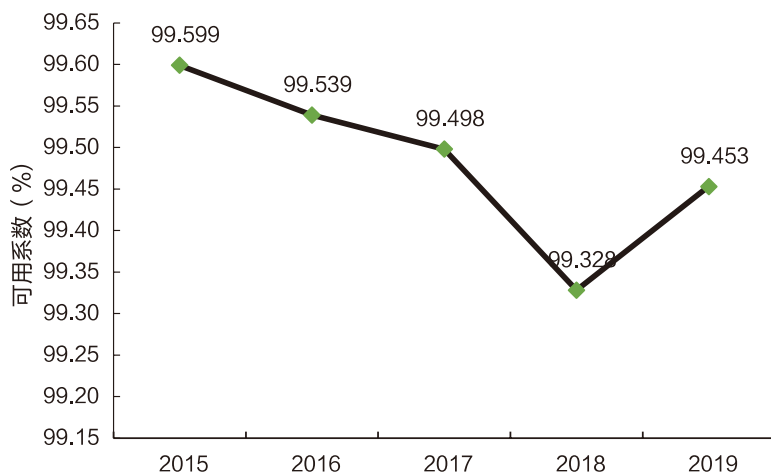


图 4-14 2015-2019 年架空线路可用系数对比

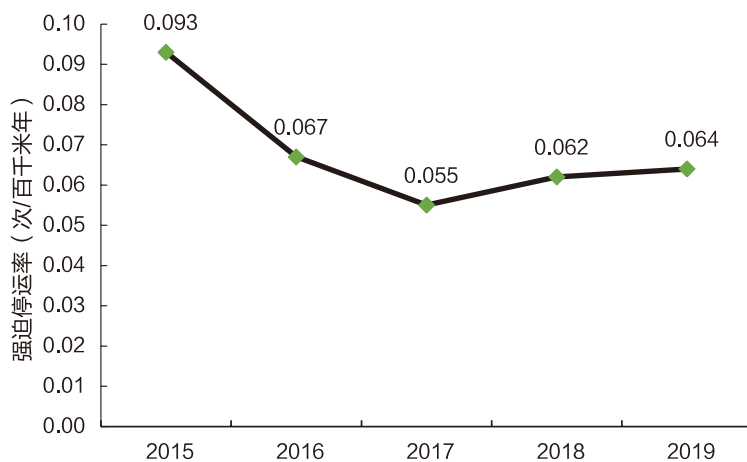


图 4-15 2015-2019 年架空线路强迫停运率对比

二、按运行单位分析

2019 年，国家电网公司、南方电网公司、内蒙古电力公司架空线路可用系数分别是 99.334%、99.755%、99.772%。2019 年各单位架空线路运行可靠性指标见表 4-38。

表 4-38 2019 年各单位架空线路运行可靠性指标

单位	统计数量 (百千米年)	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百千米年)	强迫停运时间 (小时/百千米年)	计划停运率 (次/百千米年)	计划停运时间 (小时/百千米年)
国家电网有限公司	5840.406	99.334	0.040	0.482	0.682	54.315
中国南方电网有限责任公司	1930.409	99.755	0.134	0.104	0.513	20.501
内蒙古电力(集团)有限责任公司	255.577	99.772	0.082	0.743	1.639	17.031

三、按投运时间分析

2019 年，全国架空线路投运时间在 5 年以上、10 年以内的数量最多，达到 2732.377 百千米。可用系数较好的是 20 年以上架空线路，可用系数 99.624%。非计划停运率最低的是 5 年以内的架空线路，非计划停运率 0.061 次 / 百千米年。2019 年不同投运时间架空线路可靠性指标情况见表 4-39、图 4-16 和图 4-17。

表 4-39 2019 年不同投运时间架空线路可靠性指标

投运时间 (年)	电压等级	长度 (百千米)	可用系数 (%)	计划停运率 (次 / 百千米年)	非计划停运率 (小时 / 百千米年)
< 5	综合	2544.859	99.450	0.570	0.061
	220	1394.882	99.776	0.768	0.081
	330	106.001	98.622	0.501	0.050
	500	692.795	99.644	0.385	0.050
5-10	综合	2732.377	99.427	0.683	0.081
	220	1679.229	99.714	0.900	0.096
	330	100.699	99.538	0.469	0.056
	500	581.441	99.563	0.466	0.085
10-20	综合	2410.938	99.445	0.755	0.112
	220	1325.768	99.639	1.014	0.119
	330	91.395	99.471	0.389	0.054
	500	954.823	99.182	0.452	0.112
≥ 20	综合	554.566	99.624	0.614	0.101
	220	428.038	99.749	0.724	0.107
	330	16.414	99.838	0.168	0.000
	500	110.113	99.106	0.262	0.090

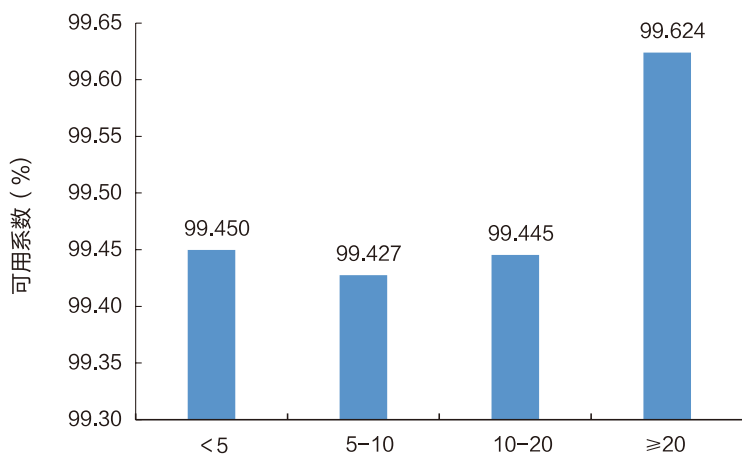


图 4-16 2019 年不同投运时间架空线路可用系数对比

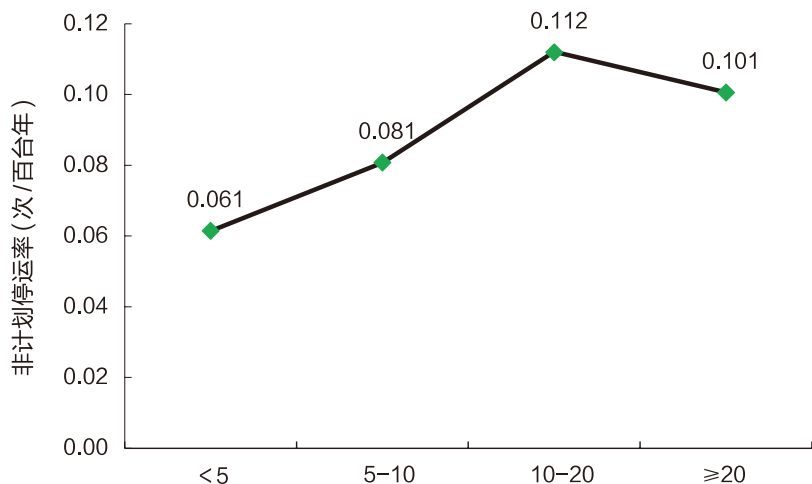


图 4-17 2019 年不同投运时间架空线路非计划停运率对比

四、计划停运、非计划停运影响可用系数比较

2019 年，架空线路可用系数同比上升 0.125 个百分点。计划停运影响可用系数占比为 98.776%，同比上升 3.386 个百分点。非计划停运影响可用系数占比为 1.224%，同比年下降 3.386 个百分点。2018 年、2019 年架空线路计划停运、非计划停运影响可用系数比较见表 4-40。

表 4-40 2018、2019 年架空线路计划停运、非计划停运影响可用系数比较

指标	年份	架空线路
可用系数 %	2018	99.328
	2019	99.453
	比较	0.125
计划停运影响可用系数占比 %	2018	95.390
	2019	98.776
	比较	3.386
非计划停运影响可用系数占比 %	2018	4.610
	2019	1.224
	比较	-3.386

五、非计划停运事件分析

2019 年，架空线路共发生非计划停运 694 次，同比增加 109 次。其中 220kV471 次，同比增加 118 次；330kV16 次，同比增加 4 次；500kV199 次，同比减少 5 次；750kV2 次，同比减少 4 次；800kV4 次，同比减少 1 次；1000kV2 次，同比增加 2 次；

400kV、660kV 架空线路 2019 年未发生非计划停运。2019 年累计非计划停运 0.554 小时 / 百千米年，同比减少 1.885 小时 / 百千米年。

（一）按停运时间分析

2019 年，全国架空线路发生 694 次非计划停运，按停运时间分析情况见表 4-41。

表 4-41 2019 年架空线路非计划停运按停运时间分级分析情况

架空线路非计划停运时间（小时）	非停次数（次）
< 1	325
1-5	224
5-100	134
100-300	8
≥ 300	3
各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含	

2019 年全国架空线路发生 100 小时以上非计划停运事件 11 次，典型事件如下：

2019 年 4 月，内蒙古电力公司内蒙古超高压供电局 500kV 丰丰线由于继电保护停用导致母联故障范围扩大，发生 1 次第一类非计划停运，非停时间 584.4 小时。

2019 年 2 月，国网湖州供电公司安仁 5827 线、安和 5828 线因冰灾导致线路断线，各发生 1 次第一类非计划停运，非停时间分别为 559.183 小时。

2019 年 1 月，南网三亚市供电局 220kV 崖塘线因设备老化发生 1 次第三类非计划停运，非停时间 198.95 小时。

（二）按部件因素分析

2019 年，导线、绝缘子、金具分别是引起架空线路非计划停运的前三位部件因素，分别引起非计划停运 537 次、74 次、23 次。分电压等级来看，引起 220kV 架空线路非计划停运的主要部件是导线（345 次）、绝缘子（59 次）、金具（27 次）；引起 330kV 架空线路非计划停运的主要部件是导线（11 次）、绝缘子（2 次）；引起 500kV 架空线路非计划停运的主要部件是导线（175 次）、绝缘子（12 次）、架空地线（7 次）；引起 750kV 架空线路 2 次非计划停运的部件是导线（1 次）、绝缘子（1 次）；引起 800kV 架空线路 4 次非计划停运的部件均为导线（4 次）；引起 1000kV 架空线路 2 次非计划停运的部件均为导线。2019 年各电压等级架空线路非计划停运按部件分类情况见表 4-42、表 4-43、表 4-44、表 4-45、表 4-46、表 4-47 和表 4-48。

表 4-42 2019 年 220kV 架空线路非计划停运按部件分类

非计划停运部件	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	345	1800.800	59.945
绝缘子	59	528.000	17.576
金具	27	119.000	3.961
铁塔	9	149.017	4.960
架空地线	8	28.450	0.947
木杆	4	55.617	1.851
接地装置	3	1.333	0.044
砼杆	2	0.033	0.001
其它	14	321.833	10.713

表 4-43 2019 年 330kV 架空线路非计划停运按部件分类

非计划停运部件	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	11	19.917	15.645
绝缘子	2	14.300	11.233
铁塔	2	24.767	19.455
架空地线	1	68.317	53.666

表 4-44 2019 年 500kV 架空线路非计划停运按部件分类

非计划停运部件	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	175	2054.867	71.195
绝缘子	12	59.833	2.073
架空地线	7	133.383	4.621
铁塔	2	0.050	0.002
继电保护	1	584.400	20.248
金具	1	5.333	0.185
拉线	1	48.383	1.676

表 4-45 2018 年 750kV 架空线路非计划停运按部件分类

非计划停运部件	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 (%)
绝缘子	1	3.500	64.024
导线	1	1.967	35.975

表 4-46 2019 年 800kV 架空线路非计划停运按部件分类

非计划停运部件	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	4	76.783	100

表 4-47 2019 年 1000kV 架空线路非计划停运按部件分类

非计划停运部件	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	2	2.7833	100

表 4-48 2019 年 220kV 及以上架空线路非计划停运按部件分类

非计划停运部件	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	538	3957.117	64.842
绝缘子	74	605.633	9.924
金具	28	124.333	2.037
架空地线	16	230.150	3.771
铁塔	13	173.833	2.848
木杆	4	55.617	0.911
接地装置	3	1.333	0.022
砼杆	2	0.033	0.001
继电保护	1	584.400	9.576
拉线	1	48.383	0.793
其它	14	321.833	5.274

(三) 按责任因素分析

2019 年，自然灾害、气候因素、外力损坏是造成架空线路非计划停运的前三位责任原因，分别引起非计划停运 221 次、183 次、139 次。分电压等级来看，引起 220kV 架空线路非计划停运的主要责任原因是气候因素（124 次）、自然灾害（110 次）、外力损坏（100 次）；引起 330kV 架空线路非计划停运的主要责任原因是外力损坏（7 次）、自然灾害（6 次）、动物事故（2 次）；引起 500kV 架空线路非计划停运的主要责任原因是自然灾害（100 次）、气候因素（56 次）、外力损坏（31 次）；引起 750kV 架空线路非计划停运的主要责任原因是自然灾害（2 次）；引起 800kV 架空线路非计划停运的主要责任原因是自然灾害（2 次）、气候因素（1 次）、外力损坏（1 次）；引起 1000kV 架空线路非计划停运的主要责任原因是自然灾害（1 次）、气候因素（1 次）。2019 年各电压等级架空线路非计划停运按责任原因分类

情况见表 4-49、表 4-50、表 4-51、表 4-52、表 4-53、表 4-54 和表 4-55。

表 4-49 2019 年 220kV 架空线路非计划停运按责任原因分类

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	124	468.650	15.600
自然灾害	110	559.650	18.630
外力损坏	100	461.717	15.370
运行不当	37	237.683	7.912
动物事故	18	153.317	5.104
设备老化	18	306.567	10.205
产品质量不良	16	220.283	7.333
施工安装不良	14	251.967	8.387
检修质量不良	8	8.333	0.277
规划、设计不周	6	111.950	3.727
电力系统影响	2	3.817	0.127
待查	18	220.150	7.328

表 4-50 2019 年 330kV 架空线路非计划停运按责任原因分类

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	7	36.517	28.686
自然灾害	6	88.883	69.822
动物事故	2	0.050	0.039
气候因素	1	1.850	1.453

表 4-51 2019 年 500kV 架空线路非计划停运按责任原因分类

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	100	1821.133	63.097
气候因素	56	768.150	26.614
外力损坏	31	49.217	1.705
运行不当	4	39.833	1.380
产品质量不良	3	166.500	5.769
电力系统影响	2	35.300	1.223
检修质量不良	1	4.483	0.155
施工安装不良	1	1.617	0.056
待查	1	0.017	0.001

表 4-52 2019 年 750kV 架空线路非计划停运按责任原因分类

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	2	2.733	100

表 4-53 2019 年 800kV 架空线路非计划停运按责任原因分类

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	2	47.433	61.776
气候因素	1	20.583	26.807
外力损坏	1	8.767	11.417

表 4-54 2019 年 1000kV 架空线路非计划停运按责任原因分类

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	1	0.417	14.970
气候因素	1	2.367	85.031

表 4-55 2019 年 220kV 及以上架空线路非计划停运按责任原因分类

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	221	2522.983	41.342
气候因素	183	1261.600	20.673
外力损坏	139	556.217	9.114
运行不当	41	277.517	4.547
动物事故	20	153.367	2.513
产品质量不良	19	386.783	6.338
设备老化	18	306.567	5.023
施工安装不良	15	253.583	4.155
检修质量不良	9	12.817	0.210
规划、设计不周	6	111.950	1.834
电力系统影响	4	39.117	0.641
待查	19	220.167	1.804

第六节 我国与北美 NERC 三类主要设施指标对比

选取我国 2019 年 220kV、500kV 电压等级变压器、架空线路、电缆线路三类主要设施与 2018 年北美 NERC 相近电压等级 200-299kV、400-599kV 设施进行对比。

从变压器、架空线路、电缆线路三类设施的指标比对情况来看，我国变压器、架空线路和电缆线路的规模远大于北美 NERC。受计划停运等影响，我国变压器、架空线路、电缆线路三类设施的可用系数普遍低于北美 NERC。其中我国 220kV 等级变压器、架空线路和电缆的可用系数比北美 NERC 分别低 0.191、0.215、0.005 个百分点，500kV 等级变压器、架空线路和电缆的可用系数分别低 0.323、0.522、0.693 个百分点。2019 年中国与 2018 年北美 220kV、500kV 等级三类设施数量和可用系数对比见表 4-56、表 4-57、图 4-18 和图 4-19。

表 4-56 2019 年我国三类输变电设施构成及总量

设施类型	电压等级 (kV)	设施总数
变压器	220	12254 台
	500	5467 台
架空线路	220	482851 千米
	500	233946 千米
电缆线路	220	6548 千米
	500	153 千米

表 4-57 2018 年北美 NERC 三类输变电设施构成及总量

设施类型	电压等级 (kV)	设施总数
变压器	200-299	2325 台
	400-599	694 台
架空线路	200-299	177666 千米
	400-599	55875 千米
电缆线路	200-299	1029 千米
	400-599	137 千米

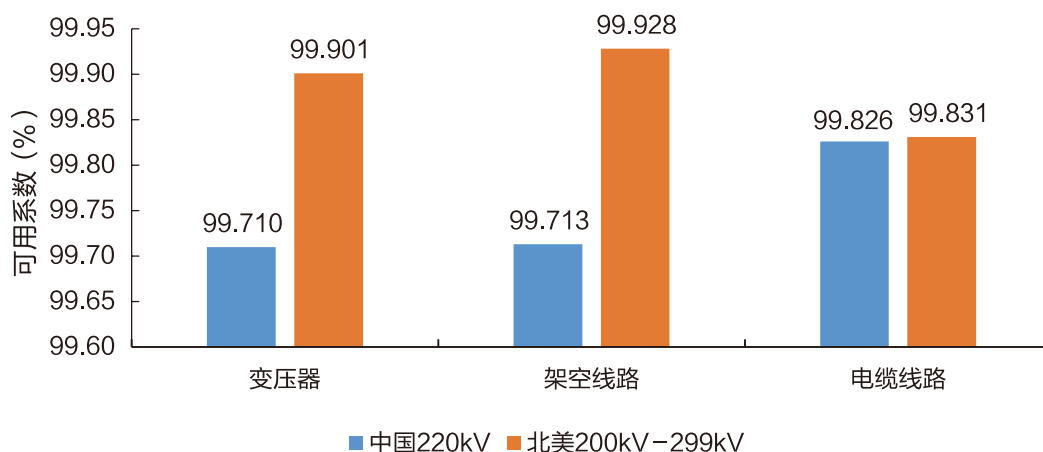


图 4-18 我国 2019 年与北美 2018 年 220kV 等级三类设施可用系数对比

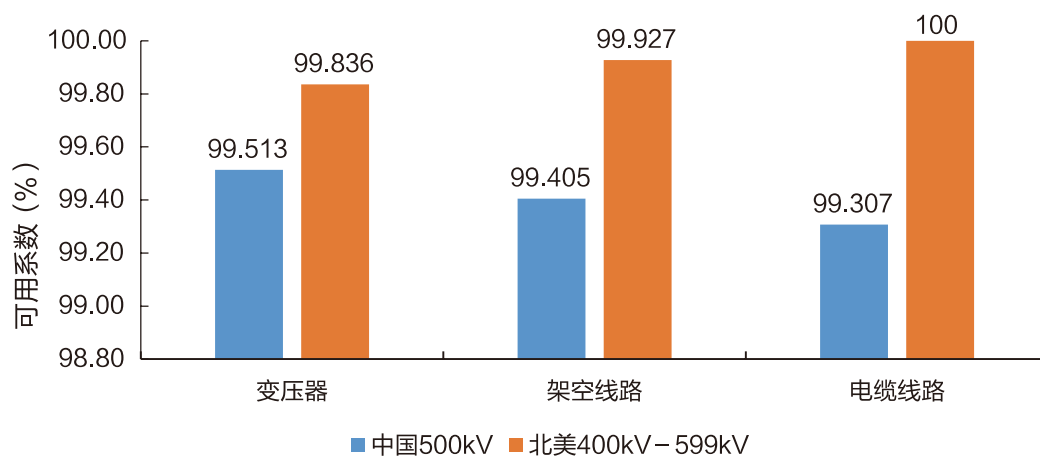


图 4-19 我国 2019 年与北美 2018 年 500kV 等级三类设施可用系数对标

第五章 2019 年全国直流输电系统运行可靠性

第一节 直流输电系统总体情况

2019 年，全国纳入可靠性管理的直流输电系统 36 个，包括 16 个点对点超高压直流输电系统³、14 个点对点特高压直流输电系统和 6 个背靠背直流输电系统。额定输送容量总计 167624 兆瓦，线路总长度达到 41172.21 千米。2019 年纳入可靠性管理的直流输电系统基本情况见表 5-1。

表 5-1 2019 年纳入可靠性管理的直流输电系统基本情况

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 极 II	1989-9-1 1990-8-1	±500	582 582	1110.05	国家 电网
2	天广直流 输电系统	极 I 极 II	2000-12-26 2001-6-26	±500	900 900	963	南方 电网
3	龙政直流 输电系统	极 I 极 II	2003-6-1 2003-6-1	±500	1500 1500	860.44	国家 电网
4	江城直流 输电系统	极 I 极 II	2004-6-1 2004-6-1	±500	1500 1500	940.72	国家 电网
5	高肇直流 输电系统	极 I 极 II	2004-9-24 2004-5-31	±500	1500 1500	891	南方 电网
6	宜华直流 输电系统	极 I 极 II	2006-12-1 2006-12-1	±500	1500 1500	1048.51	国家 电网
7	兴安直流 输电系统	极 I 极 II	2007-12-3 2007-6-21	±500	1500 1500	1194	南方 电网
8	德宝直流 输电系统	极 I 极 II	2010-4-21 2010-4-21	±500	1500 1500	534.34	国家 电网
9	伊穆直流 输电系统	极 I 极 II	2010-9-30 2010-9-30	±500	1500 1500	906.49	国家 电网
10	银东直流 输电系统	极 I 极 II	2011-3-25 2011-3-25	±660	2000 2000	1334.01	国家 电网
11	林枫直流 输电系统	极 I 极 II	2011-5-2 2011-5-2	±500	1500 1500	978.4	国家 电网

3 永富直流 2016 年投运，2019 年首次纳入可靠性管理。

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
12	柴拉直流 输电系统	极 I 极 II	2012-6-10 2012-6-10	±400	300 300	1033.6	国家 电网
13	牛从甲直流 (溪洛渡-广东)	极 I 极 II	2014-4-11 2013-10-12	±500	1600 1600	1224.69	南方 电网
14	牛从乙直流 (溪洛渡-广东)	极 I 极 II	2014-6-29 2014-6-29	±500	1600 1600	1224.69	南方 电网
15	金中直流 输电系统	极 I 极 II	2016-6-18 2016-6-18	±500	1600 1600	1105.091	南方 电网
16	永富直流 输电系统	极 I 极 II	2016-6-30 2016-6-30	±500	1500 1500	577	南方 电网
点对点特高压直流输电系统							
17	楚穗直流 输电系统	极 I 极 II	2010-6-18 2009-12-28	±800	2500 2500	1374	南方 电网
18	复奉直流 输电系统	极 I 极 II	2010-7-26 2010-7-26	±800	3200 3200	1891.3	国家 电网
19	锦苏直流 输电系统	极 I 极 II	2012-7-19 双极低端投运 2012-12-6 全面投运	±800	3600 3600	2057.86	国家 电网
20	天中直流 输电系统	极 I 极 II	2014-1-25 2014-1-25	±800	4000 4000	2210	国家 电网
21	宾金直流 输电系统	极 I 极 II	2014-7-3 2014-7-3	±800	4000 4000	1705	国家 电网
22	普侨直流 输电系统	极 I 极 II	2015-5-30 2014-1-29	±800	2500 2500	1412.38	南方 电网
23	灵绍直流 输电系统	极 I 极 II	2016-8-24 2016-8-24	±800	4000 4000	1720	国家 电网
24	祁韶直流 输电系统	极 I 极 II	2017-6-23 2017-6-23	±800	4000 4000	2383	国家 电网
25	雁淮直流 输电系统	极 I 极 II	2017-6-30 2017-6-30	±800	5000 5000	1119	国家 电网
26	鲁固直流 输电系统	极 I 极 II	2018-1-1 2018-1-1	±800	5000 5000	1234	国家 电网
27	锡泰直流 输电系统	极 I 极 II	2018-1-1 2018-1-1	±800	5000 5000	1620	国家 电网
28	新东直流 输电系统	极 I 极 II	2018-5-28 2018-5-28	±800	2500 2500	1957.64	南方 电网
29	昭沂直流 输电系统	极 I 极 II	2019-1-1 2019-1-1	±800	10000	1238	国家 电网
30	吉泉直流 输电系统	极 I 极 II	2019-7-1 2019-7-1	±1100	12000	3324	国家 电网

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
背靠背直流输电系统							
31	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		
32	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		
33	黑河背靠 背换流站	单元 I	2012-1-7	±125	750	0	国家 电网
34	鲁西背靠背换流 站	单元 I	2016-6-30	±160	1000	0	南方 电网
		单元 II	2016-8-29	±350	1000		
		单元 III	2017-6-30	±160	1000		
35	宜昌柔性直流 背靠背换流站 渝鄂直流北通道	单元 I	2019-6-1	±400	1250	0	国家 电网
		单元 II	2019-6-1		1250		
36	施州柔性直流 背靠背换流站 渝鄂直流南通道	单元 I	2019-6-1	±400	1250	0	国家 电网
		单元 II	2019-6-1		1250		

第二节 可靠性指标总体情况

2019 年，全国直流输电系统运行情况平稳，33 个系统⁴能量可用率⁵为 86.165%，同比下降 5.893 个百分点；能量利用率为 46.44%，同比上升 2.33 个百分点；共发生强迫停运 32 次，同比减少 3 次。具体指标见表 5-2。

表 5-2 2018 年、2019 年全国纳入可靠性统计的直流输电系统可靠性指标

可靠性指标	年份	直流系统类型			合计
		点对点超高压	点对点特高压	背靠背	
系统数量 (个)	2018 年	15	11	4	30
	2019 年	16	13	4	33
额定输送容量 (兆瓦)	2018 年	41164	85600	7860	134624
	2019 年	44164	98600	7860	150624
能量可用率 (%)	2018 年	96.321	89.768	96.216	92.148
	2019 年	93.589	82.083	95.662	86.165

⁴ 2019 年新投运直流系统（吉泉直流、宜昌柔性直流背靠背换流站、施州柔性直流背靠背换流站），运行时间不满一年，未参与本报告中可靠性指标的计算和分析。

⁵ 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合计指标计算方法为各系统指标按照额定输送容量加权计算。

可靠性指标	年份	直流系统类型			合计
		点对点超高压	点对点特高压	背靠背	
强迫停运次数 (次)	2018 年	18	13	4	35
	2019 年	17	13	2	32
强迫能量不可用率 (%)	2018 年	0.158	1.486	0.041	0.996
	2019 年	0.180	0.239	0.039	0.211
计划能量不可用率 (%)	2018 年	3.520	8.745	3.743	6.855
	2019 年	6.231	17.678	4.299	13.624
总输送电量 (亿千瓦时)	2018 年	1988.77	2784.62	428.75	5202.14
	2019 年	2148.08	3333.48	419.24	5900.79
能量利用率 (%)	2018 年	55.15	37.14	62.27	44.11
	2019 年	55.52	38.59	60.89	46.44

一、点对点超高压直流输电系统可靠性指标

(一) 能量可用率与强迫停运次数

2019 年, 纳入可靠性统计的 16 个点对点超高压直流输电系统合计能量可用率为 93.589%, 同比下降 2.732 个百分点; 强迫能量不可用率为 0.180%, 同比上升 0.022 个百分点; 计划能量不可用率为 6.231%, 同比上升 2.801 个百分点; 强迫停运次数为 17 次, 同比减少 1 次。其中, 高肇系统能量可用率最高, 为 99.676%; 江城系统最低, 为 74.219%。江城、伊穆、银东、牛从甲、牛从乙、金中系统的强迫能量不可用率最低, 为 0%; 葛南系统最高, 为 1.008%。高肇系统的计划能量不可用率最低, 为 0.321%; 江城系统最高, 为 25.781%。

与 2018 年相比, 葛南、龙政、江城、宜华、德宝、银东、林枫、牛从甲、牛从乙系统的能量可用率分别下降 6.834、4.305、18.566、2.354、4.659、0.809、7.723、2.229、2.500 个百分点; 天广、高肇、兴安、伊穆、柴拉、金中系统分别上升 3.970、2.833、0.214、0.060、0.792、1.272 个百分点。

2019 年, 16 个点对点超高压直流输电系统全年未发生双极强迫停运, 同比减少 2 次; 发生单极强迫停运 17 次, 同比增加 1 次。其中江城、伊穆、银东、牛从乙、金中 5 个系统全年未发生单极强迫停运, 葛南系统单极强迫停运次数最多, 为 5 次。具体指标见表 5-3。

表 5-3 2019 年点对点超高压直流输电系统指标

系统	能量可用率 (%)	强迫能量不可用率 (%)	计划能量不可用率 (%)	单极强迫停运		双极强迫停运	
				次数	小时	次数	小时
葛南	91.819	1.008	7.173	5	176.67	0	0
天广	98.138	0.012	1.850	1	2.15	0	0
龙政	91.095	0.120	8.785	2	21.10	0	0
江城	74.219	0	25.781	0	0	0	0
高肇	99.676	0.003	0.321	1	0.55	0	0
宜华	92.188	0.308	7.505	1	53.90	0	0
兴安	96.306	0.037	3.657	1	6.45	0	0
德宝	90.841	0.784	8.375	2	137.37	0	0
伊穆	97.419	0	2.581	0	0	0	0
银东	94.929	0	5.071	0	0	0	0
林枫	91.718	0.040	8.242	1	7.08	0	0
柴拉	90.554	0.014	9.432	1	2.42	0	0
牛从甲	96.629	0	3.370	1	0.02	0	0
牛从乙	95.856	0	4.145	0	0	0	0
金中	97.790	0	2.210	0	0	0	0
永富	95.470	0.961	3.569	1	168	0	0
合计	93.589	0.180	6.231	17	575.70	0	0

(二) 能量输送情况

2019 年, 16 个点对点超高压直流输电系统总输送电量 2148.08 亿千瓦时, 同比增加 159.30 亿千瓦时; 能量利用率为 55.52%, 同比提高了 0.37 个百分点。其中银东系统能量利用率最高, 为 88.76%, 柴拉系统能量利用率最低, 为 36.49%。

与 2018 年相比, 葛南、江城、宜华、德宝、伊穆、林枫、牛从甲、牛从乙系统的能量利用率分别下降了 5.08、3.33、3.19、9.78、2.08、6.35、1.44、3.36 个百分点; 天广、龙政、高肇、兴安、银东、柴拉、金中系统分别上升了 0.06、10.94、7.22、17.73、1.16、4.13、12.98 个百分点; 永富系统今年第一次纳入管理统计。具体指标见表 5-4。

表 5-4 2019 年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	57.594	56.48
天广	1800	69.984	44.38
龙政	3000	108.615	41.33
江城	3000	161.327	61.39
高肇	3000	143.988	54.79
宜华	3000	97.226	37.00
兴安	3000	194.598	74.05
德宝	3000	152.004	57.84
伊穆	3000	146.972	55.93
银东	4000	311.020	88.76
林枫	3000	103.796	39.50
柴拉	600	19.181	36.49
牛从甲	3200	155.019	55.30
牛从乙	3200	153.250	54.67
金中	3200	167.608	59.79
永富	3000	105.899	40.30
合计	44164	2148.079	55.52

(三) 换流站可靠性指标

2019 年,肇庆站的能量可用率最高,为 99.898%;江陵站的能量可用率最低,为 76.021%。江陵站的计划能量不可用率最高,为 23.979%。南桥站的强迫能量不可用率最高,为 1.008%。

2019 年,点对点超高压直流输电系统中各换流站发生强迫停运 11 次,均为单极强迫停运,同比增加 6 次。各换流站具体指标见表 5-5。

表 5-5 2019 年点对点超高压直流输电系统换流站指标

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	94.868	0	5.132	0	0	0
南桥换流站	91.923	1.008	7.069	4	0	4
天生桥换流站	98.605	0	1.395	0	0	0
广州换流站	99.534	0	0.466	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
龙泉换流站	92.184	0.111	7.705	1	0	1
政平换流站	98.921	0	1.079	0	0	0
江陵换流站	76.021	0	23.979	0	0	0
鹅城换流站	90.999	0	9.001	0	0	0
高坡换流站	99.843	0	0.157	0	0	0
肇庆换流站	99.898	0	0.102	0	0	0
宜都换流站	92.505	0	7.495	0	0	0
华新换流站	92.210	0.308	7.482	1	0	1
兴仁换流站	96.581	0.037	3.382	1	0	1
宝安换流站	99.619	0	0.381	0	0	0
德阳换流站	91.091	0.680	8.229	1	0	1
宝鸡换流站	96.677	0.104	3.219	1	0	1
伊敏换流站	97.419	0	2.581	0	0	0
穆家换流站	97.419	0	2.581	0	0	0
银东换流站	95.599	0	4.401	0	0	0
胶东换流站	95.695	0	4.305	0	0	0
团林换流站	91.828	0	8.172	0	0	0
枫泾换流站	95.406	0.040	4.553	1	0	1
柴达木换流站	94.649	0	5.351	0	0	0
拉萨换流站	90.568	0	9.432	0	0	0
从西换流站（甲）	96.900	0	3.100	0	0	0
牛寨换流站（甲）	96.774	0	3.226	0	0	0
从西换流站（乙）	96.330	0	3.670	0	0	0
牛寨换流站（乙）	96.460	0	3.540	0	0	0
金官换流站	98.781	0	1.219	0	0	0
桂中换流站	97.724	0	2.276	0	0	0
合计强迫停运次数				11	0	11

二、点对点特高压直流输电系统可靠性指标

（一）能量可用率与强迫停运次数

2019年，纳入电力可靠性统计的13个点对点特高压直流输电系统合计能量可用率为82.083%，同比下降7.685个百分点；强迫能量不可用率为0.239%，同比下降1.247个百分点；计划能量不可用率为17.678%，同比上升8.933个百分点；全年共发生强迫停运13次，与上年持平，其中，发生单极强迫停运5次，未发生双

极强迫停运。新东系统的能量可用率最高，为100%；昭沂系统最低，为57.083%。新东系统的强迫不可用率和计划不可用率均为最低，都为0%；昭沂系统均最高，分别为1.287%、40.912%。

与2018年相比，复奉、锦苏、普桥、灵绍、祁韶、雁淮、鲁固、锡泰系统的能量可用率分别下降0.624、1.628、5.197、4.786、6.393、1.048、16.750、39.459个百分点；楚穗、天中、宾金系统的能量可用率分别上升0.519、26.722、0.876个百分点。

2019年，13个点对点特高压直流输电系统均未发生双极强迫停运，同比减少1次；单极强迫停运5次，同比增加3次，其中，宾金系统2次，楚穗系统、雁淮系统和锡泰系统各1次。具体指标见表5-6。

表5-6 2019年点对点特高压直流输电系统指标

系统	能量可用率 (%)	强迫能量不可用率 (%)	计划能量不可用率 (%)	单极强迫停运		双极强迫停运	
				次数	小时	次数	小时
楚穗	95.927	0.127	3.947	1	17.97	0	0
复奉	89.813	0	10.187	0	0	0	0
锦苏	88.608	0.037	11.355	0	0	0	0
天中	94.438	0	5.562	0	0	0	0
宾金	88.440	0.373	11.187	2	65.33	0	0
普桥	90.738	0.018	9.244	0	0	0	0
灵绍	91.339	0.536	8.125	0	0	0	0
祁韶	80.233	0	19.767	0	0	0	0
雁淮	94.283	0.131	5.587	1	7.63	0	0
鲁固	67.397	0	32.603	0	0	0	0
锡泰	60.541	0.141	39.318	1	24.75	0	0
新东	100	0	0	0	0	0	0
昭沂	57.802	1.287	40.912	0	0	0	0
合计	82.083	0.239	17.678	5	115.68	0	0

(二) 能量输送情况

2019年，纳入可靠性统计的点对点特高压直流输电系统有13个，同比增加2个；总输送电量3560.07亿千瓦时，同比增加775.45亿千瓦时；能量利用率41.22%，同比上升4.08个百分点；其中楚穗系统能量利用率最高，为64.56%，锡泰系统能量利用率最低，仅13.56%。具体指标见表5-7。

表 5-7 2019 年纳入可靠性统计的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 (%)
楚穗	5000	282.76	64.56
复奉	6400	301.79	53.83
锦苏	7200	365.89	58.01
天中	8000	414.97	59.21
宾金	8000	340.40	48.57
普侨	5000	216.79	49.49
灵绍	8000	414.88	59.20
祁韶	8000	179.37	25.60
雁淮	8000	251.77	35.93
鲁固	10000	235.48	26.88
锡泰	10000	118.80	13.56
新东	5000	270.96	61.86
昭沂	10000	166.22	18.97
合计	98600	3333.48	38.59

(三) 各换流站可靠性指标

2019 年, 新松站和东方站的能量可用率最高, 为 100%; 锡盟站的能量可用率最低, 仅 64.334%, 其计划能量不可用率和强迫能量不可用率也最高, 分别为 35.525% 和 0.141%。

2019 年, 点对点特高压直流输电系统的换流站发生强迫停运 2 次, 均为单极强迫停运, 同比增加 2 次。各换流站具体指标见表 5-8。

表 5-8 2019 年点对点特高压直流输电系统换流站指标

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	95.927	0.127	3.947	0	0	0
穗东换流站	96.318	0.023	3.659	1	0	1
复龙换流站	92.358	0	7.642	0	0	0
奉贤换流站	90.165	0	9.835	0	0	0
锦屏换流站	92.499	0.037	7.464	0	0	0
苏州换流站	90.595	0	9.405	0	0	0
天山换流站	95.337	0	4.663	0	0	0
中州换流站	96.070	0	3.930	0	0	0
宜宾换流站	90.073	0	9.927	0	0	0

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
金华换流站	96.339	0	3.661	0	0	0
普洱换流站	91.967	0.018	8.015	0	0	0
侨乡换流站	99.355	0	0.645	0	0	0
灵州换流站	93.485	0	6.515	0	0	0
绍兴换流站	95.381	0	4.619	0	0	0
祁连换流站	88.359	0	11.641	0	0	0
韶山换流站	81.817	0	18.183	0	0	0
雁门关换流站	94.840	0.087	5.073	0	0	0
淮安换流站	94.806	0	5.194	0	0	0
扎鲁特换流站	71.365	0	28.635	0	0	0
广固换流站	74.374	0	25.626	0	0	0
锡盟换流站	64.334	0.141	35.525	1	0	1
泰州换流站	73.477	0	26.523	0	0	0
新松换流站	100	0	0	0	0	0
东方换流站	100	0	0	0	0	0
伊克昭换流站	69.381	0	30.619	0	0	0
沂南换流站	66.487	1.287	32.226	0	0	0
合计强迫停运次数				2	0	2

三、背靠背直流输电系统可靠性指标

(一) 能量可用率与强迫停运次数

2019年, 纳入可靠性统计的4个背靠背直流输电系统合计能量可用率95.662%, 同比下降0.554个百分点; 强迫能量不可用率0.039%, 同比下降0.002个百分点; 计划能量不可用率4.299%, 同比上升0.556个百分点。其中, 鲁西换流站的能量可用率最高, 为96.292%; 黑河换流站最低, 为94.564%。灵宝、高岭、黑河换流站的强迫能量不可用率均最低, 为0%; 鲁西换流站最高, 为0.102%。鲁西换流站的计划不可用率最低, 为3.606%; 黑河换流站最高, 为5.436%。

2019年, 背靠背直流输电系统仅鲁西换流站发生单元强迫停运2次, 能量可用率同比上升0.361个百分点; 灵宝换流站未发生强迫停运, 能量可用率同比下降1.079个百分点; 高岭换流站未发生强迫停运, 能量可用率同比下降1.431个百分点; 黑河换流站未发生强迫停运, 能量可用率同比上升0.072个百分点。具体指标见表

5-9。

表 5-9 2019 年纳入可靠性统计的背靠背直流输电系统指标

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	95.844	0	4.156	0	0
	单元 I	97.325	0	2.675	0	0
	单元 II	95.133	0	4.867	0	0
高岭	换流站	95.240	0	4.760	0	0
	单元 I、II	96.195	0	3.805	0	0
	单元 I	97.008	0	2.992	0	0
	单元 II	95.381	0	4.619	0	0
	单元 III、IV	94.286	0	5.714	0	0
	单元 III	97.212	0	2.788	0	0
	单元 IV	91.360	0	8.640	0	0
黑河	单元 I	94.564	0	5.436	0	0
鲁西	换流站	96.292	0.102	3.606	2	26.78
	单元 I	97.537	0	2.463	0	0
	单元 II	96.853	0	3.147	0	0
	单元 III	94.487	0.306	5.207	2	26.78
背靠背换流站合计		95.662	0.039	4.299	2	26.78

(二) 能量输送情况

2019 年，纳入可靠性统计的 4 个背靠背直流输电系统总输送电量 419.235 亿千瓦时，同比减少 9.513 亿千瓦时；能量利用率 60.89%，同比下降 1.38 个百分点。其中，灵宝换流站的能量利用率最高，为 94.88%；鲁西换流站能量利用率最低，仅 31.61%。

与 2018 年相比，仅鲁西背靠背换流站的能量利用率下降，下降了 10.78 个百分点；灵宝、高岭、黑河换流站的能量利用率分别上升 3.75、5.40、1.49 个百分点。

2019 年，背靠背直流输电系统共含有 10 个单元，其中，灵宝站单元 I 能量利用率最高，为 95.69%；鲁西站单元 III 能量利用率最低，为 29.83%。与 2018 年相比，仅鲁西站三个单元的能量利用率下降，其中单元 III 下降幅度最大，下降了 27.63 个百分点；7 个单元的能量利用率上升，其中高岭站单元 I 的上升幅度最大，上升 7.81 个百分点。各换流站能量输送情况见表 5-10。

表 5-10 2019 年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	92.260	94.88
	单元 I	360	30.175	95.68
	单元 II	750	62.085	94.50
高岭	换流站	3000	217.013	82.58
	单元 I、II	1500	107.817	82.05
	单元 I	750	54.629	83.15
	单元 II	750	53.188	80.96
	单元 III、IV	1500	109.196	83.10
	单元 III	750	56.315	85.72
	单元 IV	750	52.881	80.49
黑河	单元 I	750	26.894	40.93
鲁西	换流站	3000	83.069	31.61
	单元 I	1000	56.940	32.50
	单元 II	1000		
	单元 III	1000	26.129	29.83
背靠背换流站合计		7860	419.235	60.89

第三节 强迫停运及降额运行情况

一、强迫停运情况

2019 年, 全国直流输电系统共发生 32 次强迫停运, 其中单极强迫停运 22 次、阀组强迫停运 8 次、单元强迫停运 2 次。具体情况见表 5-11。

表 5-11 2019 年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	-	-	5	176.67	0	0	-	-	5	88.33
天广	-	-	1	2.15	0	0	-	-	1	1.08
龙政	-	-	2	21.10	0	0	-	-	2	10.55
江城	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
高肇	-	-	1	0.55	0	0	-	-	1	0.28
宜华	-	-	1	53.90	0	0	-	-	1	26.95

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
兴安	-	-	1	6.45	0	0	-	-	1	3.23
德宝	-	-	2	137.37	0	0	-	-	2	68.68
伊穆	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
银东	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
林枫	-	-	1	7.08	0	0	-	-	1	3.54
柴拉	-	-	1	2.42	0	0	-	-	1	1.21
牛从甲	-	-	1	0.02	0	0	-	-	1	0.01
牛从乙	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
金中	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
永富	-	-	1	168	0	0	-	-	1	84
楚穗	1	4.20	1	17.97	0	0	-	-	2	10.03
复奉	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
锦苏	1	12.90	0	0	0	0	-	-	1	3.23
天中	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
宾金	0	0	2	65.33	0	0	-	-	2	32.67
普侨	1	3.10	0	0	0	0	-	-	1	0.78
灵绍	2	187.97	0	0	0	0	-	-	2	46.99
祁韶	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
雁淮	1	30.55	1	7.63	0	0	-	-	2	11.45
鲁固	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
锡泰	0	0	1	24.75	0	0	-	-	1	12.38
新东	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
昭沂	2	450.87	0	0	0	0	-	-	2	112.72
灵宝	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
高岭	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
黑河	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
鲁西	-	-	-	-	-	-	2	26.78	2	26.78
全国累计	8	689.58	22	691.38	0	0	2	26.78	32	544.87

与 2018 年相比, 2019 年双极强迫停运减少 3 次, 单极强迫停运增加 4 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下降。2015-2019 年强迫停运次数比较见表 5-12、图 5-1。

表 5-12 2015 -2019 年全国直流输电系统强迫停运次数比较

停运类型	指标类别	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
双极强迫停运	点对点双极数量 (个)	17	20	22	26	29
	次数 (次)	3	1	4	3	0
	平均次数 (次 / 双极 · 年)	0.18	0.05	0.182	0.115	0
单极强迫停运	点对点单极数量 (个)	34	40	44	52	58
	次数 (次)	22	27	21	18	22
	平均 (次 / 极 · 年)	0.65	0.675	0.477	0.346	0.379
单元强迫停运	背靠背单元数量 (个)	7	7	7	10	10
	次数 (次)	0	6	3	4	2
	平均次数 (次 / 单元 · 年)	0	0.857	0.429	0.400	0.200
阀组强迫停运	双阀组系统数量 (个)	5	6	7	11	13
	次数 (次)	3	9	5	10	8
	平均次数 (次 / 系统 · 年)	0.6	1.5	0.714	0.909	0.615

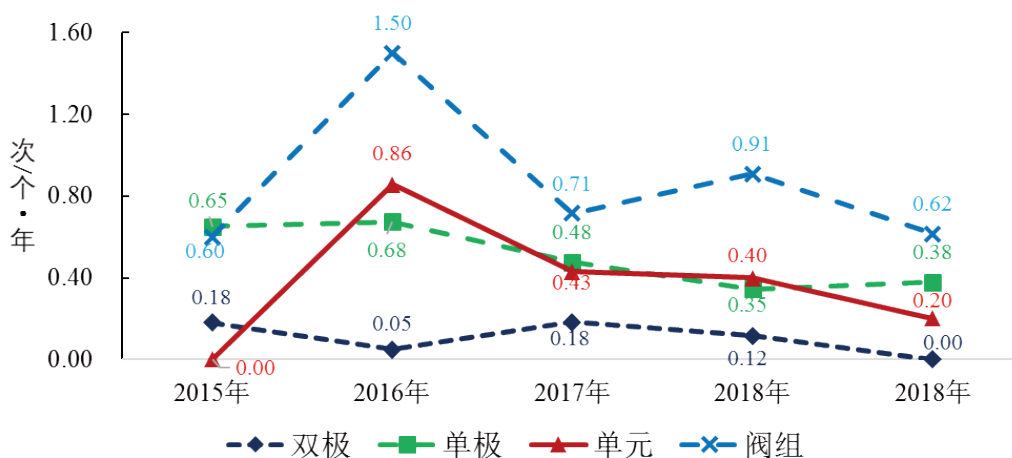


图 5-1 2015 -2019 年全国直流输电系统平均强迫停运次数

二、强迫停运主要原因分析

2019 年, 全国直流输电系统强迫停运总计 32 次, 累计等效停运时间 (以下简称等效强迫停运小时) 544.87 小时, 其中直流输电线路原因占 16.29%, 换流站原因占 83.71%。

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。影响直流输电系统强迫停运的原因，见表 5-13。

表 5-13 2019 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

系统	AC-E		V		C&P		DC-E		O		TL	
	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间
葛南	0	0	3	66.56	1	19.92	0	0	0	0	1	1.86
天广	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.08
龙政	0	0	0	0	1	9.69	0	0	0	0	1	0.86
江城	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
高肇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.28
宜华	0	0	0	0	0	0	1	26.95	0	0	0	0
兴安	0	0	1	3.23	0	0	0	0	0	0	0	0
德宝	1	9.09	0	0	0	0	1	59.59	0	0	0	0
伊穆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
银东	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
林枫	0	0	0	0	1	3.54	0	0	0	0	0	0
柴拉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.21
牛从甲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01
牛从乙	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金中	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
永富	0	0	1	84.00	0	0	0	0	0	0	0	0
楚穗	0.5	1.05	1	8.98	0	0	0	0	0	0	0	0
复奉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
锦苏	0	0	0	0	1	3.23	0	0	0	0	0	0
天中	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
宾金	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	32.67
普侨	0	0	0	0	0	0	0.5	0.78	0	0	0	0
灵绍	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	46.99
祁韶	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
雁淮	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3.82
鲁固	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
锡泰	0	0	0	0	1	12.38	0	0	0	0	0	0

系统	AC-E		V		C&P		DC-E		O		TL	
	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间
新东	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
昭沂	1	108.27	0	0	1	4.45	0	0	0	0	0	0
灵宝	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
高岭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黑河	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
鲁西	0	0	1	4.55	1	22.23	0	0	0	0	0	0
合计	2.5	118.41	7	167.32	7	83.07	2.5	87.32	0	0	11	88.76

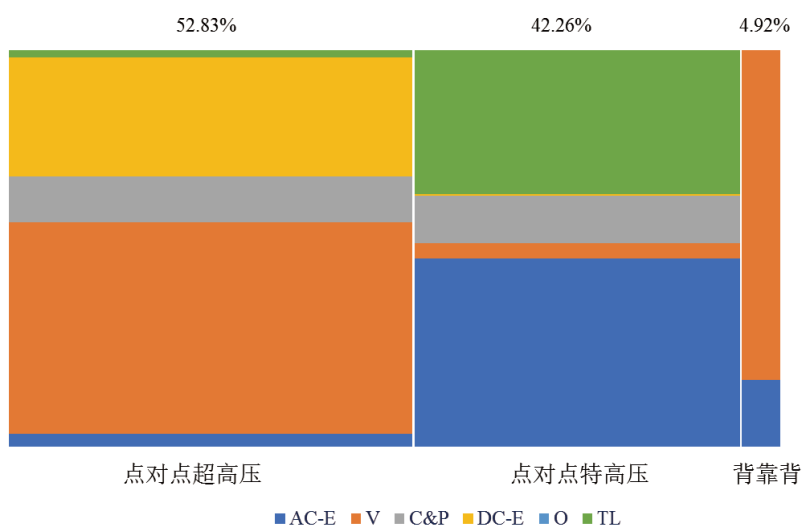
注：1. 单位：小时；2. 交流及其辅助设备（AC-E），阀设备（V），控制和保护系统（C & P），直流一次设备（DC-E），其他原因（O），直流输电线路（TL）。

2019年，全国直流输电系统由于阀设备故障导致的强迫停运比例最高，为30.71%，同比上升28.26个百分点；其次为交流及其辅助设备原因占比21.73%，同比下降56.16个百分点；直流输电线路原因占比16.29%，同比下降1.32个百分点。

2019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原因分类表5-14和图5-2。

表 5-14 2019 年三类直流输电系统累计等效强迫停运小时的原因分类

系统类型	指标	AC-E	V	C&P	DC-E	O	TL	合计
点对点超高压	时间影响百分比	1.67	28.22	6.08	15.88	0	0.97	52.83
	等效停运小时	9.09	153.78	33.15	86.54	0	5.28	287.85
点对点特高压	时间影响百分比	20.06	1.65	5.08	0.14	0	15.32	42.26
	等效停运小时	109.32	8.98	27.69	0.78	0	83.47	230.24
背靠背	时间影响百分比	0	0.84	4.08	0	0	0	4.92
	等效停运小时	0	4.55	22.23	0	0	0	26.78
全国累计	时间影响百分比	21.73	30.71	15.25	16.03	0	16.29	100
	等效停运小时	118.41	167.32	83.07	87.32	0.00	88.76	544.87



注：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），其他原因（O），直流输电线路（TL）

图 5-2 2019 年三类直流输电系统累计等效强迫停运小时分类构成

第四节 计划停运情况

2019 年，全国直流输电系统计划停运总计 239 次，其中双极计划停运 22 次、单极计划停运 101 次、阀组计划停运 97 次、单元计划停运 19 次。

2019 年，全国直流输电系统计划停运等效停运小时累计 28471.81 小时。其中时间最长的是昭沂系统，等效停运时间为 3583.86 小时；时间最短的是新东系统，未发生计划停运。具体情况见表 5-15。

表 5-15 2019 年直流输电系统计划停运情况

系统	阀组计划停运		单极停运		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	次数	等效停运小时
葛南	--	--	3	50.08	2	603.32	--	--	5	628.36
天广	--	--	2	248.32	1	37.87	--	--	3	162.02
龙政	--	--	4	1407.23	1	65.90	--	--	5	769.52
江城	--	--	6	4516.85	0	0	--	--	6	2258.42
高肇	--	--	4	37.42	1	9.43	--	--	5	28.14
宜华	--	--	3	1314.85	0	0	--	--	3	657.42
兴安	--	--	7	94.13	1	273.32	--	--	8	320.38
德宝	--	--	9	916.97	2	275.17	--	--	11	733.66

系统	阀组计划停运		单极停运		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	次数	等效停运小时
伊穆	--	--	0	0	1	226.08	--	--	1	226.08
银东	--	--	7	888.40	0	0.00	--	--	7	444.20
林枫	--	--	6	1311.90	1	66.02	--	--	7	721.97
柴拉	--	--	5	652.05	1	489.64	--	--	6	826.26
牛从甲	--	--	0	0	3	295.25	--	--	3	295.25
牛从乙	--	--	2	96.35	1	314.88	--	--	3	363.06
金中	--	--	1	4.17	2	191.50	--	--	3	193.58
永富	--	--	0	0	1	312.00	--	--	1	312.00
楚穗	0	0	4	177.83	1	256.83	--	--	5	345.75
复奉	11	910.42	3	1329.60	0	0	--	--	14	892.40
锦苏	10	3081.52	2	448.67	0	0	--	--	12	994.71
天中	26	1429.72	1	259.52	0	0	--	--	27	487.19
宾金	4	1173.98	3	1372.98	0	0	--	--	7	979.99
普侨	0	0	12	1446.22	1	86.68	--	--	13	809.79
灵绍	11	1372.88	4	623.52	1	56.73	--	--	16	711.72
祁韶	9	5794.77	0	0	1	282.92	--	--	10	1731.60
雁淮	6	320.10	4	818.73	0	0	--	--	10	489.39
鲁固	13	9222.88	3	1100.60	0	0	--	--	16	2856.02
锡泰	4	3511.65	4	5132.72	0	0	--	--	8	3444.27
新东	0	0	0	0	0	0	--	--	0	0
昭沂	3	12660.85	2	837.30	0	0	--	--	5	3583.86
灵宝	--	--	--	--	--	--	2	728.09	2	364.05
高岭	--	--	--	--	--	--	9	1667.92	9	416.98
黑河	--	--	--	--	--	--	2	476.17	2	476.17
鲁西	--	--	--	--	--	--	6	947.58	6	947.58
全国累计	97	39478.77	101	25086.40	22	3843.55	19	3819.76	239	28471.81

2019年，纳入可靠性统计的直流输电系统中，年度检修的等效停运小时最长为柴拉系统，达739.27小时；其次为锦苏系统和宜华系统，分别为692.87小时和655.44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650小时以内。天广、高肇、新东、鲁西系统全年未安排年度检修。

天广、龙政、江城、高肇、天中、普侨、灵绍、祁韶、鲁固、锡泰、新东、鲁西系统年度检修等效停运小时占计划停运等效停运小时比例低于50%；伊穆系统和灵宝系统的占比最高，均为100%。

除年度检修之外，锡泰系统其他计划停运的等效停运小时最长，达3110.23小

时；其次为鲁固、江城、祁韶、鲁西、普桥系统，分别为 2366.10 小时、1681.52 小时、1356.67 小时、947.58 小时、522 小时；其他点对点系统和背靠背换流单元的其他计划停运的等效停运小时都在 500 小时以内。

表 5-16 2019 年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	603.32	96.01	25.04
天广	0	0	0	162.02
龙政	1	18.00	2.34	751.52
江城	2	576.91	25.54	1681.52
高肇	0	0	0	28.14
宜华	1	655.44	99.70	1.98
兴安	1	282.38	88.14	38.00
德宝	1	556.30	75.83	177.36
伊穆	1	226.08	100	0
银东	1	385.49	86.78	58.71
林枫	2	564.51	78.19	157.46
柴拉	2	739.27	89.47	86.99
牛从甲	1	278.26	94.25	16.99
牛从乙	1	239.52	65.97	123.54
金中	1	177.80	91.85	15.78
永富	1	312.00	100	0
楚穗	1	256.83	74.28	88.92
复奉	1	579.52	64.94	312.89
锦苏	1	692.87	69.66	301.84
天中	1	194.64	39.95	292.55
宾金	1	618.36	63.10	361.63
普桥	1	287.52	35.51	522.28
灵绍	1	265.79	37.35	445.92
祁韶	1	374.93	21.65	1356.67
雁淮	1	409.37	83.65	80.02
鲁固	1	489.93	0.00	2366.10
锡泰	1	334.04	9.70	3110.23

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)
新东	0	0	0	0
昭沂	1	2325.13	64.88	1258.74
灵宝	1	364.05	100	0
高岭	1	227.24	54.50	189.74
黑河	1	467.50	98.18	8.67
鲁西	0	0	0	947.58
全国累计	33	13502.98	47.43	14968.83

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。

第五节 我国与国外超高压直流输电系统可靠性对比分析

2015、2016年，部分国外在运的超高压直流输电系统基本情况见表5-17。

表5-17 部分国外在运直流输电系统基本情况

系统	国家	电压等级(千伏)	类型	投运年份	额定容量(兆瓦)	线路长度(千米)
Skagerrak 1 & 2	挪威 & 丹麦	250	点对点	1976/77	550	230(130/100)
Skagerrak 3 & 4	挪威 & 丹麦	350/500	点对点	1993/15	1215	474(230/244)
Square Butte	美国	250	点对点	1977	550	749
Nelson River BP1	加拿大	450	点对点	1973//04	1855	895
Nelson River BP2	加拿大	500	点对点	1978/83	2000	940
Hokkaido-Honshu	日本	250	点对点	1979/93	600	193
CU(Great River)	美国	400	点对点	1979	1138	687
Gotland 2 & 3	瑞典	150	点对点	1983/87	320	197.5(99.5/98)
Itaipu BP1	巴西	600	点对点	1984/85	3150	785
Itaipu BP2	巴西	600	点对点	1987	3150	805
Highgate	美国	56	背靠背	1985	225	0
Virginia Smith	美国	50	背靠背	1988	200	0
Konti Skan 2	丹麦 & 瑞典	285	点对点	1988	300	147
Vindhyachal	印度	176	背靠背	1989	500	0
McNeill	加拿大	42	背靠背	1989	150	0

系统	国家	电压等级 (千伏)	类型	投运年份	额定容量 (兆瓦)	线路长度 (千米)
Fenno-Skan 1	芬兰 & 瑞典	400	点对点	1990	500	233
Fenno-Skan 2	芬兰 & 瑞典	500	点对点	2011	830	303
Rihand-Dadri	印度	500	点对点	1991	1650	814
SACOI	意大利 & 法国	200	点对点	1992	300/300/50	905 (483/422)
New Zealand Pole 2	新西兰	350	点对点	1992	500	611
New Zealand Pole 3	新西兰	350	点对点	2013	700	611
Sakuma	日本	125	背靠背	1965/93	300	0
Kontek	德国 & 丹麦	400	点对点	1998	600	170
Chandrapur	印度	205	背靠背	1998	1000	0
Minami-Fukumitsu	日本	125	背靠背	1999	300	0
SwePol	瑞典 & 波兰	450	点对点	2000	600	245
Vizag I East-South	印度	205	背靠背	2000	500	0
Vizag II East-South	印度	176	背靠背	2005	500	0
Kii Channel	日本	250	点对点	2000	1400	100
Malaysia-Thailand	马来西亚 & 泰国	300	点对点	2001	300	110
Grita	意大利 & 希腊	400	点对点	2001	500	310
Talcher-Kolar	印度	500	点对点	2003	2000	1450
Sasaram	印度	205	背靠背	2003	500	0
Higashi-Shimizu	日本	125	背靠背	2006	300	0
EstLink 1	芬兰 & 爱沙尼亚	150	点对点	2007	350	105
EstLink 2	芬兰 & 爱沙尼亚	450	点对点	2013	450	171
NorNed	挪威 & 荷兰	450	点对点	2008	700	580
Al Fadhili	沙特阿拉伯	222	背靠背	2009	1800	0
Cahora Bassa	南非 & 莫桑比克	533	点对点	1977/09	1920	1420
SAPEI	意大利	500	点对点	2009	1000	435
Caprivi	纳米比亚	350	点对点	2009	300	950
Storebaelt	丹麦	400	点对点	2010	600	56
Ballia-Bhiwadi	印度	500	点对点	2010	2500	800
WATL	加拿大	500	点对点	2016	1000	485
EATL	加拿大	500	点对点	2016	1000	350

系统	国家	电压等级 (千伏)	类型	投运年份	额定容量 (兆瓦)	线路长度 (千米)
----	----	--------------	----	------	--------------	--------------

注:

1. 投运年份和额定输送容量(最大持续输送容量)数据取自国际大电网会议报告,其他系统参数为补充信息。
2. 投运年份中“/”前年份表示初始投运年份,“/”后年份表示最近一次改建或扩建投运年份。如纳尔逊河双极1于1973年投运,当时采用的是汞弧阀,1993年极I改造为晶闸管阀,2004年极II改造为晶闸管阀,投运年份在表中表示为“1973//04”。
3. Nelson River BP1为每极3阀组串联,Nelson River BP2、Itaipu BP1、Itaipu BP2为每极双阀组串联。
4. Vindhyachal、Chandrapur为双单元背靠背系统,其他背靠背系统均为一个单元。
5. Skagerrak 3 & 4一极为柔性直流。
6. SACOI系统为三端单极系统。
7. Caprivi为柔性直流系统。

2019年,我国16个点对点超高压直流输电系统强迫停运平均1.06次,合计强迫停运率0.180%,国外同类系统2016年强迫停运平均9.74次,合计强迫停运率4.941%。我国的点对点超高压直流输电系统可靠性水平普遍好于国际同类系统。

部分国内外在运的超高压直流输电系统2015年、2016年可靠性指标比较见表5-18。

表5-18 国内外直流输电系统2015年、2016年可靠性指标比较

系统	国家	能量可用率		能量利用率		强迫停运率	
		2015	2016	2015	2016	2015	2016
Skagerrak 1 & 2	挪威 & 丹麦	-	96.5	-	35.9	-	0.52
Skagerrak 3 & 4	挪威 & 丹麦	-	97.2	-	64.3	-	0.27
Square Butte	美国	95.7	68.4	62.8	48.4	2.45	15.99
Nelson River BP1	加拿大	89.8	93.4	66.2	67.1	1.92	0.84
Nelson River BP2	加拿大	98.2	96.7	78.1	74.2	0.26	0.1
Hokkaido-Honshu	日本	94.8	96.8	16.9	20.3	0	0
CU(Great River)	美国	97.5	94.8	82.3	75.4	0.02	0.01
Gotland 2 & 3	瑞典	99.4	99.6	18.1	20.7	0.02	0.04
Itaipu BP1	巴西	91.6	97.4	69.2	77.7	6.01	0.01
Itaipu BP2	巴西	96.1	95	69.2	77.7	0	0.03
Highgate	美国	97.5	97.5	85	91.3	0.04	0
Virginia Smith	美国	74.5	92.8	6.1	4.4	12.85	1.27
Konti Skan 2	丹麦 & 瑞典	-	95.2	-	60.2	-	0.32
Vindhyachal	印度	83.7	76.5	41.5	50.3	15.5	22.87

系统	国家	能量可用率		能量利用率		强迫停运率	
		2015	2016	2015	2016	2015	2016
McNeill	加拿大	95.3	95.6	13.7	16.8	1.32	0.54
Fenno-Skan 1	芬兰 & 瑞典	97.4	98.3	95.3	92.6	0.68	0.26
Fenno-Skan 2	芬兰 & 瑞典	97.5	98.6	75.5	70.4	0	0.29
Rihand-Dadri	印度	97.1	96	80.9	69.8	0.52	0.63
SACOI	意大利 & 法国	91.3	89	45.4	60	0.85	0.82
New Zealand Pole 2	新西兰	98.8	99.2	33.1	43.9	0.09	0.01
New Zealand Pole 3	新西兰	98.9	99	23.9	32.7	0.09	0
Sakuma	日本	97.6	100	0	0	0.36	0
Kontek	德国 & 丹麦	-	89.8	-	66.8	-	0.02
Chandrapur	印度	98.3	97.2	95.8	83.2	0.87	2.49
Minami-Fukumitsu	日本	95	89.3	3.8	4.3	0	1.73
SwePol	瑞典 & 波兰	95.5	95.5	67.2	55.8	0.63	0.12
Vizag I East-South	印度	99.8	99.3	62.2	52.7	0.01	0.68
Vizag II East-South	印度	99.9	100	68.7	55.2	0.03	0
Kii Channel	日本	97.2	97.8	78.8	74.1	0	0
Malaysia-Thailand	马来西亚 & 泰国	91.6	93.5	9.7	10.2	5.01	3.29
Grita	意大利 & 希腊	72.2	71.2	51.7	53.1	0.33	1.68
Talcher-Kolar	印度	99.3	98.8	90.9	90.7	0.04	0.24
Sasaram	印度	94.4	95.5	55.9	55.9	5.62	2.33
Higashi-Shimizu	日本	94.5	96.6	50.8	52.5	0	0
EstLink 1	芬兰 & 爱沙尼亚	98.2	98.6	29.3	22.3	0.41	0.12
EstLink 2	芬兰 & 爱沙尼亚	91.1	95.7	73.1	53.8	5.04	0.02
NorNed	挪威 & 荷兰	98.7	97.8	94.3	72.7	0.04	0.08
Al Fadhili	沙特阿拉伯	98.4	98.4	6.2	8.9	0.74	0.67
Cahora Bassa	南非 & 莫桑比克	-	76.5	-	61.5	0	9.99
SAPEI	意大利	94	96	31.8	31.3	0.12	0.62
Caprivi	纳米比亚	-	98.3	-	42.8	-	0.11
Storebaelt	丹麦	-	98.7	-	78	-	0.05
Ballia-Bhiwadi	印度	98.8	96.3	13	13.6	0.05	2.64
WATL	加拿大	-	81.3	-	25.7	-	14.77

系统	国家	能量可用率		能量利用率		强迫停运率	
		2015	2016	2015	2016	2015	2016
EATL	加拿大	-	62.5	-	14.3	-	30.85
葛南	中国	94.63	84.12	46.50	45.66	0.050	0.029
天广	中国	96.59	96.76	55.65	44.01	0.069	0.141
龙政	中国	78.48	95.97	34.48	37.82	0.020	0
江城	中国	97.56	97.51	55.71	60.98	0	0
高肇	中国	99.44	99.68	67.66	57.55	0.027	0
宜华	中国	94.23	96.49	36.53	45.63	0	0.048
兴安	中国	96.52	99.15	60.03	63.70	0.004	0.005
德宝	中国	97.28	95.81	45.67	29.16	0	0
伊穆	中国	95.37	97.41	58.72	56.45	1.130	0.023
银东	中国	97.51	95.17	84.4	83.27	0.010	0.127
林枫	中国	97.66	94.10	26.65	28.21	0	0.046
柴拉	中国	90.66	90.47	16.64	27.34	1.060	0.251

第六章 2019 年全国 10 千伏供电系统 用户供电可靠性

第一节 全国供电可靠性总体情况

一、供电可靠性指标

2019 年，全国平均供电可靠率 99.843%，同比上升 0.023 个百分点；用户平均停电时间 13.72 小时 / 户，同比减少 2.03 小时 / 户；用户平均停电频率 2.99 次 / 户，同比减少 0.29 次 / 户。其中，全国城市地区平均供电可靠率 99.949%，农村地区平均供电可靠率 99.806%，城市、农村地区平均供电可靠率相差 0.143 个百分点；全国城市地区用户平均停电时间 4.50 小时 / 户，农村地区用户平均停电时间 17.03 小时 / 户，城市、农村地区用户平均停电时间相差 12.53 小时 / 户；全国城市地区用户平均停电频率 1.08 次 / 户，农村地区用户平均停电频率 3.67 次 / 户，城市、农村地区用户平均停电频率相差 2.59 次 / 户。

表 6-1 2019 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)	城市地区				农村地区 (4)	
		城市 (1+2+3)	市中心 (1)	市区 (2)	城镇 (3)		
等效总户数 (万户)	1009.96	267.04	26.53	115.05	125.47	742.91	
用户总容量 (亿千伏安)	37.25	17.70	2.54	8.42	6.73	19.55	
线路总长度 (万千米)	487.70	95.74	12.25	40.98	42.52	391.95	
架空线路绝缘化率 (%)	27.52	60.72	65.57	72.84	53.26	23.65	
线路电缆化率 (%)	17.74	56.23	78.64	65.02	41.31	8.34	
平均供电可靠率 (%)	*	99.843	99.949	99.978	99.961	99.931	99.806
	**	99.846	99.949	99.978	99.961	99.932	99.809
平均停电时间 (小时 / 户)	*	13.72	4.50	1.95	3.44	6.02	17.03
	**	13.45	4.44	1.95	3.39	5.93	16.69

可靠性指标		全口径 (1+2+3+4)	城市地区				农村地区 (4)
			城市 (1+2+3)	市中心 (1)	市区 (2)	城镇 (3)	
平均停电频率 (次/户)	*	2.99	1.08	0.48	0.83	1.44	3.67
	**	2.95	1.07	0.48	0.83	1.43	3.62
平均故障停电时间 (小时/户)	*	5.51	1.70	0.73	1.38	2.19	6.88
	**	5.24	1.63	0.72	1.33	2.10	6.53
平均预安排停电时间(小时/户)		8.21	2.81	1.23	2.06	3.82	10.15

注：1：市中心区； 2：市区； 3：城镇； 4：农村

*：剔除重大事件前指标； **：剔除重大事件后指标

二、2015-2019 年供电可靠性趋势

2015-2019 年，全国城市地区用户的平均供电可靠率保持在 99.941-99.953% 之间，用户平均停电时间保持在 4.08-5.20 小时/户之间，用户平均停电频率保持在 1.03-1.22 次/户之间。农村地区用户的平均供电可靠率保持在 99.758-99.855% 之间，用户平均停电时间保持在 12.74-21.23 小时/户之间，用户平均停电频率保持在 3.00-4.39 次/户之间。

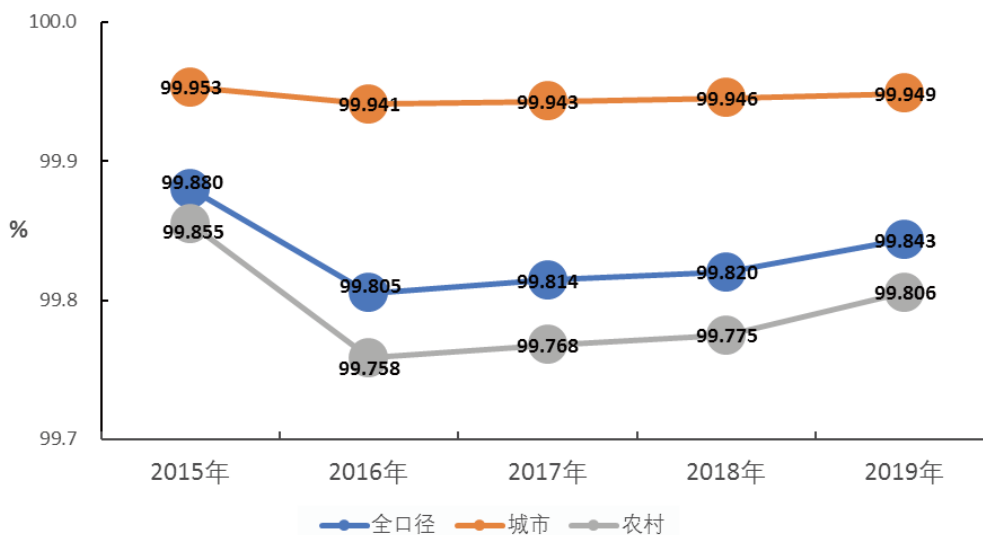


图 6-1 2015-2019 年全国供电系统平均供电可靠率变化

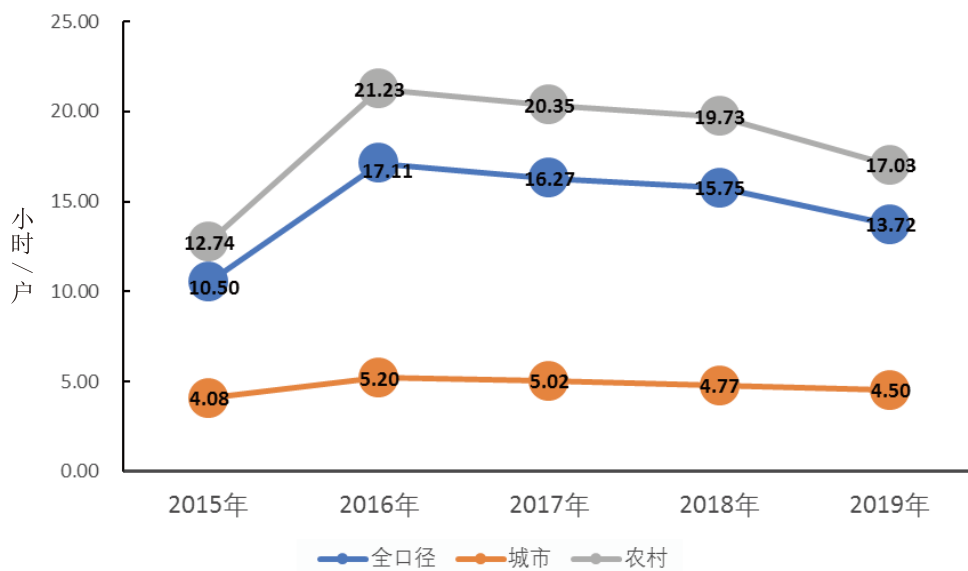


图 6-2 2015-2019 年全国供电系统平均停电时间变化

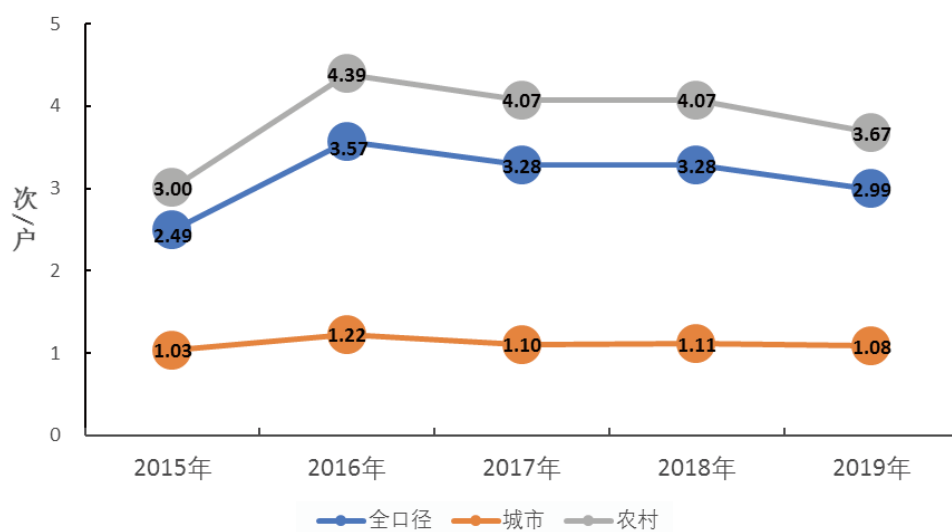


图 6-3 2015-2019 年全国供电系统平均停电频率变化

第二节 区域供电可靠性

一、用户平均停电时间

2019 年，全国六个区域中⁶，华东区域供电可靠性平均水平领先其他区域，西北区域供电可靠性平均水平明显差于其他区域。

华东、华北的全口径、城市地区和农村地区用户平均停电时间均低于全国平均值（全国各口径平均值分别为 13.72 小时 / 户、4.50 小时 / 户和 17.03 小时 / 户）。华东区域内城市与农村地区用户平均停电时间相差最小，差值 5.73 小时 / 户；西北区域内城市与农村地区用户平均停电时间相差最大，差值 20.60 小时 / 户。

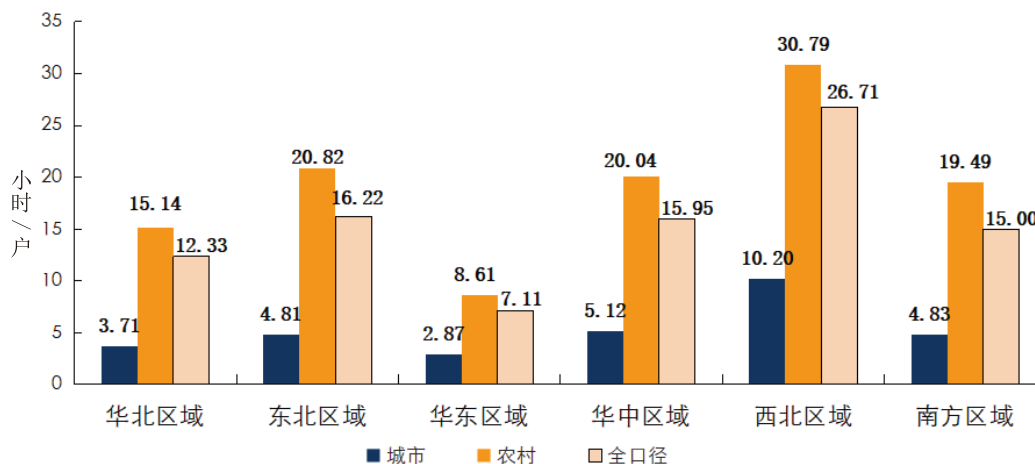


图 6-4 2019 年各区域全口径、城市地区和农村地区用户平均停电时间

二、用户平均停电频率

华东、华北的全口径、城市地区和农村地区用户平均停电频率均低于全国平均值（全国各口径平均值分别为 2.99 次 / 户、1.08 次 / 户和 3.67 次 / 户）。华东区域内城市与农村地区用户平均停电频率相差最小，差值 1.60 次 / 户；南方区域内城市与农村地区用户平均停电频率相差最大，差值 4.11 次 / 户。

⁶ 华北区域包括：北京、天津、河北、山西、山东、内蒙古；东北区域包括：黑龙江、吉林、辽宁；华东区域包括：江苏、浙江、上海、安徽、福建；华中区域包括：河南、湖北、湖南、江西、四川、重庆、西藏；西北区域包括：陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆；南方区域包括：广东、广西、云南、贵州、海南。

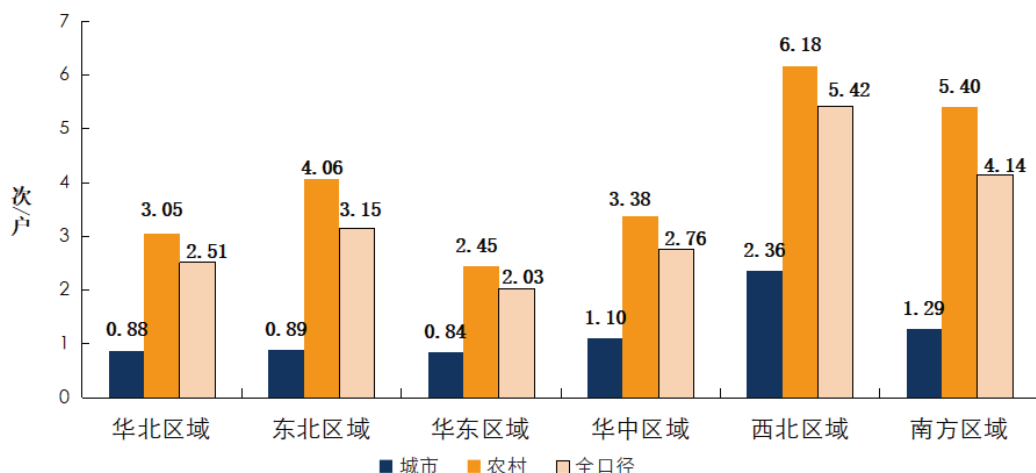


图 6-5 2019 年各区域全口径、城市地区和农村地区用户平均停电频率

第三节 省级电力企业供电可靠性

一、用户平均停电时间

36 个省级电力企业中，国网上海电力、国网北京电力、国网山东电力等 7 个企业的用户平均停电时间低于 10 小时 / 户，广西水利电业、国网西藏电力、国网新疆电力等 8 个企业的用户平均停电时间高于 20 小时 / 户。其中，国网上海电力、国网北京电力的城市地区用户平均停电时间低于 1 小时 / 户，国网西藏电力、广西水利电业、陕西地电等 5 个企业的城市地区用户平均停电时间高于 10 小时 / 户，各企业间城市地区用户平均停电时间最大相差 61.92 小时 / 户；国网上海电力、国网北京电力、国网浙江电力等 7 个企业农村地区用户平均停电时间低于 10 小时 / 户，广西水利电业、国网西藏电力、国网新疆电力等 5 个企业的农村地区用户平均停电时间高于 30 小时 / 户，各企业间农村地区用户平均停电时间最大相差 77.46 小时 / 户。

36 个省级电力企业中，32 个企业的用户平均停电时间同比减少，减少幅度超过 10% 的有 15 个企业，其中国网上海电力、国网山东电力、国网浙江电力和山西地电减少幅度超过 40%，分别为 74.37%、49.87%、45.60% 和 45.37%，用户平均停电时间分别减少 2.26 小时 / 户、5.41 小时 / 户、4.60 小时 / 户和 18.30 小时 / 户。国网新疆电力、国网西藏电力、内蒙古电力和广西水利电业的用户平均停电时间同比增加，其中国网新疆电力的增加幅度最大，同比增加了 19.51%（用户平均停电时间增加 6.58 小时 / 户）。

各省级电力企业城乡用户供电可靠性差距明显。36 个省级电力企业中，仅国网

西藏电力、陕西地电、国网上海电力和山西地电的城市和农村地区用户平均停电时间差距⁷小于 50%，分别为 4.60%、6.26%、47.27% 和 47.53%。19 个企业的城市和农村地区用户平均停电时间差距超过 70%，其中国网蒙东电力、国网湖北电力和国网湖南电力的差距较大，分别为 81.55%、80.82% 和 79.79%。

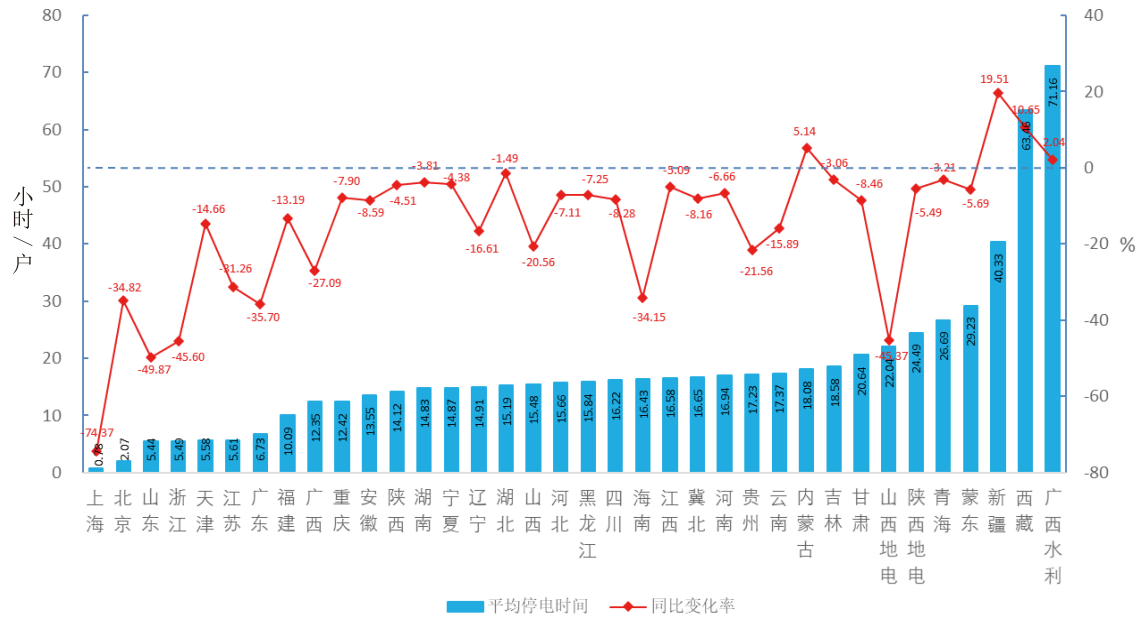


图 6-6 2019 年各省级电力企业用户平均停电时间分布（全口径）

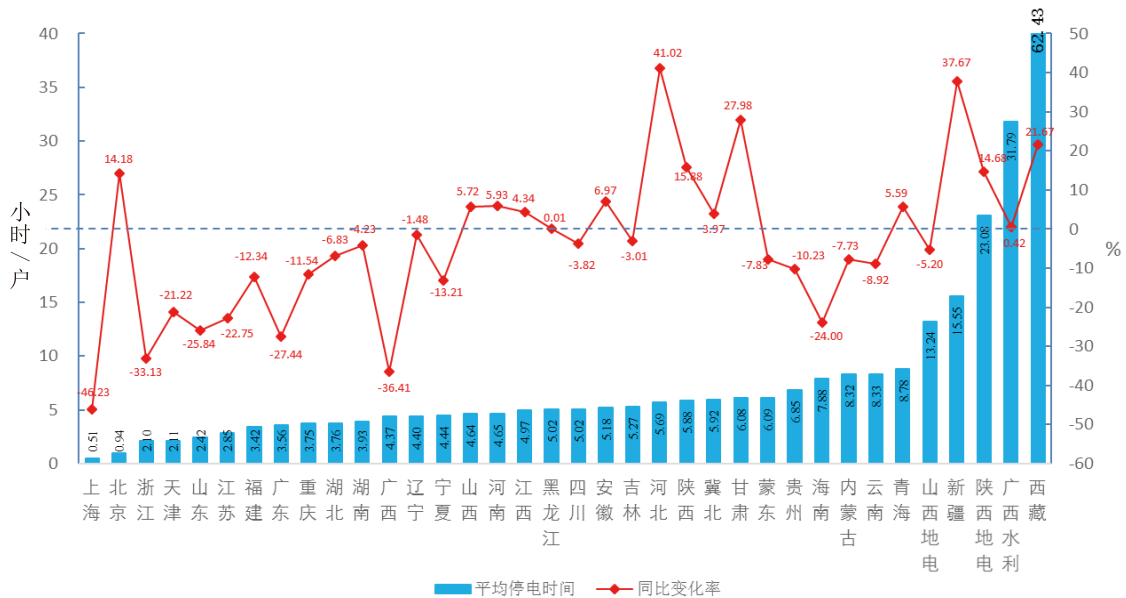


图 6-7 2019 年各省级电力企业用户平均停电时间分布（城市地区）

⁷ 城市和农村地区用户平均停电时间差距 = (农村地区用户平均停电时间 - 城市地区用户平均停电时间) / 农村地区用户平均停电时间 * 100%

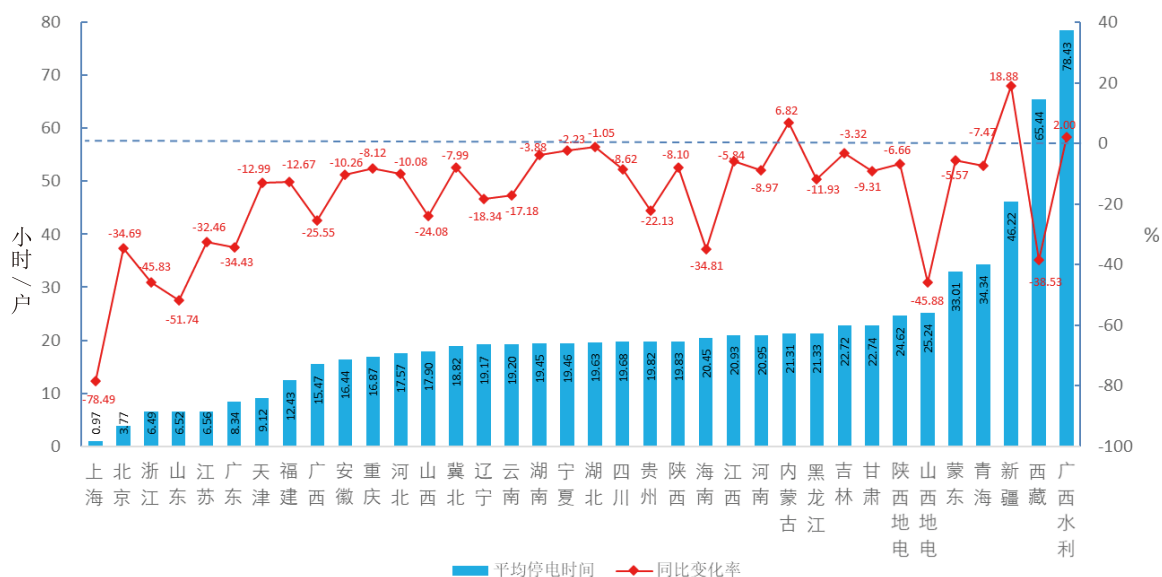


图 6-8 2019 年各省级电力企业用户平均停电时间分布（农村地区）

二、用户平均停电频率

36 个省级电力企业中，国网上海电力、国网北京电力的用户平均停电频率少于 1 次 / 户，广西水利电力、国网西藏电力、国网新疆电力等 6 个企业的用户平均停电频率高于 5 次 / 户。其中，国网上海电力、国网北京电力和国网重庆电力等 17 个企业的城市地区用户平均停电频率低于 1 次 / 户，国网西藏电力和广西水利电力的城市地区用户平均停电频率高于 5 次 / 户；国网上海电力、国网北京电力、国网江苏电力和国网山东电力的农村地区用户平均停电频率低于 2 次 / 户，广西水利电力和国网西藏电力的农村地区用户平均停电频率高于 10 次 / 户。

36 个省级电力企业中，26 个企业的用户平均停电频率同比减少，减少幅度超过 10% 的有 17 个企业，其中国网上海电力和山西地电减少幅度超过 40%，分别为 51.74% 和 46.16%，用户平均停电频率分别减少 0.28 次 / 户和 4.35 次 / 户。国网西藏电力、海南电网公司，国网新疆电力等 10 个企业的用户平均停电频率同比增加，其中国网西藏电力的增加幅度最大，达 29.68% (用户平均停电频率增加 3.39 次 / 户)。

36 个省级电力企业中，农村用户平均停电频率总体上比城市差距较大，12 个企业的城市和农村地区用户平均停电频率差距⁸超过了 70%，其中国网辽宁电力、国网湖北电力和国网重庆电力的差距较大，分别为 82.24%、78.04% 和 77.40%。陕西地电、山西地电和内蒙古电力的城市和农村地区用户平均停电频率差距小于 50%，分别为

⁸ 城市和农村地区用户平均停电频率差距 = (农村地区用户平均停电频率 - 城市地区用户平均停电频率) / 农村地区用户平均停电频率 * 100%

4.76%、39.91%和44.76%。国网西藏电力农村地区用户平均停电频率低于城市地区用户平均停电频率，城市和农村地区用户平均停电频率差距-62.63%。

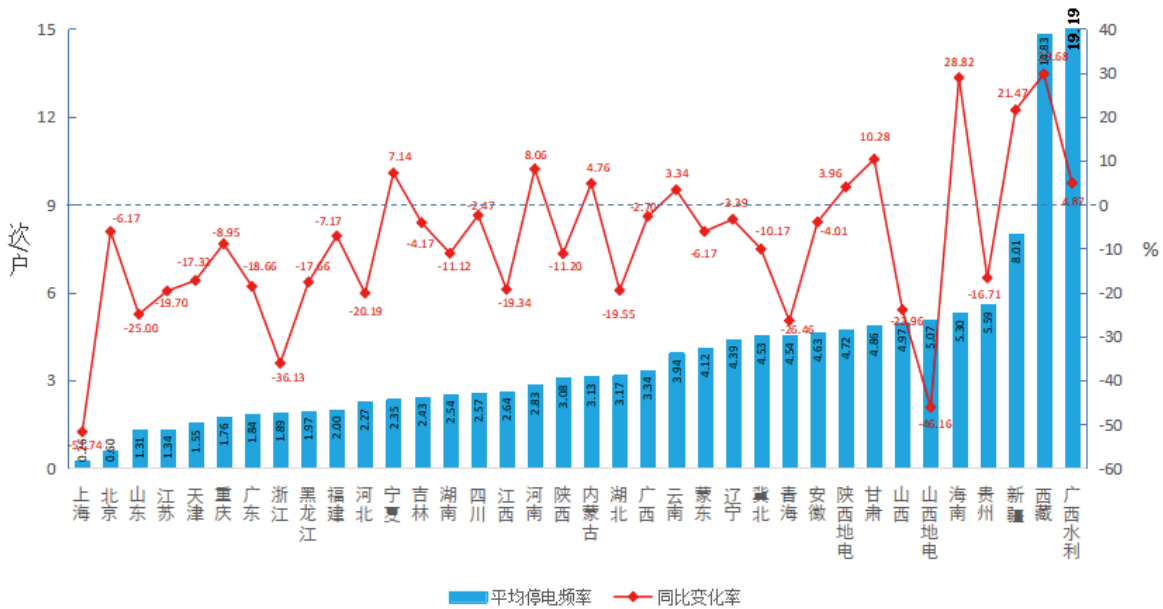


图 6-9 2019年各省级电力企业用户平均停电频率分布（全口径）

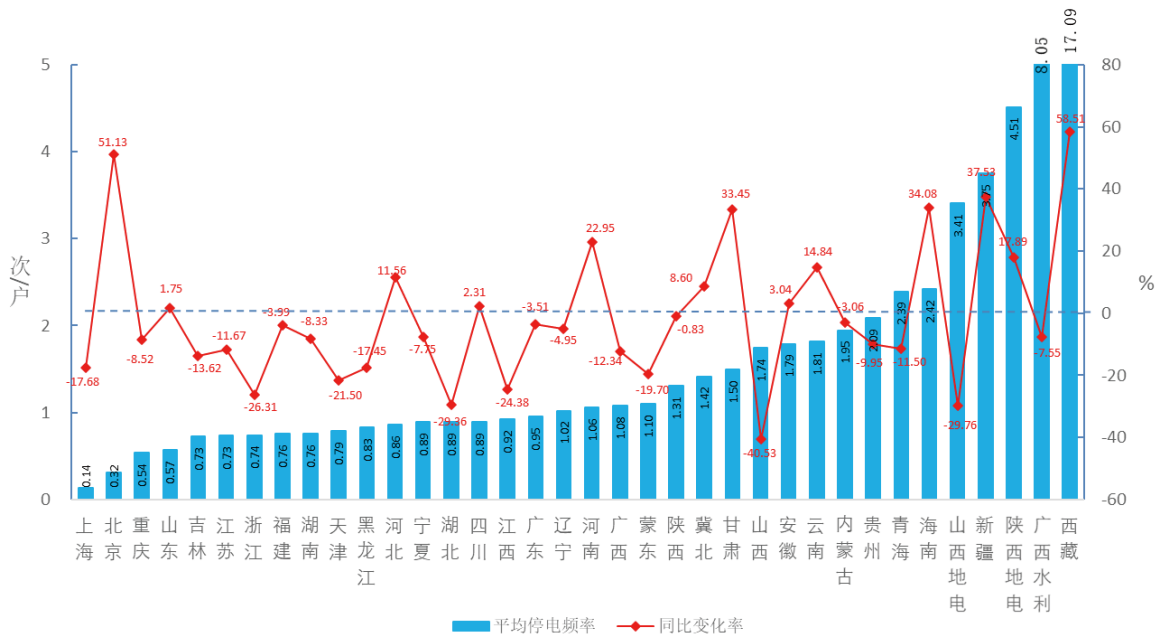


图 6-10 2019年各省级电力企业用户平均停电频率分布（城市地区）

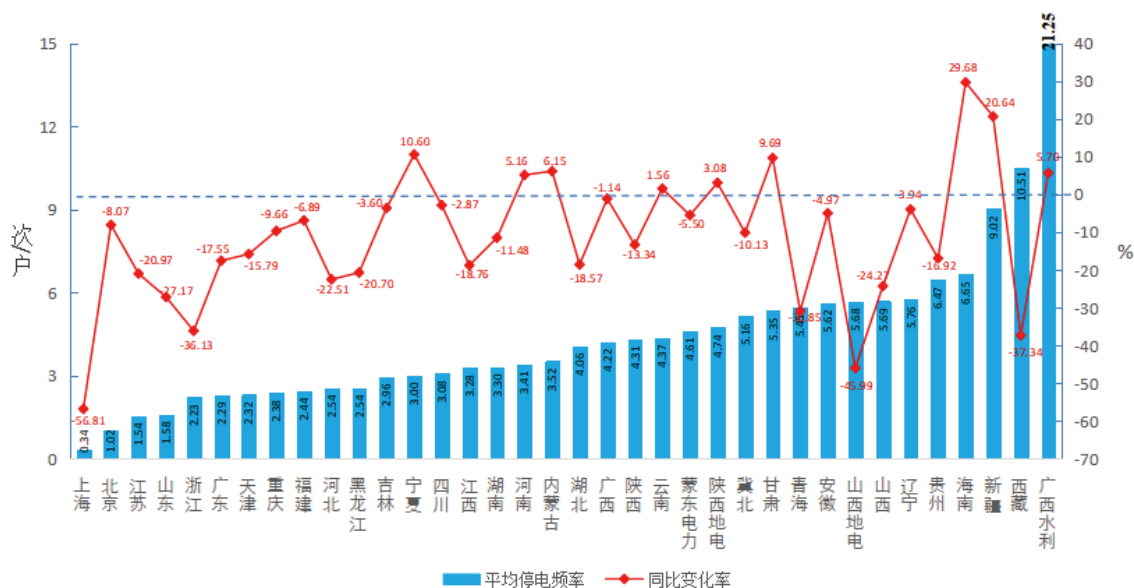


图 6-11 2019 年各省级电力企业用户平均停电频率分布（农村地区）

第四节 地级行政区供电企业供电可靠性

2019 年，全国 326 个地级行政区⁹供电企业的用户平均停电时间范围为 0.55-86.95 小时/户，用户平均停电频率范围为 0.32-36.48 次/户。按四分位法将各地级行政区分为四个梯队（每个梯队各约 82 个地级行政区），用户平均停电时间的梯队区间界限值分别为 10.17 小时/户、16.13 小时/户、18.65 小时/户和 86.95 小时/户；用户平均停电频率的梯队区间界限值分别为 2.19 次/户、3.01 次/户、4.17 次/户和 36.48 次/户。其中，6 个地级行政区（占 1.84%）的用户平均停电时间低于 2 小时/户，209 个地级行政区（占 64.11%）的用户平均停电时间高于全国平均水平（13.72 小时/户）；18 个地级行政区（占 5.52%）的用户平均停电频率低于 1 次/户，166 个企业（占 50.92%）的用户平均停电频率高于全国平均水平（2.99 次/户）。

全国 326 个地级行政区供电企业的城市地区用户平均停电时间范围为 0.46-127.86 小时/户，城市地区用户平均停电频率范围为 0.20-36.48 次/户。按四分位法将各地级行政区分为四个梯队（每个梯队各约 82 个地级行政区），城市地区用

⁹ 全国一共 333 个地级行政区。其中，广西贺州，海南三沙，四川遂宁、阿坝、甘孜，云南保山，新疆克拉玛依等 7 个地级行政区供电企业未报送 2019 年供电可靠性数据，西藏阿里地区无农村地区供电可靠性数据。

户平均停电时间的梯队区间界限值分别为3.99小时/户、5.12小时/户、6.96小时/户和127.86小时/户；城市地区用户平均停电频率的梯队区间界限值分别为0.82次/户、1.16次/户、1.72次/户和36.48次/户。其中，28个地级行政区（占8.59%）的城市地区用户平均停电时间低于2小时/户，212个地级行政区（占65.03%）的城市地区用户平均停电时间高于全国平均水平（4.50小时/户）；24个地级行政区（占7.36%）的城市地区用户平均停电频率低于0.5次/户，182个企业（占55.83%）的城市地区用户平均停电频率高于全国平均水平（1.08次/户）。

全国325个地级行政区供电企业的农村地区用户平均停电时间范围为0.61-104.78小时/户，农村地区用户平均停电频率范围为0.41-21.38次/户。按四分位法将各地级行政区分为四个梯队（每个梯队各约82个地级行政区），农村地区用户平均停电时间的梯队区间界限值分别为12.74小时/户、19.11小时/户、22.12小时/户和104.78小时/户；农村地区用户平均停电频率的梯队区间界限值分别为2.66次/户、3.60次/户、4.90次/户和21.38次/户。其中，24个地级行政区（占7.38%）的农村地区用户平均停电时间低于5小时/户，205个地级行政区（占63.08%）的农村地区用户平均停电时间高于全国平均水平（17.03小时/户）；43个地级行政区（占13.23%）的农村地区用户平均停电频率低于2次/户，151个地级行政区（占46.46%）的农村地区用户平均停电频率高于全国平均水平（3.67次/户）。

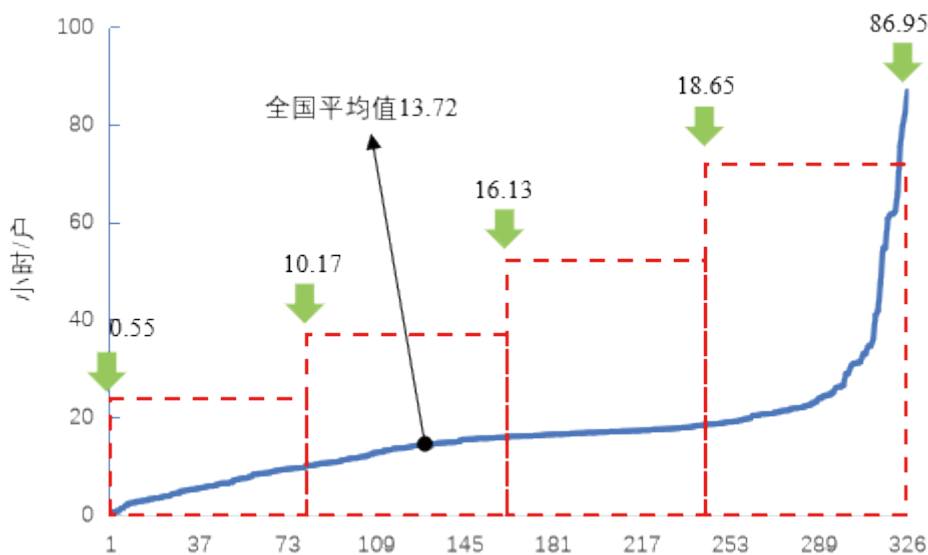


图 6-12 2019 年全国地级行政区用户平均停电时间分布（全口径）

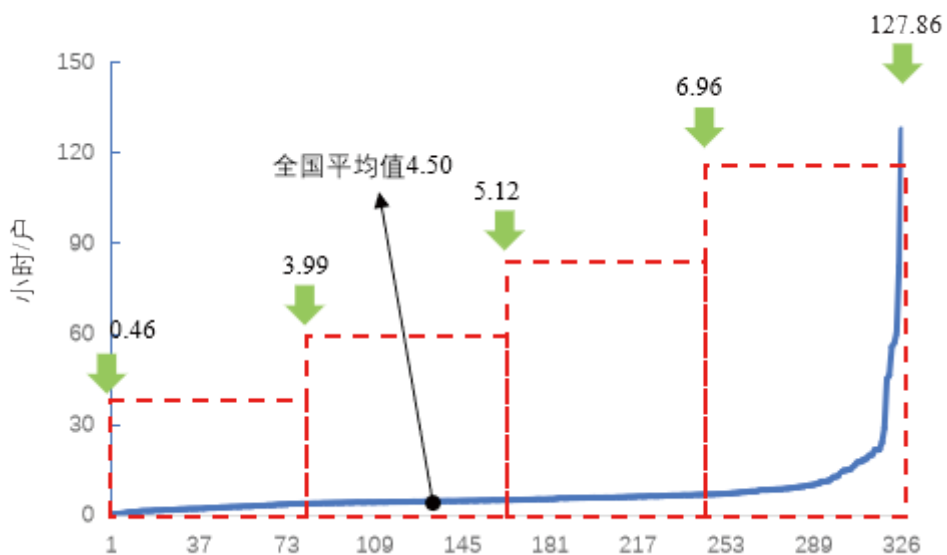


图 6-13 2019 年全国地级行政区用户平均停电时间分布（城市地区）

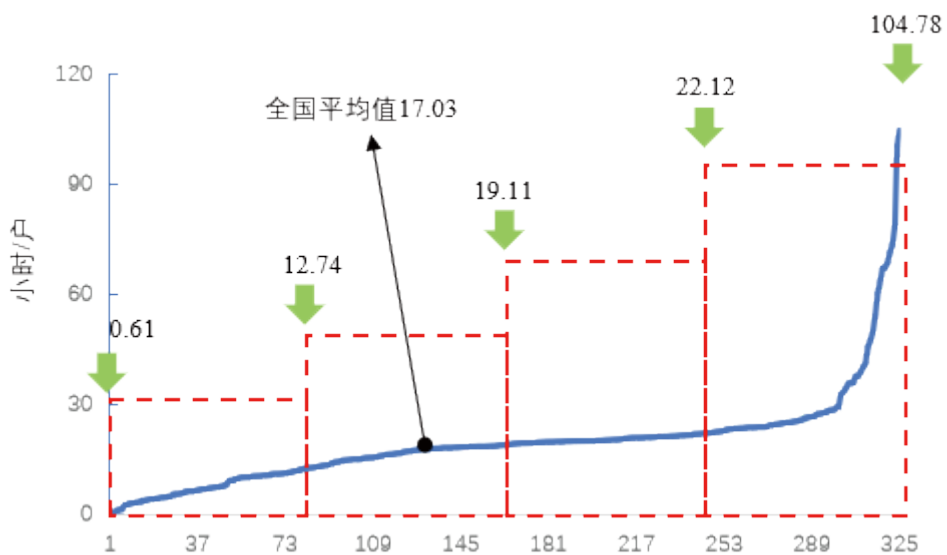


图 6-14 2019 年全国地级行政区用户平均停电时间分布（农村地区）

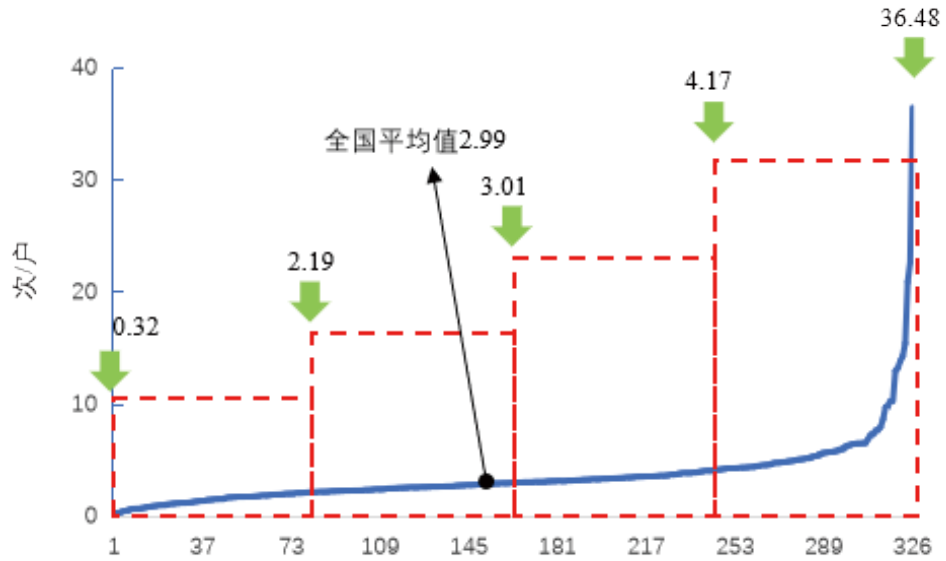


图 6-15 2019 年全国地级行政区用户平均停电频率分布（全口径）

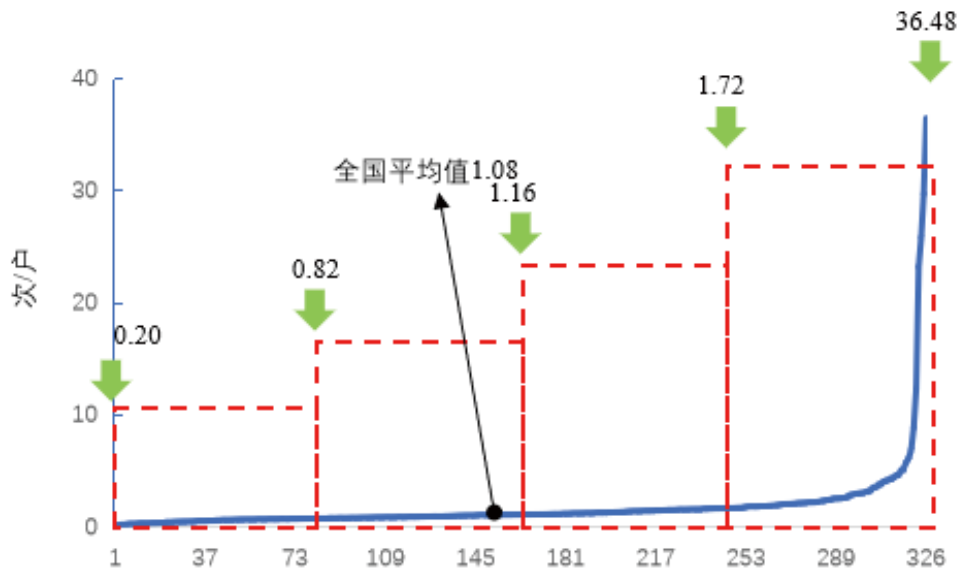


图 6-16 2019 年全国地级行政区用户平均停电频率分布（城市地区）

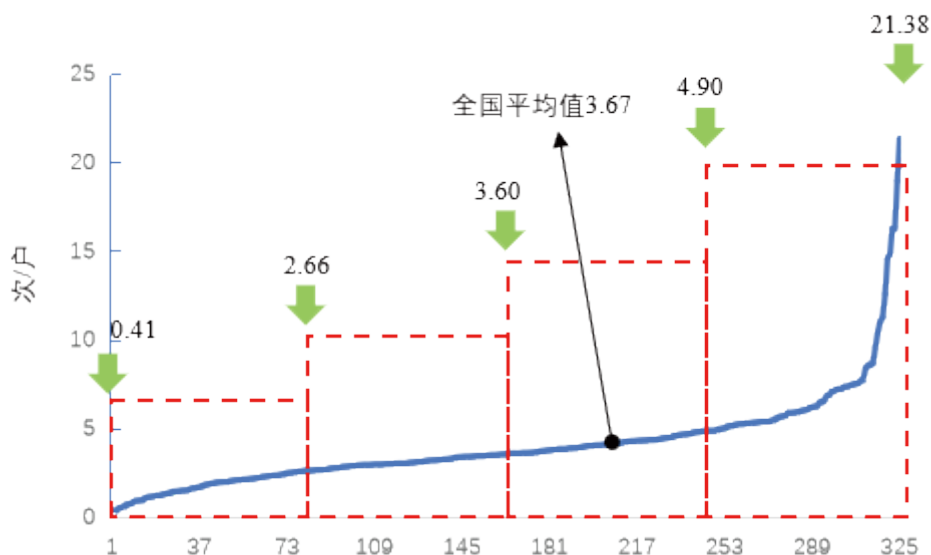


图 6-17 2019 年全国地级行政区用户平均停电频率分布（农村地区）

2019 年，全口径范围用户平均停电时间排名前二十的地级行政区，用户平均停电时间均低于 4 小时 / 户，其中，珠海、中山、深圳、厦门的全口径用户平均停电时间低于 1 小时 / 户，16 个地级行政区的用户平均停电频率低于 1 次 / 户。

城市地区用户平均停电时间排名前二十的地级行政区，用户平均停电时间均低于 2 小时 / 户，其中，中山、厦门、珠海的城市地区用户平均停电时间低于 0.5 小时 / 户，16 个地级行政区的城市地区用户平均停电频率低于 0.5 次 / 户。

表 6-2 2019 年排名前二十的地级行政区

排名	全口径范围			城市范围		
	地级行政区	平均停电时间	平均停电频率	地级行政区	平均停电时间	平均停电频率
1	珠海	0.55	0.66	中山	0.46	0.27
2	中山	0.61	0.35	厦门	0.48	0.21
3	深圳	0.85	0.32	珠海	0.49	0.48
4	厦门	0.90	0.37	广州	0.62	0.20
5	佛山	1.33	0.49	杭州	0.71	0.38
6	广州	1.57	0.53	深圳	0.73	0.29
7	南京	2.04	0.54	淄博	1.06	0.37
8	杭州	2.39	1.13	宁波	1.08	0.57
9	绍兴	2.52	1.23	佛山	1.14	0.38

排名	全口径范围			城市范围		
	地级行政区	平均停电时间	平均停电频率	地级行政区	平均停电时间	平均停电频率
10	东莞	2.56	0.72	南京	1.25	0.33
11	威海	2.78	0.72	绍兴	1.26	0.63
12	无锡	2.83	0.72	福州	1.39	0.38
13	枣庄	2.90	0.79	青岛	1.48	0.34
14	淄博	3.02	0.88	枣庄	1.50	0.42
15	青岛	3.04	0.71	济南	1.53	0.34
16	金华	3.30	1.56	金华	1.55	0.69
17	济南	3.31	0.78	苏州	1.56	0.48
18	福州	3.45	0.94	石家庄	1.66	0.29
19	武汉	3.53	0.89	威海	1.66	0.42
20	日照	3.54	1.02	东莞	1.71	0.53

注：平均停电时间单位为小时/户；平均停电频率单位为次/户

第五节 全国50个主要城市供电企业供电可靠性

一、用户平均停电时间

全国50个主要城市（4个直辖市、27个省会城市、5个计划单列市及其他14个2019年GDP排名靠前的城市）用户数占全国总用户数的32.16%，用户总容量占全国用户总容量的48.13%。50个主要城市用户平均停电时间6.04小时/户，比全国平均值低7.68小时/户。其中，城市地区用户平均停电时间2.22小时/户，比全国平均值低2.28小时/户；农村地区用户平均停电时间8.28小时/户，比全国平均值低8.75小时/户。

上海、深圳、厦门的用户平均停电时间低于1小时/户，拉萨、长春的用户平均停电时间超过15小时/户；厦门、上海、广州、杭州、深圳、北京的城市地区用户平均停电时间低于1小时/户，拉萨、呼和浩特的城市地区用户平均停电时间超过5小时/户；上海、深圳、厦门、佛山的农村地区用户平均停电时间低于2小时/户，拉萨、沈阳的农村地区用户平均停电时间超过20小时/户。

2019年50个主要城市的用户平均停电时间总体上大幅减少。39个城市的

用户平均停电时间同比减少超过 10%，14 个城市用户平均停电时间同比减少超过 50%，其中，绍兴、上海和深圳的用户平均停电时间同比减少超过 70%，分别为 76.59%、74.37% 和 71.40%。6 个城市用户平均停电时间同比增加，其中，乌鲁木齐和呼和浩特的用户平均停电时间同比增加超过 20%，分别为 54.75% 和 20.76%。

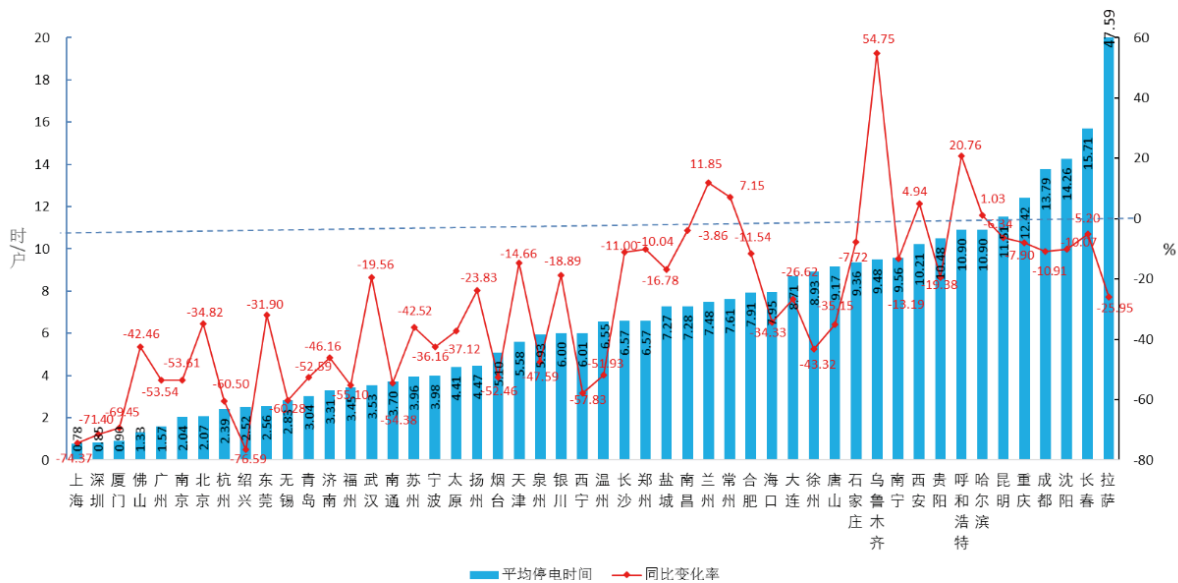


图 6-18 2019 年 50 个主要城市用户平均停电时间对比（全口径）

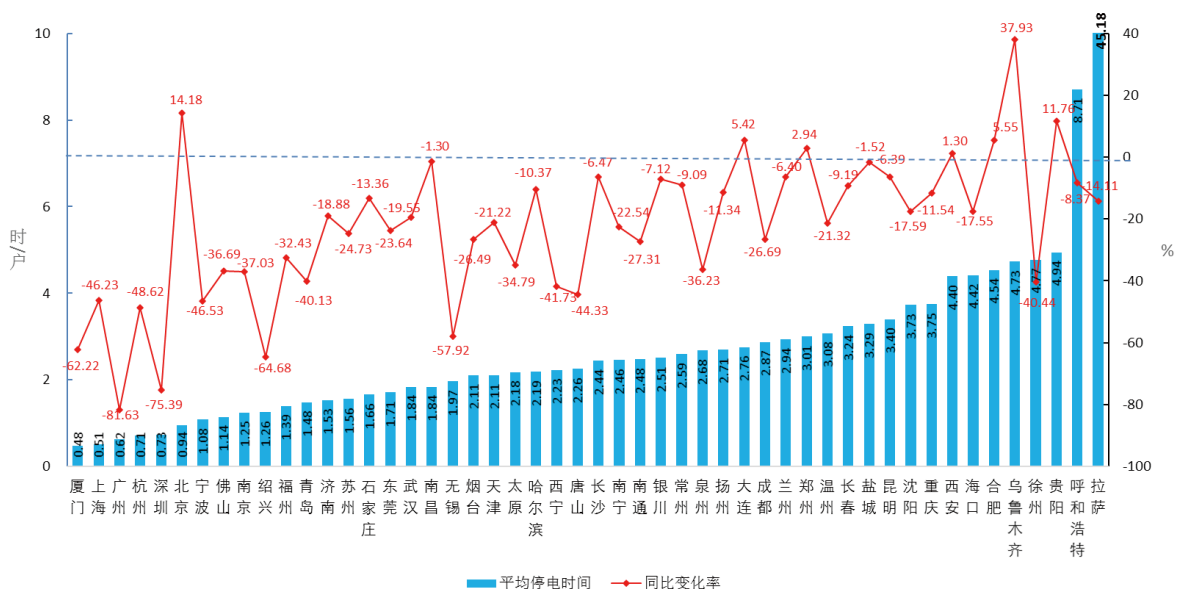


图 6-19 2019 年 50 个主要城市用户平均停电时间对比（城市地区）

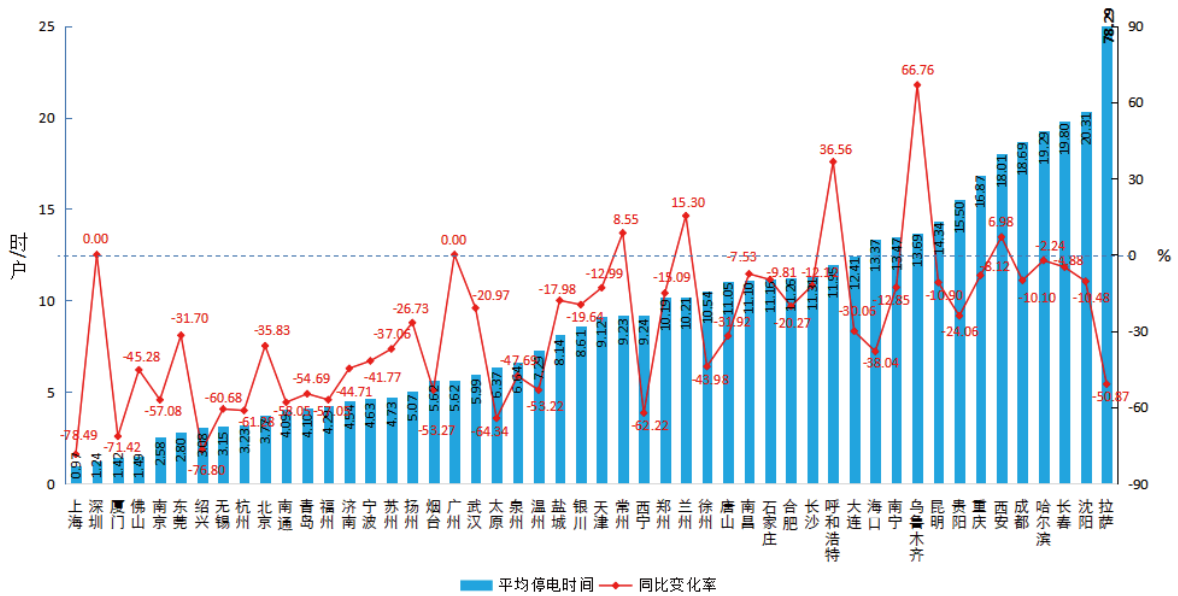


图 6-20 2019 年 50 个主要城市用户平均停电时间对比（农村地区）

二、用户平均停电频率

2019 年，50 个主要城市的用户平均停电频率 1.49 次/户，比全国平均值低 1.50 次/户。其中，城市地区的用户平均停电频率 0.59 次/户，比全国平均值低 0.49 次/户；农村地区的用户平均停电频率 2.01 次/户，比全国平均值低 1.66 次/户。

上海、深圳、厦门等 14 个城市的用户平均停电频率低于 1 次/户，拉萨、沈阳、唐山等 8 个城市的用户平均停电频率超过 3 次/户；上海、广州、厦门等 17 个城市的城市地区用户平均停电频率低于 0.5 次/户，拉萨的城市地区用户平均停电频率超过 2 次/户；上海、深圳、厦门等 8 个城市的农村地区用户平均停电频率低于 1 次/户，拉萨、沈阳、海口、西安的农村地区用户平均停电频率超过 5 次/户。

2019 年 50 个主要城市的用户平均停电频率总体上大幅减少。28 个城市的用户平均停电频率同比减少超过 10%，其中，21 个城市的用户平均停电频率同比减少超过 20%，绍兴和上海的用户平均停电频率同比减少超过 50%，分别为 52.98% 和 51.74%。12 个城市的用户平均停电频率同比增加，其中，乌鲁木齐、拉萨、昆明和海口的用户平均停电频率增幅超过 20%，分别为 128.51%、33.53%、26.31% 和 23.24%。

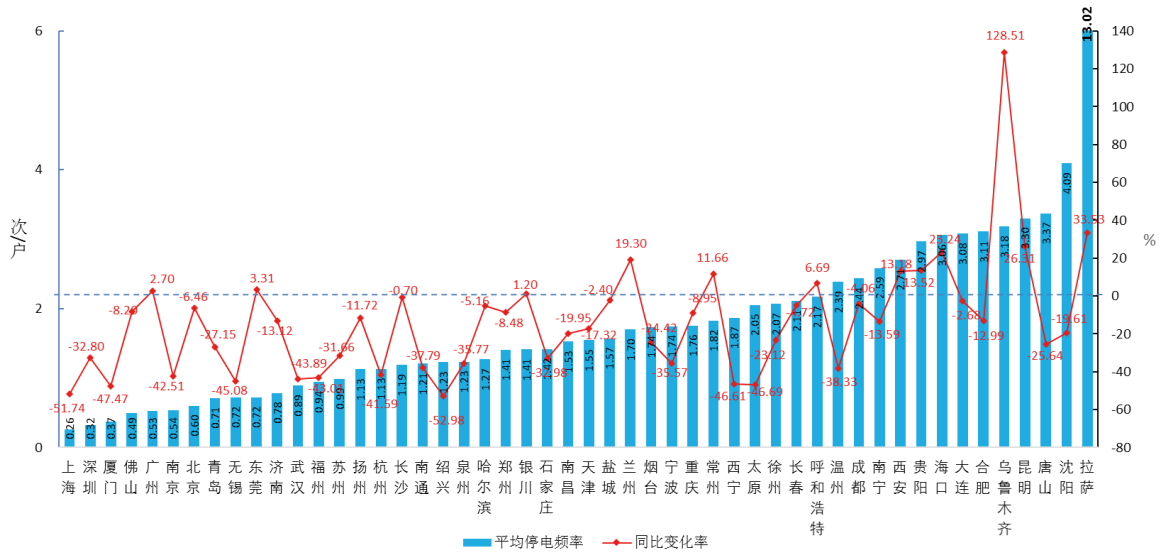


图 6-21 2019 年 50 个主要城市用户平均停电频率对比（全口径）

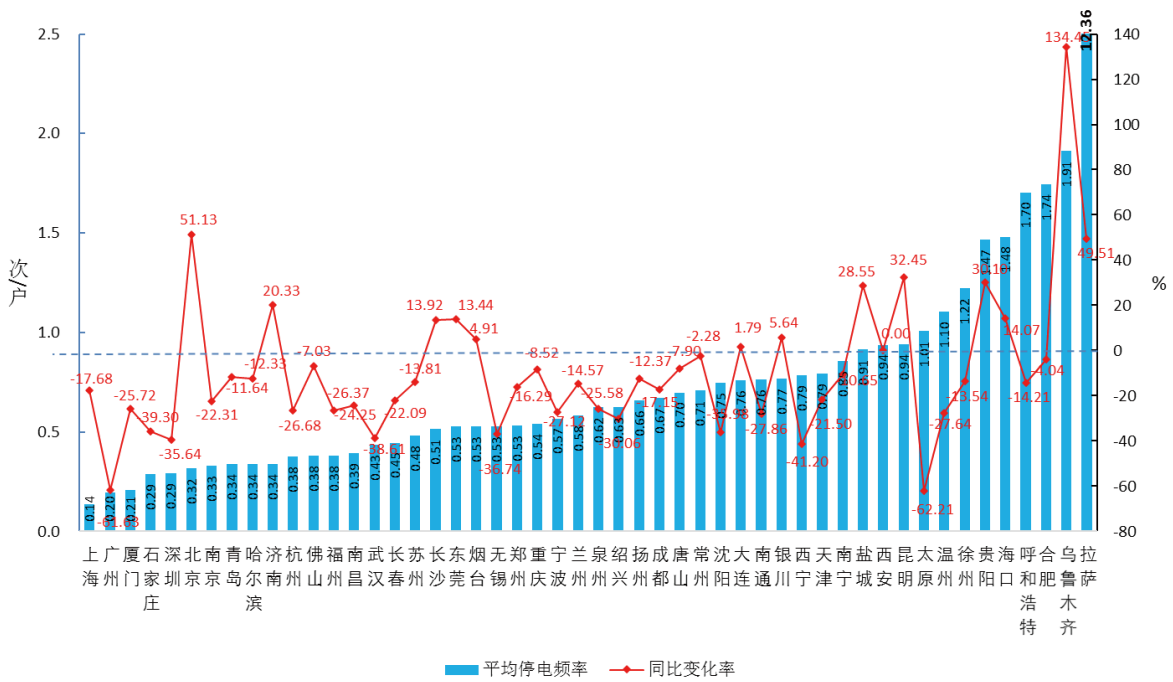


图 6-22 2019 年 50 个主要城市用户平均停电频率对比（城市地区）

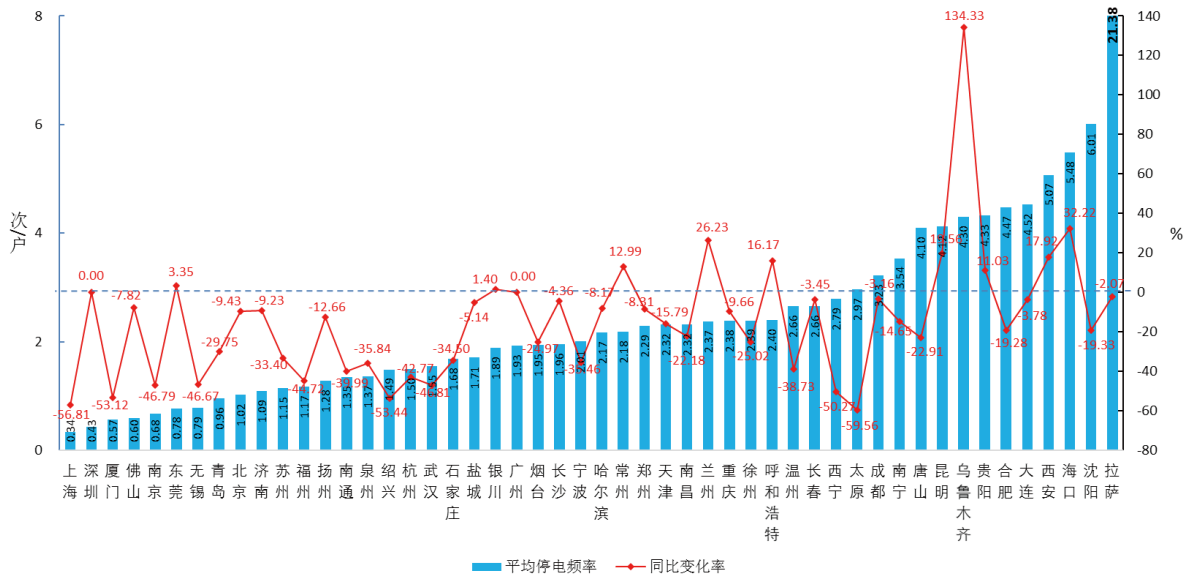


图 6-23 2019 年 50 个主要城市用户平均停电频率对比（农村地区）

用户平均停电时间排名前十的主要城市，用户平均停电时间均低于 3 小时 / 户，其中，上海、深圳、厦门的用户平均停电时间低于 1 小时 / 户，8 个城市的用户平均停电频率低于 1 次 / 户。

城市地区用户平均停电时间排名前十的主要城市，用户平均停电时间均低于 2 小时 / 户，其中，厦门、上海、广州等 6 个城市的城市地区用户平均停电时间低于 1 小时 / 户，8 个城市的城市地区用户平均停电频率低于 0.5 次 / 户。

表 6-3 2019 年排名前十的主要城市供电企业

排名	全口径范围			城市范围		
	城市	平均停电时间	平均停电频率	城市	平均停电时间	平均停电频率
1	上海	0.78	0.26	厦门	0.48	0.21
2	深圳	0.85	0.32	上海	0.51	0.14
3	厦门	0.90	0.37	广州	0.62	0.20
4	佛山	1.33	0.49	杭州	0.71	0.38
5	广州	1.57	0.53	深圳	0.73	0.29
6	南京	2.04	0.54	北京	0.94	0.32
7	北京	2.07	0.60	宁波	1.08	0.57
8	杭州	2.39	1.13	佛山	1.14	0.38
9	绍兴	2.52	1.23	南京	1.25	0.33
10	东莞	2.56	0.72	绍兴	1.26	0.63

注：平均停电时间单位为小时 / 户；平均停电频率单位为次 / 户

供电系统配网生产运行指标反映了配电网规划、建设、运行、管理及技术进步的总体情况，直接影响着供电系统供电可靠性水平。2019 年排名前十的主要城市供电系统的配网生产运行指标具体如下：

表 6-4 2019 年排名前十的主要城市供电系统配网生产运行指标

主要城市	售电量 (亿千瓦时)	城市供电 可靠率 (%)	故障平均停 电持续时间 (小时/次)	馈线平均 供电长度 (千米)	馈线平 均负载 率(%)	馈线电 缆化率 (%)	配网环 网率 (%)	配网自动 化线路覆 盖率(%)	带电作业 次数 (次/百千米)
上海	1366.95	99.9911	2.33	4.17	26.29	73.61	100	78.80	13.11
深圳	938.47	99.9903	4.80	4.60	39.46	91.84	99.11	92.77	58.72
厦门	271.24	99.9898	2.48	8.00	39.98	82.06	98.70	100	30.78
佛山	681.22	99.9848	2.51	5.78	32.12	61.87	99.88	98.20	35.42
广州	902.14	99.9820	5.64	6.90	41.70	73.30	97.55	94.00	33.00
南京	547.86	99.9767	3.10	3.15	25.00	65.33	100	100	18.33
北京	1061.59	99.9764	1.87	3.24	26.67	62.65	100	100	8.57
杭州	771.20	99.9727	2.61	6.89	35.90	46.10	95.00	100	23.40
绍兴	449.00	99.9712	2.27	6.73	35.89	55.66	96.29	69.25	25.80
东莞	844.25	99.9708	3.56	6.14	36.15	80.84	97.23	90.90	178.81

第六节 停电原因分析

2019 年，预安排停电依然是影响供电可靠性的主要原因。全国用户平均故障停电时间 5.51 小时 / 户，平均预安排停电时间 8.21 小时 / 户，分别占总停电时间的 40.16%、59.84%；用户平均故障停电频率 1.85 次 / 户，平均预安排停电频率 1.14 次 / 户，分别占到总停电频率的 61.87%、38.13%。

表 6-5 2019 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 (小时 / 户)	5.51	40.16%	1.70	37.68%	6.88	40.39%
平均预安排停电时间 (小时 / 户)	8.21	59.84%	2.81	62.32%	10.15	59.61%
平均故障停电频率 (次 / 户)	1.85	61.87%	0.64	59.23%	2.28	62.15%
平均预安排停电频率 (次 / 户)	1.14	38.13%	0.44	40.77%	1.39	37.85%
故障停电平均持续时间 (小时 / 次)	3.53	—	3.19	—	3.59	—
预安排停电平均持续时间 (小时 / 次)	6.50	—	5.84	—	6.66	—
故障停电平均用户数 (户 / 次)	18.35	—	10.87	—	19.64	—
预安排停电平均用户数 (户 / 次)	17.87	—	9.78	—	19.65	—

一、故障停电分析

(一) 用户平均故障停电指标分析

2019年,我国用户平均故障停电时间5.51小时/户,同比减少14.71%;用户平均故障停电频率1.85次/户,同比减少7.96%。其中城市、农村地区用户平均故障停电时间分别为1.70小时/户、6.88小时/户,同比分别减少4.49%、15.69%。城市地区用户平均故障停电频率0.64次/户,与上一年持平;农村地区用户平均故障停电频率2.28次/户,同比减少9.16%。

六个区域中,南方、西北区域的平均故障停电时间高于全国平均值,华东区域平均故障停电时间最短,为3.29小时/户。南方、西北区域平均故障停电频率均高于全国平均值;华东区域平均故障停电频率最低,为1.35次/户。南方、东北、华北区域的平均故障停电用户数高于全国平均值;华东区域平均故障停电用户数最少,为9.95户/次。南方、华中、西北区域的平均故障停电持续时间高于全国平均值;东北区域平均故障停电持续时间最短,为2.84小时/户。

表 6-6 2019 年全国、各区域故障停电指标

区域		全国	华北区域	东北区域	华东区域	华中区域	西北区域	南方区域
平均用户故障停电时间 (小时/户)	全口径	5.51	4.52	5.16	3.29	5.81	8.24	8.69
	城市	1.70	1.27	1.25	1.29	1.92	3.21	2.18
	农村	6.88	5.58	6.74	3.99	7.28	9.48	11.56
平均用户故障停电频率 (次/户)	全口径	1.85	1.49	1.72	1.35	1.39	3.07	3.18
	城市	0.64	0.50	0.41	0.55	0.57	1.33	0.89
	农村	2.28	1.81	2.25	1.64	1.70	3.49	4.19
平均故障停电持续时间 (小时/户)	全口径	3.53	3.11	3.22	2.84	4.19	3.65	4.76
	城市	3.19	2.86	3.04	2.76	3.86	3.46	3.95
	农村	3.59	3.16	3.25	2.85	4.26	3.67	4.88
平均故障停电用户数 MIC-F (户/次)	全口径	18.35	19.90	27.22	9.95	17.09	18.26	32.14
	城市	10.87	11.84	10.79	6.65	9.44	11.75	18.89
	农村	19.64	21.19	30.64	10.57	18.56	19.26	33.71

(二) 故障停电次数分析

2019年,全国有34.15%的用户未发生过故障停电。发生故障停电用户中,43.65%的用户故障停电1次;15.82%的用户故障停电次数4次及以上;2.67%的用户故障停电次数超过10次。

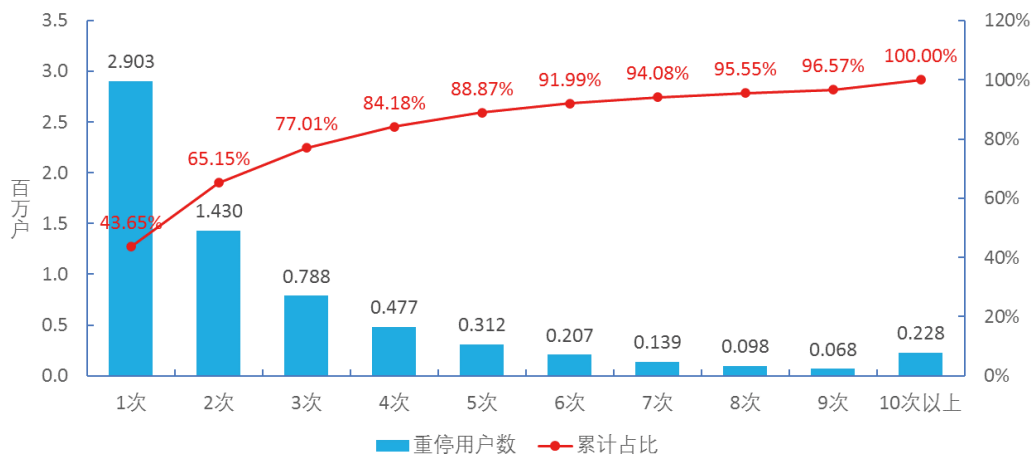


图 6-24 2019 年用户故障重复停电次数分布

(三) 故障停电持续时间分析

2019 年，用户故障停电平均持续时间 3.53 小时 / 次，同比增加 0.17 小时 / 次。其中，城市地区用户故障停电平均持续时间 3.19 小时 / 次，同比增加 0.03 小时 / 次；农村地区用户故障停电平均持续时间 3.59 小时 / 次，同比增加 0.19 小时 / 次。32.78% 的故障停电在 1 小时内排除并恢复供电；57.07% 的故障停电在 2 小时内排除并恢复供电；5.28% 的故障停电恢复时间超过 10 个小时。

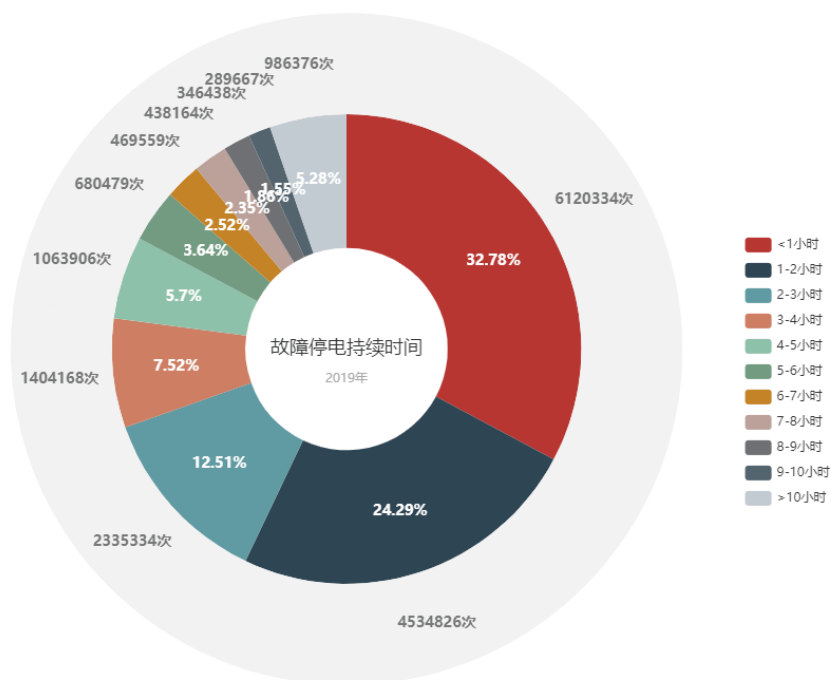


图 6-25 2019 年故障停电持续时间占比

(四) 故障停电原因分析

2019 年，全国故障停电主要原因为：自然因素占 30.60%，造成用户平均停电时间 1.65 小时 / 户，同比减少 0.35 小时 / 户；外力因素占 25.13%，造成用户平均停电时间 1.35 小时 / 户，同比减少 0.30 小时 / 户，其中异物短路是主要原因；设备原因占 16.80%，造成用户平均停电时间 0.91 小时 / 户，同比减少 0.14 小时 / 户，其中设备老化是主要原因。

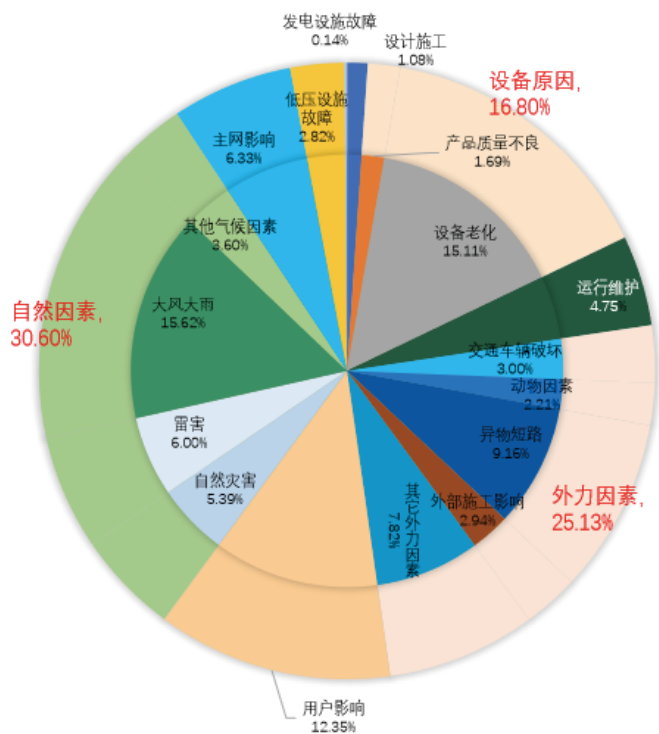


图 6-26 2019 年故障停电原因占比

(五) 故障停电设施分析

2019 年，10 千伏配网四类主要设施（架空线路、电缆线路、变压器、断路器）故障率都有所下降。架空线路故障率 10.44 次 / 100 千米 · 年，同比下降 5.48%；电缆线路故障率 3.34 次 / 100 千米 · 年，同比下降 38.88%；变压器故障率 0.24 次 / 100 台 · 年，同比下降 18.86%；断路器故障率 0.28 次 / 100 台 · 年，同比下降 49.67%。

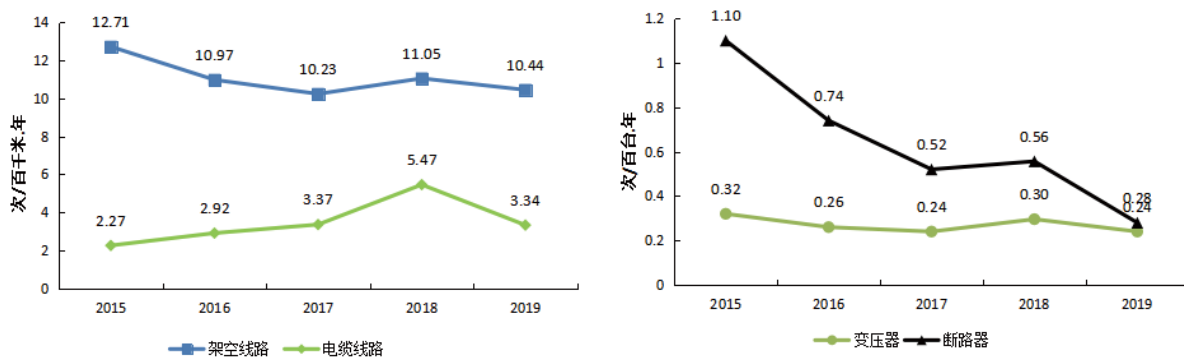


图 6-27 2015-2019 年配网四类主要设施故障率变化

二、预安排停电分析

(一) 用户平均预安排停电指标分析

2019 年,我国用户平均预安排停电时间 8.21 小时/户,同比减少 11.63%;用户平均预安排停电频率 1.14 次/户,同比减少 10.24%。其中城市、农村地区用户平均预安排停电时间分别为 2.81 小时/户、10.15 小时/户,同比分别减少 6.02%、12.35%;城市、农村地区用户平均预安排停电频率分别为 0.44 次/户、1.39 次/户,同比分别减少 6.38%、10.90%。

六个区域中,西北、东北、华中区域的平均预安排停电时间高于全国平均值;华东区域平均预安排停电时间最短,为 3.83 小时/户。西北、东北、华中区域平均预安排停电频率高于全国平均值;华东区域平均预安排停电频率最低,为 0.68 次/户。东北、华北、西北、华中区域的平均预安排停电用户数高于全国平均值;华东区域平均预安排停电用户数最少,为 7.81 户/次。西北、东北、南方、华中、华北区域的平均预安排停电持续时间高于全国平均值;华东区域的平均预安排停电持续时间低于全国平均值,为 5.46 小时/户。

表 6-7 2019 年全国、各区域预安排停电指标

区域		全国	华北区域	东北区域	华东区域	华中区域	西北区域	南方区域
用户平均预安排停电时间 (小时/户)	全口径	8.21	7.81	11.06	3.83	10.15	18.47	6.31
	城市	2.81	2.44	3.56	1.58	3.20	6.99	2.65
	农村	10.15	9.56	14.08	4.62	12.77	21.31	7.93
用户平均预安排停电频率 (次/户)	全口径	1.14	1.03	1.43	0.68	1.36	2.35	0.96
	城市	0.44	0.38	0.48	0.30	0.52	1.03	0.40
	农村	1.39	1.24	1.81	0.81	1.68	2.68	1.21

区域		全国	华北区域	东北区域	华东区域	华中区域	西北区域	南方区域
平均预安排停电持续时间 (小时/户)	全口径	6.50	6.58	7.39	5.46	6.89	7.52	6.99
	城市	5.84	5.69	6.58	4.99	6.21	6.69	6.60
	农村	6.66	6.78	7.60	5.57	7.03	7.64	7.11
平均预安排停电用户数 (户/次)	全口径	17.87	28.58	36.56	7.81	19.10	24.14	16.28
	城市	9.78	14.16	16.97	4.58	9.69	16.00	9.13
	农村	19.65	31.75	41.70	8.60	21.05	25.33	17.90

(二) 预安排停电次数分析

2019 年, 全国 40.42% 的用户未发生预安排停电。发生预安排停电用户中, 56.59% 的用户预安排停电 1 次; 10.35% 的用户预安排停电次数 3 次及以上; 0.51% 的用户预安排停电次数超过 10 次。

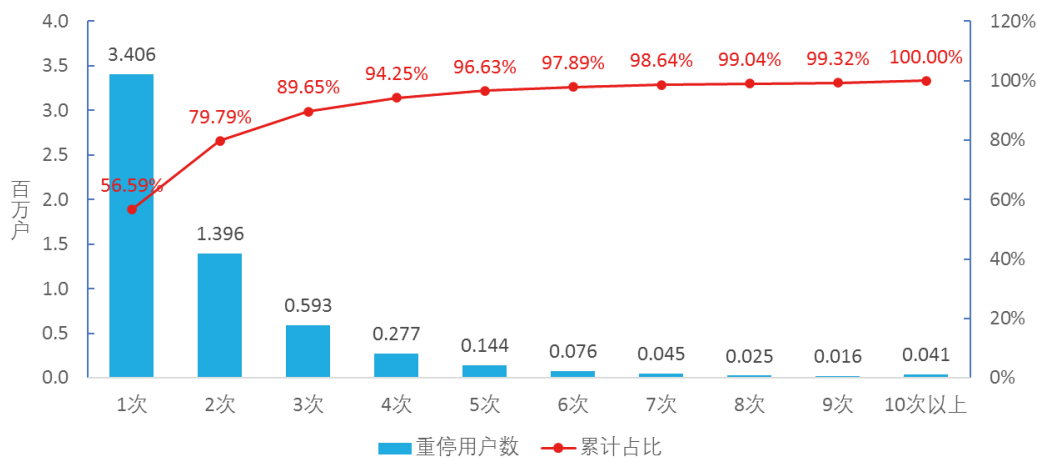


图 6-28 2019 年用户预安排停电次数分布

(三) 预安排停电持续时间分析

2019 年, 预安排停电平均持续时间 6.50 小时/次, 同比增加 0.15 小时/次。其中, 城市地区预安排停电平均持续时间 5.84 小时/次, 同比减少 0.027 小时/次; 农村地区预安排停电平均持续时间 6.66 小时/次, 同比增加 0.22 小时/次。其中, 9.61% 的预安排停电在 1 小时以内恢复供电; 17.11% 的预安排停电在 2 小时以内恢复供电; 30.80% 的预安排停电恢复时间超过 10 个小时。

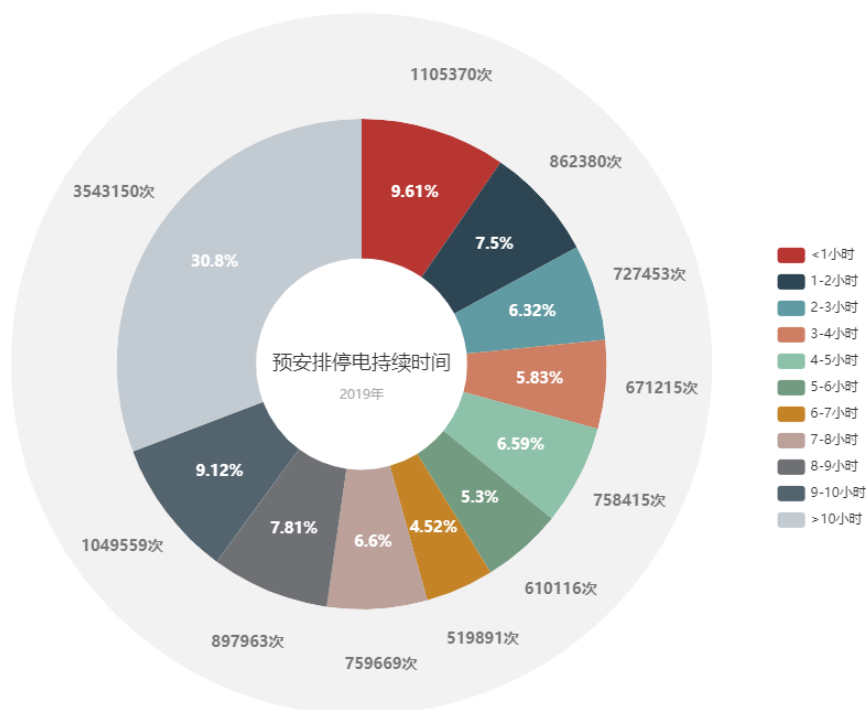


图 6-29 2019 年预安排停电持续时间占比

(四) 预安排停电原因分析

2019 年，全国预安排停电主要原因为：工程停电占 51.69%，造成用户平均停电时间 4.24 小时 / 户，同比增加 0.14 小时 / 户；检修停电占 46.31%，造成用户平均停电时间 3.80 小时 / 户，同比减少 1.21 小时 / 户；用户申请、调电、限电及低压作业引起的停电占 2.00%，造成用户平均停电时间 9.85 分钟 / 户，同比减少 1.07 分钟 / 户。

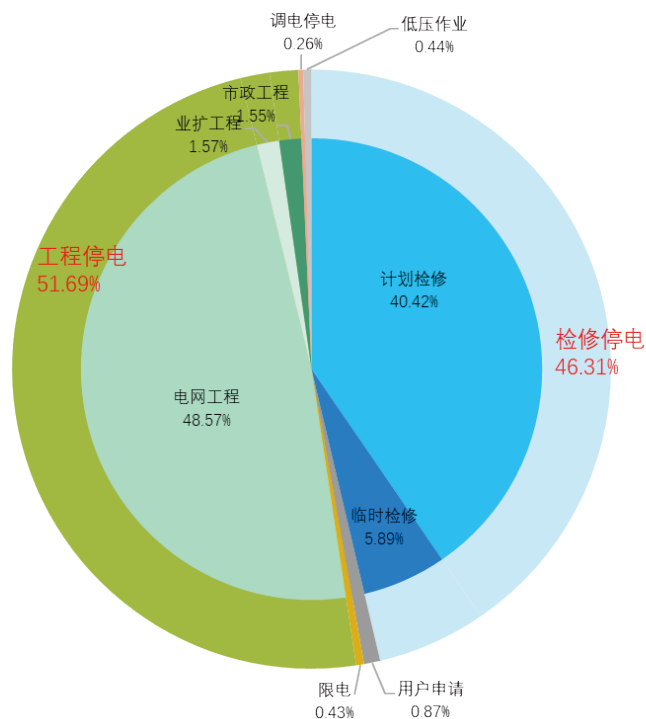


图 6-30 2019 年预安排停电原因占比

第七节 低压用户供电可靠性管理探索和实践

2019 年，根据国家能源局的统一部署和要求，北京，上海，天津，山西太原，江苏南京，浙江杭州、宁波，安徽合肥、淮南、蚌埠，福建福州、厦门，陕西宝鸡，宁夏石嘴山，广东深圳、佛山、茂名，内蒙古乌海、鄂尔多斯等 19 个城市选取部分区域开展了低压用户供电可靠性管理的探索和实践，共覆盖公变台区 18.58 万个，低压用户 1324.02 万户。各有关供电企业采用中压折算、智能采集、抽样采集、手工录入等一种或多种并用的方式，对低压用户供电可靠性信息采集和统计工作进行了探索。

附表 1

2019 年全国火电 100MW 及以上容量机组运行可靠性主要指标

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	次数	小时	次数	小时	次数	小时			
100-120MW	燃煤全部	9	9	101.11	4033.78	5239.69	3097.38	0.67	387.85	0.22	35.08	0.11	2	0	95.17	0.04
	燃煤国产	6	6	101.67	3820.69	5217.05	3195.42	0.5	344.55	0.17	2.98	0.17	2.98	0	96.03	0.06
	燃煤进口	3	3	100	4467.06	5285.72	2898.03	1	475.9	0.33	100.34	0	0	0	93.42	0
125MW	燃煤全部	10	9.96	125	4517.04	7388.71	852.55	1.1	496.76	0.5	21.98	0.4	21.68	0	94.08	0.29
	燃煤国产	8	7.96	125	4584.38	7215.93	895.04	1.38	621.52	0.63	27.51	0.5	27.12	0	92.59	0.37
	燃煤进口	2	2	125	4248.91	8076.63	683.37	0	0	0	0	0	0	0	100	0
130-138MW	燃煤全部	50	49.44	135.24	4158.51	5836.59	2475.75	0.73	386.62	0.53	61.03	0.42	49.81	0.39	94.89	0.85
	燃煤国产	50	49.44	135.24	4158.51	5836.59	2475.75	0.73	386.62	0.53	61.03	0.42	49.81	0.39	94.89	0.85
	燃煤全部	59	58.9	147.29	3440.44	5092.32	3063.14	1.1	570.32	0.49	34.22	0.46	33.47	0	93.1	0.65
140-150MW	燃煤国产	59	58.9	147.29	3440.44	5092.32	3063.14	1.1	570.32	0.49	34.22	0.46	33.47	0	93.1	0.65
	燃煤进口	11	10.76	163.64	3414.5	5187.78	3072.32	0.74	470.81	0.28	29.09	0.09	0.18	0	94.29	0
	燃煤全部	5	5	162	4420.6	6357.95	2195.81	0.6	206.24	0	0	0	0	0	97.65	0
160-185MW	燃煤国产	6	5.76	165	2556.86	4190.29	3819.48	0.87	696.34	0.52	53.88	0.17	0.33	0	91.44	0.01
	燃煤进口	139	138.06	139.65	3784.7	5514.5	2719.04	0.91	484.15	0.47	42.3	0.39	33.85	0.13	93.99	0.61
	燃煤全部	128	127.3	139.63	3832.29	5553.12	2685.83	0.93	479.76	0.48	41.3	0.42	36.69	0.15	94.05	0.66
100-199MW	燃煤国产	11	10.76	140	3220.81	5056.98	3112.61	0.74	536.22	0.37	54.19	0.09	0.21	0	93.26	0
	燃煤进口	16	15.64	139.75	4365.59	6502.78	1588.95	1.15	648.09	0.51	20.19	0.51	20.19	0.19	92.37	0.31

附表1-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 等效小时	等效可用系数 EAF (%)	等效强迫停运率 EFOR (%)		
						运行 SH	备用 RH	不可用小时及次数	非计划停运	强迫停运	次数				小时	次数
200MW	燃煤全部	86	85.59	200	4300.39	6354.01	1905.42	0.92	433.71	0.79	66.85	0.77	66.31	0.29	94.28	1.04
	燃煤国产	85	84.59	200	4275.76	6334.79	1925.64	0.92	432.23	0.79	67.34	0.77	66.8	0.29	94.29	1.05
	燃煤进口	1	1	200	6384.27	7979.85	195.7	1	559.27	1	25.18	1	25.18	0.59	93.32	0.32
205-250MW	燃煤全部	58	56.77	216.21	3549.72	5358.19	2756.36	1.02	623.73	0.28	21.72	0.25	17.06	1.22	92.62	0.33
	燃煤国产	49	47.77	215	3666.22	5611.82	2498.85	0.98	625.96	0.31	23.37	0.27	17.81	1.45	92.57	0.34
	燃煤进口	9	9	222.78	2953.17	4059.5	4074.93	1.22	612.32	0.11	13.25	0.11	13.25	0	92.86	0.33
200-299MW	燃煤全部	144	142.36	206.53	3986.95	5938.21	2260.73	0.96	513.05	0.59	48.01	0.56	45.75	0.68	93.59	0.77
	燃煤国产	134	132.36	205.49	4045.56	6061.75	2142.12	0.94	505.39	0.62	50.74	0.59	48.3	0.73	93.64	0.8
	燃煤进口	10	10	220.5	3264.38	4415.09	3723.08	1.2	607.5	0.2	14.33	0.2	14.33	0.05	92.9	0.32
300MW	燃煤全部	359	355.68	300	4405.28	6331.56	1810.52	0.92	582.46	0.43	35.47	0.39	27.13	3.73	92.9	0.47
	燃煤国产	353	349.79	300	4411.93	6344	1798.9	0.92	582.24	0.42	34.86	0.39	27.19	3.59	92.91	0.47
	燃煤进口	6	5.89	300	4010.31	5592.9	2500.32	0.85	595.48	1.36	71.29	0.51	23.51	12.14	92.25	0.6
310-328.5MW	燃煤全部	66	65.34	320.29	4045.37	6008.67	2163.8	0.84	557.81	0.29	29.72	0.24	27.06	1.8	93.27	0.45
	燃煤国产	60	59.43	320.03	4027.83	5953.44	2194.72	0.86	582.08	0.27	29.76	0.25	29.67	1.98	92.99	0.5
	燃煤进口	6	5.92	322.83	4220	6558.49	1855.99	0.68	316.11	0.51	29.41	0.17	1.04	0	96.06	0.02
330-340MW	燃煤全部	252	251.21	330.4	4465.68	6570.66	1547.87	0.95	594.1	0.6	47.37	0.53	36.14	4.86	92.62	0.56
	燃煤国产	249	248.21	330.4	4460.26	6565.75	1559.65	0.93	588.43	0.59	46.17	0.52	34.81	4.91	92.7	0.54
	燃煤进口	3	3	330	4915.39	6976.61	572.17	2.33	1064.33	1.33	146.89	1.33	146.89	0	86.17	2.06

附表1-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	次数	小时	非计划停运次数	小时				次数	小时
350-352MW	燃煤全部	173	172.81	350.02	4612.13	6987.77	1217.72	0.8	511.28	0.54	43.23	0.52	39.48	1.71	93.65	0.57
	燃煤国产	138	137.81	350	4634.46	7048.7	1156.06	0.83	507.24	0.6	48	0.57	43.74	2.03	93.64	0.62
	燃煤进口	35	35	350.11	4524.26	6747.96	1460.41	0.66	527.18	0.31	24.44	0.29	22.7	0.47	93.7	0.34
360-380MW	燃煤全部	14	13.92	362.07	3896.77	5939.14	2274.26	0.93	454.53	1.22	92.07	0.93	47.94	1.82	93.74	0.83
	燃煤国产	6	6	363.33	4576.05	6586.21	1493.88	1.17	469.96	2.33	209.96	1.67	107.95	4.2	92.19	1.67
	燃煤进口	8	7.92	361.13	3378.89	5445.82	2869.22	0.76	442.76	0.38	2.2	0.38	2.2	0	94.92	0.04
300-399MW	燃煤全部	864	858.95	321.44	4432.18	6515.52	1636.98	0.9	566.17	0.51	41.34	0.45	32.92	3.44	93.03	0.53
	燃煤国产	806	801.23	319.92	4442.15	6520.6	1628.2	0.91	569.14	0.51	42.06	0.46	33.61	3.6	92.98	0.54
	燃煤进口	58	57.73	342.59	4302.96	6449.66	1750.74	0.78	527.59	0.5	32.02	0.36	23.93	1.38	93.6	0.39
500MW	燃煤全部	8	7.83	507.5	4723.1	6711.06	962.21	1.4	919.04	1.79	167.7	1.66	158.63	0	87.59	2.31
	燃煤国产	4	4	500	4391.59	6247.34	981.91	2	1225.96	2.5	304.8	2.25	286.78	0	82.53	4.39
	燃煤进口	4	3.84	515	5058.9	7180.77	942.25	0.78	608.15	1.04	28.83	1.04	28.83	0	92.73	0.4
600MW	燃煤全部	249	245.75	600	4296.14	6451.28	1698.16	0.74	563.47	0.56	47.09	0.51	31.61	4.22	92.98	0.53
	燃煤国产	235	231.77	600	4268.75	6421.72	1730.98	0.74	558.78	0.56	48.52	0.5	32.1	4.43	93.02	0.54
	燃煤进口	14	13.98	600	4750.23	6941.32	1153.98	0.72	641.22	0.57	23.48	0.57	23.48	0.73	92.4	0.35
630-650MW	燃煤全部	86	85.67	635.17	4648.38	6783.04	1263.77	0.85	695.36	0.29	17.83	0.26	15.51	1.09	91.85	0.24
	燃煤国产	84	83.67	635.3	4667.28	6806.6	1250.31	0.82	685.25	0.27	17.84	0.24	15.47	1.11	91.96	0.24
	燃煤进口	2	2	630	3851.03	5789.38	1831.6	2	1121.66	1	17.36	1	17.36	0	87	0.3

附表1-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	不可用小时及次数	非计划停运	强迫停运	次数				小时	次数
660-680MW	燃煤全部	185	184.64	661.33	4545.4	6805.68	1317.74	0.74	595.88	0.54	40.7	0.47	28.92	1.78	92.71	0.44
	燃煤国产	175	174.64	661.41	4562.82	6824.15	1309.59	0.73	587.11	0.52	39.16	0.45	27.63	1.86	92.83	0.42
	燃煤进口	10	10	660	4240.58	6482.44	1460.33	0.9	749.43	0.9	67.79	0.8	51.51	0.46	90.67	0.8
600-699MW	燃煤全部	520	516.06	627.64	4449.25	6640.58	1481.81	0.76	597.84	0.51	39.77	0.45	27.89	2.78	92.69	0.44
	燃煤国产	494	490.08	627.76	4447.97	6639.26	1489.78	0.75	591.26	0.5	39.7	0.44	27.55	2.89	92.76	0.44
	燃煤进口	26	25.98	625.38	4473.46	6665.57	1330.98	0.89	722.44	0.73	41.01	0.69	34.39	0.56	91.28	0.52
700MW	燃煤全部	8	8	700	4950.53	7194.8	815.28	1.13	735.67	0.63	14.26	0.63	14.26	4.82	91.38	0.26
	燃煤国产	4	4	700	5267.17	7556.09	464.28	1.25	737.65	0.5	1.98	0.5	1.98	0	91.56	0.03
	燃煤进口	4	4	700	4633.9	6833.5	1166.28	1	733.68	0.75	26.53	0.75	26.53	9.64	91.21	0.53
800MW	燃煤全部	2	2	880	4232.65	6861.18	1098.28	0.5	732	0.5	68.55	0	0	10.18	90.75	0.01
	燃煤国产	2	2	880	4232.65	6861.18	1098.28	0.5	732	0.5	68.55	0	0	10.18	90.75	0.01
900MW	燃煤全部	2	2	900	3519.76	6423.09	1446.21	0.5	885.45	1	5.25	1	5.25	0	89.83	0.08
	燃煤进口	2	2	900	3519.76	6423.09	1446.21	0.5	885.45	1	5.25	1	5.25	0	89.83	0.08
1000MW	燃煤全部	109	108.71	1009.76	4829.61	6883.58	1214.31	0.76	633.58	0.35	28.53	0.32	25.77	2.03	92.42	0.39
	燃煤国产	109	108.71	1009.76	4829.61	6883.58	1214.31	0.76	633.58	0.35	28.53	0.32	25.77	2.03	92.42	0.39
500-1000MW	燃煤全部	649	644.61	692.84	4546.8	6707.83	1401.48	0.77	612.89	0.5	37.8	0.45	28.16	2.61	92.54	0.44
	燃煤国产	613	608.79	696.14	4551.01	6707.63	1407.68	0.77	606.76	0.48	37.93	0.43	28.03	2.67	92.61	0.44
燃煤进口	36	35.81	636.67	4468.53	6711.59	1286.25	0.87	726.8	0.78	35.36	0.75	30.65	1.58	91.28	0.48	

附表1-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	不可用小时及次数	非计划停运		强迫停运				
						次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	小时		
100-1000MW	燃煤全部	1796	1783.98	432.37	4465.42	0.86	589.15	0.51	39.57	0.45	30.68	2.77	92.79	0.49	
	燃煤国产	1681	1669.68	434.26	4475.98	0.86	586.55	0.5	39.95	0.46	30.97	2.86	92.82	0.49	
	燃煤进口	115	114.3	404.65	4300.04	0.84	629.84	0.55	33.54	0.45	26.02	1.37	92.41	0.42	
燃气轮机组		211	210.54	291.01	2579.36	1.04	652.54	0.2	15.97	0.18	8.34	0.15	92.37	0.21	

附表2

2019年全国水电40MW及以上容量机组运行可靠性主要指标

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
抽水蓄能机组	全部	110	110	260.78	2415.43	3171.93	4589.52	6.46	993.53	0.92	5.02	0.74	2.89	0	88.6	0.09
	40-99MW	9	9	63.33	3142.51	4310.01	3371.93	6.44	1073.34	1	4.72	1	4.72	0	87.69	0.11
	100-199MW	6	6	150	2472.82	2360.75	5686.76	8	712.49	0	0	0	0	0	91.87	0
	200-299MW	29	29	237.93	2080.22	2622.4	5100.88	5.93	1030.44	0.9	6.28	0.52	3.54	0	88.17	0.13
	300MW及以上	66	66	307.82	2506.34	3362.58	4401.39	6.56	991.21	1	4.82	0.86	2.74	0	88.63	0.08
水电轴流机组	全部	160	158.22	103.63	4769.36	5929.39	2189.22	1.51	638.42	0.13	2.97	0.05	1.09	0.01	92.68	0.02
	40-99MW	75	75	58.28	4009.07	4993.76	3124.45	1.77	635.04	0.23	6.75	0.08	4.04	0.02	92.67	0.08
	100-199MW	76	74.45	136.39	5130.66	6407.96	1695.44	1.24	654.73	0.04	1.87	0.03	0.02	0	92.5	0
	200-299MW	9	8.77	204.94	4573.62	5496.56	2709.02	1.6	554.41	0	0	0	0	0	93.67	0
水电混流机组	全部	772	768.33	236.26	4109	5293.34	2876.42	1.31	586.84	0.09	3.4	0.05	1.48	5.49	93.2	0.03
	40-99MW	318	316.58	60.87	3588.01	4738.81	3500.23	1.24	513.86	0.04	7.1	0.02	1.88	51.54	93.46	0.04
	100-199MW	136	135.93	134.82	3433.18	4594.06	3635.96	1.29	526.52	0.13	3.46	0.07	2.75	0	93.95	0.06
	200-299MW	91	90.6	234.55	3833.78	4759.09	3391.68	1.39	608	0.09	1.22	0.09	1.22	0	93.05	0.03
	300MW及以上	227	225.21	543.41	4340.62	5578.83	2574.24	1.39	603.74	0.13	3.18	0.07	1.27	0	93.07	0.02
全部机组		1042	1036.55	218.48	3941.76	5070.02	3044.2	1.89	642.2	0.18	3.57	0.12	1.63	4.4	92.58	0.03

附表 3

2019年全国220kV及以上电压等级架空线路、变压器、电抗器、断路器、电抗器等13类

输变电设施运行可靠性主要指标

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	8243.629	8094.036	0.064	99.453	30265.780	694	0.554	5394	44.719
架空线路	220	4828.519	4732.028	0.069	99.713	32599.478	471	0.279	4161	24.285
架空线路	330	314.51	316.750	0.044	99.246	39756.472	16	0.524	139	60.513
架空线路	400	8.458	8.458	0	100	17520.000	0	0	0	0
架空线路	500	2339.46	2297.028	0.074	99.405	21093.416	199	0.859	983	49.563
架空线路	660	26.667	26.667	0	97.798	8567.092	0	0	2	192.908
架空线路	750	213.244	205.312	0	99.480	32463.957	2	0.022	41	42.259
架空线路	800	402.277	402.252	0.007	97.220	8047.400	4	2.521	36	210.409
架空线路	1000	110.494	105.540	0.009	98.281	14563.157	2	0.038	32	147.507
变压器	综合	18797	183.138	0.235	99.641	29880.638	90	0.21	5257	30.899
变压器	220	12254	120.119	0.25	99.710	31013.771	60	0.147	3323	24.965
变压器	330	503	4.956	0	99.573	31554.522	0	0	137	35.343
变压器	500	5467	52.709	0.247	99.513	28898.448	30	0.393	1560	41.947
变压器	660	6	0.035	0	100	30346.033	0	0	0	0
变压器	750	358	3.383	0	99.665	26135.991	0	0	113	28.973
变压器	800	33	0.302	0	100	264497.417	0	0	0	0

附表3-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
变压器	1000	176	1.634	0	98.709	11392.290	0	0	124	107.676
电抗器	综合	3996	38.075	0.158	99.825	84138.458	7	0.524	407	14.346
电抗器	220	210	2.085	0	99.841	56993.374	0	0	32	13.950
电抗器	330	230	2.039	0	100	1785912.400	0	0	1	0.005
电抗器	500	2724	26.059	0.038	99.919	129596.140	2	0.008	174	6.999
电抗器	750	551	5.250	0.952	99.654	55217.696	5	3.759	78	23.735
电抗器	800	48	0.469	0	100	411240.998	0	0	0	0
电抗器	1000	233	2.172	0	98.895	15426.844	0	0	122	96.718
断路器	综合	48602	466.386	0.172	99.873	65784.237	138	0.040	6064	10.841
断路器	220	38250	369.601	0.176	99.878	64895.908	110	0.039	4873	10.427
断路器	330	2031	20.036	0	99.918	133870.027	0	0	131	6.914
断路器	500	7759	71.630	0.181	99.844	63994.236	25	0.059	954	13.358
断路器	750	465	4.369	0.458	99.765	38960.936	3	0.035	95	19.909
断路器	800	30	0.124	0	100	108679.809	0	0	0	0
断路器	1000	67	0.626	0	99.640	49694.358	0	0	11	31.578
电流互感器	综合	143309	1414.613	0.008	99.964	176183.336	69	0.013	6959	3.098
电流互感器	220	118640	1176.356	0.009	99.970	176039.276	65	0.014	5787	2.556
电流互感器	330	3948	38.225	0	99.940	163244.934	2	0.009	203	5.245
电流互感器	500	20398	196.913	0.005	99.931	177525.799	2	0.008	969	5.968

附表3-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
电流互感器	750	117	1.144	0	100	1001821.933	0	0	0	0
电流互感器	800	99	0.990	0	100	867240.000	0	0	0	0
电流互感器	1000	107	0.985	0	100	863112.000	0	0	0	0
电压互感器	综合	90119	888.180	0.012	99.95	161425.976	51	0.041	4764	4.248
电压互感器	220	61258	607.420	0.008	99.978	195366.342	41	0.059	2682	1.818
电压互感器	330	5222	51.257	0	99.941	166820.736	0	0	269	5.021
电压互感器	500	21748	211.579	0.028	99.896	127164.530	10	0.003	1446	8.879
电压互感器	750	1307	12.540	0	99.812	67680.654	0	0	162	16.103
电压互感器	800	25	0.258	0	100	226078.015	0	0	0	0
电压互感器	1000	559	5.125	0	99.263	21739.670	0	0	205	64.583
隔离开关	综合	169715	1640.440	0.007	99.975	280075.121	89	0.018	5038	2.066
隔离开关	220	144067	1398.944	0.009	99.982	305474.115	83	0.021	3928	1.451
隔离开关	330	4583	45.266	0	99.959	275253.357	1	0.002	143	3.322
隔离开关	500	19699	183.774	0	99.935	201353.009	4	0.001	795	5.640
隔离开关	750	1188	11.153	0	99.834	58403.865	1	0.003	166	14.368
隔离开关	800	98	0.504	0	100	441510.421	0	0	0	0
隔离开关	1000	80	0.800	0	99.817	116563.483	0	0	6	16.034
避雷器	综合	152325	1487.420	0.007	99.959	210792.174	35	0.008	6140	3.508
避雷器	220	118982	1166.699	0.005	99.975	248304.208	28	0.010	4087	2.172

附表3-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
避雷器	330	5084	49.465	0	99.940	169823.762	0	0	255	5.114
避雷器	500	25459	244.396	0.008	99.912	156360.829	5	0	1363	7.501
避雷器	660	1	0.008	0	100	6888.083	0	0	0	0
避雷器	750	1813	17.483	0.114	99.830	71113.231	2	0.041	213	14.755
避雷器	800	329	3.256	0	100	2852309.983	0	0	0	0
避雷器	1000	657	6.113	0	99.364	23966.759	0	0	222	55.634
耦合电容器	综合	8461	88.949	0.011	99.984	442780.837	1	0.028	178	1.289
耦合电容器	220	7972	84.181	0.012	99.987	426204.661	1	0.030	172	0.950
耦合电容器	330	124	1.240	0	99.948	217061.147	0	0	5	4.458
耦合电容器	500	344	3.339	0	99.9	2922194.978	0	0	1	8.741
耦合电容器	750	3	0.018	0	100	15569.300	0	0	0	0
耦合电容器	800	18	0.171	0	100	149736.997	0	0	0	0
阻波器	综合	14817	154.482	0.006	99.986	496789.346	4	0.003	267	1.147
阻波器	220	11830	123.812	0.008	99.991	583065.292	4	0.004	182	0.636
阻波器	330	690	6.965	0	99.978	435718.489	0	0	14	1.933
阻波器	500	2293	23.664	0	99.957	291847.822	0	0	71	3.592
阻波器	750	4	0.040	0	100	35040.000	0	0	0	0
电缆线路	综合	71.925	69.128	0.029	99.826	138956.544	3	0.037	84	6.672
电缆线路	220	65.48	62.773	0.032	99.840	133623.095	3	0.041	82	7.293

附表3-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
电缆线路	330	4.885	4.885	0	99.810	131400.000	0	0	0	0
电缆线路	500	1.533	1.442	0	99.307	334846.458	0	0	2	2.375
电缆线路	750	0.028	0.028	0	100	17520.000	0	0	0	0
组合电器	综合	7288	56.220	0.024	99.972	9157.166	59	0.808	5316	1.649
组合电器	220	4816	36.386	0.028	99.975	11520.553	34	1.239	2732	0.959
组合电器	330	172	1.594	0.095	99.960	4730.151	9	0.097	286	3.314
组合电器	500	2187	17.289	0.003	99.979	10800.180	9	0.001	1393	1.733
组合电器	750	37	0.324	0.206	99.930	2752.641	1	0.368	102	5.799
组合电器	1000	76	0.628	0.126	99.623	677.940	6	0.057	803	32.952
母线	综合	13282	127.587	0.361	99.929	142232.393	59	1.999	724	4.139
母线	220	11025	106.715	0.394	99.933	159419.781	55	2.389	531	3.353
母线	330	334	3.328	0.301	99.968	194275.651	1	0	14	2.296
母线	500	1786	16.389	0.122	99.900	86921.597	2	0.006	163	8.660
母线	750	87	0.813	1.230	99.892	64674.708	1	0.014	10	9.413
母线	800	29	0.135	0	100	118138.854	0	0	0	0
母线	1000	21	0.207	0	99.283	30045.064	0	0	6	62.810

注：*1 架空线路、电缆线路单位为：百千米；其它设备单位为：台（套、段）。

*2 电缆线路单位为次/千米年，其它设备单位为次/百千米（台、套、段）年。

*3 架空线路单位为小时/百千米年，其它设备单位为小时/千米（台、套、段）年。

附表 4

2019年全国点对点直流输电系统运行可靠性主要指标

系统名称	额定电压 (kV)	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	1989-9-1	91.819	56.48	1.008	7.173	5	5759351
			极 II	1990-8-1						
天广	±500	1800	极 I	2000-12-26	98.138	44.38	0.012	1.850	1	6998425
			极 II	2001-6-26						
龙政	±500	3000	极 I	2003-6-1	91.095	41.33	0.120	8.785	2	10861477
			极 II	2003-6-1						
江城	±500	3000	极 I	2004-6-1	74.219	61.39	0	25.781	0	16132650
			极 II	2004-6-1						
高肇	±500	3000	极 I	2004-9-24	99.676	54.79	0.003	0.321	1	14398829
			极 II	2004-5-31						
宜华	±500	3000	极 I	2006-12-1	92.188	37.00	0.308	7.505	1	9722570
			极 II	2006-12-1						
兴安	±500	3000	极 I	2007-12-3	96.306	74.05	0.037	3.657	1	19459794
			极 II	2007-6-21						
德宝	±500	3000	极 I	2010-4-21	90.841	57.84	0.784	8.375	2	15200380
			极 II	2010-4-21						
伊穆	±500	3000	极 I	2010-9-30	97.419	55.93	0	2.581	0	14697152
			极 II	2010-9-30						
银东	±660	4000	极 I	2011-3-25	94.929	88.76	0	5.071	0	31101956
			极 II	2011-3-25						
林枫	±500	3000	极 I	2011-5-2	91.718	39.50	0.040	8.242	1	10379622
			极 II	2011-5-2						
柴拉	±400	600	极 I	2012-6-10	90.554	36.49	0.014	9.432	1	1918091
			极 II	2012-6-10						

附表4-续1

系统名称	额定电压 (kV)	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)
牛从甲	±500	3200	极 I	2014-4-11	96.629	55.30	3.370	1	15501919
			极 II	2013-10-12					
牛从乙	±500	3200	极 I	2014-6-29	95.856	54.67	4.145	0	15325006
			极 II	2014-6-29					
金中	±500	3200	极 I	2016-6-18	97.790	59.79	2.210	0	16760768
			极 II	2016-6-18					
永富	±500	3000	极 I	2016-6-30	95.470	40.30	3.569	1	10589878
			极 II	2016-6-30					
楚穗	±800	5000	极 I	2010-6-18	95.927	64.56	3.947	2	28276477
			极 II	2009-12-28					
复奉	±800	6400	极 I	2010-7-26	89.813	53.83	10.187	0	30178920
			极 II	2010-7-26					
锦苏	±800	7200	极 I	2012-7-19	88.608	58.01	11.355	1	36589284
			极 II	2012-12-6					
天中	±800	8000	极 I	2014-1-25	94.438	59.21	5.562	0	41496745
			极 II	2014-1-25					
宾金	±800	8000	极 I	2014-7-3	88.440	48.57	11.187	2	34039732
			极 II	2014-7-3					
普侨	±800	5000	极 I	2015-5-30	90.738	49.49	9.244	1	21678686
			极 II	2014-1-29					
灵绍	±800	8000	极 I	2016-8-24	91.339	59.20	8.125	2	41487595
			极 II	2016-8-24					
祁韶	±800	8000	极 I	2017-6-23	80.233	25.60	19.767	0	17937094
			极 II	2017-6-23					
雁淮	±800	8000	极 I	2017-6-30	94.283	35.93	5.587	2	25177481
			极 II	2017-6-30					
鲁固	±800	10000	极 I	2018-1-1	67.397	26.88	32.603	0	23547866
			极 II	2018-1-1					

附表4-续2

系统名称	额定电压 (kV)	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)
锡泰	±800	10000	极 I	2018-1-1	60.541	13.56	0.141	39.318	1	11879718
			极 II	2018-1-1						
新东	±800	5000	极 I	2018-5-28	100	61.86	0	0	0	27095887
			极 II	2018-5-28						
昭沂	±800	10000	极 I	2019-1-1	57.802	18.97	1.287	40.912	2	16622007
			极 II	2019-1-1						

附表 5

2019 年全国背靠背直流输电系统运行可靠性主要指标

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	换流站	1100	2005-7-1	95.844	94.88	0	4.156	0	9226028
	单元 I 120kV	360	2005-7-1	97.325	95.68	0	2.675	0	3017517
	单元 II 167kV	750	2009-12-15	95.133	94.50	0	4.867	0	6208511
	换流站	3000	2008-11-1	95.240	82.58	0	4.760	0	21701290
高岭背靠背	单元 I ± 125kV	750	2008-11-1	97.008	83.15	0	2.992	0	5462903
	单元 II ± 125kV	750	2008-11-1	95.381	80.96	0	4.619	0	5318805
	单元 III ± 125kV	750	2012-11-13	97.212	85.72	0	2.788	0	5631505
	单元 IV ± 125kV	750	2012-11-13	91.360	80.49	0	8.640	0	5288078
黑河背靠背	换流站	750	2012-1-07	94.564	40.93	0.000	5.436	0	2689350
	单元 I 125kV	750	2012-1-07	94.564	40.93	0.000	5.436	0	2689350
鲁西背靠背	换流站	3000	2016/6/30	96.292	31.61	0.102	3.606	2	8306875.5
	单元 I ± 125kV	1000	2016/6/30	97.537	32.50	0	2.463	0	5694015.6
	单元 II ± 125kV	1000	2016/8/29	96.853		0.000	3.147	0	
	单元 III ± 125kV	1000	2017/6/30	94.487	29.83	0.306	5.207	2	2612859.9

附表6

2019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 (%)	系统平均 停电频率 (次/户)	系统平均 停电时间 (小时/户)	系统平均故障 停电时间 (小时/户)	系统平均预安排 停电时间 (小时/户)	等效总户数	用户总容量 (kVA)
华北区域	全口径	99.8593	2.51	12.33	4.52	7.81	2433176	786280079
	城市	99.9576	0.88	3.71	1.27	2.44	599776	385090674
	农村	99.8271	3.05	15.14	5.58	9.56	1833400	401189405
东北区域	全口径	99.8148	3.15	16.22	5.16	11.06	762911	181188003
	城市	99.9451	0.89	4.81	1.25	3.56	219069	105262320
	农村	99.7623	4.06	20.82	6.74	14.08	543841	75925683
华东区域	全口径	99.9188	2.03	7.11	3.29	3.83	2366137	1167544413
	城市	99.9672	0.84	2.87	1.29	1.58	615643	467375165
	农村	99.9018	2.45	8.61	3.99	4.62	1750494	700169248
华中区域	全口径	99.8179	2.76	15.95	5.81	10.15	2129163	679049879
	城市	99.9415	1.10	5.12	1.92	3.20	583815	351339994
	农村	99.7712	3.38	20.04	7.28	12.77	1545348	327709885
西北区域	全口径	99.6951	5.42	26.71	8.24	18.47	791670	205664668
	城市	99.8836	2.36	10.20	3.21	6.99	157059	96254519
	农村	99.6485	6.18	30.79	9.48	21.31	634611	109410149

附表6-续表

区域	统计口径	供电可靠率 (%)	系统平均 停电频率 (次/户)	系统平均 停电时间 (小时/户)	系统平均故障 停电时间 (小时/户)	系统平均预安排 停电时间 (小时/户)	等效总户数	用户总容量 (kVA)
南方区域	全口径	99.8288	4.14	15.00	8.69	6.31	1616509	705507292
	城市	99.9449	1.29	4.83	2.18	2.65	495076	364685422
	农村	99.7775	5.40	19.49	11.56	7.93	1121433	340821870
全国	全口径	99.8434	2.99	13.72	5.51	8.21	10099567	3725234334
	城市	99.9486	1.08	4.50	1.70	2.81	2670440	1770008094
	农村	99.8056	3.67	17.03	6.88	10.15	7429127	1955226240

附表7

2019年全国各区域故障停电原因分类

区域 Area	影响指标 Influenced indices	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	1.082	8.78	0.865	7.01	1.468	11.91	0.105	0.85	0.667	5.41	0.142	1.15	0.042	0.34	0.149	1.21
	AITC	0.314	12.49	0.274	10.91	0.491	19.51	0.039	1.54	0.261	10.38	0.046	1.81	0.012	0.49	0.052	2.08
东北区域	AIHC	1.530	9.43	1.003	6.18	1.345	8.29	0.064	0.40	0.866	5.34	0.137	0.85	0.027	0.17	0.189	1.17
	AITC	0.485	15.39	0.326	10.35	0.460	14.58	0.028	0.89	0.322	10.21	0.046	1.45	0.007	0.23	0.048	1.53
华东区域	AIHC	1.186	16.67	0.618	8.69	0.834	11.72	0.090	1.27	0.231	3.24	0.240	3.37	0.021	0.30	0.067	0.94
	AITC	0.314	15.48	0.287	14.14	0.410	20.22	0.047	2.33	0.118	5.80	0.128	6.32	0.009	0.43	0.041	2.00
华中区域	AIHC	1.408	8.83	1.314	8.24	1.630	10.22	0.167	1.05	0.436	2.73	0.446	2.79	0.119	0.75	0.262	1.64
	AITC	0.301	10.94	0.316	11.46	0.401	14.55	0.044	1.61	0.124	4.51	0.104	3.78	0.025	0.92	0.066	2.41
西北区域	AIHC	1.976	7.40	0.960	3.59	1.404	5.26	0.698	2.61	2.191	8.20	0.666	2.50	0.045	0.17	0.296	1.11
	AITC	0.588	10.85	0.384	7.09	0.585	10.79	0.302	5.57	0.845	15.60	0.231	4.26	0.016	0.29	0.113	2.09
南方区域	AIHC	3.397	22.65	0.777	5.18	1.564	10.43	0.715	4.77	0.763	5.08	0.589	3.93	0.078	0.52	0.049	0.32
	AITC	1.134	27.38	0.278	6.72	0.618	14.93	0.355	8.58	0.276	6.68	0.266	6.43	0.026	0.62	0.017	0.42
全国	AIHC	1.650	12.02	0.906	6.60	1.355	9.88	0.256	1.86	0.666	4.85	0.341	2.49	0.058	0.42	0.152	1.11
	AITC	0.477	15.96	0.299	10.02	0.478	16.01	0.112	3.76	0.251	8.42	0.127	4.26	0.016	0.55	0.051	1.72

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

2019 年全国各区域预先安排停电原因分类

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	4.195	34.03	3.242	26.30	0.098	0.80	0.178	1.44	0.015	0.12	0.020	0.16	0.020	0.17	0.037	0.30
	AITC	0.560	22.28	0.379	15.07	0.017	0.67	0.022	0.86	0.004	0.17	0.025	1.01	0.005	0.21	0.012	0.49
东北区域	AIHC	6.420	39.58	4.299	26.50	0.167	1.03	0.059	0.37	0.006	0.04	0.004	0.02	0.098	0.61	0.005	0.03
	AITC	0.827	26.25	0.544	17.25	0.023	0.73	0.008	0.24	0.003	0.09	0.002	0.07	0.022	0.70	0.001	0.04
华东区域	AIHC	0.979	13.76	2.658	37.36	0.064	0.90	0.058	0.81	0.002	0.03	0.015	0.20	0.020	0.28	0.032	0.45
	AITC	0.177	8.71	0.432	21.28	0.012	0.60	0.008	0.39	0.001	0.06	0.032	1.58	0.004	0.20	0.009	0.45
华中区域	AIHC	4.308	27.01	5.078	31.83	0.279	1.75	0.218	1.37	0.041	0.25	0.031	0.19	0.116	0.72	0.075	0.47
	AITC	0.609	22.09	0.624	22.65	0.046	1.66	0.027	0.96	0.009	0.34	0.013	0.47	0.023	0.85	0.013	0.46
西北区域	AIHC	9.385	35.14	8.302	31.09	0.126	0.47	0.123	0.46	0.193	0.72	0.059	0.22	0.251	0.94	0.028	0.10
	AITC	1.303	24.05	0.830	15.32	0.030	0.55	0.018	0.34	0.045	0.83	0.053	0.99	0.065	1.19	0.009	0.17
南方区域	AIHC	2.715	18.10	3.351	22.34	0.056	0.37	0.065	0.43	0.043	0.28	0.009	0.06	0.066	0.44	0.009	0.06
	AITC	0.423	10.22	0.477	11.52	0.011	0.27	0.007	0.17	0.020	0.48	0.011	0.28	0.011	0.27	0.002	0.04
全国	AIHC	3.803	27.72	3.986	29.06	0.129	0.94	0.127	0.93	0.035	0.26	0.021	0.15	0.072	0.52	0.036	0.27
	AITC	0.537	17.98	0.507	16.96	0.022	0.75	0.016	0.53	0.010	0.34	0.023	0.76	0.016	0.53	0.009	0.30

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

附表9

2019年省级电力企业供电可靠性主要指标

企业名称	供电可靠率 (%)			平均停电时间 (小时 / 户)			平均停电频率 (次 / 户)		
	全口径	城市地区	农村地区	全口径	城市地区	农村地区	全口径	城市地区	农村地区
国网北京市电力公司	99.9764	99.9892	99.9570	2.07	0.94	3.77	0.60	0.32	1.02
国网天津市电力公司	99.9363	99.9759	99.8959	5.58	2.11	9.12	1.55	0.79	2.32
国网河北省电力有限公司	99.8212	99.9350	99.7994	15.66	5.69	17.57	2.27	0.86	2.54
国网冀北电力有限公司	99.8099	99.9324	99.7852	16.65	5.92	18.82	4.53	1.42	5.16
国网山西省电力公司	99.8232	99.9471	99.7956	15.48	4.64	17.90	4.97	1.74	5.69
国网山东省电力公司	99.9379	99.9724	99.9256	5.44	2.42	6.52	1.31	0.57	1.58
国网上海市电力公司	99.9911	99.9942	99.9890	0.78	0.51	0.97	0.26	0.14	0.34
国网江苏省电力有限公司	99.9360	99.9674	99.9251	5.61	2.85	6.56	1.34	0.73	1.54
国网浙江省电力有限公司	99.9374	99.9760	99.9260	5.49	2.10	6.49	1.89	0.74	2.23
国网安徽省电力有限公司	99.8453	99.9409	99.8124	13.55	5.18	16.44	4.63	1.79	5.62
国网福建省电力有限公司	99.8848	99.9609	99.8581	10.09	3.42	12.43	2.00	0.76	2.44
国网湖北省电力有限公司	99.8266	99.9570	99.7759	15.19	3.76	19.63	3.17	0.89	4.06
国网湖南省电力有限公司	99.8307	99.9551	99.7780	14.83	3.93	19.45	2.54	0.76	3.30
国网河南省电力公司	99.8066	99.9470	99.7608	16.94	4.65	20.95	2.83	1.06	3.41

附表9-续1

企业名称	供电可靠性 (%)			平均停电时间 (小时/户)			平均停电频率 (次/户)		
	全口径	城市地区	农村地区	全口径	城市地区	农村地区	全口径	城市地区	农村地区
	国网江西省电力有限公司	99.8108	99.9433	99.7611	16.58	4.97	20.93	2.64	0.92
国网四川省电力公司	99.8148	99.9426	99.7753	16.22	5.02	19.68	2.57	0.89	3.08
国网重庆市电力公司	99.8582	99.9572	99.8074	12.42	3.75	16.87	1.76	0.54	2.38
国网辽宁省电力有限公司	99.8297	99.9498	99.7812	14.91	4.40	19.17	4.39	1.02	5.76
国网吉林省电力有限公司	99.7878	99.9398	99.7406	18.58	5.27	22.72	2.43	0.73	2.96
国网黑龙江省电力有限公司	99.8192	99.9427	99.7565	15.84	5.02	21.33	1.97	0.83	2.54
国网内蒙古东部电力有限公司	99.6663	99.9305	99.6232	29.23	6.09	33.01	4.12	1.10	4.61
国网陕西省电力公司	99.8388	99.9328	99.7737	14.12	5.88	19.83	3.08	1.31	4.31
国网甘肃省电力公司	99.7644	99.9306	99.7405	20.64	6.08	22.74	4.86	1.50	5.35
国网青海省电力公司	99.6953	99.8998	99.6080	26.69	8.78	34.34	4.54	2.39	5.45
国网宁夏电力有限公司	99.8303	99.9493	99.7778	14.87	4.44	19.46	2.35	0.89	3.00
国网新疆电力有限公司	99.5396	99.8225	99.4724	40.33	15.55	46.22	8.01	3.75	9.02
国网西藏电力有限公司	99.2756	99.2874	99.2530	63.46	62.43	65.44	14.83	17.09	10.51
广东电网有限责任公司	99.9231	99.9593	99.9047	6.73	3.56	8.34	1.84	0.95	2.29
广西电网有限责任公司	99.8590	99.9501	99.8234	12.35	4.37	15.47	3.34	1.08	4.22
云南电网有限责任公司	99.8017	99.9049	99.7809	17.37	8.33	19.20	3.94	1.81	4.37
贵州电网有限责任公司	99.8034	99.9218	99.7737	17.23	6.85	19.82	5.59	2.09	6.47

附表9-续2

企业名称	供电可靠率 (%)			平均停电时间 (小时 / 户)			平均停电频率 (次 / 户)		
	全口径	城市地区	农村地区	全口径	城市地区	农村地区	全口径	城市地区	农村地区
海南电网有限责任公司	99.8124	99.9100	99.7666	16.43	7.88	20.45	5.30	2.42	6.65
内蒙古电力(集团)有限责任公司	99.7936	99.9050	99.7567	18.08	8.32	21.31	3.13	1.95	3.52
山西地方电力有限公司	99.7484	99.8488	99.7119	22.04	13.24	25.24	5.07	3.41	5.68
陕西省地方电力(集团)公司	99.7204	99.7366	99.7190	24.49	23.08	24.62	4.72	4.51	4.74
广西水利电业集团有限公司	99.1876	99.6371	99.1047	71.16	31.79	78.43	19.19	8.05	21.25