

2021 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

2022 年 6 月

目 录

第一章 2021 年全国 100 兆瓦及以上火电机组、40 兆瓦及以上水电机组、 核机组、风电机组运行可靠性	1
第一节 2021 年纳入可靠性指标统计评价的发电机组装机容量构成	1
第二节 1000 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性	4
第三节 600 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性	7
第四节 300 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性	12
第五节 200 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性	17
第六节 超临界及以上燃煤机组运行可靠性	19
第七节 100 兆瓦及以上容量燃气轮机组运行可靠性	20
第八节 100 兆瓦及以上容量燃煤机组备用时间分析	20
第九节 2020 年新投产机组可靠性指标	23
第十节 非计划停运分析	25
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	27
第十二节 40 兆瓦及以上容量水电机组运行可靠性	28
第十三节 700 兆瓦等级常规水电机组运行可靠性	39

第十四节 核电机组运行可靠性	41
第十五节 风电机组运行可靠性	42
第二章 2021 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.....	44
第一节 磨煤机运行可靠性	47
第二节 给水泵组运行可靠性	51
第三节 送风机运行可靠性	54
第四节 引风机运行可靠性	57
第五节 高压加热器运行可靠性	60
第六节 国产、进口辅助设备可靠性对比分析	62
第七节 燃煤机组环保系统和设施运行可靠性	65
第三章 2021 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	68
第一节 2021 年全国十三类输变电设施统计范围	68
第二节 输变电设施运行可靠性总体情况	68
第三节 变压器运行可靠性	70
第四节 断路器运行可靠性	84
第五节 架空线路运行可靠性	97
第四章 2021 年全国直流输电系统运行可靠性	107
第一节 直流输电系统总体情况	107

第二节 可靠性指标总体情况.....	110
第三节 强迫停运情况.....	120
第四节 计划停运情况.....	125
第五章 2021 年全国 10 千伏供电系统用户供电可靠性	129
第一节 全国供电可靠性总体情况.....	129
第二节 区域供电可靠性.....	132
第三节 省级行政区供电可靠性.....	133
第四节 地级行政区供电可靠性.....	139
第五节 全国 50 个主要城市供电可靠性.....	144
第六节 停电原因分析.....	147
附表 1 2021 年火电 100MW 及以上容量机组运行主要可靠性指标	156
附表 2 2021 年水电 40MW 及以上容量机组运行主要可靠性指标	160
附表 3 2021 年风电机组运行主要可靠性指标	161
附表 4 2021 年全国 220 千伏及以上电压等级架空线路、变压器、 电抗器、断路器等 13 类输变电设施可靠性综合指标.....	162
附表 5 2021 年全国直流输电系统运行可靠性主要指标.....	167

第一章 2021 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、风电机组运行可靠性

第一节 2021 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 2021 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 3239 台，总装机容量 12.04 亿千瓦，占全国总装机的 50.67%，同比增加 69 台和 0.60 亿千瓦。纳入 2021 年电力可靠性统计的风电机组 48956 台，总装机容量 0.82 亿千瓦。2021 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

2021 年，纳入可靠性统计的火电机组 2120 台（含 239 台燃气轮机组），总装机容量 9.19 亿千瓦，占全国火电总装机容量的 70.86%；水电机组 1073 台，总装机容量为 2.38 亿千瓦，占全国水电总装机容量的 60.87%；核电机组 46 台，总装机容量为 0.47 亿千瓦，占全国核电总装机容量的 88.68%；风电机组总装机容量 0.82 亿千瓦，占全国风电总装机容量的 25%。

二、纳入可靠性统计的火电机组装机构成

2021 年，纳入可靠性统计的火电机组中燃煤机组 1881 台，总装机容量 8.49 亿千瓦，占纳入统计的火电机组装机容量的 92.38%；燃气轮机组 239 台，总装机容量 0.7 亿千瓦，占纳入统计的火电机组总装机容量的 7.62%。

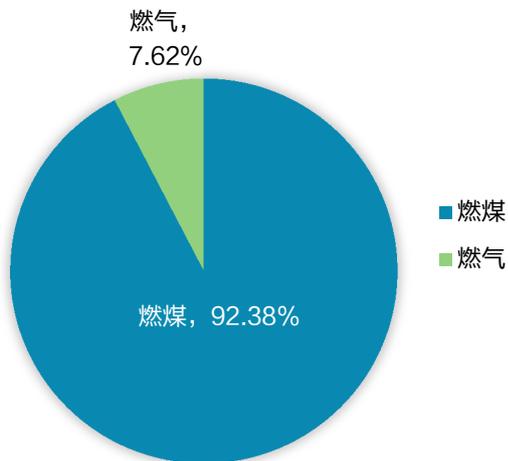


图 1-1 2021 年 100 兆瓦及以上容量火电机组装机容量构成

2021 年，纳入可靠性统计的 1000 兆瓦及以上容量机组 137 台，总容量 1.39 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 16.33%；600-699 兆瓦容量机组 570 台，总容量 3.60 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 42.35%；300-399 兆瓦容量机组 904 台，总容量 2.93 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 34.54%；200-299 兆瓦容量机组 125 台，总容量 0.26 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 3.03%；100-199 兆瓦容量机组 123 台，总容量 0.17 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 2.03%；其余容量等级机组 22 台，总容量 0.15 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 1.72%。燃煤机组装机容量构成见图 1-2。

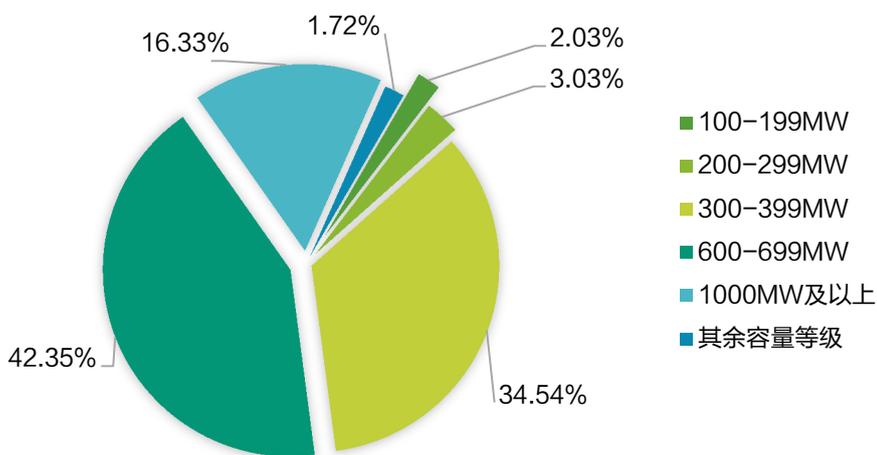


图 1-2 2021 年 100 兆瓦及以上容量燃煤机组装机容量构成

三、纳入可靠性统计的 40 兆瓦及以上容量水电机组装机容量构成

按机组类型分：2021 年纳入可靠性统计的轴流机组 150 台，总容量 0.15 亿千瓦，占统计水电装机容量的 6.30%；混流机组 806 台，总容量 1.93 亿千瓦，占统计水电装机容量的 81.09%；抽水蓄能机组 117 台，总容量 0.30 亿千瓦，占统计水电装机容量的 12.61%。水电机组装机容量见图 1-3。

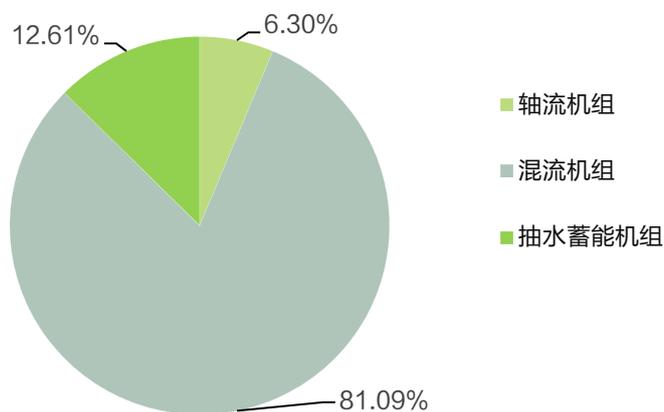


图 1-3 2021 年 40 兆瓦及以上容量水电机组按类型分类装机容量构成

按单机容量分：40-99 兆瓦机组 420 台，总容量 0.26 亿千瓦，占统计水电装机容量的 10.92%；100-199 兆瓦机组 206 台，总容量 0.28 亿千瓦，占统计水电装机容量的 11.76%；200-299 兆瓦机组 142 台，总容量 0.33 亿千瓦，占统计水电装机容量的 13.87%；300-399 兆瓦机组 135 台，总容量 0.42 亿千瓦，占统计水电装机容量的 17.65%；400 兆瓦及以上容量机组 170 台，总容量 1.09 亿千瓦，占统计水电装机容量的 45.80%。水电机组装机容量见图 1-4。

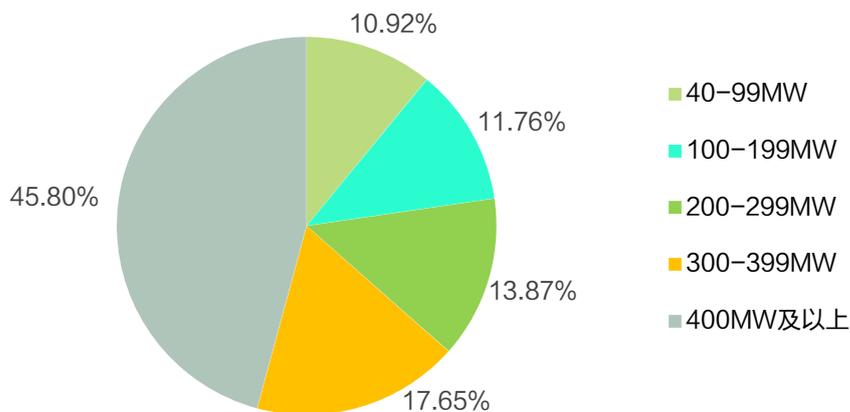


图 1-4 2021 年按机组容量分类的水电机组装机容量构成

第二节 1000 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

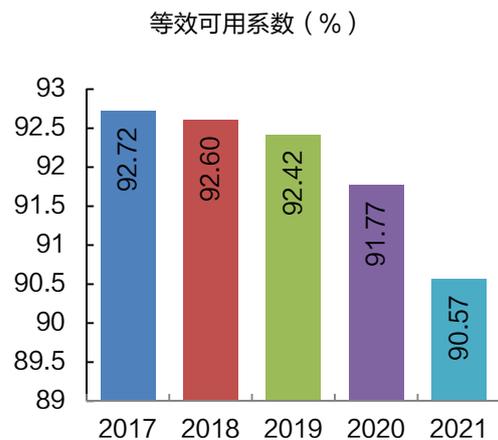
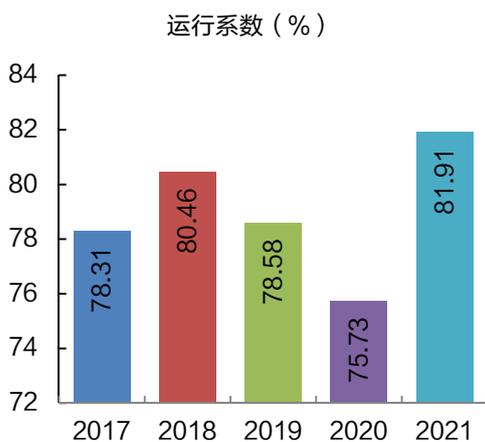
2021 年，纳入可靠性统计的 1000 兆瓦等级燃煤机组 137 台，均为国产机组，同比台数增加 11 台。

一、2017-2021 年 1000 兆瓦等级燃煤机组主要运行可靠性指标

2021 年，1000 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数 90.57%，同比下降 1.20 个百分点，主要因素为非计划停运时间增加；非计划停运共 83 次，其中强迫停运 67 次，分别同比增加 42 次、31 次；非计划停运时间共 8405.60 小时，同比增加 5342.73 小时。1000 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标见表 1-1 及图 1-5。

表 1-1 2017-2021 年 1000 兆瓦等级燃煤机组主要运行可靠性指标

年份	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)
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
2020	126	75.73	91.77	0.27	0.33
2021	137	81.91	90.57	0.75	0.61



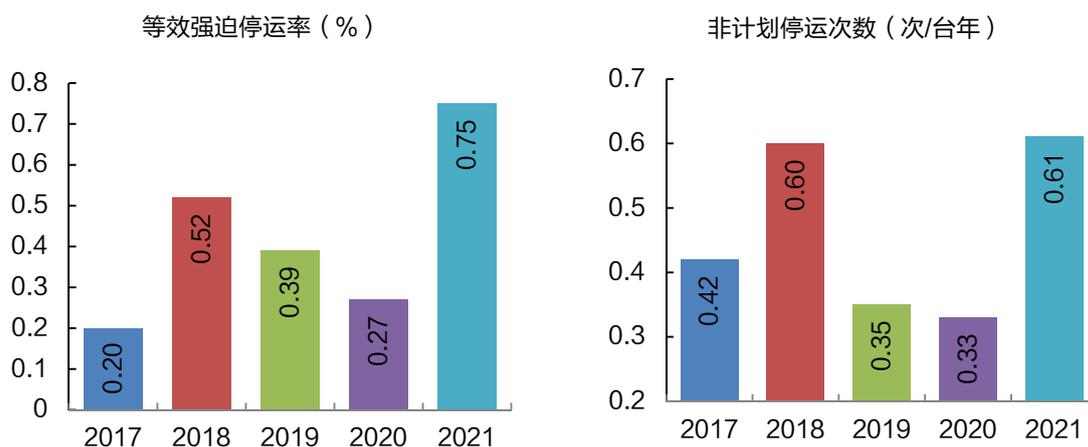


图 1-5 2017-2021 年 1000 兆瓦燃煤机组主要可靠性指标

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 1-2 2021 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	上海锅炉	53	76.25	11.07	0.87	0.13
	东方锅炉	48	42.94	0.00	0.49	0.00
	哈尔滨锅炉	30	60.02	18.77	0.69	0.21
	北京巴威	6	2.89	0.00	0.03	0.00
汽机	上海汽机	88	5.01	0.42	0.06	0.00
	东方汽机	37	9.73	0.00	0.11	0.00
	哈尔滨汽机	10	1.70	0.35	0.02	0.00
	北重电	2	0.37	0.37	0.00	0.00
发电机	上海电机	88	7.00	2.47	0.08	0.03
	东方电机	37	10.13	9.90	0.12	0.11
	哈尔滨电机	10	0.65	0.00	0.01	0.00
	北重电	2	18.18	0.00	0.21	0.00

全国 137 台燃煤 1000 兆瓦机组可靠性指标分布情况见表 1-3 及图 1-6，运行较好的机组见表 1-4。

表 1-3 2021 年 1000 兆瓦等级燃煤机组可靠性指标分布

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 (h)
最优值	100.00	100.00	81.41	0.00	0.00	0.00
第 5%值	100.00	95.97	79.06	0.00	0.00	0.00
第 25%值	96.26	88.20	75.16	0.00	0.00	0.00
中位值	90.19	82.74	71.98	0.00	0.00	0.00
第 75%值	86.21	77.64	65.96	0.30	1.00	48.37
末位值	68.20	41.96	48.97	7.84	6.00	755.82
总平均值	90.57	81.91	70.82	0.75	0.61	61.51

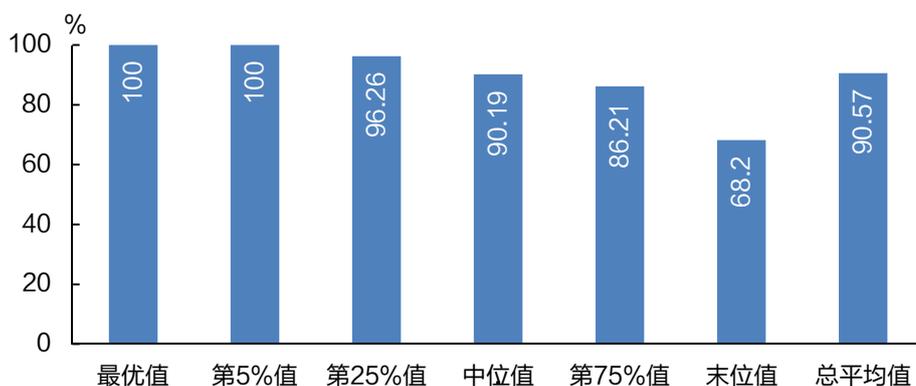


图 1-6 2021 年 1000 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数指标分布

全年可用且运行指标较好的 1000 兆瓦等级机组见表 1-4。

表 1-4 2021 年运行指标较好的 1000 兆瓦等级燃煤机组

排名	机组名称	运行暴露率 (%)
1	国能神华九江发电有限公司 2 号机组	100.00
1	华能汕头海门发电有限责任公司 3 号机组	100.00
3	广东大唐国际潮州发电有限责任公司 4 号机组	98.18
4	华能国际电力股份有限公司玉环电厂 1 号机组	98.12

排名	机组名称	运行暴露率 (%)
5	国能寿光发电有限责任公司 2 号机组	95.97
6	华能国际电力股份有限公司玉环电厂 4 号机组	94.78
7	国家能源集团泰州发电有限公司 4 号机组	93.87
8	广东大唐国际雷州发电有限责任公司 2 号机组	93.32
9	华能南京金陵发电有限公司 2 号机组	92.63
10	国投电力湄洲湾电厂 4 号机组	92.31

第三节 600 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

2021 年，纳入可靠性统计的 600 兆瓦等级燃煤机组 570 台，其中国产 559 台，进口 11 台。

一、2017-2021 年 600 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

2021 年，600 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数为 91.58%，同比下降 1.59 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高于 2020 年。2021 年 600 兆瓦等级燃煤机组发生非计划停运 346 次，其中强迫停运共 260 次，分别同比增加 81 次和 37 次；非计划停运时间共 44075.86 小时，同比增加 25009.13 小时。600 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标见表 1-5 及图 1-7。

表 1-5 2017-2021 年 600 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

年份	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)
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
2020	548	73.05	93.17	0.42	0.49
2021	570	79.51	91.58	0.72	0.61

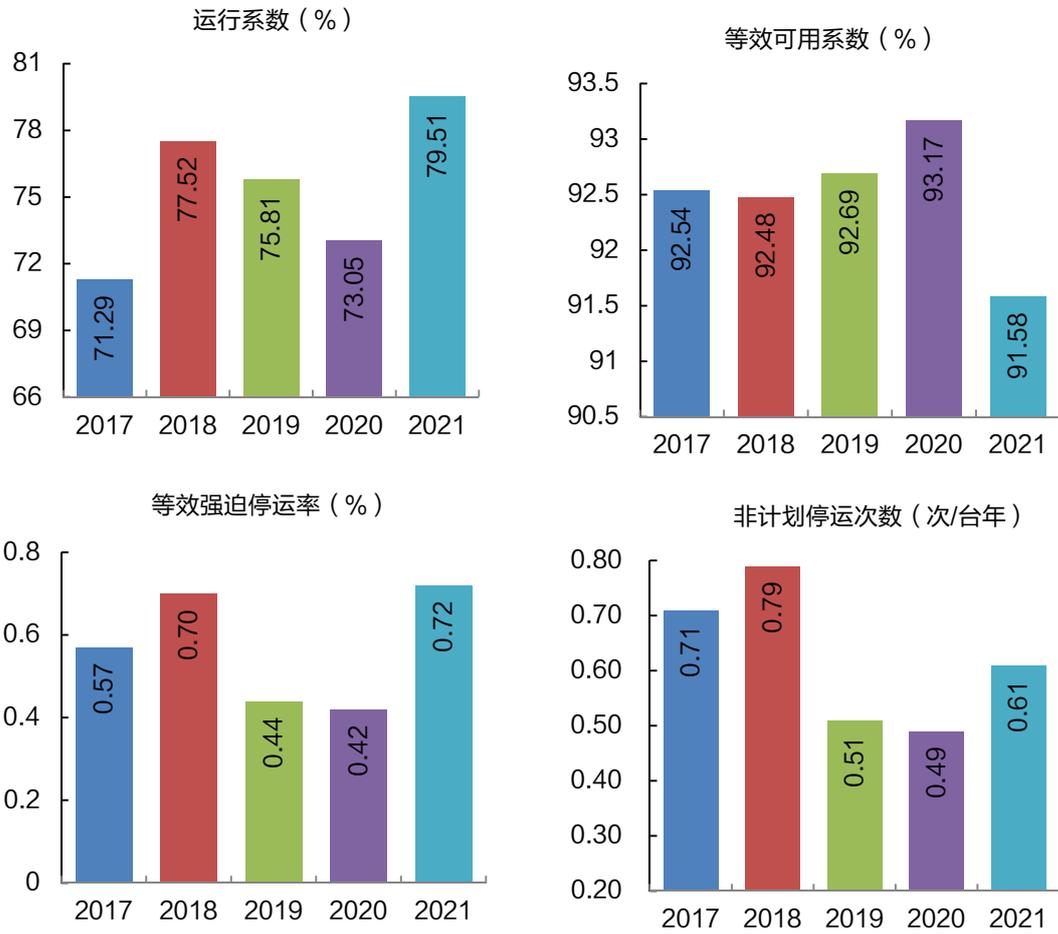


图 1-7 2017-2021 年 600 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

按投运年份分类，投运 10 年—20 年之间的机组 328 台，占 600 兆瓦等级机组的 57.54%，平均等效可用系数 89.79%，低于 600 兆瓦等级燃煤机组平均等效可用系数 1.79 个百分点。具体见图 1-8。

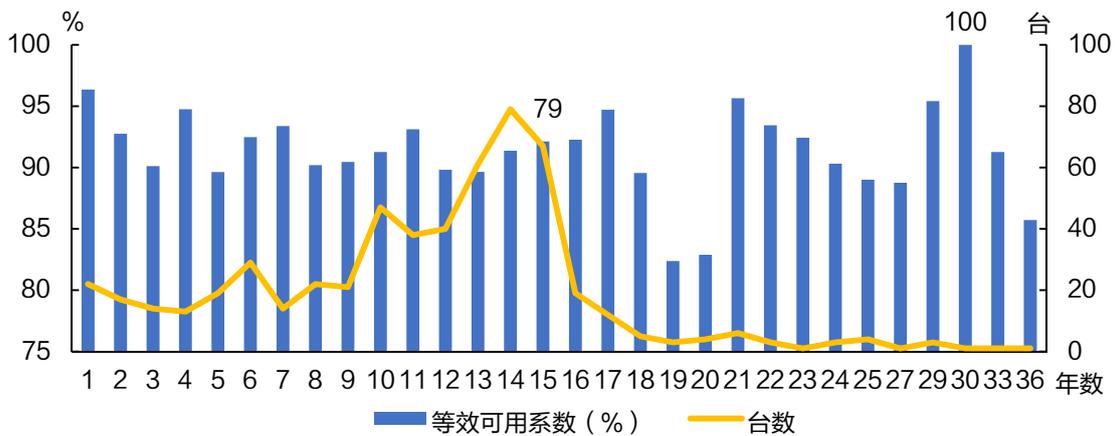


图 1-8 2021 年 600 兆瓦等级燃煤机组按投运年份和台数分类的平均等效可用系数

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 兆瓦等级燃煤机组的锅炉

表 1-6 2021 年 600 兆瓦等级燃煤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	177	55.95	6.36	0.64	0.07
东方锅炉	167	47.01	12.56	0.54	0.14
上海锅炉	142	49.34	6.83	0.56	0.08
北京巴威	50	70.15	38.02	0.80	0.43
加拿大巴威	7	5.21	0.00	0.06	0.00

(二) 600 兆瓦等级燃煤机组的汽机

表 1-7 2021 年 600 兆瓦等级燃煤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	186	7.36	1.49	0.08	0.02
东方汽机	176	7.29	1.66	0.08	0.02
哈尔滨汽机	158	23.79	10.2	0.27	0.12
北重电	11	31.44	0.96	0.36	0.01
英国通用阿尔斯通	10	19.47	5.65	0.22	0.06
日本东芝	6	0.00	0.00	0.00	0.00
日本三菱	6	1.50	0.00	0.02	0.00
日本日立	5	5.08	5.08	0.06	0.06

(三) 600 兆瓦等级燃煤机组的发电机

表 1-8 2021 年 600 兆瓦等级燃煤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	175	1.05	0.00	0.01	0.00
东方电机	171	3.88	0.46	0.04	0.01
哈尔滨电机	160	9.14	4.53	0.10	0.05
北重电	13	4.28	0.00	0.05	0.00
日本三菱	7	0.00	0.00	0.00	0.00
英国通用阿尔斯通	7	0.00	0.00	0.00	0.00
日本东芝	6	8.89	0.00	0.10	0.00
德国西门子	6	0.00	0.00	0.00	0.00
日本日立	5	0.00	0.00	0.00	0.00
东风电机厂	5	0.00	0.00	0.00	0.00

全国 570 台 600 兆瓦等级燃煤机组可靠性指标对标情况见表 1-9 及图 1-9，运行指标较好机组见表 1-10。

表 1-9 2021 年 600 兆瓦等级燃煤机组可靠性指标分布

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(h)
最优值	100.00	100.00	82.22	0.00	0.00	0.00
第 5%值	100.00	95.36	77.30	0.00	0.00	0.00
第 25%值	97.27	88.25	71.69	0.00	0.00	0.00
中位值	92.72	80.99	66.40	0.00	0.00	0.00
第 75%值	87.84	73.18	61.62	0.27	1.00	58.58
末位值	52.50	12.57	37.47	18.15	5.00	2178.43
总平均值	91.58	79.51	66.35	0.72	0.61	76.87

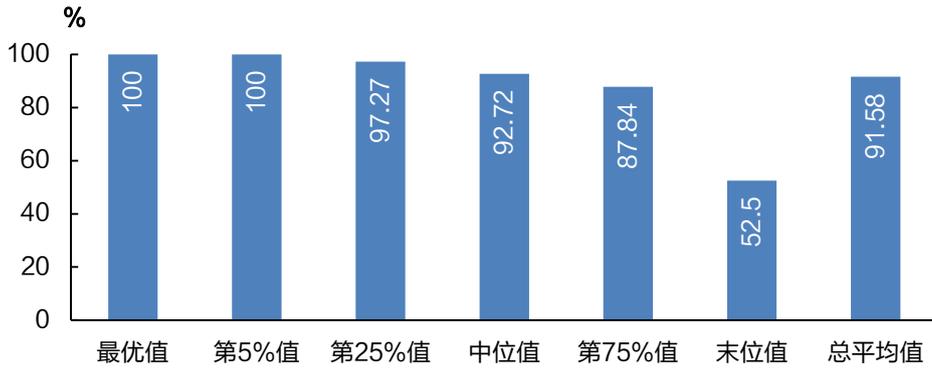


图 1-9 2021 年 600 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数指标分布

全年可用且运行指标较好的 600 兆瓦等级燃煤机组见表 1-10。

表 1-10 2021 年运行指标较好的 600 兆瓦等级燃煤机组

排名	机组名称	运行暴露率 (%)
1	国能河北定州发电有限责任公司 1 号机组	100.00
1	国能山西河曲发电有限公司 3 号机组	100.00
1	内蒙古大唐国际托克托发电有限责任公司 4 号机组	100.00
1	国能常州发电有限公司 2 号机组	100.00
1	浙江大唐乌沙山发电有限责任公司 4 号机组	100.00
1	福建大唐国际宁德发电有限责任公司 2 号机组	100.00
1	大唐韩城第二发电有限责任公司 1 号机组	100.00
8	浙江浙能北仑发电有限公司 5 号机组	98.57
9	国能浙江北仑第一发电有限公司 1 号机组	98.43
10	内蒙古蒙东能源有限公司鄂温克电厂 1 号机组	97.96
11	内蒙古大唐国际托克托第二发电有限责任公司 5 号机组	97.90
12	内蒙古大唐国际托克托发电有限责任公司 1 号机组	97.43
13	华能太仓发电有限责任公司 4 号机组	97.08
14	大唐秦岭发电有限公司 8 号机组	96.09
15	华能国际电力股份有限公司上海石洞口第二电厂 4 号机组	95.90
16	浙江浙能兰溪发电有限责任公司 4 号机组	95.38
17	国能平罗发电有限公司 1 号机组	95.11
18	淮浙电力有限责任公司凤台发电分公司 2 号机组	94.89
19	国能宁东第二发电有限公司 4 号机组	94.86
20	华能国际电力股份有限公司上海石洞口第二电厂 1 号机组	94.57

第四节 300 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

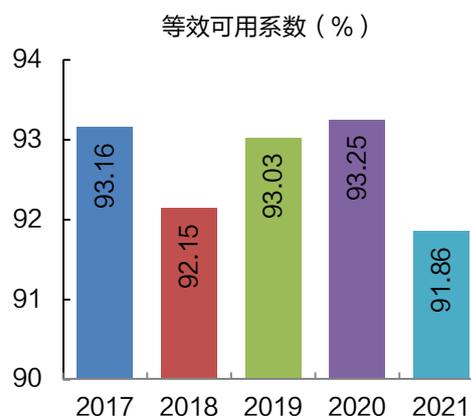
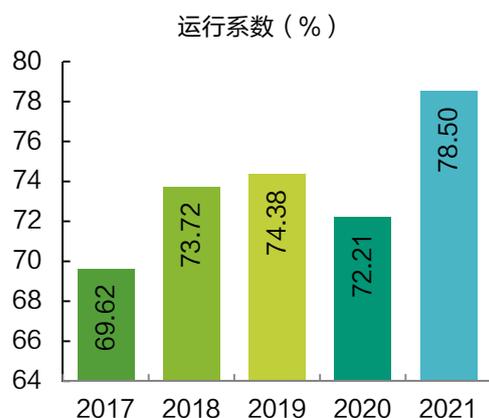
2021 年,纳入可靠性统计的 300 兆瓦等级燃煤机组共 904 台,其中国产 861 台,进口 43 台。

一、2017-2021 年 300 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

2021 年,300 兆瓦等级燃煤机组运行系数为 78.50%,同比上升 6.29 个百分点,主要因素是备用小时的减少;等效可用系数 91.86%,同比下降 1.39 个百分点,主要因素是计划停运时间和非计划停运时间均有所增加,2021 年 300 兆瓦等级燃煤机组发生非计划停运 536 次,其中强迫停运共 435 次,分别同比增加 93 次和 65 次;非计划停运时间共 80178.79 小时,同比增加 36724.32 小时。具体见表 1-11 及图 1-10。

表 1-11 2017-2021 年 300 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

年份	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)
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
2020	894	72.21	93.25	0.53	0.50
2021	904	78.50	91.86	0.93	0.59



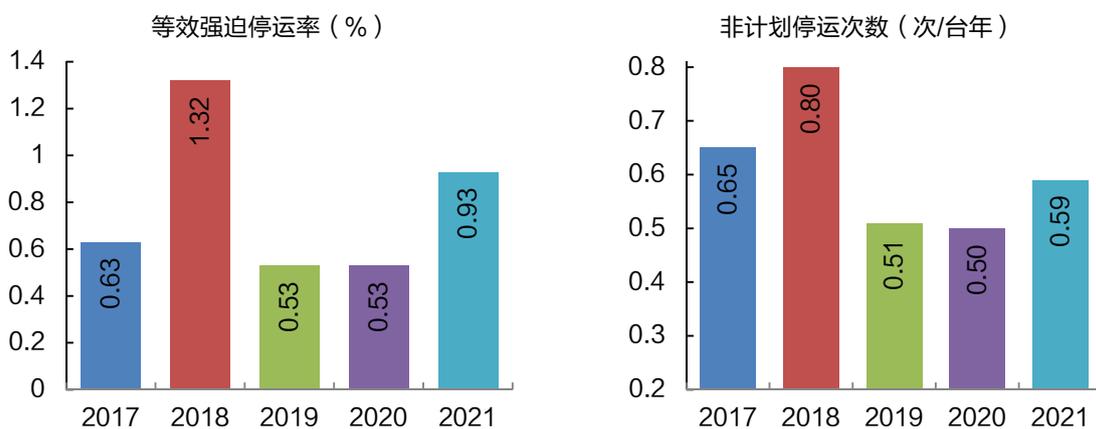


图 1-10 2017-2021 年 300 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

按投运年份分类，投运年份在 30 年以上的机组 41 台；投运 15 年以上 300 兆瓦等级燃煤机组 449 台，占 300 兆瓦等级燃煤机组的 49.67%，平均等效可用系数 93.44%，高于全部 300 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数 1.58 个百分点。300 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数 91.86%，高于全国 100 兆瓦及以上容量燃煤机组平均水平。具体见图 1-11。

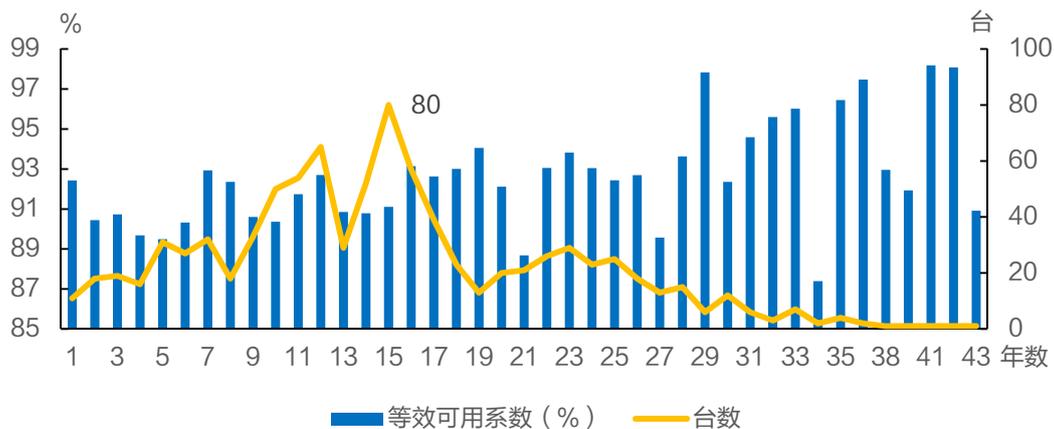


图 1-11 2021 年 300 兆瓦等级燃煤机组按投运年份和台数分类的平均等效可用系数

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 1-12 2021 年 300 兆瓦等级燃煤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	250	70.45	7.77	0.80	0.09
东方锅炉	241	87.09	12.18	0.99	0.14
上海锅炉	230	70.10	7.59	0.80	0.09
北京巴威	68	51.85	2.01	0.59	0.02
武汉锅炉	49	133.09	29.88	1.52	0.34
美国福斯特惠勒	14	16.86	0.00	0.19	0.00
日本三菱	12	17.88	17.74	0.20	0.20
英国三井巴布科克	6	0.00	0.00	0.00	0.00
加拿大巴威	6	73.28	48.45	0.84	0.55
法国斯坦因	6	15.18	11.67	0.17	0.13

(二) 300 兆瓦等级燃煤机组的汽机

表 1-13 2021 年 300 兆瓦等级燃煤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	290	2.00	0.87	0.02	0.01
东方汽机	258	7.51	0.40	0.09	0.00
哈尔滨汽机	219	9.31	1.66	0.11	0.02
北重电	65	2.54	0.42	0.03	0.00
英国通用阿尔斯通	18	3.18	0.00	0.04	0.00
德国西门子	11	7.76	0.00	0.09	0.00
日本三菱	11	0.00	0.00	0.00	0.00
意大利安萨尔多	6	0.05	0.00	0.00	0.00
日本日立	6	19.26	0.00	0.22	0.00
美国西屋	6	0.00	0.00	0.00	0.00

(三) 300 兆瓦等级燃煤机组的发电机

表 1-14 2021 年 300 兆瓦等级燃煤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	294	4.28	0.04	0.05	0.00
东方电机	244	3.23	1.61	0.04	0.02
哈尔滨电机	216	8.11	0.32	0.09	0.00
北重电	60	2.10	0.00	0.02	0.00
英国通用阿尔斯通	18	0.00	0.00	0.00	0.00
济发设备	13	74.68	0.00	0.85	0.00
德国西门子	11	16.15	16.15	0.18	0.18
日本三菱	11	0.00	0.00	0.00	0.00
意大利安沙尔多	6	27.94	27.94	0.32	0.32
美国西屋	6	0.00	0.00	0.00	0.00

全国 904 台 300 兆瓦等级燃煤机组可靠性指标分布情况见表 1-15 及图 1-12, 运行指标较好机组见表 1-16。

表 1-15 2021 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(h)
最优值	100.00	100.00	90.29	0.00	0.00	0.00
第 5%值	100.00	94.40	77.27	0.00	0.00	0.00
第 25%值	96.03	88.01	70.72	0.00	0.00	0.00
中位值	92.73	81.43	66.49	0.00	0.00	0.00
第 75%值	88.04	72.21	61.31	0.34	1.00	54.15
末位值	68.51	0.00	0.00	19.66	7.00	2364.08
总平均值	91.86	78.50	66.06	0.93	0.59	87.55

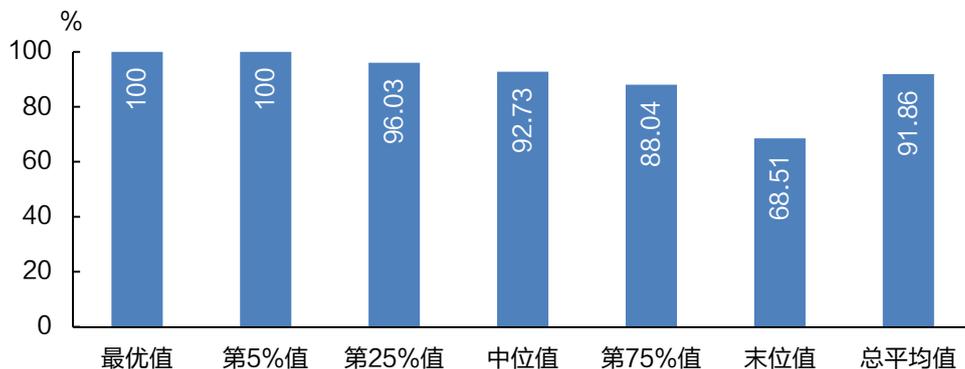


图 1-12 2021 年 300 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数指标分布图

全年可用且运行指标较好的 300 兆瓦等级燃煤机组见表 1-16。

表 1-16 2021 年运行指标较好的 300 兆瓦等级燃煤机组

排名	机组名称	运行暴露率 (%)
1	内蒙古国华准格尔发电有限责任公司 3 号机组	100.00
1	华能太仓发电有限责任公司 1 号机组	100.00
1	浙江浙能嘉兴发电有限公司 1 号机组	100.00
1	华能国际电力股份有限公司福州电厂 4 号机组	100.00
1	华能重庆珞璜发电有限责任公司 2 号机组	100.00
1	华能海南发电股份有限公司东方电厂 1 号机组	100.00
1	华能海南发电股份有限公司东方电厂 2 号机组	100.00
1	国家能源集团乐东发电有限公司 2 号机组	100.00
9	陕西宝鸡第二发电有限责任公司 2 号机组	99.95
10	浙江浙能电力股份有限公司台州发电厂 10 号机组	98.27
11	贵州西电电力股份有限公司黔北发电厂 4 号机组	98.09
12	大唐国际发电股份有限公司张家口发电厂 2 号机组	97.99
13	内蒙古蒙达发电有限责任公司 4 号机组	97.81
14	江苏利港电力有限公司 03 号机组	97.72
15	华能湖南岳阳发电有限责任公司 1 号机组	97.31
16	大唐湘潭发电有限责任公司 2 号机组	97.10
17	国能江苏谏壁发电有限公司 12 号机组	96.78
18	阳城国际发电有限责任公司 2 号机组	96.58
19	大唐华银电力股份有限公司耒阳分公司 3 号机组	96.50
20	华能国际电力股份有限公司南通电厂 4 号机组	96.44

第五节 200 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

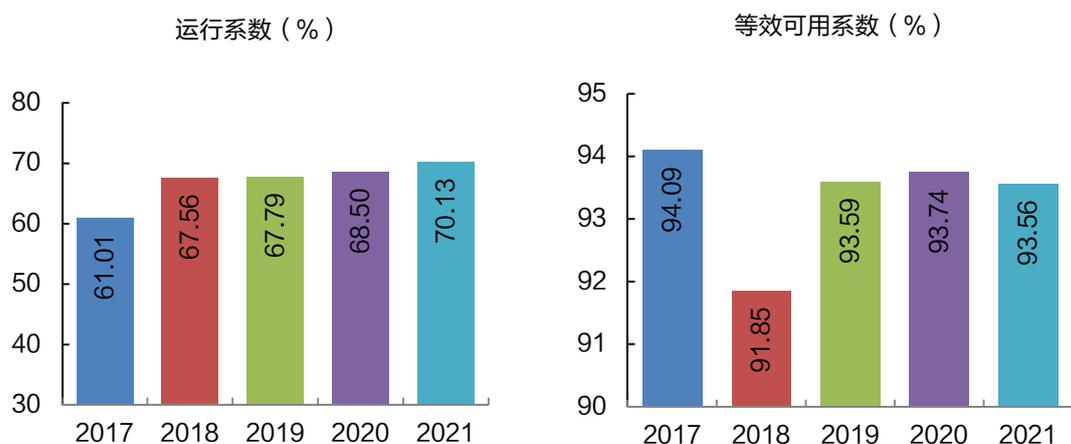
2021 年，纳入可靠性统计的 200 兆瓦燃煤机组共 125 台，其中国产 122 台，进口 3 台。

一、2017-2021 年 200 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

2021 年，200 兆瓦等级燃煤机组台数同比减少，机组平均等效可用系数 93.56%，同比下降 0.18 个百分点，主要因素是等效强迫停运率和非计划停运次数同比上升；等效强迫停运率同比上升 0.51 个百分点，非计划停运次数同比上升 0.11 次/台年。具体见表 1-17 及图 1-13。

表 1-17 2017-2021 年 200 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

年份	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)
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
2020	135	68.50	93.74	0.41	0.53
2021	125	70.13	93.56	0.92	0.64



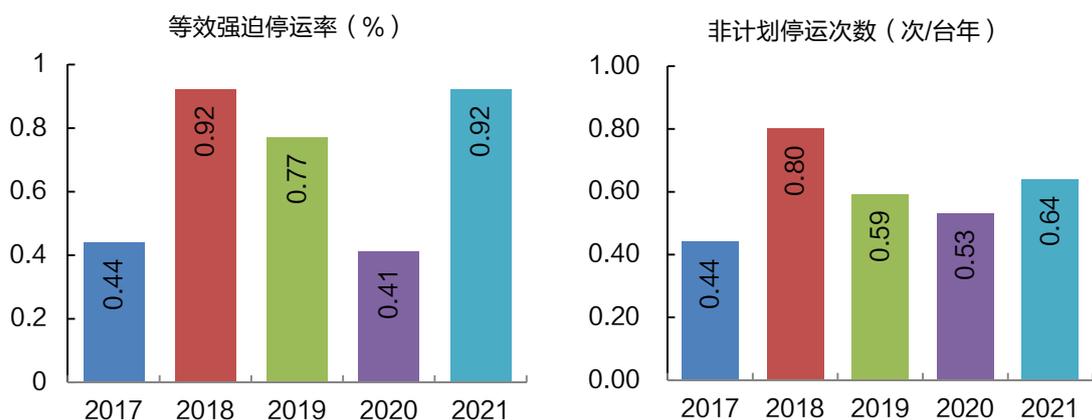


图 1-13 2017-2021 年 200 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标趋势

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 1-18 2021 年 200 兆瓦等级燃煤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	45	30.55	3.09	0.35	0.04
东方锅炉	30	51.41	10.50	0.59	0.12
武汉锅炉	22	16.99	3.28	0.19	0.04
无锡锅炉	7	87.08	47.12	0.99	0.54
北京巴威	6	102.17	54.06	1.17	0.62
上海锅炉	6	3.54	0.00	0.04	0.00

(二) 200 兆瓦等级燃煤机组的汽机

表 1-19 2021 年 200 兆瓦等级燃煤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	75	6.55	0.00	0.07	0.00
东方汽机	27	60.02	6.88	0.69	0.08
北重电	13	19.01	0.00	0.22	0.00

(三) 200 兆瓦等级燃煤机组的发电机

表 1-20 2021 年 200 兆瓦等级燃煤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	67	2.03	0.88	0.02	0.01
东方电机	19	5.85	0.00	0.07	0.00
北重电	13	0.00	0.00	0.00	0.00
济发设备	10	1.60	0.00	0.02	0.00

第六节 超临界及以上燃煤机组运行可靠性

2021 年，纳入可靠性统计的超临界及以上燃煤机组共 694 台，其中超临界机组 432 台，超超临界机组 262 台。2021 年超临界及以上燃煤机组运行可靠性主要综合指标见表 1-21。超临界及以上燃煤机组与 100 兆瓦及以上容量燃煤机组近五年平均等效可用系数趋势见图 1-14。

表 1-21 2017-2021 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)	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(%)
2017	481	0.69	56.80	92.20
2018	518	0.81	80.04	92.68
2019	547	0.48	36.15	92.80
2020	629	0.51	36.44	92.63
2021	694	0.61	75.73	91.34

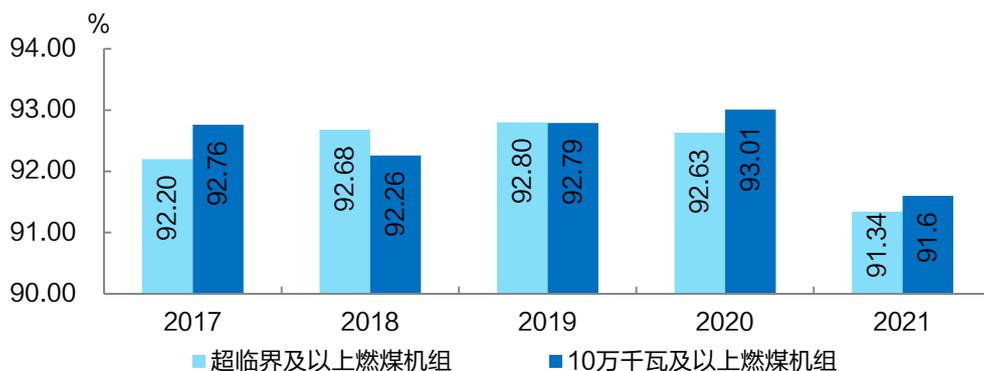


图 1-14 2017-2021 年超临界及以上燃煤机组等效可用系数趋势

第七节 100兆瓦及以上容量燃气轮机组运行可靠性

2021年，纳入可靠性统计的100兆瓦及以上燃气轮机组共239台，总容量0.70亿千瓦。2017-2021年燃气轮机组主要可靠性指标见表1-22。2017-2021年燃气轮机组与燃煤机组等效可用系数趋势见图1-15。

表 1-22 2017-2021 年燃气轮机组主要可靠性指标

年份	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)
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
2020	225	45.34	93.16	0.22	0.30
2021	239	46.17	92.43	0.23	0.33

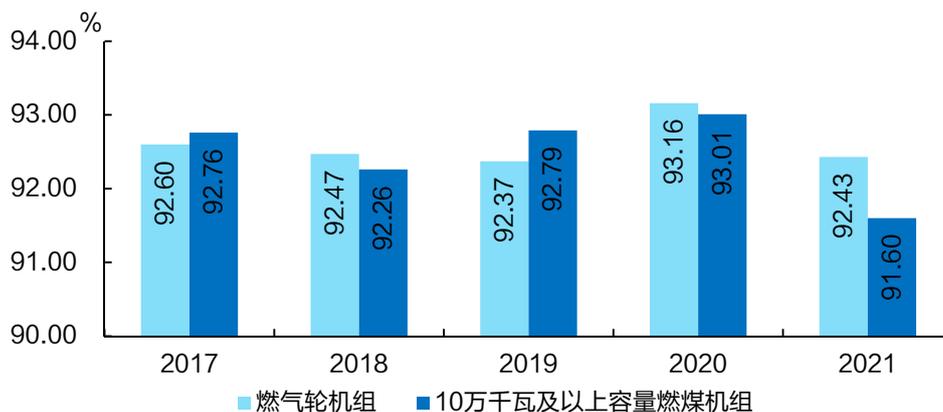


图 1-15 2017-2021 年燃气轮机与燃煤机组等效可用系数趋势

第八节 100兆瓦及以上容量燃煤机组备用时间分析

2021年，全国平均备用时间同比下降663.89小时，除内蒙电网燃煤机组备用小时同比有所上升外，其余各区域电网燃煤机组备用小时均下降，其中区域备用时间最长的为西南电网2472.54小时，区域备用时间最短的为内蒙电网569.58小时；区域备用时间同比下降最多的为西南电网2472.54小时，同比下降1158.80小时。具体见表1-23及图1-16。

表 1-23 2017-2021 年按区域电网分类的火电机组备用时间

区域电网	2017 年备用 (小时/台年)	2018 年备用 (小时/台年)	2019 年备用 (小时/台年)	2020 年备用 (小时/台年)	2021 年备用 (小时/台年)
华北电网	1506.91	1053.82	1294.70	1720.33	1254.71
东北电网	1848.08	1362.18	1151.25	1164.13	974.09
华东电网	1525.46	1420.00	1527.61	1716.30	817.03
华中电网	2376.83	1724.84	1728.94	2214.47	1567.71
西北电网	1865.58	1635.31	1663.15	1698.44	936.95
西南电网	4718.35	3583.68	3468.93	3631.34	2472.54
南方电网	2420.20	2005.12	2080.25	2147.42	1133.37
内蒙电网	1634.49	917.51	314.76	441.86	569.58
全国	1922.04	1511.26	1551.39	1779.28	1115.39

*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。

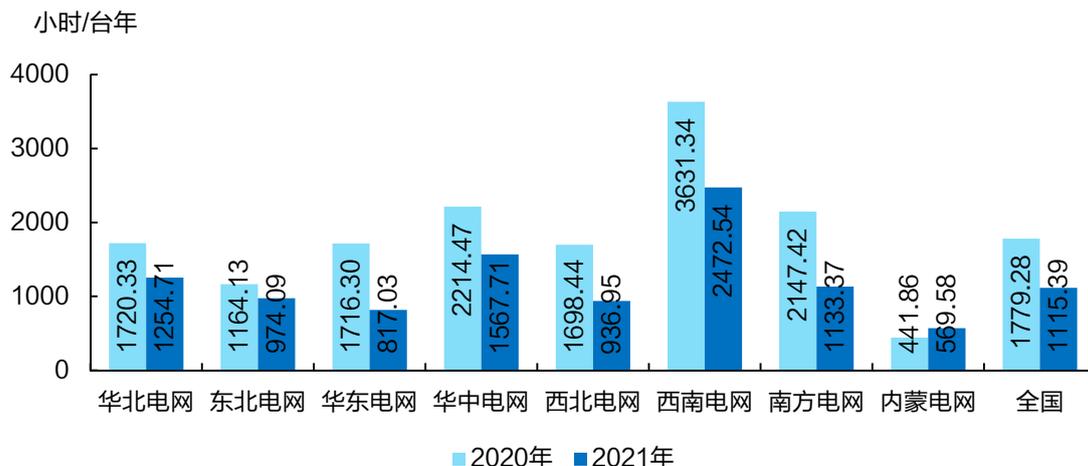


图 1-16 2020、2021 年各大区域备用小时

备用时间较少的五个省份依次是海南省 64.66 小时、浙江省 522.64 小时、江西省 575.37 小时、宁夏回族自治区 654.53 小时、福建省 698.44 小时；备用时间相对较长的五个省份依次是北京市 5805.10 小时、云南省 3109.78 小时、四川省 2570.08 小时、青海省 2104.44 小时、河南省 2035.10 小时。具体见表 1-24。主要发电集团备用小时见图 1-17。

表 1-24 2021 年各省（自治区、直辖市）燃煤机组备用及运行时间

省/自治区/直辖市	统计台数 (台)	平均容量 (兆瓦/台)	运行小时 (小时/台年)	备用小时 (小时/台年)
北京市	4	192.50	2321.43	5805.10
河北省	108	379.21	6742.26	1271.01
山西省	145	359.97	6729.47	1102.85
内蒙古自治区	182	387.70	7413.29	742.20
天津市	23	486.26	7017.07	1029.29
山东省	142	398.06	6549.63	1556.15
辽宁省	69	383.91	6851.21	1170.81
吉林省	45	322.22	7104.45	875.01
黑龙江省	51	333.14	6923.64	1060.98
江苏省	124	563.68	7167.57	899.40
浙江省	65	648.54	7632.95	522.64
安徽省	86	563.95	7075.47	952.21
上海市	28	525.00	7015.56	955.03
福建省	49	545.02	7301.06	698.44
河南省	107	491.40	5970.55	2035.10
湖北省	57	488.25	6499.41	1520.50
湖南省	41	451.83	6913.66	1233.09
江西省	37	547.57	7408.05	575.37
四川省	23	411.30	5430.27	2570.08
重庆市	18	508.89	6398.37	1849.17
陕西省	80	473.50	6962.52	1136.00
甘肃省	36	350.69	6932.75	1021.98
青海省	6	436.67	6289.04	2104.44
宁夏回族自治区	54	503.70	7247.33	654.53
新疆维吾尔自治区	65	370.62	7523.66	727.36
广东省	108	539.23	7160.54	829.29
广西壮族自治区	25	552.80	7034.18	767.77
云南省	28	400.00	4973.17	3109.78
贵州省	67	428.96	6386.48	1472.27
海南省	8	345.00	8131.20	64.66

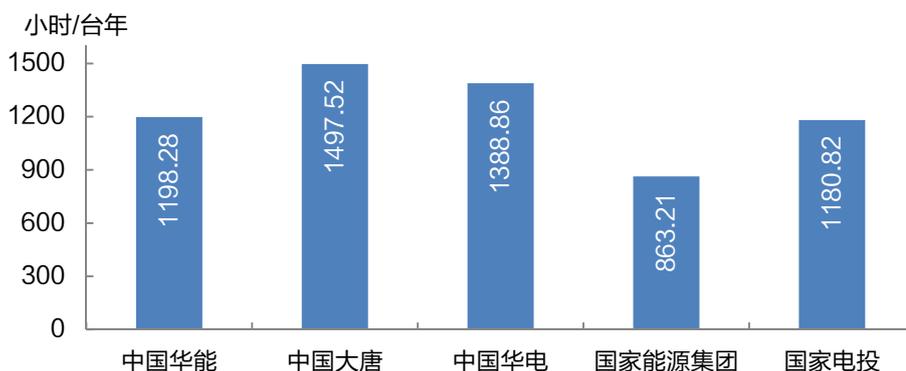


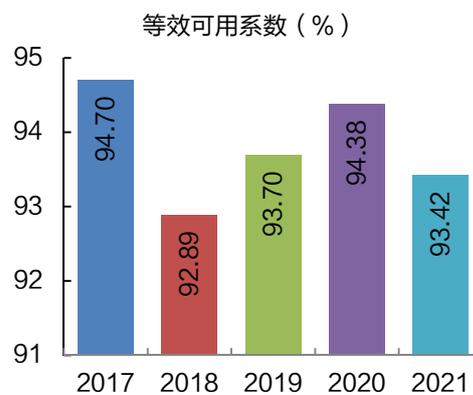
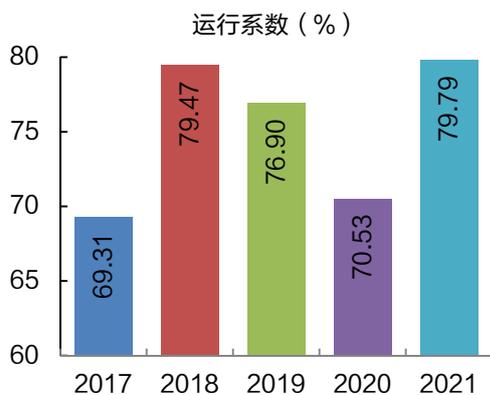
图 1-17 2021 年主要发电集团备用小时

第九节 2020 年新投产机组可靠性指标

2020 年投产、纳入 2021 年可靠性指标统计的燃煤机组共 43 台，总容量为 0.29 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 1-25。

表 1-25 2017-2021 年燃煤机组投产后第一年运行可靠性指标

年份	投产年份 (年)	统计台数 (台)	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)
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	76.90	93.70	1.53	1.50
2020	2019	48	664.29	70.53	94.38	0.40	0.68
2021	2020	43	668.14	79.79	93.42	0.98	0.77



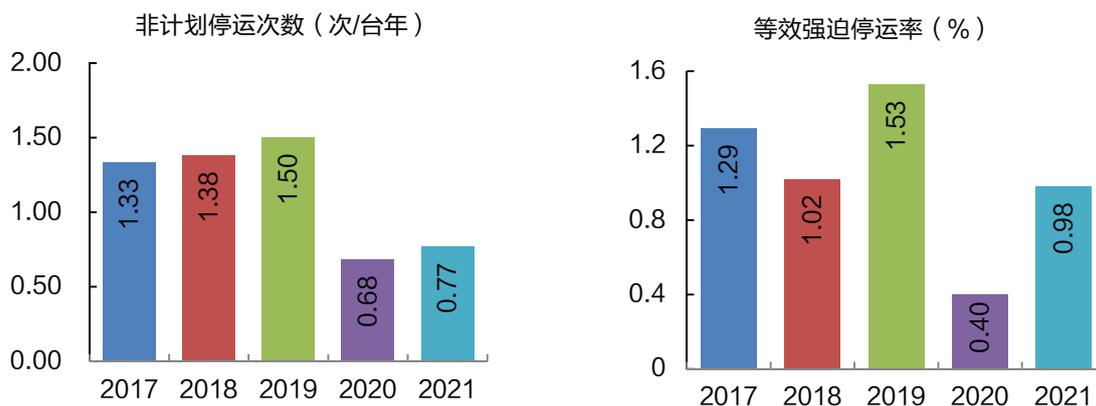


图 1-18 2017-2021 年燃煤新投产机组投产后第一年可靠性指标趋势

2020 年投产燃煤机组在 2021 年的等效可用系数同比下降 0.96 个百分点，高于全国 100 兆瓦及以上容量燃煤机组平均值 1.82 个百分点；等效强迫停运率同比上升 0.58 个百分点；非计划停运次数上升 0.09 次/台年，高于全国 100 兆瓦及以上容量燃煤机组平均值 0.17 次/台年。按照机组容量分析，2020 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 1-19 及图 1-20。

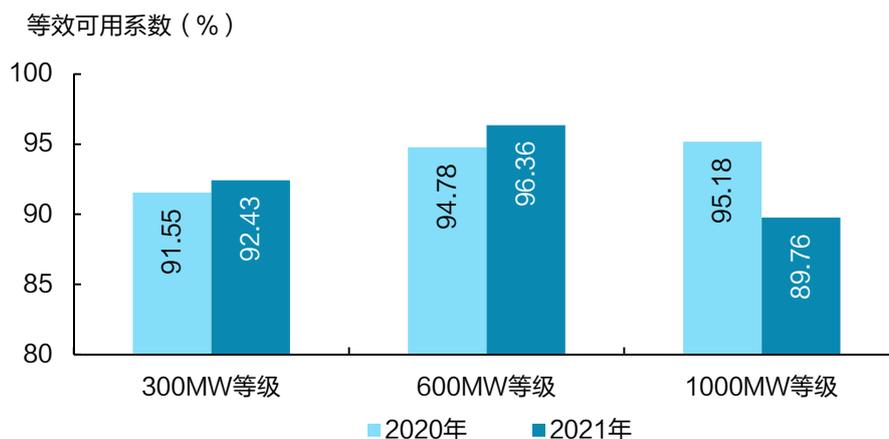


图 1-19 2020、2021 年新投产机组按容量等级划分等效可用系数

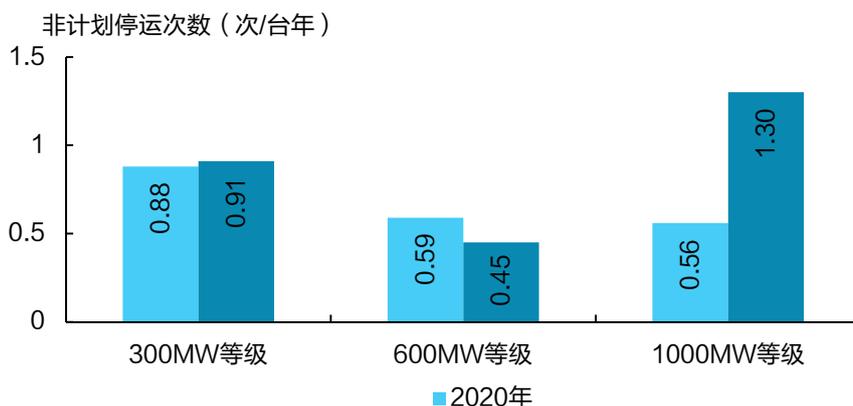


图 1-20 2020、2021 年新投产机组按容量等级划分非计划停运次数

第十节 非计划停运分析

2021 年，全国 1881 台燃煤机组共发生非计划停运 1131 次，非计划停运总时间为 157761.63 小时，台年平均停运 0.6 次、78.42 小时，同比分别增加 0.11 次、39.82 小时。其中持续时间超过 300 小时的非计划停运共 131 次，非计划停运时间 75455.54 小时，占全部燃煤机组非计划停运总时间的 47.83%。

发生强迫停运 902 次，强迫停运总时间 106530.83 小时，台年平均值分别为 0.48 次、51.74 小时，同比增加 0.07 次、24.29 小时。强迫停运占全部燃煤机组非计划停运总时间的 67.53%。

三大主设备中，锅炉是引起非计划停运的主要部件，非计划停运台年平均为 0.31 次、42.89 小时，占全部燃煤机组非计划停运总时间的 61.70%。锅炉、汽轮机、发电机三大主设备引发的非计划停运占到了全部燃煤机组非计划停运总时间的 74.83%。具体见表 1-26。

表 1-26 2021 年燃煤机组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	0.31	42.89	61.70
2	汽轮机	0.07	5.17	7.44
3	发电机	0.04	3.95	5.69

*百分比：占燃煤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，产品质量问题为第一位，台年平均为 0.15 次、16.29 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 73.79%。具体见表 1-27。

表 1-27 2021 年燃煤机组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	产品质量问题	0.15	16.29	18.49
2	设备老化	0.09	10.43	11.85
3	检修质量问题	0.07	13.04	14.80
4	施工安装问题	0.07	8.67	9.84
5	燃料影响	0.07	16.57	18.81

*百分比：占燃煤机组非计划停运时间的百分比

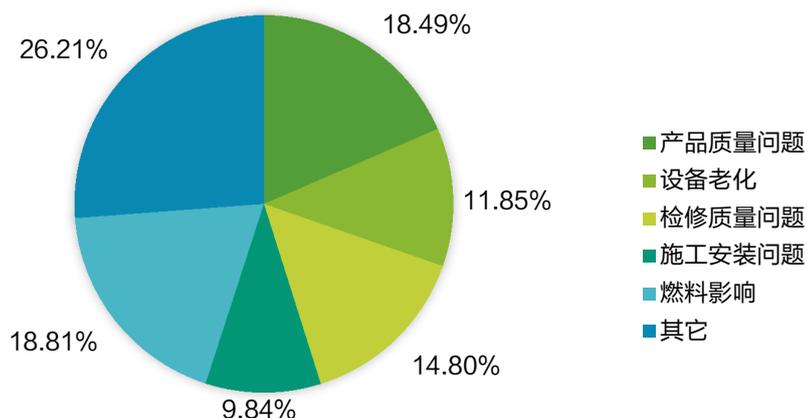


图 1-21 2021 年非计划停运的前五位责任原因占燃煤机组非计划停运时间的百分比

2021 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 100-500 小时区间的非计划停运事件，且多数是强迫停运事件，占燃煤机组总非计划停运次数的 38.46%，其次在 10-100 小时的区间内，占燃煤机组总非计划停运次数的 35.81%；超过 1000 小时的有 9 次。具体见表 1-28。

表 1-28 2021 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）	非计划停运总次数（次）	占非计划停运次数百分比（%）
<10	234	20.69
10-100	405	35.81
100-500	435	38.46
500-1000	48	4.24
>1000	9	0.80

备注：各分级数值范围中，下限值包含，上限值为不包含

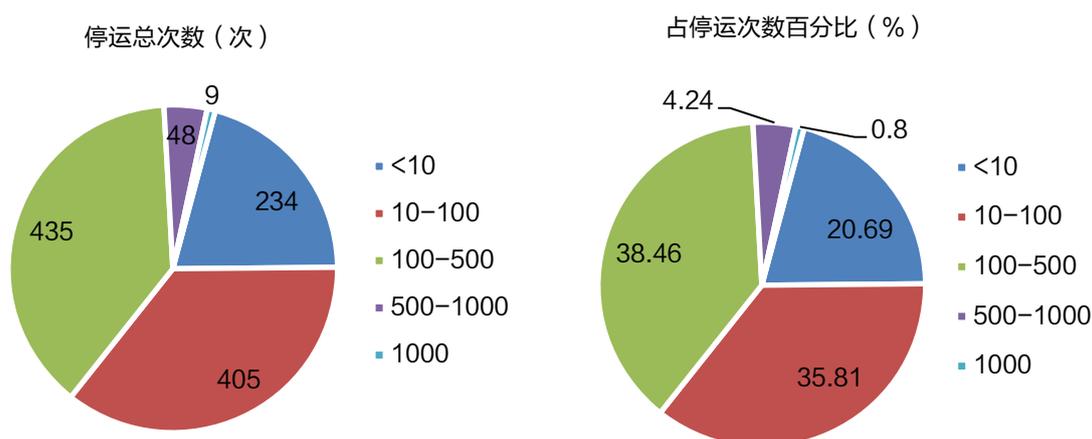


图 1-22 2021 年非计划停运事件按持续时间划分停运总次数和占比

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

2021 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 1-29。

表 1-29 2021 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 (兆瓦时/千瓦)	运行系数 (%)	等效可用系数 (%)	非计划停运次数 (次/台年)
华北	604	384.42	4.57	78.72	91.71	0.52
东北	165	351.39	3.86	79.18	91.33	0.75
华东	352	573.74	5.19	82.75	91.86	0.46

地区	统计台数 (台)	平均容量 (兆瓦/台)	每千瓦装机 发电量 (兆瓦时/千瓦)	运行系数 (%)	等效可用 系数 (%)	非计划停运 次数 (次/台年)
华中	283	486.98	4.10	73.16	91.77	0.51
西北	241	433.26	4.81	81.58	92.05	0.71
南方	236	486.26	4.67	77.37	90.44	0.96
全部	1881	451.42	4.64	78.98	91.60	0.60

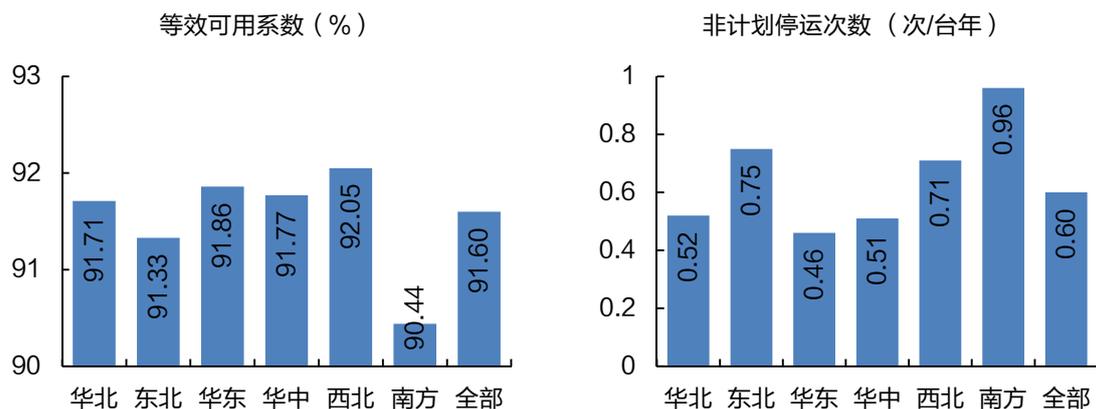


图 1-23 2021 年各地区 100 兆瓦及以上容量燃煤机组等效可用系数、非计划停运次数

第十二节 40 兆瓦及以上容量水电机组运行可靠性

一、2017-2021 年 40 兆瓦及以上容量水电机组运行可靠性指标

2021 年，水电机组的等效可用系数为 92.27%，同比下降 1.09 个百分点；运行系数为 56.46%，同比下降了 2.29 个百分点；非计划停运次数为 0.20 次/台年，同比上升 0.02 次/台年；等效强迫停运率为 0.37%，同比上升了 0.33 个百分点。具体见表 1-30 及图 1-24、图 1-25。

表 1-30 2017-2021 年 40 兆瓦及以上容量水电机组主要可靠性指标

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)	强迫停运 次数 (次/台年)	强迫停运 时间 (小时/台年)
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

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)	强迫停运次数(次/台年)	强迫停运时间(小时/台年)
2019	1042	218.48	57.88	92.58	0.03	0.18	0.12	1.63
2020	1053	218.07	58.75	93.36	0.04	0.18	0.13	1.88
2021	1073	222.20	56.46	92.27	0.37	0.20	0.14	21.63

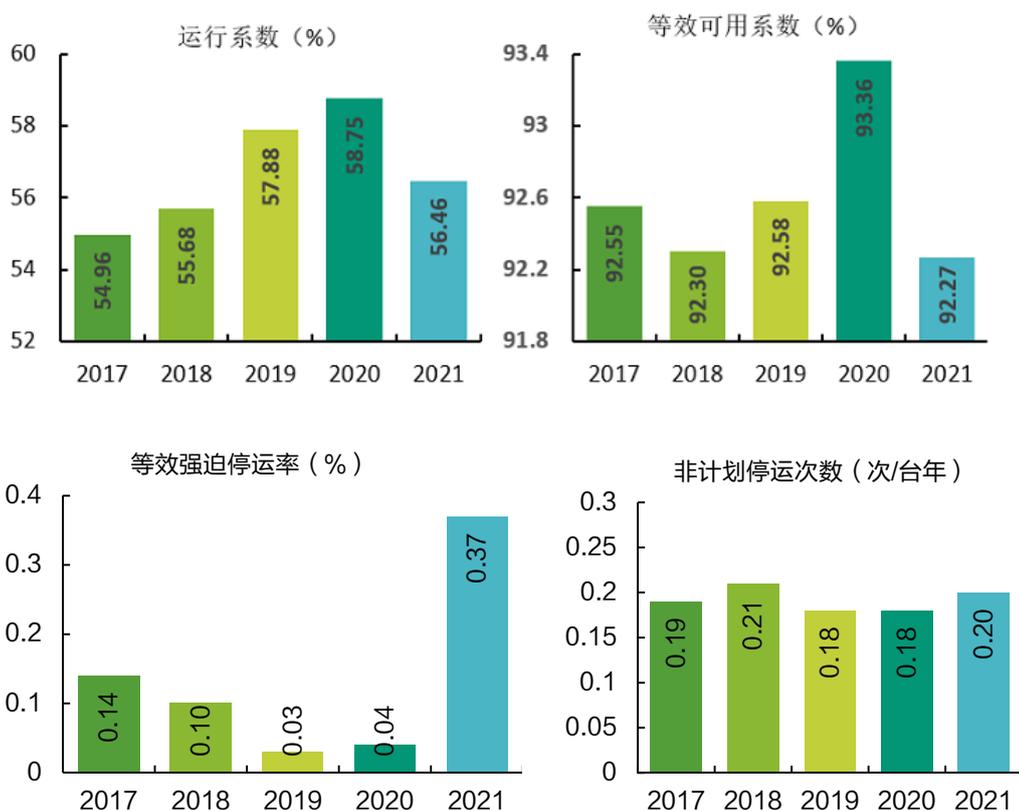


图 1-24 2017-2021 年 40 兆瓦及以上容量水电机组主要可靠性指标

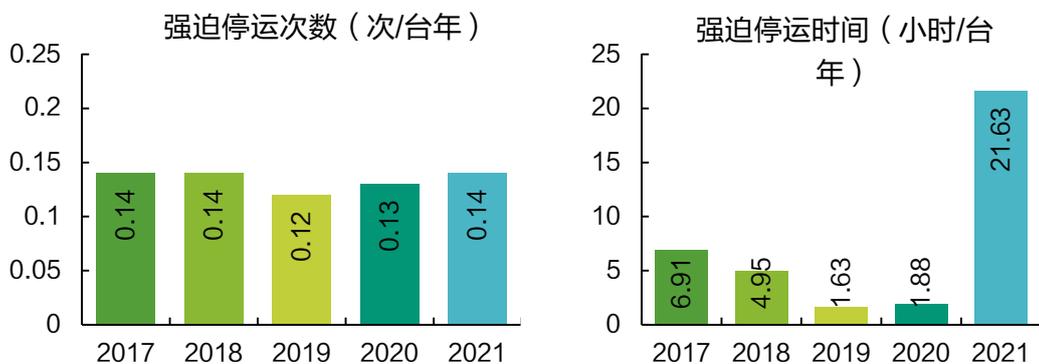


图 1-25 2017-2021 年 40 兆瓦及以上容量水电机组强迫停运次数和时间

二、2021年40兆瓦及以上各容量水电机组运行可靠性指标分布

表 1-31 2021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	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	150	64.48	92.11	0.31	0.18
40-99兆瓦	75	58.64	91.98	0.63	0.28
100-199兆瓦	68	69.86	91.90	0.02	0.07
200-299兆瓦	7	45.43	94.01	0.00	0.00
水电混流机组	806	59.07	92.61	0.41	0.10
40-99兆瓦	334	53.34	93.01	0.07	0.04
100-199兆瓦	132	49.51	93.33	0.04	0.15
200-299兆瓦	106	53.83	93.76	0.02	0.09
300-699兆瓦	150	65.04	91.40	1.71	0.20
700兆瓦及以上	84	59.12	93.21	0.02	0.11
抽水蓄能机组	117	35.86	90.18	0.11	0.94
40-99兆瓦	11	59.91	93.88	0.12	0.73
100-199兆瓦	6	26.60	87.20	0.09	0.36
200-299兆瓦	29	31.42	91.54	0.02	0.31
300兆瓦及以上	71	36.85	89.74	0.14	1.28
全部	1073	56.46	92.27	0.37	0.20

三、2017-2021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 1-32 2017-2021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	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
	2020	154	67.29	92.92	0.01	0.15
	2021	150	64.48	92.11	0.31	0.18

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	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
	2020	786	62.08	93.90	0.03	0.08
	2021	806	59.07	92.61	0.41	0.10
抽水蓄能机组	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
	2020	113	33.23	90.16	0.15	0.96
	2021	117	35.86	90.18	0.11	0.94
全部	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
	2020	1053	58.75	92.68	0.04	0.18
	2021	1073	56.46	92.27	0.37	0.20

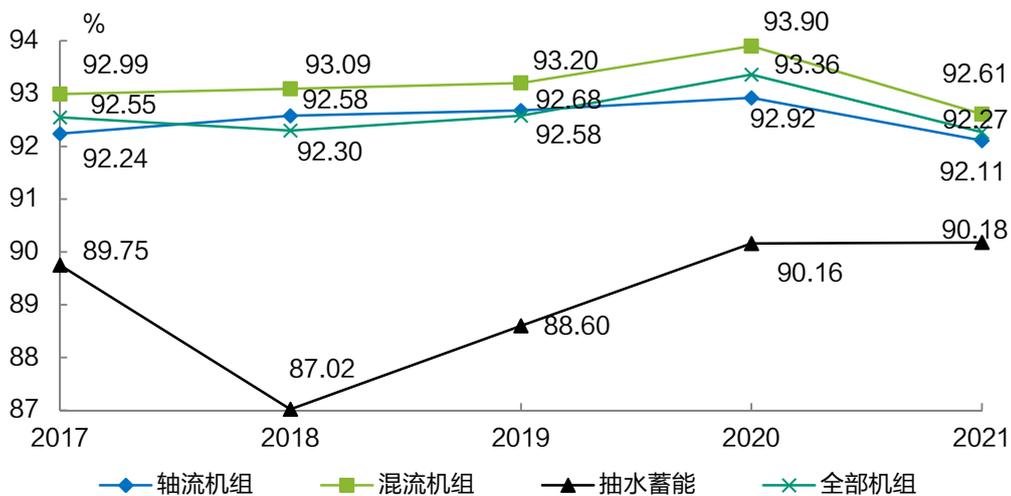


图 1-26 2017-2021 年 40 兆瓦及以上容量水电机组等效可用系数

四、2017-2021 年 40 兆瓦及以上各容量水电机组运行可靠性指标

表 1-33 2017-2021 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	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
		2020	72	57.42	92.11	0.01	0.25
		2021	75	58.64	91.98	0.63	0.28
	100-199 兆瓦	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
		2020	75	73.11	93.18	0.01	0.05
		2021	68	69.86	91.90	0.02	0.07
	200-299 兆瓦	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
		2020	7	54.89	93.47	0.04	0.15
		2021	7	45.43	94.01	0.00	0.00
混流 机组	40-99 兆瓦	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
		2020	326	56.70	94.04	0.10	0.06
		2021	334	53.34	93.01	0.07	0.04
	100-199 兆瓦	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
		2020	133	53.16	94.79	0.02	0.13
		2021	132	49.51	93.33	0.04	0.15
	200-299 兆瓦	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
		2020	101	57.90	94.79	0.04	0.07
		2021	106	53.83	93.76	0.02	0.09

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)
抽水 蓄能 机组	300兆瓦及以上	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
		2020	226	65.07	93.58	0.02	0.08
		2021	234	62.30	92.23	1.14	0.17
	40-99兆瓦	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
		2020	11	56.30	92.20	0.21	0.64
		2021	11	59.91	93.88	0.12	0.73
	100-199兆瓦	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
		2020	6	23.74	88.91	0.15	0.17
		2021	6	26.60	87.20	0.09	0.36
	200-299兆瓦	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	0.90
		2020	29	28.59	89.30	0.10	0.38
		2021	29	31.42	91.54	0.02	0.31
	300兆瓦及以上	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	
2020		67	34.41	90.43	0.17	1.33	
2021		71	36.85	89.74	0.14	1.28	

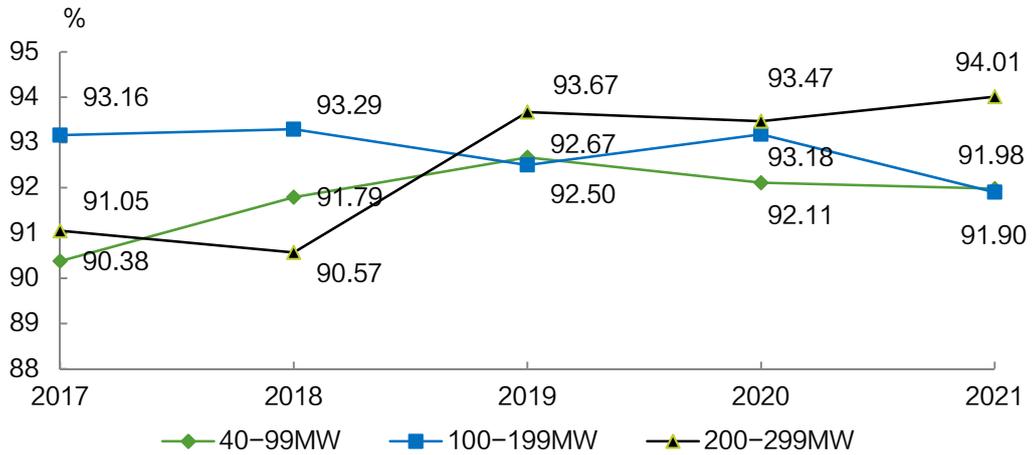


图 1-27 2017-2021 年 40 兆瓦及以上容量水电轴流机组等效可用系数

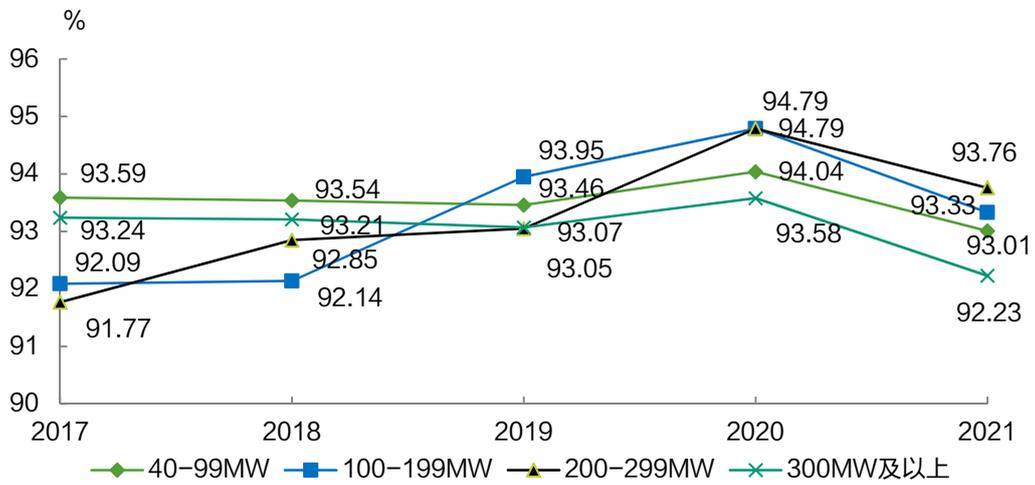


图 1-28 2017-2021 年 40 兆瓦及以上容量水电混流机组等效可用系数

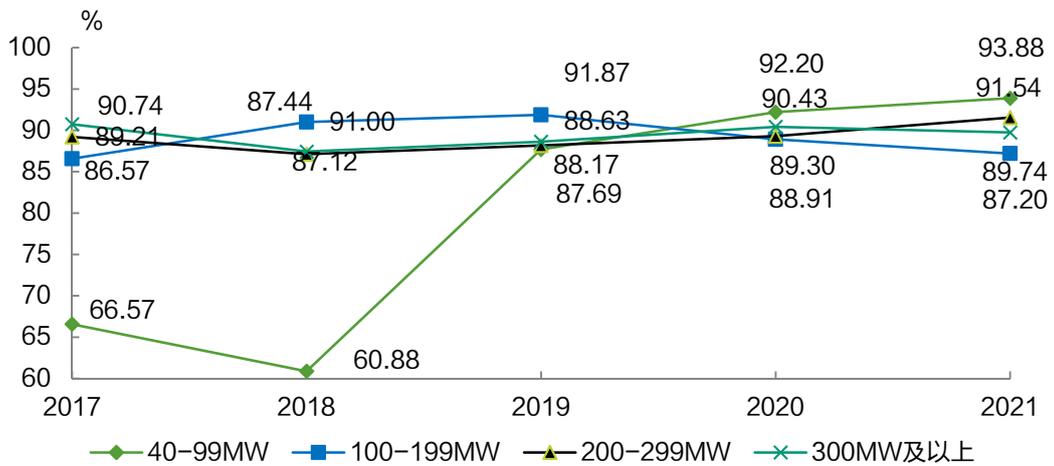


图 1-29 2017-2021 年 40 兆瓦及以上容量抽水蓄能机组等效可用系数

2021 年全国 806 台水电 40 兆瓦及以上容量混流机组可靠性指标分布情况见下表。

表 1-34 2021 年水电 40 兆瓦及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)	非计划停运时间 (h)
最优值	100.00	100.00	99.69	0.00	0.00	0.00
第 5% 值	100.00	90.19	96.75	0.00	0.00	0.00
第 25% 值	97.66	69.24	87.80	0.00	0.00	0.00
中位值	95.76	56.04	79.76	0.00	0.00	0.00
第 75% 值	91.45	42.13	68.46	0.00	0.00	0.00
最末值	38.62	0.17	7.72	45.86	8.00	3014.42
总平均值	92.61	59.07	76.73	0.41	0.10	28.02

2021 年全国 150 台水电 40 兆瓦及以上容量轴流机组可靠性指标分布情况见下表。

表 1-35 2021 年水电 40 兆瓦及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)	非计划停运时间 (h)
最优值	100.00	100.00	98.08	0.00	0.00	0.00
第 5% 值	100.00	91.93	95.59	0.00	0.00	0.00
第 25% 值	96.79	80.52	85.28	0.00	0.00	0.00
中位值	94.93	66.51	80.72	0.00	0.00	0.00
第 75% 值	90.89	44.86	72.10	0.00	0.00	0.00
最末值	48.26	9.13	33.34	44.25	6.00	2405.47
总平均值	92.11	64.48	76.98	0.31	0.18	13.36

2021 年全国 117 台抽水蓄能机组可靠性指标分布情况见下表。

表 1-36 2021 年水电 40 兆瓦及以上容量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)	非计划停运时间 (h)
最优值	100.00	100.00	98.40	0.00	0.00	0.00
第 5% 值	96.87	59.78	94.55	0.00	0.00	0.00
第 25% 值	94.72	42.34	82.00	0.00	0.00	0.00

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)	非计划停运时间 (h)
中位值	92.51	35.56	71.03	0.00	0.00	0.00
第75%值	89.92	28.88	61.49	0.15	1.00	7.39
最末值	63.42	10.14	22.84	1.60	9.00	368.80
总平均值	90.18	35.86	84.09	0.11	0.94	20.95

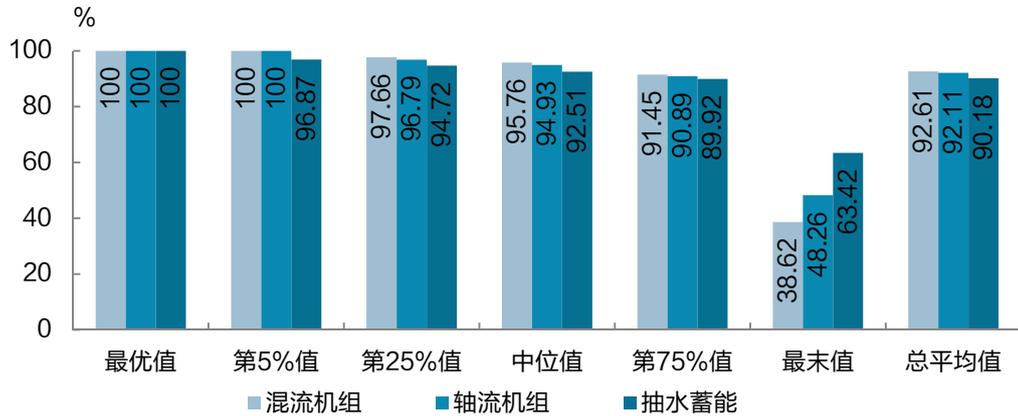


图 1-30 2021 年水电机组等效可用系数分布图

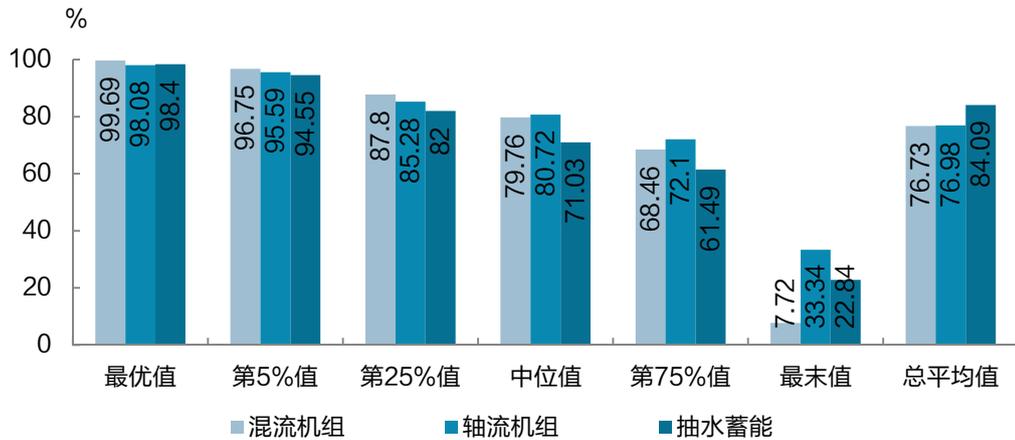


图 1-31 2021 年水电机组出力系数分布图

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

2020 年投产、纳入 2021 年可靠性指标统计的水电机组共 21 台，总容量 0.09 亿千瓦，等效可用系数 92.83%，比 2019 年投产机组次年等效可用系数降低 2.26 个百分点。

表 1-37 2017-2021 年 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)
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
2020	2019	14	213.57	54.60	95.09	0.08	0.14
2021	2020	21	448.29	51.89	92.83	0.01	0.24

*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

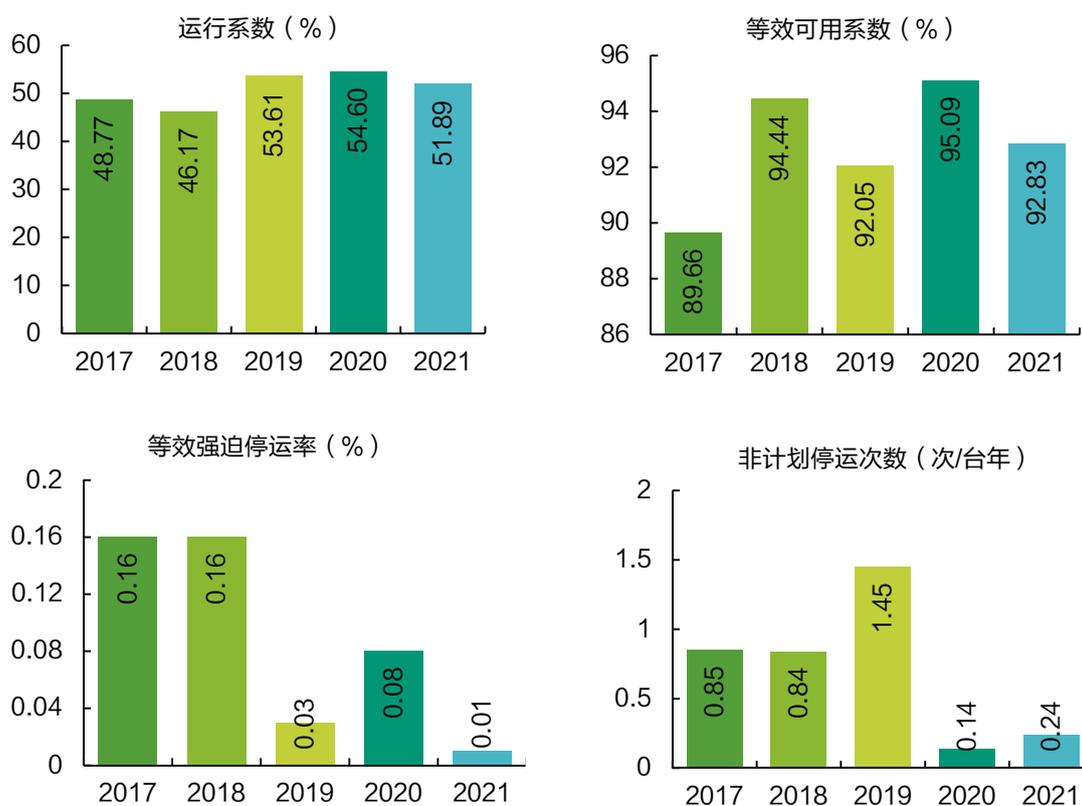


图 1-32 新投产 40 兆瓦及以上容量水电机组投产后第一年运行可靠性指标

六、水电机组非计划停运

2021 年水电机组 (1073 台) 共发生非计划停运 218 次, 非计划停运总时间 22547.99 小时, 台年平均分别为 0.20 次、26.18 小时, 非计划停运次数同比增加 0.02 次/台年, 非计划停运时间同增加了 22.71 小时/台年。持续时间超过 300 小时的非计划停运 13 次, 非计划停运累计时间为 18047.78 小时, 占全部非计划停运总时

间的 80.04%。

强迫停运共发生 146 次，总计 18847.89 小时，占全部非计划停运总时间的 83.59%。强迫停运台年平均次数和时间分别为 0.14 次和 21.63 小时，同比分别增加 0.01 次/台年和 19.75 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 0.02 次和 2.76 小时，累计停运时间占非计划停运总时间的 12.65%；变压器引起了 3 次非计划停运，非计划停运总时间为 670.78 小时，台年平均值为 0.65 小时，累计停运时间占非计划停运总时间的 2.97%；发电机引起的非计划停运台年平均次数和时间分别为 0.07 次、2.73 小时，累计停运时间占非计划停运总时间的 12.51%。2021 年水电机组主设备引发非计划停运的比重见表 16。具体见表 1-38 及图 1-33。

表 1-38 2021 年水电机组主设备引发非计划停运的比重

序号	主设备	非计划停运次数 (次/台年)	非计划停运时间 (小时/台年)	*百分比 (%)
1	水轮机	0.02	2.76	12.65
2	变压器	0.00	0.65	2.97
3	发电机	0.07	2.73	12.51

*百分比：占机组非计划停运总时间的百分比

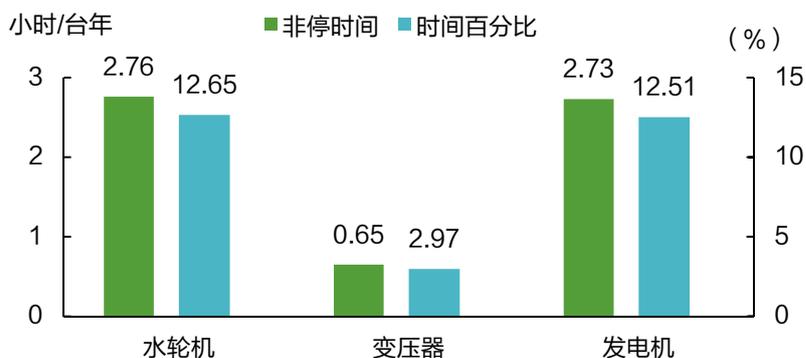


图 1-33 2021 年 40 兆瓦及以上容量水电机组主设备引发非计划停运的比重

引发非计划停运的责任原因中产品质量问题为第一位，台年平均次数为 0.11 次，其引起的非计划停运时间为 2.72 小时/台年，占非计划停运总时间的 13.08%；其次是设备老化，引起的非计划停运台年平均次数和时间分别为 0.03 次和 4.09 小时，累计停运时间占非计划停运总时间的 19.64%；排在第三位的是施工安装问题，引起

的非计划停运台年平均次数和时间分别为 0.02 次和 1.16 小时，累计停运时间占非计划停运总时间的 5.56%。表 1-39 及图 1-34 为非计划停运的前三位责任原因。

表 1-39 2021 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	产品质量问题	0.11	2.72	13.08
2	设备老化	0.03	4.09	19.64
3	施工安装问题	0.02	1.16	5.56

*百分比: 占机组非计划停运时间的百分比

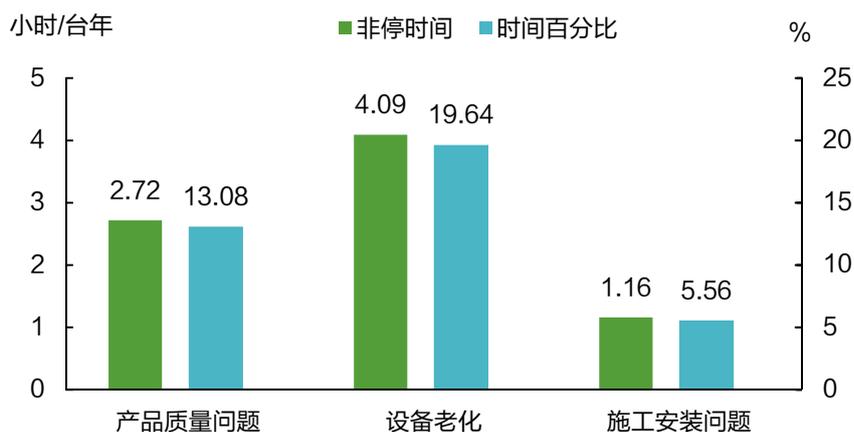


图 1-34 2021 年 40 兆瓦及以上容量水电机组主设备非计划停运的前三位责任原因

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

2021 年，参与统计 700 兆瓦等级水电机组为 84 台，均为混流机组，同比增加 8 台。等效可用系数 93.21%，同比降低 0.95 个百分点；备用时间为 2986.07 小时，同比增加 252.97 小时；计划停运时间为 594.02 小时，同比增加 80.95 小时；非计划停运次数为 0.11 次/台年，同比增加 0.06 次/台年；非计划停运时间为 1.03 小时/台年，同比增加 0.90 小时/台年。

2017-2021 年 700 兆瓦等级常规水电机组主要运行可靠性指标见表 1-40 及图 1-35。

表 1-40 2017-2021 年 700 兆瓦等级常规水电机组主要可靠性指标

年份	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)
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
2020	76	63.04	94.16	0.00	0.05
2021	84	59.12	93.21	0.02	0.11

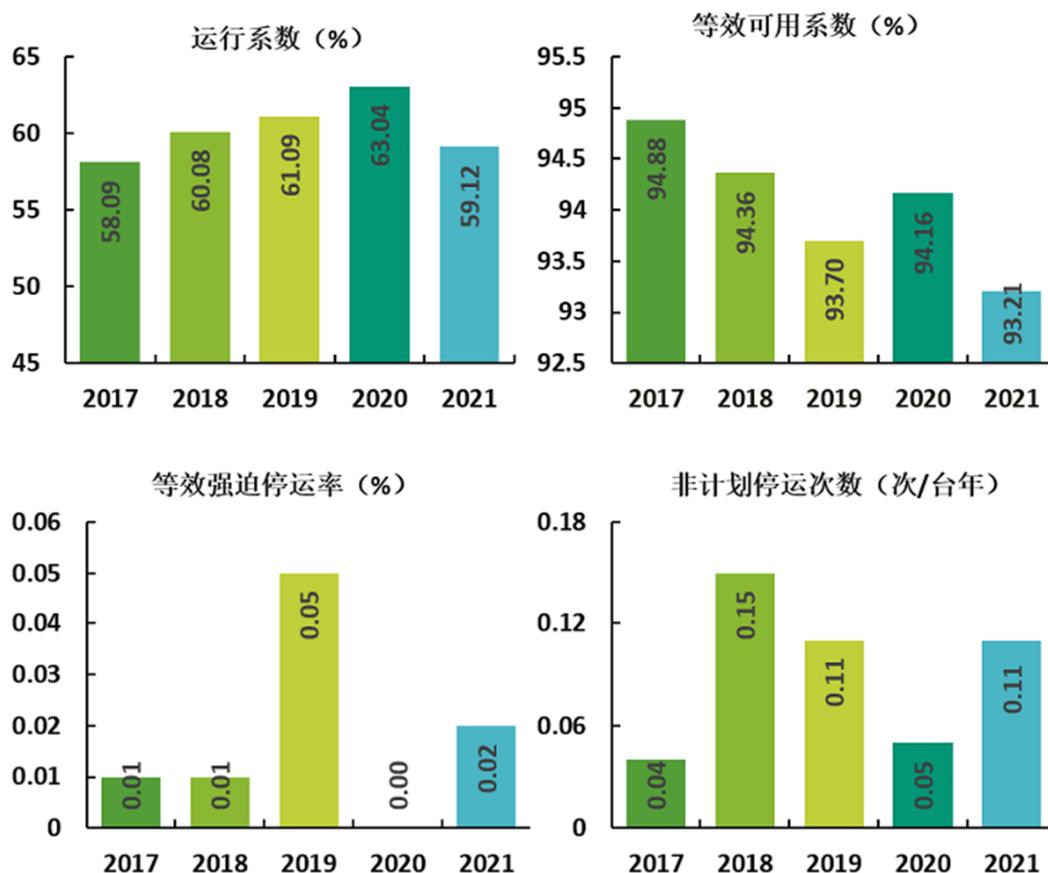


图 1-35 2017-2021 年 700 兆瓦等级常规水电机组可靠性指标

二、700 兆瓦等级常规水电机组非计划停运

2021 年, 700MW 等级水电机组共发生非计划停运 9 次, 非计划停运总时间 82.27 小时。台年平均非计划停运次数、时间分别为 0.11 次、1.03 小时, 非计划停运总次数同比增加 5 次, 累计非计划停运时间增加了 72.50 小时。在 700 兆瓦等级水电机

组中，三峡水电 14 号机组、20 号机组、23 号机组各发生 1 次非计划停运事件，累计非计划停运时间为 15.43 小时，占非计划停运总时间的 18.76%。

9 次非计划停运事件中，发电机故障引起 5 次，非计划停运时间累计 25.43 小时；水轮机故障引起 1 次，非计划停运时间累计 5.37 小时；水电厂辅助设备故障引起 3 次，非计划停运累计时间 51.47 小时。

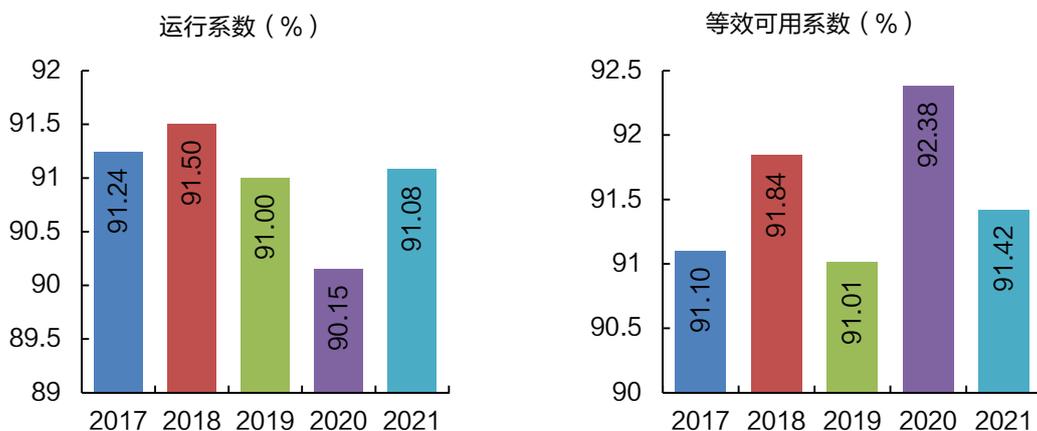
此外，9 次非计划停运的责任原因中，4 次为产品质量问题，累计时间为 55.48 小时；3 次为规划、设计不合理，累计时间为 19.30 小时，1 次为施工安装问题，持续时间为 2.77 小时，1 次为外力损坏，持续时间为 4.72 小时。

第十四节 核电机组运行可靠性

纳入 2021 年可靠性统计的核电机组有 46 台，总容量 0.47 亿千瓦，占全国核电总装机容量的 88.75%。核电机组的综合可靠性主要指标见表 1-41 及图 1-36。

表 1-41 2016–2020 年核电机组主要可靠性指标

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)
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
2020	27	918.67	90.15	92.38	0.12	0.07
2021	46	1027.59	91.08	91.42	0.17	0.11



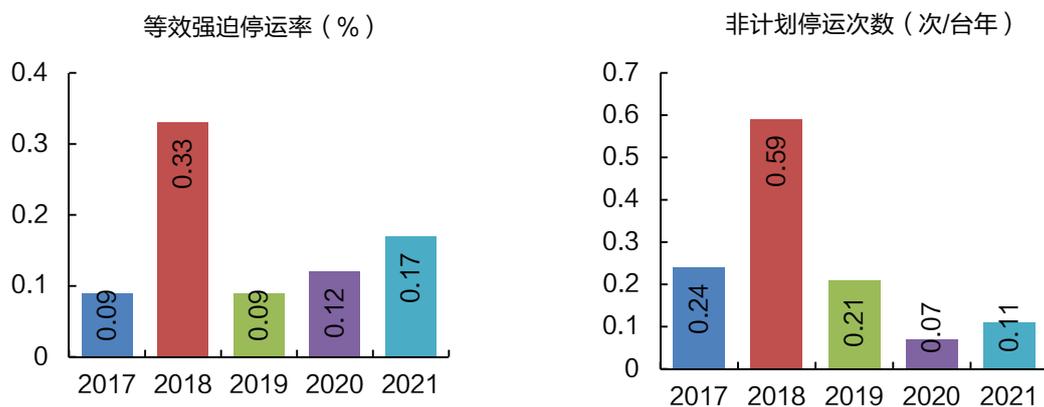


图 1-36 2017-2021 年核电机组主要可靠性指标趋势

2021 年，核电机组等效可用系数同比下降 0.96 个百分点，主要因素是非计划停运时间的增加；共发生 8 次非计划停运事件，同比增加 6 次，累计停运时间为 4124.08 小时，同比增加 3620.85 小时。

第十五节 风电机组运行可靠性

2021 年，纳入可靠性统计的风电机组有 48956 台，总容量 0.82 亿千瓦，占全国并网风力发电机组总容量的 25.05%。运行系数为 98.67%，同比降低 0.12 个百分点；非计划停运时间台年平均值为 29.10 小时，同比降低 4.90 小时；非计划停运次数台年平均值为 1.56 次，同比降低 0.05 次。2020-2021 年风电机组主要可靠性指标见表 1-42。

表 1-42 2020-2021 年风电机组主要可靠性指标

年份	统计台数 (台)	运行系数 (%)	非计划停运小时 (小时/台年)	非计划停运次数 (次/台年)	计划停运小时 (小时/台年)	计划停运次数 (次/台年)
2020	30220	98.79	34	1.61	31.04	2.53
2021	48956	98.67	29.10	1.56	41.25	2.81

2021 年，风电机组非计划停运累计时间为 142.36 万小时，非计划停运累计时间较长的前三类主设备分别是电气控制系统、风轮和液压系统，分别占全部非计划停运累计时间的 14.35%、10.78%和 8.56%。2021 年风电机组累计非计划停运时间按主设备分类见图 1-37。

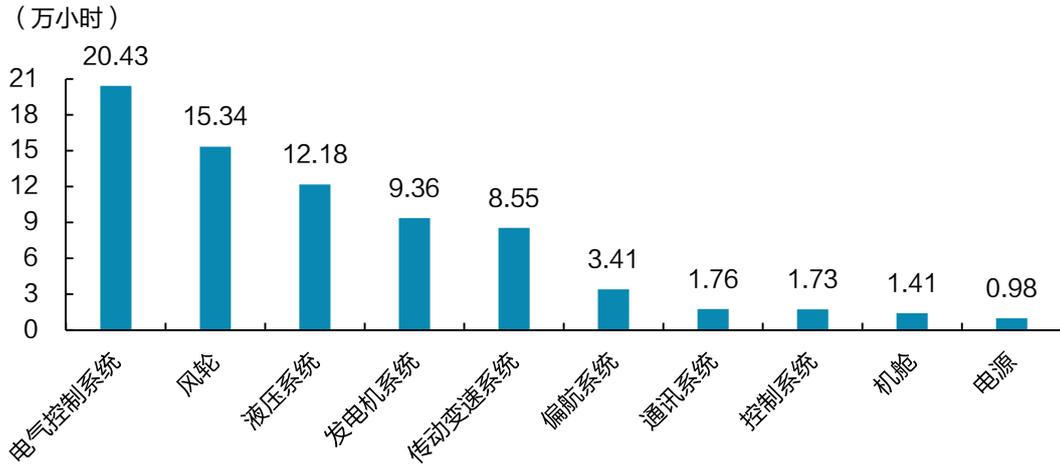


图 1-37 2021 年风电机组累计非计划停运时间按主设备分类

2021 年，风电机组非计划停运次数累计 76847 次，累计非计划停运次数较多的前三类主设备分别是电气控制系统、液压系统和发电机系统，分别占 15.18%、9.88% 和 5.07%。2021 年风电机组累计非计划停运次数按主设备分类见图 1-38。

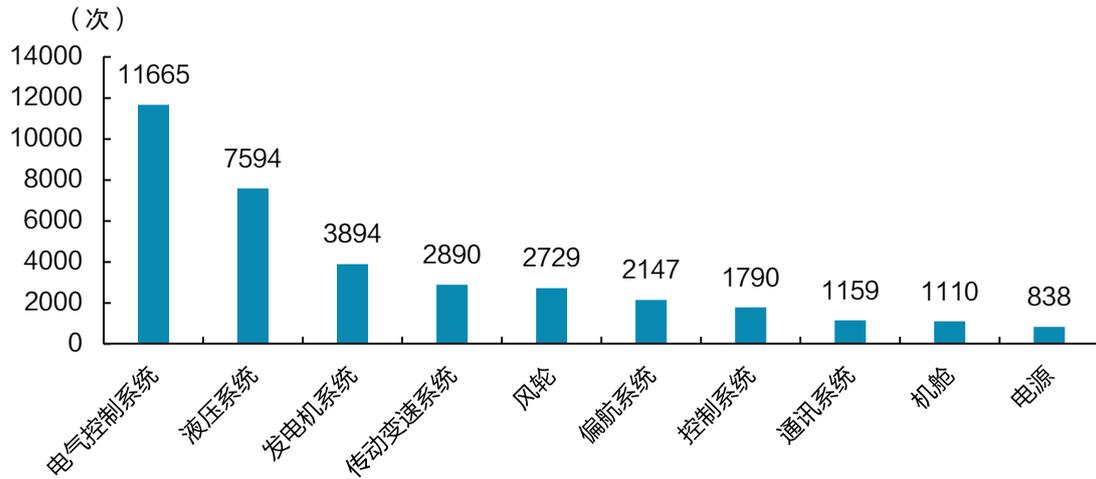


图 1-38 2021 年风电机组累计非计划停运次数按主设备分类

第二章 2021 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。近两年，主要辅助设备的非计划停运率呈平稳态势，磨煤机因其特性及其在运行过程中的频繁操作，导致其非计划停运率始终高于其他辅助设备。

2021 年，磨煤机、给水泵组、送风机、引风机、高压加热器可用系数均同比下降，分别下降 0.61、0.42、0.59、0.71 和 0.40 个百分点。运行系数同比上升，分别上升 6.72、4.52、6.28、5.87 和 6.08 个百分点。设备台年运行小时分别增加 573.88、382.71、531.74、497.3 和 514.76 小时。给水泵组、引风机非计划停运率同比均上升 0.01 个百分点，高压加热器非计划停运率同比下降 0.01 个百分点，磨煤机、送风机非计划停运率同比持平。具体见表 2-1 及图 2-1-图 2-3。

表 2-1 2017-2021 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	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
	2020	7153	60.36	94.21	5.76	0.03	0.05
	2021	7273	67.08	93.60	6.37	0.03	0.05
给水泵组	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
	2020	3875	54.32	94.79	5.20	0.01	0.02
	2021	3942	58.84	94.37	5.61	0.02	0.03
送风机	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
	2020	2786	73.57	94.61	5.39	0.00	0.00
	2021	2837	79.85	94.02	5.98	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	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
	2020	2867	73.39	94.59	5.40	0.02	0.02
	2021	2923	79.26	93.88	6.10	0.03	0.03
高 压 加 热 器	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
	2020	4355	73.68	94.54	5.44	0.02	0.03
	2021	4470	79.76	94.14	5.85	0.02	0.02

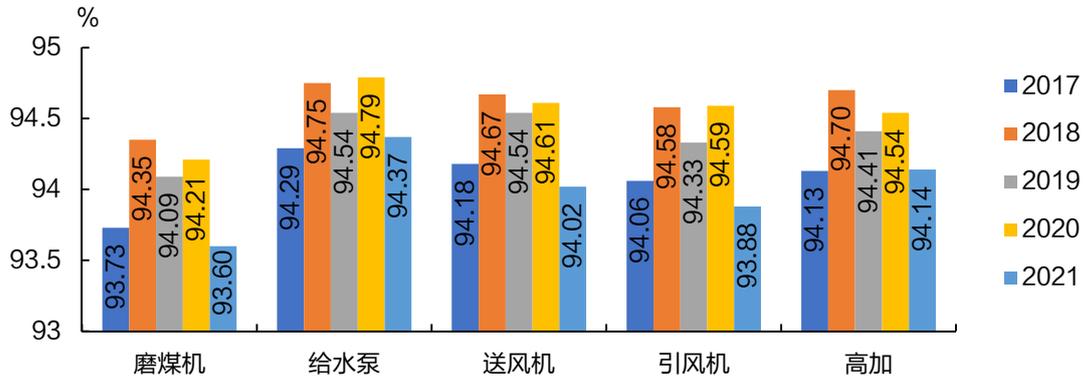


图 2-1 2017-2021 年燃煤机组五种辅助设备可用系数

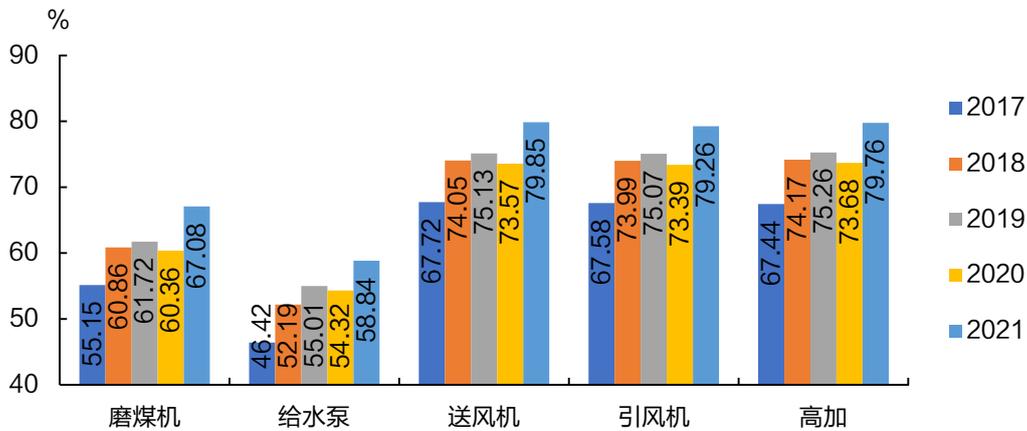


图 2-2 2017-2021 年燃煤机组五种辅助设备运行系数

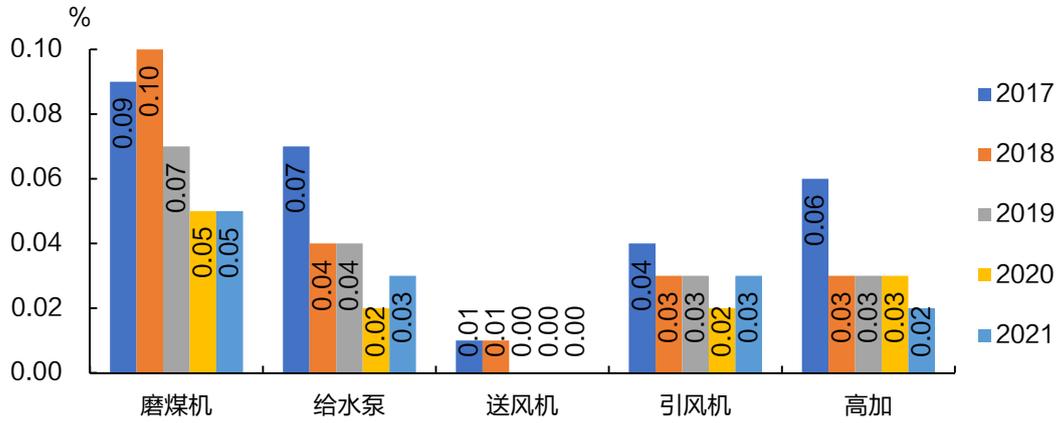


图 2-3 2017-2021 年燃煤机组五种辅助设备非计划停运率

2021 年燃煤机组五种辅助设备可用系数指标分布情况见表 2-2，可用系数对标值分布见图 2-4。

表 2-2 2021 年燃煤机组五种辅助设备可用系数指标分布情况

设备	磨煤机	给水泵	送风机	引风机	高压加热器
总台数 (台)	7273	3942	2837	2923	4470
最优值 (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
最优值占比 (%)	29.94	40.53	36.26	35.64	38.72
中间值 (%)	94.91	95.93	95.07	94.94	95.21
最末值 (%)	43.62	33.15	47.58	47.58	46.92
平均值 (%)	93.73	94.54	94.17	94.04	94.23

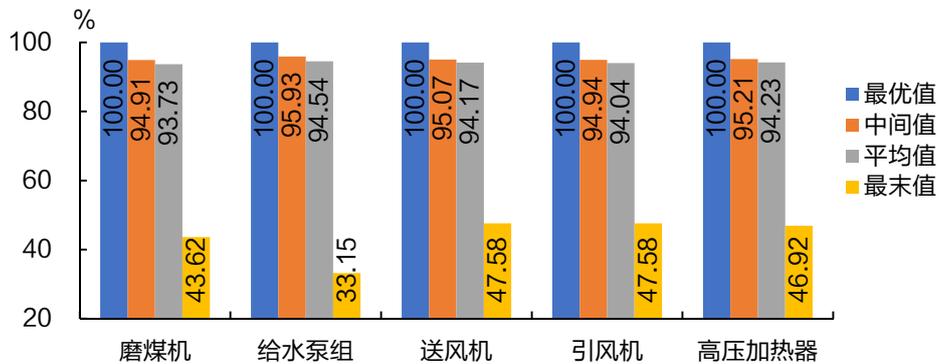


图 2-4 2021 年五种辅助设备可用系数对标值分布图

第一节 磨煤机运行可靠性

一、2021 年磨煤机按主机容量分类运行可靠性指标

表 2-3 2021 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	337	55.99	94.99	5.93	0.08	0.14
300-399	3215	66.35	94.06	5.90	0.04	0.06
500-599	55	60.93	92.08	7.92	0.00	0.00
600-699	2909	66.01	93.49	6.49	0.02	0.02
1000 及以上	693	72.19	93.20	6.75	0.05	0.07

二、2021 年磨煤机按转速分类运行可靠性指标

2021 年，低、中、高速磨可用系数分别为 92.38%、93.85%、93.47%，低速磨、中速磨分别同比降低 1.52、0.46 个百分点，高速磨同比上升 0.13 个百分点，具体见表 2-4 及图 2-5。低、中、高速磨运行系数分别为 65.83%、67.61%、58.45%，低、中、高速磨同比分别上升 7.40、6.71、1.94 个百分点；平均台年运行小时分别增加 634.64、573.08 和 156.03 小时，具体见表 2-4 及图 2-6。

表 2-4 2021 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	1417	65.83	92.38	7.61	0.01	0.02
中速磨	5605	67.61	93.85	6.11	0.04	0.05
高速磨	251	58.45	93.47	6.53	0.00	0.00

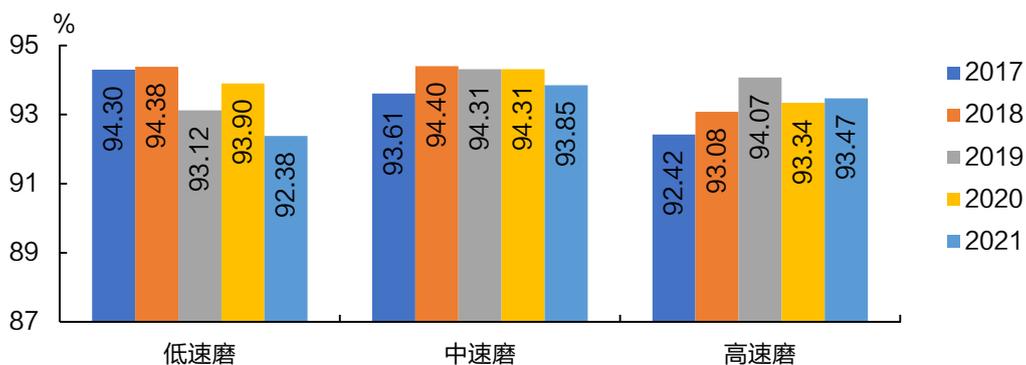


图 2-5 2017-2021 年低、中、高速磨煤机可用系数

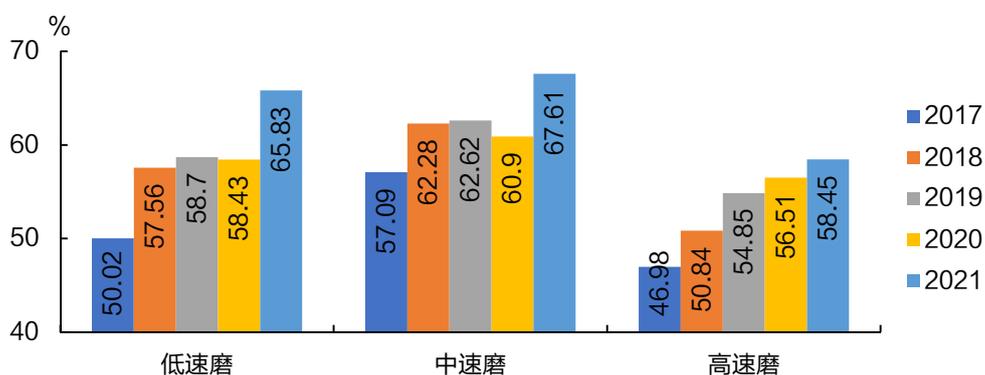


图 2-6 2017-2021 年低、中、高速磨煤机运行系数

三、2021 年按制造厂分类运行可靠性指标（按 20 台及以上统计台数排序，下同）

（一）低速磨煤机

表 2-5 2021 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*	% **
北方重工集团有限公司	687	63.39	91.63	0.02	0.18	17.84
上海电气上重碾磨特装设备有限公司	244	68.00	91.28	0.00	0.00	0.00
福斯特·惠勒公司	112	68.39	94.44	0.06	0.00	0.00
西安电力机械厂	65	61.53	93.88	0.05	2.59	89.52
北京电力设备总厂	49	80.36	96.98	0.00	0.00	0.00
焦作矿山机械厂	35	68.88	92.77	0.08	5.08	100.00
洛阳矿山机器厂	28	45.93	91.76	0.00	0.00	0.00
三井巴布科克能源有限公司	20	66.89	89.16	0.00	0.00	0.00
山东济南发电设备厂	20	52.82	92.52	0.06	2.62	89.23

* 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设备同一厂家全部非计划停运时间的百分比（本章下同）

（二）中速磨煤机

表 2-6 2021 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*	% **
北京电力设备总厂	2036	67.06	93.76	0.06	0.78	21.32
上海电气上重碾磨特装设备有限公司	1895	69.16	93.91	0.06	1.39	37.19
长春发电设备总厂	747	67.54	93.75	0.02	0.44	36.05
北方重工集团有限公司	302	66.07	93.98	0.02	0.01	1.09
三菱公司	62	65.43	95.13	0.08	0.94	20.4
北京重型机器厂	41	67.31	96.84	0.00	0.00	0.00
巴布科克公司	41	59.97	89.62	0.00	0.00	0.00
湘潭电机股份有限公司	39	82.94	91.38	0.00	0.00	0.00
石川岛播磨株式会社	30	63.77	95.48	0.01	0.00	0.00
上海电气电站设备有限公司	25	61.15	94.20	0.00	0.00	0.00
上海电力机械厂	24	65.59	98.15	0.19	0.99	8.97
福斯特·惠勒公司	20	60.32	95.43	0	0	0

(三) 高速磨煤机

表 2-7 2021 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*	% **
长春发电设备总厂	110	56.48	93.26	0.00	0.00	0.00
北方重工集团有限公司	84	57.37	91.67	0.00	0.00	0.00

四、2021 年磨煤机非计划停运

(一) 非计划停运原因分析

2021 年，磨煤机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）、漏粉、堵塞、漏风和汽水（油）品质超标。造成非计划停运的主要部件是：锅炉辅助设备辊—碗式（HP）中速磨煤机本体磨辊、辊—环式（MPS）中速磨煤机液压加载装置拉杆、辊—碗式（HP）中速磨煤机其他、辊—环式（MPS）中速磨煤机本体

磨辊和辊—碗式（HP）中速磨煤机本体其他。主要责任原因是：产品质量问题、设备老化、燃料影响、检修质量问题和施工安装问题。具体见表 2-8。

表 2-8 2021 年磨煤机非计划停运前五位技术原因

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）	172	0.02	5345.45	0.74	31.08	11.88	24.98
漏粉	217	0.03	4278.52	0.59	19.72	14.99	20.00
堵塞	229	0.03	1367.00	0.19	5.97	15.81	6.39
漏风	38	0.01	1064.70	0.15	28.02	2.62	4.98
汽水（油）品质超标	1	0.00	829.57	0.11	829.57	0.07	3.88

* 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）

2021 年磨煤机非计划停运前五位技术原因中，磨损（机械磨损）造成的非计划停运小时大幅增长排在首位；漏粉造成的非计划停运小时占比在近五年始终排在前两位；堵塞在前三位波动；漏风和汽水（油）超标进入前五。2017-2021 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 2-7。



图 2-7 2017-2021 年磨煤机非计划停运前五位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 2-9 2021 年低、中速磨煤机非计划停运首位技术原因

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	磨损 (机械磨损)	12.07	46.31
中速磨煤机	磨损 (机械磨损)	11.86	22.67

注：因本年度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 2-10 2021 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 1H 号磨煤机	2014-4	829.57	辊一碗式 (HP) 中速磨煤机润滑油乳化	上海重型机器厂	产品质量问题 (材质问题)
北疆电厂 04 号机组 03 号磨煤机	2017-8	720.00	锅炉辅助设备辊一环式 (MPS) 中速磨煤机液压加载装置拉杆漏粉	北京电力设备总厂	设备老化 (超期服役)
宝钢电厂 02 号机组 2K 号磨煤机	2014-4	529.45	锅炉辅助设备辊一碗式 (HP) 中速磨煤机保护误动	上海重型机器厂	产品质量问题 (制造质量问题)

第二节 给水泵组运行可靠性

一、2021 年给水泵组按主机容量分类运行可靠性指标

表 2-11 2021 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	274	35.49	95.93	4.05	0.01	0.04
300-399	2096	55.56	94.72	5.26	0.02	0.04
500-599	22	41.67	94.23	5.77	0.00	0.00
600-699	1231	60.88	93.92	6.07	0.02	0.03
1000 及以上	232	71.33	94.00	5.99	0.02	0.02

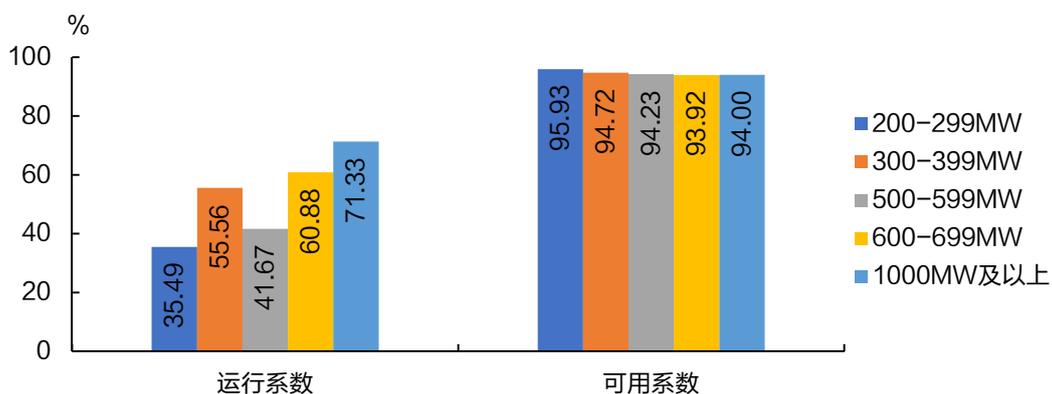


图 2-8 2021 年给水泵按机组容量分类运行系数和可用系数

二、2021 年给水泵组按制造厂分类运行可靠性指标

表 2-12 2021 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*	% **
上海能源装备有限公司	1596	59.30	94.55	0.04	1.13	57.31
沈阳水泵厂	731	56.74	94.05	0.05	1.99	76.28
KSB 公司	184	55.60	94.08	0.00	0.00	0.00
上海水泵厂	170	55.10	93.56	0.02	0.49	52.07
苏尔寿公司	134	67.79	94.78	0.01	0.00	0.45
北京电力设备总厂	101	56.17	94.58	0.02	1.05	100.00
郑州电力机械厂	86	47.17	93.23	0.00	0.00	0.00
三菱公司	57	57.25	95.00	0.01	0.23	81.01
东方汽轮机厂	55	72.98	90.93	0.14	0.10	1.08
威尔泵有限公司	50	49.81	93.33	0.00	0.00	0.00
日本制造厂商	45	67.80	93.37	0.00	0.00	0.00
上海希科水电设备有限公司	38	51.45	95.74	0.05	0.00	0.00
上海汽轮机有限公司 (STC)	35	80.29	91.40	0.00	0.00	0.00
上海凯士比泵公司	35	61.23	94.88	0.03	0.16	9.30
杭州发电设备集团公司	35	58.50	94.48	0.00	0.00	0.00
华北电力设备成套公司	33	68.88	90.96	0.04	2.24	100.00
荏原博泵泵业有限公司	30	65.20	92.76	0.00	0.00	0.00
酋岛水泵制作所	30	35.80	95.66	0.00	0.00	0.00

制造厂家	统计台数(台)	运行系数(%)	可用系数(%)	非计划停运率(%)	设备因素影响	
					非停小时*	% **
上海电建修造厂	28	62.31	95.13	0.00	0.00	0.00
湘潭电机股份有限公司	27	49.10	95.56	0.00	0.00	0.00
上海电机厂	27	25.03	96.55	0.01	0.00	0.00
英国制造厂商	27	45.00	92.81	0.00	0.00	0.00
英格索兰水泵厂	24	60.49	95.32	0.17	2.84	31.47
哈尔滨汽轮机厂有限责任公司	20	78.23	95.60	0.00	0.00	0.00

三、2021 年给水泵组非计划停运

(一) 非计划停运原因

2021 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:断裂、漏水、卡涩、磨损(机械磨损)和温度高。造成非计划停运的主要部件是:给水泵小汽轮机叶片叶型(叶身)、给水泵电动机转子铁心、给水泵本体出口门、给水泵小汽轮机叶片叶根和给水泵小汽轮机其他。主要责任原因是:产品质量问题、检修质量问题、设备老化、调整试验问题、管理问题。具体见表 2-13。

表 2-13 2021 年给水泵组非计划停运前五位技术原因

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		
断裂	7	0.00	2524.72	0.64	360.67	3.61	36.52
漏水	40	0.01	935.45	0.24	23.39	20.62	13.53
卡涩	8	0.00	832.13	0.21	104.02	4.12	12.04
磨损(机械磨损)	11	0.00	507.38	0.13	46.13	5.67	7.34
温度高	13	0.00	406.97	0.10	31.31	6.70	5.89

2021 年,给水泵组非计划停运前五位技术原因中,断裂大幅上升,是给水泵组非计划停运的主要原因;漏水略有下降,排在第二位;卡涩快速上升,排在第三位;磨损(机械磨损)前四年曲线区间内波动,略有下降,排在第四位;温度高近两年呈上升态势,排在第五位。2017-2021 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 2-9。

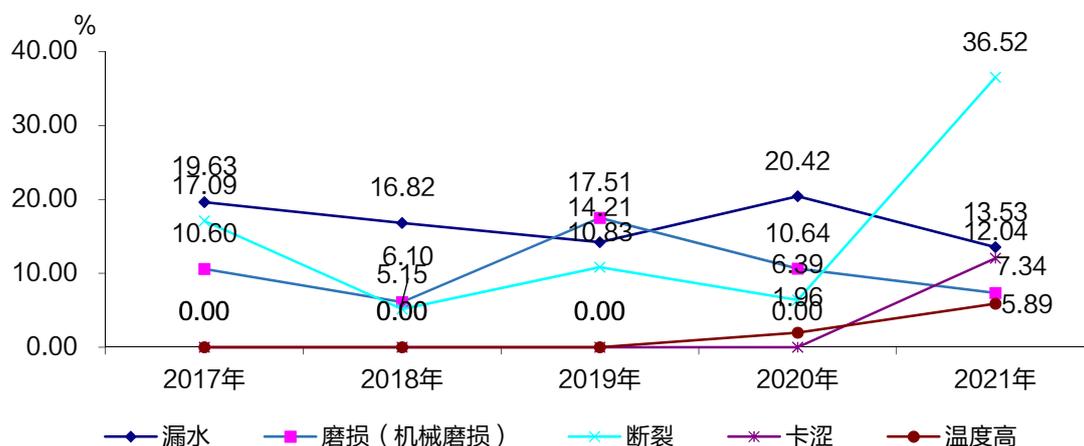


图 2-9 2017-2021 年给水泵组非计划停运前五位技术原因停运小时百分数

(二) 单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 2-14 2021 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
神泉电厂 01 号机组 02 号给水泵组	2013.6	754.50	汽轮机辅机给水泵小 汽轮机叶片叶型 (叶身) 断裂	上海电力修造 总厂有限公司	产品质量问题 (工艺问题)
内蒙古华润金牛煤电 有限公司#1 号机组 01 号给水泵组	2009.8	744.00	汽轮机辅机给水泵电 动机转子铁心断裂	沈阳水泵厂	产品质量问题 (结构设计问题)
妈湾 04 号机组 01 号给水泵组	1997.11	578.18	汽轮机辅机给水泵小 汽轮机叶片叶型 (叶身) 断裂	上海电力修造 总厂有限公司	检修质量问题 (工艺问题)

第三节 送风机运行可靠性

一、2021 年送风机按主机容量分类运行可靠性指标

表 2-15 2021 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	208	68.22	95.77	4.23	0.00	0.00
300-399	1432	79.27	94.26	5.73	0.01	0.01
500-599	16	75.85	91.54	8.46	0.00	0.00
600-699	949	79.74	93.77	6.22	0.00	0.00
1000 及以上	212	83.56	93.87	6.13	0.00	0.00

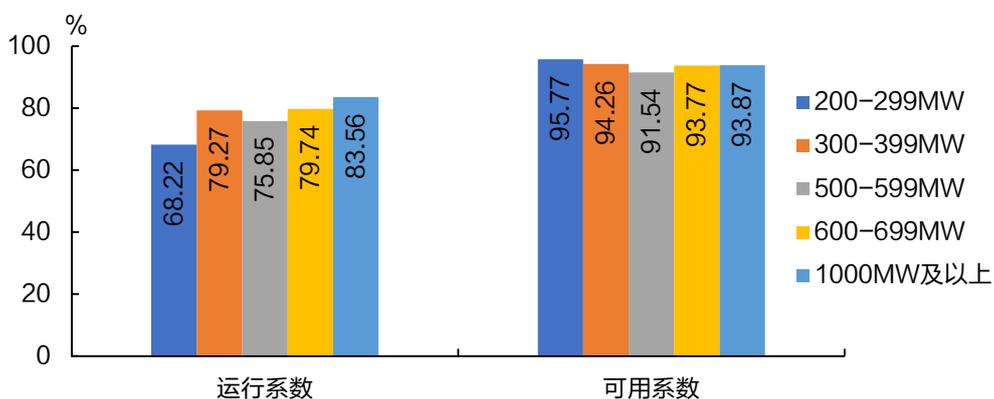


图 2-10 2021 年 200 兆瓦及以上燃煤机组按主机容量分类送风机运行系数和可用系数

二、2021 年送风机按制造厂分类运行可靠性指标

表 2-16 2021 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	1232	80.02	94.27	0.0039	0.05	18.78
中国电建集团透平科技有限公司	513	78.97	93.63	0.0089	0.51	82.55
沈阳风机厂	441	80.46	94.12	0.0039	0.04	14.42
豪顿华工程有限公司	65	81.55	93.21	0.0000	0.00	0.00
成都风机厂	61	81.78	92.91	0.0000	0.00	0.00
英国制造厂商	43	83.33	95.95	0.0000	0.00	0.00
武汉鼓风机厂	42	81.98	92.05	0.0772	0.00	0.00
丹麦制造厂商	34	80.58	92.63	0.0000	0.00	0.00
成都凯凯电站风机有限公司	28	77.92	92.51	0.0001	0.00	0.00
三菱公司	24	76.70	93.94	0.0017	0.00	0.00
山东电力设备有限公司	20	68.66	94.75	0.0000	0.00	0.00

* 因保留小数点后 2 位无法客观反映数值结果，表 2-16 中非计划停运率 (%) 数值保留小数点后 4 位。

三、2021 年送风机非计划停运

(一) 非计划停运原因

2021 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：损坏、振动

大、温度高、断裂、磨损（机械磨损）；造成设备非计划停运的主要部件是：动叶调节轴流送风机本体液压缸（轮毂）、送风机本体轴承、送风机其他、送风机本体动叶片、送风机电动机轴承。主要责任原因是：设备老化、检修质量问题、产品质量问题、管理问题、运行问题等。具体见表 2-17。

表 2-17 2021 年送风机非计划停运前五位技术原因

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		
损坏	4	0.00	282.02	0.10	70.5	10.26	27.03
振动大	3	0.00	211.20	0.07	70.40	7.69	20.25
温度高	2	0.00	135.67	0.05	67.83	5.13	13.00
断裂	2	0.00	108.32	0.04	54.16	5.13	10.38
磨损（机械磨损）	3	0.00	99.25	0.03	33.08	7.69	9.51

2021 年，送风机非计划停运前五位技术原因中，损坏、振动大造成的非计划停运小时占比较往年上升，排在前两位；温度高造成的设备非计划停运前几年未发生，今年出现，排在第三位；断裂、磨损（机械磨损）造成的非计划停运小时占比波动较大，排在第四、第五位。2017-2021 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 2-11。

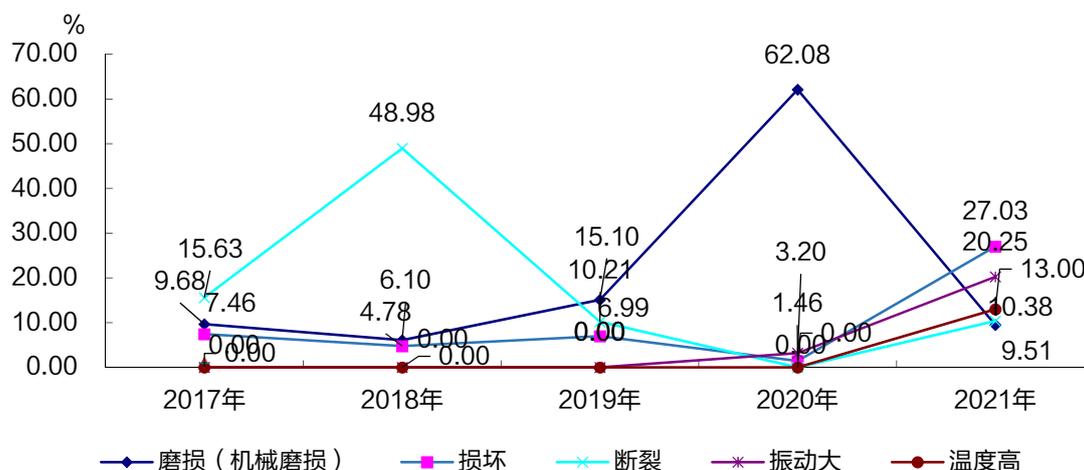


图 2-11 2017-2021 年送风机非计划停运前五位技术原因停运小时百分数

(二) 单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 2-18 2021 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
宣威 10 号机组 01 号送风机	2004.5	171.82	送风机本体液压缸 (轮毂) 振动大	武汉鼓风机厂	设备老化 (超期服役)
锡林热电 03 号机组 0B 号送风机	2018.11	120.62	送风机本体轴承损坏	沈阳风机厂	检修质量问题 (调试问题)
国电怀安热电 有限公司 01 号机组 02 号送风机	2002.12	111.05	送风机本体液压缸 (轮毂) 损坏	上海鼓风机厂	设备老化 (超期服役)

第四节 引风机运行可靠性

一、2021 年引风机按主机容量分类运行可靠性指标

表 2-19 2021 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	218	68.33	95.66	4.33	0.00	0.00
300-399	1492	79.23	94.13	5.83	0.04	0.05
500-599	16	74.93	92.28	7.72	0.00	0.00
600-699	956	78.62	93.61	6.37	0.02	0.03
1000 及以上	218	83.13	93.62	6.35	0.03	0.03

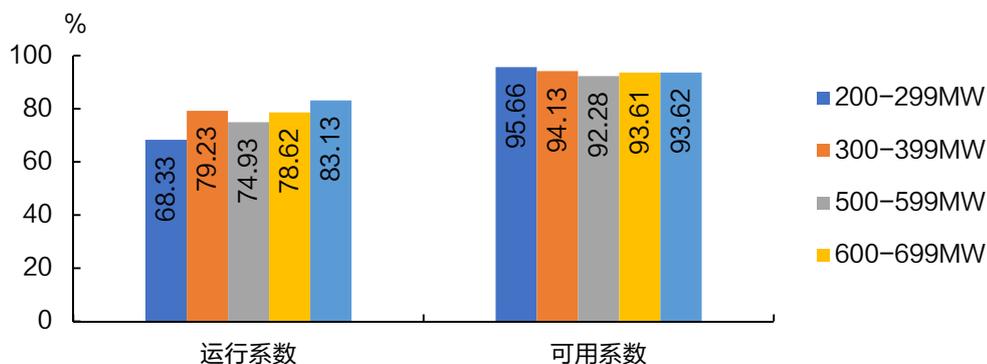


图 2-12 2021 年 200 兆瓦及以上燃煤机组按主机容量分类引风机运行系数、可用系数

二、2021 年引风机按制造厂分类运行可靠性指标

表 2-20 2021 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	1483	79.19	93.70	0.04	1.97	68.39
上海鼓风机厂有限公司	567	80.44	94.39	0.02	0.52	41.53
成都风机厂	185	79.06	93.22	0.03	1.86	100
沈阳风机厂	173	78.98	94.04	0.02	0.00	0.00
成都凯凯凯电站风机有限公司	47	83.29	94.20	0.02	1.18	99.65
成都电力修造厂	31	83.28	94.57	0.00	0.00	0.00
三菱公司	31	74.81	95.28	0.01	0.22	58.41
山东电力设备有限公司	28	62.28	96.46	0.01	0.74	100
豪顿华工程有限公司	26	72.54	91.67	0.00	0.00	0.00
丹麦制造厂商	21	80.47	92.55	0.00	0.00	0.00
武汉鼓风机厂	20	76.39	94.08	0.00	0.00	0.00
英国制造厂商	20	77.86	97.63	0.01	0.57	100

三、2021 年引风机非计划停运

(一) 引风机非计划停运原因

2021 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：变形（弯曲、挤压）、振动大、裂纹（开裂）、断裂、磨损（机械磨损）。造成设备非计划停运的主要部件是：动叶调节轴流引风机本体动叶片、调节机构、离心引风机本体风壳、本体液压缸（轮毂）和轴流引风机本体轴承等；主要责任原因是：产品质量问题、设备老化、规划/设计问题、检修质量问题、外部原因等。具体见表 2-21。

表 2-21 2021 年引风机非计划停运前五位技术原因

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		
变形（弯曲、挤压）	2	0.00	1157.93	0.40	578.97	2.08	16.66
振动大	10	0.00	1012.13	0.35	101.21	10.42	14.56
裂纹（开裂）	8	0.00	964.12	0.33	120.51	8.33	13.87

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		
断裂	5	0.00	945.97	0.32	189.19	5.21	13.61
磨损（机械磨损）	5	0.00	900.28	0.31	180.06	5.21	12.95

2021年，引风机非计划停运前五位技术原因中，变形（弯曲、挤压）造成的非计划停运小时占比在2021年较2020年稍有下降，但依然排在第一位；振动大造成的非计划停运小时占比三年内保持上升，排在第二位；裂纹（开裂）2020年占比最高，2021年占比下降，排在第三位；断裂造成的非计划停运小时占比近五年波动较大，2021年占比下降，排在第四位；磨损（机械磨损）近五年造成引风机非计划停运小时占比相对稳定，排在第五位。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2-13。

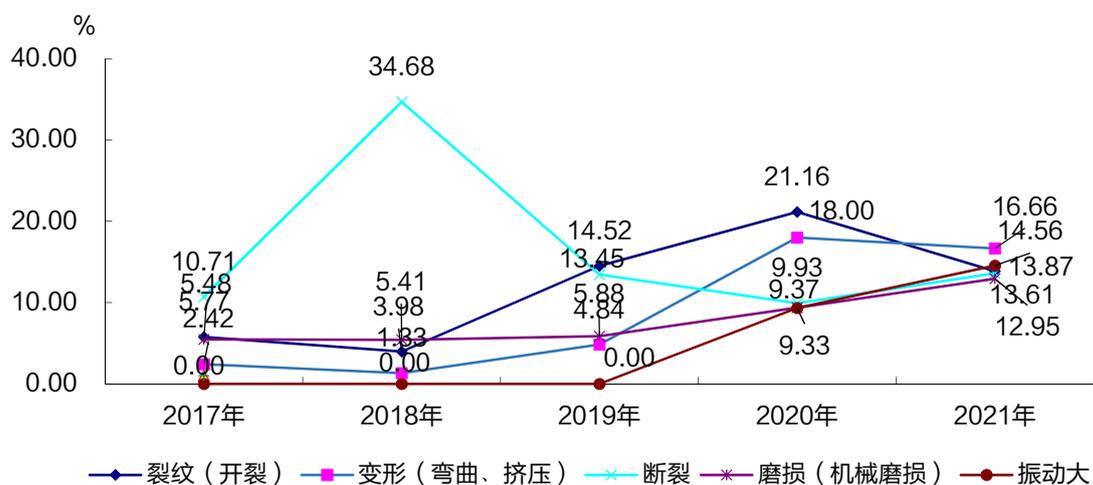


图 2-13 2017-2021 年引风机非计划停运前五位技术原因停运小时百分数

（二）单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 2-22 2021 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
六盘山热电厂 01 号机组 31 号引风机	2010.11	916.27	动叶调节轴流引风机本体动叶片变形（弯曲、挤压）	成都电力机械厂	规划、设计问题（设备选型问题）
国电大同 08 号机组 XB 号引风机	2005.7	744.00	动叶调节轴流引风机本体轴承振动大	龙源电力	燃料影响（煤灰分问题）

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
江电 31 号机组 01 号引风机	1990.10	645.07	离心引风机本体风壳振动大	福斯泵	设备老化 (过负荷运行)

第五节 高压加热器运行可靠性

一、2021 年高压加热器按主机容量分类运行可靠性指标

表 2-23 2021 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	270	67.16	96.04	3.92	0.03	0.05
300-399	2218	78.74	94.25	5.72	0.04	0.05
500-599	22	74.31	92.89	7.07	0.04	0.05
600-699	1431	79.47	93.82	6.18	0.01	0.01
1000 及以上	483	83.12	94.23	5.77	0.01	0.01

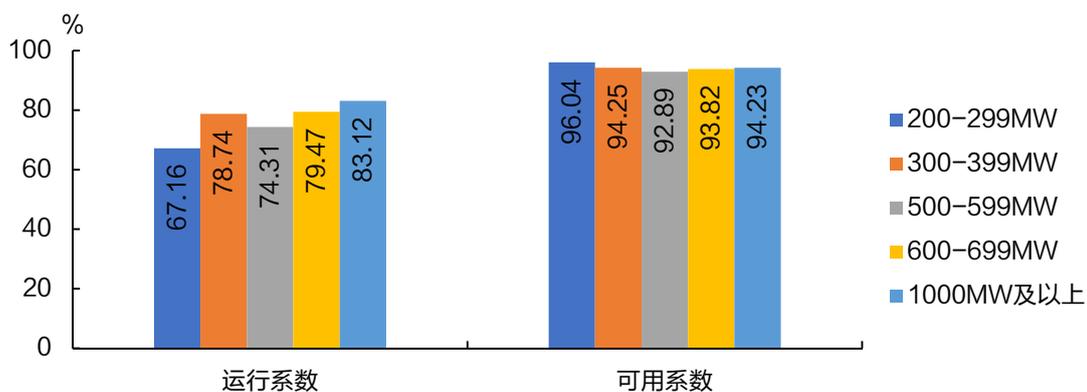


图 2-14 2021 年 200 兆瓦及以上燃煤机组按主机容量分类
高压加热器运行系数和可用系数

二、2021 年高压加热器按制造厂分类运行可靠性指标

表 2-24 2021 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*	% **
上海电气电站设备有限公司 电站辅机厂	1784	79.43	94.08	0.02	0.41	28.20

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*	% **
东方锅炉(集团)股份有限公司	783	76.84	92.88	0.02	0.04	2.51
哈尔滨锅炉厂有限责任公司	748	81.47	94.90	0.02	0.91	80.68
杭州锅炉集团股份有限公司	361	83.41	95.10	0.02	1.30	83.43
青岛锅炉辅机厂	92	79.34	95.11	0.00	0.00	0.00
四川锅炉厂	44	75.03	96.54	0.11	7.03	100.00
华北电力设备成套公司	43	81.32	89.80	0.00	0.00	0.00
南京汽轮机厂	38	80.79	94.93	0.00	0.00	0.00
福斯特·惠勒公司	32	79.01	93.52	0.00	0.00	0.00
德国制造厂商	30	78.43	94.42	0.00	0.00	0.00
罗马尼亚制造厂商	27	85.51	95.55	0.00	0.00	0.00
三菱公司	26	73.43	94.97	0.00	0.00	0.00
上海能源装备有限公司	24	88.07	95.39	0.00	0.00	0.00
列宁格勒金属工厂	22	81.98	98.06	0.00	0.00	0.00
阿尔斯通	20	68.22	98.13	0.00	0.00	0.00

三、2021 年高压加热器非计划停运

(一) 非计划停运原因

2021 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、裂纹(开裂)、开焊、漏汽、冲蚀。造成设备非计划停运的主要部件是: 高压加热器 U 型管、管板、疏水管道直管、安全门阀体等。主要责任原因是: 检修质量问题、产品质量问题、设备老化、管理问题、施工安装问题等。具体见表 2-25。

表 2-25 2021 年高压加热器非计划停运前五位技术原因

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	58	0.01	3894.02	0.87	67.14	40.00	43.10
裂纹(开裂)	14	0.00	2523.32	0.56	180.24	9.66	27.93
开焊	2	0.00	601.05	0.13	300.53	1.38	6.65
漏汽	8	0.00	303.42	0.07	37.93	5.52	3.36
冲蚀	3	0.00	280.40	0.06	93.47	2.07	3.10

2021年，高压加热器非计划停运前五位技术原因中，漏水原因造成的非计划停运时间占比近五年都排在第一位，2019-2021年占比远超其他原因；裂纹（开裂）原因造成的非计划停运事件占比2021年上升明显，排在第二位；开焊、漏汽、冲蚀等原因造成的非计划停运时间占比相对稳定，均在7%以下，分别排在第三、四、五位。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2-15。

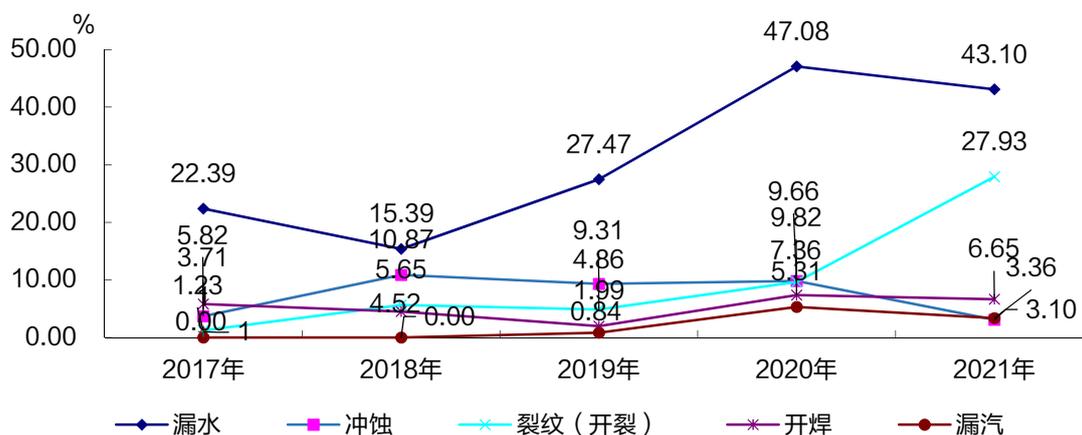


图 2-15 2017-2021 年高压加热器非计划停运前五位技术原因停运小时百分数

(二) 单台全年非计划停运时间较长的三台设备

表 2-26 2021 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
太白电厂 33 号机组 03 号高压加热器	2005.11	1907.00	高压加热器 U 型管开焊	东方锅炉厂	检修质量问题 (焊接问题)
双辽 05 号机组 03 号高压加热器	2015.7	254.67	高压加热器 U 型管磨损泄露	哈尔滨锅炉厂	产品质量问题 (工艺问题)
姚孟 03 号机组 01 号高压加热器	1985.12	253.87	高压加热器疏水管道焊口裂纹 (开裂)	考克利尔	检修质量问题 (工艺问题)

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

2021 年，纳入可靠性统计的 200 兆瓦及以上容量燃煤机组五种辅助设备磨煤机、

给水泵组、送风机、引风机和高压加热器国产化率分别为 91.79%、82.62%、89.14%、92.92%和 93.56%，磨煤机、给水泵组、送风机国产化率同比下降，引风机、高压加热器国产化率同比上升。

国产五种辅机的可用系数分别为 93.59%、94.25%、94.03%、93.84%和 94.06%，与进口设备可用系数相比，国产磨煤机、给水泵组、引风机、高压加热器低于进口 0.15、0.59、0.45 和 1.28 个百分点，国产送风机高于进口 0.13 个百分点。具体见图 2-16。

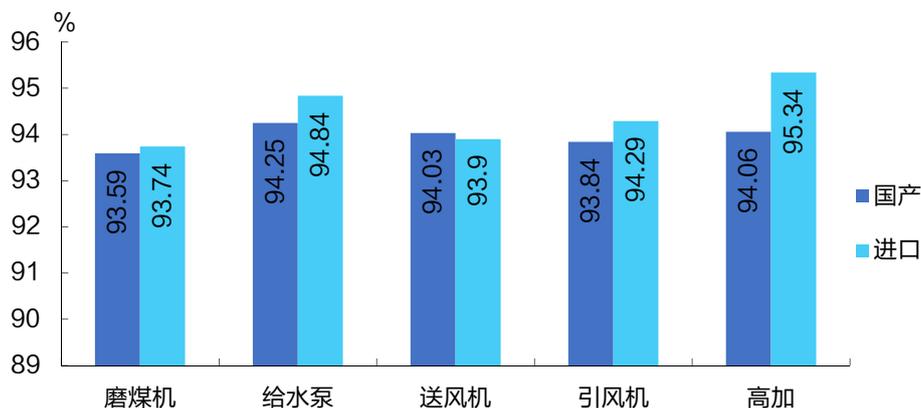


图 2-16 2021 年 200 兆瓦及以上容量燃煤机组五种辅助设备国产、进口可用系数

2021 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 0.05%、0.04%、0.01%、0.03%、0.02%，与进口设备相比，国产磨煤机非计划停运率相同，国产给水泵组、送风机非计划停运率分别高 0.03、0.01 个百分点，国产引风机、高压加热器分别低 0.01 个百分点。具体见图 2-17。

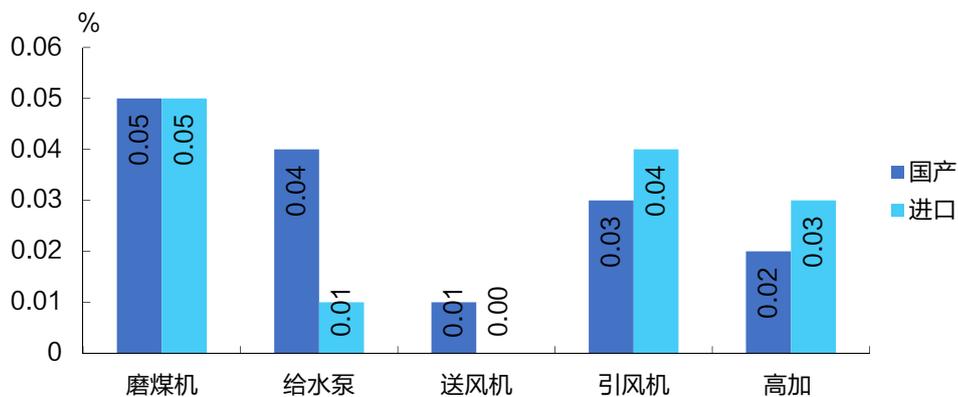


图 2-17 2021 年 200 兆瓦及以上容量燃煤机组五种辅助设备国产、进口非计划停运率

二、300兆瓦容量等级辅助设备

2021年，300兆瓦容量等级燃煤机组五种辅助设备国产化率分别为90.86%、86.45%、90.50%、92.43%和92.11%。国产五种辅机的可用系数分别为94.00%、94.69%、94.21%、94.08%和94.20%，与进口设备相比，国产辅助设备可用系数分别低于进口设备0.67、0.19、0.54、0.70和0.56个百分点。

五种辅助设备中，国产设备运行系数均高于进口设备，分别高1.03、11.08、4.06、5.19和1.79个百分点。非计划停运率除国产磨煤机、给水泵组、送风机高于进口设备0.04、0.02、0.01个百分点外，其他均低于进口设备，分别低0.06、0.01个百分点。具体见表2-27。

表2-27 2021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								
台数	2921	294	1812	284	1296	136	1379	113	2043	175
运行系数 (%)	66.45	65.42	57.14	46.06	79.67	75.61	79.64	74.45	78.88	77.09
可用系数 (%)	94.00	94.67	94.69	94.88	94.21	94.75	94.08	94.78	94.20	94.76
计划停运系数 (%)	5.96	5.31	5.28	5.11	5.79	5.25	5.89	5.14	5.76	5.20
非计划停运率 (%)	0.07	0.03	0.04	0.02	0.01	0.00	0.04	0.10	0.04	0.05

三、600兆瓦容量等级辅助设备

2021年，600兆瓦容量等级燃煤机组五种辅助设备国产化率分别为92.99%、83.92%、85.67%、93.72%和96.02%，磨煤机、给水泵组、送风机国产化率同比下降，其他同比均有上升。

五种辅助设备中，除国产磨煤机运行系数高于进口设备0.16个百分点外，其他均低于进口设备，分别低0.75、2.87、2.26、4.61个百分点。可用系数除国产高压加热器低于进口设备2.08个百分点，其他均高于进口设备，分别高0.18、0.48、0.11和0.26个百分点。设备非计划停运率，国产磨煤机低于进口设备0.04个百分点，国产送风机与进口设备持平，其他分别高于进口设备0.04、0.02、0.01个百分点。具体见表2-28。

表 2-28 2021 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								
台数(台)	2705	204	1033	198	813	136	896	60	1374	57
运行系数(%)	66.02	65.86	60.76	61.51	79.34	82.21	78.48	80.74	79.29	83.90
可用系数(%)	93.50	93.32	93.99	93.51	93.79	93.68	93.63	93.37	93.74	95.82
计划停运系数(%)	6.48	6.64	5.98	6.49	6.21	6.32	6.35	6.62	6.26	4.18
非计划停运率(%)	0.02	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00

第七节 燃煤机组环保系统和设施运行可靠性

2021 年, 纳入可靠性统计的燃煤机组环保系统和设施, 即除尘设备、脱硫系统、脱硝系统分别为 1887 台、1400 套、952 套, 同比分别增加 249 台、133 套、280 套。除尘设备和脱硫、脱硝系统运行系数分别为 79.95%、79.38%、80.39%, 同比分别上升 7.20、6.59、6.66 个百分点; 三类环保设备可用系数分别为 94.07%、93.92%、94.02%, 同比分别下降 0.59、0.63、0.61 个百分点; 三类环保设备中, 除尘设备非计划停运率为 0.01%, 同比增加 0.01 个百分点, 其余均为 0.00%, 同比持平。具体见表 2-29-表 2-31。

表 2-29 2017-2021 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(%)
2017	1603	65.58	93.89	0.01
2018	1618	73.75	94.14	0.00
2019	1635	74.50	94.11	0.00
2020	1638	72.75	94.66	0.00
2021	1887	79.95	94.07	0.01

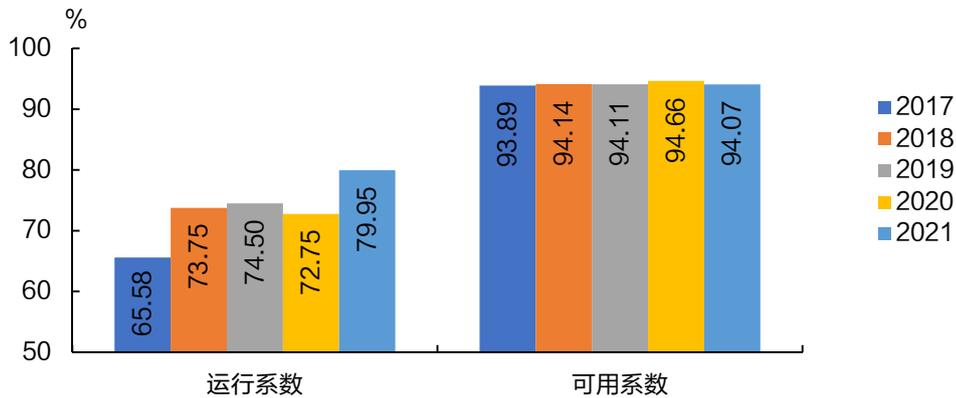


图 2-18 2017-2021 年 200 兆瓦及以上燃煤机组除尘设备运行系数、可用系数

表 2-30 2017-2021 年 200 兆瓦及以上燃煤机组脱硫系统主要可靠性指标

年份	台数	运行系数 (%)	可用系数 (%)	非计划停运率 (%)
2017	1124	66.49	93.29	0.03
2018	1300	74.00	94.46	0.01
2019	1264	74.54	94.40	0.00
2020	1267	72.79	94.55	0.00
2021	1400	79.38	93.92	0.00

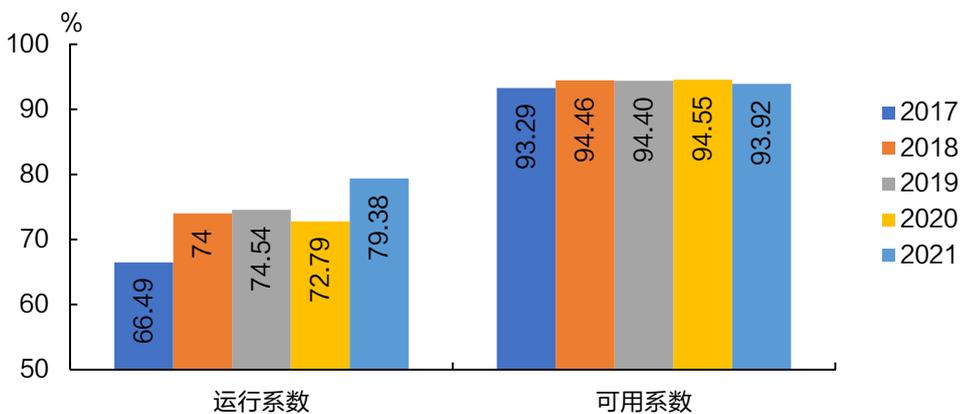


图 2-19 2017-2021 年 200 兆瓦及以上燃煤机组脱硫系统运行系数、可用系数

表 2-31 2019-2021 年 200 兆瓦及以上燃煤机组脱硝系统主要可靠性指标

年份	台数	运行系数 (%)	可用系数 (%)	非计划停运率 (%)
2019	548	78.28	94.66	0.00
2020	672	73.73	94.63	0.00
2021	952	80.39	94.02	0.00

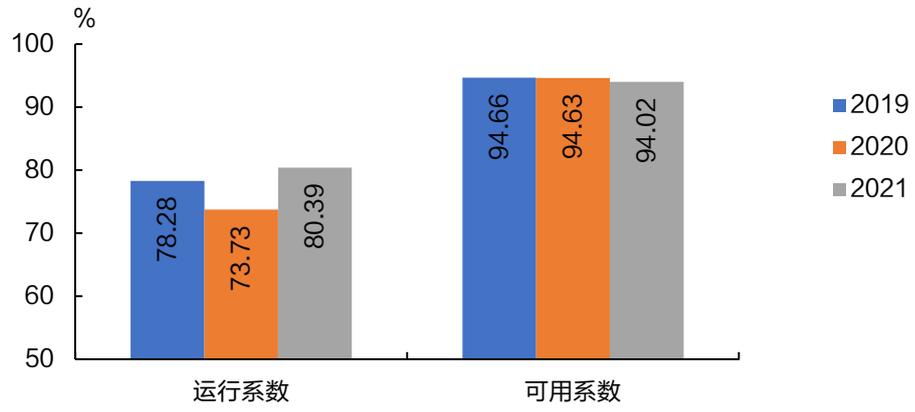


图 2-20 2019-2021 年 200 兆瓦及以上燃煤机组脱硝系统运行系数、可用系数

第三章 2021 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¹、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 2021 年全国十三类输变电设施统计范围

2021 年，纳入输变电可靠性统计的电网企业包括国家电网有限公司、中国南方电网有限责任公司、内蒙古电力（集团）有限责任公司及所辖 476 个地市级供电公司和发电企业，发电企业包括中国华能集团有限公司、中国大唐集团有限公司、中国华电集团有限公司、国家电力投资集团有限公司、国家能源投资集团有限责任公司等 12 家发电集团及所辖 505 个发电厂。报送范围涵盖了 220 千伏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。

第二节 输变电设施运行可靠性总体情况

2021 年，除变压器、耦合电容器、阻波器、电缆线路外，其他设施计划停运时间均高于 2020 年，其中电抗器的计划停运时间增幅较大，同比增加 2.108 小时/台年。受计划停运时间增加影响，除架空线路、变压器、耦合电容器、阻波器、电缆线路外，其他设施可用系数均低于 2020 年，其中电抗器、组合电器降幅较大，分别同比下降 0.026 个和 0.017 个百分点。断路器、耦合电容器和阻波器的强迫停运率高于 2020 年，分别同比增加 0.029 次/百台年、0.001 次/百台年和 0.008 次/百台年。具体指标见表 3-1、图 3-1 和图 3-2。

¹含交流输电线路和和高压直流输电线路

²含油浸式交流变压器和高压直流输电用换流变压器

表 3-1 2020、2021 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	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
架空线路	99.462	99.466	0.055	0.046	0.698	0.170	43.016	44.029
变压器	99.572	99.630	0.364	0.197	0.464	0.342	36.757	31.715
电抗器	99.787	99.761	0.503	0.406	0.639	0.690	17.899	20.007
断路器	99.845	99.839	0.145	0.174	0.043	0.042	13.344	13.957
电流互感器	99.960	99.948	0.017	0.008	0.022	0.011	3.482	4.511
电压互感器	99.948	99.945	0.036	0.016	0.015	0.002	4.505	4.803
隔离开关	99.973	99.965	0.016	0.007	0.005	0.002	2.332	3.078
避雷器	99.962	99.953	0.019	0.012	0.015	0.003	3.338	4.145
耦合电容器	99.982	99.989	0.012	0.013	0	0	1.569	0.937
阻波器	99.968	99.982	0.007	0.015	0	0.002	2.726	1.382
电缆线路	99.782	99.970	0.047	0.029	2.555	0.025	8.160	2.590
组合电器	99.972	99.955	0.044	0.024	0.028	0.014	2.384	3.552
母线	99.951	99.947	0.378	0.148	0.548	0.384	3.755	4.211

注：强迫停运率单位：电缆线路单位为次/千米年，其他设备单位为次/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，其他设备单位为小时/千米（台、套、段）年。

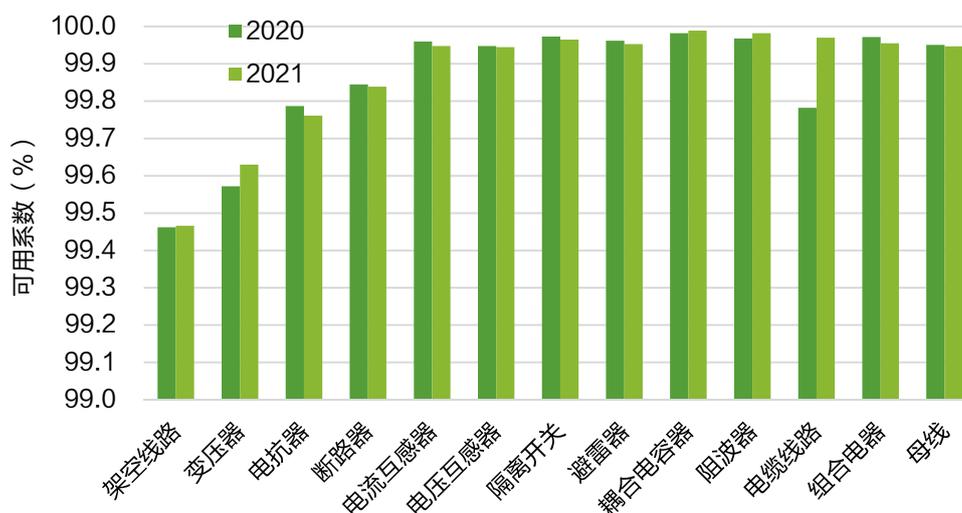


图 3-1 2020、2021 年全国十三类输变电设施可用系数对比

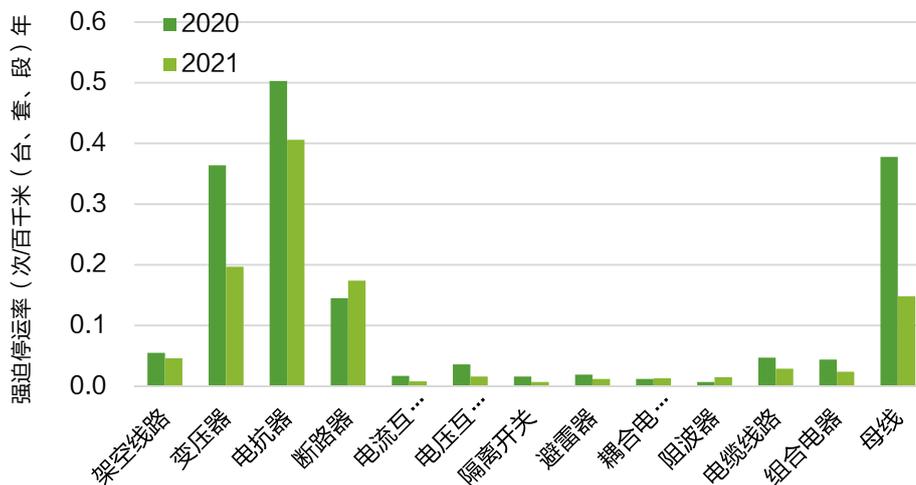


图 3-2 2020、2021 年全国十三类输变电设施强迫停运率对比

第三节 变压器运行可靠性

一、2017-2021 指标对比

2021 年，变压器的统计数量较 2017 年增加 47.014 百台年，五年年均增长率 6.409%，同比增加 18.479 百台年。变压器可用系数近五年保持在较高水平，但受计划停运影响，整体呈小幅下降趋势；2021 年变压器可用系数较 2017 年下降 0.205 个百分点，同比上升 0.058 个百分点。变压器强迫停运率逐年小幅上升，2021 年降幅较大；受产品质量不良等因素影响，2021 年变压器强迫停运率较 2017 年上升 0.059 次/百台年，同比下降 0.167 次/百台年。2017-2021 年变压器主要可靠性指标及对比见图 3-3、图 3-4 和图 3-5。

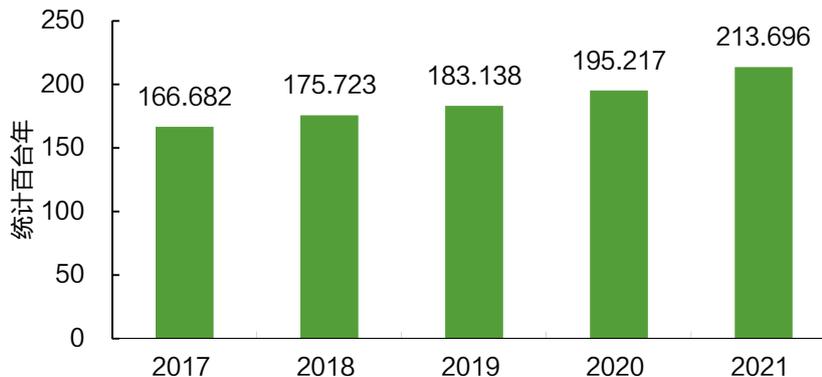


图 3-3 2017-2021 年变压器统计百台年数对比

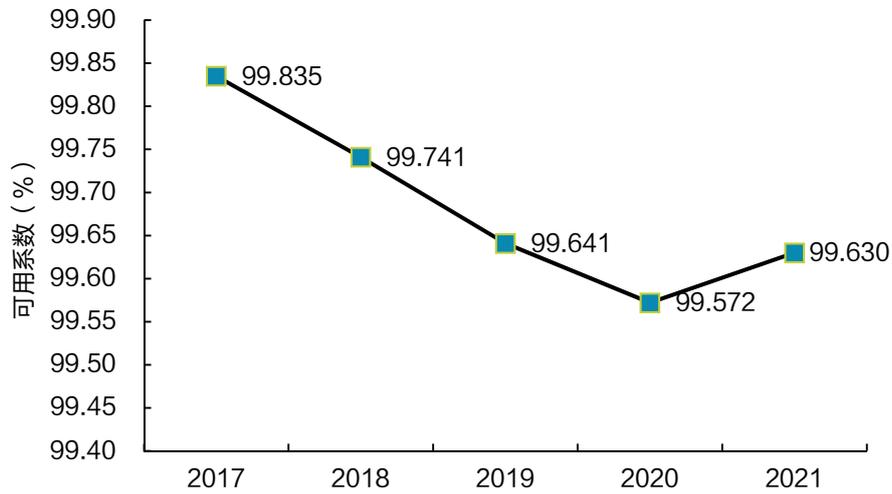


图 3-4 2017-2021 年变压器可用系数对比

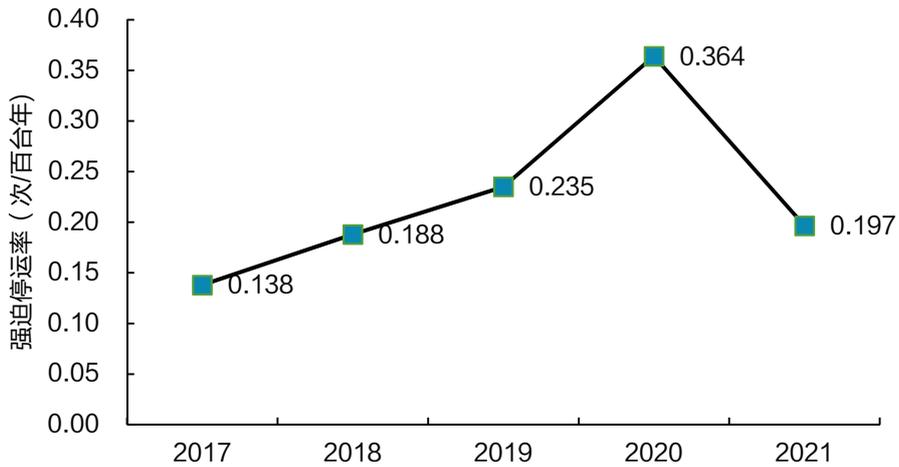


图 3-5 2017-2021 年变压器强迫停运率对比

二、按运行单位分析

2021 年, 电网侧 3 家集团公司国家电网有限公司、中国南方电网有限责任公司、内蒙古电力(集团)有限责任公司的变压器可用系数分别为 99.741%、99.753%、99.690%。发电侧 12 家集团公司变压器可用系数前三位分别是国家能源投资集团有限责任公司 100%、内蒙古能源发电投资有限公司 100%、广东省能源集团有限公司 99.943%。

2021 年各单位变压器运行可靠性指标见表 3-2。

表 3-2 2021 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)
电网侧综合	181.107	99.741	0.193	0.110	23.710	21.861
国家电网有限公司	145.383	99.741	0.172	0.108	22.465	21.980
中国南方电网有限责任公司	29.311	99.753	0.205	0.001	24.121	20.328
内蒙古电力(集团)有限责任公司	6.413	99.690	0.624	0.648	50.058	26.173
发电侧综合	32.251	99.001	0.217	0.030	24.961	87.385
中国华能集团有限公司	5.720	97.849	0	0	56.818	188.427
中国大唐集团有限公司	4.445	99.723	0	0	8.549	24.264
中国华电集团有限公司	4.862	99.763	0.206	0.009	4.936	20.719
国家能源投资集团有限责任公司	4.618	100	0	0	0	0
国家电力投资集团有限公司	3.469	96.135	1.730	0.268	91.953	338.316
中国长江三峡集团有限公司	1.665	99.752	0	0	5.407	19.800
广东省能源集团有限公司	2.505	99.943	0	0	1.996	4.976
浙江省能源集团有限公司	0.920	96.719	0	0	68.478	287.123
北京能源集团有限责任公司	1.669	99.922	0	0	2.995	6.831
内蒙古能源发电投资有限公司	2.020	100	0	0	0	0

注：河北省建设投资公司、深圳能源集团股份有限公司两家单位仅各报送一座发电站数据，统计数据不完整，未列入表 3-2。

三、按投运时间分析

2021 年，全国变压器投运时间在 10 年以上 20 年以内的数量最多，为 9783 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 99.766% 和 99.735%。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 0.350 次/百台年和 0.179 次/百台年。

2021 年变压器按投运时间分类的可靠性指标情况见表 3-3、图 3-6 和图 3-7。

表 3-3 2021 年变压器按投运时间分类的可靠性指标情况

投运时间	电压等级 (千伏)	台数	可用系数 (%)	计划停运率 (次/百台年)	非计划停运率 (次/百台年)
<5	综合	4687	99.766	19.978	0.350
	220	2621	99.816	20.179	0.450
	330	146	99.818	18.301	0
	500	1638	99.718	19.154	0.068

投运时间	电压等级 (千伏)	台数	可用系数 (%)	计划停运率 (次/百台年)	非计划停运率 (次/百台年)
5—10	综合	5036	99.735	22.995	0.398
	220	3111	99.808	23.103	0.417
	330	132	99.810	16.667	0
	500	1532	99.639	20.761	0.264
10—20	综合	9783	99.560	25.334	0.377
	220	6492	99.622	26.951	0.368
	330	262	99.504	19.473	0.764
	500	2871	99.455	20.883	0.347
≥20	综合	1945	99.447	26.526	0.179
	220	1693	99.521	24.697	0.116
	330	67	99.055	38.806	0
	500	430	99.214	31.894	0.459

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

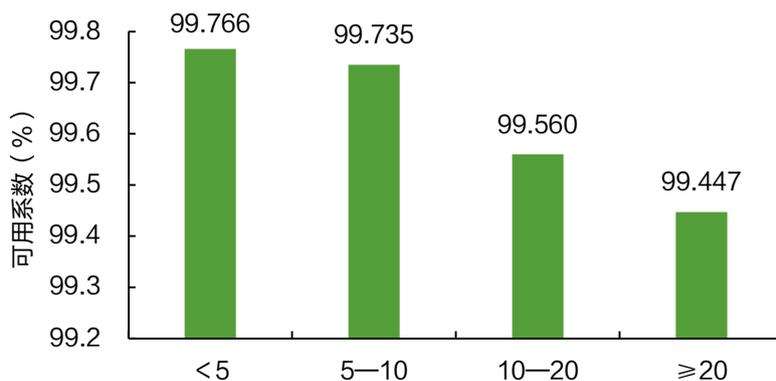


图 3-6 2021 年不同投运时间变压器可用系数对比

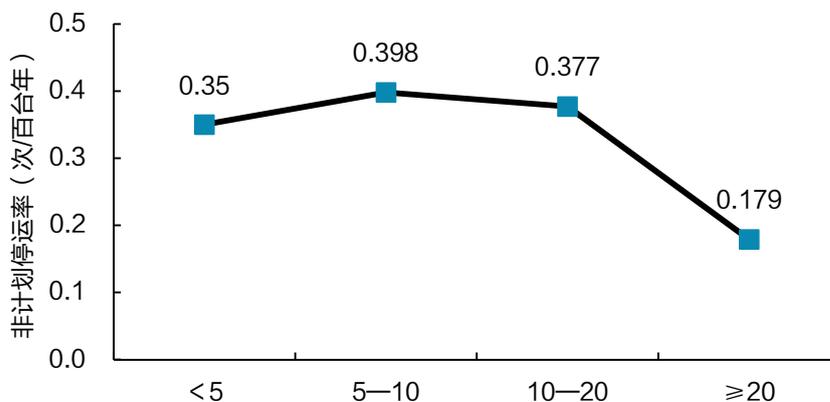


图 3-7 2021 年不同投运时间变压器非计划停运率对比

四、变压器计划停运、非计划停运影响可用系数比较

2021年，变压器可用系数同比上升0.058个百分点。计划停运影响可用系数占比为98.933%，同比上升0.180个百分点。非计划停运影响可用系数占比1.067%，同比下降0.180个百分点。

2020、2021年变压器计划停运、非计划停运影响可用系数比较见表3-4。

表3-4 2020、2021年变压器计划停运、非计划停运影响可用系数比较

指标	2021	2020	比较
可用系数%	99.630	99.572	0.058
计划停运影响可用系数占比%	98.933	98.753	0.180
非计划停运影响可用系数占比%	1.067	1.247	-0.180

五、变压器非计划停运事件分析

2021年，变压器共发生非计划停运76次，同比减少37次。其中220千伏有50次，同比减少11次；330千伏有2次，同比减少3次；500千伏有17次，同比减少11次；750千伏有4次，同比减少12次；1000千伏有3次，同比持平。2021年累计非计划停运0.342小时/台年，同比减少0.122小时/台年。

（一）按停运时间分析

非计划停运时间在5小时以内的停运次数17次，5小时-100小时37次，100小时以上的停运次数总计22次。

2021年变压器按停运时间分类的非计划停运情况见表3-5。

表3-5 2021年变压器按停运时间分类的非计划停运情况

变压器非计划停运时间	非计划停运次数
<5	17
5-100	37
100-500	16
≥500	6

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

（二）按部件因素分析

2021年，套管、油浸式附件、油箱及储油柜是引起220千伏及以上变压器非计

划停运次数较多的前三位部件因素，分别引起非计划停运 23 次、10 次和 9 次。套管、绕组、油箱及储油柜是引起 220 千伏及以上变压器非计划停运时间较长的前三位部件因素，分别引起非计划停运 4664.70 小时、1916.70 小时和 703.18 小时。

2021 年各电压等级变压器按部件原因分类的非计划停运情况见表 3-6 至表 3-11。

表 3-6 2021 年 220 千伏及以上变压器按部件原因分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
套管	23	4664.70	48.45
绕组	5	1916.70	19.91
油箱及储油柜	9	703.18	7.30
非电量保护装置	4	469.61	4.88
一次系统	8	240.90	2.50
油浸式附件	10	127.40	1.32
绝缘油	1	116.26	1.21
冷却系统	2	36.63	0.38
引流线	4	33.33	0.35
低压引线	1	17.32	0.18
继电保护	2	14.12	0.15
分接开关	2	11.99	0.12
套管电流互感器	1	5.75	0.06
二次回路公用设备	1	2.52	0.03
待查	1	524.42	5.45
其他	2	743.72	7.72

表 3-7 2021 年 220 千伏变压器按部件原因分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
套管	10	815.34	23.43
非电量保护装置	3	453.46	13.03
油箱及储油柜	8	441.30	12.68
一次系统	6	134.13	3.85
绝缘油	1	116.26	3.34
油浸式附件	7	114.62	3.29

部件	非计划停运次数	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
冷却系统	2	36.63	1.05
引流线	3	28.83	0.83
绕组	1	23.62	0.68
低压引线	1	17.32	0.50
分接开关	2	11.99	0.34
继电保护	1	9.92	0.29
套管电流互感器	1	5.75	0.17
二次回路公用设备	1	2.52	0.07
待查	1	524.42	15.07
其他	2	743.72	21.37

表 3-8 2021 年 330 千伏变压器按部件分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
继电保护	1	4.20	61.31
一次系统	1	2.65	38.69

表 3-9 2021 年 500 千伏变压器按部件分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
套管	12	3786.20	63.73
绕组	4	1893.08	31.86
油箱及储油柜	1	261.88	4.41

表 3-10 2021 年 750 千伏变压器按部件分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
非电量保护装置	1	16.15	55.82
油浸式附件	3	12.78	44.18

表 3-11 2021 年 1000 千伏变压器按部件分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
一次系统	1	104.12	60.61

部件	非计划停运次数	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
套管	1	63.16	36.77
引流线	1	4.50	2.62

(三) 按责任原因分析

2021年，产品质量不良、气候因素和设备老化是造成220千伏及以上变压器非计划停运次数较多的前三位责任原因，分别造成非计划停运36次、13次和7次。产品质量不良、气候因素和运行不当是造成220千伏及以上变压器非计划停运时间较长的前三位责任原因，分别造成非计划停运6485.83小时、154.37小时和115.92小时。

2021年变压器按责任原因分类的非计划停运情况见表3-12至表3-17。

表3-12 2021年220千伏及以上变压器按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	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	36	6485.83	88.81
气候因素	13	154.37	2.11
设备老化	7	7.73	0.11
动物事故	4	29.13	0.40
运行不当	3	115.92	1.59
规划、设计不周	2	14.12	0.19
施工安装不良	2	8.43	0.12
检修质量不良	2	2.67	0.04
外力损坏	1	4.33	0.06
自然灾害	1	0.17	0.00
待查	5	479.98	6.57

表3-13 2021年220千伏变压器按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	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	17	1719.17	44.84
气候因素	11	174.51	4.55
设备老化	7	428.88	11.19

责任原因	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 (%)
动物事故	4	39.58	1.03
运行不当	2	414.55	10.81
施工安装不良	2	11.29	0.29
检修质量不良	2	4.00	0.10
自然灾害	1	77.09	2.01
规划、设计不周	1	9.92	0.26
待查	2	950.00	24.78
其他	1	4.93	0.13

表 3-14 2021 年 330 千伏变压器按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	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 (%)
规划、设计不周	1	4.20	61.31
运行不当	1	2.65	38.69

表 3-15 2021 年 500 千伏变压器按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	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	16	5584.66	99.60
气候因素	1	22.50	0.40

表 3-16 2021 年 750 千伏变压器按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	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	3	12.78	44.18
气候因素	1	16.15	55.82

表 3-17 2021 年 1000 千伏变压器按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
产品质量不良	1	104.12	60.61
外力损坏	1	63.16	36.77
运行不当	1	4.50	2.62

(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,本章下同)的可靠性指标情况见表 3-18 至 4-23。

表 3-18 2021 年 220 千伏变压器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计台数 (台)	可用系数 (%)	强迫 停运率 (次/百台 年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台 年)*	占该厂非 停总时间 比例(%) **	强迫停运 率(次/百 台年)
法国阿海珐(AREAVA)公司	12	99.995	0	0	0	0
(BRUSH)电气机械公司	15	99.979	0	0	0	0
苏州美恩超导有限公司	23	99.978	0	0	0	0
葫芦岛电力设备厂	256	99.968	0.386	1.279	100	0.386
GEC-阿尔斯通公司	19	99.965	0	0	0	0
上海 AREVA 变压器有限公司	37	99.955	0	0	0	0
正泰电气股份有限公司	19	99.951	0	0	0	0
上海新三星给水设备有限公司	33	99.947	0	0	0	0
上海变压器厂有限公司	32	99.934	0	0	0	0
哈尔滨变压器有限责任公司	214	99.906	0	0	0	0
长春三鼎变压器有限公司	67	99.888	0	0	0	0
山东达驰电气有限公司	379	99.880	0	0	0	0
山东鲁能泰山电力设备有限公司 泰安泰山电气有限公司	298	99.857	0	0	0	0
济南西门子变压器有限公司	429	99.845	0	0	0	0
阿尔斯通公司	16	99.842	0	0	0	0
青岛青波变压器股份有限公司	116	99.841	0	0	0	0
新疆特变电工集团有限公司衡阳 电气分公司	11	99.838	0	0	0	0
三变科技股份有限公司 (三门变压器厂)	41	99.825	0	0	0	0
太原变压器厂	21	99.811	0	0	0	0
中山 ABB 变压器有限公司	554	99.810	0.364	1.083	99.709	0
江苏华鹏变压器有限公司	595	99.802	0.340	0.000	1.818	0.170
江苏南通晓星变压器有限公司	107	99.791	0.926	0	0	0

制造厂家	统计台数 (台)	可用系数 (%)	强迫 停运率 (次/百台 年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台 年)*	占该厂非 停总时间 比例(%) **	强迫停运 率(次/百 台年)
广州西门子变压器有限公司	539	99.791	0.370	0.000	2.564	0.185
上能新特变压器有限公司	15	99.790	0	0	0	0
北京 ABB 高压开关设备有限公司	21	99.788	0	0	0	0
重庆 ABB 变压器有限公司	82	99.782	0	0	0	0
南京立业电力变压器有限公司	44	99.773	0	0	0	0
合肥 ABB 变压器有限公司	892	99.767	0.223	0.016	84.930	0.112
东芝 (TOSHIBA) 公司	42	99.758	0	0	0	0
西电济南变压器股份有限公司	78	99.750	0	0	0	0
浙江三变科技股份有限公司	12	99.749	0	0	0	0
伊林 (ELIN) 联合公司	12	99.746	0	0	0	0
重庆重变电器有限责任公司	26	99.731	0	0	0	0
山东泰开变压器有限公司	334	99.678	0	0	0	0
特变电工股份有限公司 新疆变压器厂	536	99.676	0.377	0.080	62.225	0.189
特变电工衡阳变压器有限公司	1278	99.673	0.158	0.089	99.366	0
保定天威保变电气股份有限公司	1426	99.635	0	0	0	0
常州东芝变压器有限公司	353	99.633	0.292	0.010	95.514	0
特变电工 (沈阳) 变压器集团公司	1272	99.628	0.467	0.049	31.326	0.156
山东电力设备有限公司	874	99.625	0.118	0	0	0
西门子 (SIEMENS) 公司	153	99.621	0.660	0	0	0
云南变压器电气股份有限公司	95	99.609	0	0	0	0
广东能建电力设备厂有限公司	48	99.594	2.065	0	0	0
常州西电变压器有限责任公司	983	99.587	0	0	0	0
卧龙电气烟台东源变压器有限公司	77	99.586	0	0	0	0
南通变压器厂	38	99.585	0	0	0	0
上海 ABB 变压器有限公司	12	99.556	0	0	0	0
济南志友集团股份有限公司	22	99.527	0	0	0	0
江西变压器科技股份有限公司	36	99.527	2.705	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司	565	99.329	0.178	0.033	61.194	0.178
重庆市亚东亚集团变压器有限公司	14	99.313	0	0	0	0

制造厂家	统计台数 (台)	可用系数 (%)	强迫 停运率 (次/百台 年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台 年)*	占该厂非 停总时间 比例 (%)**	强迫停运 率 (次/百 台年)
天威保变(合肥)变压器有限公司	76	99.111	0	0	0	0
扎布罗什变压器厂(IIAIII)	11	98.554	0	0	0	0
三菱(MHISUBISHI)公司	17	97.295	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10台的制造厂家未列入上表(下同)。

表 3-19 2021 年 330 千伏变压器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计 台数 (台)	可用 系数 (%)	强迫停 运率 (次/百 台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台 年)*	占该厂非 停总时间 比例 (%)**	强迫停运 率 (次/百 台年)
特变电工衡阳变压器有限公司	24	99.925	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司	211	99.790	0	0	0	0
山东泰开变压器有限公司	12	99.776	0	0	0	0
常州西电变压器有限责任公司	21	99.774	0	0	0	0
山东电力设备有限公司	42	99.762	0	0	0	0
常州东芝变压器有限公司	21	99.737	0	0	0	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂	78	99.704	0	0	0	0
济南西门子变压器有限公司	11	99.676	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	65	99.344	3.077	0	0	0
特变电工(沈阳)变压器集团公司	49	98.560	0	0	0	0

表 3-20 2021 年 500 千伏变压器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计 台数 (台)	可用 系数 (%)	强迫停 运率 (次/百 台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台 年)*	占该厂非 停总时间 比例 (%)**	强迫停运 率 (次/百 台年)
苏州美恩超导有限公司	32	100	0	0	0	0
法国阿海珐(AREAVA)公司	18	100	0	0	0	0
南通变压器厂	11	100	0	0	0	0

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
三菱东芝	27	99.997	0	0	0	0
特变电工康嘉(沈阳)互感器有限公司	12	99.978	0	0	0	0
北京ABB高压开关设备有限公司	23	99.948	0	0	0	0
山东泰开变压器有限公司	72	99.941	0	0	0	0
济南西门子变压器有限公司	152	99.920	0	0	0	0
上海AREVA变压器有限公司	33	99.849	0	0	0	0
重庆ABB变压器有限公司	618	99.789	0	0	0	0
广州西门子变压器有限公司	85	99.775	0	0.022	100	0
山东电力设备有限公司	287	99.772	0	0	0	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂	94	99.763	0	0	0	0
阿尔斯通公司	19	99.742	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司	467	99.721	0	0	0	0
GEC-阿尔斯通公司	13	99.710	0	25.378	100	0
山东鲁能泰山电力设备有限公司 泰安泰山电气有限公司	15	99.698	0	0	0	0
西门子(SIEMENS)公司	71	99.692	0	0	0	0
东芝(TOSHIBA)公司	150	99.687	0	1.036	100	0
ABB德国公司	22	99.686	0	0	0	0
常州西电变压器有限责任公司	346	99.683	0	0	0	0
江苏南通晓星变压器有限公司	24	99.681	0	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	835	99.609	0.122	1.499	100	0.122
上海阿尔斯通有限公司	24	99.551	4.167	24.625	100	4.167
常州东芝变压器有限公司	515	99.541	0.197	0	0	0
重庆重变电器有限责任公司	195	99.534	0	0	0	0
扎布罗什变压器厂(IIAIII)	46	99.470	0	0	0	0
山东达驰电气有限公司	63	99.459	0	20.624	100	0
上海ABB变压器有限公司	13	99.431	0	0	0	0
三菱(MHISUBISHI)公司	113	99.413	0	10.401	100	0
特变电工(沈阳)变压器集团公司	783	99.304	0	0.007	100	0
日立(HITACHI)公司	23	99.242	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	885	99.241	0.116	0.386	100	0.116

表 3-21 2021 年 750 千伏变压器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
特变电工股份有限公司新疆变压器厂	21	100	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	102	99.919	3.922	0.116	46.244	2.941
特变电工(沈阳)变压器集团公司	55	99.826	0	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	50	99.746	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司	85	99.636	0	0	0	0
山东电力设备有限公司	72	99.509	0	0	0	0
重庆ABB变压器有限公司	22	99.448	0	0	0	0
常州东芝变压器有限公司	19	99.261	0	0	0	0

表 3-22 2021 年 800 千伏变压器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
西安西电变压器有限责任公司	15	100	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	11	100	0	0	0	0

表 3-23 2021 年 1000 千伏变压器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
山东电力设备有限公司	38	99.850	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	40	99.815	2.463	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	21	99.798	6.684	0	0	0
特变电工(沈阳)变压器集团公司	72	98.965	1.580	1.583	100	1.580
西安西电变压器有限责任公司	29	97.466	0	0	0	0

第四节 断路器运行可靠性

一、2017-2021 年指标对比

2021 年，断路器的统计数量较 2017 年增加 78.432 百台年，五年年均增长率 4.148%，同比增长 20.335 百台年。断路器可用系数近 5 年保持在较高水平，但受计划停运时间增长影响，整体呈小幅下降趋势，2021 年断路器可用系数较 2017 年下降 0.092 个百分点，同比下降 0.006 个百分点。断路器强迫停运率近五年起伏较大，受产品质量不良等因素影响，2021 年断路器强迫停运率较 2017 年上升 0.041 次/百台年，同比上升 0.029 次/百台年。

2017-2021 年断路器主要可靠性指标及对比见图 3-8、图 3-9 和图 3-10。

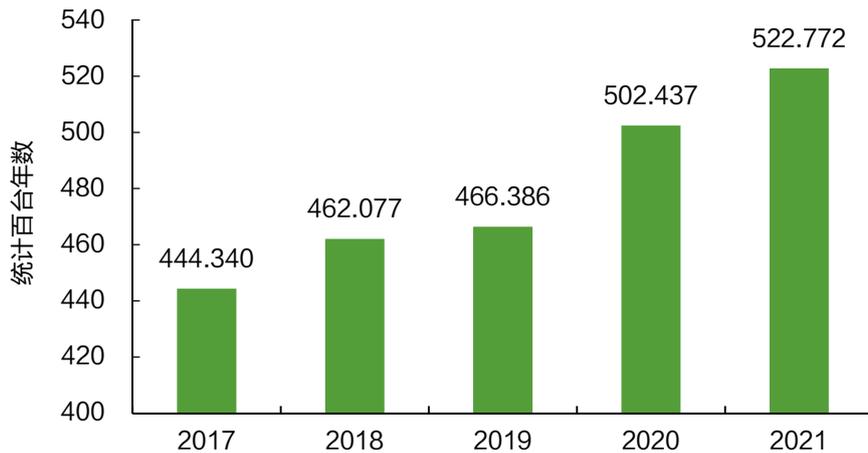


图 3-8 2017-2021 年断路器统计百台年数对比

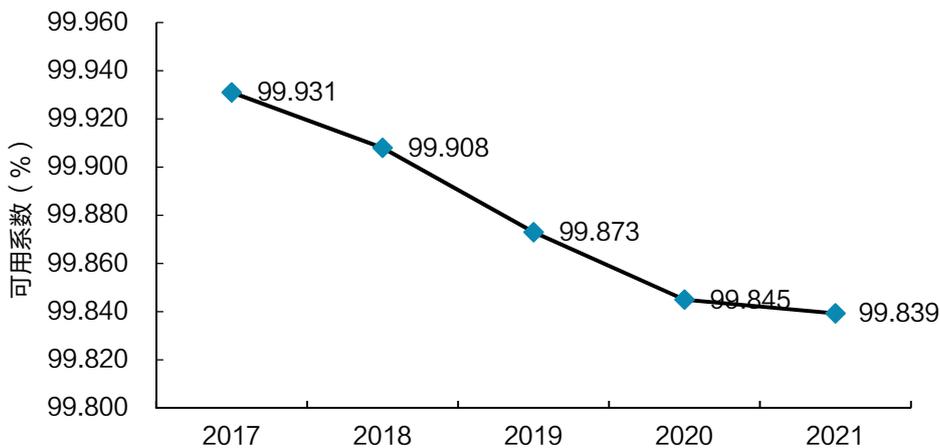


图 3-9 2017-2021 年断路器可用系数对比

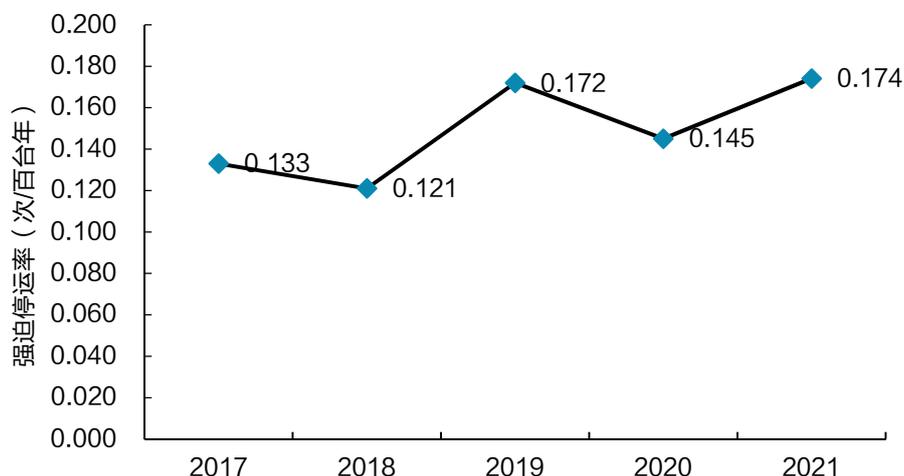


图 3-10 2017-2021 年断路器强迫停运率对比

二、按运行单位分析

2021 年, 电网侧 3 家集团公司国家电网有限公司、中国南方电网有限责任公司、内蒙古电力(集团)有限责任公司的断路器可用系数分别为 99.854%、99.833%、99.870%。发电侧 12 家集团公司断路器可用系数排名靠前的分别为国家能源投资集团有限责任公司 100%、内蒙古能源发电投资有限公司 100%、中国华电集团有限公司 99.949%。

2021 年各单位断路器运行可靠性指标见表 3-24。

表 3-24 2021 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)
电网侧综合	474.701	99.850	0.181	0.026	15.096	12.984
国家电网有限公司	362.881	99.854	0.171	0.022	13.103	12.697
中国南方电网有限责任公司	92.036	99.833	0.130	0.033	20.144	14.509
内蒙古电力(集团)有限责任公司	19.784	99.870	0.607	0.074	28.154	11.155
发电侧综合	47.193	99.724	0.106	0.010	9.668	23.961
中国华能集团有限公司	8.024	99.300	0.249	0.046	23.306	61.105
中国大唐集团有限公司	5.582	99.716	0	0	10.000	24.889
中国华电集团有限公司	7.573	99.949	0.132	0.007	2.773	4.475
国家能源投资集团有限责任公司	8.581	100	0	0	0	0

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)
国家电力投资集团有限公司	5.271	99.251	0.379	0.009	23.526	64.548
广东省能源集团有限公司	4.070	99.926	0	0	2.948	6.006
浙江省能源集团有限公司	1.301	99.253	0	0	33.821	65.461
北京能源集团有限责任公司	2.602	99.887	1.537	0	8.000	9.907
内蒙古能源发电投资有限公司	3.000	100	0	0	0	0

注：河北省建设投资公司、深圳能源集团股份有限公司两家单位仅各报送一座发电站数据，统计数据不完整，中国长江三峡集团有限公司未报送断路器运行数据，以上三家单位未列入表 3-24。

三、按投运时间分析

2021 年，全国断路器投运时间在 10 年以上 20 年以内的数量最多，为 29516 台。可用系数较好的是 5 年以内和 5 年以上 10 年以内的断路器，可用系数分别为 99.909% 和 99.892%。非计划停运率较低的是 20 年以上和 10 年以上 20 年以内的断路器，非计划停运率分别为 0.194 次/百台年和 0.199 次/百台年。

2021 年不同投运时间断路器可靠性指标情况见表 3-25、图 3-11 和图 3-12。

表 3-25 2021 年不同投运时间断路器可靠性指标

投运时间 (年)	电压等级 (千伏)	台数	可用系数 (%)	计划停运率 (次/百台年)	非计划停运率 (次/百台年)
<5	综合	7635	99.909	11.636	0.305
	1000	43	100	0	0
	800	19	100	0	0
	750	264	99.436	41.482	0.441
	500	1317	99.850	15.616	0.161
	330	371	99.968	3.859	0.551
	220	5621	99.937	10.094	0.320
5—10	综合	10205	99.892	14.326	0.303
	1000	4	99.912	25.000	0
	800	7	100	0	0
	750	172	99.446	53.488	1.163
	500	1681	99.830	19.076	0.775
	400	2	100	0	0
	330	373	99.875	11.750	0
	220	7966	99.915	12.619	0.200

投运时间 (年)	电压等级 (千伏)	台数	可用系数 (%)	计划停运率 (次/百台年)	非计划停运率 (次/百台年)
10—20	综合	29516	99.809	15.768	0.199
	1000	10	97.052	100.000	0
	800	17	100	0	0
	750	176	99.146	51.705	3.409
	500	5073	99.645	24.976	0.275
	330	1205	99.896	11.373	0.166
	220	23035	99.846	13.672	0.160
≥20	综合	5103	99.813	12.256	0.194
	500	552	99.709	23.384	0.360
	330	273	99.963	9.127	0.365
	220	4278	99.817	11.027	0.161

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

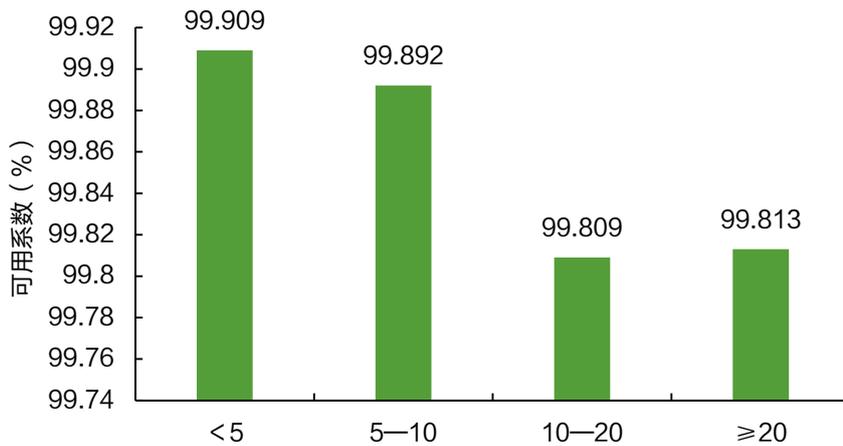


图 3-11 2021 年不同投运时间断路器可用系数对比

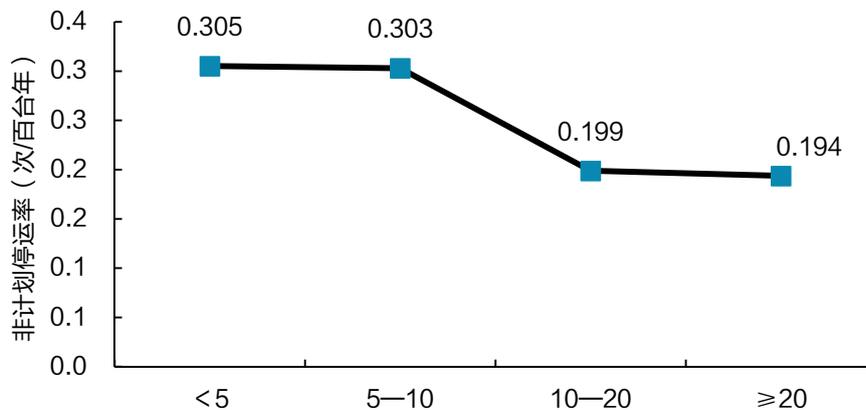


图 3-12 2021 年断路器不同投运时间非计划停运率对比

四、计划停运、非计划停运影响可用系数比较

2021年，断路器可用系数同比下降0.006个百分点。计划停运影响可用系数占比为99.700%，同比上升0.021个百分点。非计划停运影响可用系数占比0.300%，同比下降0.021个百分点。

2020、2021年断路器计划停运、非计划停运影响可用系数比较见表3-26。

表3-26 2020、2021年断路器计划停运、非计划停运影响可用系数比较

指标	2021	2020	比较
可用系数%	99.839	99.845	-0.006
计划停运影响可用系数占比%	99.700	99.679	0.021
非计划停运影响可用系数占比%	0.300	0.321	-0.021

五、断路器非计划停运事件分析

2021年，断路器共发生非计划停运122次，同比增加12次。其中220千伏有77次，同比增加4次；330千伏有5次，同比增加3次；500千伏有31次，同比增加4次；750千伏有9次，同比增加1次。其他电压等级断路器2021年未发生非计划停运事件。2021年累计非计划停运0.042小时/台年，同比减少0.001小时/台年。

（一）按停运时间分析

非计划停运时间在5小时以内的停运次数63次，5-100小时的52次，100小时以上的停运次数总计7次。

2021年断路器按停运时间分类的非计划停运情况见表3-27。

表3-27 2021年断路器按停运时间分类的非计划停运情况

断路器非计划停运时间（小时）	非停次数（次）
<5	63
5-100	52
≥100	7

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

（二）按部件因素分析

2021年，操作机构、本体其他部件、灭弧部分是引起220千伏及以上断路器非

计划停运次数较多的前三位部件因素，分别引起非计划停运 63 次、19 次和 15 次。操作机构、灭弧部分、辅助部分是引起 220 千伏及以上断路器非计划停运时间较长的前三位部件因素，分别引起非计划停运 804.27 小时、354.48 小时和 205.13 小时。

2021 年各电压等级断路器按部件原因分类的非计划停运情况见表 3-28 至 4-32。

表 3-28 2021 年 220 千伏及以上断路器按部件原因分类的非计划停运情况

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	63	804.27	38.37
灭弧部分	15	354.48	16.91
辅助部分	2	205.13	9.79
本体其他部件	19	179.05	8.54
保护	3	166.93	7.96
引流线	3	164.70	7.86
一次系统	5	128.35	6.12
导电管	1	6.62	0.32
端子箱	1	0.65	0.03
二次回路公用设备	2	0.35	0.02
其他	8	85.75	4.09

表 3-29 2021 年 220 千伏断路器按部件分类的非计划停运情况

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	45	349.45	51.63
灭弧部分	8	122.38	18.08
本体其他部件	13	88.83	13.12
一次系统	3	29.40	4.34
继电保护	2	22.80	3.37
其他	6	64.02	9.46

表 3-30 2021 年 330 千伏断路器按部件分类的非计划停运情况

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	1	10.50	52.11
导电管	1	6.62	32.84

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 (%)
引流线	2	2.20	10.92
本体其他部件	1	0.83	4.14

表 3-31 2021 年 500 千伏断路器按部件分类的非计划停运情况

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	400.55	30.73
辅助部分	2	205.13	15.74
灭弧部分	6	184.10	14.12
引流线	1	162.50	12.47
继电保护	1	144.13	11.06
一次系统	2	98.95	7.59
本体其他部件	4	85.45	6.56
端子箱	1	0.65	0.05
二次回路公用设备	1	0.33	0.03
其他	2	21.73	1.67

表 3-32 2021 年 750 千伏断路器按部件分类的非计划停运情况

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 (%)
灭弧部分	1	48.00	50.15
操作机构	6	43.77	45.73
本体其他部件	1	3.93	4.11
二次回路公用设备	1	0.02	0.02

(三) 按责任因素分析

2021 年，产品质量不良、气候因素、自然灾害是造成 220 千伏及以上断路器非计划停运次数较多的前三位责任原因，分别造成非计划停运 48 次、34 次和 10 次。产品质量不良、自然灾害、气候因素是造成 220 千伏及以上断路器非计划停运时间较长的前三位责任原因，分别造成非计划停运 1435.33 小时、183.52 小时和 122.05 小时。

2021 年各电压等级断路器按责任原因分类的非计划停运情况见表 3-33 至 4-37。

表 3-33 2021 年 220 千伏及以上断路器按责任原因分类的非计划停运情况

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	48	1435.33	68.47
自然灾害	10	183.52	8.75
气候因素	34	122.05	5.82
施工安装不良	5	116.73	5.57
设备老化	3	82.17	3.92
规划、设计不周	3	72.40	3.45
外力损坏	9	14.87	0.71
检修质量不良	1	14.12	0.67
电力系统影响	1	7.25	0.35
调整试验不当	1	3.77	0.18
运行不当	1	0.55	0.03
待查	6	43.53	2.08

表 3-34 2021 年 220 千伏断路器按责任原因分类的非计划停运情况

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	23	422.38	62.40
气候因素	25	81.32	12.01
规划、设计不周	3	72.40	10.70
施工安装不良	4	45.78	6.76
检修质量不良	1	14.12	2.09
外力损坏	8	8.25	1.22
设备老化	2	7.32	1.08
电力系统影响	1	7.25	1.07
调整试验不当	1	3.77	0.56
自然灾害	4	1.68	0.25
运行不当	1	0.55	0.08
待查	4	12.07	1.78

表 3-35 2021 年 330 千伏断路器按责任原因分类的非计划停运情况

非计划停运原因	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
产品质量不良	1	10.50	52.11
外力损坏	1	6.62	32.84
自然灾害	2	2.20	10.92
气候因素	1	0.83	4.14

表 3-36 2021 年 500 千伏断路器按责任原因分类的非计划停运情况

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	18	916.33	70.30
自然灾害	4	179.63	13.78
设备老化	1	74.85	5.74
施工安装不良	1	70.95	5.44
气候因素	5	30.30	2.32
待查	2	31.47	2.41

表 3-37 2021 年 750 千伏断路器按责任原因分类的非计划停运情况

非计划停运原因	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
产品质量不良	6	86.12	89.97
气候因素	3	9.60	10.03

(四) 按制造厂家分析

断路器按制造厂家分类的可靠性指标情况见表 3-38 至表 3-43。

表 3-38 2021 年 220 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运 率 (次/ 百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台 年)	占该厂非停 总时间比例 (%)	强迫停运 率 (次/百 台年)
马格林尼 (MAG)	32	100	0	0	0	0
湖南长高高压开关集团股份有限公司	28	100	0	0	0	0
梅兰日兰 (MG)	27	100	0	0	0	0
瑞典 ABB 公司	23	100	0	0	0	0

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
北京宏达日新电机有限公司	22	100	0	0	0	0
SE 公司	16	100	0	0	0	0
明电舍 (郑州) 电气工程有限公司	14	100	0	0	0	0
辽宁易发式电气设备有限公司	14	100	0	0	0	0
抚顺高岳开关有限公司	12	100	0	0	0	0
ABB 意大利公司	11	100	0	0	0	0
徐州三原电力测控有限公司	11	100	0	0	0	0
山东电力设备有限公司	11	100	0	0	0	0
日新 (NIS) 公司	16	99.999	0	0	0	0
洛阳中重设备有限公司	32	99.998	0	0	0	0
河北电力设备厂	20	99.998	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	28	99.976	0	0	0	0
厦门 ABB 开关有限公司	18	99.968	0	0	0	0
河南平高东芝高压开关有限责任公司	64	99.954	0	0	0	0
北京北开电气股份有限公司 (北京开关厂)	17	99.951	0	0	0	0
江苏省如高高压电器有限公司	1169	99.944	0.271	0.021	93.055	0
上海西门子高压开关有限公司	107	99.944	0	0	0	0
山东泰开高压开关有限公司	1660	99.942	0.184	0	0	0
维奥输配电 (广州) 有限公司	60	99.939	0	0	0	0
(BRUSH) 电气机械公司	60	99.936	0	0	0	0
北京北开电气股份有限公司	72	99.931	0	0	0	0
上海思源高压开关有限公司	126	99.931	0	0	0	0
上海第三开关制造有限公司	24	99.929	0	0	0	0
云南云开电气股份有限公司	63	99.920	0	0	0	0
阿海珙输配电隔离开关 (无锡) 有限公司	80	99.918	0	0	0	0
西安西电高压开关有限责任公司	3874	99.916	0.129	0.044	94.804	0.052
大连华夏泰克电气集团有限公司	195	99.911	0	0	0	0
日本电气股份有限公司 (NEC)	12	99.908	0	0	0	0
苏州阿尔斯通有限责任公司	1594	99.899	0.063	0.008	49.137	0

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
苏州开关厂	244	99.899	0	0	0	0
法国阿海珐 (AREAVA) 公司	317	99.897	0	0	0	0
通用电气公司 (GE)	34	99.891	0	0	0	0
苏州阿海珐高压电气开关有限公司	1890	99.890	0.211	0	0	0
阿尔斯通公司	410	99.876	0.242	0	0	0
北京 ABB 高压开关设备有限公司	9280	99.875	0.108	0.012	46.623	0.054
勃朗. 鲍威利 (BBC)	17	99.866	0	0	0	0
上海华通开关厂有限公司 (上海华通开关厂)	50	99.865	0	0	0	0
西门子 (杭州) 高压开关有限公司	6802	99.859	0.236	0.003	55.435	0.029
ABB 瑞士公司	202	99.859	0	0	0	0
ABB 公司	28	99.856	0	0	0	0
西门子 (SIEMENS) 公司	3453	99.836	0.029	0	0	0
通用电气 (AGE) 公司	12	99.827	0	0	0	0
河南平高电气股份有限公司	6100	99.824	0.246	0.019	66.520	0.069
新东北电气 (沈阳) 高压开关有限公司	752	99.819	0	0	0	0
宁波慈溪电器开关总厂	75	99.805	0	0	0	0
三菱 (MITSUBISHI) 公司	114	99.774	0	0	0	0
ABB 德国公司	101	99.758	0	0	0	0
GEC-阿尔斯通公司	158	99.614	0	0	0	0
通用电气 (GEC) 阿尔斯通 (ALSTHOM) 公司	40	99.450	0	0	0	0
烟台东源开关设备制造有限公司	32	99.355	0	0	0	0

表 3-39 2021 年 330 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
河南平高东芝高压开关有限责任公司	50	100	0	0	0	0
ABB 瑞士公司	31	100	0	0	0	0

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
上海思源高压开关有限公司	17	100	0	0	0	0
新东北电气 (沈阳) 高压开关有限公司	17	100	0	0	0	0
西电陕西陕开电器集团有限公司	13	100	0	0	0	0
阿尔斯通公司	42	99.977	0	0	0	0
苏州开关厂	50	99.962	0	0	0	0
苏州阿海珐高压电气开关有限公司	51	99.956	0	0	0	0
北京 ABB 高压开关设备有限公司	320	99.954	0	0	0	0
西安西电高压开关有限责任公司	879	99.930	0.114	0.012	92.647	0
西门子 (SIEMENS) 公司	43	99.880	2.326	0	0	0
河南平高电气股份有限公司	348	99.876	0	0	0	0
苏州阿尔斯通有限责任公司	104	99.872	0	0	0	0
西门子 (杭州) 高压开关有限公司	138	99.804	0	0	0	0
法国阿海珐 (AREAVA) 公司	45	99.622	0	0	0	0
GEC-阿尔斯通公司	11	99.486	0	0	0	0

表 3-40 2021 年 500 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
通用电气 (GEC) 阿尔斯通 (ALSTHOM) 公司	28	100	0	0	0	0
三菱东芝	22	100	0	0	0	0
韩国现代	18	100	0	0	0	0
(BRUSH) 电气机械公司	17	100	0	0	0	0
西安三菱电机开关设备有限公司	15	100	0	0	0	0
上海西门子高压开关有限公司	39	99.999	0	0	0	0
瑞典 ABB 公司	43	99.990	0	0	0	0
维奥输配电 (广州) 有限公司	26	99.990	0	0	0	0
阿海珐输配电隔离开关 (无锡) 有限公司	16	99.911	0	0	0	0

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
山东泰开高压开关有限公司	112	99.896	0	0	0	0
GEC-阿尔斯通公司	28	99.888	0	0	0	0
新东北电气(沈阳)高压开关有限公司	329	99.867	0	0	0	0
河南平高东芝高压开关有限责任公司	141	99.844	0	0	0	0
苏州阿尔斯通有限责任公司	308	99.842	0	0	0	0
阿尔斯通公司	187	99.840	0.535	0	0	0
三菱(MHISUBISHI)公司	165	99.778	0	0	0	0
西门子(杭州)高压开关有限公司	1090	99.769	0.092	0.378	100	0.092
西门子(SIEMENS)公司	649	99.758	0	0	0	0
上海思源高压开关有限公司	33	99.741	3.030	0.823	100	3.030
西安西电高压开关有限责任公司	988	99.719	0.713	0.042	24.922	0.204
梅兰日兰(MG)	24	99.706	0	0	0	0
河南平高电气股份有限公司	607	99.695	0.167	0.027	40.415	0
北京ABB高压开关设备有限公司	2327	99.687	0.302	0.099	95.638	0.302
法国阿海珐(AREAVA)公司	156	99.673	0	0	0	0
ABB瑞士公司	196	99.666	0	1.043	100	0
江苏省如高高压电器有限公司	11	99.568	0	0	0	0
ABB德国公司	18	99.498	0	0	0	0
苏州开关厂	49	99.416	0	0	0	0
苏州阿海珐高压电气开关有限公司	365	99.400	0	0	0	0
大连华夏泰克电气集团有限公司	18	99.092	0	0	0	0
东芝(TOSHIBA)公司	17	98.378	0	0	0	0

表 3-41 2021 年 750 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
北京 ABB 高压开关设备有限公司	135	99.541	1.690	0.497	100	1.690
河南平高电气股份有限公司	195	99.483	0.526	0.142	100	0.526

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
新东北电气(沈阳)高压开关有限公司	84	99.399	4.853	0.004	3.035	2.427
西安西电高压开关有限责任公司	162	99.108	0.668	0	0	0
山东泰开高压开关有限公司	32	98.747	0	0	0	0

表 3-42 2021 年 800 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计台数 (台)	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
西门子 (SIEMENS) 公司	25	100	0	0	0	0
河南平高电气股份有限公司	6	100	0	0	0	0

表 3-43 2021 年 1000 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
瑞典 ABB 公司	16	99.646	0	0	0	0
河南平高电气股份有限公司	17	99.220	0	0	0	0

第五节 架空线路运行可靠性

一、2017-2021 年指标对比

2021 年, 架空线路的统计数量较 2017 年增加 1627.731 百千米年, 五年年均增长率 5.65%, 同比增加 139.393 百千米年。架空线路可用系数近 5 年保持在较高水平, 近 3 年逐年提高, 2021 年架空线路可用系数较 2017 年下降 0.032 个百分点, 同比上升 0.004 个百分点。架空线路强迫停运率近五年稳中有降, 受导线、绝缘子等零部件及自然灾害下降的影响, 2021 年架空线路强迫停运率较 2017 年下降 0.009 次/百千米年, 同比下降 0.009 次/百千米年。

2017-2021 年架空线路主要可靠性指标及对比见图 3-13 至图 3-15。

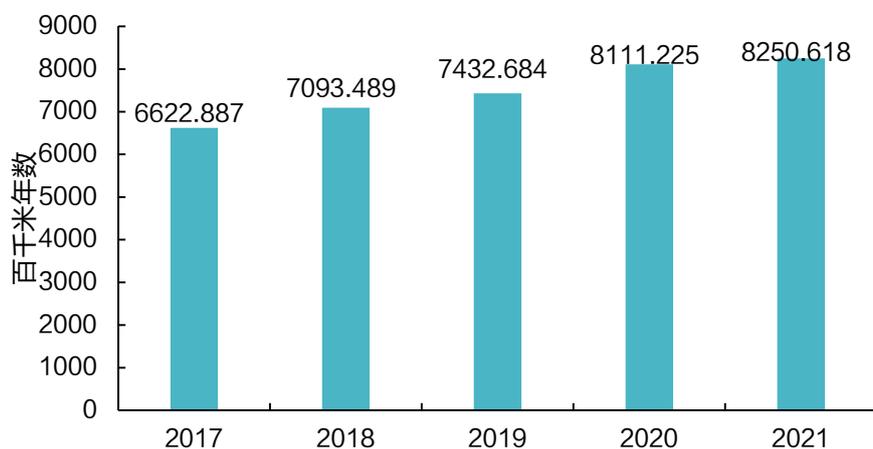


图 3-13 2017-2021 年架空线路统计百千米年数对比

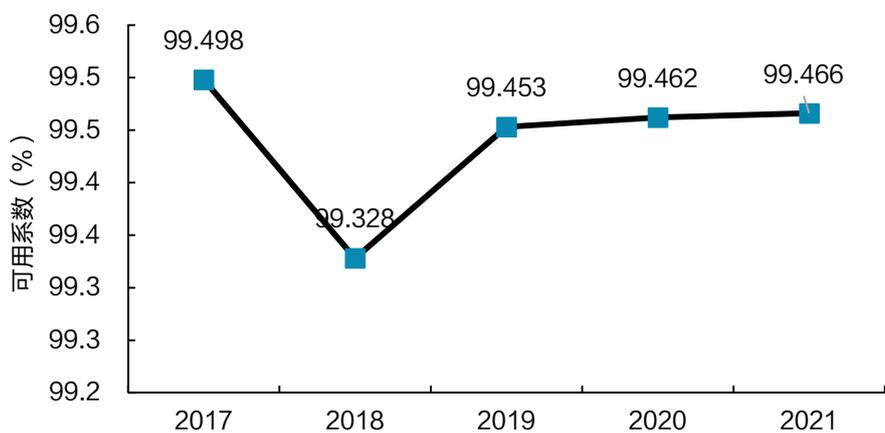


图 3-14 2017-2021 年架空线路可用系数对比

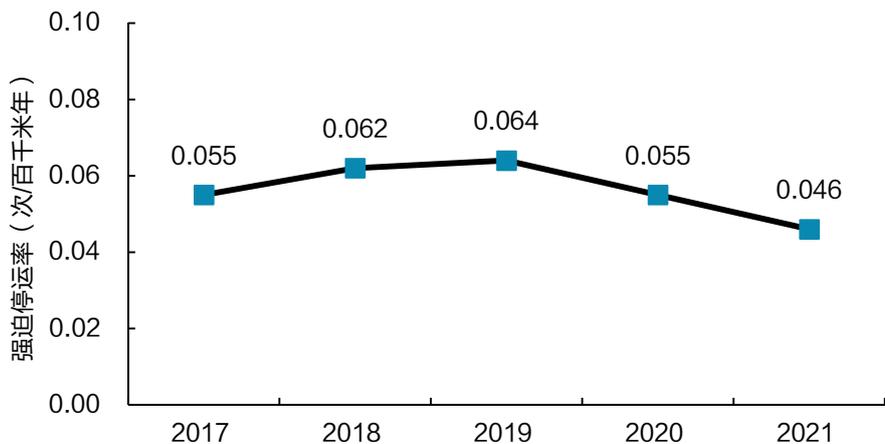


图 3-15 2017-2021 年架空线路强迫停运率对比

二、按运行单位分析

2021年，电网侧三家集团公司国家电网有限公司、中国南方电网有限责任公司、内蒙古电力（集团）有限责任公司的架空线路可用系数分别是99.382%、99.767%和99.802%。

2021年各单位架空线路运行可靠性指标见表3-44。

表 3-44 2021 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)
电网侧综合	8189.210	99.463	0.047	0.149	0.573	44.333
国家电网有限公司	6493.155	99.382	0.037	0.159	0.563	50.756
中国南方电网有限责任公司	1421.730	99.767	0.091	0.113	0.481	20.239
内蒙古电力集团公司	274.326	99.802	0.058	0.102	1.301	17.175

三、按投运时间分析

2021年，全国架空线路投运时间在10年以上20年以内的数量最多，为8905条。可用系数较好的是5年以内和20年以上的架空线路，可用系数分别为99.601%和99.599%。非计划停运率较低的是5年以上10年以内和5年以内的架空线路，非计划停运率分别为0.043次/百千米年和0.047次/百千米年。

2021年不同投运时间架空线路可靠性指标情况见表3-45、图3-16和图3-17。

表 3-45 2021 年架空线路按投运时间分类的可靠性指标情况

投运时间	电压等级 (千伏)	统计数量 (条)	可用系数 (%)	计划停运率 (次/百千米年)	非计划停运率 (次/百千米年)
<5	综合	6744	99.601	0.467	0.047
	1000	46	99.128	0.200	0.012
	750	34	97.784	0.077	0
	500	98	99.697	0.172	0
	330	938	99.675	0.334	0.064
	220	297	99.657	0.221	0

投运时间	电压等级 (千伏)	统计数量 (条)	可用系数 (%)	计划停运率 (次/百千米年)	非计划停运率 (次/百千米年)
5—10	综合	6846	99.325	0.582	0.043
	1000	33	98.105	0.317	0
	800	13	96.010	0.053	0.005
	750	46	99.471	0.302	0.013
	500	833	99.335	0.447	0.060
	330	201	99.720	0.324	0
	220	5720	99.825	0.749	0.048
10—20	综合	8905	99.452	0.646	0.059
	1000	2	97.160	0.313	0.156
	800	9	97.206	0.067	0
	750	56	99.618	0.152	0.013
	660	2	98.006	0.075	0
	500	1277	99.226	0.368	0.062
	400	2	100	0	0
	330	313	99.708	0.304	0
	220	7244	99.660	0.908	0.067
≥20	综合	1721	99.599	0.507	0.080
	500	123	99.129	0.207	0.083
	330	33	99.872	0.303	0
	220	1565	99.748	0.616	0.082

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

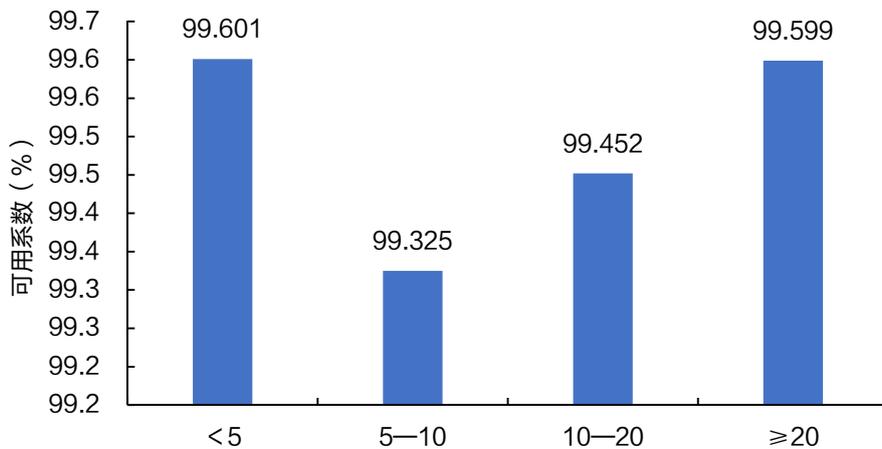


图 3-16 2021 年不同投运时间架空线路可用系数对比

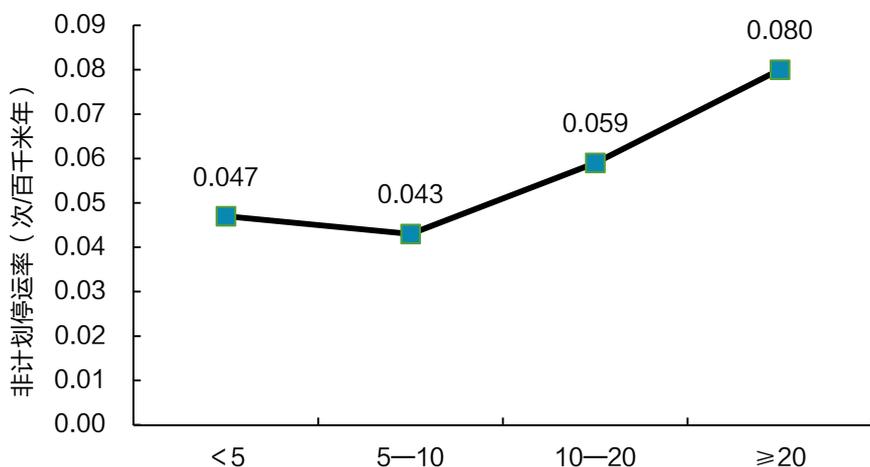


图 3-17 2021 年架空线路不同投运时间非计划停运率对比

四、计划停运、非计划停运影响可用系数比较

2021 年，架空线路可用系数同比上升 0.004 个百分点。计划停运影响可用系数占比为 99.615%，同比上升 1.212 个百分点。非计划停运影响可用系数占比 0.385%，同比下降 1.212 个百分点。

2020、2021 年架空线路计划停运、非计划停运影响可用系数比较见表 3-46。

表 3-46 2020、2021 年架空线路计划停运、非计划停运影响可用系数比较

指标	2021	2020	比较
可用系数%	99.466	99.462	0.004
计划停运影响可用系数占比%	99.615	98.403	0.121
非计划停运影响可用系数占比%	0.385	1.597	-0.121

五、架空线路非计划停运事件分析

2021 年，架空线路共发生非计划停运 436 次，同比减少 54 次。其中 220 千伏有 285 次，同比减少 40 次；500 千伏有 146 次，同比减少 9 次；750 千伏有 2 次，同比减少 2 次；800 千伏有 1 次，同比增加 1 次；1000 千伏有 2 次，同比增加 1 次。330 千伏、400 千伏、660 千伏架空线路 2021 年均未发生非计划停运事件。2021 年累计非计划停运 0.170 小时/百千米年，同比减少 0.528 小时/百千米年。

（一）按停运时间分析

非计划停运时间在 5 小时以内的停运次数 348 次,5-100 小时的停运次数 80 次,100 小时以上的停运次数总计 8 次。

2021 年架空线路按停运时间分类的非计划停运情况见表 3-47。

表 3-47 2021 年架空线路按停运时间分类的非计划停运情况

变压器非计划停运时间	非计划停运次数
<1	227
1—5	121
5-100	80
100-200	4
≥200	4

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

（二）按部件因素分析

2021 年，导线、绝缘子、金具是引起 220 千伏及以上架空线路非计划停运次数较多的前三位部件因素，分别引起非计划停运 327 次、45 次和 18 次。导线、绝缘子、铁塔是引起 220 千伏及以上架空线路非计划停运时间较长的前三位部件因素，分别引起非计划停运 1422.75 小时、683.52 小时和 644.18 小时。

2021 年架空线路按部件分类的非计划停运情况见表 3-48 至表 3-53。

表 3-48 2021 年 220 千伏及以上架空线路按部件分类的非计划停运情况

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	327	1422.75	45.53
绝缘子	45	683.52	21.87
金具	18	49.42	1.58
架空地线	16	201.80	6.46
一次系统	13	42.77	1.37
铁塔	8	644.18	20.61
木杆	4	25.15	0.80
继电保护	2	1.68	0.05

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 (%)
砼杆	1	47.87	1.53
接地装置	1	5.05	0.16
ADSS 光缆	1	0.92	0.03

表 3-49 2021 年 220 千伏架空线路按部件分类的非计划停运情况

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	206	1018.22	49.19
绝缘子	36	92.33	4.46
金具	14	33.65	1.63
架空地线	10	179.77	8.69
一次系统	8	41.02	1.98
铁塔	6	643.12	31.07
砼杆	1	47.87	2.31
木杆	1	6.22	0.30
接地装置	1	5.05	0.24
继电保护	1	1.62	0.08
ADSS 光缆	1	0.92	0.04

表 3-50 2021 年 500 千伏架空线路按部件分类的非计划停运情况

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	117	395.53	37.80
绝缘子	9	591.18	56.50
架空地线	6	22.03	2.11
一次系统	5	1.75	0.17
金具	4	15.77	1.51
木杆	3	18.93	1.81
铁塔	1	1.00	0.10
继电保护	1	0.07	0.01

表 3-51 2021 年 750 千伏架空线路按部件分类的非计划停运情况

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	1	1.02	98.39
铁塔	1	0.02	1.61

表 3-52 2021 年 800 千伏架空线路按部件分类的非计划停运情况

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	1	0.02	100

表 3-53 2021 年 1000 千伏架空线路按部件分类的非计划停运情况

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	7.97	100

(三) 按责任因素分析

2021 年，自然灾害、气候因素、外力损坏是造成 220 千伏及以上架空线路非计划停运次数较多的前三位责任原因，分别造成非计划停运 134 次、125 次和 97 次。自然灾害、气候因素、外力损坏是造成 220 千伏及以上架空线路非计划停运时间较长的前三位责任原因，分别造成非计划停运 1607.33 小时、677.43 小时和 369.42 小时。

2021 年架空线路按责任原因分类的非计划停运情况见表 3-54 至表 3-59。

表 3-54 2021 年 220 千伏及以上架空线路按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	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	134	1607.33	51.43
气候因素	125	677.43	21.68
外力损坏	97	369.42	11.82
产品质量不良	16	60.08	1.92
动物事故	16	10.68	0.34
规划、设计不周	14	32.08	1.03
施工安装不良	14	129.67	4.15

责任原因	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	6	68.07	2.18
运行不当	5	9.57	0.31
检修质量不良	4	7.13	0.23
电力系统影响	3	119.85	3.84
待查	2	33.78	1.08

表 3-55 2021 年 220 千伏架空线路按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	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	87	404.38	19.54
自然灾害	74	964.60	46.60
外力损坏	71	318.55	15.39
动物事故	13	10.20	0.49
施工安装不良	11	85.80	4.15
产品质量不良	10	43.35	2.09
设备老化	6	68.07	3.29
运行不当	4	8.57	0.41
电力系统影响	3	119.85	5.79
规划、设计不周	2	6.83	0.33
检修质量不良	2	5.83	0.28
待查	2	33.78	1.63

表 3-56 2021 年 500 千伏架空线路按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	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	57	641.68	61.33
气候因素	37	273.03	26.10
外力损坏	25	42.92	4.10
规划、设计不周	12	25.25	2.41
产品质量不良	6	16.73	1.60
动物事故	3	0.48	0.05
施工安装不良	3	43.87	4.19
检修质量不良	2	1.30	0.12
运行不当	1	1.00	0.10

表 3-57 2021 年 750 千伏架空线路按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	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	1.03	100

表 3-58 2021 年 800 千伏架空线路按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	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	0.02	100

表 3-59 2021 年 1000 千伏架空线路按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
外力损坏	1	7.95	99.79
气候因素	1	0.02	0.21

第四章 2021 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

2021 年，全国纳入可靠性管理的直流输电系统 40 个，包括 15 个点对点超高压直流输电系统、1 个三端超高压直流输电系统、17 个点对点特高压直流输电系统、1 个三端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 199624 兆瓦，同比增加 24000 兆瓦。线路总长度达到 47432 千米，同比增加 4385 千米。

2021 年纳入可靠性管理的直流输电系统基本情况见表 4-1。

表 4-1 2021 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
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	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	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	941	国家 电网
5	禄高肇直流 输电系统	极 I 极 II	2004-9-24 (高肇) 2020-6-30 (三端)	±500	1500 1500	386+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	1049	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	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	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
10	银东直流 输电系统	极 I 极 II	2011-3-25 2011-3-25	±660	2000 2000	1334	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	国家 电网
12	柴拉直流 输电系统	极 I 极 II	2012-6-10 2012-6-10	±400	300 300	1034	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	1225	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	1225	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	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
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	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	2058	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	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

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
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	1958	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
31	昆柳龙直流 输电系统	极 I 极 II	2020-8-30 (昆龙) 2020-12-27 (三端)	±800	8000	1489	南方 电网
32	青豫直流 输电系统	极 I 极 II	2019-12-31	±800	4000 4000	1563	国家 电网
33	雅湖直流 输电系统	极 I 极 II	2021-06-21	±800	4000 4000	1696	国家 电网
34	陕武直流 输电系统	极 I 极 II	2021-12-21 双极高端投运	±800	4000 4000	1126	国家 电网
背靠背直流输电系统							
35	灵宝背靠 背换流站	单元 I 单元 II	2005-7-1 2009-12-15	120 167	360 750	0	国家 电网
36	高岭背靠 背换流站	单元 I 单元 II 单元 III 单元 IV	2008-11-1 2008-11-1 2012-11-13 2012-11-13	±125	750 750 750 750	0	国家 电网
37	黑河背靠 背换流站	单元 I	2012-1-7	±125	750	0	国家 电网
38	鲁西背 靠背换流站	单元 I 单元 II 单元 III	2016-6-30 2016-8-29 2017-6-30	±160 ±350 ±160	1000 1000 1000	0	南方 电网
39	宜昌柔性直流 背靠背换流站 (渝鄂直流北通道)	单元 I 单元 II	2019-6-1 2019-6-1	±400	1250 1250	0	国家 电网
40	施州柔性直流 背靠背换流站 (渝鄂直流南通道)	单元 I 单元 II	2019-6-1 2019-6-1	±400	1250 1250	0	国家 电网

第二节 可靠性指标总体情况

2021年,全国直流输电系统运行情况平稳,38个系统³合计能量可用率⁴96.461%,同比上升0.766个百分点;合计能量利用率44.65%,同比下降2.70个百分点;总计强迫停运20次,同比减少4次。

2020年、2021年全国纳入可靠性统计的直流输电系统可靠性指标见表4-2。

表4-2 2020年、2021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
		超高压系统	特高压系统	背靠背系统	
系统数量(个)	2020年	15	14	6	35
	2021年	16	16	6	38
额定输送容量 (兆瓦)	2020年	41164	110600	12860	164624
	2021年	44164	126600	12860	183624
能量可用率 (%)	2020年	96.837	95.344	95.067	95.695
	2021年	97.026	96.274	96.356	96.461
强迫停运次数 (次)	2020年	12	8	4	24
	2021年	7	10	3	20
强迫能量不可用率 (%)	2020年	0.057	0.020	0.097	0.035
	2021年	0.016	0.052	0.107	0.047
计划能量不可用率 (%)	2020年	3.106	4.636	4.836	4.269
	2021年	2.958	3.673	3.537	3.492
总输送电量 (亿千瓦时)	2020年	2056.34	4337.35	453.95	6847.65
	2021年	2006.08	4735.00	441.69	7182.77
能量利用率 (%)	2020年	56.87	44.65	40.19	47.35
	2021年	51.85	42.70	39.21	44.65

³ 2021年新投运特高压直流系统(雅湖直流、陕武直流),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。

⁴ 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。

一、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

2021年,纳入可靠性统计的16个超高压直流输电系统合计能量可用率97.026%,同比上升0.189个百分点;强迫能量不可用率0.016%,同比下降0.041个百分点,计划能量不可用率2.958%,同比下降0.148个百分点;强迫停运次数7次,同比减少5次。其中,龙政系统能量可用率最高,为99.988%;高肇系统最低,为93.280%。葛南、天广、江城、兴安、德宝、伊穆、银东、林枫、牛从乙、金中、永富系统的强迫能量不可用率最低,为0%;宜华系统最高,为0.097%。龙政系统的计划能量不可用率最低,为0%;高肇系统最高,为6.671%。

与2020年相比,江城、牛从甲、永富、宜华、林枫、葛南、德宝、伊穆、牛从乙、金中、龙政系统的能量可用率分别上升0.069、0.109、0.247、0.297、0.382、0.452、1.299、1.782、2.481、2.484、2.969个百分点;兴安、柴拉、银东、天广系统分别下降4.069、2.163、0.953、0.869个百分点。

2021年,16个超高压直流输电系统全年未发生双极强迫停运,同比降低1次,发生单极强迫停运7次,同比减少4次。其中葛南、天广、江城、兴安、德宝、伊穆、银东、林枫、牛从乙、金中、永富11个系统全年未发生强迫停运。

2021年超高压直流输电系统主要可靠性指标见表4-3。

表4-3 2021年超高压直流输电系统主要可靠性指标

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 (次)	时间 (小时)	次数 (次)	时间 (小时)
葛南	96.204	0	3.796	0	0	0	0
天广	96.709	0	3.291	0	0	0	0
龙政	99.988	0.012	0	1	2.08	0	0
江城	97.090	0	2.910	0	0	0	0
禄高肇	93.280	0.049	6.671	2	8.55	0	0
宜华	97.501	0.097	2.402	2	16.97	0	0
兴安	95.123	0	4.877	0	0	0	0
德宝	96.795	0	3.205	0	0	0	0
伊穆	98.444	0	1.556	0	0	0	0

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 (次)	时间 (小时)	次数 (次)	时间 (小时)
银东	97.731	0	2.269	0	0	0	0
林枫	97.508	0	2.492	0	0	0	0
柴拉	93.469	0.031	6.500	1	5.37	0	0
牛从甲	96.834	0.067	3.099	1	11.78	0	0
牛从乙	96.901	0	3.099	0	0	0	0
金中	98.936	0	1.064	0	0	0	0
永富	96.080	0	3.920	0	0	0	0
合计	97.026	0.016	2.958	7	44.75	0	0

(二) 能量输送情况

2021年, 16个超高压直流输电系统总输送电量2006.09亿千瓦时, 同比减少了50.25亿千瓦时; 能量利用率为51.71%, 同比下降了5.16个百分点。其中银东系统能量利用率最高, 达到81.98%, 天广系统能量利用率最低, 为35.49%。

与2020年相比, 龙政、伊穆、柴拉系统的能量利用率分别上升4.48、5.15、7.15个百分点; 兴安、牛从甲、永富、金中、宜华、江城、银东、葛南、林枫、德宝、天广、牛从乙系统分别下降13.69、10.26、7.75、7.21、6.49、6.35、5.70、5.49、4.49、4.03、3.40、0.49个百分点。

2021年超高压直流输电系统能量输送情况见表4-4。

表4-4 2021年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	53.70	52.52
天广	1800	56.12	35.49
龙政	3000	121.64	46.16
江城	3000	153.02	58.07
禄高肇	3000	114.87	43.59
宜华	3000	106.23	40.31
兴安	3000	182.72	69.34
德宝	3000	170.56	64.72
伊穆	3000	117.36	44.54

系统	额定输送容量（兆瓦）	总输送电量（亿千瓦时）	能量利用率（%）
银东	4000	288.05	81.98
林枫	3000	104.72	39.74
柴拉	600	25.56	48.50
牛从甲	3200	135.00	48.03
牛从乙	3200	150.14	53.41
金中	3200	127.00	45.18
永富	3000	99.41	37.72
合计	44164	2006.09	51.71

（三）换流站可靠性指标

2021年，龙泉、政平站的能量可用率最高，为100%。肇庆站的能量可用率最低，为93.376%，其计划能量不可用率最高，为6.624%。宜都站强迫能量不可用率最高，为0.08%。

2021年超高压直流输电系统的换流站发生强迫停运3次，均为单极强迫停运，同比减少2次。

2021年超高压直流输电系统换流站指标见表4-5。

表4-5 2021年超高压直流输电系统换流站指标

换流站	能量可用率（%）	强迫能量不可用率（%）	计划能量不可用率（%）	强迫停运次数		
				单极	双极	合计
葛洲坝换流站	97.951	0	2.049	0	0	0
南桥换流站	97.617	0	2.383	0	0	0
天生桥换流站	96.931	0	3.069	0	0	0
广州换流站	96.709	0	3.291	0	0	0
龙泉换流站	100	0	0	0	0	0
政平换流站	100	0	0	0	0	0
江陵换流站	97.339	0	2.661	0	0	0
鹅城换流站	97.090	0	2.910	0	0	0
禄劝换流站	93.609	0	6.391	0	0	0
高坡换流站	93.516	0.047	6.438	1	0	1
肇庆换流站	93.376	0	6.624	0	0	0
宜都换流站	97.528	0.080	2.392	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
华新换流站	97.598	0	2.402	1	0	1
兴仁换流站	95.245	0	4.755	0	0	0
宝安换流站	95.787	0	4.213	0	0	0
德阳换流站	96.841	0	3.159	0	0	0
宝鸡换流站	97.838	0	2.162	0	0	0
伊敏换流站	98.444	0	1.556	0	0	0
穆家换流站	98.499	0	1.501	0	0	0
银东换流站	98.023	0	1.977	0	0	0
胶东换流站	97.731	0	2.269	0	0	0
团林换流站	97.515	0	2.485	0	0	0
枫泾换流站	97.773	0	2.227	0	0	0
柴达木换流站	95.654	0	4.346	0	0	0
拉萨换流站	93.763	0	6.237	0	0	0
从西换流站（甲）	96.834	0.067	3.099	1	0	1
牛寨换流站（甲）	96.901	0	3.099	0	0	0
从西换流站（乙）	96.901	0	3.099	0	0	0
牛寨换流站（乙）	96.901	0	3.099	0	0	0
金官换流站	98.936	0	1.064	0	0	0
桂中换流站	98.936	0	1.064	0	0	0
永仁换流站	96.080	0	3.920	0	0	0
富宁换流站	96.170	0	3.830	0	0	0
合计强迫停运次数				3	0	3

二、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

2021年，纳入可靠性统计的16个特高压直流输电系统合计能量可用率96.274%，同比上升0.930个百分点；强迫能量不可用率0.052%，同比上升0.032个百分点；计划能量不可用率3.673%，同比下降0.963个百分点；全年共发生强迫停运5次，同比上升3次，其中单极强迫停运4次，双极强迫停运1次。其中，普侨系统的能量可用率最高，为98.272%；复奉系统最低，为91.147%。锦苏、天中、宾金、灵绍、

雁淮、昭沂、吉泉、青豫系统的强迫能量不可用率最低，为 0%；祁韶系统最高，为 0.466%。普侨系统的计划能量不可用率最低，为 1.700%；复奉系统最高，为 8.763%。

与 2020 年相比，雁淮、锡泰、鲁固、祁韶、灵绍、锦苏、普侨、昭沂、天中、吉泉系统的能量可用率分别上升 0.222、0.847、1.04、1.294、1.306、1.340、2.537、3.579、3.952、5.919 个百分点；复奉、宾金、楚穗、新东系统分别下降 4.015、2.133、1.918、0.007 个百分点。

2021 年，15 个特高压直流输电系统未发生双极强迫停运，新东系统发生 1 次双极强迫停运事件；12 个特高压直流输电系统未发生单极强迫停运，普侨、祁韶、锡泰、昆柳龙系统各发生 1 次单极强迫停运事件。

2021 年特高压直流输电系统主要可靠性指标见表 4-6。

表 4-6 2021 年特高压直流输电系统主要可靠性指标

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	95.981	0.065	3.955	0	0	0	0
复奉	91.147	0.090	8.763	0	0	0	0
锦苏	96.579	0	3.421	0	0	0	0
天中	97.544	0	2.456	0	0	0	0
宾金	94.042	0	5.958	0	0	0	0
普侨	98.272	0.028	1.700	1	4.90	0	0
灵绍	97.476	0	2.524	0	0	0	0
祁韶	96.908	0.466	2.626	1	81.62	0	0
雁淮	97.170	0	2.830	0	0	0	0
鲁固	97.110	0.049	2.840	0	0.	0	0
锡泰	97.769	0.050	2.182	1	5.80	0	0
新东	95.906	0.006	4.088	0	0	1	0.52
昭沂	98.065	0	1.935	0	0	0	0
吉泉	97.566	0	2.434	0	0	0	0
昆柳龙	94.883	0.103	5.015	1	17.96	0	0
青豫	91.804	0	8.196	0	0	0	0
合计	96.274	0.052	3.673	4	110.28	1	0.52

（二）能量输送情况

2021年，纳入可靠性统计的特高压直流输电系统有16个，同比增加2个；总输送电量4735亿千瓦时，同比增加397.65亿千瓦时；能量利用率42.70%，同比下降1.95个百分点；其中灵绍系统能量利用率最高，为71.94%，锡泰系统能量利用率最低，为21.22%。

与2020年相比，灵绍、锡泰、昭沂、雁淮、天中、祁韶、吉泉系统的能量利用率分别上升1.03、1.73、3.79、3.91、5.51、6.84、10.68个百分点；楚穗、宾金、普侨、鲁固、复奉、新东、锦苏系统分别下降9.29、8.34、8.21、7.38、4.11、3.82、1.79个百分点。

2021年特高压直流输电系统能量输送情况见表4-7。

表4-7 2021年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	217.61	49.68
复奉	6400	282.99	50.48
锦苏	7200	361.94	57.38
天中	8000	446.08	63.65
宾金	8000	271.51	38.74
普侨	5000	156.22	35.67
灵绍	8000	504.14	71.94
祁韶	8000	271.92	38.80
雁淮	8000	285.74	40.77
鲁固	10000	265.34	30.29
锡泰	10000	185.85	21.22
新东	5000	237.86	54.31
昭沂	10000	318.57	36.37
吉泉	12000	550.66	52.38
昆柳龙	8000	227.12	32.41
青豫	8000	151.43	21.61
合计	126600	4735.00	42.70

(三) 各换流站可靠性指标

2021年，侨乡站的能量可用率最高，为98.347%；复龙站的能量可用率最低，为91.168%；柳州站的强迫能量不可用率最高，为0.273%；复龙站的计划能量不可用率最高，为8.742%；侨乡站计划能量不可用率最低，为1.653%。

2021年，特高压直流输电系统的换流站均未发生双极强迫停运；锡盟站、柳州站各发生1次单极强迫停运；穗东站、广固站、锡盟站各发生1次阀组强迫停运，复龙站发生2次阀组强迫停运。

2021年特高压直流输电系统换流站指标见表4-8。

表4-8 2021年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			
				阀组	单极	双极	合计
楚雄换流站	96.120	0	3.880	0	0	0	0
穗东换流站	97.556	0.065	2.379	1	0	0	1
复龙换流站	91.168	0.090	8.742	2	0	0	2
奉贤换流站	96.440	0	3.560	0	0	0	0
锦屏换流站	97.521	0	2.479	0	0	0	0
苏州换流站	96.657	0	3.343	0	0	0	0
天山换流站	97.595	0	2.405	0	0	0	0
中州换流站	97.544	0	2.456	0	0	0	0
宜宾换流站	98.130	0	1.870	0	0	0	0
金华换流站	98.156	0	1.844	0	0	0	0
普洱换流站	98.325	0	1.675	0	0	0	0
侨乡换流站	98.347	0	1.653	0	0	0	0
灵州换流站	97.476	0	2.524	0	0	0	0
绍兴换流站	98.181	0	1.819	0	0	0	0
祁连换流站	97.518	0	2.482	0	0	0	0
韶山换流站	97.374	0	2.626	0	0	0	0
雁门关换流站	97.361	0	2.639	0	0	0	0
淮安换流站	97.170	0	2.830	0	0	0	0
扎鲁特换流站	97.849	0	2.151	0	0	0	0
广固换流站	97.110	0.049	2.840	1	0	0	1

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			
				阀组	单极	双极	合计
锡盟换流站	97.769	0.050	2.182	1	1	0	2
泰州换流站	98.174	0	1.826	0	0	0	0
新松换流站	96.303	0	3.697	0	0	0	0
东方换流站	95.955	0	4.045	0	0	0	0
伊克昭换流站	98.093	0	1.907	0	0	0	0
沂南换流站	98.208	0	1.792	0	0	0	0
昌吉换流站	98.088	0	1.912	0	0	0	0
古泉换流站	97.599	0	2.401	0	0	0	0
昆北换流站	95.409	0	4.591	0	0	0	0
柳州换流站	94.474	0.273	5.253	0	1	0	1
龙门换流站	95.168	0	4.832	0	0	0	0
青南换流站	91.853	0	8.147	-	-	0	0
豫南换流站	95.583	0	4.417	-	-	0	0
合计强迫停运次数				5	2	0	7

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

2021年,纳入可靠性统计的6个背靠背直流输电系统合计能量可用率96.356%,同比上升1.288个百分点;强迫能量不可用率0.107%,同比上升0.011个百分点;计划能量不可用率3.537%,同比下降1.299个百分点。全年共发生单元强迫停运3次,同比减少1次。其中,黑河系统的能量可用率最高,为97.354%;灵宝系统最低,为95.368%。灵宝、高岭、黑河和施州系统的强迫能量不可用率最低,为0%;宜昌系统最高,为0.328%。黑河系统的计划能量不可用率最低,为2.646%;灵宝系统最高,为4.632%。

与2020年相比,鲁西、宜昌、施州系统的能量可用率分别上升1.189、2.196、4.209个百分点;灵宝、高岭、黑河系统分别下降1.146、0.561、0.075个百分点。

2021年,6个背靠背直流输电系统共发生3次单元强迫停运。其中,鲁西系统发生2次,宜昌系统发生1次。

2021年背靠背直流输电系统主要可靠性指标见表4-9。

表 4-9 2021 年背靠背直流输电系统主要可靠性指标

系统	能量可用率 (%)	强迫能量不可用率 (%)	计划能量不可用率 (%)	单元强迫停运	
				次数	小时
灵宝	95.368	0	4.632	0	0
高岭	96.793	0	3.207	0	0
黑河	97.354	0	2.646	0	0
鲁西	96.073	0.187	3.740	2	49.18
宜昌	96.462	0.328	3.210	1	57.47
施州	96.202	0	3.798	0	0
合计	96.356	0.107	3.537	3	106.65

(二) 能量输送情况

2021 年，纳入可靠性统计的 6 个背靠背直流输电系统总输送电量 441.691 亿千瓦时，同比减少 12.269 亿千瓦时；能量利用率 39.10%，同比下降 1.089 个百分点。其中，灵宝换流站的能量利用率最高，为 82.12%；鲁西换流站能量利用率最低，为 26.50%。

与 2020 年相比，黑河、宜昌、施州换流站的能量利用率分别上升 13.23、9.95、8.29 个百分点；灵宝、高岭、鲁西换流站的能量利用率分别下降 9.50、13.00、6.26 个百分点。

2021 年背靠背直流输电系统能量输送情况见表 4-10。

表 4-10 2021 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	1110	79.852	82.12
高岭	3000	135.855	51.70
黑河	750	35.651	54.26
鲁西	3000	69.843	26.50
宜昌	2500	62.273	28.43
施州	2500	58.216	26.58
合计	12860	441.691	39.10

第三节 强迫停运情况

一、强迫停运情况

2021年，全国直流输电系统共发生20次强迫停运，同比减少4次，其中双极强迫停运1次、单极强迫停运11次、阀组强迫停运5次、单元强迫停运3次。

2021年，全国直流输电系统强迫停运等效停运小时累计175.31小时。其中等效停运时间最长的是鲁西系统，为49.18小时；葛南、天广等23个系统未发生强迫停用，等效停运时间为0小时。

2021年直流输电系统强迫停运情况见表4-11。

表4-11 2021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	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
天广	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
龙政	-	-	1	2.08	0	0	-	-	1	1.04
禄高肇	-	-	2	8.55	0	0	-	-	2	4.28
江城	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
宜华	-	-	2	16.97	0	0	-	-	2	8.48
兴安	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
德宝	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
伊穆	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
银东	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
林枫	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
柴拉	-	-	1	5.37	0	0	-	-	1	2.68
牛从甲	-	-	1	11.78	0	0	-	-	1	5.89
牛从乙	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
金中	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
永富	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
楚穗	1	22.75	0	0	0	0	-	-	1	5.69
复奉	2	31.60	0	0	0	0	-	-	2	7.90
锦苏	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0

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
天中	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
宾金	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
普侨	0	0	1	4.90	0	0	-	-	1	2.45
灵绍	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
祁韶	0	0	1	81.62	0	0	-	-	1	40.81
雁淮	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
鲁固	1	17.33	0	0	0	0	-	-	1	4.33
锡泰	1	5.78	1	5.8	0	0	-	-	2	4.34
新东	0	0	0	0	1	0.52	-	-	1	0.52
昭沂	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
吉泉	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
昆柳龙	0	0	1	17.96	0	0	-	-	1	8.98
青豫	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
灵宝	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
高岭	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
黑河	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
鲁西	-	-	-	-	-	-	2	49.18	2	49.18
宜昌	-	-	-	-	-	-	1	57.47	1	28.73
施州	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
全国累计	5	77.47	11	149.23	1	0.52	3	106.65	20	175.31

与2020年相比，2021年双极强迫停运同比持平，单极强迫停运减少2次，总计强迫停运次数下降，累计各系统强迫停运等效停运小时上升。

2017-2021年全国直流输电系统强迫停运情况见表4-12。

表4-12 2017-2021年全国直流输电系统强迫停运情况

停运类型	指标类别	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
双极强迫停运	点对点双极数量(个)	22	26	29	29	32
	次数(次)	4	3	0	1	1
	平均次数(次/双极·年)	0.182	0.115	0	0.034	0.031

停运类型	指标类别	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
单极强迫停运	点对点单极数量 (个)	44	52	58	58	64
	次数 (次)	21	18	22	13	11
	平均 (次/极·年)	0.477	0.346	0.379	0.224	0.172
单元强迫停运	背靠背单元数量 (个)	7	10	10	14	14
	次数 (次)	3	4	2	4	3
	平均次数 (次/单元·年)	0.429	0.400	0.200	0.286	0.214
阀组强迫停运	双阀组系统数量 (个)	7	11	13	14	16
	次数 (次)	5	10	8	6	5
	平均次数 (次/系统·年)	0.714	0.909	0.615	0.429	0.313

2017 -2021 年全国直流输电系统平均强迫停运次数见图 4-1。

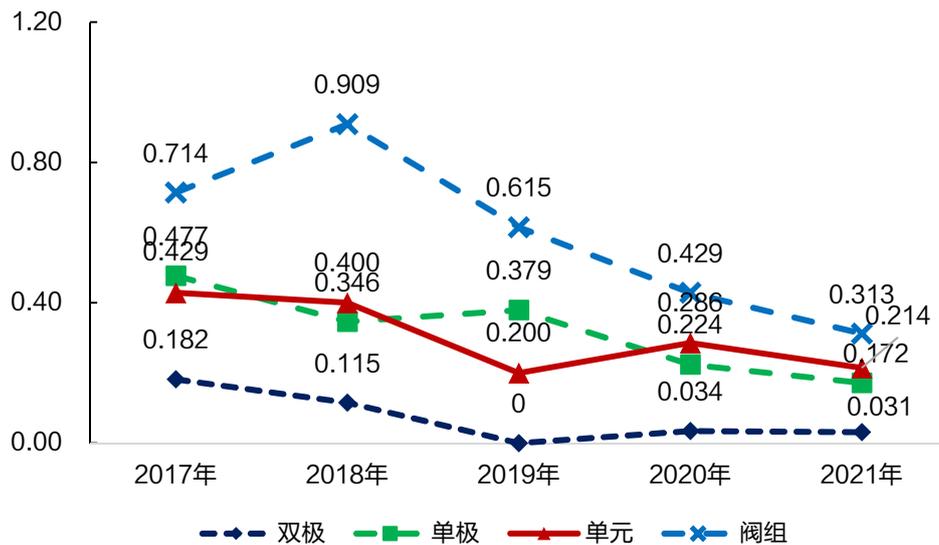


图 4-1 2017 -2021 年全国直流输电系统平均强迫停运次数

二、强迫停运主要原因分析

2021 年，全国直流输电系统强迫停运主要原因中直流输电线路原因占 28.06%，换流站原因占 71.94%。

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。

2021 年全国直流输电系统强迫停运的主要分类原因见表 4-13。

表 4-13 2021 年全国直流输电系统强迫停运的主要分类原因

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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
天广	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
龙政	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.04
江城	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
禄高肇	0	0	0	0	1	4.08	0	0	0	0	1	0.20
宜华	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6.99	1	1.49
兴安	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
德宝	0	0	0	0	0	0	0	0	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	0	0	0	0	0	0	0	0
柴拉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.68
牛从甲	0	0	1	5.89	0	0	0	0	0	0	0	0
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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
楚穗	0	0	1	5.69	0	0	0	0	0	0	0	0
复奉	1	5.17	0	0	1	2.73	0	0	0	0	0	0
锦苏	0	0	0	0	0	0	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	0	0
普侨	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.45
灵绍	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
祁韶	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	40.81
雁淮	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
鲁固	0	0	0	0	0	0	1	4.33	0	0	0	0
锡泰	0	0	0	0	2	4.34	0	0	0	0	0	0
新东	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.52

系统	AC-E		V		C&P		DC-E		0		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
昭沂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
吉泉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
昆柳龙	0	0	1	8.98	0	0	0	0	0	0	0	0
青豫	0	0	0	0	0	0	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	2	49.19	0	0	0	0	0	0	0	0
宜昌	0	0	0	0	1	28.73	0	0	0	0	0	0
施州	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合计	1	5.17	5	69.75	5	39.88	1	4.33	1	6.99	7	49.19

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（0），直流输电线路（TL）。

2021年，全国直流输电系统由于阀设备原因的强迫停运比例最高，为39.79%，同比上升27.79个百分点；其次为直流输电线路原因占28.06%，同比上升10.10个百分点；其他原因占比3.99%，同比上升1.99个百分点。

2021年，三类直流输电系统强迫停运等效停运小时的原因分类见表4-14。

表4-14 2021年三类直流输电系统强迫停运等效停运小时的原因分类

系统类型	指标	AC-E	V	C&P	DC-E	0	TL	合计
超高压系统	时间影响百分比	0	3.36	2.32	0	3.99	3.09	12.76
	等效停运小时	0	5.89	4.08	0	6.99	5.41	22.37
特高压系统	时间影响百分比	2.95	8.37	4.04	2.47	0	24.97	42.79
	等效停运小时	5.17	14.67	7.07	4.33	0	43.78	75.02
背靠背系统	时间影响百分比	0	28.06	16.39	0	0	0	44.45
	等效停运小时	0	49.19	28.73	0	0	0	77.92
全国累计	时间影响百分比	2.95	39.79	22.75	2.47	3.99	28.06	100
	等效停运小时	5.17	69.75	39.88	4.33	6.99	49.19	175.31

第四节 计划停运情况

2021年，全国直流输电系统计划停运总计153次，同比减少7次，其中双极计划停运45次、单极计划停运33次、阀组计划停运52次、单元计划停运23次。

2021年，全国直流输电系统计划停运等效停运小时累计12333.02小时。其中等效停运时间最长的是鲁西系统，为982.88小时；等效停运时间最短的是龙政系统，为0小时。

2021年直流输电系统计划停运情况见表4-15。

表4-15 2021年直流输电系统计划停运情况

系统	阀组计划停运		单极计划停运		双极计划停运		单元计划停运		计划停运合计	
	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	等效停运小时
葛南	--	--	0	0	1	332.55	--	--	1	332.55
天广	--	--	0	0	8	288.25	--	--	8	288.25
龙政	--	--	0	0	0	0	--	--	0	0
江城	--	--	0	0	1	254.95	--	--	1	254.95
禄高肇	--	--	2	49.15	2	559.82	--	--	4	584.39
宜华	--	--	0	0	1	210.43	--	--	1	210.43
兴安	--	--	3	137.63	3	358.42	--	--	6	427.23
德宝	--	--	4	190.37	1	185.60	--	--	5	280.78
伊穆	--	--	0	0	1	136.32	--	--	1	136.32
银东	--	--	0	0	1	198.75	--	--	1	198.75
林枫	--	--	1	35.62	1	200.45	--	--	2	218.26
柴拉	--	--	4	1138.85	0	0	--	--	4	569.42
牛从甲	--	--	0	0	2	271.45	--	--	2	271.45
牛从乙	--	--	0	0	2	271.45	--	--	2	271.45
金中	--	--	0	0	4	93.22	--	--	4	93.22
永富	--	--	1	15.80	1	335.50	--	--	2	343.40
楚穗	7	161.75	0	0	2	305.98	--	--	9	346.42
复奉	2	1812.42	3	628.98	0	0	--	--	5	767.60
锦苏	0	0	2	599.42	0	0	--	--	2	299.71

系统	阀组计划停运		单极计划停运		双极计划停运		单元计划停运		计划停运合计	
	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	等效停运小时
天中	0	0	2	430.36	0	0	--	--	2	215.18
宾金	1	14.78	4	1036.50	0	0	--	--	5	521.95
普侨	2	25.17	0	0	2	142.65	--	--	4	148.94
灵绍	0	0	0	0	1	221.12	--	--	1	221.12
祁韶	0	0	0	0	1	230.02	--	--	1	230.02
雁淮	2	64.65	0	0	1	231.78	--	--	3	247.95
鲁固	1	12.38	2	491.45	0	0	--	--	3	248.82
锡泰	1	94.63	2	334.88	0	0	--	--	3	191.10
新东	5	122.20	0	0	3	327.60	--	--	8	358.15
昭沂	5	678.02	0	0	0	0	--	--	5	169.50
吉泉	2	179.78	2	336.47	0	0	--	--	4	213.18
昆柳龙	14	296.50	1	12.43	6	358.94	--	--	21	439.28
青豫	10	2872.03	0	0	0	0	--	--	10	718.01
灵宝	--	--	--	--	--	--	5	811.53	5	405.77
高岭	--	--	--	--	--	--	4	1123.73	4	280.93
黑河	--	--	--	--	--	--	1	231.80	1	231.80
鲁西	--	--	--	--	--	--	8	982.88	8	982.88
宜昌	--	--	--	--	--	--	2	562.37	2	281.18
施州	--	--	--	--	--	--	3	665.37	3	332.68
全国累计	52	6334.31	33	5437.91	45	5515.24	23	4377.68	153	12333.02

2021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的是高肇系统，为559.82小时；龙政、金中、鲁西系统全年未安排年度检修，其他系统的年度检修计划停运等效停运小时都在400小时以内。

兴安、金中、复奉、宾金、青豫、灵宝、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%，葛南、江城、宜华、伊穆、银东、永富、天中、灵绍、祁韶、高岭、黑河、宜昌系统的占比为100%。

除年度检修之外，其他计划停运的等效停运小时最长的是鲁西系统，为982.88小时；其次为复奉、青豫系统，分别为455.76小时、407.9小时；其余系统其他计划停运的等效停运小时都在400小时以内。

2021 年直流输电系统年度检修情况见表 4-16。

表 4-16 2021 年直流输电系统年度检修情况

统计对象	年度检修停运			其他计划停运		
	次数	系统等效停运小时 (小时)	时间百分比 (%)	次数	系统等效停运小时 (小时)	时间百分比 (%)
葛南	1	332.55	100	0	0	0
天广	1	236.97	82.21	7	51.28	17.79
龙政	0	0	0	0	0	0
江城	1	254.95	100	0	0	0
高肇	2	559.82	95.79	2	24.58	4.21
宜华	1	210.43	100	0	0	0
兴安	1	143.48	33.58	5	283.75	66.42
德宝	1	185.60	66.1	4	95.18	33.9
伊穆	1	136.32	100	0	0	0
银东	1	198.75	100	0	0	0
林枫	1	200.45	91.84	0	17.81	8.16
柴拉	1	375.33	65.91	3	194.1	34.09
牛从甲	1	259.78	95.7	1	11.67	4.30
牛从乙	1	259.78	95.7	1	11.67	4.30
金中	0	0	0	4	93.22	100
永富	1	343.40	100	1	0	0
楚穗	1	190.50	54.99	8	155.92	45.01
复奉	1	311.83	40.62	4	455.76	59.38
锦苏	1	292.83	97.71	6	6.88	2.29
天中	1	215.18	100	1	0	0
宾金	1	161.52	30.95	4	360.42	69.05
普侨	1	137.5	92.32	3	11.44	7.68
灵绍	1	221.12	100	0	0	0
祁韶	1	230.02	100	0	0	0
雁淮	1	231.78	93.48	2	16.16	6.52
鲁固	1	245.72	98.76	2	3.10	1.24
锡泰	1	167.44	87.62	2	23.66	12.38
新东	1	319.43	89.19	7	38.72	10.81

统计对象	年度检修停运			其他计划停运		
	次数	系统等效停运小时 (小时)	时间百分比 (%)	次数	系统等效停运小时 (小时)	时间百分比 (%)
昭沂	1	167.03	98.54	4	2.47	1.46
吉泉	1	168.23	78.92	11	44.95	21.08
昆柳龙	1	349.83	79.64	20	89.45	20.36
青豫	1	310.1	43.19	9	407.9	56.81
灵宝	1	200.71	49.46	2	205.06	50.54
高岭	1	280.93	100	3	0	0
黑河	1	231.80	100	0	0	0
鲁西	0	0	0	8	982.88	100
宜昌	1	281.18	100	1	0	0
施州	1	319.29	95.97	2	13.39	4.03
全国累计	36	8731.6	70.80	127	3601.42	29.20

第五章 2021 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

2021 年，全国供电系统用户平均供电可靠率 99.872%，同比上升 0.007 个百分点；用户平均停电时间 11.26 小时/户，同比减少 0.61 小时/户；用户平均停电频率 2.77 次/户，同比增加 0.08 次/户。其中，全国城市地区平均供电可靠率 99.944%，农村地区平均供电可靠率 99.840%，城市、农村地区平均供电可靠率相差 0.104 个百分点；全国城市地区用户平均停电时间 4.89 小时/户，农村地区用户平均停电时间 14.06 小时/户，城市、农村地区用户平均停电时间相差 9.17 小时/户；全国城市地区用户平均停电频率 1.24 次/户，农村地区用户平均停电频率 3.45 次/户，城市、农村地区用户平均停电频率相差 2.21 次/户。

2021 年全国供电系统用户供电可靠性指标汇总见表 5-1。

表 5-1 2021 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)		1171.47	357.40	29.31	135.53	192.56	814.07
用户总容量 (亿千伏安)		49.46	25.59	2.82	10.81	11.96	23.87
平均供电可靠率 (%)	*	99.872	99.944	99.981	99.964	99.925	99.840
	**	99.883	99.949	99.984	99.967	99.931	99.854
平均停电时间 (小时/户)	*	11.26	4.89	1.67	3.15	6.60	14.06
	**	10.25	4.47	1.39	2.86	6.07	12.79
平均停电频率 (次/户)	*	2.77	1.24	0.43	0.80	1.67	3.45
	**	2.63	1.19	0.42	0.77	1.60	3.27
故障平均停电时间 (小时/户)	*	6.22	2.67	1.07	1.74	3.56	7.78
	**	5.21	2.25	0.79	1.45	3.03	6.51
预安排平均停电时间 (小时/户)		5.04	2.22	0.60	1.41	3.04	6.27

注：1: 市中心区； 2: 市区； 3: 城镇； 4: 农村

*: 含重大事件日指标； **: 剔除重大事件日后指标

二、供电可靠性趋势

全国供电系统用户平均供电可靠率由 2017 年的 99.814% 提升至 2021 年的 99.872%，提升了 0.058 个百分点，其中城市地区的平均供电可靠率由 2017 年的 99.943% 提升至 2021 年的 99.944%，提升了 0.001 个百分点；农村地区的平均供电可靠率由 2017 年的 99.768% 提升至 2021 年的 99.840%，提升了 0.072 个百分点。

2017-2021 年全国供电系统用户平均供电可靠率变化见图 5-1。

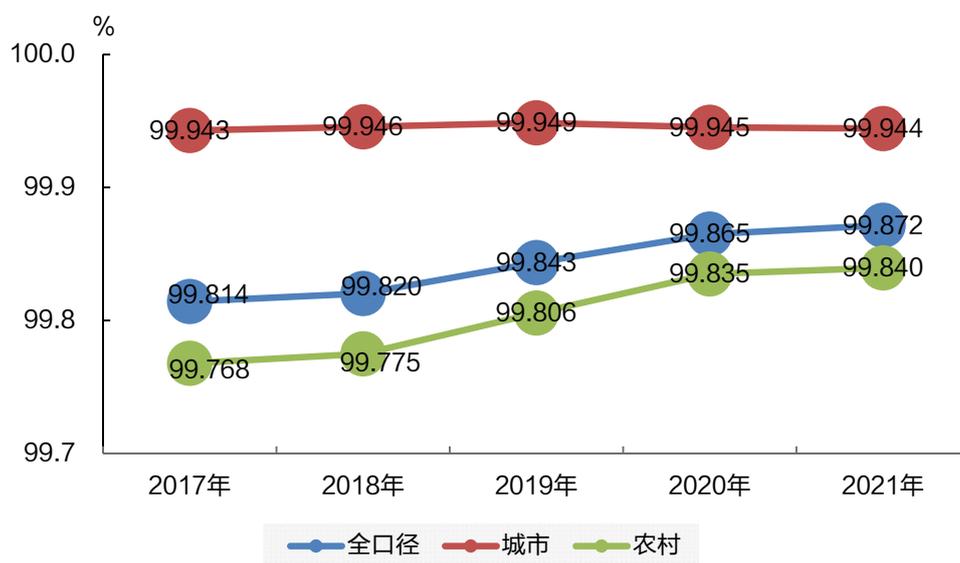


图 5-1 2017-2021 年全国供电系统用户平均供电可靠率变化

2017-2021 年,全国的用户平均停电时间由 2017 年的 16.27 小时/户下降至 2021 年的 11.26 小时/户,下降了 5.01 小时/户,其中城市地区的用户平均停电时间由 2017 年的 5.02 小时/户下降至 2021 年的 4.89 小时/户,下降了 0.13 小时/户;农村地区的用户平均停电时间由 2017 年的 20.35 小时/户下降至 2021 年的 14.06 小时/户,下降了 6.29 小时/户。

2017-2021 年全国供电系统用户平均停电时间变化见图 5-2。

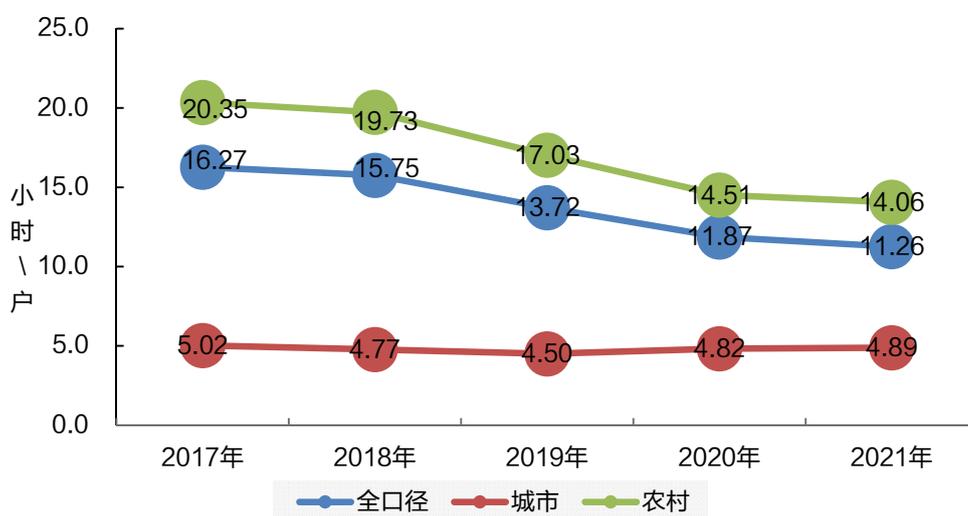


图 5-2 2017-2021 全国供电系统用户平均停电时间变化

2017-2021 年，全国的用户平均停电频率由 2017 年的 3.28 次/户下降至 2.77 次/户，下降了 0.51 次/户，其中城市地区的用户平均停电频率由 2017 年的 1.10 次/户上升至 1.24 次/户，上升了 0.14 次/户；农村地区的用户平均停电频率由 2017 年的 4.07 次/户下降至 3.45 次/户，下降了 0.62 次/户。

2017-2021 全国供电系统用户平均停电频率变化见图 5-3。

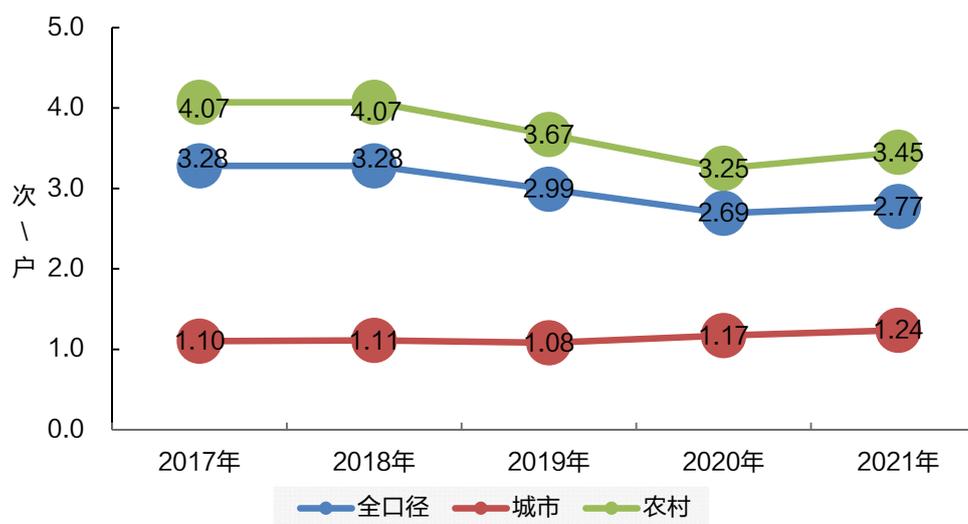


图 5-3 2017-2021 全国供电系统用户平均停电频率变化

第二节 区域供电可靠性

一、用户平均停电时间

2021年，全国六个区域中⁵，华东区域供电可靠性平均水平领先其他区域，西北地区供电可靠性平均水平明显差于其他区域。

华东的全口径、城市地区和农村地区用户平均停电时间分别为4.74小时/户、2.54小时/户、5.93小时/户，华北分别为9.89小时/户、3.92小时/户、12.18小时/户，均优于全国平均值（全国平均值分别为11.26小时/户、4.89小时/户和14.06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3.39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14.35小时/户。

2021年各区域全口径、城市地区和农村地区用户平均停电时间见图5-4。

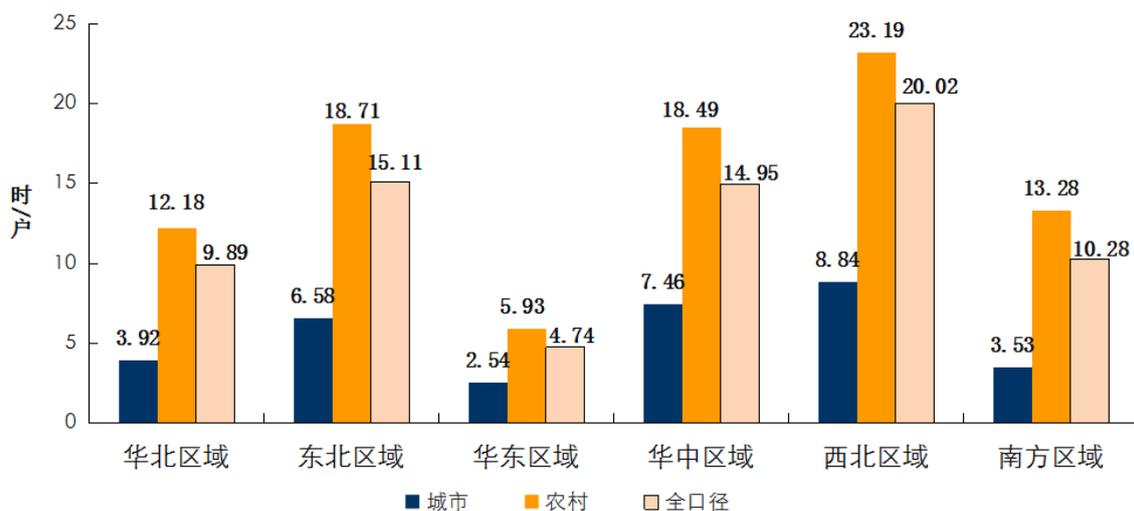


图 5-4 2021 年各区域全口径、城市地区和农村地区用户平均停电时间

二、用户平均停电频率

华东的全口径、城市地区和农村地区用户平均停电频率分别为1.70次/户、0.90次/户、2.14次/户，均优于全国平均值（全国平均值分别为2.77次/户、1.24次/户和3.45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1.24

⁵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；西北地区包括：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。

次/户；东北区域内城市与农村地区用户平均停电频率相差最大，差值 3.21 次/户。

2021 年各区域全口径、城市地区和农村地区用户平均停电频率见图 5-5。

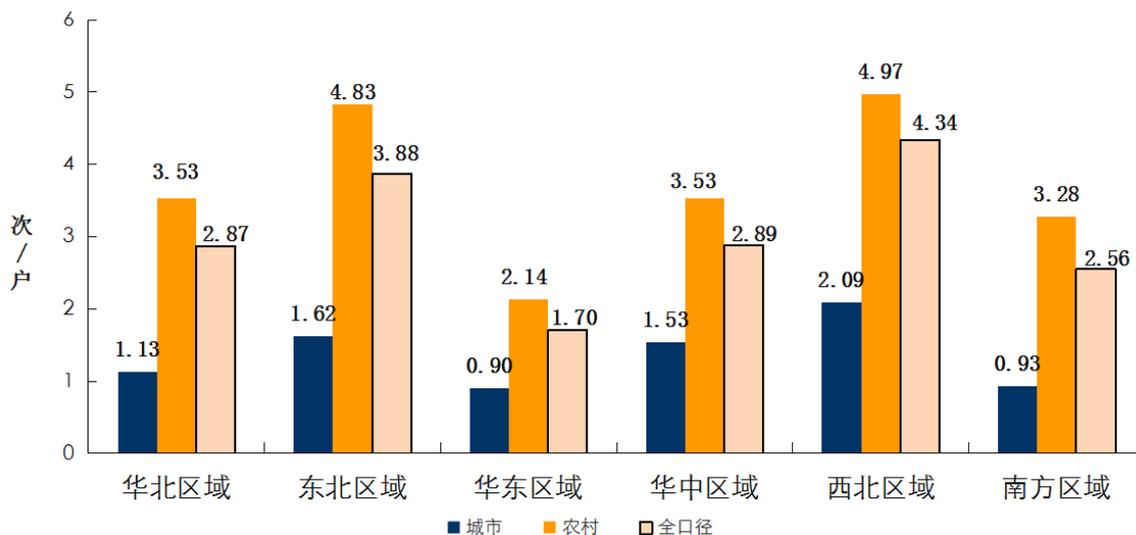


图 5-5 2021 年各区域全口径、城市地区和农村地区用户平均停电频率

第三节 省级行政区供电可靠性

一、用户平均停电时间

2021 年，31 个省级行政区中⁶，北京市、上海市、天津市、广东省、浙江省、江苏省、山东省、福建省、安徽省的用户平均停电时间少于 10 小时/户，西藏自治区、新疆维吾尔自治区、青海省的用户平均停电时间超过 20 小时/户。其中，上海市、北京市、天津市的城市地区用户平均停电时间少于 1 小时/户，西藏自治区、青海省、新疆维吾尔自治区的城市地区用户平均停电时间超过 10 小时/户，各省城市地区用户平均停电时间最大相差 30.57 小时/户；北京市、天津市、上海市、浙江省、江苏省、山东省、广东省、福建省的农村地区用户平均停电时间少于 10 小时/户，西藏自治区的农村地区用户平均停电时间超过 30 小时/户，各省农村地区用户平均停电时间最大相差

57.09 小时/户。31 个省级行政区中，23 个省级行政区的用户平均停电时间同比减少，减少幅度超过 10% 的有 12 个，前三位的天津市、吉林省和广西省减少幅度超过 30%，分别为

⁶ 本报告未含香港、澳门、台湾地区数据。

39.22%、31.33%和30.24%，分别减少用户平均停电时间0.64小时/户、7.51小时/户和7.79小时/户。8个省级行政区的用户平均停电时间同比增加，前三位的上海市、重庆市、青海省增加幅度分别为36.17%、23.01%、21.50%，分别增加用户平均停电时间0.25小时/户、2.80小时/户和3.85小时/户。

2021年各省级行政区及相关企业用户平均停电时间见表5-2。

表5-2 2021年各省级行政区及相关企业用户平均停电时间

地区/公司	用户平均停电时间（小时/户）		
	全口径	城市地区	农村地区
北京市	0.81	0.49	1.20
国网北京市电力公司	0.81	0.49	1.20
天津市	0.99	0.68	1.30
国网天津市电力公司	0.99	0.68	1.30
河北省	15.05	7.49	16.42
国网冀北电力有限公司	15.94	6.88	17.87
国网河北省电力有限公司	14.69	7.79	15.86
山西省	14.42	6.43	16.50
国网山西省电力公司	14.80	6.31	16.95
山西地方电力有限公司	9.05	7.73	9.52
内蒙古自治区	14.63	6.95	16.56
内蒙古电力（集团）有限责任公司	13.29	6.09	15.50
国网内蒙古东部电力有限公司	16.16	8.38	17.66
辽宁省	13.90	4.67	18.09
国网辽宁省电力有限公司	13.90	4.67	18.09
吉林省	16.46	6.26	19.64
国网吉林省电力有限公司	16.46	6.26	19.64
黑龙江省	15.53	9.28	18.63
国网黑龙江省电力有限公司	15.53	9.28	18.63
上海市	0.93	0.23	1.48
国网上海市电力公司	0.93	0.23	1.48
江苏省	3.39	2.00	4.25
国网江苏省电力有限公司	3.39	2.00	4.25
浙江省	3.38	1.87	4.17

地区/公司	用户平均停电时间（小时/户）		
	全口径	城市地区	农村地区
国网浙江省电力有限公司	3.38	1.87	4.17
安徽省	9.89	6.33	11.59
国网安徽省电力有限公司	9.89	6.33	11.59
福建省	6.34	2.20	7.79
国网福建省电力有限公司	6.34	2.20	7.79
江西省	15.06	8.87	18.35
国网江西省电力有限公司	15.06	8.87	18.35
山东省	3.79	2.78	4.41
国网山东省电力公司	3.79	2.78	4.41
河南省	14.00	8.60	15.91
国网河南省电力公司	14.00	8.60	15.91
湖北省	12.30	4.87	15.87
国网湖北省电力有限公司	12.30	4.87	15.87
湖南省	14.49	6.94	20.97
国网湖南省电力有限公司	14.49	6.94	20.97
广东省	3.35	1.77	4.59
广东电网有限责任公司	3.71	2.09	4.76
深圳供电局有限公司	0.48	0.41	0.72
广西壮族自治区	17.98	6.41	21.73
广西电网有限责任公司	8.95	2.58	11.63
广西新电力集团有限公司	35.82	21.85	38.19
海南省	10.82	5.02	13.58
海南电网有限责任公司	10.82	5.02	13.58
重庆市	14.97	4.73	20.52
国网重庆市电力公司	14.97	4.73	20.52
四川省	17.10	7.09	20.49
国网四川省电力公司	17.10	7.09	20.49
贵州省	13.61	4.87	15.98
贵州电网有限责任公司	13.61	4.87	15.98
云南省	14.16	6.46	15.95
云南电网有限责任公司	14.39	6.52	16.24
云南保山电力股份有限公司	9.29	5.06	10.06

地区/公司	用户平均停电时间（小时/户）		
	全口径	城市地区	农村地区
西藏自治区	47.13	30.80	58.29
国网西藏电力有限公司	47.13	30.80	58.29
陕西省	18.24	7.13	22.10
国网陕西省电力公司	12.47	5.66	18.39
陕西省地方电力（集团）公司	22.98	13.59	23.88
甘肃省	19.44	9.61	21.52
国网甘肃省电力公司	19.44	9.61	21.52
青海省	21.73	12.04	26.22
国网青海省电力公司	21.73	12.04	26.22
宁夏回族自治区	10.07	4.17	12.70
国网宁夏电力有限公司	10.07	4.17	12.70
新疆维吾尔自治区	24.85	11.72	27.76
国网新疆电力有限公司	24.85	11.72	27.76

注：广西新电力集团有限公司（原广西水利电业集团公司）于2019年起由广西电网有限责任公司控股，国网陕西省电力有限公司于2021年8月成立，融合原国网陕西省电力公司和陕西省地方电力（集团）公司，考虑到现行管理模式，本报告仍单独统计。

二、用户平均停电频率

2021年，31个省级行政区中，上海市、北京市、天津市、广东省的用户平均停电频率少于1次/户，西藏自治区、新疆维吾尔自治区、甘肃省、山西省的用户平均停电频率超过5次/户。其中，上海市、北京市、天津市、广东省、福建省、江苏省、重庆市、山东省、宁夏回族自治区、浙江省的城市地区用户平均停电频率少于1次/户，西藏自治区的城市地区用户平均停电频率超过5次/户；上海市、北京市、天津市、广东省、江苏省、山东省、福建省、河南省的农村地区用户平均停电频率少于2次/户，西藏自治区、新疆维吾尔自治区、辽宁省、山西省、甘肃省、江西省、吉林省、湖南省的农村地区用户平均停电频率超过5次/户。

31个省级行政区中，16个省级行政区的用户平均停电频率同比减少，减少幅度超过10%的有11个，前三位的广西省、河南省和天津市减少幅度超过30%，分别为40.74%、39.44%和30.42%，分别减少用户平均停电频率2.77次/户、1.05次/户和0.23次/户；15个省级行政区的用户平均停电频率同比增加，前三位的辽宁省、甘肃

省、重庆市增加幅度分别为 94.78%、48.98%、39.26%，分别增加用户平均停电频率 2.16 次/户、1.66 次/户和 0.70 次/户。

2021 年各省级行政区及相关企业用户平均停频率见表 5-3。

表 5-3 2021 年各省级行政区及相关企业用户平均停频率

地区/公司	用户平均停电频率（次/户）		
	全口径	城市地区	农村地区
北京市	0.40	0.28	0.55
国网北京市电力公司	0.40	0.28	0.55
天津市	0.53	0.40	0.67
国网天津市电力公司	0.53	0.40	0.67
河北省	4.42	1.99	4.86
国网冀北电力有限公司	3.61	1.51	4.05
国网河北省电力有限公司	4.74	2.22	5.17
山西省	5.03	2.12	5.79
国网山西省电力公司	5.22	2.06	6.02
山西地方电力有限公司	2.34	2.78	2.18
内蒙古自治区	2.97	1.77	3.27
内蒙古电力（集团）有限责任公司	2.43	1.56	2.70
国网内蒙古东部电力有限公司	3.58	2.12	3.87
辽宁省	4.44	1.35	5.84
国网辽宁省电力有限公司	4.44	1.35	5.84
吉林省	4.28	1.46	5.16
国网吉林省电力有限公司	4.28	1.46	5.16
黑龙江省	2.72	2.09	3.03
国网黑龙江省电力有限公司	2.72	2.09	3.03
上海市	0.31	0.09	0.49
国网上海市电力公司	0.31	0.09	0.49
江苏省	1.17	0.64	1.49
国网江苏省电力有限公司	1.17	0.64	1.49
浙江省	1.70	0.88	2.12
国网浙江省电力有限公司	1.70	0.88	2.12
安徽省	3.56	2.20	4.21
国网安徽省电力有限公司	3.56	2.20	4.21

地区/公司	用户平均停电频率（次/户）		
	全口径	城市地区	农村地区
福建省	1.45	0.57	1.76
国网福建省电力有限公司	1.45	0.57	1.76
江西省	4.30	2.34	5.34
国网江西省电力有限公司	4.30	2.34	5.34
山东省	1.33	0.82	1.64
国网山东省电力公司	1.33	0.82	1.64
河南省	1.61	1.00	1.82
国网河南省电力公司	1.61	1.00	1.82
湖北省	3.44	1.52	4.36
国网湖北省电力有限公司	3.44	1.52	4.36
湖南省	3.53	1.66	5.14
国网湖南省电力有限公司	3.53	1.66	5.14
广东省	0.81	0.44	1.09
广东电网有限责任公司	0.88	0.49	1.13
深圳供电局有限公司	0.25	0.23	0.32
广西壮族自治区	4.03	1.46	4.87
广西电网有限责任公司	2.12	0.72	2.71
广西新电力集团有限公司	7.82	4.46	8.38
海南省	4.00	2.00	4.95
海南电网有限责任公司	4.00	2.00	4.95
重庆市	2.50	0.77	3.43
国网重庆市电力公司	2.50	0.77	3.43
四川省	2.63	1.24	3.10
国网四川省电力公司	2.63	1.24	3.10
贵州省	4.27	1.75	4.95
贵州电网有限责任公司	4.27	1.75	4.95
云南省	2.90	1.37	3.25
云南电网有限责任公司	2.88	1.36	3.24
云南保山电力股份有限公司	3.27	1.69	3.55
西藏自治区	8.43	7.07	9.37
国网西藏电力有限公司	8.43	7.07	9.37
陕西省	3.43	1.45	4.11

地区/公司	用户平均停电频率（次/户）		
	全口径	城市地区	农村地区
国网陕西省电力公司	2.58	1.17	3.81
陕西省地方电力（集团）公司	4.12	2.68	4.26
甘肃省	5.03	2.51	5.57
国网甘肃省电力公司	5.03	2.51	5.57
青海省	3.87	2.47	4.52
国网青海省电力公司	3.87	2.47	4.52
宁夏回族自治区	1.74	0.82	2.14
国网宁夏电力有限公司	1.74	0.82	2.14
新疆维吾尔自治区	5.44	3.10	5.96
国网新疆电力有限公司	5.44	3.10	5.96

第四节 地级行政区供电可靠性

一、用户平均停电时间

2021年，全国333个地级行政区⁷的用户平均停电时间范围为0.03-106.02小时/户，其中，城市地区用户平均停电时间范围为0.03-57.85小时/户，农村地区用户平均停电时间范围为0.33-136.39小时/户。按四分位法将各地级行政区分为四个梯队（每个梯队各83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8.16小时/户、14.15小时/户、17.35小时/户和106.02小时/户，城市地区的用户平均停电时间的梯队区间界限值分别为3.92小时/户、6.38小时/户、8.60小时/户和57.85小时/户，农村地区的用户平均停电时间的梯队区间界限值分别为9.71小时/户、16.82小时/户、20.59小时/户和136.39小时/户。

2021年，全国333个地级行政区中，20个地级行政区（占6.04%）的用户平均停电时间少于2小时/户，147个地级行政区（占44.14%）的用户平均停电时间超过15小时/户，204个地级行政区（占61.26%）的用户平均停电时间高于全国平均值（11.26小时/户）；32个地级行政区（占9.61%）的城市地区用户平均停电时间少

⁷全国一共333个地级行政区指标由国家电网公司、南方电网公司、陕西地电、山西地电、广西新电力和云南保山电力所报数据计算得到，其他单位未报送数据，三沙、克拉玛依没有农村地区。

于 2 小时/户，30 个地级行政区（占 9.01%）的城市地区用户平均停电时间超过 15 小时/户，219 个地级行政区（占 65.77%）的城市地区用户平均停电时间高于全国平均值（4.89 小时/户）；12 个地级行政区（占 3.63%）的农村地区用户平均停电时间少于 2 小时/户，195 个地级行政区（占 58.91%）的农村地区用户平均停电时间超过 15 小时/户，202 个地级行政区（占 61.03%）的农村地区用户平均停电时间高于全国平均值（14.06 小时/户）。

2021 年全国地级行政区用户平均停电时间分布见图 5-6 至图 5-8。

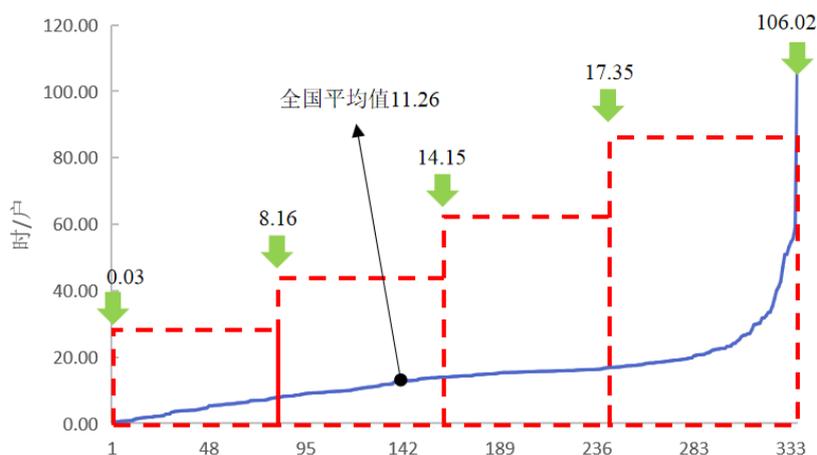


图 5-6 2021 年全国地级行政区用户平均停电时间分布（全口径）

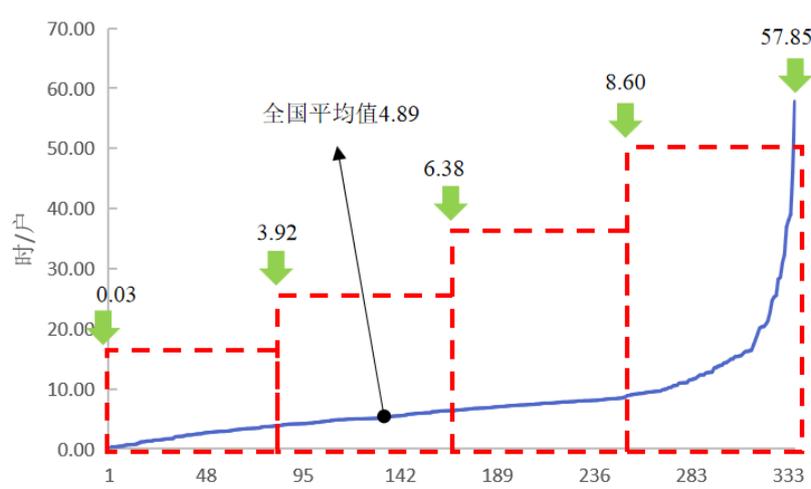


图 5-7 2021 年全国地级行政区用户平均停电时间分布（城市地区）

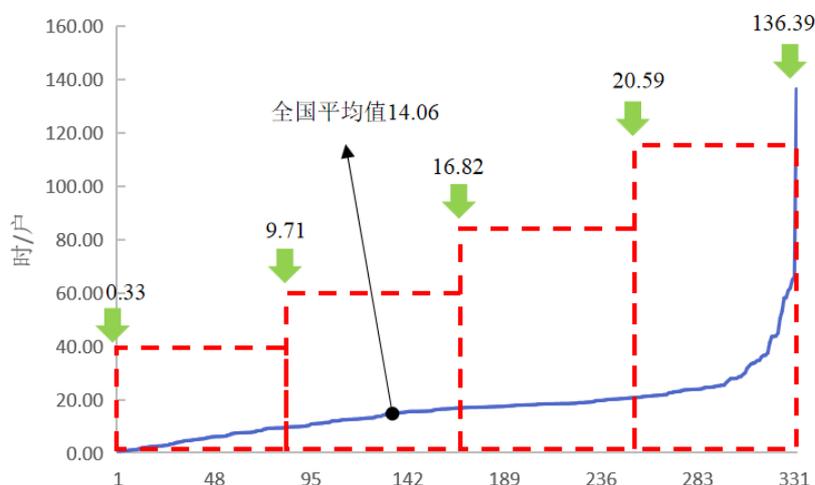


图 5-8 2021 年全国地级行政区用户平均停电时间分布（农村地区）

表 5-4 2021 年部分地级行政区用户平均停电时间分布情况

用户平均停电时间		地级行政区
全口径	小于 2 小时	江苏南京、苏州；浙江杭州、嘉兴、湖州、绍兴；福建福州、厦门；山东济南、青岛、威海；湖北武汉；广东广州、深圳、珠海、佛山、东莞、中山；海南三亚、三沙
	2-5 小时	江苏无锡、徐州、常州、南通、盐城、扬州、镇江、泰州；浙江宁波、金华、舟山；安徽合肥；福建泉州；山东淄博、枣庄、烟台、潍坊、泰安、日照、德州、滨州；广东江门、肇庆、惠州；海南海口；陕西西安；宁夏银川
	大于 30 小时	河南鹤壁；广西贺州、崇左；四川攀枝花、雅安、凉山；西藏日喀则、昌都、林芝、山南、那曲、阿里；陕西延安、商洛；甘肃陇南；青海玉树；新疆阿克苏、克孜勒苏柯尔克孜、喀什、和田
城市地区	小于 2 小时	河北石家庄；山西太原；江苏南京、无锡、常州、苏州、扬州；浙江杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、舟山；福建福州、厦门；山东济南、青岛、烟台、威海；湖北武汉；广东广州、深圳、珠海、佛山、江门、肇庆、东莞、中山；广西南宁；海南海口、三亚、三沙
	大于 30 小时	广西贺州；西藏日喀则、林芝、山南、那曲、阿里；新疆克孜勒苏柯尔克孜
农村地区	小于 2 小时	江苏南京；浙江杭州、绍兴；福建福州、厦门；山东青岛；广东广州、深圳、珠海、佛山、东莞、中山
	2-5 小时	江苏无锡、徐州、常州、苏州、扬州、泰州；浙江宁波、嘉兴、湖州、金华；福建泉州；山东济南、淄博、枣庄、烟台、潍坊、泰安、威海、日照、德州、滨州；湖北武汉；广东江门、肇庆、惠州；海南三亚
	大于 30 小时	河南郑州、鹤壁；广西梧州、贺州、崇左；四川攀枝花、雅安、凉山；西藏拉萨、日喀则、昌都、林芝、山南、那曲、阿里；陕西延安、商洛；甘肃陇南；青海海南、果洛、玉树；新疆阿克苏、克孜勒苏柯尔克孜、喀什、和田

注：1. 表中所有指标范围向下包含

2. 表中地级行政区排名不分先后

二、用户平均停电频率

2021年，全国333个地级行政区供电企业的用户平均停电频率范围为0.16-11.34次/户，其中，城市地区用户平均停电频率范围为0.13-10.32次/户，农村地区用户平均停电频率范围为0.32-12.13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83个地级行政区），用户平均停电频率的梯队区间界限值分别为1.85次/户、3.15次/户、4.46次/户和11.34次/户，城市地区的用户平均停电频率的梯队区间界限值分别为0.96次/户、1.48次/户、2.26次/户和10.32次/户，农村地区的用户平均停电频率的梯队区间界限值分别为2.24次/户、3.70次/户、5.21次/户和12.13次/户。

2021年，全国333个地级行政区中，26个地级行政区（占7.81%）的用户平均停电频率少于1次/户，49个地级行政区（占14.71%）的用户平均停电频率超过5次/户，185个地级行政区（占55.56%）的用户平均停电频率高于全国平均值（2.77次/户）；88个地级行政区（占26.43%）的城市地区用户平均停电频率少于1次/户，11个地级行政区（占3.30%）的城市地区用户平均停电频率超过5次/户，210个地级行政区（占63.06%）的城市地区用户平均停电频率高于全国平均值（1.24次/户）；16个地级行政区（占4.83%）的农村地区用户平均停电频率少于1次/户，93个地级行政区（占28.10%）的农村地区用户平均停电频率超过5次/户，182个地级行政区（占54.98%）的农村地区用户平均停电频率高于全国平均值（3.45次/户）。

2021年全国地级行政区用户平均停电频率分布见图5-9至图5-11。

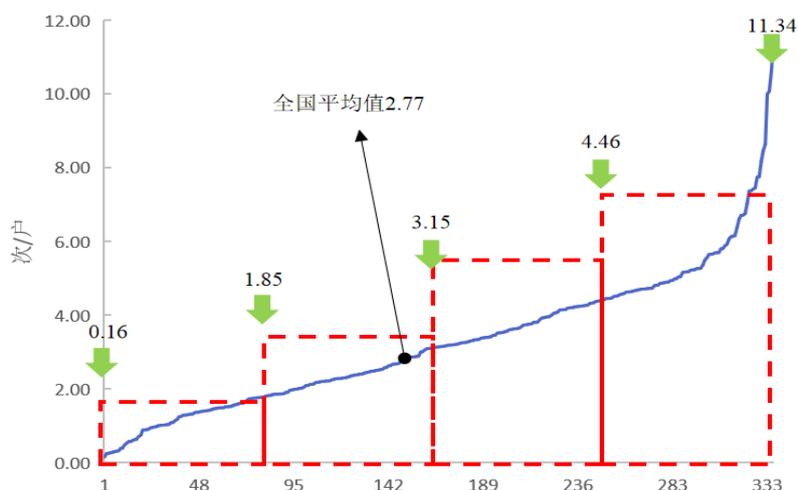


图5-9 2021年全国地级行政区用户平均停电频率分布（全口径）

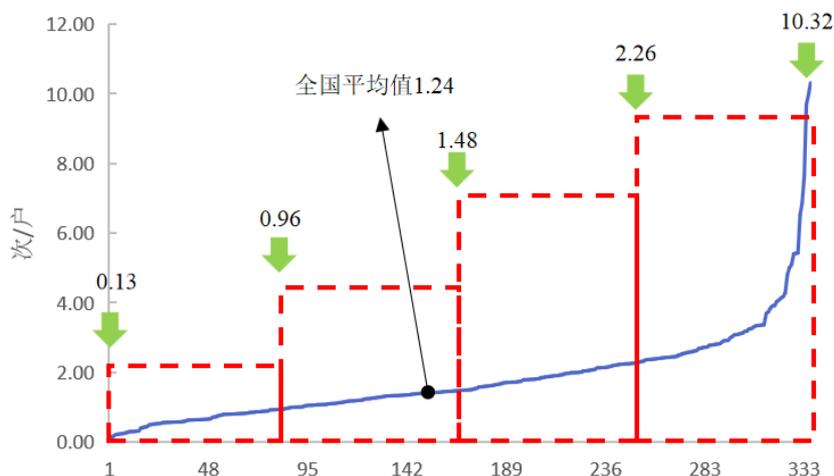


图 5-10 2021 年全国地级行政区用户平均停电频率分布（城市地区）

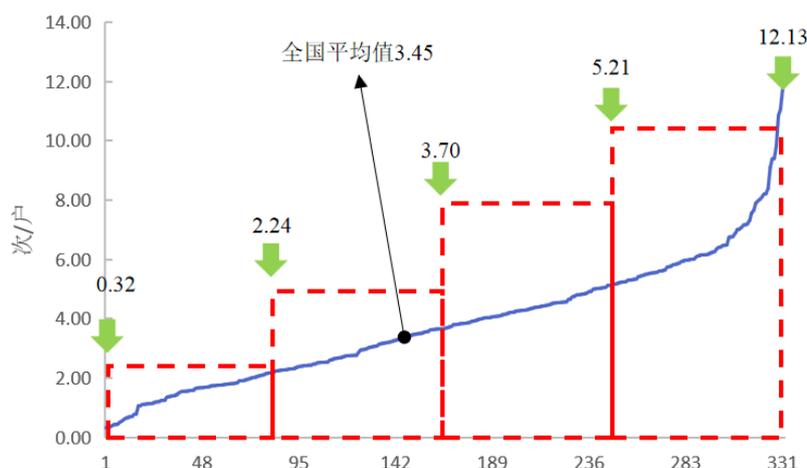


图 5-11 2021 年全国地级行政区用户平均停电频率分布（农村地区）

表 5-5 2021 年部分地级行政区用户平均停电频率分布情况

用户平均停电频率		地级行政区
全口径	小于 1 次	江苏南京、无锡、常州、苏州、扬州；浙江杭州、嘉兴；福建福州、厦门；山东青岛、淄博、潍坊、威海、日照；河南南阳；湖北武汉；广东广州、深圳、珠海、佛山、江门、肇庆、惠州、东莞、中山；海南三沙
	大于 5 次	河北邯郸、保定、沧州、衡水；山西长治、朔州、晋中、运城、忻州、临汾；辽宁阜新、朝阳、葫芦岛；吉林长春；江西吉安、宜春；湖北黄冈、恩施；湖南张家界、怀化；广西梧州、玉林、百色、贺州、崇左；四川攀枝花、雅安、阿坝、凉山；西藏拉萨、日喀则、昌都、林芝、山南、那曲、阿里；陕西延安、商洛；甘肃天水、庆阳、定西、陇南、临夏；新疆阿克苏、克孜勒苏柯尔克孜、喀什、和田、伊犁哈萨克、塔城

用户平均停电频率		地级行政区
城市地区	小于1次	河北石家庄、唐山；山西太原；辽宁营口；江苏南京、无锡、常州、苏州、南通、盐城、扬州、镇江、泰州；浙江杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、金华、舟山；福建福州、厦门、三明、泉州、漳州、南平、龙岩；山东济南、青岛、淄博、枣庄、烟台、潍坊、泰安、威海、日照、临沂、德州；河南开封、洛阳、安阳、焦作、许昌、漯河、三门峡、南阳、信阳、周口；湖北武汉、宜昌；湖南湘潭；广东广州、韶关、深圳、珠海、佛山、江门、湛江、茂名、肇庆、惠州、梅州、河源、清远、东莞、中山、揭阳、云浮；广西南宁、钦州、贵港；海南三亚、三沙；四川成都、自贡、泸州、乐山、宜宾、资阳；贵州贵阳；云南昆明、玉溪；陕西西安、宝鸡；甘肃武威；宁夏银川、吴忠、中卫
	大于5次	广西贺州；西藏拉萨、日喀则、林芝、山南、那曲、阿里；青海海西；新疆克孜勒苏柯尔克孜、喀什、和田
农村地区	小于1次	江苏南京、无锡、苏州；福建福州、厦门；山东青岛、潍坊、威海、日照；广东广州、深圳、珠海、佛山、江门、东莞、中山
	大于5次	河北秦皇岛、邯郸、保定、承德、沧州、衡水；山西大同、阳泉、长治、朔州、晋中、运城、忻州、临汾、吕梁；内蒙古呼伦贝尔、兴安、锡林郭勒；辽宁沈阳、抚顺、本溪、丹东、锦州、阜新、盘锦、铁岭、朝阳、葫芦岛；吉林长春、松原；安徽淮南、安庆、亳州；江西九江、新余、鹰潭、吉安、宜春、抚州；湖北十堰、黄冈、恩施；湖南邵阳、岳阳、张家界、郴州、怀化、湘西；广西桂林、梧州、玉林、百色、贺州、崇左；海南儋州；四川攀枝花、雅安、阿坝、凉山；贵州六盘水、遵义、毕节、铜仁、黔东南、黔南；云南文山；西藏拉萨、日喀则、昌都、林芝、山南、那曲、阿里；陕西延安、安康、商洛；甘肃金昌、天水、张掖、庆阳、定西、陇南、临夏、甘南；青海海东、果洛；新疆博尔塔拉、阿克苏、克孜勒苏柯尔克孜、喀什、和田、伊犁哈萨克、塔城

注：1.表中所有指标范围向下包含
2.表中地级行政区排名不分先后

第五节 全国50个主要城市供电可靠性

一、用户平均停电时间

全国50个主要城市（即4个直辖市、27个省会城市、5个计划单列市及其他14个GDP排名靠前的城市）⁸供电可靠性水平明显优于全国平均水平。50个主要城市用户数占全国总用户数的30.79%，用户总容量占全国用户总容量的44.81%。50个主要城市用户平均停电时间5.33小时/户，比全国平均值少5.93小时/户。其中，城市地区用户平均停电时间2.41小时/户，比全国平均值少2.48小时/户；农村地区用户

⁸ 因2021年度城市GDP排名变化，50个主要城市中江苏盐城替换为山东潍坊。

平均停电时间 7.44 小时/户，比全国平均值少 6.62 小时/户。

2021 年，北京、上海、广州、深圳、天津、厦门、青岛、南京、杭州、佛山的用户平均停电时间少于 1 小时/户，重庆、大连、沈阳、长春、哈尔滨、郑州、拉萨、兰州的用户平均停电时间超过 10 小时/户；北京、上海、广州、深圳、天津、厦门、青岛、南京、杭州、武汉、福州、苏州、绍兴、佛山、东莞的城市地区用户平均停电时间少于 1 小时/户，郑州、拉萨的城市地区用户平均停电时间超过 10 小时/户；深圳、佛山、杭州的农村地区用户平均停电时间少于 1 小时/户，重庆、大连、沈阳、长春、哈尔滨、南昌、郑州、长沙、拉萨、兰州、西宁的农村地区用户平均停电时间超过 10 小时/户。

2021 年，50 个主要城市中有 25 个城市的用户平均停电时间同比减少超过 10%，天津、西安、武汉的用户平均停电时间同比减少超过 30%，分别为 39.22%、39.17%、34.84%。17 个城市的用户平均停电时间同比增加，排在前四位的郑州、大连、沈阳、济南的用户平均停电时间同比增加超过 70%，分别为 365.04%、133.88%、113.69%和 73.80%。

2021 年主要城市用户平均停电时间分布情况见表 5-6。

表 5-6 2021 年主要城市用户平均停电时间分布情况

用户平均停电时间		城市
全口径	小于 1 小时	北京、上海、广州、深圳、天津、厦门、青岛、南京、杭州、佛山
	1-2 小时	济南、武汉、福州、苏州、绍兴、东莞
	2-5 小时	宁波、西安、合肥、海口、银川、常州、无锡、扬州、南通、徐州、泉州、潍坊、烟台
	5-10 小时	成都、石家庄、太原、呼和浩特、南昌、长沙、南宁、贵阳、昆明、西宁、乌鲁木齐、唐山、温州
	大于 10 小时	重庆、大连、沈阳、长春、哈尔滨、郑州、拉萨、兰州
城市地区	小于 1 小时	北京、上海、广州、深圳、天津、厦门、青岛、南京、杭州、武汉、福州、苏州、绍兴、佛山、东莞
	1-2 小时	宁波、济南、石家庄、太原、南宁、海口、常州、无锡、扬州、烟台
	2-5 小时	重庆、大连、沈阳、长春、成都、西安、合肥、长沙、贵阳、昆明、银川、乌鲁木齐、唐山、南通、徐州、温州、泉州、潍坊
	5-10 小时	哈尔滨、呼和浩特、南昌、兰州、西宁
	大于 10 小时	郑州、拉萨

用户平均停电时间		城市
农村地区	小于 1 小时	深圳、杭州、佛山
	1-2 小时	北京、上海、广州、天津、厦门、青岛、南京、福州、绍兴、东莞
	2-5 小时	宁波、济南、武汉、常州、无锡、苏州、扬州、徐州、泉州、潍坊、烟台
	5-10 小时	成都、西安、石家庄、太原、呼和浩特、合肥、南宁、海口、贵阳、昆明、银川、乌鲁木齐、唐山、南通、温州
	大于 10 小时	重庆、大连、沈阳、长春、哈尔滨、南昌、郑州、长沙、拉萨、兰州、西宁

注：1.表中所有指标范围向下包含。

2.表中城市排名不分先后。

二、用户平均停电频率

2021 年，50 个主要城市的用户平均停电频率 1.47 次/户，比全国平均值少 1.30 次/户。其中，城市地区的用户平均停电频率 0.68 次/户，比全国平均值少 0.56 次/户；农村地区的用户平均停电频率 2.05 次/户，比全国平均值少 1.40 次/户。

北京、上海、广州、深圳、天津、厦门、青岛、南京、杭州、武汉、福州、银川、常州、无锡、苏州、扬州、潍坊、佛山、东莞的用户平均停电频率少于 1 次/户，大连、沈阳、长春、拉萨、兰州、乌鲁木齐的用户平均停电频率超过 3 次/户；北京、上海、广州、深圳、天津、重庆、厦门、青岛、宁波、南京、杭州、济南、武汉、成都、西安、石家庄、太原、福州、南宁、贵阳、昆明、银川、唐山、常州、无锡、苏州、扬州、南通、绍兴、泉州、潍坊、烟台、佛山、东莞的城市地区用户平均停电频率少于 1 次/户，南昌、拉萨、兰州、乌鲁木齐的城市地区用户平均停电频率超过 2 次/户；北京、上海、广州、深圳、天津、厦门、青岛、南京、福州、无锡、苏州、潍坊、佛山、东莞的农村地区用户平均停电频率少于 1 次/户，重庆、大连、沈阳、长春、哈尔滨、合肥、南昌、长沙、南宁、海口、贵阳、拉萨、兰州、西宁、乌鲁木齐的农村地区用户平均停电频率超过 3 次/户。

2021 年，14 个城市的用户平均停电频率同比减少超过 10%，其中，7 个城市的用户平均停电频率同比减少超过 20%，太原、西安、拉萨、天津的用户平均停电频率同比减少超过 30%，分别为 42.37%、39.01%、30.46%、30.42%。27 个城市的用户平均停电频率同比增加，其中，沈阳、大连、济南、兰州、哈尔滨、青岛的用户平均停电频率增加超过 40%，分别为 255.85%、128.13%、119.17%、82.21%、75.16%、67.97%。

2021 年主要城市用户平均停电频率分布情况见表 5-7。

表 5-7 2021 年主要城市用户平均停电频率分布情况

用户平均停电频率		城市
全口径	小于 1 次	北京、上海、广州、深圳、天津、厦门、青岛、南京、杭州、武汉、福州、银川、常州、无锡、苏州、扬州、潍坊、佛山、东莞
	1-2 次	宁波、济南、成都、西安、太原、呼和浩特、郑州、长沙、昆明、南通、绍兴、温州、泉州、烟台
	2-3 次	重庆、哈尔滨、石家庄、合肥、南昌、南宁、海口、贵阳、西宁、唐山、徐州
	大于 3 次	大连、沈阳、长春、拉萨、兰州、乌鲁木齐
城市地区	小于 1 次	北京、上海、广州、深圳、天津、重庆、厦门、青岛、宁波、南京、杭州、济南、武汉、成都、西安、石家庄、太原、福州、南宁、贵阳、昆明、银川、唐山、常州、无锡、苏州、扬州、南通、绍兴、泉州、潍坊、烟台、佛山、东莞
	1-2 次	大连、沈阳、长春、哈尔滨、呼和浩特、合肥、郑州、长沙、海口、西宁、徐州、温州
	大于 2 次	南昌、拉萨、兰州、乌鲁木齐
农村地区	小于 1 次	北京、上海、广州、深圳、天津、厦门、青岛、南京、福州、无锡、苏州、潍坊、佛山、东莞
	1-2 次	宁波、杭州、济南、武汉、成都、西安、银川、常州、扬州、南通、绍兴、泉州、烟台
	2-3 次	石家庄、太原、呼和浩特、郑州、昆明、唐山、徐州、温州
	大于 3 次	重庆、大连、沈阳、长春、哈尔滨、合肥、南昌、长沙、南宁、海口、贵阳、拉萨、兰州、西宁、乌鲁木齐

注：1.表中所有指标范围向下包含
2.表中城市排名不分先后。

第六节 停电原因分析

2021 年，全国用户故障平均停电时间为 6.22 小时/户，预安排平均停电时间为 5.04 小时/户，分别占到总停电时间的 55.27%、44.73%；用户故障平均停电频率为 2.01 次/户，预安排平均停电频率为 0.76 次/户，分别占到总停电频率的 72.59%、27.41%。

2021 年故障、预安排停电指标见表 5-8。

表 5-8 2021 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
故障平均停电时间（小时/户）	6.22	55.27%	2.67	54.59%	7.78	55.38%
预安排平均停电时间（小时/户）	5.04	44.73%	2.22	45.41%	6.27	44.62%
故障平均停电频率（次/户）	2.01	72.59%	0.88	70.86%	2.51	72.87%
预安排平均停电频率（次/户）	0.76	27.41%	0.36	29.14%	0.94	27.13%
故障停电平均持续时间（小时/次）	3.63	—	3.43	—	3.71	—
预安排停电平均持续时间（小时/次）	6.88	—	6.49	—	7.09	—
故障停电平均用户数（户/次）	18.44	—	10.47	—	20.32	—
预安排停电平均用户数（户/次）	15.89	—	8.47	—	17.90	—

一、故障停电分析

（一）用户故障平均停电指标分析

2021 年，我国用户故障平均停电时间 6.22 小时/户，同比增加 6.49%；用户故障平均停电频率 2.01 次/户，同比增加 10.51%。其中城市、农村地区用户故障平均停电时间分别为 2.67 小时/户、7.78 小时/户，同比分别增加 18.41%、8.29%。城市地区用户故障平均停电频率 0.88 次/户，同比增加 13.63%；农村地区用户故障平均停电频率 2.51 次/户，同比增加 13.42%。

六个区域中，华中、西北、东北区域的故障平均停电时间高于全国平均值，华东区域故障平均停电时间最短，为 3.12 小时/户。西北、华北、东北、华中区域故障平均停电频率均高于全国平均值，华东区域故障平均停电频率最低，为 1.37 次/户。东北、华北、南方和西北区域的故障平均停电用户数高于全国平均值；华东区域故障平均停电用户数最少，为 9.70 户/次。南方、华中区域的故障平均停电持续时间高于全国平均值；华东区域故障平均停电持续时间最短，为 2.67 小时/户。

2021 年全国、各区域故障停电指标见表 5-9。

表 5-9 2021 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	
用户故障平均停电时间（小时/户）	全口径	6.22	5.95	6.24	3.12	8.75	8.56	6.00
	城市	2.67	2.18	2.99	1.62	4.40	3.66	1.71
	农村	7.78	7.39	7.62	3.93	10.81	9.95	7.92

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
用户故障平均停电频率 (次/户)	全口径	2.01	2.28	2.23	1.37	2.03	2.84	1.95
	城市	0.88	0.85	0.99	0.72	1.06	1.29	0.67
	农村	2.51	2.82	2.75	1.73	2.49	3.28	2.53
故障平均停电持续时间 (小时/户)	全口径	3.63	3.11	3.34	2.67	4.46	3.31	5.12
	城市	3.43	3.17	3.60	2.79	3.90	3.19	4.09
	农村	3.71	3.09	3.27	2.70	4.65	3.35	5.31
故障平均停电用户数 MIC-F (户/次)	全口径	18.44	30.67	31.46	9.70	14.33	20.27	27.65
	城市	10.47	14.79	15.64	7.95	8.50	10.48	16.63
	农村	20.32	34.53	35.93	10.05	15.79	22.44	29.02

(二) 故障停电次数分析

2021年，全国有31.84%的用户未发生过故障停电。在发生故障停电用户中，有近39.55%的用户故障停电1次，13.31%的用户故障停电次数在5次以上，3.69%的用户故障停电次数在10次及以上。

2021年用户故障停电次数分布见图5-12。

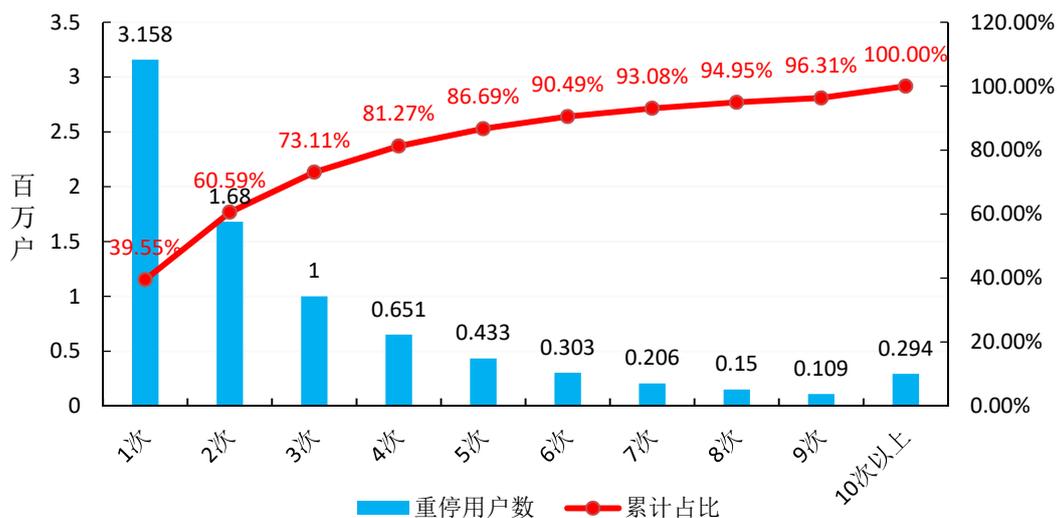


图 5-12 2021 年用户故障停电次数分布

(三) 故障停电持续时间分析

2021年，用户故障停电平均持续时间为3.63小时/次，同比增加0.04小时/次。

其中，城市地区用户故障停电平均持续时间为 3.43 小时/次，同比增加 0.17 小时/次；农村地区用户故障停电平均持续时间为 3.71 小时/次，同比增加 0.03 小时/次。其中，41.88%的故障停电能够在 1 小时以内排除并恢复供电；18.57%的故障停电能够在 2 小时以内排除并恢复供电；6.84%的故障停电恢复时间超过了 10 个小时。

2021 年故障停电持续时间占比见图 5-13。

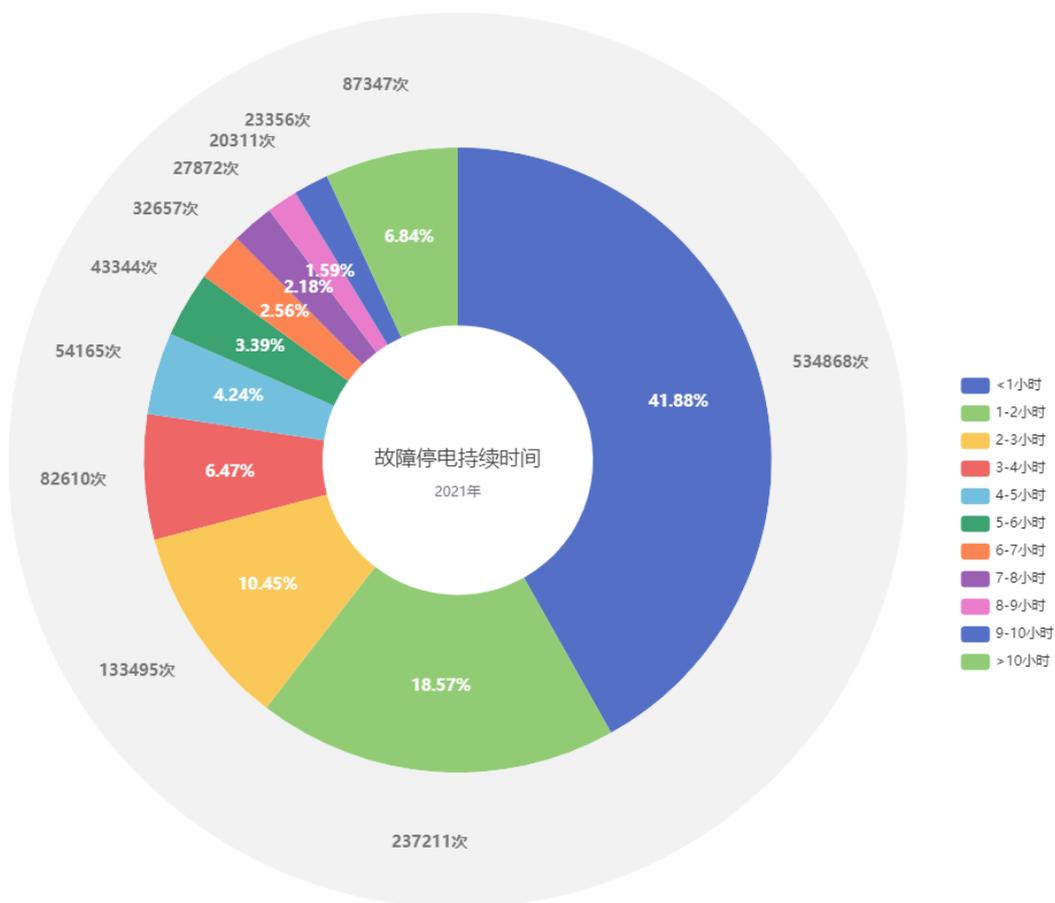


图 5-13 2021 年故障停电持续时间占比

（四）故障停电原因分析

2021 年，全国故障停电主要责任原因为：自然因素占 37.65%，引起用户故障平均停电时间为 2.34 小时/户，同比增加 0.33 小时/户；外力因素占 19.54%，引起用户故障平均停电时间为 1.22 小时/户，同比减少 0.03 小时/户，其中异物短路是主要原因；设备原因占 18.36%，引起用户故障平均停电时间为 1.14 小时/户，同比增加 0.15 小时/户，其中设备老化是主要原因。

2021 年故障停电原因占比见图 5-14。

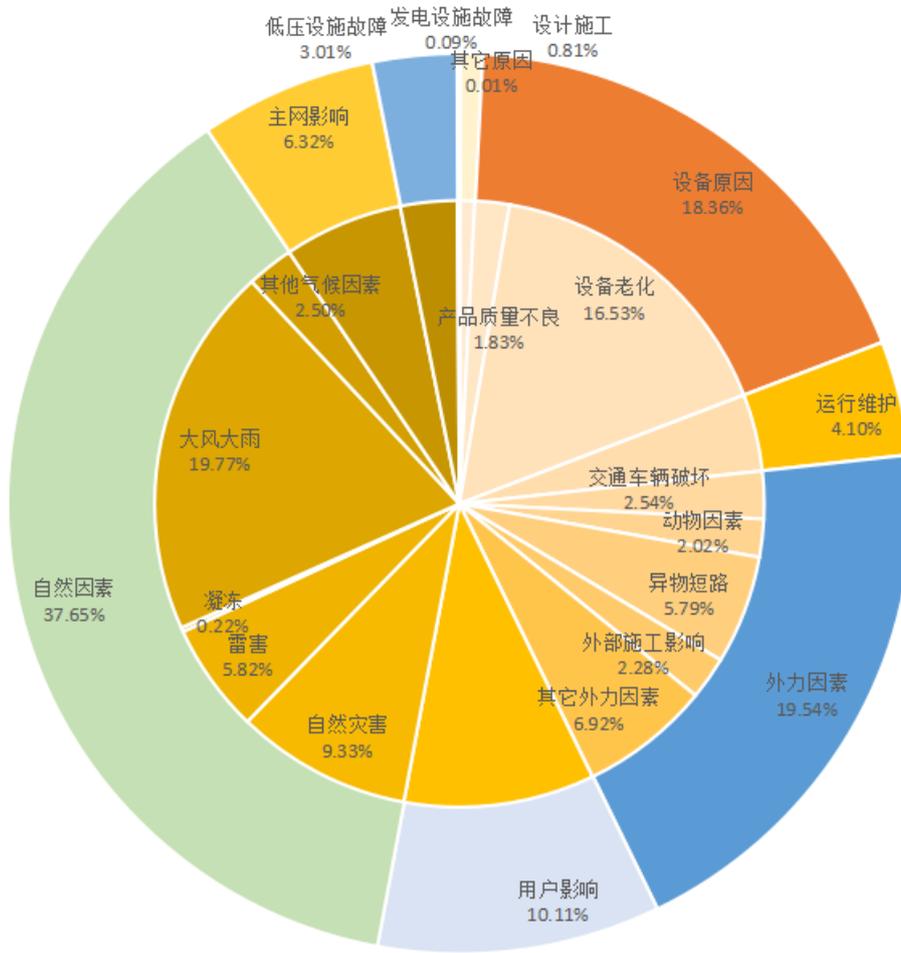


图 5-14 2021 年故障停电原因占比

（五）故障停电设施分析

2021 年，10 千伏配网架空线路、电缆线路、变压器、断路器四类主要设施中架空线路故障率为 9.84 次/100 千米·年，同比下降 5.18%；电缆线路故障率为 3.96 次/100 千米·年，同比下降 2.53%；变压器故障率为 0.40 次/100 台·年，同比增加 30%；断路器故障率为 0.50 次/100 台·年，同比增加 32%。

2017-2021 年配网四类主要设施故障率变化见图 5-15。

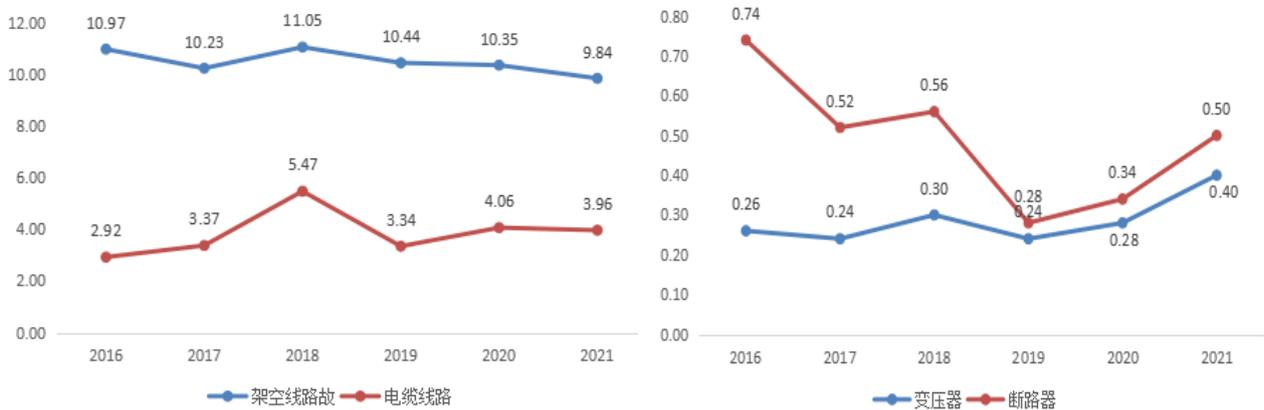


图 5-15 2017-2021 年配网四类主要设施故障率变化

二、预安排停电分析

(一) 用户预安排平均停电指标分析

2021 年，我国用户预安排平均停电时间为 5.04 小时/户，同比减少 16.34%；用户预安排平均停电频率为 0.76 次/户，同比减少 12.04%。其中城市地区的用户预安排平均停电时间为 2.22 小时/户，同比减少 13.57%；农村地区用户预安排平均停电时间为 6.27 小时/户，同比减少 14.32%；城市、农村地区用户预安排平均停电频率分别为 0.36 次/户、0.94 次/户，同比分别减少 9.57%、9.48%。

六个区域中，西北、东北、华中区域的预安排平均停电时间超过全国平均值；华东区域预安排平均停电时间最短，为 1.62 小时/户。西北、东北、华中区域预安排平均停电频率超过全国平均值；华东区域预安排平均停电频率最低，为 0.33 次/户。东北、华北、西北区域的预安排平均停电用户数超过全国平均值；华东区域预安排平均停电用户数最少，为 5.76 户/次。南方、华中、西北区域的预安排平均停电持续时间超过全国平均值；东北区域的预安排平均停电持续时间优于全国平均值，为 5.61 小时/户。

2021 年全国、各区域预安排停电指标见表 5-10。

表 5-10 2021 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
用户预安排 平均停电时间 (小时/户)	全口径	5.04	3.95	8.86	1.62	6.20	11.46	4.28
	城市	2.22	1.73	3.59	0.91	3.06	5.18	1.81
	农村	6.27	4.79	11.10	2.00	7.68	13.24	5.39
用户预安排 平均停电频率 (次/户)	全口径	0.76	0.59	1.65	0.33	0.85	1.50	0.60
	城市	0.36	0.28	0.64	0.18	0.47	0.80	0.26
	农村	0.94	0.71	2.08	0.41	1.03	1.70	0.75
预安排平均 停电持续时间 (小时/户)	全口径	6.88	6.75	5.61	5.96	7.15	7.03	8.63
	城市	6.49	6.27	5.77	5.68	6.70	6.65	7.98
	农村	7.09	6.94	5.59	6.13	7.41	7.15	8.90
预安排平均 停电用户数 (户/次)	全口径	15.89	28.21	36.92	5.76	14.39	22.15	12.53
	城市	8.47	13.28	16.47	4.47	7.57	11.63	7.53
	农村	17.90	33.48	42.23	6.10	16.28	24.89	13.41

(二) 预安排停电次数分析

2021 年，全国有 48.47% 的用户未发生预安排停电。在发生预安排停电用户中，有近 49.84% 的用户预安排停电 1 次；19.07% 的用户预安排停电次数在 5 次以上，17.31% 的用户预安排停电次数在 10 次及以上。

2021 年用户预安排停电次数分布见图 5-16。

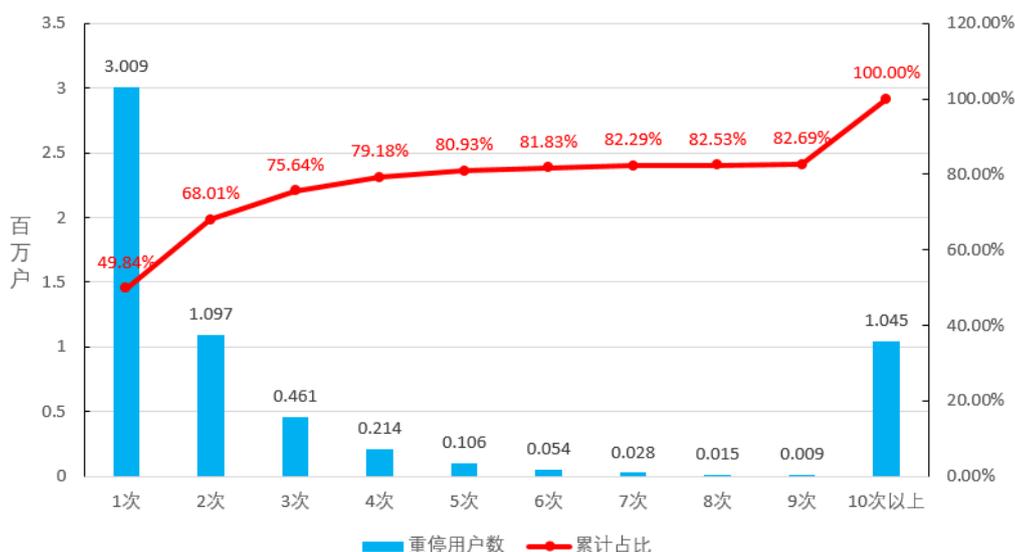


图 5-16 2021 年用户预安排停电次数分布

（三）预安排停电持续时间分析

2021年，预安排停电平均持续时间6.88小时/次，同比增加0.34小时/次。其中，城市地区预安排停电平均持续时间6.49小时/次，同比增加0.63小时/次；农村地区预安排停电平均持续时间7.09小时/次，同比增加0.34小时/次。其中，26.76%的预安排停电在1小时以内恢复供电；9.2%的预安排停电在2小时以内恢复供电；17.99%的预安排停电恢复时间超过10个小时。

2021年预安排停电持续时间占比见图5-17。

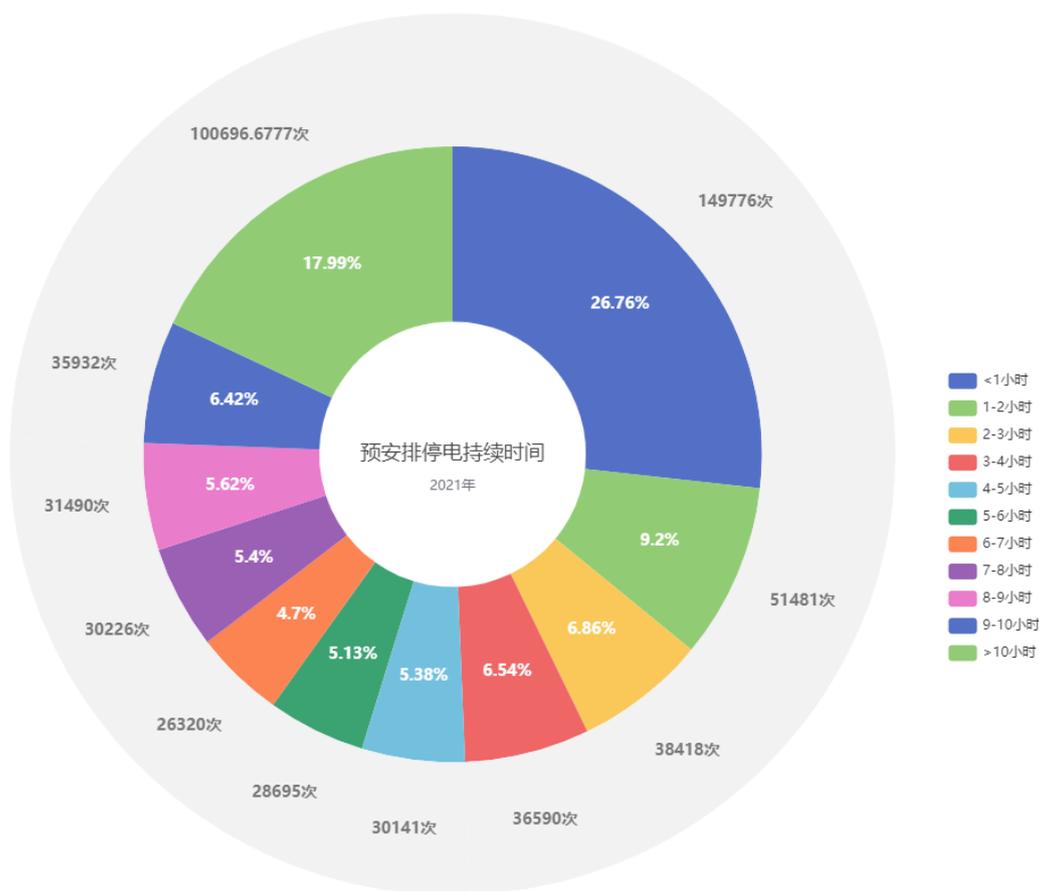


图 5-17 2021 年预安排停电持续时间占比

（四）预安排停电原因分析

2021年，全国预安排停电主要原因为：检修停电占55.72%，造成用户平均停电时间2.81小时/户，同比减少0.13小时/户；工程停电占34.73%，造成用户平均停电时间2.93小时/户，同比增加1.19小时/户；用户申请、调电、拉闸及低压作业引

起的停电占 9.55%，造成用户平均停电时间 0.48 小时/户，同比增加 0.31 小时/户。

2021 年预安排停电原因占比见图 5-18。

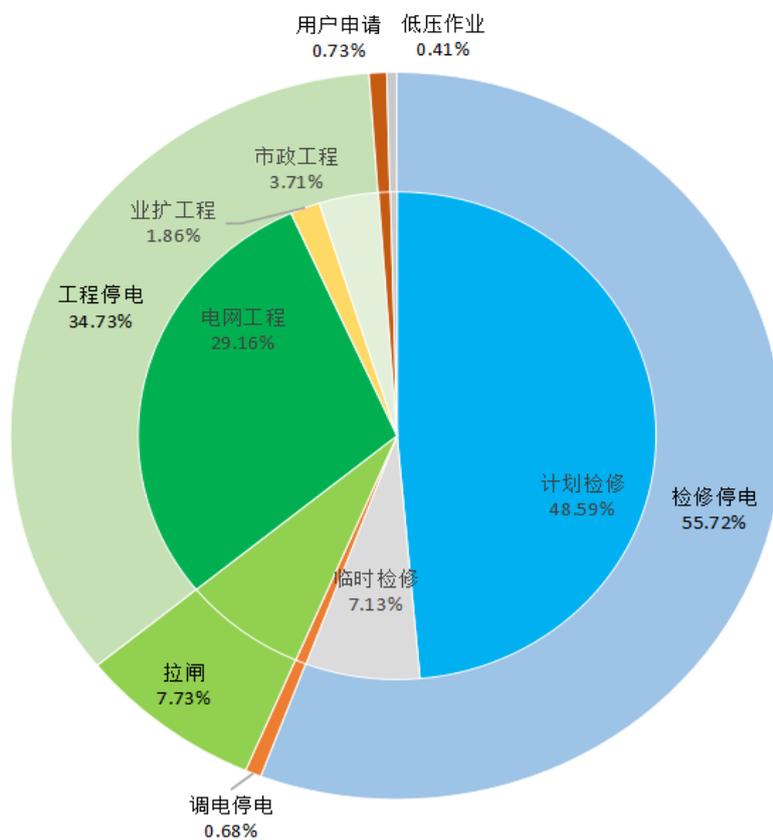


图 5-18 2021 年预安排停电原因占比

附表 1 2021 年火电 100MW 及以上容量机组运行主要可靠性指标

机组分类	机组容量 (MW)	台数	台年数	平均容量 (MW/台)	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	
					小时	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	
100-120MW	燃煤全部	8	8	102.5	6253.42	2110.91	0.88	322.24	0.63	73.43	0.63	73.43	0	95.48	1.15
	燃煤国产	8	8	102.5	6253.42	2110.91	0.88	322.24	0.63	73.43	0.63	73.43	0	95.48	1.15
125MW	燃煤全部	8	7.89	125	6222.55	2201.16	0.63	330.24	0.38	6.05	0.25	4.15	0	96.16	0.07
	燃煤国产	6	5.89	125	5925.31	2477.17	0.68	351.02	0.34	6.5	0.17	3.96	0	95.92	0.07
130-138MW	燃煤进口	2	2	125	7097.46	1388.73	0.5	269.08	0.5	4.73	0.5	4.73	0	96.87	0.07
	燃煤全部	41	41	135.15	5897	2093.85	0.8	466.18	1.17	302.97	0.95	254.01	45.97	90.7	4.88
140-150MW	燃煤国产	41	41	135.15	5897	2093.85	0.8	466.18	1.17	302.97	0.95	254.01	45.97	90.7	4.88
	燃煤全部	55	53.74	146.91	5341.91	2831.53	1.27	548.13	0.32	38.43	0.24	22.32	1.7	93.28	0.45
160-185MW	燃煤国产	55	53.74	146.91	5341.91	2831.53	1.27	548.13	0.32	38.43	0.24	22.32	1.7	93.28	0.45
	燃煤全部	11	11	163.64	4500.04	3968.82	0.55	280.46	0.09	10.67	0.09	10.67	0	96.68	0.23
100-199MW	燃煤国产	7	7	162.86	6159.28	2356.13	0.57	244.59	0	0	0	0	0	97.21	0
	燃煤进口	4	4	165	1634.09	6754.37	0.5	342.43	0.25	29.11	0.25	29.11	0	95.76	1.75
200MW	燃煤全部	123	121.62	140.17	5528.33	2640.61	0.98	469.72	0.61	121.35	0.49	97.85	15.74	93.07	2.08
	燃煤国产	117	115.62	139.58	5663.38	2491.66	1	478.04	0.62	126.93	0.5	102.11	16.62	92.9	2.12
200MW	燃煤进口	6	6	151.67	3135.01	5280.29	0.5	322.28	0.33	22.41	0.33	22.41	0	96.07	0.6
	燃煤全部	79	77.62	200	6352.79	1897.12	1.07	456.72	0.66	53.37	0.59	46.57	1.83	94.16	0.74
200MW	燃煤国产	78	76.62	200	6366.31	1877.08	1.08	462.68	0.65	53.94	0.59	47.05	1.85	94.08	0.75
	燃煤进口	1	1	200	5317.2	3432.67	0	0	1	10.13	1	10.13	0	99.88	0.19

机组分类	机组容量 (MW)	台数	台年数	平均容量 (MW/台)	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			
205-250MW	燃煤全部	46	42.86	215.76	5790.72	2326.87	1.12	536.29	0.61	106.12	0.51	76.35	9.19	92.56	1.28
	燃煤国产	44	40.86	215.57	5986.81	2126.23	1.13	535.54	0.64	111.42	0.54	80.16	9.46	92.51	1.3
	燃煤进口	2	2	220	1868.55	6340.18	1	551.27	0	0	0	0	3.82	93.66	0.2
200-299MW	燃煤全部	125	120.48	205.8	6143.05	2057.48	1.09	486.41	0.64	73.05	0.56	57.68	4.58	93.56	0.92
	燃煤国产	122	117.48	205.61	6227.86	1967.97	1.1	489.26	0.65	74.91	0.57	59.13	4.63	93.51	0.93
	燃煤进口	3	3	213.33	2946.25	5431.58	0.67	379	0.33	3.17	0.33	3.17	2.62	95.61	0.2
300MW	燃煤全部	308	307.23	300.06	6771.67	1264.75	0.99	610.41	0.65	113.17	0.5	69.7	9.08	91.64	1.09
	燃煤国产	302	301.23	300.07	6773.05	1258.03	0.99	615.01	0.65	113.91	0.5	70.66	9.22	91.57	1.11
	燃煤进口	6	6	300	6702.36	1602.25	0.83	379.41	0.83	75.99	0.33	21.38	2.23	94.78	0.32
310-329MW	燃煤全部	89	88.54	320.1	6640.81	1450.05	0.9	574.56	0.5	94.58	0.37	66.62	5.5	92.3	1.08
	燃煤国产	85	84.92	320.11	6654.49	1470.48	0.87	537.55	0.49	97.48	0.37	68.32	5.74	92.69	1.11
	燃煤进口	4	3.62	320	6319.82	970.43	1.66	1443.23	0.55	26.52	0.55	26.52	0	83.22	0.42
330-340MW	燃煤全部	269	268.47	330.37	6877.37	1174.21	0.96	624.38	0.61	84.04	0.53	61.06	13.52	91.76	0.97
	燃煤国产	268	267.47	330.37	6878.53	1174.73	0.95	622.38	0.62	84.36	0.53	61.29	13.57	91.78	0.97
	燃煤进口	1	1	330	6566.45	1033.83	2	1159.72	0	0	0	0	0	86.76	0
350-352MW	燃煤全部	224	223.81	350	7096.07	978.06	1.05	623.64	0.52	62.23	0.44	44.01	4.44	92.12	0.64
	燃煤国产	200	200	350	7093.53	953.91	1.07	644.49	0.57	68.06	0.49	48.73	4.96	91.81	0.71
	燃煤进口	24	23.81	350	7117.34	1180.89	0.88	448.51	0.13	13.26	0.04	4.32	0.07	94.73	0.06
360-399MW	燃煤全部	14	14	366.5	6676.67	1332.23	0.71	715.56	0.64	35.54	0.57	20.62	4.95	91.37	0.38

机组分类	机组容量 (MW)	台数	台年数	平均容量 (MW/台)	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
300-399MW	燃煤国产	6	6	363.33	6538.17	1357.82	1.17	839.26	0.67	24.75	0.67	24.75	11.66	90	0.56
	燃煤进口	8	8	368.88	6778.98	1313.33	0.38	624.18	0.63	43.5	0.5	17.56	0	92.38	0.26
	燃煤全部	904	902.05	324.46	6876.18	1179.71	0.98	616.56	0.59	87.55	0.48	59.04	8.76	91.86	0.93
	燃煤国产	861	859.62	323.52	6873.8	1176.57	0.99	618.96	0.61	90.67	0.5	61.57	9.21	91.79	0.97
500MW	燃煤进口	43	42.43	343.28	6921.69	1239.69	0.87	570.73	0.35	27.89	0.21	10.78	0.31	93.16	0.16
	燃煤全部	8	8	507.5	6530.67	1151.62	2.13	1015.74	0.88	61.97	0.5	26.49	0	87.7	0.41
	燃煤国产	6	6	510	6348.16	1267.31	2.5	1101.28	0.83	43.25	0.67	35.14	0	86.93	0.56
	燃煤进口	2	2	500	7089.15	797.61	1	754	1	119.24	0	0	0	90.03	0
600MW	燃煤全部	239	236.63	600	6760.52	1217.81	0.95	675.69	0.71	105.98	0.56	61.4	10.95	90.95	1.02
	燃煤国产	235	232.74	600	6754.39	1224.55	0.96	675.99	0.7	105.06	0.55	59.74	11.1	90.96	1
	燃煤进口	4	3.89	600	7127.61	813.97	0.51	657.41	1.03	161	1.03	161	1.8	90.64	2.23
	燃煤全部	96	95.83	634.15	7067.54	952.93	0.85	693.85	0.47	45.68	0.33	24.78	8.23	91.46	0.35
630-650MW	燃煤国产	92	91.83	634.33	7058.38	947.89	0.86	706.11	0.48	47.62	0.34	25.82	8.53	91.3	0.36
	燃煤进口	4	4	630	7279.19	1069.51	0.5	410.57	0.25	0.73	0.25	0.73	1.36	95.29	0.03
	燃煤全部	235	234.47	661.03	7111.57	971.85	0.92	614.16	0.57	62.42	0.41	40.23	7.14	92.19	0.59
	燃煤国产	232	231.47	661.05	7110.45	969.76	0.92	616.55	0.57	63.23	0.41	40.75	7.22	92.16	0.6
660-680MW	燃煤进口	3	3	660	7197.47	1133.06	0.67	429.47	0	0	0	0	0.89	95.09	0.01
	燃煤全部	570	566.93	630.91	6964.77	1066.25	0.92	652.12	0.61	76.87	0.46	46.01	8.84	91.58	0.72
	燃煤国产	559	556.04	630.99	6960.11	1067.53	0.93	655.07	0.61	77.29	0.46	45.83	8.98	91.54	0.72
	燃煤进口	11	11	660	7197.47	1133.06	0.67	429.47	0	0	0	0	0.89	95.09	0.01

机组分类	机组容量 (MW)	台数	台年数	平均容量 (MW/台)	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
	燃煤进口	11	10.89	627.27	7203.76	1000.68	0.55	500.32	0.46	55.24	0.46	55.24	1.37	93.64	0.81
	燃煤全部	10	10	700	7469.39	615.09	1	602.58	0.8	72.93	0.8	72.93	6.32	92.22	1.02
700MW	燃煤国产	6	6	700	7629.78	281.99	1.17	752.27	1	95.96	1	95.96	0	90.32	1.24
	燃煤进口	4	4	700	7228.8	1114.75	0.75	378.06	0.5	38.39	0.5	38.39	15.79	95.07	0.68
	燃煤全部	2	2	880	7032.04	1727.96	0	0	0	0	0	0	0	100	0
800MW	燃煤国产	2	2	880	7032.04	1727.96	0	0	0	0	0	0	0	100	0
	燃煤全部	2	2	900	7277.01	573.15	1	909.84	0	0	0	0	0	89.61	0
900MW	燃煤国产	2	2	900	7277.01	573.15	1	909.84	0	0	0	0	0	89.61	0
	燃煤全部	137	136.38	1011.67	7175.7	772.51	1	750.28	0.61	61.51	0.49	45.33	13.98	90.57	0.75
1000MW	燃煤国产	137	136.38	1011.67	7175.7	772.51	1	750.28	0.61	61.51	0.49	45.33	13.98	90.57	0.75
	燃煤全部	729	725.31	703.48	7026.6	981.87	0.95	679.53	0.61	72.01	0.47	45.72	10.06	91.31	0.73
500- 1000MW	燃煤国产	712	708.42	705.25	7022.91	981.24	0.96	683.52	0.61	72.33	0.47	45.72	10.17	91.26	0.73
	燃煤进口	17	16.89	629.41	7199.58	1011.62	0.65	491.98	0.53	56.82	0.41	45.61	5.04	93.68	0.69
	燃煤全部	1881	1869.46	451.42	6918.37	1115.39	0.98	647.82	0.6	78.42	0.48	51.74	9.57	91.6	0.91
100- 1000MW	燃煤国产	1812	1801.14	453.7	6921.97	1106.52	0.98	651.79	0.61	79.72	0.49	52.62	9.81	91.54	0.93
	燃煤进口	69	68.32	391.46	6808.24	1386.75	0.78	526.4	0.4	38.61	0.28	24.83	2.24	93.52	0.33
燃气轮 机组		239	238.91	292.89	4044.38	4060.3	1.18	635.33	0.33	19.99	0.27	11.2	7.79	92.43	0.23

附表 2 2021 年水电 40MW 及以上容量机组运行主要可靠性指标

序号	机组分类	机组容量 (MW)	台数 (台)	台年数	平均容量	可用小时 (小时/台年)		不可用小时及次数				降低出力等效停运小时 (小时/台年)	等效可用系数 (%)	等效强迫停运率 (%)		
						运行	备用	计划停运		非计划停运					强迫停运	
								次数	小时	次数	小时					次数
1		全部	117	116.50	259.04	3141.69	4757.68	6.46	839.68	0.94	20.95	0.70	3.52	0	90.18	0.11
2	抽水蓄能机组	40-99MW	11	11	63.55	5248.21	2975.74	6	529.29	0.73	6.76	0.73	6.76	0	93.88	0.12
3		100-199MW	6	5.50	150	2330.38	5307.92	7.28	1119.59	0.36	2.10	0.36	2.10	0	87.20	0.09
4		200-299MW	29	29	237.93	2752.79	5266.30	5.62	740.11	0.31	0.80	0.24	0.50	0	91.54	0.02
5		300MW 及以上	71	71	307.17	3227.88	4633.07	6.82	870.55	1.28	28.49	0.92	4.43	0	89.74	0.14
6		全部	150	148.51	102.81	5648.36	2420.53	1.24	677.75	0.18	13.36	0.05	10.46	0	92.11	0.31
7	水电轴流机组	40-99MW	75	75	58.83	5136.52	2921.2	1.2	666.22	0.28	36.07	0.07	34.41	0	91.98	0.63
8		100-199MW	68	66.92	141.31	6120.04	1930.82	1.23	704.53	0.07	4.62	0.04	0.73	0	91.9	0.02
9		200-299MW	7	6.59	200	3979.92	4255.73	1.82	524.35	0	0	0	0	0	94.01	0
10		全部	806	802.03	239.07	5174.94	2948.67	1.24	608.36	0.1	28.02	0.07	25.38	10.74	92.61	0.41
11	水电混流机组	40-99MW	334	333.13	60.81	4672.87	3575.67	1.16	506.81	0.04	4.64	0.02	3.33	100.83	93.01	0.07
12		100-199MW	132	130.93	136.51	4337.07	3838.36	1.29	581.9	0.15	2.67	0.1	2.1	0.02	93.33	0.04
13		200-299MW	106	105.56	231.79	4715.74	3497.93	1.32	544.44	0.09	1.89	0.06	0.84	0.48	93.76	0.02
14		300MW 及以上	234	232.41	554.67	5457.65	2622	1.29	640.15	0.17	40.19	0.13	36.74	0	92.23	1.14
15	全部	40MW 及以上	1073	1067.04	222.2	4945.77	3145.72	1.81	642.33	0.2	26.18	0.14	21.63	8.68	92.27	0.37

附表 3 2021 年风电机组运行主要可靠性指标

机组容量 (MW)	台数 (台)	台年数	平均容量 (MW/台)	可用小时 (小时/台年)		不可用小时及次数 (小时/台年) (次/台年)			
				运行*	备用	计划停运		非计划停运	
						次数	小时	次数	小时
1 以下	4383	4362.60	0.80	8644.73	45.67	2.05	35.88	2.22	33.72
1-1.49	787	786	1.21	8613.28	20.21	3.56	80.31	1.68	46.20
1.50-1.99	27651	27614.98	1.50	8651.48	46.76	2.93	35.29	1.47	26.47
2-2.49	12273	12272.74	2.03	8639.83	34.6	2.85	52.26	1.71	33.31
2.50 及以上	3862	3862	2.94	8625.78	70.31	2.62	37.26	0.91	26.65
全部	48956	48898.31	1.68	8643.67	45.98	2.81	41.25	1.56	29.10

附表 4 2021 年全国 220 千伏及以上电压等级架空线路、变压器、电抗器、电抗器、断路器、
13 类输变电设施可靠性综合指标

设施类型	电压等级 (千伏)	设施总数/ 线路全长 *1	统计百台 (段、套、千米) 年数	强迫 停运率 *2	可用系数 (%)	非计划 停运次数 (次)	非计划 停运时间 *3	计停次数 (次)	计划停电 时间 *3
架空线路	综合	8387.626	8250.618	0.046	99.466	436	0.170	4698	44.029
架空线路	220	4760.534	4739.777	0.053	99.763	285	0.158	3632	20.436
架空线路	330	352.957	351.072	0	99.702	0	0	99	26.099
架空线路	400	8.458	8.458	0	100	0	0	0	0
架空线路	500	2387.977	2305.202	0.055	99.354	146	0.279	848	54.281
架空线路	660	26.667	26.667	0	98.006	0	0	2	174.633
架空线路	750	253.741	247.843	0.008	99.602	2	0.011	51	34.305
架空线路	800	440.086	418.762	0.002	96.849	1	0	27	240.265
架空线路	1000	157.206	152.836	0.013	98.602	2	0.030	39	119.985
变压器	综合	21696	213.696	0.197	99.630	76	0.342	5099	31.715
变压器	220	13917	138.116	0.21	99.685	50	0.140	3402	27.197
变压器	330	607	5.920	0.338	99.591	2	0.012	123	35.812
变压器	500	6471	62.980	0.064	99.543	17	0.821	1338	38.675
变压器	660	6	0.060	0	100	0	0	0	0
变压器	750	451	4.344	0.921	99.509	4	0.059	117	42.989
变压器	800	33	0.330	0	100	0	0	0	0
变压器	1000	211	1.946	1.542	98.895	3	0.838	119	95.856

设施类型	电压等级 (千伏)	设施总数/ 线路全长 *1	统计百台 (段、套、千米) 年数	强迫 停运率 *2	可用系数 (%)	非计划 停运次数 (次)	非计划 停运时间 *3	计停次数 (次)	计划停电 时间 *3
电抗器	综合	4520	44.363	0.406	99.761	20	0.690	533	20.007
电抗器	220	271	2.609	0	99.944	0	0	17	4.907
电抗器	330	245	2.455	0	99.997	0	0	2	0.235
电抗器	400	9	0.083	0	100	0	0	0	0
电抗器	500	2961	29.342	0.341	99.814	10	0.260	206	15.999
电抗器	750	677	6.499	0.462	99.676	3	0.031	149	28.176
电抗器	800	57	0.540	0	100	0	0	0	0
电抗器	1000	300	2.835	1.764	98.981	7	8.036	159	78.194
断路器	综合	52460	522.772	0.174	99.839	122	0.042	7623	13.957
断路器	220	40901	408.155	0.149	99.868	77	0.019	5197	11.425
断路器	330	2222	22.158	0.090	99.913	5	0.009	220	7.635
断路器	400	2	0.020	0	100	0	0	0	0
断路器	500	8623	85.727	0.233	99.715	31	0.155	1918	24.637
断路器	750	612	5.746	1.392	99.350	9	0.167	277	56.703
断路器	800	43	0.430	0	100	0	0	0	0
断路器	1000	57	0.536	0	99.443	0	0	11	48.77
电流互感器	综合	150409	1500.447	0.008	99.948	40	0.011	7965	4.511
电流互感器	220	123554	1235.306	0.006	99.960	25	0.003	5893	3.500
电流互感器	330	4299	42.910	0.023	99.942	1	0	274	5.038
电流互感器	400	25	0.233	0	100	0	0	0	0

设施类型	电压等级 (千伏)	设施总数/ 线路全长 *1	统计百台 (段、套、千米) 年数	强迫 停运率 *2	可用系数 (%)	非计划 停运次数 (次)	非计划 停运时间 *3	计停次数 (次)	计划停电 时间 *3
电流互感器	500	21927	217.135	0.018	99.882	14	0.056	1798	10.263
电流互感器	750	322	2.248	0	100	0	0	0	0
电流互感器	800	135	1.326	0	100	0	0	0	0
电流互感器	1000	147	1.289	0	100	0	0	0	0
电压互感器	综合	98443	971.698	0.016	99.945	21	0.002	5707	4.803
电压互感器	220	66061	655.040	0.011	99.974	10	0.001	2764	2.233
电压互感器	330	5949	58.496	0	99.955	0	0	276	3.943
电压互感器	400	1	0.010	0	100	0	0	0	0
电压互感器	500	24099	235.888	0.030	99.891	9	0.003	2128	9.515
电压互感器	750	1654	15.687	0.127	99.716	2	0.009	324	24.882
电压互感器	800	31	0.310	0	100	0	0	0	0
电压互感器	1000	648	6.267	0	99.376	0	0	215	54.027
隔离开关	综合	185111	1844.928	0.007	99.965	32	0.002	6001	3.078
隔离开关	220	155844	1555.460	0.006	99.977	23	0.002	3934	1.979
隔离开关	330	5136	51.119	0.039	99.959	4	0.002	204	3.577
隔离开关	400	8	0.090	0	100	0	0	0	0
隔离开关	500	22340	221.376	0.005	99.896	4	0.004	1544	9.015
隔离开关	750	1514	14.345	0.070	99.680	1	0	311	28.017
隔离开关	800	143	1.429	0	100	0	0	0	0
隔离开关	1000	126	1.109	0	99.797	0	0	8	17.825

设施类型	电压等级 (千伏)	设施总数/ 线路全长 *1	统计百台 (段、套、千米) 年数	强迫 停运率 *2	可用系数 (%)	非计划 停运次数 (次)	非计划 停运时间 *3	计停次数 (次)	计划停电 时间 *3
避雷器	综合	167085	1652.598	0.012	99.953	26	0.003	6939	4.145
避雷器	220	129870	1287.903	0	99.970	6	0	4056	2.623
避雷器	330	5784	56.869	0.106	99.933	6	0.004	220	5.842
避雷器	400	48	0.460	0	100	0	0	0	0
避雷器	500	27950	274.298	0.047	99.905	13	0.015	2005	8.222
避雷器	660	1	0.010	0	100	0	0	0	0
避雷器	750	2198	21.114	0.047	99.730	1	0.001	423	23.632
避雷器	800	461	4.547	0	100	0	0	0	0
避雷器	1000	773	7.397	0	99.397	0	0	235	52.167
耦合电容器	综合	7139	75.451	0.013	99.989	1	0	96	0.937
耦合电容器	220	6615	69.729	0.014	99.989	1	0	81	0.975
耦合电容器	330	92	1.252	0	99.991	0	0	9	0.775
耦合电容器	500	403	4.179	0	99.995	0	0	6	0.414
耦合电容器	660	1	0.010	0	100	0	0	0	0
耦合电容器	750	6	0.060	0	100	0	0	0	0
耦合电容器	800	22	0.220	0	100	0	0	0	0
阻波器	综合	12173	129.251	0.015	99.982	2	0.002	192	1.382
阻波器	220	9623	101.820	0	99.990	0	0	92	0.804
阻波器	330	591	6.604	0.151	99.916	1	0.001	45	6.431
阻波器	500	1955	20.787	0.048	99.963	1	0.011	55	2.612

设施类型	电压等级 (千伏)	设施总数/ 线路全长 *1	统计百台 (段、套、千米) 年数	强迫 停运率 *2	可用系数 (%)	非计划 停运次数 (次)	非计划 停运时间 *3	计停次数 (次)	计划停电 时间 *3
阻波器	750	4	0.04	0	100	0	0	0	0
电缆线路	综合	72.833	69.221	0.029	99.970	3	0.025	81	2.590
电缆线路	220	70.879	67.277	0.030	99.969	3	0.026	80	2.650
电缆线路	500	1.955	1.944	0	99.994	0	0	1	0.511
组合电器	综合	9616	74.399	0.024	99.955	88	0.014	10206	3.552
组合电器	220	6646	50.596	0.011	99.971	52	0.010	6068	2.014
组合电器	330	225	2.118	0.159	99.986	8	0.099	119	1.028
组合电器	500	2585	20.382	0.038	99.932	17	0.006	2853	5.94
组合电器	750	42	0.392	0.100	99.859	2	0.050	259	12.191
组合电器	1000	118	0.911	0.072	99.567	9	0.237	907	37.652
母线	综合	14240	141.626	0.148	99.947	22	0.384	816	4.211
母线	220	11662	116.379	0.180	99.960	21	0.467	580	3.044
母线	330	397	3.912	0	99.947	0	0	19	4.340
母线	500	2007	19.654	0	99.892	1	0.001	188	9.430
母线	750	108	1.035	0	99.765	0	0	21	20.615
母线	800	42	0.413	0	100	0	0	0	0

注：*1 架空线路、电缆线路单位为：百千米；其他设备单位为：台（套、段）。

*2 电缆线路单位为次/千米年，其他设备单位为次/百千米（台、套、段）年。

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

附表5 2021年全国直流输电系统运行可靠性主要指标

系统名称	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 (兆瓦时)
葛南	96.204	52.52	0	3.796	0	5369863
天广	96.709	35.49	0	3.291	0	5611964
龙政	99.988	46.16	0.012	0	1	12163917
江城	97.090	58.07	0	2.910	0	15302408
禄高肇	93.280	43.59	0.049	6.671	2	11487179
宜华	97.501	40.31	0.097	2.402	2	10623035
兴安	95.123	69.34	0	4.877	0	18271561
德宝	96.795	64.72	0	3.205	0	17055769
伊穆	98.444	44.54	0	1.556	0	11736053
银东	97.731	81.98	0	2.269	0	28805204
林枫	97.508	39.74	0	2.492	0	10471818
柴拉	93.469	48.50	0.031	6.500	1	2555990
牛从甲	96.834	48.03	0.067	3.099	1	13499718
牛从乙	96.901	53.41	0	3.099	0	15013916
金中	98.936	45.18	0	1.064	0	12699721
永富	96.080	37.72	0	3.920	0	9940540
楚穗	95.981	49.68	0.065	3.955	1	21761485
复奉	91.147	50.48	0.090	8.763	2	28299345

系统名称	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 (兆瓦时)
锦苏	96.579	57.38	0	3.421	0	36193633
天中	97.544	63.65	0	2.456	0	44607832
宾金	94.042	38.74	0	5.958	0	27151135
普侨	98.272	35.67	0.028	1.700	1	15621915
灵绍	97.476	71.94	0	2.524	0	50414028
祁韶	96.908	38.80	0.466	2.626	1	27192184
雁淮	97.170	40.77	0	2.830	0	28573743
鲁固	97.110	30.29	0.049	2.840	1	26534372
锡泰	97.769	21.22	0.050	2.182	2	18585306
新东	95.906	54.31	0.006	4.088	1	23786220
昭沂	98.065	36.37	0	1.935	0	31857221
吉泉	97.566	52.38	0	2.434	0	55066261
昆柳龙	94.883	32.41	0.103	5.015	1	22711557
青豫	91.804	21.61	0	8.196	0	15143395
灵宝	95.368	82.12	0	4.632	0	7985169
高岭	96.793	51.70	0	3.207	0	13585514
黑河	97.354	54.26	0	2.646	0	3565145
鲁西	96.073	26.50	0.187	3.740	2	6984327
宜昌	96.462	28.43	0.328	3.210	1	6227258
施州	96.202	26.58	0	3.798	0	5821640