

2023 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

2024 年 6 月

目 录

第一章 2023 年全国 100 兆瓦及以上火电机组、50 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 2023 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	11
第五节 200 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性.....	16
第六节 超临界及以上燃煤机组运行可靠性.....	19
第七节 燃气轮机组运行可靠性.....	19
第八节 燃煤机组备用时间分析.....	20
第九节 2022 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 按地区分类的燃煤机组运行可靠性.....	27
第十二节 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 2023 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.....	46
第一节 磨煤机运行可靠性.....	49
第二节 给水泵组运行可靠性.....	53
第三节 送风机运行可靠性.....	56
第四节 引风机运行可靠性.....	59
第五节 高压加热器运行可靠性.....	61
第六节 国产、进口辅助设备可靠性对比分析.....	64
第七节 燃煤机组环保系统和设施运行可靠性.....	66
第三章 2023 年全国 220 千伏及以上电压等级变压器、断路器、架空线路等输变电设施运行可靠性.....	69
第一节 2023 年全国输变电设施统计数量.....	69
第二节 输变电设施运行可靠性总体情况.....	70
第三节 变压器运行可靠性.....	72
第四节 断路器运行可靠性.....	84
第五节 架空线路运行可靠性.....	96
第四章 2023 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.....	111
第三节 强迫停运情况.....	121

第四节 计划停运情况	127
第五章 2023 年全国 10 千伏供电系统用户供电可靠性.....	132
第一节 全国供电可靠性总体情况	132
第二节 区域供电可靠性	135
第三节 省级行政区供电可靠性.....	137
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	147
第六节 停电原因分析	150
附表.....	159
附表 1 2023 年火电机组运行主要可靠性指标.....	159
附表 2 2023 年水电机组运行主要可靠性指标.....	163
附表 3 2023 年风电机组运行主要可靠性指标.....	164
附表 4 2023 年全国 220 千伏及以上电压等级架空线路、变压器、电抗器、断 路器等输变电设施可靠性综合指标	165
附表 5 2023 年全国直流输电系统运行可靠性主要指标	170
参考文献.....	173

第一章 2023 年全国 100 兆瓦及以上火电机组、 50 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 2023 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 2023 年电力可靠性统计的发电机组为 100 兆瓦及以上火电、50 兆瓦及以上水电和核电机组（本章均为此统计口径），共 3312 台，纳入 2023 年电力可靠性统计的新能源风电机组 63473 台，总装机容量 14.20 亿千瓦。2023 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，风电机组运行可靠性综合指标见附表 3。

一、纳入可靠性统计的发电机组构成

2023 年，纳入可靠性统计的火电机组 2200 台（含 265 台燃气轮机组），总装机容量 9.72 亿千瓦，占全国火电总装机容量的 69.93%；水电机组 1061 台，总装机容量为 2.74 亿千瓦，占全国水电总装机容量的 65.00%；核电机组 51 台，总装机容量为 0.53 亿千瓦，占全国核电总装机容量的 93.13%；风电机组总装机容量 1.21 亿千瓦，占全国风电总装机容量的 27.42%。

二、纳入可靠性统计的火电机组装机构成

2023 年，纳入可靠性统计的火电机组中燃煤机组 1935 台，总装机容量 8.95 亿千瓦，占纳入统计的火电机组装机容量的 92.08%；燃气轮机组 265 台，总装机容量 0.77 亿千瓦，占纳入统计的火电机组总装机容量的 7.92%。

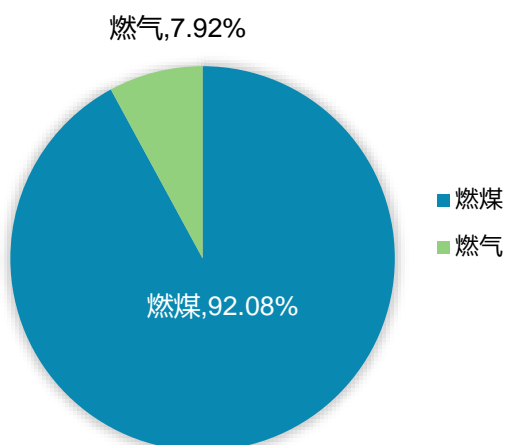


图 1-1 2023 年火电机组按类型分类装机容量构成

2023 年，纳入可靠性统计的 1000 兆瓦及以上容量机组 161 台，总容量 1.63 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 18.23%；600-699 兆瓦容量机组 594 台，总容量 3.75 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 41.94%；300-399 兆瓦容量机组 930 台，总容量 3.02 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 33.79%；200-299 兆瓦容量机组 115 台，总容量 0.24 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 2.64%；100-199 兆瓦容量机组 113 台，总容量 0.16 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 1.77%；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 1.63%。燃煤机组装机容量构成见图 1-2。

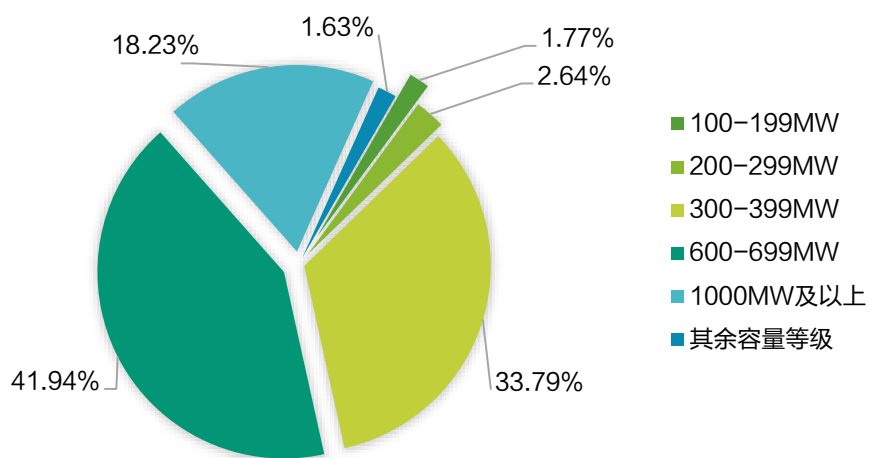


图 1-2 2023 年按机组容量分类的燃煤机组装机容量构成

三、纳入可靠性统计的水电机组装机容量构成

按机组类型分：2023 年纳入可靠性统计的轴流机组 141 台，总容量 0.15 亿千瓦，占统计水电机组装机容量的 5.47%；混流机组 755 台，总容量 2.15 亿千瓦，占统计水电机组装机容量的 78.47%；抽水蓄能机组 165 台，总容量 0.44 亿千瓦，占统计水电机组装机容量的 16.06%。水电机组装机容量构成见图 1-3。

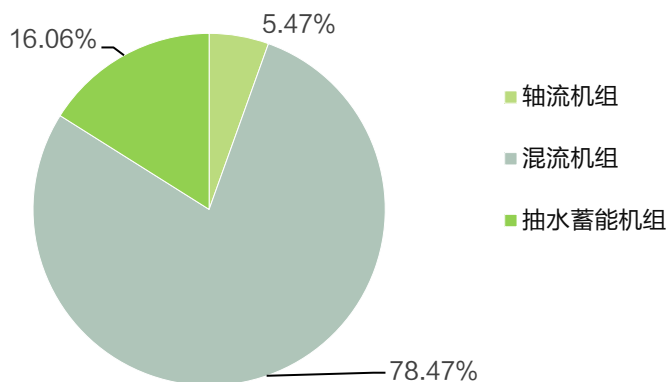


图 1-3 2023 年水电机组按类型分类装机容量构成

按单机容量分：50-99 兆瓦机组 326 台，总容量 0.21 亿千瓦，占统计水电装机容量的 7.67%；100-199 兆瓦机组 209 台，总容量 0.29 亿千瓦，占统计水电装机容量的 10.58%；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 12.04%；300-399 兆瓦机组 184 台，总容量 0.58 亿千瓦，占统计水电装机容量的 21.17%；400 兆瓦及以上容量机组 200 台，总容量 1.33 亿千瓦，占统计水电装机容量的 48.54%。水电机组装机容量见图 1-4。

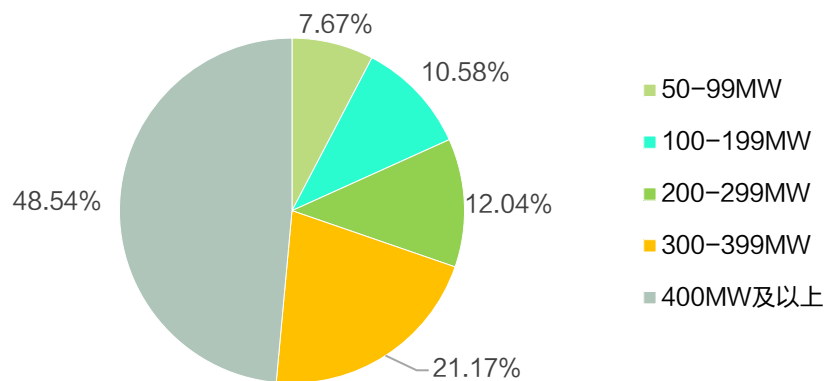


图 1-4 2023 年按机组容量分类的水电机组装机容量构成

第二节 1000 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

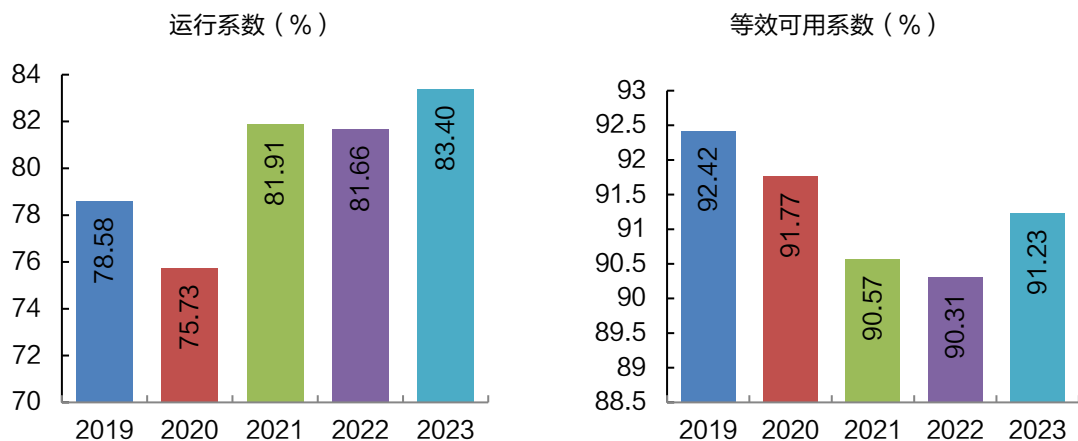
2023 年，纳入可靠性统计的 1000 兆瓦等级燃煤机组 161 台，均为国产机组，同比台数增加 12 台。

一、2019–2023 年 1000 兆瓦等级燃煤机组主要运行可靠性指标

2023 年，1000 兆瓦等级燃煤机组运行系数为 83.40%，同比上升 1.74 个百分点，主要因素是备用小时的减少；等效可用系数 91.23%，同比上升 0.92 个百分点，主要因素为台年平均计划停运时间减少；非计划停运共 68 次，其中强迫停运 59 次，分别同比减少 12 次、1 次；非计划停运时间共 9874.32 小时，同比增加 3343.35 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 2019–2023 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)
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
2022	149	81.66	90.31	0.51	0.54
2023	161	83.40	91.23	0.71	0.43



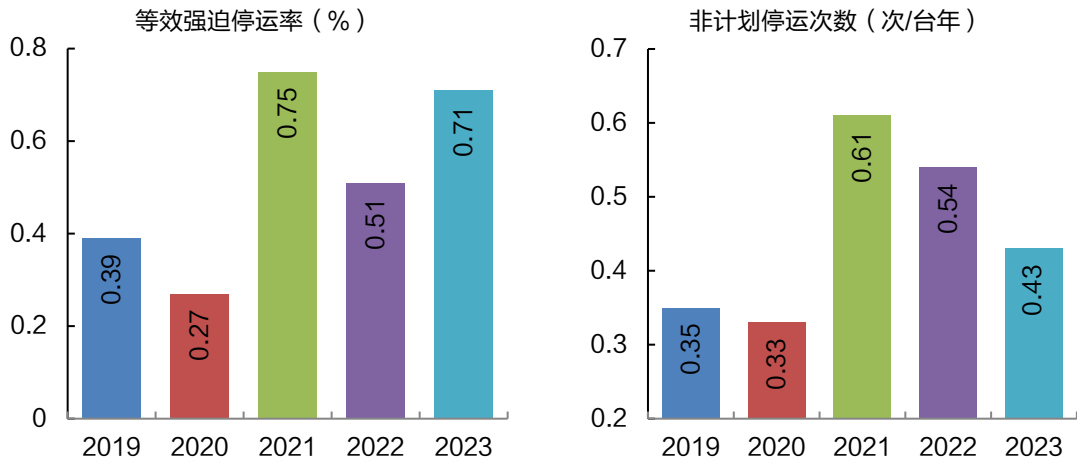


图 1-5 2019-2023 年 1000 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

二、主要设备等效非计划停运小时对机组等效可用系数的影响

表 1-2 2023 年 1000 兆瓦等级主要设备等效非计划停运小时对机组的影响

制造厂家		统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响机组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	61	24.28	2.2	0.28	0.03
	东方锅炉	57	26.67	0.00	0.30	0.00
	哈尔滨锅炉	32	32.54	7.66	0.37	0.09
	北京巴威	8	70.73	38.01	0.71	0.43
	美国巴威	3	0.00	0.00	0.00	0.00
汽机	上海汽机	99	7.91	5.09	0.09	0.06
	东方汽机	39	12.69	0.44	0.14	0.01
	哈尔滨汽机	19	6.87	0.00	0.08	0.00
	北重电	4	0.00	0.00	0.00	0.00
发电机	上海电机	98	2.92	1.96	0.03	0.02
	东方电机	39	56.81	56.81	0.65	0.65
	哈尔滨电机	19	1.45	0.00	0.02	0.00
	北重电	4	0.00	0.00	0.00	0.00
	上海西门子	1	0.00	0.00	0.00	0.00

全国 161 台 1000 兆瓦等级燃煤机组可靠性指标分布情况见表 1-3 及图 1-6，各区域全年可用且运行暴露率指标较好的机组见表 1-4。

表 1-3 2023 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	100	87.67	0.00	0.00	0.00
第 5% 值	100	98.41	81.23	0.00	0.00	0.00
第 25% 值	98.45	89.91	74.70	0.00	0.00	0.00
中位值	91.75	84.34	70.41	0.00	0.00	0.00
第 75% 值	87.71	78.46	65.65	0.27	1.00	19.88
末位值	64.29	51.44	7.60	38.64	5.00	2215.77
总平均值	91.23	83.40	69.37	0.71	0.43	61.95

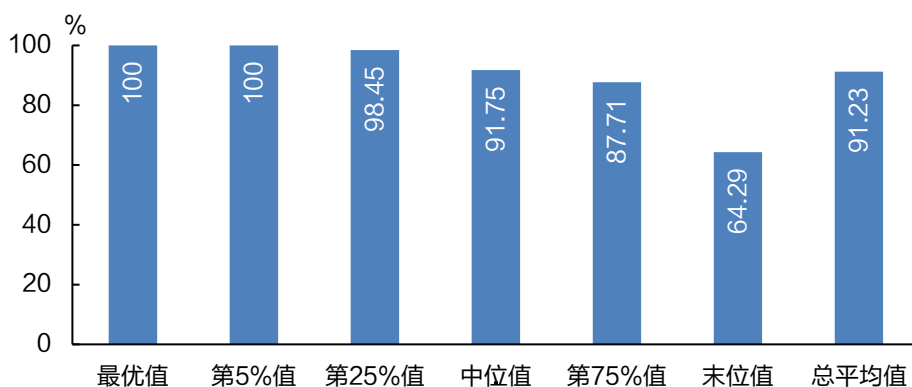


图 1-6 2023 年 1000 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数指标分布

表 1-4 2023 年各区域全年可用且运行暴露率指标较好的 1000 兆瓦等级燃煤机组

地区	机组名称	运行暴露率 (%)
华东	江苏常熟发电有限公司 5 号机组	100
	国能浙江宁海发电有限公司 5 号机组	100
	国家能源集团泰州发电有限公司 2 号机组	100
	华电江苏句容发电厂 2 号机组	100
	华能国际电力股份有限公司玉环电厂 4 号机组	99.62
	徐州华润彭城电厂 6 号机组	98.88
	国家能源集团泰州发电有限公司 4 号机组	98.06
	国能江苏谏壁发电有限公司 14 号机组	97.77
	浙江浙能中煤舟山煤电有限责任公司 2 号机组	96.06
南方	华能汕头海门发电有限责任公司 3 号机组	100

第三节 600 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

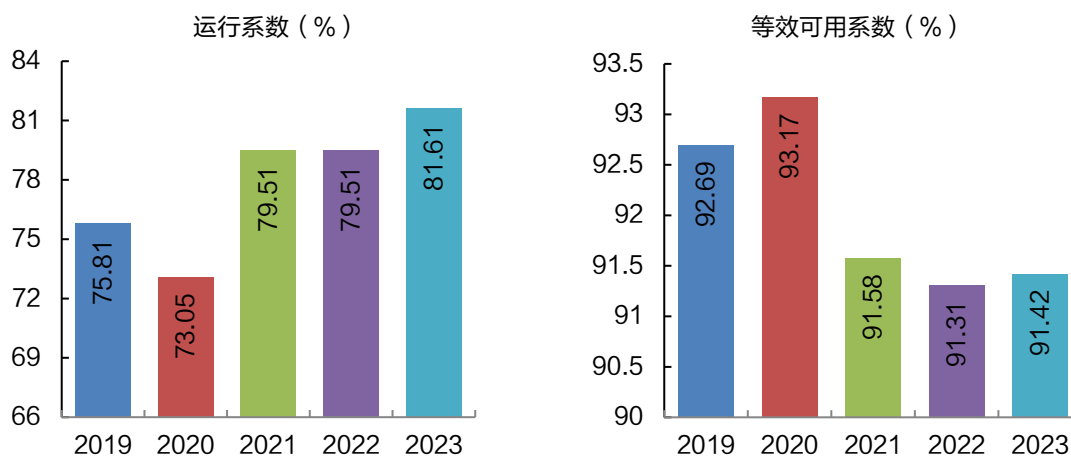
2023 年，纳入可靠性统计的 600 兆瓦等级燃煤机组 594 台，其中国产 562 台，进口 32 台。

一、2019-2023 年 600 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

2023 年，600 兆瓦等级燃煤机组运行系数为 81.61%，同比上升 2.10 个百分点，主要因素是备用小时的减少；等效可用系数为 91.42%，同比上升 0.11 个百分点，主要因素是台年平均非计划停运小时低于 2022 年。2023 年 600 兆瓦等级燃煤机组发生非计划停运总计 274 次，其中强迫停运 234 次，分别同比减少 68 次、26 次；非计划停运总时间为 33560.68 小时，同比减少 5767.96 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 2019-2023 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)
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
2022	576	79.51	91.31	0.72	0.60
2023	594	81.61	91.42	0.69	0.46



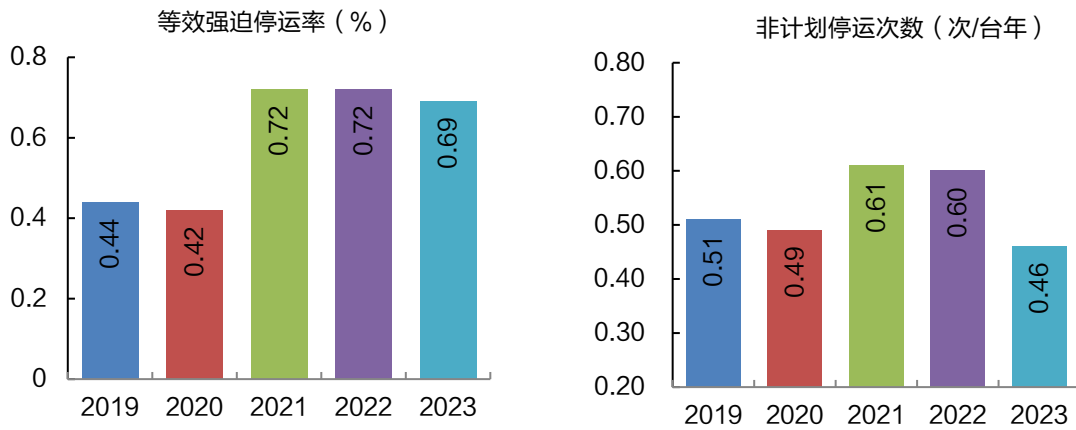


图 1-7 2019-2023 年 600 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

按投运年份分类，600 兆瓦等级燃煤机组投运时长 10 年-20 年的机组 414 台，占 600 兆瓦等级机组的 69.70%，平均等效可用系数 91.02%，低于 600 兆瓦等级燃煤机组平均等效可用系数 0.4 个百分点。具体见图 1-8。

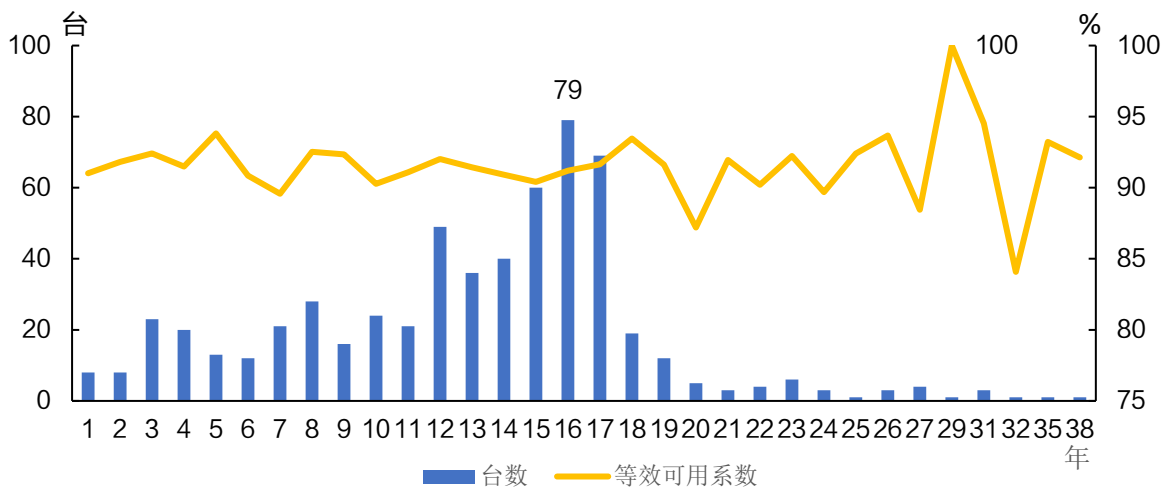


图 1-8 2023 年 600 兆瓦等级燃煤机组按投运年份和台数分类的平均等效可用系数

二、主要设备等效非计划停运小时对机组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 2023 年 600 兆瓦等级燃煤机组锅炉的等效非计划停运小时对机组的影响

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响机组等效可用系数的 百分点 (%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
哈尔滨锅炉	187	37.47	8.41	0.43	0.1
东方锅炉	173	31.10	2.18	0.36	0.02
上海锅炉	146	39.28	8.17	0.45	0.09
北京巴威	52	37.19	9.22	0.42	0.11
美国巴威	6	0.00	0.00	0.00	0.00

(二) 600 兆瓦等级燃煤机组的汽机

表 1-7 2023 年 600 兆瓦等级燃煤机组汽机的等效非计划停运小时对机组的影响

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响机组等效可用系数的 百分点 (%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
东方汽机	188	12.89	2.27	0.13	0.03
上海汽机	188	2.62	0.03	0.03	0.00
哈尔滨汽机	166	7.1	3.01	0.08	0.03
北重电	10	160.12	160.12	1.83	1.83
法国阿尔斯通	9	3.53	0.00	0.04	0.00
日本东芝	6	0.00	0.00	0.00	0.00
日本三菱	6	0.00	0.00	0.00	0.00
日本日立	5	0.00	0.00	0.00	0.00

(三) 600 兆瓦等级燃煤机组的发电机

表 1-8 2023 年 600 兆瓦等级燃煤机组发电机的等效非计划停运小时对机组的影响

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响机组等效可用系数的 百分点 (%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
东方电机	181	19.27	17.8	0.22	0.2
上海电机	177	0.16	0.14	0.00	0.00
哈尔滨电机	166	3.57	2.97	0.04	0.03
北重电	12	6.36	3.46	0.07	0.04

制造厂家	统计台数(台)	等效非计划停运小时(小时/台年)		影响机组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
日本三菱	7	0.00	0.00	0.00	0.00
德国西门子	6	0.00	0.00	0.00	0.00
法国阿尔斯通	6	0.00	0.00	0.00	0.00
日本东芝	6	0.00	0.00	0.00	0.00
东风电机厂	5	20.94	20.94	0.24	0.24
日本日立	5	0.00	0.00	0.00	0.00

全国 594 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，各区域全年可用且运行暴露率指标较好机组见表 1-10。

表 1-9 2023 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	90.22	0.00	0.00	0.00
第 5%值	100.00	96.25	78.52	0.00	0.00	0.00
第 25%值	95.94	88.87	71.65	0.00	0.00	0.00
中位值	92.42	83.13	66.70	0.00	0.00	0.00
第 75%值	87.85	75.55	61.78	0.12	1.00	12.10
末位值	45.70	40.54	35.00	28.91	5.00	2302.08
总平均值	91.42	81.61	66.08	0.69	0.46	56.67

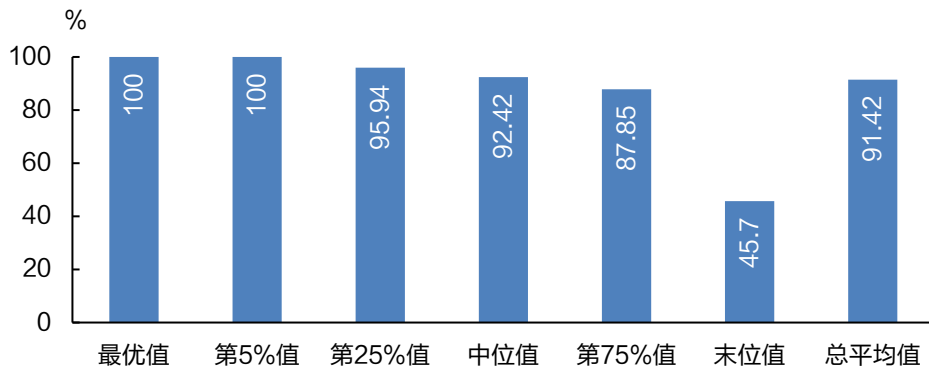


图 1-9 2023 年 600 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数指标分布

表 1-10 2023 年各区域全年可用且运行暴露率指标较好的 600 兆瓦等级燃煤机组

地区	机组名称	运行暴露率 (%)
华北	国能河北定州发电有限责任公司 1 号机组	100
	伊敏发电厂 5 号机组	99.92
	国能山西河曲发电有限公司 4 号机组	98.62
	内蒙古大唐国际托克托第二发电有限责任公司 5 号机组	98.25
	伊敏发电厂 6 号机组	97.94
	内蒙古大唐国际托克托第二发电有限责任公司 1 号机组	96.9
东北	华能吉林发电有限公司九台电厂 2 号机组	98.71
华东	华能太仓发电有限责任公司 3 号机组	100
	浙江浙能镇海发电有限责任公司 1 号机组	100
	国能浙江宁海发电有限公司 4 号机组	100
	华能太仓发电有限责任公司 5 号机组	100
	安徽淮南平圩发电有限公司 4 号机组	98.75
	国能陈家港发电有限公司 2 号机组	98.65
	浙江浙能北仑发电有限公司 4 号机组	97.79
	国家能源集团宿迁发电有限公司 3 号机组	97.75
华中	国能黄金埠发电有限公司 2 号机组	100
	国能孟津热电有限公司 2 号机组	100
西北	中煤哈密发电有限公司 2 号机组	96.85
	陕西国华锦界能源有限责任公司 5 号机组	99.65
	国网能源哈密煤电有限公司花园电厂 3 号机组	99.63

第四节 300 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

2023 年,纳入可靠性统计的 300 兆瓦等级燃煤机组共 930 台,其中国产 868 台,进口 62 台。

一、2019-2023 年 300 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

2023 年,300 兆瓦等级燃煤机组运行系数为 80.05%,同比上升 1.25 个百分点,主要因素是备用小时的减少;等效可用系数 92.19%,同比上升 0.08 个百分点,主要

因素是非计划停运时间减少,2023年300兆瓦等级燃煤机组非计划停运总计411次,其中强迫停运359次,非计划停运次数同比减少25次,强迫停运次数同比增加25次;非计划停运总时间为44884.40小时,同比减少1656.56小时。具体见表1-11及图1-10。

表 1-11 2019-2023 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)
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
2022	924	78.80	92.11	0.48	0.47
2023	930	80.05	92.19	0.51	0.44

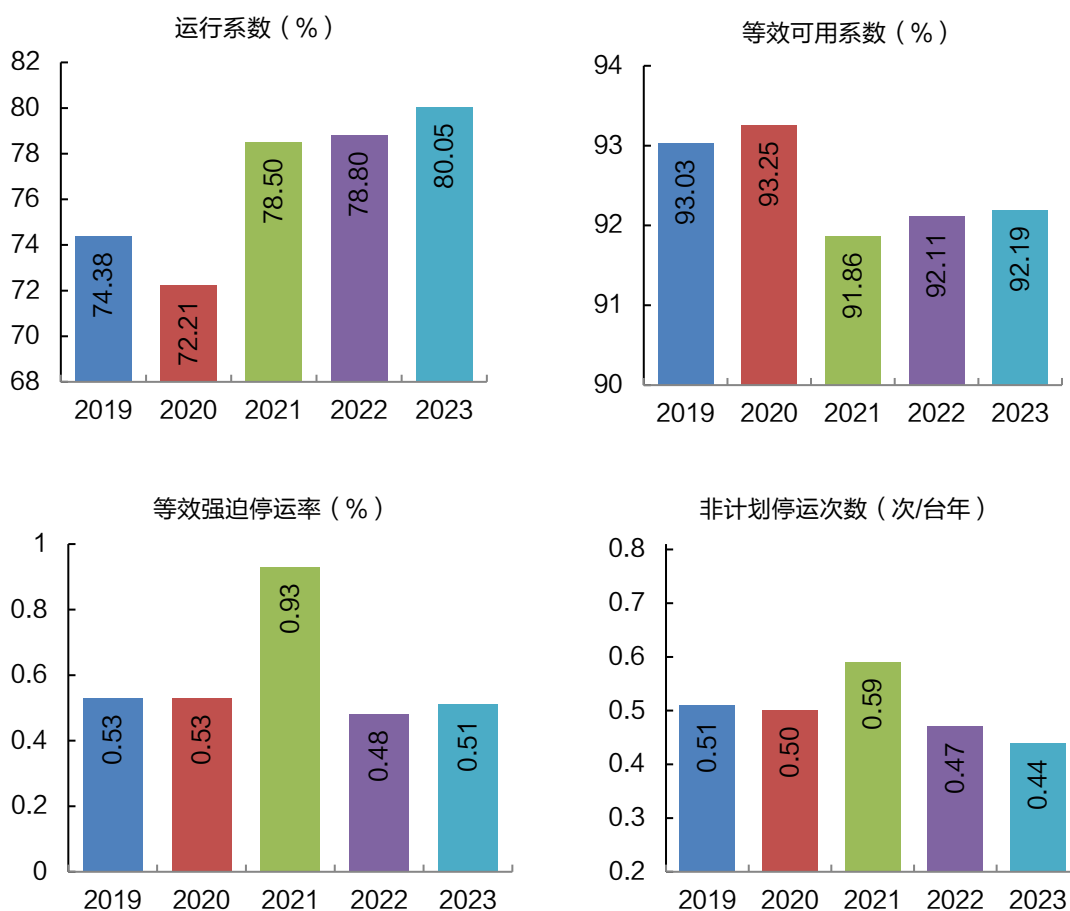


图 1-10 2019-2023 年 300 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

按投运年份分类，投运年份在 30 年以上的 300 兆瓦等级燃煤机组 58 台；投运 15 年以上 300 兆瓦等级燃煤机组 530 台，占 300 兆瓦等级燃煤机组的 56.99%，平均等效可用系数 93.13%，高于全部 300 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数 0.94 个百分点。300 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数 92.19%，高于全国纳入可靠性统计的燃煤机组平均水平。具体见图 1-11。

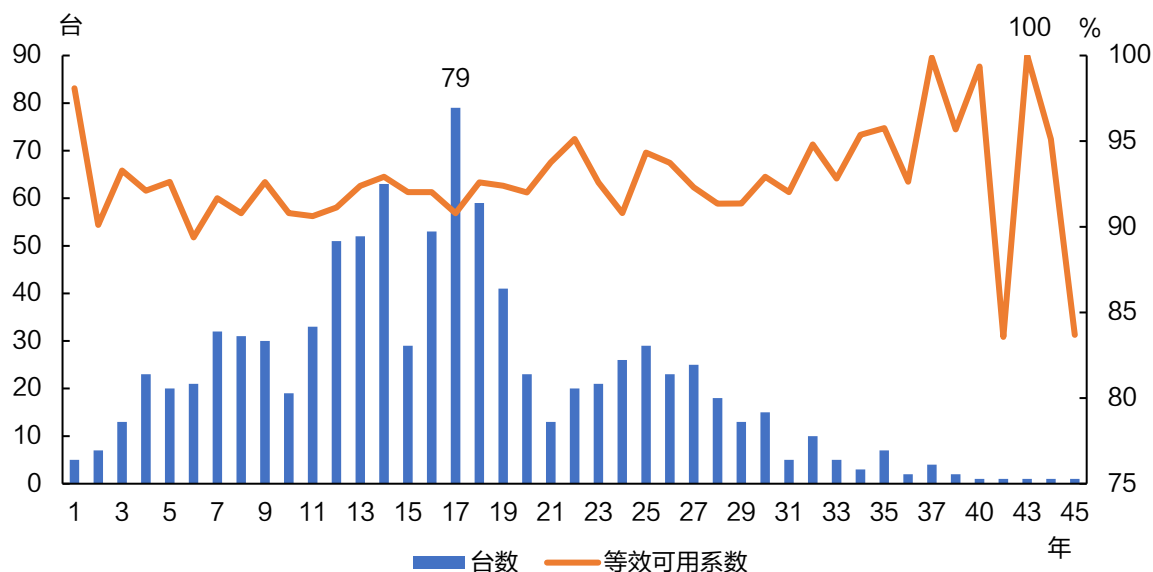


图 1-11 2023 年 300 兆瓦等级燃煤机组按投运年份和台数分类的平均等效可用系数

二、主要设备等效非计划停运小时对机组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 2023 年 300 兆瓦等级燃煤机组锅炉的等效非计划停运小时对机组的影响

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响机组等效可用系数的百分点 (%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
东方锅炉	257	66.48	12.43	0.76	0.14
哈尔滨锅炉	253	30.36	0.59	0.35	0.01
上海锅炉	239	22.91	2.09	0.26	0.02
北京巴威	68	50.8	2.31	0.58	0.03
武汉锅炉	47	10.63	3.75	0.12	0.04

制造厂家	统计台数(台)	等效非计划停运小时(小时/台年)		影响机组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
美国阿尔斯通	14	5.02	0.00	0.06	0.00
日本三菱	12	0.19	0.00	0.00	0.00
三井巴布科克	6	0.00	0.00	0.00	0.00

(二) 300兆瓦等级燃煤机组的汽机

表 1-13 2023 年 300 兆瓦等级燃煤机组汽机的等效非计划停运小时对机组的影响

制造厂家	统计台数(台)	等效非计划停运小时(小时/台年)		影响机组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	296	3.09	0.59	0.04	0.01
东方汽机	274	12.53	1.18	0.14	0.01
哈尔滨汽机	222	11.9	3.48	0.14	0.04
北重电	69	2.61	0.00	0.03	0.00
西门子	11	1.02	0.00	0.01	0.00
日本三菱	11	5.45	0.00	0.06	0.00
意大利安萨尔多	6	0.67	0.00	0.01	0.00
法国阿尔斯通	6	3.7	0.00	0.04	0.00
美国西屋	6	2.3	0.00	0.03	0.00
日本日立	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 2023 年 300 兆瓦等级燃煤机组发电机的等效非计划停运小时对机组的影响

制造厂家	统计台数(台)	等效非计划停运小时(小时/台年)		影响机组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	302	0.59	0.00	0.01	0.00
东方电机	253	1.63	1.47	0.02	0.02
哈尔滨电机	220	2.7	1.60	0.03	0.02
北重电	64	3.3	0.00	0.04	0.00
济发设备	16	1.79	0.57	0.02	0.01

制造厂家	统计台数(台)	等效非计划停运小时(小时/台年)		影响机组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
日本三菱	11	0.76	0.00	0.01	0.00
德国西门子	11	0.00	0.00	0.00	0.00
英国通用电气	6	0.00	0.00	0.00	0.00
美国西屋	6	0.00	0.00	0.00	0.00
意大利安萨尔多	6	0.00	0.00	0.00	0.00

全国 930 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，各区域全年可用且运行暴露率指标较好机组见表 1-16。

表 1-15 2023 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	100.00	0.00	0.00	0.00
第 5% 值	100.00	95.27	78.88	0.00	0.00	0.00
第 25% 值	95.37	89.09	70.34	0.00	0.00	0.00
中位值	93.15	83.49	65.10	0.00	0.00	0.00
第 75% 值	89.30	74.87	60.21	0.07	1.00	6.48
末位值	61.58	0.00	0.00	21.03	8.00	2022.42
总平均值	92.19	80.05	64.91	0.51	0.44	47.43

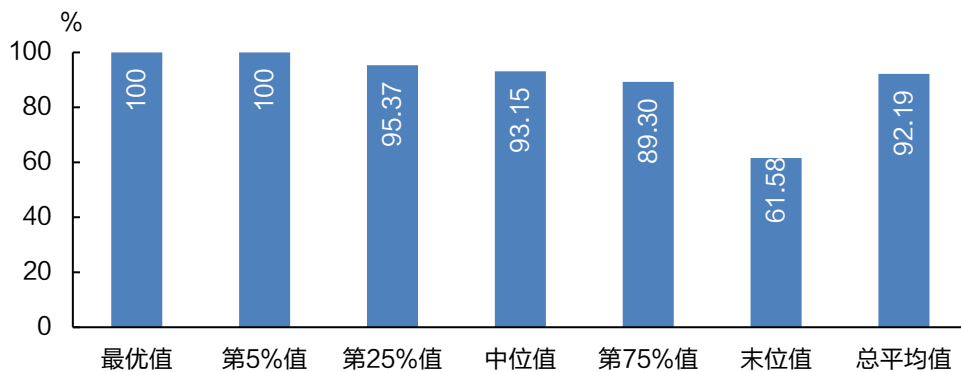


图 1-12 2023 年 300 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数指标分布图

表 1-16 2023 年各区域全年可用且运行暴露率指标较好的 300 兆瓦等级燃煤机组

地区	机组名称	运行暴露率 (%)
华北	内蒙古国华准格尔发电有限责任公司 3 号机组	100
	国家电投集团内蒙古白音华煤电有限公司铝电分公司 自备电厂 1 号机组	100
	内蒙古蒙达发电有限责任公司 3 号机组	99.95
	三河发电有限责任公司 1 号机组	98.54
	内蒙古蒙达发电有限责任公司 5 号机组	98.29
	大唐国际发电股份有限公司张家口发电分公司 1 号机组	98.18
	阳城国际发电有限责任公司 2 号机组	97.99
	阳城国际发电有限责任公司 1 号机组	97.87
	神华神东电力山西河曲发电有限公司 1 号机组	97.34
东北	华能国际电力股份有限公司大连电厂 2 号机组	100
	华能(大连)热电有限责任公司 3 号机组	100
华东	浙江浙能嘉华发电有限公司 2 号机组	100
	淮河能源控股集团有限责任公司洛河 4 号机组	99.65
	国能(泉州)热电有限公司 1 号机组	97.75
	国能浙江舟山发电有限责任公司 4 号机组	97.74
西北	国能中卫热电有限公司 1 号机组	100
南方	国能(肇庆)热电有限公司 2 号机组	100
	国能广投柳州发电有限公司 2 号机组	100
	华能海南发电股份有限公司东方电厂 1 号机组	100
	贵州黔西中水发电有限公司 1 号机组	97.7

第五节 200 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

2023 年，纳入可靠性统计的 200 兆瓦燃煤机组共 115 台，其中国产 109 台，进口 6 台。

一、2019-2023 年 200 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

2023 年，200 兆瓦等级燃煤机组台数同比减少，机组平均运行系数 68.33%，同比上升 3.6%；机组平均等效可用系数 94.43%，同比上升 0.75 个百分点，主要因素是

机组平均计划停运小时下降 63.07 小时，非计划停运次数同比下降 0.01 次/台年，等效强迫停运率同比下降 0.04 个百分点。具体见表 1-17 及图 1-13。

表 1-17 2019-2023 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)
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
2022	128	64.73	93.68	0.68	0.46
2023	115	68.33	94.43	0.64	0.45

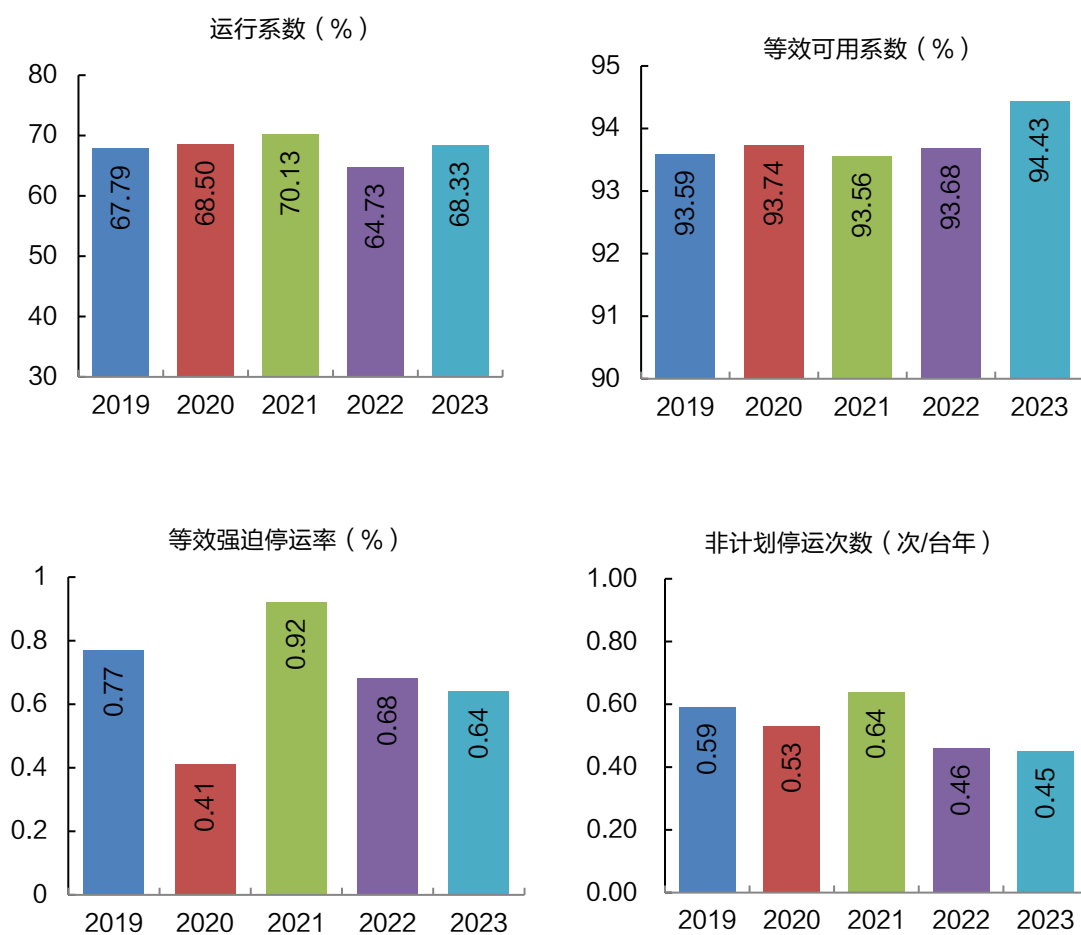


图 1-13 2019-2023 年 200 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标趋势

二、主要设备等效非计划停运小时对机组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 2023 年 200 兆瓦等级燃煤机组锅炉的等效非计划停运小时对机组的影响

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响机组等效可用系数的 百分点 (%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
哈尔滨锅炉	44	25.23	3.02	0.29	0.03
东方锅炉	27	67.04	7.24	0.77	0.08
武汉锅炉	19	30.42	0.00	0.35	0.00
无锡锅炉	7	2.21	0.00	0.03	0.00
上海锅炉	6	74.4	0.00	0.85	0.00

(二) 200兆瓦等级燃煤机组的汽机

表 1-19 2023 年 200 兆瓦等级燃煤机组汽机的等效非计划停运小时对机组的影响

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响机组等效可用系数的 百分点 (%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
哈尔滨汽机	70	2.9	1.64	0.03	0.02
东方汽机	24	0.59	0.13	0.01	0.00
北重电	11	15.68	0.00	0.18	0.00

(三) 200兆瓦等级燃煤机组的发电机

表 1-20 2023 年 200 兆瓦等级燃煤机组发电机的等效非计划停运小时对机组的影响

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响机组等效可用系数的 百分点 (%)	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
哈尔滨电机	63	1.41	0.03	0.02	0.00
东方电机	16	0.00	0.00	0.00	0.00
北重电	11	15.89	0.00	0.18	0.00
济发设备	9	0.00	0.00	0.00	0.00

第六节 超临界及以上燃煤机组运行可靠性

2023 年，纳入可靠性统计的超临界及以上燃煤机组共 780 台，其中超临界机组 468 台，超超临界机组 312 台。2023 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纳入可靠性统计的燃煤机组近五年平均等效可用系数趋势见图 1-14。

表 1-21 2019-2023 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 (%)
2019	547	0.48	36.15	92.80
2020	629	0.51	36.44	92.63
2021	694	0.61	75.73	91.34
2022	746	0.58	60.40	91.03
2023	780	0.47	57.67	91.49

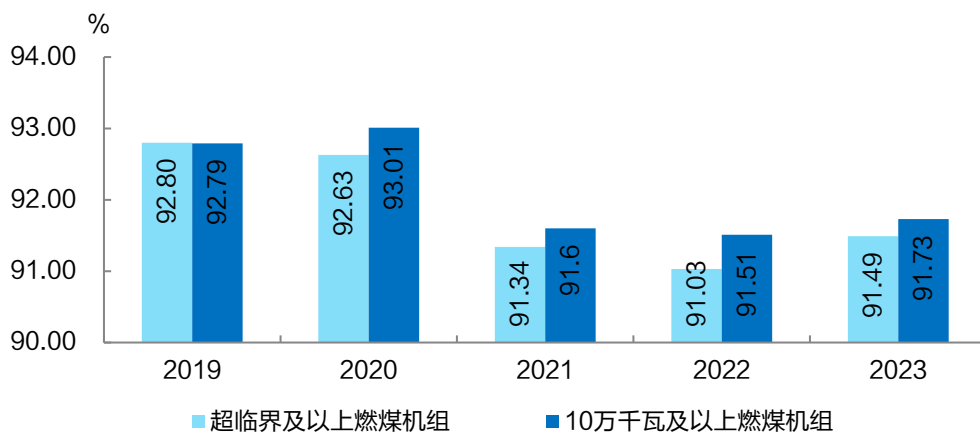


图 1-14 2019-2023 年超临界及以上燃煤机组等效可用系数

第七节 燃气轮机组运行可靠性

2023 年，纳入可靠性统计的 100 兆瓦及以上燃气轮机组共 265 台，总容量 0.77 亿千瓦。2019-2023 年燃气轮机组主要可靠性指标见表 1-22。2019-2023 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 2019-2023 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)
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
2022	258	43.48	92.62	0.08	0.15
2023	265	44.57	92.90	0.15	0.19

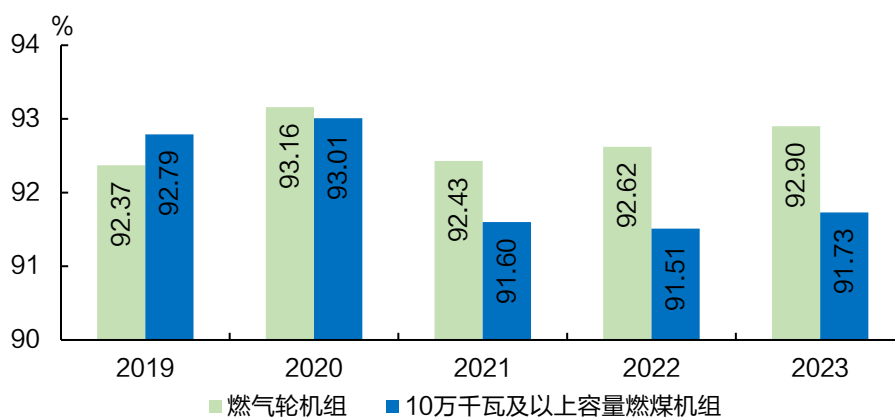


图 1-15 2019-2023 年燃气轮机与燃煤机组等效可用系数趋势

第八节 燃煤机组备用时间分析

2023 年，全国平均备用时间同比下降 147.03 小时，除华中、西北、西南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有所下降，其中区域备用时间最长的为西南电网 1457.5 小时，区域备用时间最短的为内蒙电网 271.42 小时；区域备用时间同比下降最多的为南方电网，同比下降 700.66 小时。具体见表 1-23 及图 1-16。

表 1-23 2019-2023 年按区域电网分类的火电机组备用时间

区域电网	2019 年备用 (小时/台年)	2020 年备用 (小时/台年)	2021 年备用 (小时/台年)	2022 年备用 (小时/台年)	2023 年备用 (小时/台年)
华北电网	1294.7	1720.33	1254.71	1258.45	1161.74
东北电网	1151.25	1164.13	974.09	1345.42	1022.93
华东电网	1527.61	1716.3	817.03	791.17	748.93

区域电网	2019年备用 (小时/台年)	2020年备用 (小时/台年)	2021年备用 (小时/台年)	2022年备用 (小时/台年)	2023年备用 (小时/台年)
华中电网	1728.94	2214.47	1567.71	1345.73	1353.83
西北电网	1663.15	1698.44	936.95	766.82	842.07
西南电网	3468.93	3631.34	2472.54	766.82	1457.5
南方电网	2080.25	2147.42	1133.37	1528.79	828.13
内蒙电网	314.76	441.86	569.58	314.03	271.42
全国	1551.39	1779.28	1115.39	1119.3	972.27

*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。

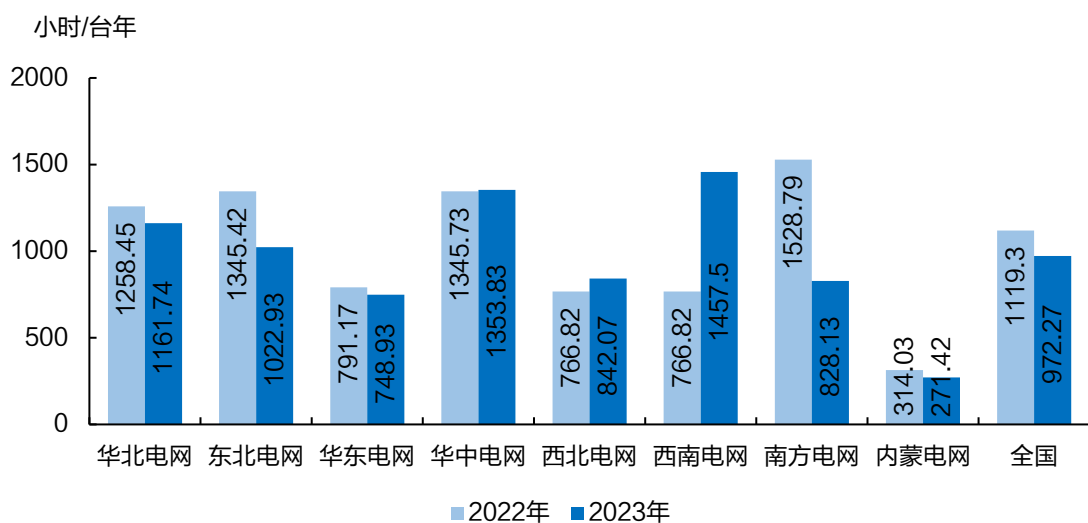


图 1-16 2022、2023 年各大区域备用小时

备用时间较少的五个省份依次是海南省 120.19 小时、内蒙古自治区 436.86 小时、浙江省 477.24 小时、宁夏回族自治区 498.10 小时、贵州省 541.05 小时；备用时间相对较长的五个省份依次是北京市 6522.75 小时、山东省 1735.89 小时、湖北省 1545.88 小时、河南省 1484.52 小时、重庆市 1456.82 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 2023 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	1051.29	6522.75
河北省	119	380.84	7012.57	1054.63
山西省	148	392.61	6989.53	1007.82
内蒙古自治区	192	404.04	7631.87	436.86
天津市	25	460.96	7330.15	808.56
山东省	138	407.97	6360.84	1735.89
辽宁省	73	390.55	6704.55	1452.63
吉林省	45	322.22	7481.32	645.74
黑龙江省	51	333.14	6989.52	1152.06
江苏省	124	564.00	7423.66	614.14
浙江省	65	650.14	7698.94	477.24
安徽省	88	574.32	7222.03	853.97
上海市	27	527.78	6616.75	1337.88
福建省	51	563.18	7011.79	1008.65
河南省	110	488.09	6656.01	1484.52
湖北省	59	494.07	6342.82	1545.88
湖南省	42	504.33	6639.60	1400.24
江西省	38	621.32	7319.83	703.48
四川省	23	469.57	6649.76	1345.10
重庆市	21	496.19	6609.76	1456.82
陕西省	82	469.76	6957.09	1217.80
甘肃省	32	371.41	7145.40	920.86
青海省	6	436.67	7041.70	860.44
宁夏回族自治区	56	498.21	7525.65	498.10
新疆维吾尔自治区	74	393.24	7530.73	543.49
广东省	116	534.78	6881.24	1012.66
广西壮族自治区	29	591.03	6920.63	960.89
云南省	26	415.38	6946.47	724.38
贵州省	63	447.62	7259.98	541.05
海南省	8	345.00	7747.64	120.19

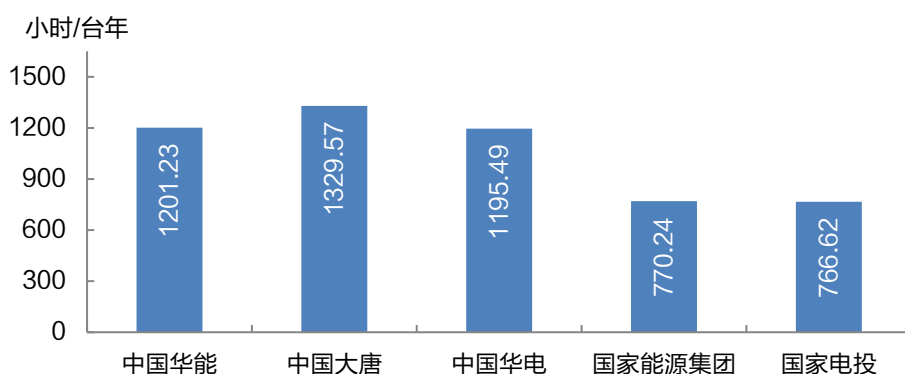


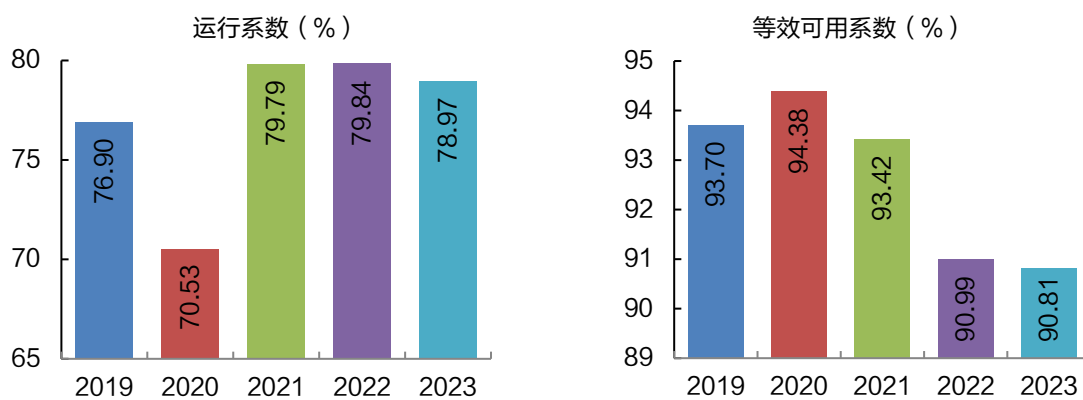
图 1-17 2023 年主要发电集团备用小时

第九节 2022 年新投产机组可靠性指标

2022 年投产、纳入 2023 年可靠性指标统计的燃煤机组共 25 台，总容量为 0.19 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 及图 1-18。

表 1-25 2019-2023 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)
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
2022	2021	21	780.86	79.84	90.99	0.64	0.76
2023	2022	25	740.72	78.97	90.81	2.60	1.08



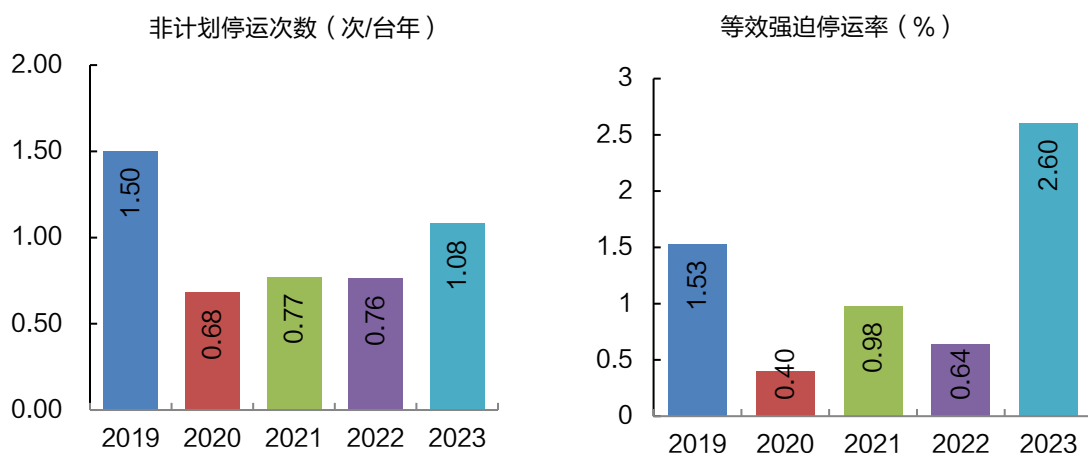


图 1-18 2019-2023 年燃煤新投产机组投产后第一年可靠性指标趋势

2022 年投产燃煤机组在 2023 年的等效可用系数同比下降 0.18 个百分点，低于全国纳入可靠性统计的燃煤机组平均值 0.92 个百分点；等效强迫停运率同比上升 1.96 个百分点；非计划停运次数同比增加 0.32 次/台年，高于纳入全国可靠性统计的燃煤机组平均值 0.63 次/台年。按照机组容量分析，2022 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。

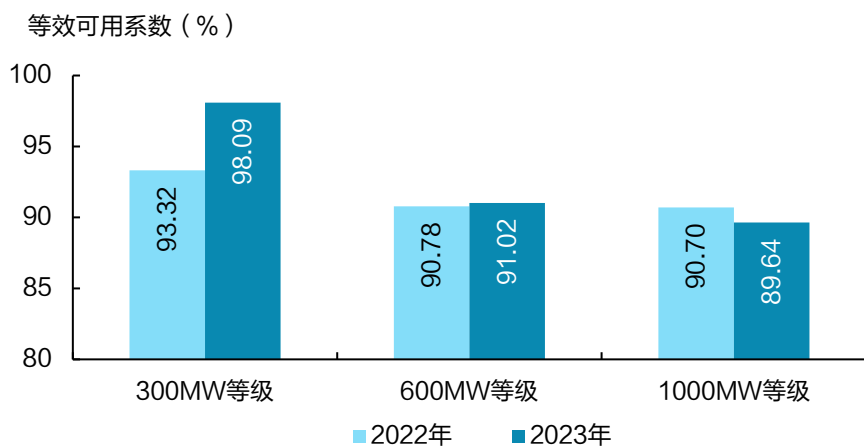


图 1-19 2022、2023 年新投产机组按容量等级划分等效可用系数

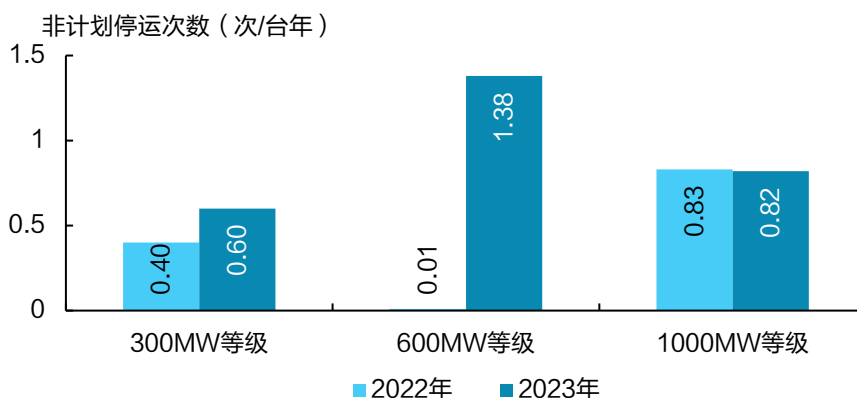


图 1-20 2022、2023 年新投产机组按容量等级划分非计划停运次数

第十节 非计划停运分析

2023 年，全国 1935 台燃煤机组共发生非计划停运 870 次，非计划停运总时间为 100808.03 小时，台年平均停运 0.45 次、53.97 小时，同比分别下降 0.07 次、2.92 小时。其中持续时间超过 300 小时的非计划停运共 73 次，非计划停运时间 40772.99 小时，占全部燃煤机组非计划停运总时间的 40.45%。

发生强迫停运 762 次，强迫停运总时间 80353.75 小时，台年平均值分别为 0.40 次、43.54 小时，次数同比持平，台年平均强迫停运小时上升 4.76 小时。强迫停运占全部燃煤机组非计划停运总时间的 79.71%。

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 0.22 次、85.99 小时，占全部燃煤机组非计划停运总时间的 57.21%。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 76.53%。具体见表 1-26。

表 1-26 2023 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	0.22	85.99	57.21
2	汽轮机	0.05	21.39	12.33
3	发电机	0.02	12.13	6.99

*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 0.10 次、45.03 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 75.17%。具体见表 1-27。

表 1-27 2023 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	0.10	45.03	25.95
2	设备老化	0.08	37.70	21.73
3	检修质量不良	0.05	19.63	11.31
4	运行不当	0.05	9.20	5.3
5	燃料影响	0.04	18.87	10.88

*百分比：占燃煤机组非计划停运时间的百分比

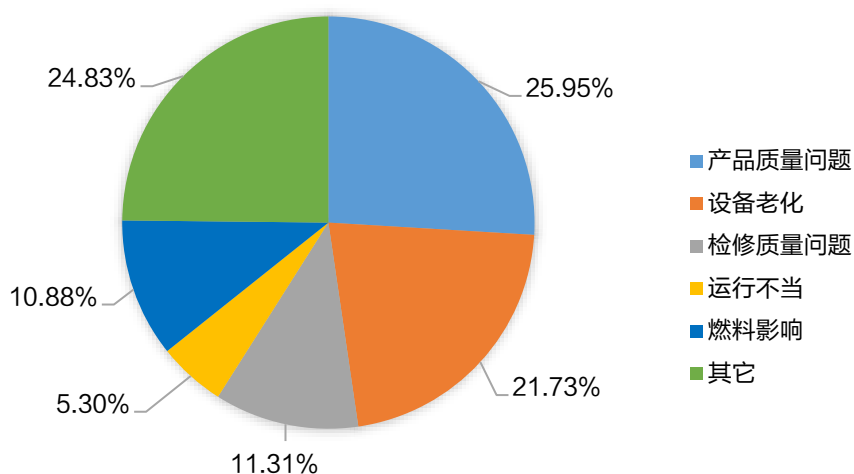


图 1-21 2023 年非计划停运的前五位责任原因占燃煤机组非计划停运时间的百分比

2023 年，按照燃煤机组非计划停运事件持续时间长短分类，停运次数最多的是 10-100 小时区间的非计划停运事件，并且大部分是强迫停运事件，占燃煤机组总非计划停运次数的 37.12%，其次在 100-500 小时的区间内非计划停运次数，占燃煤机组总非计划停运次数的 35.98%；超过 1000 小时的有 6 次。具体见表 1-28。

表 1-28 2023 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	206	23.68
10-100	323	37.12
100-500	313	35.98
500-1000	22	2.53
>1000	6	0.69

备注：各分级数值范围中，下限值包含，上限值为不包含

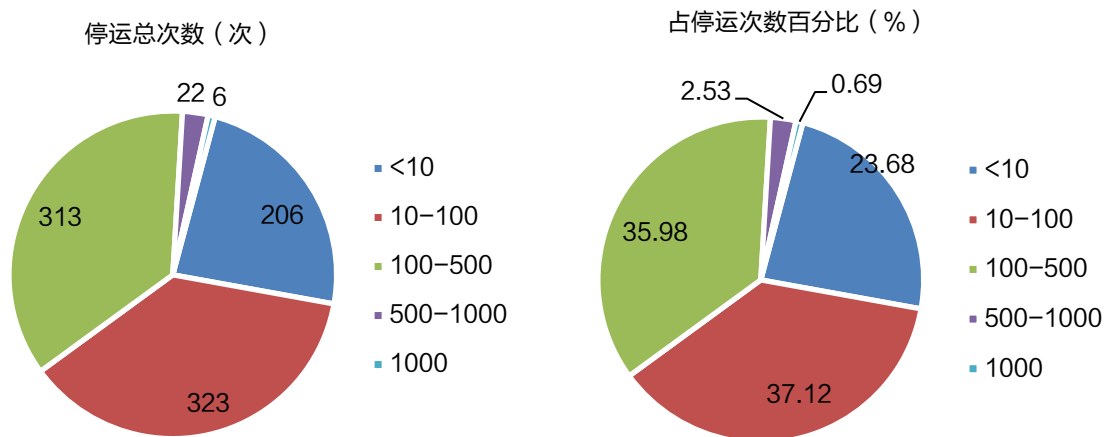


图 1-22 2023 年非计划停运事件按持续时间划分停运总次数和占比

第十一节 按地区分类的燃煤机组运行可靠性

2023 年，各地区纳入可靠性统计的燃煤机组运行可靠性指标见表 1-29 及图 1-23。

表 1-29 2023 年各地区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	626	398.71	4.67	80.46	91.98	0.35
东北	169	355.03	3.45	79.6	92.98	0.33
华东	355	579.46	5.25	83.53	92.04	0.39
华中	293	508.03	4.18	76.4	91.81	0.33

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)
西北	250	440.10	4.80	83.05	92.34	0.54
南方	242	499.73	4.85	79.91	89.39	0.95
全部	1935	462.59	4.68	80.68	91.73	0.45

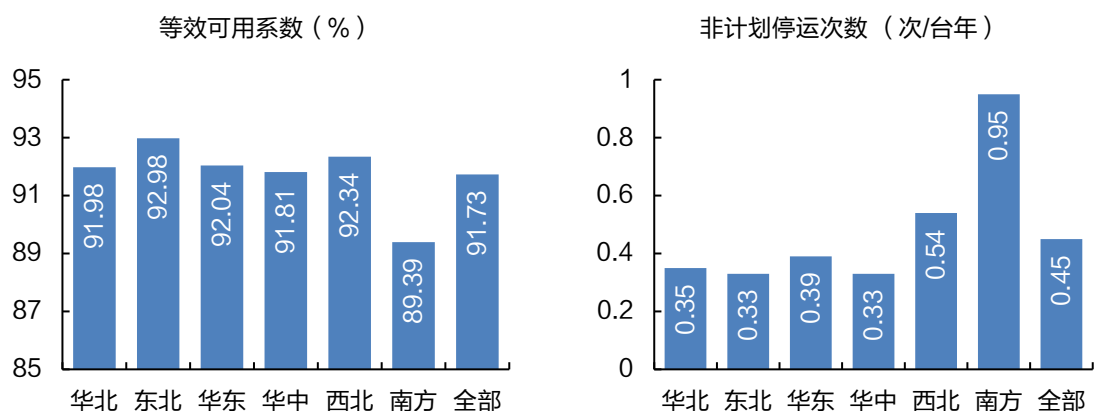


图 1-23 2023 年各地区燃煤机组等效可用系数、非计划停运次数

第十二节 水电机组运行可靠性

一、2019-2023 年水电机组运行可靠性指标

2023 年，水电机组的等效可用系数为 93.38%，同比上升 0.43 个百分点；运行系数为 50.85%，同比下降 4.08 个百分点；非计划停运次数为 0.15 次/台年，同比上升 0.02 次/台年；等效强迫停运率为 0.03%，同比下降 0.01 个百分点。具体见表 1-30 及图 1-24、图 1-25。

表 1-30 2019-2023 年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)
2019	933	239.42	58.12	92.60	0.04	0.21	0.14	1.68
2020	957	235.43	58.86	93.31	0.06	0.20	0.14	1.89
2021	973	239.89	56.50	92.27	0.40	0.22	0.15	21.97

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)
2022	1010	249.17	54.93	92.95	0.04	0.13	0.10	2.07
2023	1061	258.34	50.85	93.38	0.03	0.15	0.11	1.34

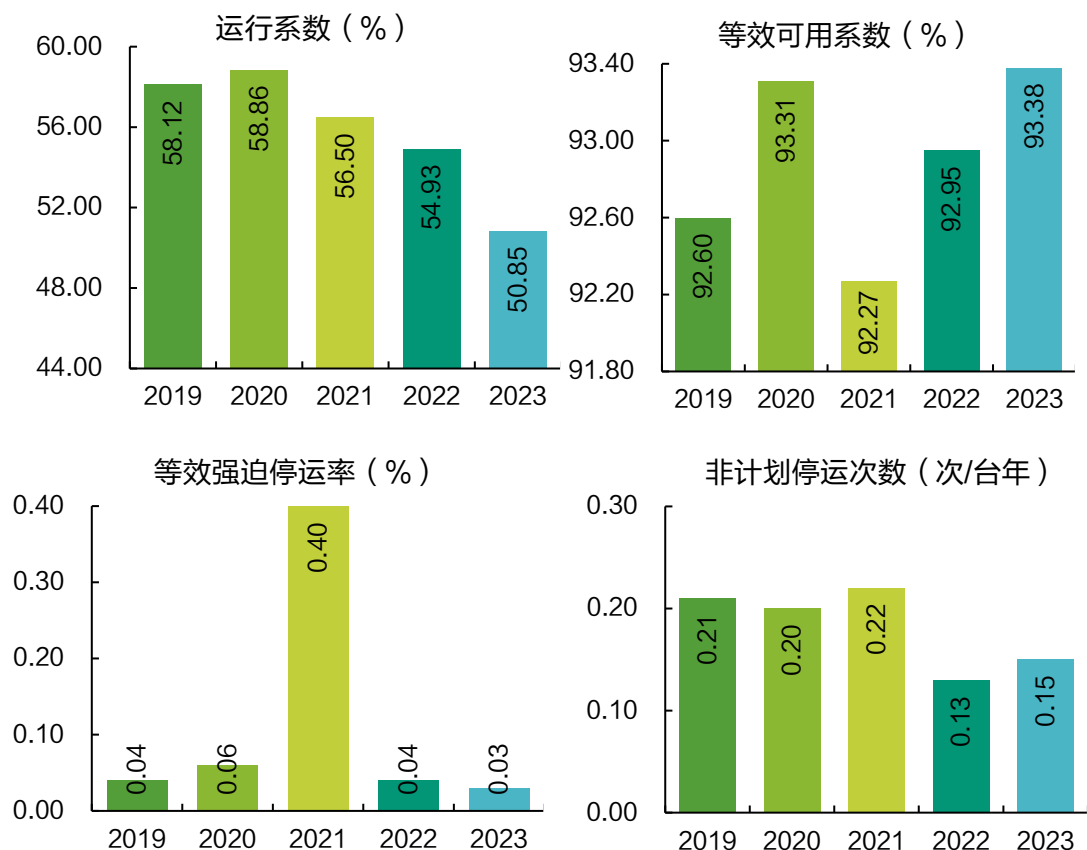


图 1-24 2019-2023 年水电机组主要可靠性指标

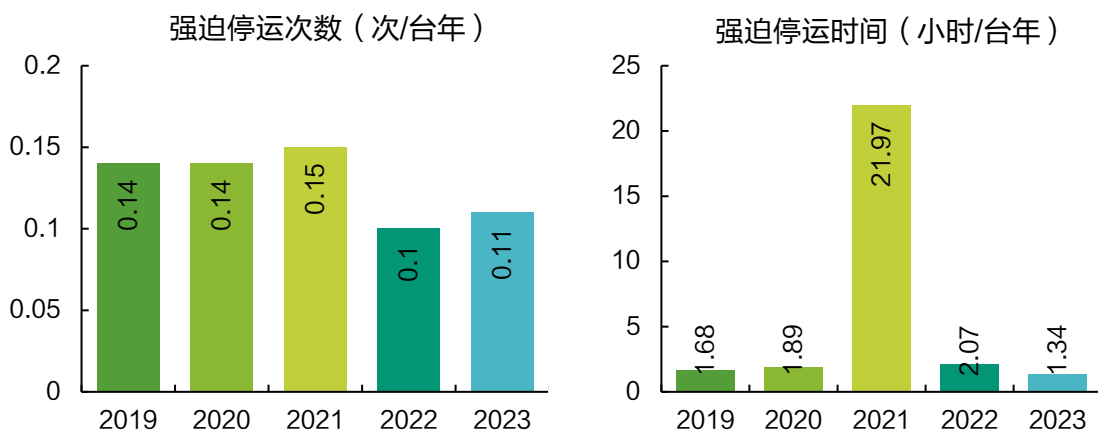


图 1-25 2019-2023 年水电机组强迫停运次数和时间

二、2023年50兆瓦及以上各容量水电机组运行可靠性指标分布

表 1-31 2023年50兆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	141	58.93	91.94	0.04	0.09
50-99兆瓦	65	49.17	93.55	0	0.18
100-199兆瓦	69	64.70	91.63	0.06	0.01
200-299兆瓦	7	49.23	89.06	0	0
水电混流机组	755	52.96	93.96	0.01	0.03
50-99兆瓦	246	48.16	94.45	0.01	0.02
100-199兆瓦	134	42.76	93.47	0.03	0.05
200-299兆瓦	106	41.62	94.65	0	0
300-699兆瓦	164	61.44	93.05	0.01	0.02
700兆瓦及以上	105	51.79	94.61	0.01	0.04
抽水蓄能机组	165	37.92	91.08	0.12	0.77
50-99兆瓦	15	52.68	92.08	0.01	0.13
100-199兆瓦	6	24.06	89.66	0.06	0.17
200-299兆瓦	29	30.09	91.22	0.02	0.28
300兆瓦及以上	115	39.40	91.06	0.16	1.01
全部	1061	50.85	93.38	0.03	0.15

三、2019-2023年水电机组按机组类型分类运行可靠性指标

表 1-32 2019-2023年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	2019	146	68.38	92.47	0.04	0.14
	2020	143	67.57	92.79	0.01	0.16
	2021	136	64.10	91.95	0.33	0.18
	2022	141	60.68	91.20	0.02	0.09
	2023	141	58.93	91.94	0.04	0.09

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	2019	681	60.53	93.17	0.04	0.11
	2020	702	62.23	93.86	0.06	0.09
	2021	720	59.21	92.62	0.45	0.11
	2022	732	57.49	93.53	0.02	0.04
	2023	755	52.96	93.96	0.01	0.03
抽水蓄能机组	2019	106	36.46	88.91	0.11	1.00
	2020	112	33.15	90.15	0.15	0.96
	2021	117	36.00	90.20	0.10	0.94
	2022	137	37.91	90.37	0.19	0.67
	2023	165	37.92	91.08	0.12	0.77
全部	2019	933	58.12	92.60	0.04	0.21
	2020	957	58.86	93.31	0.06	0.20
	2021	973	56.50	92.27	0.40	0.22
	2022	1010	54.93	92.95	0.04	0.13
	2023	1061	50.85	93.38	0.03	0.15

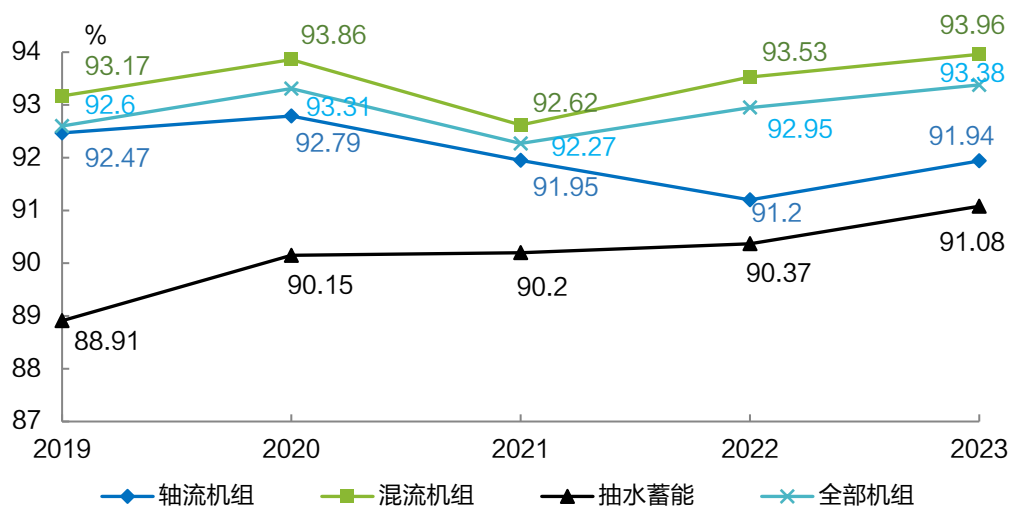


图 1-26 2019-2023 年水电机组等效可用系数

四、2019–2023 年 50 兆瓦及以上各容量水电机组运行可靠性指标

表 1-33 2019–2023 年 50 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	50–99 兆瓦	2019	61	57.43	92.32	0.11	0.26
		2020	61	58.22	91.65	0.02	0.30
		2021	61	57.74	91.57	0.79	0.33
		2022	61	51.77	91.01	0	0.15
		2023	65	49.17	93.55	0	0.18
	100–199 兆瓦	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
		2022	73	65.9	91.70	0.03	0.04
		2023	69	64.70	91.63	0.06	0.01
	200–299 兆瓦	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
		2022	7	48.08	88.17	0.00	0.00
		2023	7	49.23	89.06	0	0
混流 机组	50–99 兆瓦	2019	227	52.37	93.19	0.05	0.06
		2020	242	56.98	93.60	0.12	0.08
		2021	248	53.68	93.10	0.09	0.04
		2022	249	54.37	94.61	0.01	0.01
		2023	246	48.16	94.45	0.01	0.02
	100–199 兆瓦	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
		2022	125	46.40	93.66	0.00	0.05
		2023	134	42.76	93.47	0.03	0.05
	200–299 兆瓦	2019	91	54.33	93.05	0.03	0.09
		2020	101	57.90	94.79	0.04	0.07

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)	
		2021	106	53.83	93.76	0.02	0.09	
		2022	104	49.97	94.26	0.02	0.04	
		2023	106	41.62	94.65	0	0	
	300兆瓦及以上	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	
		2022	254	60.40	93.26	0.02	0.05	
		2023	269	56.47	93.85	0.01	0.03	
	抽水 蓄能 机组	50-99兆瓦	2019	5	40.13	84.35	0.20	1.60
			2020	10	54.82	92.54	0.16	0.60
2021			11	63.82	94.60	0.07	0.64	
2022			16	61.01	95.33	0.02	0.06	
2023			15	52.68	92.08	0.01	0.13	
100-199兆瓦		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	
		2022	6	26.34	87.21	0.00	0.00	
		2023	6	24.06	89.66	0.06	0.17	
200-299兆瓦		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	
		2022	29	32.60	91.73	0.01	0.28	
		2023	29	30.09	91.22	0.02	0.28	
300兆瓦及以上		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	
		2022	86	38.77	89.92	0.11	0.97	
		2023	115	39.40	91.06	0.16	1.01	

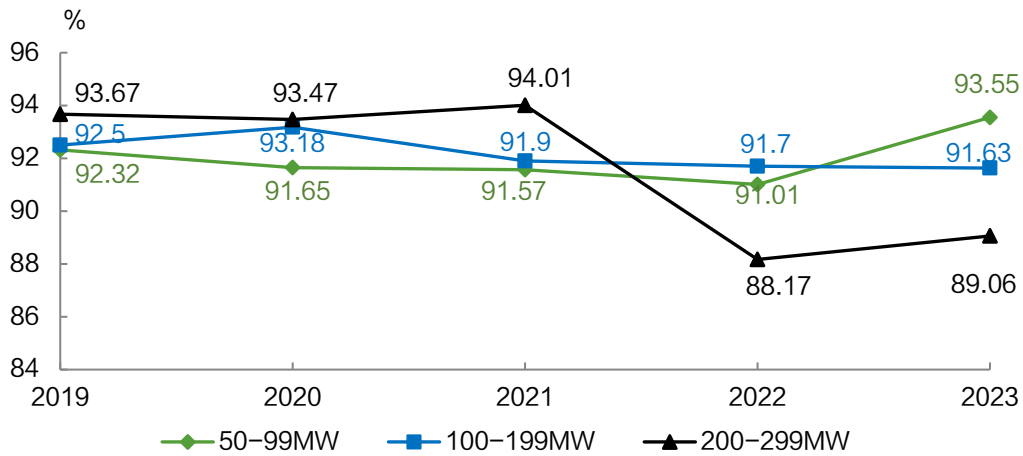


图 1-27 2019-2023 年水电轴流机组等效可用系数

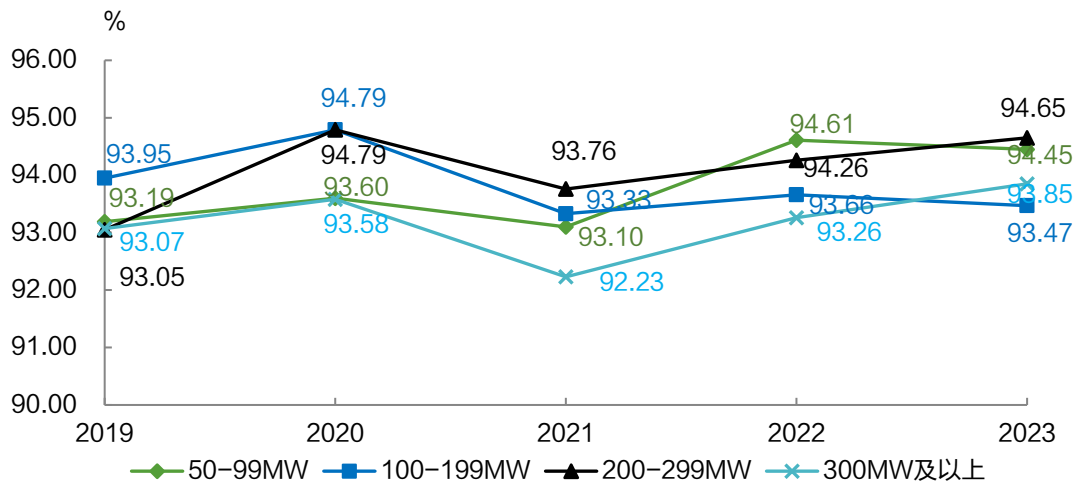


图 1-28 2019-2023 年水电混流机组等效可用系数

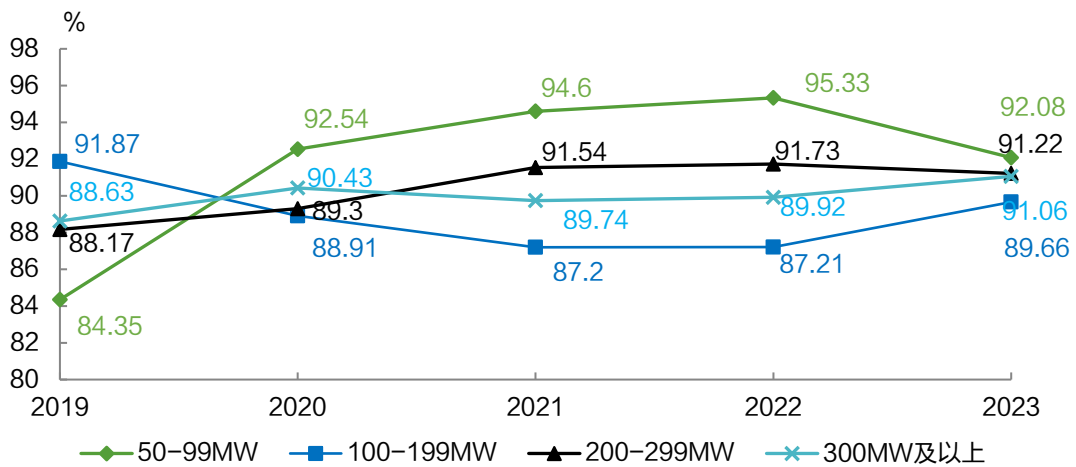


图 1-29 2019-2023 年抽水蓄能机组等效可用系数

2023 年全国 755 台纳入可靠性统计的水电混流机组可靠性指标分布情况见下表。

表 1-34 2023 年水电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	99.70	100	0	0	0
第 5% 值	100	90.40	95.90	0	0	0
第 25% 值	97.81	65.34	87.52	0	0	0
中位值	96.13	49.39	79.16	0	0	0
第 75% 值	92.77	32.03	66.36	0	0	0
最末值	48.05	2.17	1.50	3.29	2	171.85
总平均值	93.96	52.96	74.26	0.01	0.03	0.77

2023 年全国 141 台纳入可靠性统计的水电轴流机组可靠性指标分布情况见下表。

表 1-35 2023 年水电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	100	100	0	0	0
第 5% 值	100	89.13	99.05	0	0	0
第 25% 值	96.98	73.38	89.64	0	0	0
中位值	95.53	55.20	79.12	0	0	0
第 75% 值	92.44	40.64	68.50	0	0	0
最末值	52.64	9.58	24.44	4.09	4	244.17
总平均值	91.94	58.93	76.99	0.04	0.09	2.81

2023 年全国 165 台纳入可靠性统计的抽水蓄能机组可靠性指标分布情况见下表。

表 1-36 2023 年水电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	100	100	0	0	0
第 5% 值	99.88	94.00	100	0	0	0
第 25% 值	94.85	40.21	97.15	0	0	0

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	92.90	35.11	91.95	0	0	0
第75%值	90.36	28.50	81.06	0.14	1	4.28
最末值	55.25	8.31	14.16	3.22	8	684.08
总平均值	91.08	37.92	79.71	0.12	0.77	13.39

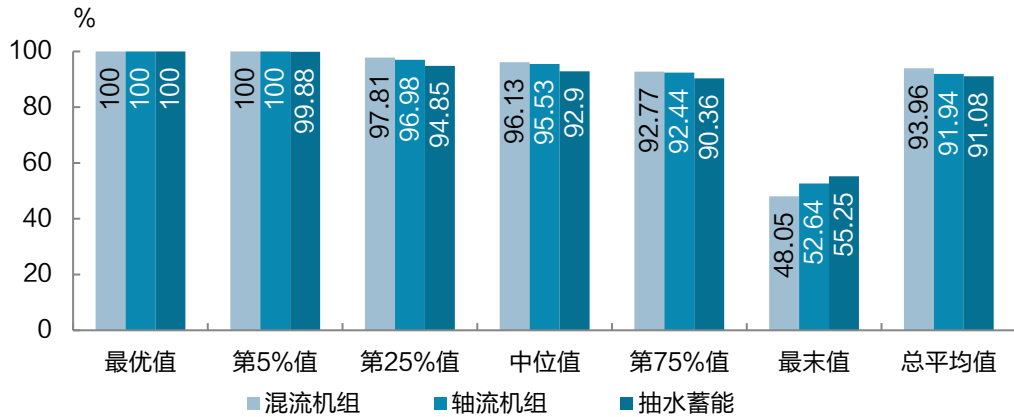


图 1-30 2023 年水电机组等效可用系数分布图

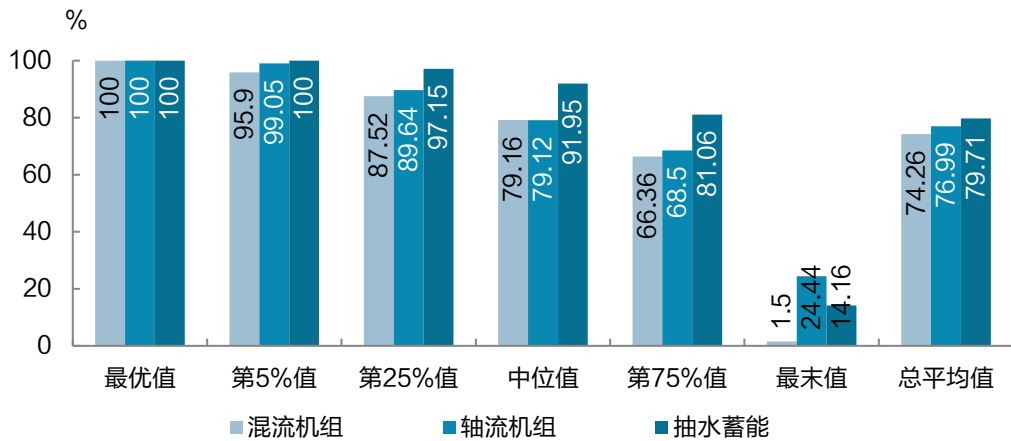


图 1-31 2023 年水电机组出力系数分布图

五、新投产水电机组投产后第一年运行可靠性指标

2022 年投产，纳入 2023 年可靠性统计的水电机组共 51 台，总容量 0.22 亿千瓦，等效可用系数 94.97%，比 2021 年投产机组次年等效可用系数升高 1.19 个百分点。

表 1-37 2019-2023 年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)
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
2022	2021	39	476.87	52.63	93.78	0.07	0.51
2023	2022	51	433.61	48.67	94.97	0.12	0.71

*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

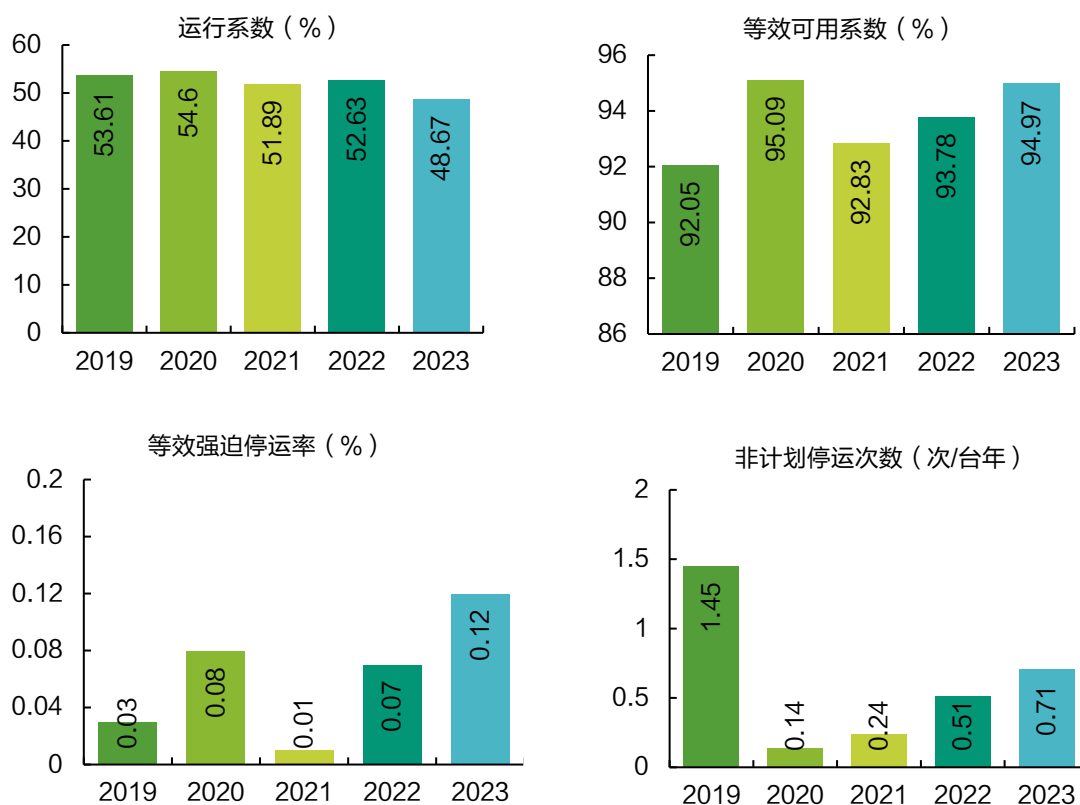


图 1-32 新投产水电机组投产后第一年运行可靠性指标

六、水电机组非计划停运

2023 年水电机组（1061 台）共发生非计划停运 159 次，非计划停运总时间 2949.83 小时，台年平均分别为 0.15 次、2.91 小时，非计划停运次数同比增加 0.02 次/台年，非计划停运时间同比减少 0.15 小时/台年。

强迫停运共发生 117 次, 总计 1333.40 小时, 占全部非计划停运总时间的 45.20%。强迫停运台年平均次数和时间分别为 0.11 次和 2.29 小时, 同比分别增加 0.01 次/台年和 0.22 小时/台年。

水电机组主设备中, 变压器引起的非计划停运台年平均次数和时间分别为 0.08 次和 0.65 小时, 累计停运时间占非计划停运总时间的 22.41%; 发电机引起的非计划停运台年平均次数和时间分别为 0.03 次、1.48 小时, 累计停运时间占非计划停运总时间的 50.69%; 水轮机引起的非计划停运次数和时间分别为 0.02 次/台年、0.20 小时/台年, 累计停运时间占非计划停运总时间的 6.70%。2023 年水电机组主设备引发非计划停运的比重见表 1-38 及图 1-33。

表 1-38 2023 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	变压器	0.08	0.65	22.41
2	发电机	0.03	1.48	50.69
3	水轮机	0.02	0.20	6.70

*百分比: 占机组非计划停运总时间的百分比

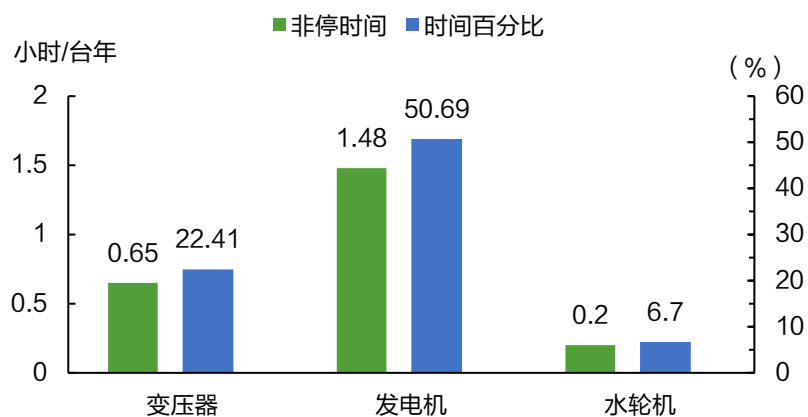


图 1-33 2023 年水电机组主设备引发非计划停运的比重

引发非计划停运的责任原因中设备老化为第一位, 台年平均次数为 0.05 次, 其引起的非计划停运时间为 0.59 小时/台年, 占非计划停运总时间的 21.81%; 其次是产品质量问题, 引起的非计划停运台年平均次数和时间分别为 0.04 次和 1.43 小时, 累计停运时间占非计划停运总时间的 52.84%; 排在第三位的是施工安装不良问题, 引起的非计划停运台年平均次数和时间分别为 0.01 次和 0.24 小时, 累计停运时间

占非计划停运总时间的 8.98%。表 1-39 及图 1-34 为非计划停运的前三位责任原因。

表 1-39 2023 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	设备老化	55	0.59	21.81
2	产品质量问题	48	1.43	52.84
3	施工安装不良	16	0.24	8.98

*百分比: 占机组非计划停运时间的百分比

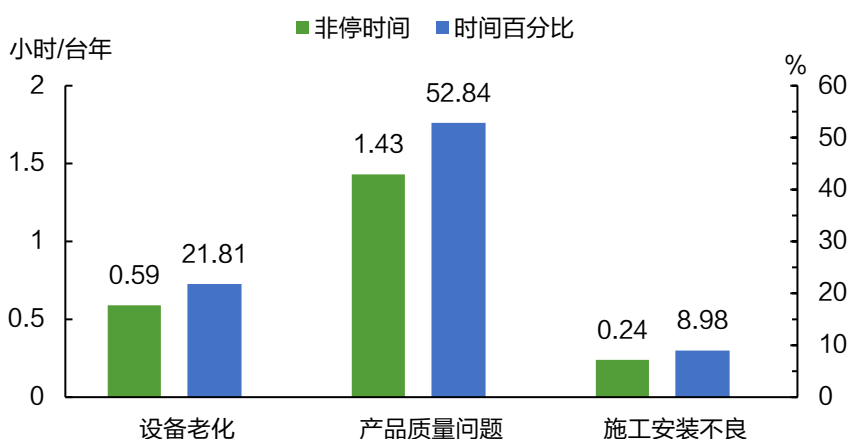


图 1-34 2023 年水电机组主设备非计划停运的前三位责任原因

第十三节 700 兆瓦等级常规水电机组运行可靠性

一、700 兆瓦等级常规水电机组运行可靠性指标

2023 年，参与统计 700 兆瓦等级水电机组为 105 台，均为混流机组，同比增加 10 台。等效可用系数 94.61%，同比增加 1.05 个百分点；备用时间为 3750.84 小时，同比增加 378.14 小时；计划停运时间为 471.62 小时，同比降低 92.15 小时；非计划停运次数为 0.04 次/台年，同比降低 0.01 次/台年；非计划停运时间为 0.52 小时/台年，同比降低 0.27 小时/台年。

2019-2023 年 700 兆瓦等级常规水电机组主要可靠性指标见表 1-40 及图 1-35。

表 1-40 2019-2023 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)
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
2022	95	55.05	93.56	0.00	0.05
2023	105	51.79	94.61	0.01	0.04

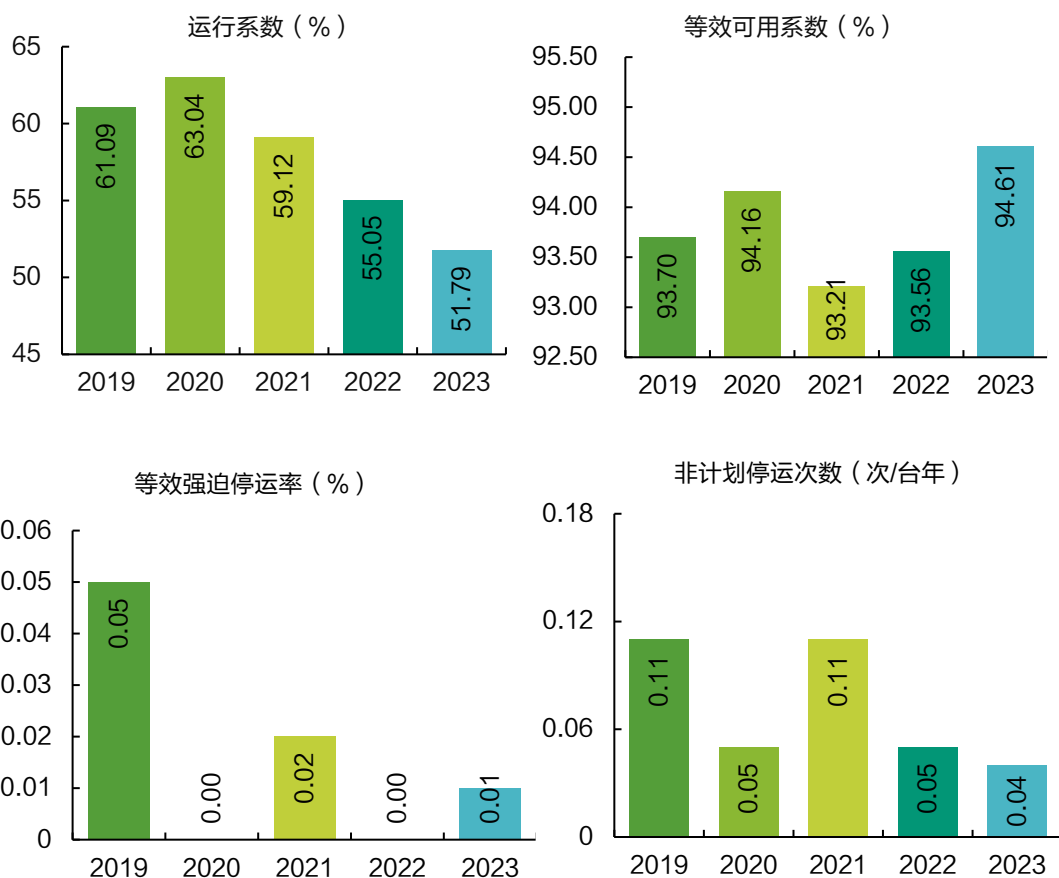


图 1-35 2019-2023 年 700 兆瓦等级常规水电机组可靠性指标

二、700 兆瓦等级常规水电机组非计划停运

2023 年，700 兆瓦及以上容量等级水电机组共发生非计划停运 4 次，非计划停运总时间 58.19 小时。台年平均非计划停运次数、时间分别为 0.04 次、0.52 小时，非计划停运总次数同比减少 1 次，累计非计划停运时间降低了 19.83 小时。

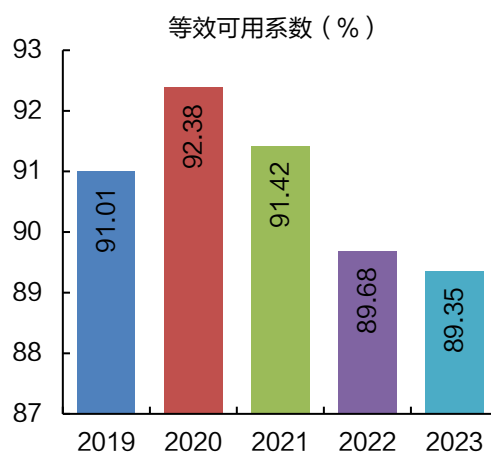
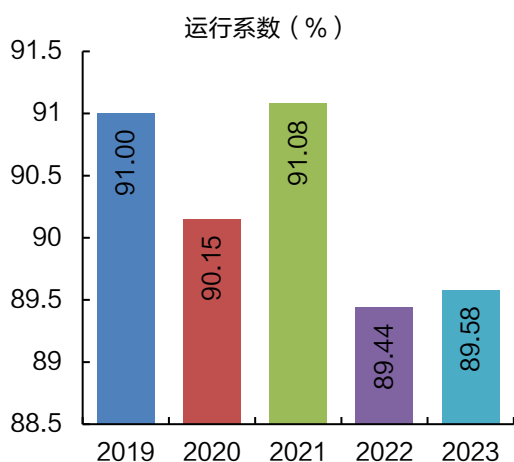
4 次非计划停运事件中，发电机故障引起 2 次，非计划停运时间累计 31.10 小时；辅助设备故障引起 2 次，非计划停运时间累计 27.09 小时。4 次非计划停运的责任原因分别为调整试验不当、管理不当、设计不周和产品质量问题。

第十四节 核电机组运行可靠性

纳入 2023 年可靠性统计的核电机组有 51 台，总容量 0.53 亿千瓦，占全国核电总装机容量的 91.23%。核电机组的主要可靠性指标见表 1-41 及图 1-36。

表 1-41 2019-2023 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)
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	0.11	0.17
2022	49	1034.04	89.44	89.68	0.18	0.14
2023	51	1038.19	89.58	89.35	0.44	0.27



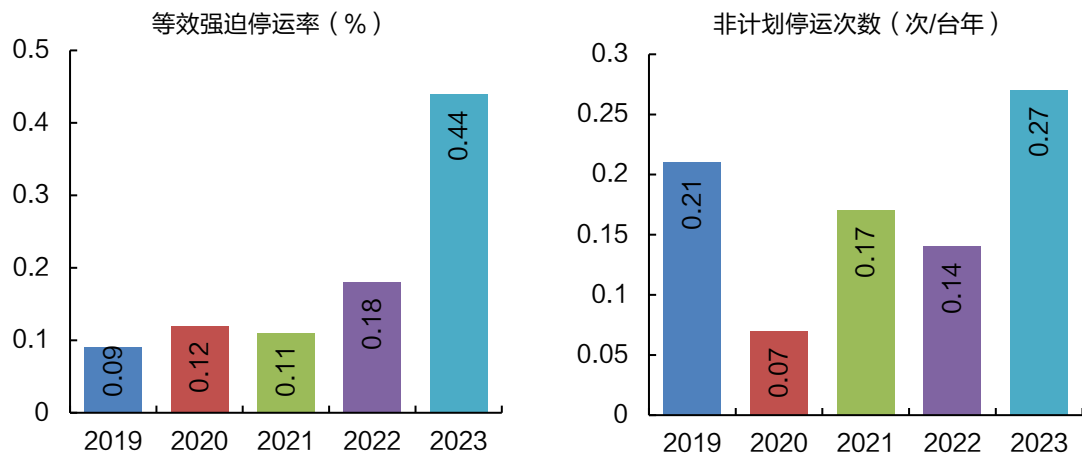


图 1-36 2019-2023 年核电机组主要可靠性指标趋势

2023 年，核电机组等效可用系数同比下降 0.33 个百分点，主要因素是非计划停运时间的增加，台年非计划停运时间为 32.96 小时/台年，同比增加 17.85 小时/台年；2023 年共发生 14 次非计划停运事件，同比增加 7 次，累计停运时间为 1870.03 小时，同比增加 1230.38 小时。

第十五节 风电机组运行可靠性

一、风电机组主要可靠性指标

2023 年，纳入可靠性统计的风电机组有 63473 台，总容量 1.21 亿千瓦。运行系数为 99.02%，同比上升 0.45 个百分点；非计划停运时间台年平均值为 25.42 小时，同比下降 10.57 小时；非计划停运次数台年平均值为 1.47 次，同比上升 0.02 次，2020-2023 年风电机组主要可靠性指标见表 1-42。纳入可靠性统计的海上风电机组 2580 台，总容量 0.11 亿千瓦，运行系数为 98.49%，非计划停运时间台年平均值为 75.21 小时，非计划停运次数台年平均值为 0.88 次。2020-2023 年风电机组主要可靠性指标见表 1-42。

表 1-42 2020-2023 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	34.00	1.61	31.04	2.53
2021	48956	98.67	29.10	1.56	41.25	2.81
2022	58645	98.57	35.99	1.45	41.76	2.94
2023	63473	99.02	25.42	1.47	35.09	2.97

2023 年，纳入可靠性统计的华北区域风电机组 22276 台，运行系数为 98.45%，非计划停运时间台年平均值为 28.73 小时，非计划停运次数台年平均值为 1.95 次。东北区域风电机组 7821 台，运行系数为 98.72%，非计划停运时间台年平均值为 10.47 小时，非计划停运次数台年平均值为 1.46 次。华东区域风电机组 5184 台，运行系数为 98.80%，非计划停运时间台年平均值为 39.38 小时，非计划停运次数台年平均值为 1.67 次。华中区域风电机组 5503 台，运行系数为 98.68%，非计划停运时间台年平均值为 37.72 小时，非计划停运次数台年平均值为 1.25 次。西北区域风电机组 16811 台，运行系数为 99.30%，非计划停运时间台年平均值为 18.41 小时，非计划停运次数台年平均值为 1.01 次。南方区域风电机组 5878 台，运行系数为 98.07%，非计划停运时间台年平均值为 62.64 小时，非计划停运次数台年平均值为 1.00 次。2023 年风电机组按区域划分的主要可靠性主要指标见表 1-43。

表 1-43 2023 年按区域划分的风电机组主要可靠性指标

区域	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)
华北	22276	98.45	28.73	1.95	53.10	3.71
东北	7821	99.72	10.47	1.46	9.17	2.11
华东	5184	98.80	39.38	1.67	51.8	3.85
华中	5503	98.68	37.72	1.25	53.77	2.71
西北	16811	99.30	18.41	1.01	24.49	1.98
南方	5878	98.07	62.64	1.00	66.16	3.63

二、风电机组非计划停运

2023年，风电机组非计划停运累计时间为174.61万小时，非计划停运累计时间较长的前三类主设备分别是变桨系统、变流系统和发电机系统，分别占全部非计划停运累计时间的14.64%、12.51%和8.14%。其中海上风电机组非计划停运累计时间为16.14万小时，非计划停运累计时间较长的前三类主设备分别是齿轮箱系统、变桨系统和安全链系统，分别占海上风电机组非计划停运累计时间的22.23%、19.07%和17.20%。2023年风电机组累计非计划停运时间按主设备分类见图1-37。

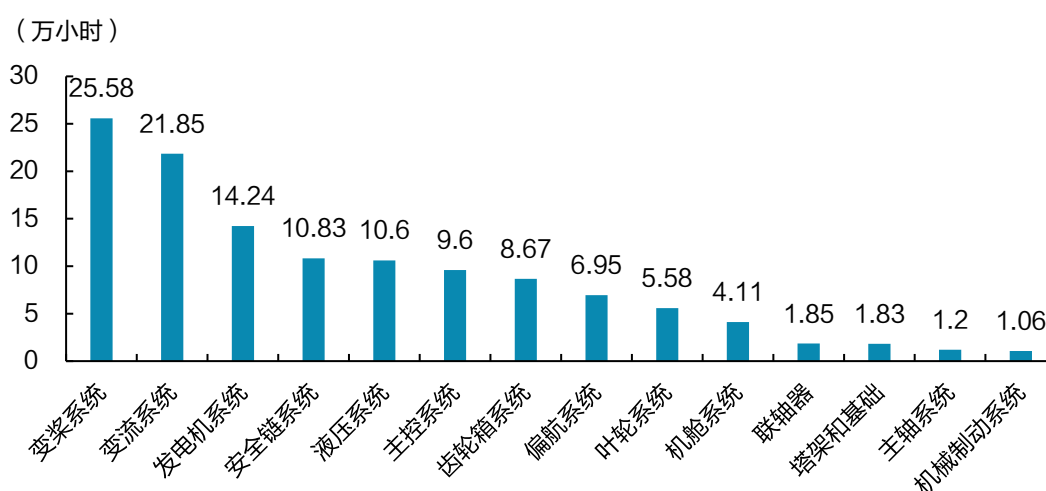


图 1-37 2023 年风电机组累计非计划停运时间按主设备分类

2023年，风电机组非计划停运次数累计93418次，累计非计划停运次数较多的前三类主设备分别是变桨系统、变流系统和液压系统，分别占11.97%、10.91%和6.43%。其中，海上风电机组非计划停运次数累计2270次，累计非计划停运次数较多的前三类主设备分别是变桨系统、主控系统和变流系统，分别占海上风电机组非计划停运累计次数的29.52%、13.00%和10.31%。2022年风电机组累计非计划停运次数按主设备分类见图1-38。

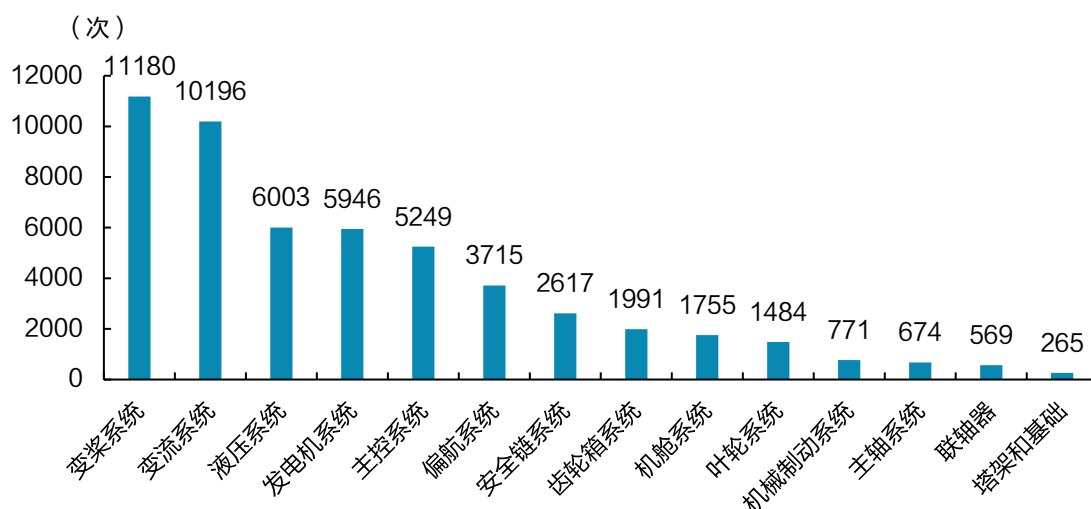


图 1-38 2023 年风电机组累计非计划停运次数按主设备分类

三、基于实时数据的风电机组主要可靠性指标

2023 年,共有 19825 台风电机组接入基于实时数据的风电可靠性管理试点平台,总容量 0.48 亿千瓦。机组平均数据可用率 89.91%; 机组平均可用率 95.28%; 平均年利用小时 2279 小时。2023 年基于实时数据的风电机组主要可靠性指标见表 1-44。

表 1-44 2023 年基于实时数据的风电机组主要可靠性指标

年份	统计台数 (台)	统计容量 (亿千瓦)	数据可用率 (%)	机组可用率 (%)	利用小时 (小时)
2023	19825	0.48	89.91	95.28	2279

第二章 2023 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，其中磨煤机非计划停运率虽仍高于其他辅助设备，但近几年总体呈下降趋势。

2023 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上升，分别上升 0.57、0.63、0.63、0.53 和 0.44 个百分点。磨煤机、给水泵组、送风机、引风机、高压加热器运行系数同比上升，分别上升 1.98、2.34、1.77、1.79 和 1.90 个百分点。磨煤机、给水泵组、引风机、送风机、高压加热器台年运行小时分别增加 173.52、205.27、154.78、156.60 和 165.69 小时。非计划停运率磨煤机、送风机和引风机同比下降 0.01 个百分点，给水泵组、高压加热器同比持平。具体见表 2-1 及图 2-1、图 2-2、图 2-3。

表 2-1 2019-2023 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	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
	2022	7438	68.70	93.15	6.83	0.02	0.03
	2023	7540	70.68	93.72	6.41	0.01	0.02
给水泵组	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
	2022	3692	61.57	93.68	6.32	0.01	0.01
	2023	3699	63.91	94.31	5.91	0.01	0.01
送风机	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
	2022	2863	79.79	93.49	6.5	0.01	0.01

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 (%)	
	2023	2861	81.56	94.12	6.06	0.00	0.00
引风机	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
	2022	2945	79.55	93.52	6.47	0.01	0.01
	2023	2951	81.34	94.05	6.12	0.00	0.00
高压加热器	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
	2022	4436	79.81	93.57	6.41	0.02	0.02
	2023	4520	81.71	94.01	6.16	0.02	0.02

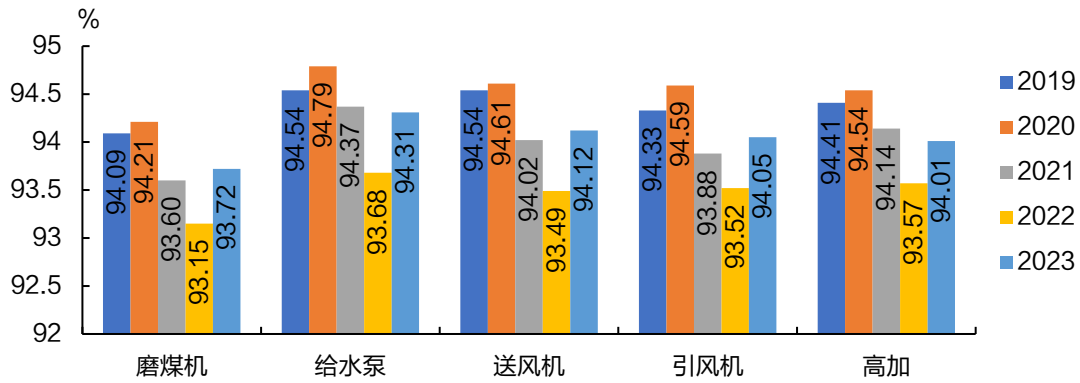


图 2-1 2019-2023 年燃煤机组五种辅助设备可用系数

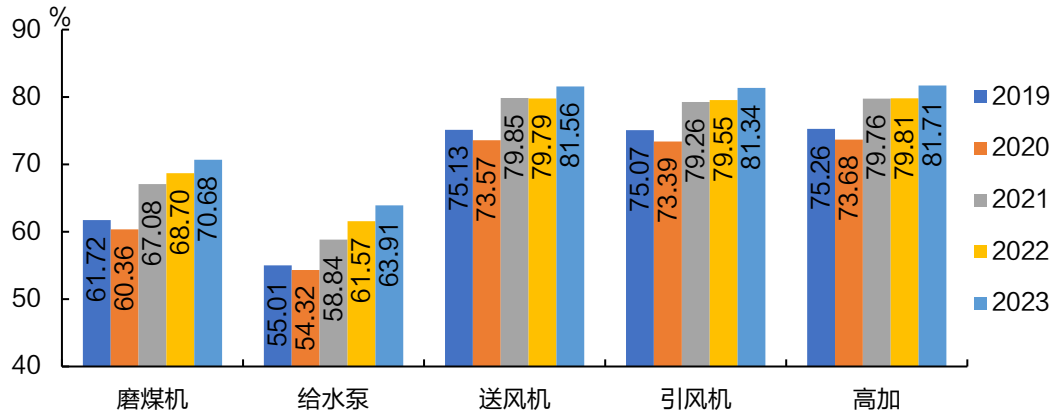


图 2-2 2019-2023 年燃煤机组五种辅助设备运行系数

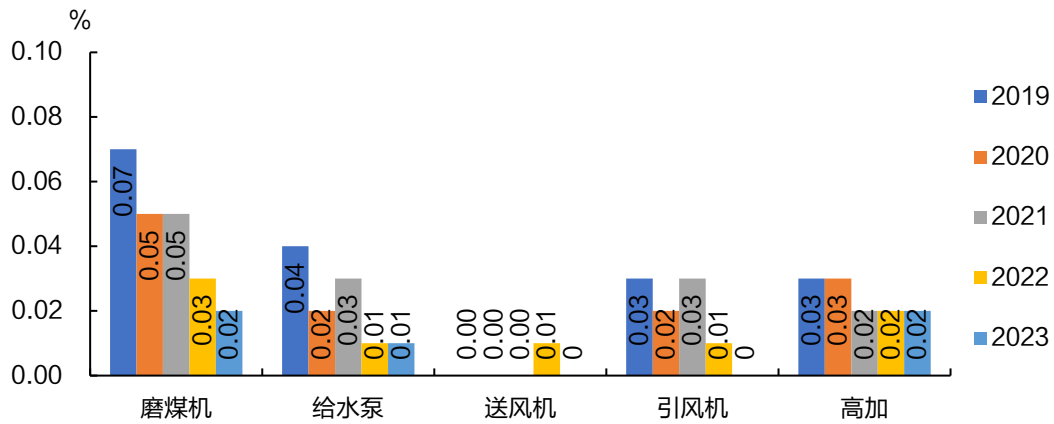


图 2-3 2019-2023 年燃煤机组五种辅助设备非计划停运率

2023 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 2023 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）	7540	3699	2861	2951	4520
最优值（%）	100	100	100	100	100
最优值占比（%）	28.53	36.22	34.29	33.61	34.54
中间值（%）	94.73	95.23	95.07	94.91	94.97
最末值（%）	26.50	29.81	52.79	52.79	49.86
平均值（%）	93.72	94.31	94.12	94.05	94.01

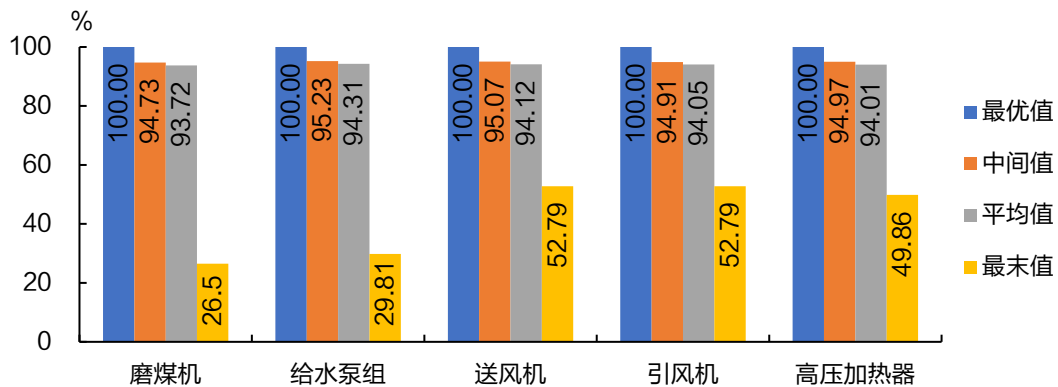


图 2-4 2023 年五种辅助设备可用系数对标值分布图

第一节 磨煤机运行可靠性

一、2023 年磨煤机按主机容量分类运行可靠性指标

表 2-3 2023 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	338	58.55	94.42	5.53	0.05	0.08
300-399	3308	69.62	94.03	5.95	0.01	0.02
500-599	55	57.23	95.63	4.37	0.00	0.00
600-699	2985	70.64	93.71	6.28	0.01	0.01
1000 及以上	780	74.11	93.21	6.78	0.01	0.01

二、2023 年磨煤机按转速分类运行可靠性指标

2023 年，低、中、高速磨可用系数分别为 93.11%、93.79%、95.75%，低速磨、中速磨、高速磨同比分别上升 0.33、0.57、2.18 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 72.01%、70.61%、64.15%，低、中、高速磨同比分别上升 5.3、1.28、2.49 个百分点；平均台年运行小时分别增加 465.55、112.44 和 218.72 小时，具体见表 2-4 及图 2-6。

表 2-4 2023 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	1470	72.01	93.11	6.88	0.02	0.01
中速磨	5816	70.61	93.79	6.20	0.01	0.02
高速磨	254	64.15	95.75	4.25	0.00	0.00

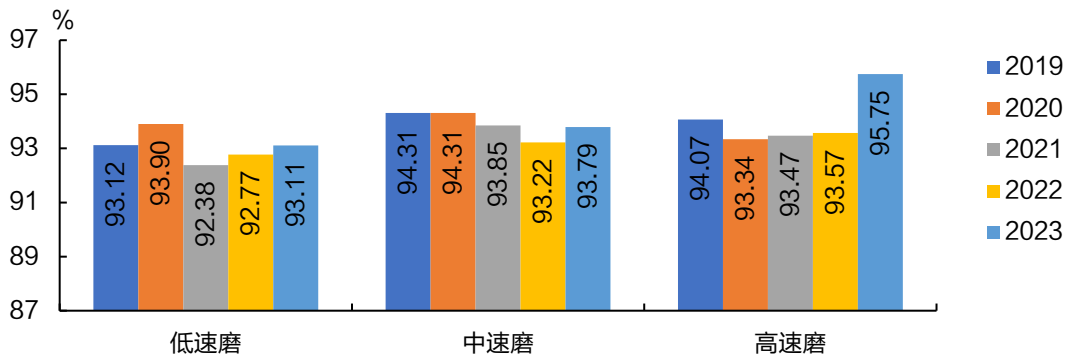


图 2-5 2019-2023 年低、中、高速磨煤机可用系数

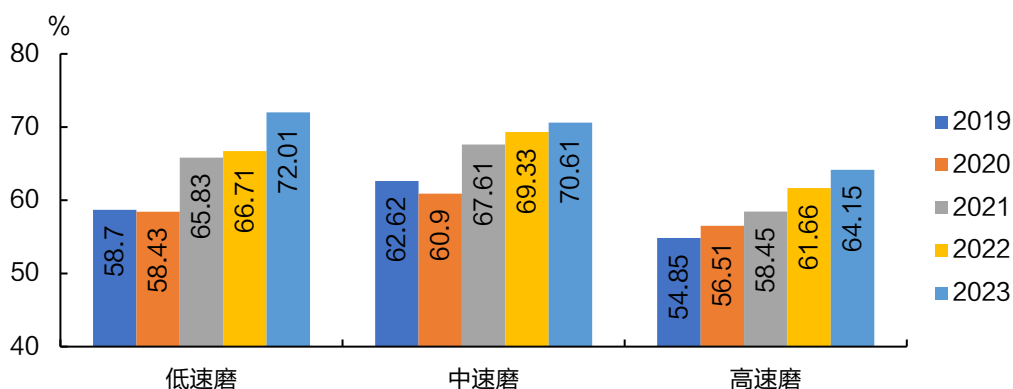


图 2-6 2019-2023 年低、中、高速磨煤机运行系数

三、2023 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 2023 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	705	71.80	92.51	0.04	0.42	27.96
上海电气上重碾磨特装设备有限公司	250	73.51	92.17	0.00	0.39	37.17
福斯特·惠勒公司	129	76.54	93.84	0.01	0.00	0.00
西安电力机械厂	69	68.84	93.01	0.00	0.54	36.5
北京电力设备总厂	54	82.72	97.12	0.00	0.00	0.00
焦作矿山机械厂	47	57.99	92.42	0.00	0.00	0.00
洛阳矿山机器厂	28	46.32	93.43	0.00	0.00	0.00
长春发电设备总厂	23	79.40	97.74	0.00	0.00	0.00
三井巴布科克能源有限公司	20	57.12	90.16	0.00	0.00	0.00
山东济南发电设备厂	20	57.00	94.32	0.00	0.00	0.00

* 此项为由于设备因素造成的非计划停运小时，单位：小时/台年（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 2023 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	2145	70.28	93.39	0.02	0.26	27.09
上海电气上重碾磨特装设备有限公司	2024	71.73	93.94	0.02	0.42	29.66
长春发电设备总厂	847	71.58	94.24	0.01	0	0
北方重工集团有限公司	338	65.16	94.47	0.03	0.01	0.63
巴布科克公司	43	74.73	96.2	0.00	0	0
北京重型机器厂	39	71.08	94.00	0.04	0	0
湘潭电机股份有限公司	39	81.67	89.08	0.00	0	0
石川岛播磨株式会社	30	68.51	92.47	0.00	0	0
三菱公司	25	39.00	96.38	0.05	0	0
福斯特·惠勒公司	20	65.56	92.32	0.00	0	0

(三) 高速磨煤机

表 2-7 2023 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	113	59.25	93.19	0.00	0.00	0.00
北方重工集团有限公司	84	67.83	96.45	0.00	0.00	0.00

四、2023 年磨煤机非计划停运

(一) 非计划停运原因分析

2023 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、卡涩和漏油。造成非计划停运的主要部件是辊—碗式(HP)中速磨煤机本体磨辊、辊—碗式(HP)中速磨煤机本体出口管、辊—盘式中速磨煤机石子煤输送装置进料阀、辊—碗式(HP)中速磨煤机本体石子煤室和辊—盘式中速磨煤机本体磨辊中速磨煤机及其他。主要责任原因是:燃料影响、产品质量不良、设备老化、运行不当和管理不当。具体见表 2-8。

表 2-8 2023 年磨煤机非计划停运前五位技术原因

技术原因	非计划停运小时			非计划停运次数		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	平均 每次	累计	平均 每台年		
磨损 (机械磨损)	2360.82	0.31	16.39	144	0.02	20.81	28.38
漏粉	1705.12	0.23	14.83	115	0.02	16.62	20.5
堵塞	1088.9	0.14	11.97	91	0.01	13.15	13.09
卡涩	386.87	0.05	5.30	73	0.01	10.55	4.65
漏油	367.13	0.05	13.11	28	0.00	4.05	4.41

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

2023 年磨煤机非计划停运前五位技术原因中, 磨损 (机械磨损) 占比小幅下降但仍排在首位; 漏粉占比大幅提升, 排在第二位; 堵塞占比大幅提升排在第三位; 卡涩占比小幅下降, 排在第四位; 漏油占比小幅提升, 排在第五位。2019-2023 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。

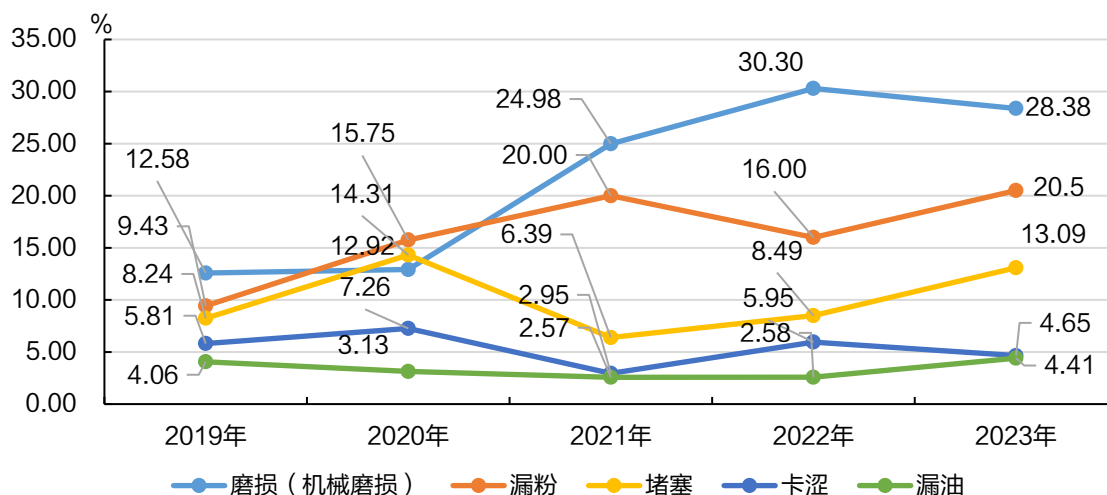


图 2-7 2019-2023 年磨煤机非计划停运前五位技术原因停运小时百分比

(二) 低、中、高速磨煤机非计划停运主要原因

表 2-9 2023 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	漏粉	32.69	43.83
中速磨煤机	磨损 (机械磨损)	25.32	32.23

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 2023 年磨煤机单台全年非计划停运时间前三名设备

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
某电厂 03 号机组 06 号磨煤机	1998-1	532.67	磨煤机电动机定子线棒匝间短路	长春发电设备总厂	设备老化(超期服役)
某电厂 01 号机组 04 号磨煤机	1995-3	475.93	辊一盘式中速磨煤机石子煤输送装置进料阀堵塞	北京电力设备总厂	燃料影响煤(油)质不良
某电厂 01 号机组 02 号磨煤机	1998-1	448.33	磨煤机电动机转子铁心松动	长春发电设备总厂	设备老化(超期服役)

第二节 给水泵组运行可靠性

一、2023 年给水泵组按主机容量分类运行可靠性指标

表 2-11 2023 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	215	38.73	96.18	3.82	0.00	0.00
300-399	1999	60.32	94.49	5.50	0.01	0.02
500-599	22	39.56	94.50	5.50	0.00	0.00
600-699	1185	65.62	94.00	6.00	0.01	0.01
1000 及以上	249	74.44	94.43	5.57	0.00	0.00

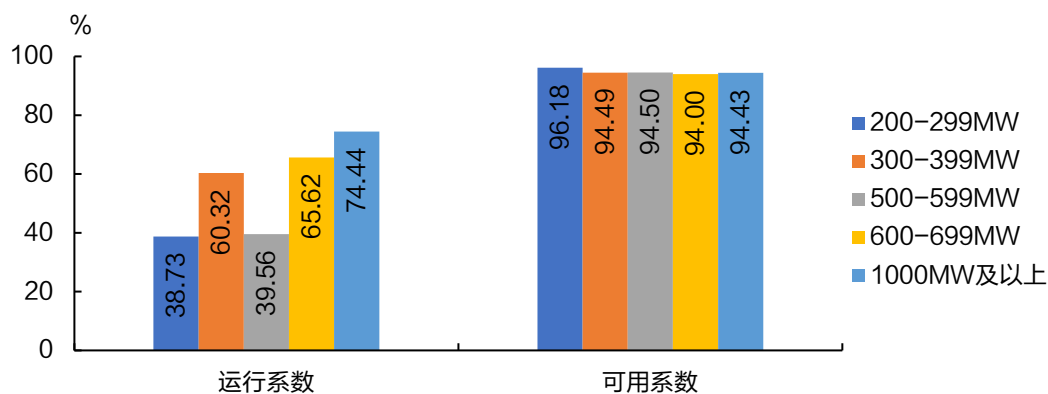


图 2-8 2023 年给水泵按机组容量分类运行系数和可用系数

二、2023 年给水泵组按制造厂分类运行可靠性指标

表 2-12 2023 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*	% **
中国电建集团上海能源装备有限公司(原上海电力修造总厂有限公司)	1595	63.09	94.07	0.02	0.81	71.54
沈阳水泵厂	713	61.02	95.05	0.02	0.57	54.74
上海水泵厂	156	60.56	94.35	0.01	0.04	6.32
KSB	125	64.32	93.84	0.00	0.07	100
北京电力设备总厂	107	62.99	94.47	0.00	0.00	0.00
苏尔寿(SULZER)公司	97	78.31	94.87	0.00	0.00	0.00
郑州电力机械厂	86	48.34	92.97	0.00	0.00	0.00
上海凯士比泵公司	60	64.53	95.05	0.06	0.00	0.00
威尔泵有限公司	48	60.4	94.38	0.00	0.00	0.00
上海汽轮机有限公司(STC)	45	81.72	92.97	0.00	0.00	0.00
日本	40	69.97	94.98	0.00	0.00	0.00
东方汽轮机厂	40	75.04	93.19	0.00	0.00	0.00
上海希科水电设备有限公司	38	58.71	94.07	0.00	2.30	67.31
上海电建修造厂	38	61.28	94.64	0.06	0.00	0.00
杭州发电设备集团公司	37	59.95	94.84	0.00	0.00	0.00
华北电力设备成套公司	31	80.56	95.74	0.02	0.45	36.96
荏原博泵泵业有限公司	29	76.05	95.69	0.00	0.00	0.00
英国	29	52.65	91.98	0.00	0.00	0.00
荏原(EBARA)公司	28	64.28	87.05	0.00	0.00	0.00
三菱(MHISUBISHI)公司	25	54.19	97.38	0.03	0.00	0.00
上海电机厂	22	33.75	96.33	0.00	0.00	0.00
杭州汽轮机股份有限公司	20	79.23	95.91	0.00	0.00	0.00
哈尔滨汽轮机厂有限责任公司(HTC)	20	79.33	91.89	0.00	0.00	0.00

三、2023 年给水泵组非计划停运

(一) 非计划停运原因

2023 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、磨损（机械磨损）、振动大、漏水和漏气。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)、给水泵本体机械密封组件、给水泵小汽轮机支持轴承轴瓦、给水泵密封水泵密封部件和给水泵小汽轮机汽缸下缸。主要责任原因是：产品质量不良、设备老化、检修质量不良、施工安装不良和管理不当。具体见表 2-13。

表 2-13 2023 年给水泵组非计划停运前五位技术原因

技术原因	非计划停运小时			非计划停运次数		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	平均每次	累计	平均每台年		
断裂	946.7	0.26	236.68	4	0.00	3.45	30.78
磨损（机械磨损）	426.68	0.12	38.79	11	0.00	9.48	13.87
振动大	328.32	0.09	36.48	9	0.00	7.76	10.67
漏水	286.62	0.08	26.06	11	0.00	9.48	9.32
漏气	186.18	0.05	46.55	4	0.00	3.45	6.05

2023 年，给水泵组非计划停运前五位技术原因中，断裂占比大幅上升，是给水泵组非计划停运的主要原因；磨损（机械磨损）占比小幅提升，排在第二位；振动大占比下降，排在第三位；漏水占比下降，排在第四位；漏气占比上升，排在第五位。2019-2023 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。

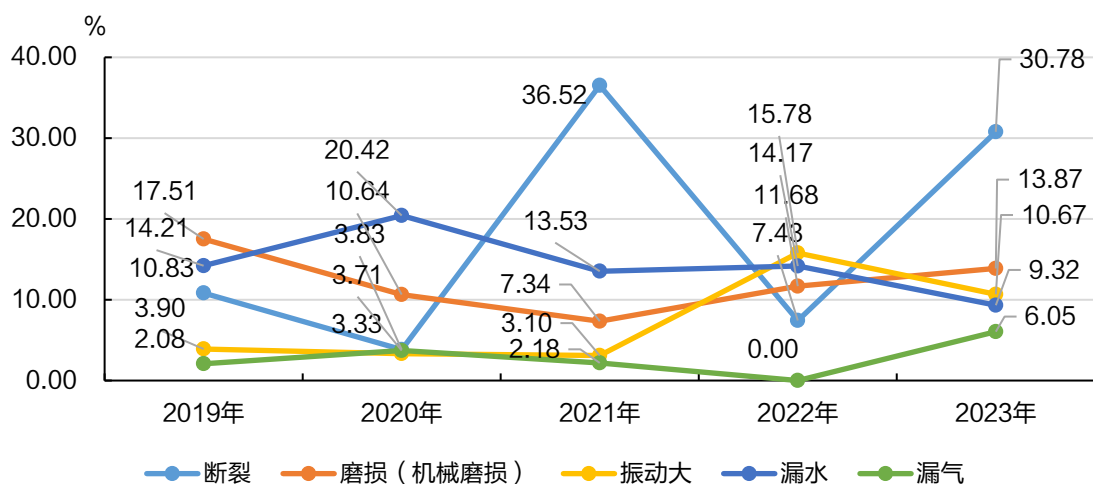


图 2-9 2019-2023 年给水泵组非计划停运前五位技术原因停运小时百分比

(二) 单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 2-14 2023 年给水泵组单台全年非计划停运时间前三名设备

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
某电厂 02 号机组 01 号给水泵组	2016-1	824.31	给水泵小汽轮机叶片叶型(叶身)断裂	中国电建集团上海能源装备有限公司	产品质量不良(结构设计不合理)
某电厂#1 号机组 q1 号给水泵组	2008-4	131.28	给水泵小汽轮机支持轴承轴瓦振动大	沈阳水泵厂	产品质量不良(工艺不良)
某电厂 01 号机组 QA 号给水泵组	2011-1	129.80	给水泵小汽轮机汽缸下缸变形(弯曲、挤压)	中国电建集团上海能源装备有限公司	产品质量不良(试验不符合标准)

第三节 送风机运行可靠性

一、2023 年送风机按主机容量分类运行可靠性指标

表 2-15 2023 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	186	69.76	95.91	4.09	0.00	0.00
300-399	1446	80.41	94.22	5.78	0.00	0.00
500-599	14	73.56	96.00	4.00	0.00	0.00
600-699	941	82.08	94.06	5.94	0.00	0.00
1000 及以上	254	84.42	93.83	6.17	0.00	0.00

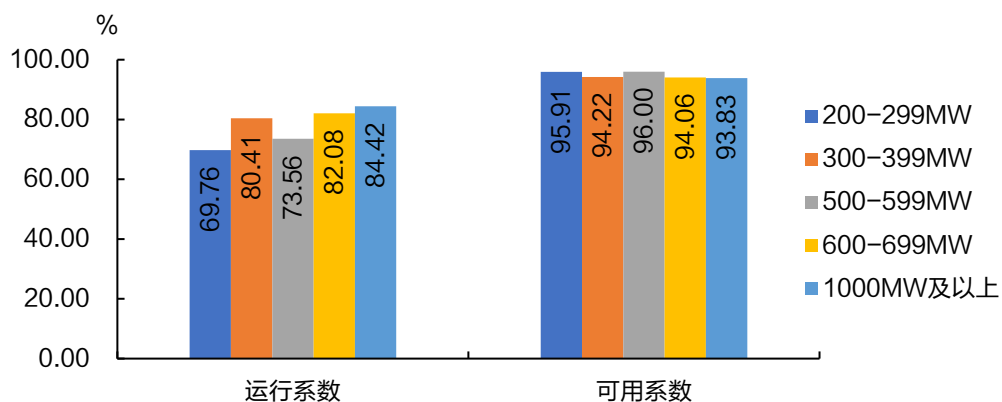


图 2-10 2023 年 200 兆瓦及以上燃煤机组按主机容量分类送风机运行系数和可用系数

二、2023 年送风机按制造厂分类运行可靠性指标

表 2-16 2023 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	1214	81.37	93.71	0.00	0.03	11.73
中国电建集团透平科技有限公司 (原成都电力机械厂)	512	82.50	94.40	0.00	0.00	0.00
沈阳鼓风机厂	477	81.79	94.44	0.00	0.00	0.00
豪顿华工程有限公司(英国)	75	82.44	93.41	0.00	0.00	0.00
成都风机厂	70	84.44	94.87	0.00	0.00	0.00
武汉鼓风机厂	46	88.01	94.78	0.00	0.00	0.00
豪顿华工程有限公司	41	82.88	93.3	0.00	0.00	0.00
英国	40	77.03	95.73	0.00	0.00	0.00
丹麦	34	83.62	96.05	0.00	0.00	0.00
成都凯凯凯电站风机有限公司	34	84.54	94.00	0.00	0.00	0.00
山东电力设备有限公司	20	69.23	97.00	0.00	0.00	0.00

三、2023 年送风机非计划停运

(一) 非计划停运原因

2023 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：温度高、磨损（机械磨损）、卡涩、失灵、拒动；造成设备非计划停运的主要部件是：轴流送风机本体轴承、轴流送风机本体调节机构、轴流送风机液压油站调压阀、轴流送风机出口挡板传动机构、轴流送风机本体连接件；主要责任原因是：设备老化、检修质量不良、产品质量不良、气候因素、管理不当等。具体见表 2-17。

表 2-17 2023 年送风机非计划停运前五位技术原因

技术原因	非计划停运小时			非计划停运次数		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	平均 每次	累计	平均 每台年		
温度高	77.47	0.03	11.07	7	0.00	31.82	29.91
磨损（机械磨损）	64.52	0.02	32.26	2	0.00	9.09	24.91
卡涩	32.38	0.01	32.38	1	0.00	4.55	12.5

技术原因	非计划停运小时			非计划停运次数		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	平均 每次	累计	平均 每台年		
失灵	27.73	0.01	13.87	2	0.00	9.09	10.71
拒动	15.17	0.01	15.17	1	0.00	4.55	5.86

2023年，送风机非计划停运前五位技术原因中，温度高、磨损（机械磨损）造成的非计划停运小时占比急剧上升，排在前两位；卡涩、失灵造成的设备非计划停运占比大幅上升排在第三、四位；拒动前四年未出现过，今年排在第五位。2019-2023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。

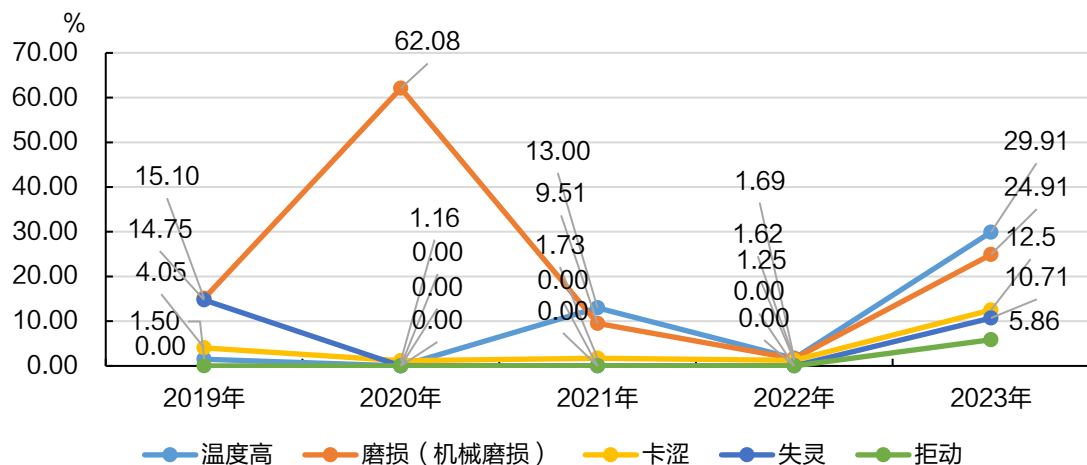


图 2-11 2019-2023 年送风机非计划停运前五位技术原因停运小时百分比

(二) 单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 2-18 2023 年送风机单台全年非计划停运时间前三名设备

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
某电厂 02 号机组 02 号送风机	2012-9	62.02	动叶调节轴流送风机本体轴承磨损（机械磨损）	上海鼓风机厂有限公司	设备老化（过负荷运行）
某电厂 01 号机组 02 号送风机	1994-12	32.38	动叶调节轴流送风机本体调节机构卡涩	上海鼓风机厂有限公司	产品质量不良（制造质量差）
某电厂 01 号机组 02 号送风机	2000-9	19.77	动叶调节轴流送风机液压油站调压阀失灵	上海鼓风机厂有限公司	检修质量不良（调试不当）

第四节 引风机运行可靠性

一、2023 年引风机按主机容量分类运行可靠性指标

表 2-19 2023 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	194	70.87	95.95	4.05	0.00	0.00
300-399	1513	80.45	94.17	5.82	0.00	0.00
500-599	14	73.25	95.95	4.05	0.00	0.00
600-699	955	81.63	93.97	6.03	0.00	0.00
1000 及以上	256	84.09	93.61	6.38	0.00	0.00

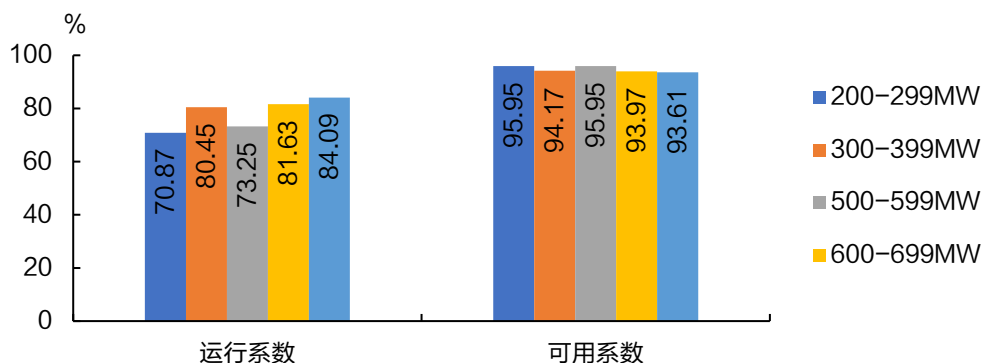


图 2-12 2023 年 200 兆瓦及以上燃煤机组按主机容量分类引风机运行系数、可用系数

二、2023 年引风机按制造厂分类运行可靠性指标

表 2-20 2023 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 (原成都电力机械厂)	1482	82.00	94.16	0.00	0.02	13.92
上海鼓风机厂有限公司	561	81.03	93.96	0.01	0.21	46.53
沈阳鼓风机厂	209	81.16	94.25	0.00	0.00	0.00
成都风机厂	191	80.75	93.35	0.00	0.00	0.00
成都凯凯凯电站风机有限公司	51	86.05	92.20	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*	% **
成都电力修造厂	49	79.18	93.87	0.00	0.00	0.00
山东电力设备有限公司	28	67.38	97.18	0.00	0.00	0.00
豪顿华工程有限公司(英国)	28	82.32	92.44	0.00	0.18	100
丹麦	21	86.42	97.56	0.00	0.00	0.00
英国	20	83.22	94.42	0.00	0.00	0.00
武汉鼓风机厂	20	86.77	94.43	0.00	0.00	0.00

三、2023年引风机非计划停运

(一) 引风机非计划停运原因

2023年,引风机非计划停运的主要技术原因排在前五位的分别是振动大、断裂、磨损(机械磨损)、漏油、松动;造成设备非计划停运的主要部件是:轴流引风机本体轴承、轴流引风机本体轴承座、轴流引风机本体动叶片、轴流引风机本体动叶片、轴流引风机本体调节机构等;主要责任原因是:检修质量不良、产品质量不良、设备老化、规划、设计不周、燃料影响等。具体见表2-21。

表 2-21 2023年引风机非计划停运前五位技术原因

技术原因	非计划停运小时			非计划停运次数		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	平均每次	累计	平均每台年		
振动大	186.22	0.06	31.04	6	0.00	17.65	36.78
断裂	76.23	0.03	25.41	3	0.00	8.82	15.06
磨损(机械磨损)	69.37	0.02	17.34	4	0.00	11.76	13.7
漏油	47.63	0.02	23.82	2	0.00	5.88	9.41
松动	29.13	0.01	14.57	2	0.00	5.88	5.75

2023年,引风机非计划停运前五位技术原因中,振动大造成的非计划停运小时连续四年占比上升,排在第一位;断裂占比五年内呈波动状态,排在第二位;磨损(机械磨损)占比大幅上升,排在第三位;漏油占比上升较快,排在第四位;松动占比小幅上升,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。

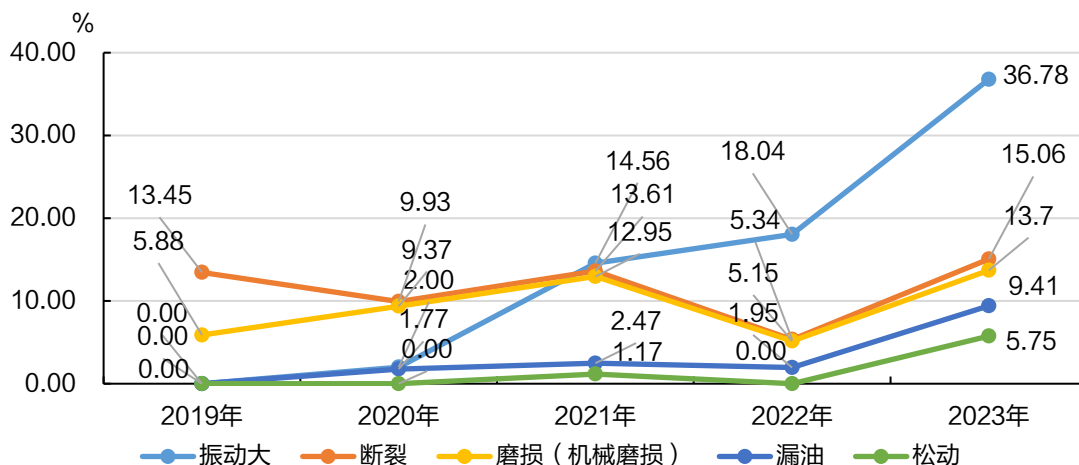


图 2-13 2019-2023 年引风机非计划停运前五位技术原因停运小时百分比

(二) 单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 2-22 2023 年引风机单台全年非计划停运时间前三名设备

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
某电厂 05 号机组 01 号引风机	2016-5	100.83	动叶调节轴流引风机 本体动叶片力矩过大	罗马尼亚	检修质量不良 (工艺不良)
某电厂 02 号机组 2A 号引风机	2019-5	82.00	动叶调节轴流引风机 本体动叶片卡涩	豪顿华工程有 限公司	检修质量不良 (工艺不良)
某电厂 01 号机组 01 号引风机	2008-11	81.00	动叶调节轴流引风机 本体轴承振动大	成都电力机械 厂	检修质量不良 (工艺不良)

第五节 高压加热器运行可靠性

一、2023 年高压加热器按主机容量分类运行可靠性指标

表 2-23 2023 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	231	71.43	96.35	3.36	0.01	0.02
300-399	2269	80.38	94.08	5.88	0.03	0.04
500-599	22	70.75	94.12	5.88	0.00	0.00
600-699	1437	81.90	93.77	6.22	0.01	0.01
1000 及以上	526	84.28	94.02	5.98	0.00	0.00

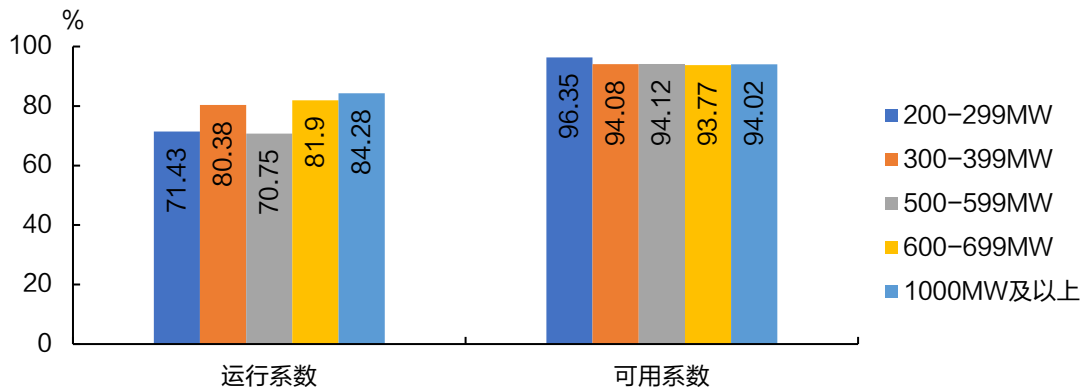


图 2-14 2023 年 200 兆瓦及以上燃煤机组按主机容量分类高压加热器运行系数和可用系数

二、2023 年高压加热器按制造厂分类运行可靠性指标

表 2-24 2023 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 (原上海动力设备有限公司 SPEC)	1737	81.58	93.92	0.03	0.19	9.17
东方锅炉 (集团) 股份有限公司	799	81.30	94.51	0.00	0.00	0.00
哈尔滨锅炉厂有限责任公司	783	82.24	93.84	0.02	0.01	0.95
杭州锅炉集团股份有限公司	389	83.60	94.08	0.01	0.40	74.68
青岛锅炉辅机厂	109	84.77	94.17	0.00	0.00	0.00
上海电气集团公司	69	84.12	94.1	0.00	0.00	0.00
四川锅炉厂	42	80.32	96.29	0.06	2.70	60.94
华北电力设备成套公司	40	80.20	92.95	0.00	0.00	0.00
南京汽轮电机厂	38	86.08	95.76	0.00	0.00	0.00
济南市压力容器厂	36	84.28	91.7	0.00	0.00	0.00
德国制造厂商	30	85.10	96.53	0.00	0.00	0.00
上海电力机械厂	28	90.69	95.52	0.00	0.00	0.00
福斯特·惠勒公司 (FW)	26	75.76	92.14	0.00	0.00	0.00
中国电建集团上海能源装备有限公司 (原上海电力修造总厂有限公司)	26	84.84	90.71	0.00	0.00	0.00
三菱 (MHISUBISHI) 公司	21	59.32	93.87	0.00	0.00	0.00

三、2023 年高压加热器非计划停运

(一) 非计划停运原因

2023 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、开焊、堵塞、漏汽、腐蚀爆（泄）漏。造成设备非计划停运的主要部件是：高压加热器 U 型管、高压加热器疏水管道焊口、高压加热器水位测量一次元件、高压加热器筒体、高压加热器疏水管道直管等。主要责任原因是：设备老化、产品质量不良、规划、设计不周、检修质量不良、外部原因等。具体见表 2-25。

表 2-25 2023 年高压加热器非计划停运前五位技术原因

技术原因	非计划停运小时			非计划停运次数		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	平均每次	累计	平均每台年		
漏水	4682.47	1.04	130.07	36	0.01	38.71	54.21
开焊	1270.23	0.28	141.14	9	0.00	9.68	14.70
堵塞	529.97	0.12	132.49	4	0.00	4.30	6.14
漏汽	479.00	0.11	53.22	9	0.00	9.68	5.55
腐蚀爆（泄）漏	317.90	0.07	79.48	4	0.00	4.30	3.68

2023 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均排在第一位；开焊比前四年占比有较大提升，排在第二位，堵塞占比五年内首次出现，排在第三位；漏汽、腐蚀爆（泄）漏占比较为稳定，分别排在第四、第五位。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。

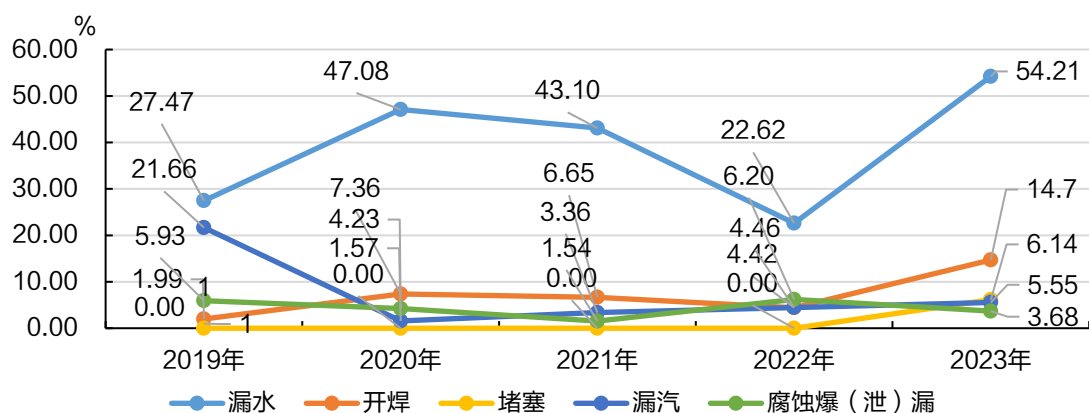


图 2-15 2019-2023 年高压加热器非计划停运前五位技术原因停运小时百分比

(二) 单台全年非计划停运时间较长的三台设备

表 2-26 2023 年高压加热器单台全年非计划停运时间前三名设备

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
某电厂 07 号机组 73 号高压加热器	2007-5	1929.25	高压加热器换热管漏水	上海电气电站设备有限公司（原上海动力设备有限公司 SPEC）	设备老化（超期服役）
某电厂 01 号机组 53 号高压加热器	2010-11	569.25	高压加热器疏水管道焊口开焊	济南锅炉厂	设计不周（设计裕度不够）
某电厂 07 号机组 71 号高压加热器	2007-5	503.42	高压加热器 null 水位测量一次元件堵塞	上海电气电站设备有限公司（原上海动力设备有限公司 SPEC）	调整试验不当（调试管理不良）

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

2023 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 93.04%、85.67%、89.97%、93.39% 和 94.67%，磨煤机、给水泵组、送风机、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 93.72%、94.40%、94.14%、94.1%和 93.97%，与进口设备可用系数相比，国产给水泵组、送风机、引风机高于进口 0.50、0.10 和 1.00 个百分点，国产磨煤机、高压加热器低于进口 0.14、0.95 个百分点。具体见图 2-16。

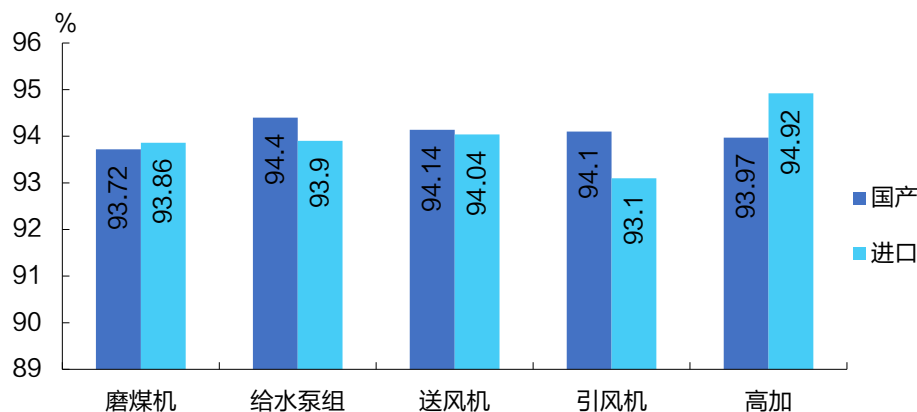


图 2-16 2023 年 200 兆瓦及以上容量燃煤机组五种辅助设备国产、进口可用系数

2023 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 0.01%、0.02%、0.00%、0.00%、0.02%，与进口设备相比，国产磨煤机、引风机非计划停运率低于进口设备 0.01 个百分点，给水泵组、高压加热器均高于进口设备 0.02 个百分点，送风机非计划停运率与进口设备相同。具体见图 2-17。

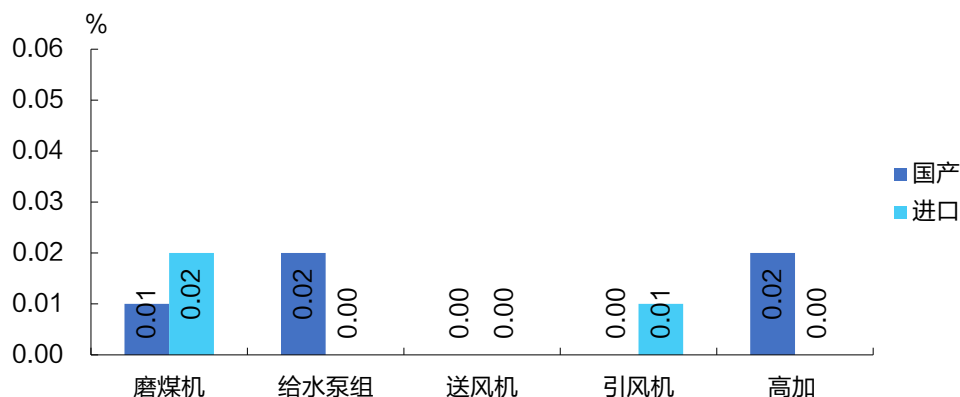


图 2-17 2023 年 200 兆瓦及以上容量燃煤机组五种辅助设备国产、进口非计划停运率

二、300 兆瓦容量等级辅助设备

2023 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 92.04%、90.65%、91.42%、93.19%和 93.48%。国产五种辅机的可用系数分别为 93.98%、94.38%、94.14%、94.15%和 94.03%，与进口设备相比，国产五种辅机分别低于进口设备 0.58、1.16、0.85、0.22 和 0.74 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 0.33、2.36、7.63、7.80 和 7.10 个百分点。非计划停运率磨煤机、送风机、引风机与进口设备相同，其余国产设备均高于进口设备，给水泵高 0.02 个百分点，高加高 0.01 个百分点。具体见表 2-27。

表 2-27 2023 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		给水泵组		送风机		引风机		高加	
	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口
台数	3054	264	1812	187	1322	124	1410	103	2121	148
运行系数 (%)	69.65	69.32	60.56	58.20	81.10	73.47	80.97	73.17	80.88	73.78

指标	磨煤机		给水泵组		送风机		引风机		高加	
	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口
可用系数 (%)	93.98	94.56	94.38	95.54	94.14	94.99	94.15	94.37	94.03	94.77
计划停运系数 (%)	6.00	5.42	5.61	4.46	5.86	5.01	5.84	5.63	5.93	5.21
非计划停运率 (%)	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03

三、600 兆瓦容量等级辅助设备

2023 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 94.44%、85.91%、87.78%、94.97%和 96.94%，五种设备国产化率均同比上升。

五种辅助设备中，除国产给水泵组、高压加热器运行系数分别低于进口设备 3.08 和 3.58 个百分点外，其余国产设备均高于进口设备，分别高 1.83、2.24 和 0.13 个百分点。可用系数除国产磨煤机高于进口设备 0.36 个百分点，其余国产设备均低于进口设备，分别高 0.17、0.04、1.41 和 0.97 个百分点。设备非计划停运率，国产磨煤机比进口设备低 0.01 个百分点，国产送风机、引风机与进口设备持平，国产给水泵组、高压加热器均高比进口设备高 0.01 个百分点。具体见表 2-28。

表 2-28 2023 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		给水泵组		送风机		引风机		高压加热器	
	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口
台数 (台)	2819	166	1018	167	826	115	907	48	1393	44
运行系数 (%)	70.73	68.90	65.2	68.28	82.35	80.11	81.62	81.49	81.81	85.39
可用系数 (%)	93.73	93.37	93.97	94.14	94.05	94.09	93.90	95.31	93.75	94.72
计划停运系数 (%)	6.26	6.62	6.02	5.86	5.94	5.91	6.10	4.69	6.24	5.28
非计划停运率 (%)	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00

第七节 燃煤机组环保系统和设施运行可靠性

2023 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 1998 台、1445 套、1142 套，同比分别增加 65 台、12 套、30 套。除尘设备和脱硫、脱硝系统运行系数分别为 81.94%、81.19%、82.01%，同比分别上升 1.99、2.05 和 1.67 个百分点；三类环保设备可用系数分别为 93.97%、93.93%、94.25%，同比分别上升 0.70、0.53、0.48 个百分点；三类环保设备非计划停运率分别为 0.00%、0.01%、0.01%，除尘设备、脱硫系统同比均下降 0.01 个百分点，脱硝系统同比上升 0.01 个百分点。具体见表 2-29-表 2-31。

表 2-29 2019-2023 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 (%)
2019	1635	74.50	94.11	0.00
2020	1638	72.75	94.66	0.00
2021	1887	79.95	94.07	0.01
2022	1933	79.95	93.27	0.01
2023	1998	81.94	93.97	0.00

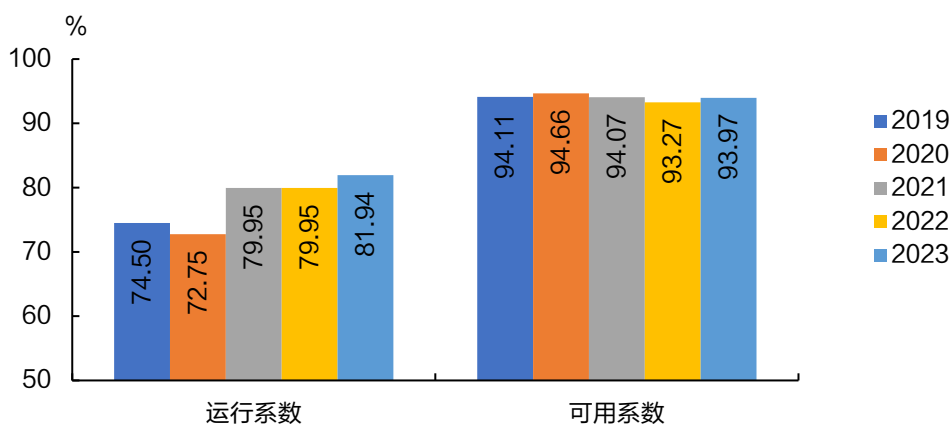


图 2-18 2019-2023 年 200 兆瓦及以上燃煤机组除尘设备运行系数、可用系数

表 2-30 2019-2023 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 (%)
2019	1264	74.54	94.40	0.00
2020	1267	72.79	94.55	0.00
2021	1400	79.38	93.92	0.00
2022	1433	79.14	93.40	0.02
2023	1445	81.19	93.93	0.01

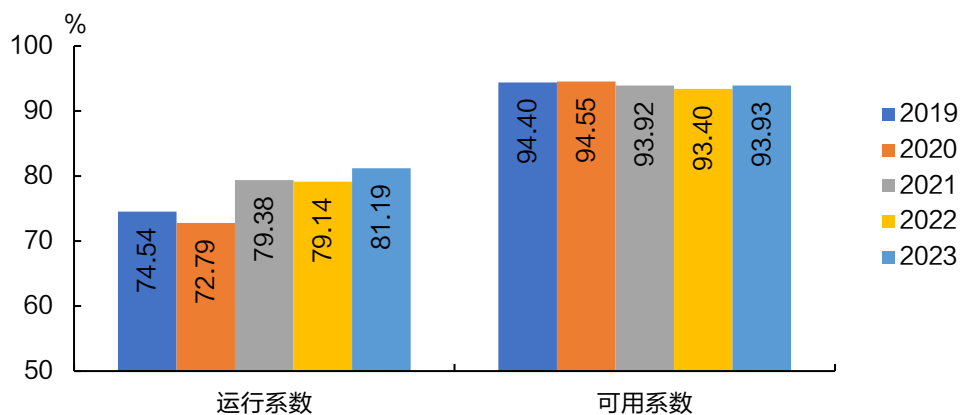


图 2-19 2019-2023 年 200 兆瓦及以上燃煤机组脱硫系统运行系数、可用系数

表 2-31 2019-2023 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
2022	1112	80.34	93.77	0.00
2023	1142	82.01	94.25	0.01

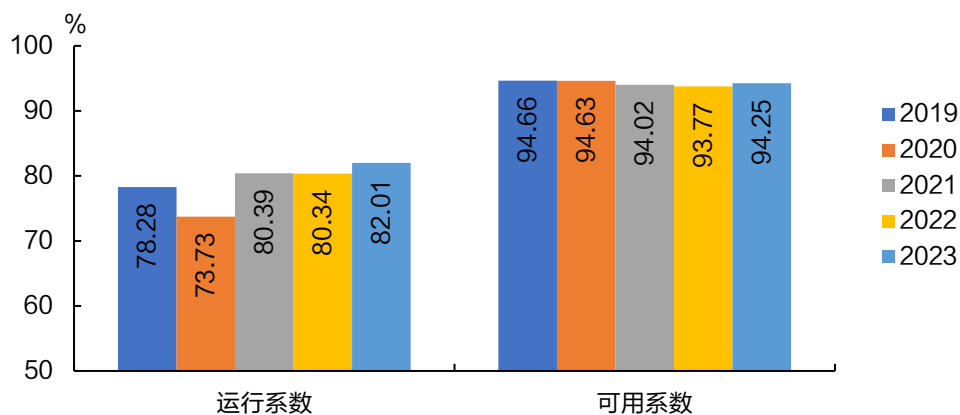


图 2-20 2019-2023 年 200 兆瓦及以上燃煤机组脱硝系统运行系数、可用系数

第三章 2023 年全国 220 千伏及以上电压等级变压器、 断路器、架空线路等输变电设施运行可靠性

纳入电力可靠性统计的输变电设施包括：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、组合电器、电缆线路、母线。

第一节 2023 年全国输变电设施统计数量

2023 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 493 个地市级供电公司和发电厂，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发电集团及所辖 907 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、断路器等输变电设施的可靠性统计数据。2023 年全国输变电设施统计数量情况见表 3-1。

表 3-1 全国输变电设施统计数量情况

类别	220 千伏	330 千伏	400 千伏	500 千伏	660 千伏	750 千伏	800 千伏	1000 千伏	综合
架空线路	5063.379	383.568	4.229	2605.104	13.334	289.407	284.347	194.259	8837.626
变压器	14873	668	0	7127	6	494	33	223	23424
电抗器	288	248	9	3062	0	709	57	316	4689
断路器	42291	2360	2	8891	0	626	43	61	54274
电流互感器	125568	4495	25	21796	0	324	135	146	152489
电压互感器	68361	6362	0	25155	0	1771	31	663	102343
隔离开关	160043	5356	8	22447	1	1536	143	126	189660
避雷器	134503	6206	48	28999	1	2331	461	786	173335

¹含交流输电线路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

类别	220 千伏	330 千伏	400 千伏	500 千伏	660 千伏	750 千伏	800 千伏	1000 千伏	综合
电缆线路	80.131	0	0	2.113	0	0	0	0	82.244
组合电器	7864	265	0	2887	0	50	0	127	11193
母线	11869	437	0	2034	0	113	42	26	14521

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

第二节 输变电设施运行可靠性总体情况

2023年，除变压器、电抗器、避雷器外，其它设施计划停运时间均高于2022年，其中架空线路、母线、电缆线路的计划停运时间升幅较大，分别同比上升7.396小时/百千米年、1.202小时/段年和1.136小时/千米年。受计划停运时间升高影响，架空线路、电流互感器、电压互感器、组合电器、电缆线路和母线的可用系数低于2022年，其中架空线路、电缆线路降幅较大，分别同比下降0.083个、0.033个百分点。架空线路、断路器、电流互感器、电压互感器、电缆线路和组合电器的强迫停运率高于2022年，分别同比增加0.019次/百千米年、0.049次/百台年、0.001次/百台年、0.011次/百台年、0.059次/千米年、0.023次/百台年。具体指标见表3-2、图3-1和图3-2。

表 3-2 2022、2023 年全国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	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
架空线路	99.522	99.440	0.035	0.054	2.332	0.658	38.323	45.719
变压器	99.468	99.563	0.210	0.144	0.319	0.153	45.735	37.911
电抗器	99.806	99.818	0.110	0.000	0.130	0.040	16.740	15.852
断路器	99.817	99.821	0.086	0.135	0.053	0.021	15.536	15.594
电流互感器	99.950	99.949	0.015	0.016	0.022	0.006	4.239	4.430
电压互感器	99.949	99.947	0.004	0.015	0.012	0.045	4.399	4.543
隔离开关	99.963	99.963	0.013	0.013	0.025	0.003	3.194	3.236
避雷器	99.955	99.955	0.007	0.007	0.005	0.042	3.922	3.901
电缆线路	99.964	99.931	0.014	0.073	0.001	1.786	3.165	4.301

类别	可用系数%		强迫停运率		非计划停运时间		计划停运时间	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
组合电器	99.970	99.962	0.015	0.038	0.018	0.008	2.608	3.300
母线	99.955	99.943	0.282	0.096	0.160	0.010	3.733	4.935

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

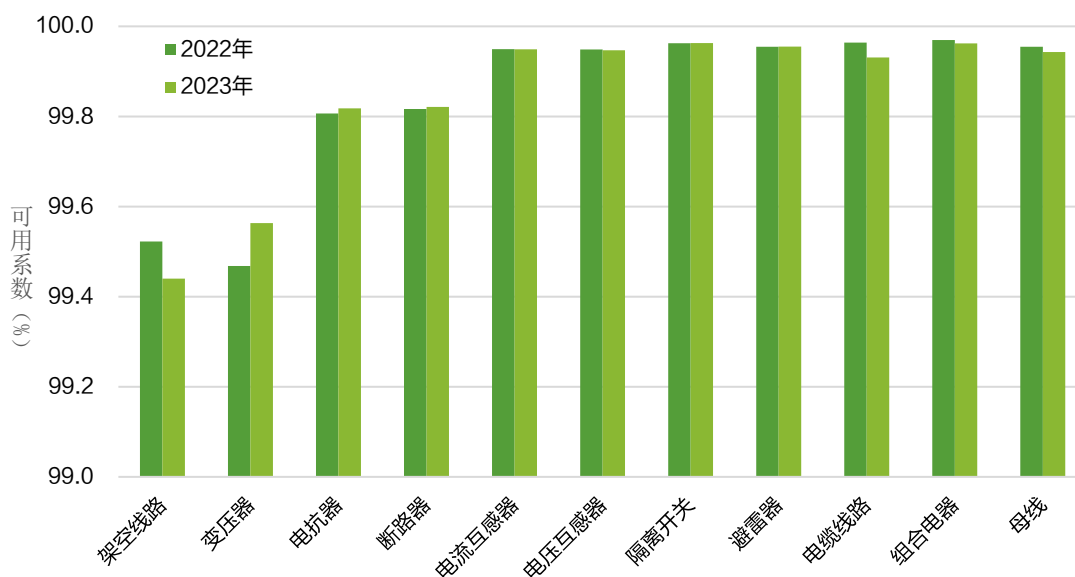


图 3-1 2022、2023 年全国输变电设施可用系数对比

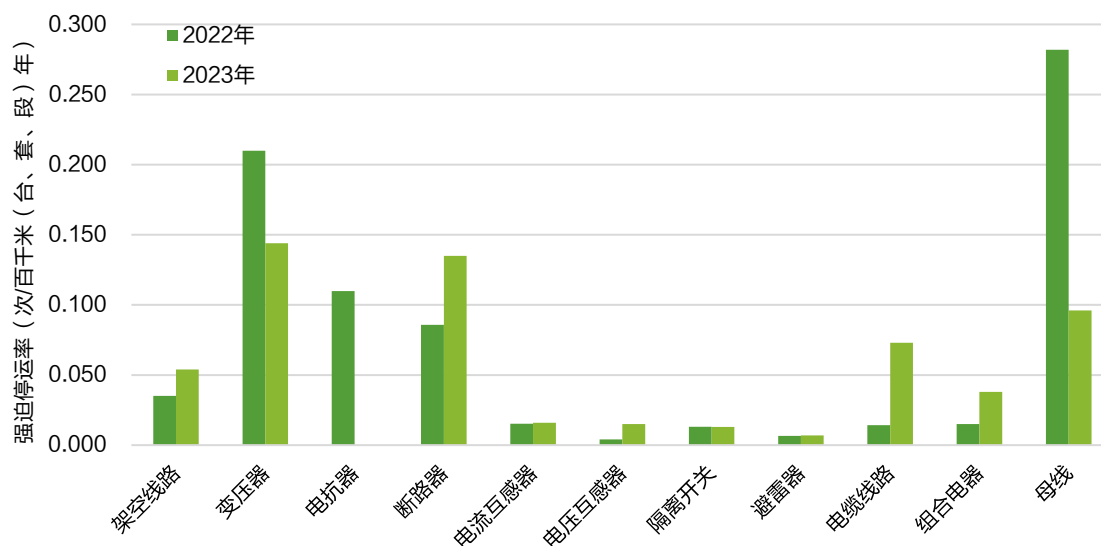


图 3-2 2022、2023 年全国输变电设施强迫停运率对比

第三节 变压器运行可靠性

一、2019-2023 年指标对比

2023 年，变压器的统计数量较 2019 年增加 46.242 百台年，五年年均增长率 5.820%，同比增加 10.2 百台年。变压器可用系数近五年保持在较高水平，2023 年变压器可用系数较 2019 年下降 0.078 个百分点，同比上升 0.095 个百分点。变压器强迫停运率近五年整体呈波动下降趋势，2023 年变压器强迫停运率较 2019 年下降 0.091 次/百台年，同比下降 0.066 次/百台年。2019-2023 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。

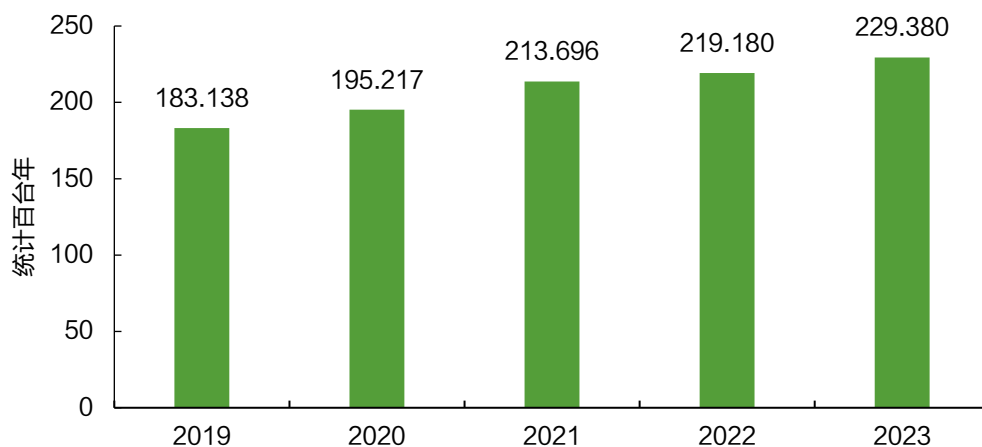


图 3-3 2019-2023 年变压器统计百台年数对比

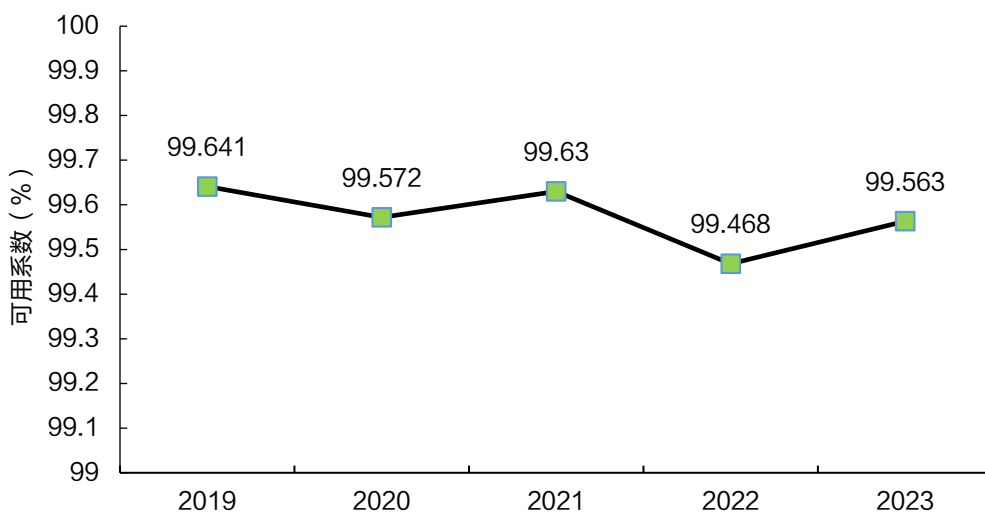


图 3-4 2019-2023 年变压器可用系数对比

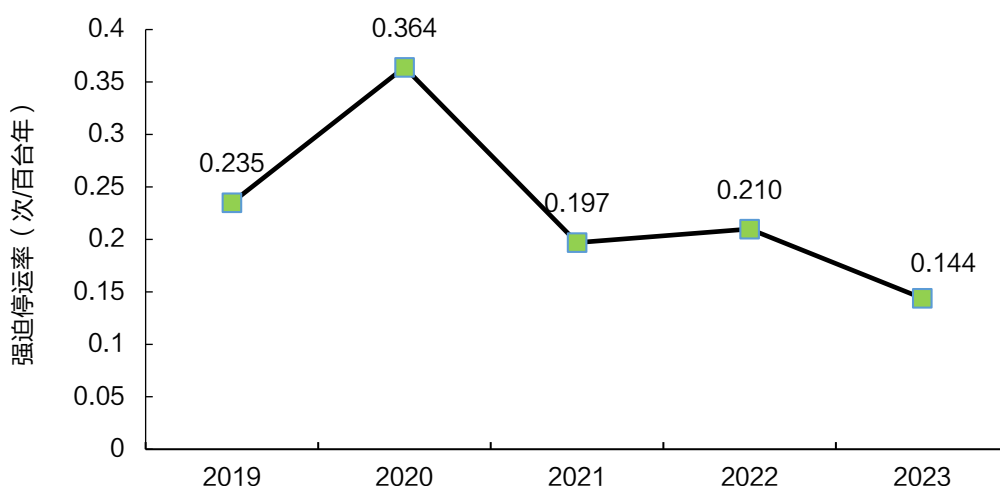


图 3-5 2019-2023 年变压器强迫停运率对比

二、按运行单位分析

2023 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 99.776%、99.739%、99.810%。发电侧 11 家集团公司变压器可用系数前三位分别是广东省能源集团有限公司 99.747%、内蒙古能源集团有限公司 99.576%、国家能源投资集团有限责任公司 99.097%。

2023 年各单位变压器运行可靠性指标见表 3-3。

表 3-3 2023 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	193.941	99.771	0.119	0.106	21.708	19.707
国家电网有限公司	155.670	99.776	0.122	0.116	20.158	19.318
中国南方电网有限责任公司	31.189	99.739	0.064	0.077	26.035	22.568
内蒙古电力(集团)有限责任公司	7.082	99.810	0.282	0.009	36.714	15.671
发电侧综合	35.439	98.426	0.282	0.132	38.121	137.530
中国华能集团有限公司	6.600	98.880	0.303	0.321	33.939	97.808
中国大唐集团有限公司	4.971	97.154	0.201	0.145	58.537	248.302
中国华电集团有限公司	5.627	98.388	0.000	0.000	42.474	140.926

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)
国家能源投资集团有限责任公司	6.256	99.097	0.320	0.011	24.138	78.929
国家电力投资集团有限公司	4.143	98.516	0.241	0.240	40.546	129.479
中国长江三峡集团有限公司	1.980	96.952	1.515	0.177	63.131	266.809
北京能源投资(集团)公司	1.368	98.929	0.000	0.000	30.694	93.846
河北省建设投资公司	0.150	95.923	0.000	0.000	53.333	357.173
内蒙古能源集团有限公司	0.444	99.576	2.250	0.917	27.001	36.221
浙江省能源集团公司	1.509	97.228	0.000	0.000	45.060	242.869
广东省能源集团有限公司	1.410	99.747	0.000	0.000	4.965	22.159

三、按投运时间分析

2023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11031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99.729%和99.665%。非计划停运率较低的是10年以上20年以内和20年以上的变压器,非计划停运率分别为0.227次/百台年和0.133次/百台年。

2023年变压器按投运时间分类的可靠性指标情况见表3-4、图3-6和图3-7。

表3-4 2023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	4371	99.729	20.327	0.232
	220	2411	99.807	20.402	0.141
	330	135	99.813	13.038	0.815
	500	1586	99.654	18.957	0.215
5—10	综合	5035	99.665	22.812	0.278
	220	2940	99.702	24.877	0.204
	330	150	99.612	20.000	0.000
	500	1621	99.627	18.700	0.494
10—20	综合	11031	99.508	25.692	0.227
	220	7230	99.608	26.782	0.235
	330	301	99.339	24.904	0.000
	500	3307	99.325	22.998	0.212

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)
≥20	综合	2987	99.381	26.383	0.133
	220	2292	99.432	26.364	0.173
	330	82	98.205	45.925	0.000
	500	613	99.348	23.817	0.000

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

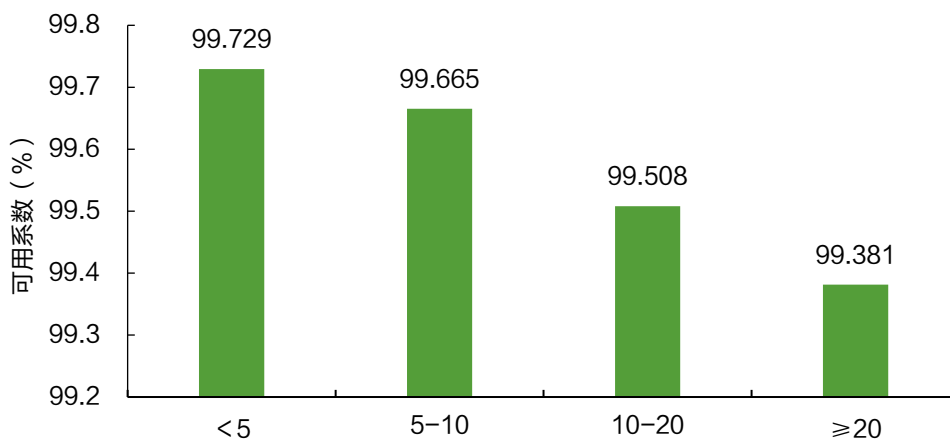


图 3-6 2023 年不同投运时间变压器可用系数对比

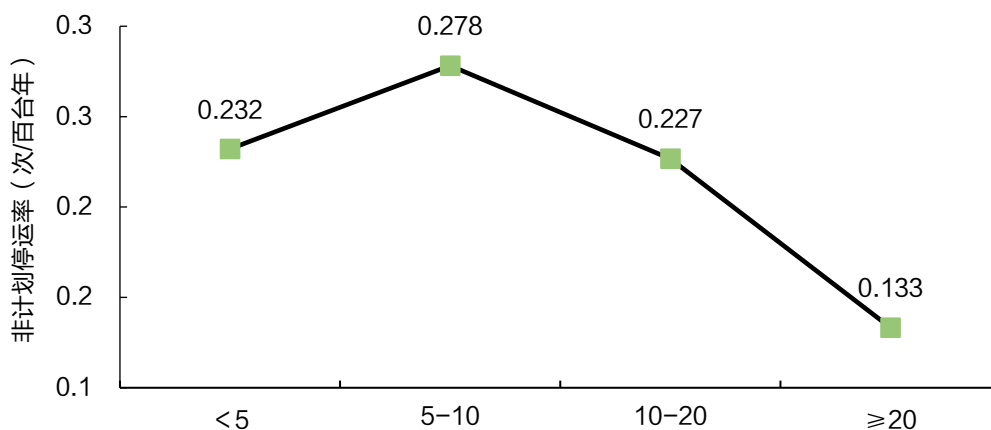


图 3-7 2023 年不同投运时间变压器非计划停运率对比

四、变压器计划停运、非计划停运影响可用系数比较

2023 年，变压器可用系数同比上升 0.095 个百分点。计划停运影响可用系数占比为 99.524%，同比上升 0.210 个百分点。非计划停运影响可用系数占比 0.476%，同比下降 0.210 个百分点。

2022 和 2023 年变压器计划停运、非计划停运影响可用系数比较见表 3-5。

表 3-5 2022、2023 年变压器计划停运、非计划停运影响可用系数比较

指标	2022 年	2023 年	比较
可用系数%	99.468	99.563	0.095
计划停运影响可用系数占比%	99.314	99.524	0.210
非计划停运影响可用系数占比%	0.686	0.476	-0.210

五、变压器非计划停运事件分析

2023 年，变压器共发生非计划停运 52 次，同比减少 31 次。其中 220 千伏有 30 次，同比减少 15 次；330 千伏有 1 次，同比持平；500 千伏有 18 次，同比减少 4 次；750 千伏有 2 次，同比减少 13 次；1000 千伏有 1 次，同比增加 1 次。2023 年累计非计划停运 0.153 小时/台年，同比减少 0.166 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为 12 次，5-100 小时之间的停运次数为 31 次，100-200 小时之间的停运次数为 6 次，200 小时以上的停运次数为 3 次。

2023 年变压器按停运时间分类的非计划停运情况见表 3-6。

表 3-6 2023 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	12
5-100	31
100-200	6
≥200	3

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

2023 年全国变压器发生 100 小时以上非计划停运事件 9 次，典型事件如下：

2023 年 5 月，国网西藏电力有限公司 220 千伏墨竹工卡变电站 3 号主变由于设备老化疲劳，导致连接件接触不良放电，发生 1 次第一类非计划停运，非停时间为 986 小时。

2023 年 5 月，南网深圳供电局有限公司运行人员通过数字生产手段远程巡视发

现 220 千伏腾飞站#1 主变 A 相套管存在疑似密封不良缺陷，经停电检查发现套管头部密封件存在异常，后紧急协调备品套管进行更换套管，停电时间 305 小时。

2023 年 6 月，南网桂林供电局 220 千伏苏桥站 2 号主变 220 千伏侧 A 相套管电容芯内存在缺陷，在工作电压、过电压长期积累影响以及雷暴等强对流天气作用下，诱发套管内部对地贯穿性放电，发生 1 次第一类非计划停运，非停时间为 339 小时。

（二）按部件因素分析

2023 年，其它部件设备、套管和线圈是引起 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 17 次、8 次和 8 次。线圈、其它部件设备和套管是引起 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 2055.250 小时、976.817 小时和 433.917 小时。

2023 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 3-7 至表 3-12。

表 3-7 2023 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 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
其它部件设备	17	976.817	26.041
套管	8	433.917	11.568
线圈	8	2055.250	54.791
铁芯	4	92.350	2.462
引流线	3	52.350	1.396
一次系统	2	20.483	0.546
冷却系统	2	25.333	0.675
分接开关	2	31.700	0.845
非电量保护装置	2	34.617	0.923
继电保护	2	19.533	0.521
油箱及储油柜	2	8.733	0.233

表 3-8 2023 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 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
套管	8	506.450	52.281
其它部件设备	8	321.783	33.217
引流线	2	2.333	0.241

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 (%)
一次系统	2	20.483	2.114
分接开关	2	31.700	3.272
非电量保护装置	2	34.617	3.573
油箱及储油柜	2	8.733	0.902
铁芯	1	8.350	0.862
冷却系统	1	18.500	1.910
继电保护	1	14.100	1.456
线圈	1	1.667	0.172

表 3-9 2023 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 (次)	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	114.033	100

表 3-10 2023 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 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
其它部件设备	7	390.117	16.577
线圈	5	1841.583	78.252
铁芯	3	84.000	3.569
套管	1	25.433	1.081
冷却系统	1	6.833	0.290
继电保护	1	5.433	0.231

表 3-11 2023 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 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
其它部件设备	1	192.917	79.411
引流线	1	50.017	20.589

表 3-12 2023 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 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
其它部件设备	1	72	100

（三）按责任原因分析

2023年，产品质量不良、设备老化和气候因素是引起220千伏及以上变压器非计划停运次数较多的前三位责任原因，分别引起非计划停运17次、7次和6次。产品质量不良、其它责任原因和燃料影响是引起220千伏及以上变压器非计划停运时间较长的前三位责任原因，分别引起非计划停运2528.15小时、714.73小时和150.75小时。

2023年变压器按责任原因分类的非计划停运情况见表3-13至表3-18。

表3-13 2023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	17	2528.15	61.813
设备老化	7	124.52	3.044
气候因素	6	147.70	3.611
规划、设计不周	5	66.62	1.629
其它责任原因	4	714.73	17.475
自然灾害	2	46.07	1.126
责任原因不明	2	97.43	2.382
施工安装不良	2	75.33	1.842
燃料影响	2	150.75	3.686
管理不当	2	15.18	0.371
检修质量不良	1	118.77	2.904
动物事故	1	0.10	0.002
电力系统影响	1	4.65	0.114

表3-14 2023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	10	534.30	40.860
设备老化	5	5.42	0.414
气候因素	3	77.95	5.961
自然灾害	2	46.07	3.523

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 (%)
施工安装不良	2	75.33	5.761
燃料影响	2	150.75	11.528
其它责任原因	2	285.95	21.868
检修质量不良	1	118.77	9.083
管理不当	1	8.35	0.639
动物事故	1	0.10	0.008
电力系统影响	1	4.65	0.356

表 3-15 2023 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 (%)
产品质量不良	1	114.03	100

表 3-16 2023 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	5	1829.80	77.751
规划、设计不周	5	66.62	2.831
气候因素	3	69.75	2.964
设备老化	2	119.10	5.061
责任原因不明	1	25.43	1.081
其它责任原因	1	235.87	10.022
管理不当	1	6.83	0.290

表 3-17 2023 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 (%)
其它	1	192.92	79.411
产品质量不良	1	50.02	20.589

表 3-18 2023 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 (%)
责任原因不明	1	72.00	100

(四) 按制造厂家分析

变压器按制造厂家分类（按 2023 年统计台数排序，本章下同）的可靠性指标情况见表 3-19 至 3-24。

表 3-19 2023 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		
	2022 年	2023 年	2022 年	2023 年		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	3124	3249	99.479	99.528	0.221	0.003	3.177	0.095
西安西电变压器有限责任公司（西安变压器厂）	1681	1722	99.607	99.651	0.000	0.001	100.000	0.000
ABB 公司	1593	1616	99.702	99.686	0.312	0.085	41.594	0.000
保定天威保变电气股份有限公司	1529	1543	99.249	99.409	0.065	0.000	0.000	0.000
西门子(SIEMENS)公司	1125	1149	99.779	99.754	0.088	0.000	0.000	0.000
山东电力设备有限公司	935	969	99.742	99.737	0.105	0.009	23.458	0.105
江苏华鹏变压器有限公司	634	673	99.778	99.728	0.154	0.000	0.000	0.000
东芝(TOSHIBA)公司	446	463	99.234	99.582	0.000	0.000	0.000	0.000
山东泰开变压器有限公司	364	386	99.768	99.683	0.000	0.000	0.000	0.000
山东达驰电气有限公司	385	386	99.812	99.743	0.260	0.037	73.822	0.260
葫芦岛电力设备厂	248	251	99.927	99.918	0.000	0.000	0.000	0.000
哈尔滨变压器厂	231	240	99.900	99.840	0.000	0.000	0.000	0.000
江苏南通晓星变压器有限公司（江苏南通友邦变压器有限公司）	160	161	99.531	99.679	0.000	0.000	0.000	0.000
山东鲁能泰山电力设备有限公司泰安泰山电气有限公司	136	139	99.796	99.673	0.000	0.000	0.000	0.000
正泰电气股份有限公司	98	115	99.817	99.530	0.000	0.000	0.000	0.000
青岛青波变压器股份有限公司	115	114	99.591	99.768	1.751	0.229	100.000	1.751
泰安泰山电气有限公司	114	114	99.925	99.860	0.000	0.000	0.000	0.000
吴江变压器有限公司	81	100	99.848	99.912	0.000	0.000	0.000	0.000

* 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：为增加报告可读性，本报告只列举出 220kV 电压等级统计数量 100 台及以上，500kV 电压等级统计数量 50 台及以上，其它电压等级统计数量 10 台及以上的制造厂家（下同）。

表 3-20 2023 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		
	2022 年	2023 年	2022 年	2023 年		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 (西安变压器厂)	247	253	99.513	99.384	0.000	0.000	0.000	0.000
特变电工	163	170	98.920	99.247	0.601	0.685	100.000	0.601
保定天威保变电气股份有限公司	73	70	98.848	98.948	0.000	0.000	0.000	0.000
山东电力设备有限公司	42	45	99.936	99.816	0.000	0.000	0.000	0.000
东芝(TOSHIBA)公司	31	33	99.382	99.343	0.000	0.000	0.000	0.000
山东泰开变压器有限公司	15	15	99.818	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ABB 公司	12	12	99.376	99.730	0.000	0.000	0.000	0.000
西门子(SIEMENS)公司	12	12	99.872	99.997	0.000	0.000	0.000	0.000
江苏华鹏变压器有限公司	9	11	100.000	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表 3-21 2023 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		
	2022 年	2023 年	2022 年	2023 年		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	1777	1876	99.209	99.312	0.000	0.000	0.000	0.000
保定天威保变电气股份有限公司	949	958	98.454	99.113	0.527	0.000	0.017	0.105
西安西电变压器有限责任公司 (西安变压器厂)	847	879	99.621	99.632	0.117	0.000	0.000	0.000
ABB 公司	742	754	99.804	99.608	0.000	0.000	0.000	0.000
东芝(TOSHIBA)公司	697	707	99.387	99.574	0.143	1.899	100.000	0.143
山东电力设备有限公司	355	393	99.731	99.863	0.270	0.000	0.000	0.000
西门子(SIEMENS)公司	349	384	99.692	99.768	0.000	0.000	0.000	0.000
重庆重变电器有限责任公司 (重庆变压器厂)	195	195	99.303	99.430	0.000	0.000	0.000	0.000
吴江变压器有限公司	114	117	99.876	99.806	0.000	0.000	0.000	0.000
三菱(MHISUBISHI)公司	110	110	99.236	99.699	0.000	0.000	0.000	0.000
山东泰开变压器有限公司	78	90	99.960	99.921	0.000	0.000	0.000	0.000

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		
	2022年	2023年	2022年	2023年		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)
阿尔斯通公司	66	66	99.696	99.856	0.000	1.273	100.000	0.000
山东达驰电气有限公司	63	66	99.917	99.429	0.000	0.000	0.000	0.000

表 3-22 2023 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		
	2022年	2023年	2022年	2023年		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	123	123	99.694	99.654	0.000	0.000	0.000	0.000
保定天威保变电气股份有限公司	109	114	98.510	99.048	0.000	0.000	0.000	0.000
西安西电变压器有限责任公司（西安变压器厂）	92	95	99.865	99.361	0.000	0.000	0.000	0.000
山东电力设备有限公司	84	90	99.562	99.744	1.159	0.580	100.000	1.159
东芝(TOSHIBA)公司	36	36	99.456	99.595	0.000	0.000	0.000	0.000
ABB 公司	22	22	94.649	98.233	0.000	0.000	0.000	0.000

表 3-23 2023 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		
	2022年	2023年	2022年	2023年		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（西安变压器厂）	15	15	100.000	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
保定天威保变电气股份有限公司	11	11	100.000	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表 3-24 2023 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		
	2022年	2023年	2022年	2023年		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	97	101	99.307	99.122	1.018	0.000	0.000	0.000
保定天威保变电气股份有限公司	43	43	99.566	99.541	0.000	0.000	0.000	0.000
山东电力设备有限公司	39	39	99.908	99.455	0.000	0.000	0.000	0.000

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		
	2022 年	2023 年	2022 年	2023 年		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 (西安变压器厂)	25	25	98.493	98.879	0.000	0.000	0.000	0.000

第四节 断路器运行可靠性

一、2019-2023 年指标对比

2023 年，断路器的统计数量较 2019 年增加 74.657 百台年，五年年均增长率 3.815%，同比增加 16.454 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，2023 年断路器可用系数较 2019 年下降 0.052 个百分点，同比上升 0.004 个百分点。断路器强迫停运率近五年来有所起伏，受产品质量不良等因素影响，2023 年断路器强迫停运率较 2019 年下降 0.037 次/百台年，同比上升 0.049 次/百台年。

2019-2023 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。

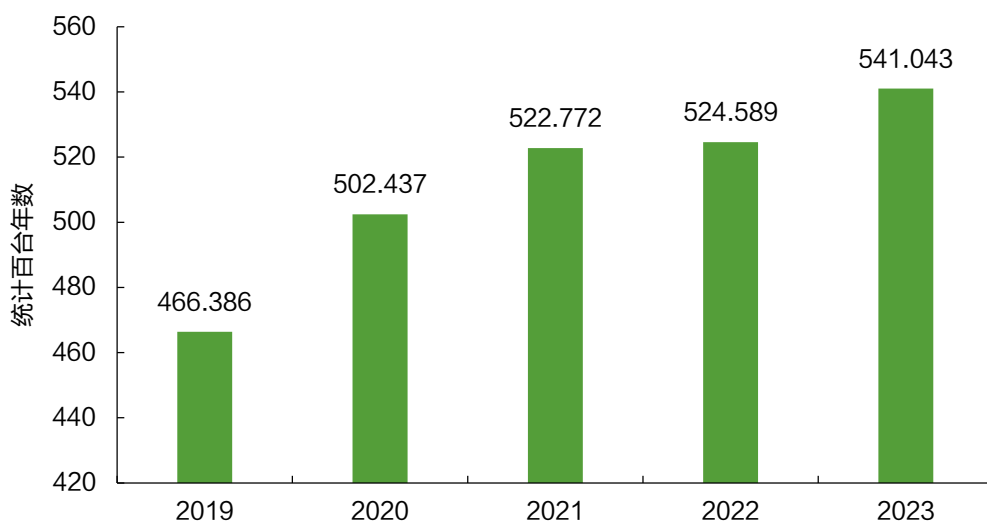


图 3-8 2019-2023 年断路器统计百台年数对比

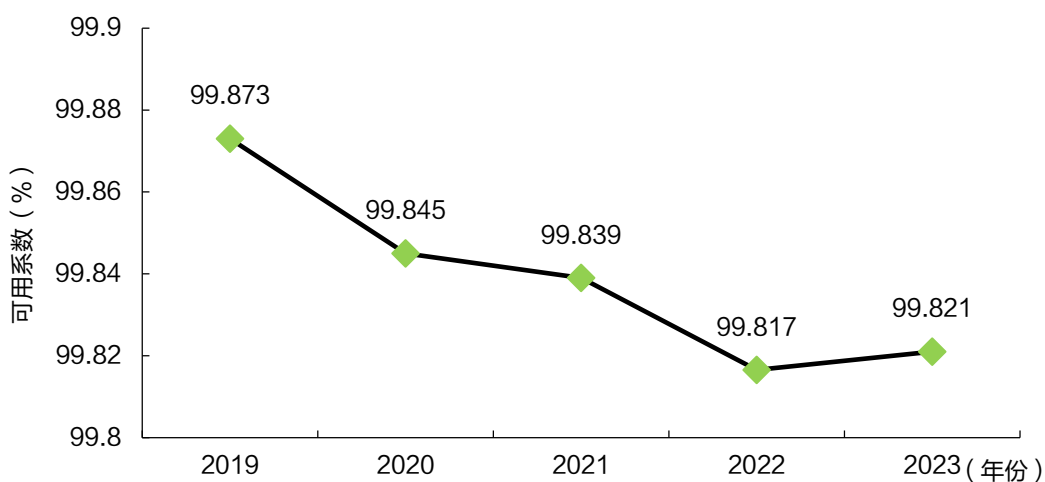


图 3-9 2019-2023 年断路器可用系数对比

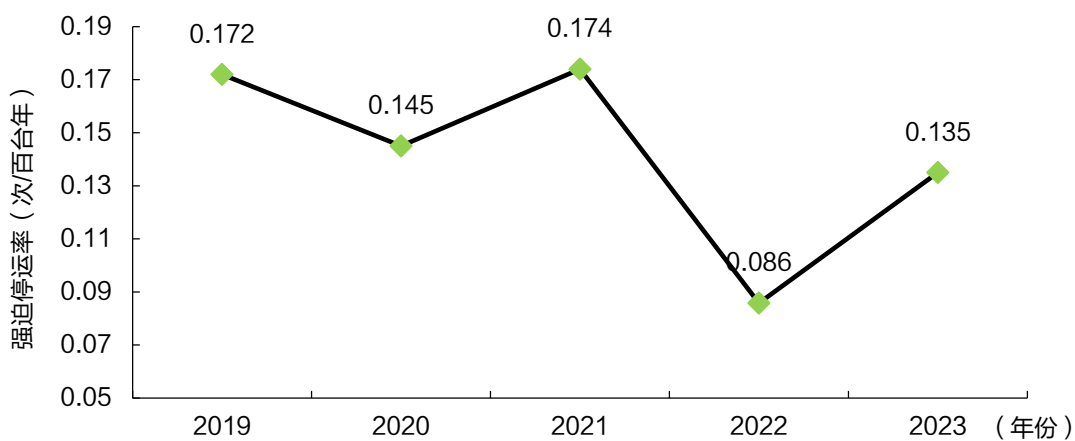


图 3-10 2019-2023 年断路器强迫停运率对比

二、按运行单位分析

2023 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 99.852%、99.837%、99.802%。发电侧 11 家集团公司断路器可用系数排名靠前的分别为内蒙古能源集团有限公司 99.973%、广东省能源集团有限公司 99.807%、国家电力投资集团有限公司 99.783%。

2023 年各单位断路器运行可靠性指标见表 3-25。

表 3-25 2023 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	490.047	99.847	0.139	0.011	15.488	13.249
国家电网公司	373.825	99.852	0.134	0.007	13.156	12.804
中国南方电网有限责任公司	95.839	99.837	0.115	0.015	20.555	14.224
内蒙古电力集团公司	20.384	99.802	0.343	0.077	34.440	16.831
发电侧综合	50.996	99.564	0.098	0.044	14.707	38.124
中国华能集团有限公司	9.720	99.734	0.412	0.226	10.597	23.067
中国大唐集团有限公司	6.011	99.183	0	0	22.626	71.560
中国华电集团有限公司	7.990	99.411	0	0	16.020	51.606
国家能源投资集团有限责任公司	10.788	99.685	0	0	12.235	27.501
国家电力投资集团有限公司	6.246	99.783	0	0	8.806	19.046
中国长江三峡集团有限公司	1.520	99.195	0	0	28.947	70.536
北京能源投资（集团）公司	2.260	99.665	0	0	16.817	29.350
河北省建设投资公司	0.220	97.779	0	0	40.909	194.595
内蒙古能源集团有限公司	0.703	99.973	0	0	8.530	2.373
浙江省能源集团公司	2.108	98.980	0	0	35.573	89.362
广东省能源集团有限公司	2.300	99.807	0.435	0.026	5.217	16.895

三、按投运时间分析

2023 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 30911 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 99.867% 和 99.840%。非计划停运率较低的是 5 年以上 10 年以内和 20 年以上的断路器，非计划停运率分别为 0.097 次/百台年和 0.111 次/百台年。

2023 年不同投运时间断路器可靠性指标情况见表 3-26、图 3-11 和图 3-12。

表 3-26 2023 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	6120	99.867	11.586	0.123
	220	4652	99.907	9.758	0.138
	330	268	99.792	12.683	0.409
	500	987	99.786	15.266	0
	750	183	99.663	29.103	0
	1000	23	97.393	74.478	0
5—10	综合	9238	99.840	15.011	0.097
	220	6953	99.869	13.916	0.072
	330	471	99.863	8.493	0
	500	1539	99.758	19.782	0.195
	750	229	99.522	30.160	0.437
	1000	28	99.224	21.429	0
10—20	综合	30911	99.805	16.614	0.190
	220	23997	99.861	14.733	0.108
	330	1266	99.778	16.808	0
	500	5404	99.595	24.138	0.369
	750	214	99.182	34.579	6.075
	1000	10	97.293	100	0
≥20	综合	8003	99.824	13.954	0.111
	220	6687	99.841	13.275	0.133
	330	355	99.621	8.169	0

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

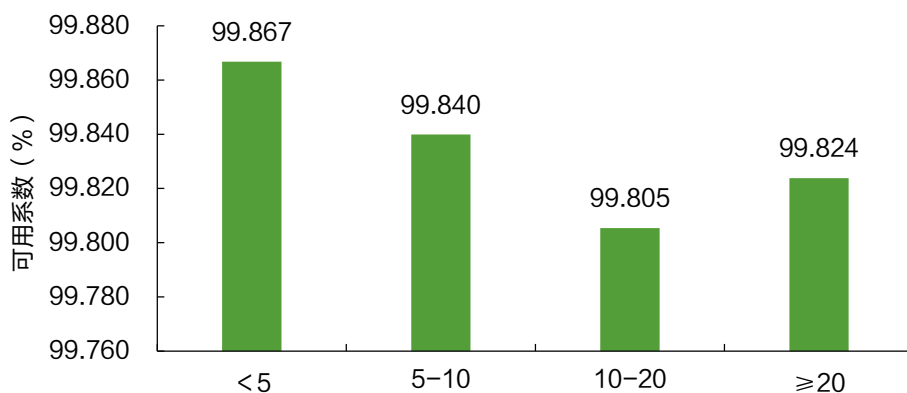


图 3-11 2023 年不同投运时间断路器可用系数对比

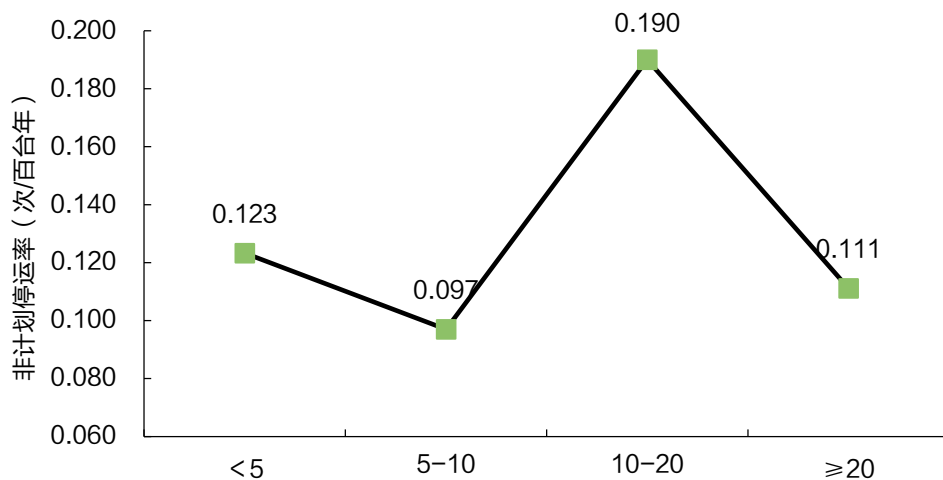


图 3-12 2023 年断路器不同投运时间非计划停运率对比

四、计划停运、非计划停运影响可用系数比较

2023 年，断路器可用系数同比上升 0.004 个百分点。计划停运影响可用系数占比为 99.860%，同比上升 0.192 个百分点。非计划停运影响可用系数占比 0.140%，同比下降 0.192 个百分点。

2022、2023 年断路器计划停运、非计划停运影响可用系数比较见表 3-27。

表 3-27 2022、2023 年断路器计划停运、非计划停运影响可用系数比较

指标	2022 年	2023 年	比较
可用系数%	99.817	99.821	0.004
计划停运影响可用系数占比%	99.668	99.860	0.192
非计划停运影响可用系数占比%	0.332	0.140	-0.192

五、断路器非计划停运事件分析

2023 年，断路器共发生非计划停运 84 次，同比持平。其中 220 千伏有 46 次，同比减少 2 次；330 千伏有 1 次，同比持平；500 千伏有 23 次，同比减少 3 次；750 千伏有 14 次，同比增加 6 次；1000 千伏有 0 次，同比减少 1 次。2023 年累计非计划停运 0.021 小时/台年，同比减少 0.032 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为 57 次，5-100 小时的停运次数为 25 次，100-300 小时的停运次数为 2 次，300 小时以上的停运次数为 0 次。

2023 年断路器按停运时间分类的非计划停运情况见表 3-28。

表 3-28 2023 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	57
5-100	25
100-300	2
≥ 300	0

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

2023 年全国断路器发生 100 小时以上非计划停运事件 2 次，典型事件如下：

2023 年 9 月，国网陕西超高压公司 750 千伏夏州变电站 7531 断路器由于 C 相非机构侧端部屏蔽罩底部对罐体底部放电，发生 1 次第一类非计划停运，非停时间为 139.47 小时。

2023 年 07 月，内蒙古锡林郭勒超高压公司 500 千伏宝拉格站 261 断路器由于雷电行波侵入，导致 A 相灭弧室被击穿，发生 1 次第一类非计划停运，非停时间为 130.3 小时。

（二）按部件因素分析

2023 年，本体其它部件、操作机构和一次系统是引起 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 25 次、18 次和 16 次。灭弧部分、操作机构和本体其它部件是引起 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 510.58 小时、232.00 小时和 128.15 小时。

2023 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 3-29 至 3-33。

表 3-29 2023 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（%）
本体其它部件	25	128.15	12.839
操作机构	18	232.00	23.244

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(%)
一次系统	16	61.65	6.177
灭弧部分	14	510.58	51.155
辅助部分	8	47.33	4.742
继电保护	2	18.38	1.842
远动系统	1	0.02	0.002

表 3-30 2023 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(%)
本体其它部件	12	116.60	19.482
操作机构	12	105.78	17.675
灭弧部分	9	328.23	54.843
辅助部分	6	27.15	4.536
一次系统	5	2.73	0.457
继电保护	1	17.98	3.005
远动系统	1	0.02	0.003

表 3-31 2023 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(%)
本体其它部件	1	0.17	100

表 3-32 2023 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(%)
本体其它部件	9	11.30	3.614
灭弧部分	5	182.35	58.321
操作机构	4	98.40	31.471
辅助部分	2	20.18	6.455
一次系统	2	0.03	0.011
继电保护	1	0.40	0.128

表 3-33 2023 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(%)
一次系统	9	58.88	67.851
本体其它部件	3	0.08	0.096
操作机构	2	27.82	32.053

(三) 按责任因素分析

2023 年，产品质量不良、气候因素和自然灾害影响是引起 220 千伏及以上断路器非计划停运次数较多的前三位责任原因，分别引起非计划停运 25 次、24 次和 12 次。产品质量不良、其它责任原因和电力系统影响是引起 220 千伏及以上断路器非计划停运时间较长的前三位责任原因，分别引起非计划停运 349.77 小时、186.57 小时和 112.03 小时。

2023 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 3-34 至 3-38。

表 3-34 2023 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	25	349.77	35.043
气候因素	24	80.37	8.052
自然灾害	12	10.33	1.035
运行不当	5	56.92	5.702
设备老化	4	45.98	4.607
施工安装不良	4	94.88	9.506
责任原因不明	4	60.30	6.041
电力系统影响	3	112.03	11.224
规划、设计不周	1	0.02	0.002
检修质量不良	1	0.95	0.095
其它责任原因	1	186.57	18.692

表 3-35 2023 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	13	207.60	34.687
气候因素	12	79.25	13.241
自然灾害	8	8.37	1.398
设备老化	4	45.98	7.683
施工安装不良	3	19.63	3.280
责任原因不明	2	24.77	4.138
电力系统影响	2	25.38	4.241
其它责任原因	1	186.57	31.172
检修质量不良	1	0.95	0.159

表 3-36 2023 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(%)
气候因素	1	0.17	100

表 3-37 2023 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(%)
气候因素	9	0.88	0.316
产品质量不良	9	114.33	40.960
责任原因不明	2	2.00	0.717
施工安装不良	1	75.25	26.958
规划、设计不周	1	0.02	0.006
电力系统影响	1	86.65	31.043

表 3-38 2023 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(%)
运行不当	5	56.92	65.585
自然灾害	4	1.97	2.266
产品质量不良	3	27.83	32.072
气候因素	2	0.07	0.077

(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 3-39 至表 3-43。

表 3-39 2023 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	统计台数 (台)		可用系数 (%)		强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
	2022 年	2023 年	2022 年	2023 年		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	10565	10641	99.851	99.885	0.019	0.000	3.835	0.000
ABB 公司	9910	9927	99.850	99.822	0.111	0.001	4.361	0.020
河南平高电气股份有限公司 (平顶山高压开关厂)	6259	6235	99.847	99.859	0.191	0.002	4.268	0.032
西安西电高压开关有限责任公司 (西安高压开关厂)	3918	3888	99.905	99.862	0.051	0.000	0.000	0.000
AREVA 公司	2373	2357	99.872	99.838	0.084	0.000	0.000	0.000
阿尔斯通公司	2186	2172	99.926	99.868	0.000	0.000	0.000	0.000
山东泰开高压开关有限公司	1736	1881	99.963	99.898	0.166	0.000	0.000	0.000
江苏省如高高压电器有限公司	1265	1525	99.945	99.921	0.219	0.075	98.607	0.146
新东北电气(沈阳)高压开关有限公司 (沈阳高压开关有限责任公司)	863	849	99.825	99.932	0.000	0.000	0.000	0.000
苏州开关厂	231	231	99.866	99.925	0.000	0.000	0.000	0.000
上海思源高压开关有限公司	168	163	99.983	99.728	0.000	0.000	0.000	0.000
大连华夏泰克电气集团有限公司	107	107	99.795	99.827	0.000	0.000	0.000	0.000
平顶山天鹰电器开关有限公司	105	105	100.000	99.748	0.000	0.000	0.000	0.000

表 3-40 2023 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	统计台数 (台)		可用系数 (%)		强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
	2022 年	2023 年	2022 年	2023 年		非停时间 (小时/台年)*	占该厂非停总时间比例 (%)**	强迫停运率 (次/百台年)
西安西电高压开关有限责任公司 (西安高压开关厂)	913	929	99.911	99.710	0.108	0.000	0.000	0.000

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		
	2022 年	2023 年	2022 年	2023 年		非停时间 (小时/台年)*	占该厂非停总时间比例 (%)**	强迫停运率 (次/百台年)
河南平高电气股份有限公司 (平顶山高压开关厂)	368	382	99.943	99.913	0.000	0.000	0.000	0.000
ABB 公司	354	355	99.803	99.761	0.000	0.000	0.000	0.000
西门子(SIEMENS)公司	186	189	99.967	99.653	0.000	0.000	0.000	0.000
阿尔斯通公司	157	157	99.959	99.825	0.000	0.000	0.000	0.000
AREVA 公司	99	99	99.766	99.624	0.000	0.000	0.000	0.000
河南平高东芝高压开关有限责任公司	53	53	100.000	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
苏州开关厂	51	51	98.848	99.942	0.000	0.000	0.000	0.000
上海思源高压开关有限公司	28	33	100.000	99.816	0.000	0.000	0.000	0.000
新东北电气(沈阳)高压开关有限公司(沈阳高压开关有限责任公司)	18	18	99.999	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
河南省送变电建设公司	14	14	100.000	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
瑞士	13	13	99.604	99.943	0.000	0.000	0.000	0.000
陕西开关厂	13	13	100.000	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
山东泰开高压开关有限公司	10	13	100.000	99.490	0.000	0.000	0.000	0.000

表 3-41 2023 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	统计台数 (台)		可用系数 (%)		强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
	2022 年	2023 年	2022 年	2023 年		非停时间 (小时/台年)*	占该厂非停总时间比例 (%)**	强迫停运率 (次/百台年)
ABB 公司	2872	2865	99.661	99.705	0.418	0.032	99.067	0.139
西门子(SIEMENS)公司	1824	1818	99.652	99.764	0.165	0.006	9.862	0.055
西安西电高压开关有限责任公司(西安高压开关厂)	999	1020	99.616	99.629	0.000	0.012	11.941	0.000
河南平高电气股份有限公司(平顶山高压开关厂)	616	641	99.562	99.607	0.160	0.001	100.000	0.160
AREVA 公司	566	565	99.213	99.122	0.000	0.000	0.000	0.000

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		
	2022年	2023年	2022年	2023年		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)
阿尔斯通公司	511	511	99.569	99.596	0.000	0.000	0.000	0.000
新东北电气(沈阳)高压开关有限公司(沈阳高压开关有限责任公司)	341	346	99.709	99.830	0.292	0.031	12.245	0.000
三菱(MHISUBISHI)公司	180	180	99.885	99.881	0.000	0.000	0.000	0.000
山东泰开高压开关有限公司	133	164	99.880	99.810	0.000	0.000	0.000	0.000
河南平高东芝高压开关有限责任公司	149	149	99.990	99.862	0.000	0.000	0.000	0.000
上海思源高压开关有限公司	54	68	99.863	99.980	0.000	0.000	0.000	0.000

表 3-42 2023 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	统计台数 (台)		可用系数 (%)		强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
	2022年	2023年	2022年	2023年		非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
河南平高电气股份有限公司(平顶山高压开关厂)	206	211	99.722	99.419	0.000	0.000	0.000	0.000
西安西电高压开关有限责任公司(西安高压开关厂)	163	163	99.303	99.392	6.748	0.077	17.533	0.000
ABB 公司	133	133	99.344	99.542	0.752	0.000	100.000	0.752
新东北电气(沈阳)高压开关有限公司(沈阳高压开关有限责任公司)	84	84	99.466	99.419	1.190	0.182	100.000	1.190
山东泰开高压开关有限公司	32	32	99.859	99.524	0.000	0.000	0.000	0.000

表 3-43 2023 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	统计台数 (台)		可用系数 (%)		强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
	2022年	2023年	2022年	2023年		非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
ABB 公司	18	18	99.844	98.093	0.000	0.000	0.000	0.000

制造厂家	2022年 统计台数 (台)	2023年 统计台数 (台)	2022年 可用系数 (%)	2023年 可用系数 (%)	强迫停运 率(次/百 台年)	设备因素影响		
						非停时间 (小时/台 年)*	占该厂非停 总时间比例 (%)**	强迫停运 率(次/百 台年)
河南平高电气股份有限公司(平顶山高压开关厂)	17	17	100.000	99.291	0.000	0.000	0.000	0.000
河南平高东芝高压开关有限责任公司	10	10	100.000	95.176	0.000	0.000	0.000	0.000

第五节 架空线路运行可靠性

一、2019-2023年指标对比

2023年，架空线路的统计数量较2019年增加1404.942百千米年，五年年均增长率4.463%，同比增加390.866百千米年。架空线路可用系数近5年保持在较高水平，2023年略有下降，2023年架空线路可用系数较2019年上升下降0.013个百分点，同比下降0.082个百分点。架空线路强迫停运率近五年稳中有降，2023年有所上升，受导线、绝缘子等零部件及自然灾害的影响，2023年架空线路强迫停运率较2019年下降0.010次/百千米年，同比上升0.019次/百千米年。

2019-2023年架空线路主要可靠性指标及对比见图3-13至图3-15。

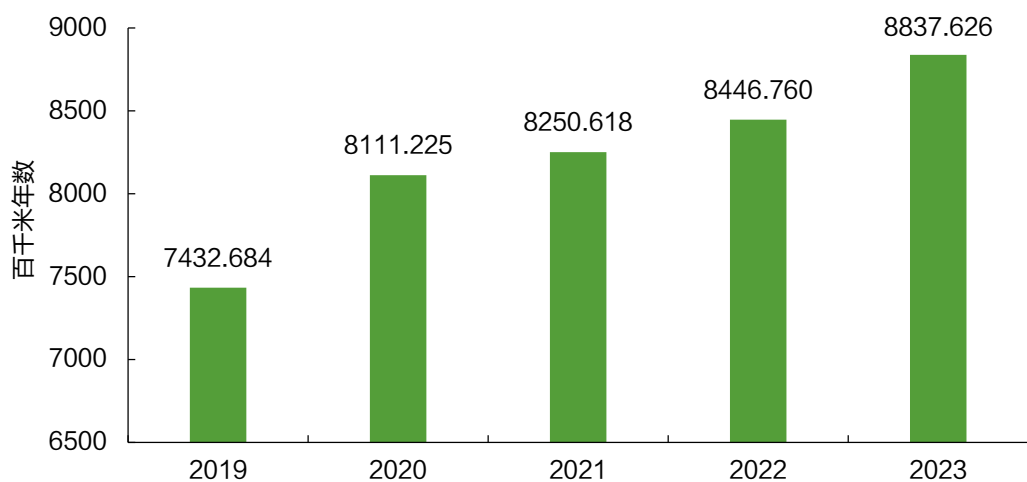


图3-13 2019-2023年架空线路统计百千米年数对比

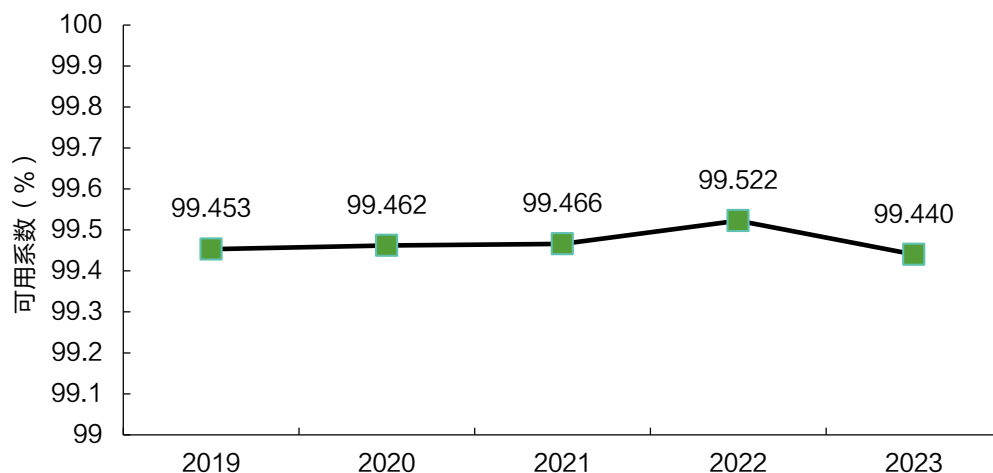


图 3-14 2019-2023 年架空线路可用系数对比

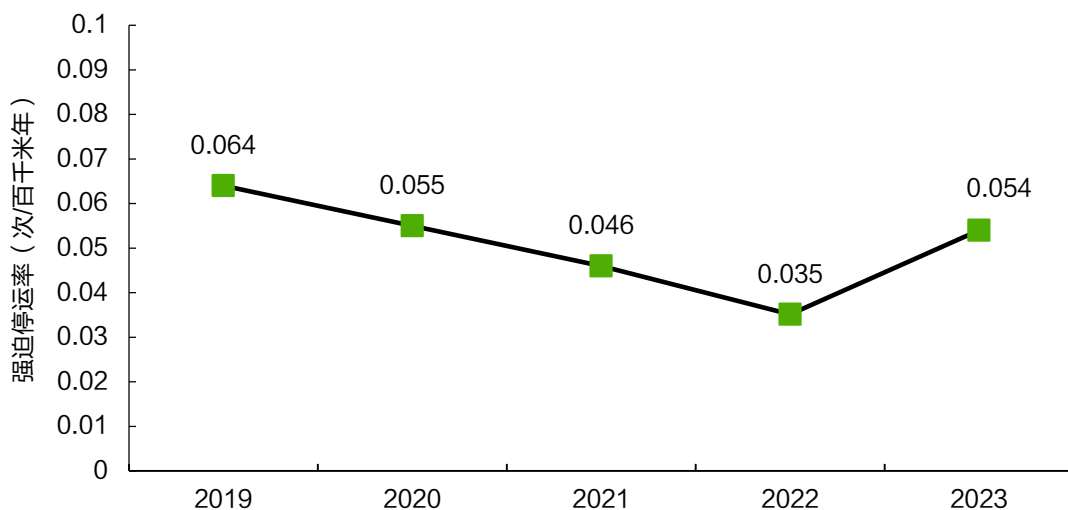


图 3-15 2019-2023 年架空线路强迫停运率对比

二、按运行单位分析

2023 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 99.342%、99.822%和 99.677%。

2023 年各单位架空线路运行可靠性指标见表 3-44。

表 3-44 2023 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	8620.570	99.436	0.055	0.584	0.655	46.006
国家电网有限公司	6835.540	99.342	0.047	0.652	0.679	53.672
中国南方电网有限责任公司	1492.702	99.822	0.065	0.124	0.436	15.413
内蒙古电力(集团)有限责任公司	292.328	99.677	0.185	1.343	1.225	22.980

三、按投运时间分析

2023 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 10996 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 99.577 % 和 99.442%。非计划停运率较低的是 5 年以上 10 年以内和 10 年以上 20 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 0.061 次/百千米年。

2023 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 2023 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	6318	99.577	0.579	0.075
	220	4913	99.760	0.815	0.073
	330	266	99.855	0.454	0.000
	500	973	99.500	0.333	0.120
	750	96	99.477	0.204	0.010
	800	34	98.965	0.115	0.029
	1000	36	98.068	0.297	0.013
5—10	综合	7105	99.396	0.646	0.043
	220	5729	99.678	0.881	0.050
	330	260	99.828	0.372	0.019
	500	965	99.486	0.374	0.041
	750	77	99.078	0.380	0.000
	800	24	96.424	0.084	0.021
	1000	50	98.862	0.247	0.054

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)
10—20	综合	10996	99.400	0.701	0.061
	220	9026	99.675	0.962	0.056
	330	385	99.560	0.463	0.013
	400	2	100.000	0.000	0.000
	500	1487	99.064	0.365	0.083
	660	2	97.384	0.150	0.075
	750	70	99.371	0.154	0.029
	800	16	97.580	0.056	0.000
	1000	8	96.548	0.465	0.000
≥20	综合	2171	99.442	0.597	0.074
	220	1943	99.669	0.777	0.076
	330	37	99.513	0.217	0.000
	500	191	98.957	0.246	0.076

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

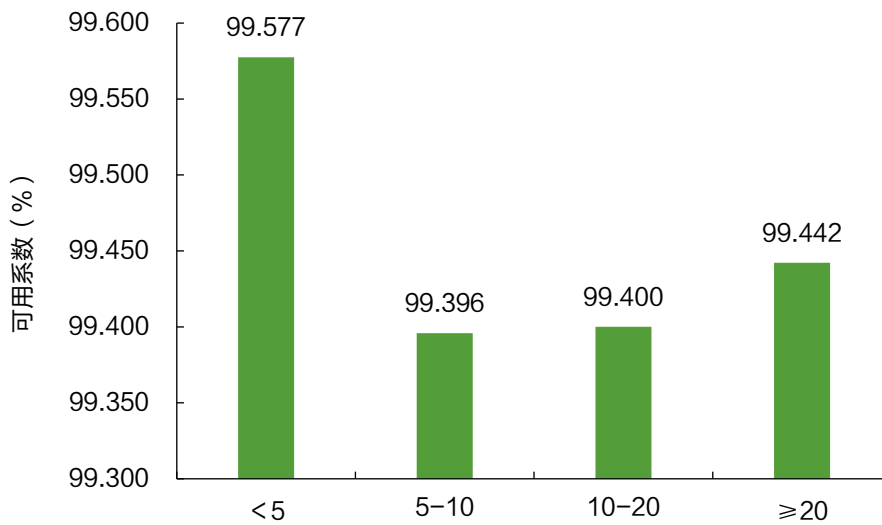


图 3-16 2023 年不同投运时间架空线路可用系数对比

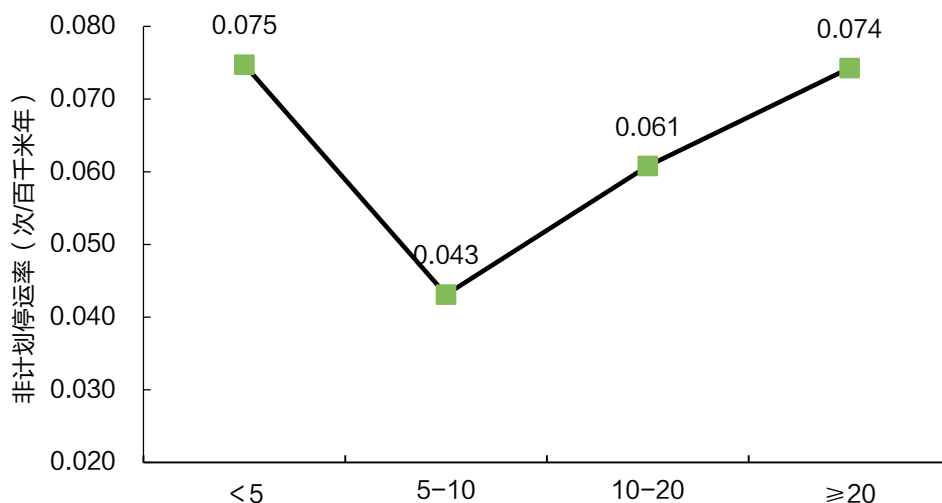


图 3-17 2023 年架空线路不同投运时间非计划停运率对比

四、计划停运、非计划停运影响可用系数比较

2023 年，架空线路可用系数同比下降 0.082 个百分点。计划停运影响可用系数占比为 98.618%，同比上升 4.264 个百分点。非计划停运影响可用系数占比 1.382%，同比下降 4.264 个百分点。

2022、2023 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 2022、2023 年架空线路计划停运、非计划停运影响可用系数比较

指标	2022 年	2023 年	比较
可用系数%	99.522	99.366	-0.156
计划停运影响可用系数占比%	94.354	98.618	4.264
非计划停运影响可用系数占比%	5.646	1.382	-4.264

五、架空线路非计划停运事件分析

2023 年，架空线路共发生非计划停运 521 次，同比增加 124 次，主要原因是雨雪冰冻天气增多。其中 220 千伏有 298 次，同比增加 41 次；330 千伏有 4 次，同比增加 3 次；500 千伏有 203 次，同比增加 71 次；660 千伏有 1 次，同比增加 1 次；750 千伏有 4 次，同比增加 4 次；800 千伏有 5 次，同比持平；1000 千伏有 6 次，同比增加 4 次。2023 年累计非计划停运 0.658 小时/百千米年，同比减少 1.674 小时/

百千米年。

（一）按停运时间分析

非计划停运时间在 1 小时以内的停运次数 276 次，1-5 小时的停运次数 115 次，5-100 小时的停运次数 114 次，100-200 小时的停运次数 7 次，200 小时以上的 9 次。

2023 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 2023 年架空线路按停运时间分类的非计划停运情况

架空线非计划停运时间	非计划停运次数
<1	276
1—5	115
5-100	114
100-200	7
≥ 200	9

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

2023 年全国架空线路发生 100 小时以上非计划停运事件 16 次，典型事件如下：

2023 年 12 月，国网山东超高压公司 1000 千伏泉乐 I 线由于覆冰影响，引起架空地线断裂，发生 1 次第一类非计划停运，非停时间为 564.8 小时。

2023 年 12 月，国网冀北超高压公司 1000 千伏家定二线由于覆冰影响，引起导线断裂，发生 1 次第一类非计划停运，非停时间为 297.65 小时。

2023 年 12 月，国网运城公司 220 千伏桐垣 II 线由于覆冰影响，导致倒塔事故，发生 1 次第一类非计划停运，非停时间为 128 小时。

（二）按部件因素分析

2023 年，导线、绝缘子和金具是引起 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 436 次、42 次和 17 次。导线、铁塔和绝缘子是引起 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 4944.583 小时、724.700 小时和 595.667 小时。

2023 年架空线路按部件分类的非计划停运情况见表 3-48 至表 3-55。

表 3-48 2023 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	436	4944.583	73.262
绝缘子	42	595.667	8.826
金具	17	160.483	2.378
铁塔	12	724.700	10.738
架空地线	9	87.267	1.293
木杆	3	0.600	0.009
架空线路其它	1	235.867	3.495
通讯系统	1	0.017	0.000

表 3-49 2023 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	233	2852.067	79.870
绝缘子	33	413.200	11.571
金具	16	160.400	4.492
架空地线	7	75.500	2.114
铁塔	6	69.117	1.936
木杆	2	0.583	0.016
通讯系统	1	0.017	0

表 3-50 2023 年 330 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	3	22.433	94.390
铁塔	1	1.333	5.610

表 3-51 2023 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	186	1253.867	60.335
绝缘子	9	182.467	8.780
铁塔	4	399.117	19.205
架空地线	1	6.767	0.326

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 (%)
架空线路其它	1	235.867	11.350
金具	1	0.083	0.004
木杆	1	0.017	0.001

表 3-52 2023 年 660 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	3.450	100.000

表 3-53 2023 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	3	0.367	0.145
铁塔	1	253.217	99.855

表 3-54 2023 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	4	16.133	76.341
架空地线	1	5.000	23.659

表 3-55 2023 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	6	796.267	100

(三) 按责任因素分析

2023 年，自然灾害、气候因素和外力损坏是引起 220 千伏及以上架空线路非计划停运次数较多的前三位责任原因，分别引起非计划停运 238 次、127 次和 104 次。自然灾害、设备老化和气候因素是引起 220 千伏及以上架空线路非计划停运时间较长的前三位责任原因，分别引起非计划停运 3279.320 小时、1161.117 小时和 1130.450 小时。

2023 年架空线路按责任原因分类的非计划停运情况见表 3-56 至表 3-63。

表 3-56 2023 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	238	3279.320	48.602
气候因素	127	1130.450	16.754
外力损坏	104	247.300	3.665
设备老化	13	1161.117	17.209
动物事故	8	26.450	0.392
运行不当	8	31.267	0.463
产品质量不良	5	163.300	2.420
电力系统影响	5	33.133	0.491
施工安装不良	5	117.467	1.741
规划、设计不周	3	103.150	1.529
检修质量不良	2	5.750	0.085
管理不当	1	0.667	0.010
领导指挥不当	1	212.033	3.143
其它责任原因	1	235.867	3.496

表 3-57 2023 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 (%)
自然灾害	99	873.583	24.464
气候因素	93	718.333	20.116
外力损坏	65	178.850	5.009
设备老化	12	1137.200	31.846
运行不当	7	31.067	0.870
电力系统影响	5	33.133	0.928
动物事故	5	22.983	0.644
规划、设计不周	3	103.150	2.889
施工安装不良	3	105.050	2.942
产品质量不良	2	149.083	4.175
检修质量不良	2	5.750	0.161
管理不当	1	0.667	0.019
领导指挥不当	1	212.033	5.938

表 3-58 2023 年 330 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	22.267	93.689
外力损坏	1	0.167	0.701
动物事故	1	1.333	5.610

表 3-59 2023 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	126	1413.933	68.037
外力损坏	37	65.600	3.157
气候因素	30	309.900	14.912
产品质量不良	3	14.217	0.684
动物事故	2	2.133	0.103
施工安装不良	2	12.417	0.597
其它责任原因	1	235.867	11.350
设备老化	1	23.917	1.151
运行不当	1	0.200	0.010

表 3-60 2023 年 660 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	3.450	100.000

表 3-61 2023 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	4	253.583	100.000

表 3-62 2023 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	3	10.5	49.685
气候因素	2	10.633	50.315

表 3-63 2023 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 (%)
自然灾害	3	702	88.161
气候因素	2	91.583	11.502
外力损坏	1	2.683	0.337

第四章 2023 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

2023 年，全国纳入可靠性管理的直流输电系统数量为 50 个，其中包括 17 个点对点超高压直流输电系统、19 个点对点特高压直流输电系统、9 个背靠背直流输电系统和 5 个多端直流输电系统。直流系统额定输送容量总计 232374 兆瓦，其中 2023 年增加 21950 兆瓦。直流输电线路总长度为 52838 千米，同比增加 4278 千米。

2023 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 2023 年纳入可靠性管理的直流输电系统基本情况

序号	系统名称	极（单元）	投运日期	额定电压 (千伏)	额定输送 容量 (兆瓦)	线路 长度 (千米)	电网 集团
点对点超高压直流输电系统							
1	葛南直流 输电系统	极 I	1989-09-01	±500	1164	1110	国家 电网
		极 II	1990-08-01				
2	天广直流 输电系统	极 I	2000-12-26	±500	1800	963	南方 电网
		极 II	2001-06-26				
3	龙政直流 输电系统	极 I	2003-06-01	±500	3000	860	国家 电网
		极 II	2003-06-01				
4	江城直流 输电系统	极 I	2004-06-01	±500	3000	941	国家 电网
		极 II	2004-06-01				
5	宜华直流 输电系统	极 I	2006-12-01	±500	3000	1049	国家 电网
		极 II	2006-12-01				
6	兴安直流 输电系统	极 I	2007-12-03	±500	3000	1194	南方 电网
		极 II	2007-06-21				
7	德宝直流 输电系统	极 I	2010-04-21	±500	3000	534	国家 电网
		极 II	2010-04-21				
8	伊穆直流 输电系统	极 I	2010-09-30	±500	3000	906	国家 电网
		极 II	2010-09-30				
9	银东直流 输电系统	极 I	2011-03-25	±660	4000	1334	国家 电网
		极 II	2011-03-25				

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	林枫直流 输电系统	极 I	2011-05-02	± 500	3000	978	国家 电网
		极 II	2011-05-02				
11	柴拉直流 输电系统	极 I	2012-06-10	± 400	600	1034	国家 电网
		极 II	2012-06-10				
12	牛从甲直流 输电系统 (溪洛渡-广东)	极 I	2014-04-11	± 500	3200	1225	南方 电网
		极 II	2013-10-12				
13	牛从乙直流 输电系统 (溪洛渡-广东)	极 I	2014-06-29	± 500	3200	1225	南方 电网
		极 II	2014-06-29				
14	金中直流 输电系统	极 I	2016-06-18	± 500	3200	1105	南方 电网
		极 II	2016-06-18				
15	永富直流 输电系统	极 I	2016-06-30	± 500	3000	577	南方 电网
		极 II	2016-06-30				
16	厦门柔性直流 输电系统	极 I	2015-12-17	± 320	2000	11	国家 电网
		极 II	2015-12-17				
17	如东柔性直流 输电系统	极 I	2021-10-19	± 400	1100	108	中国 三峡
		极 II	2021-10-19				
点对点特高压直流输电系统							
18	楚穗直流 输电系统	极 I	2010-06-18	± 800	5000	1374	南方 电网
		极 II	2009-12-28				
19	复奉直流 输电系统	极 I	2010-07-26	± 800	6400	1891	国家 电网
		极 II	2010-07-26				
20	锦苏直流 输电系统	极 I	2012-12-06	± 800	7200	2058	国家 电网
		极 II	2012-12-06				
21	天中直流 输电系统	极 I	2014-01-25	± 800	8000	2210	国家 电网
		极 II	2014-01-25				
22	宾金直流 输电系统	极 I	2014-07-03	± 800	8000	1705	国家 电网
		极 II	2014-07-03				
23	普侨直流 输电系统	极 I	2015-05-30	± 800	5000	1412	南方 电网
		极 II	2014-01-29				
24	灵绍直流 输电系统	极 I	2016-08-24	± 800	8000	1720	国家 电网
		极 II	2016-08-24				

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
25	祁韶直流 输电系统	极 I	2017-06-23	±800	8000	2383	国家 电网
		极 II	2017-06-23				
26	雁淮直流 输电系统	极 I	2017-06-30	±800	8000	1119	国家 电网
		极 II	2017-06-30				
27	鲁固直流 输电系统	极 I	2018-01-01	±800	10000	1234	国家 电网
		极 II	2018-01-01				
28	锡泰直流 输电系统	极 I	2018-01-01	±800	10000	1620	国家 电网
		极 II	2018-01-01				
29	新东直流 输电系统	极 I	2018-05-28	±800	5000	1958	南方 电网
		极 II	2018-05-28				
30	昭沂直流 输电系统	极 I	2019-01-01	±800	10000	1238	国家 电网
		极 II	2019-01-01				
31	吉泉直流 输电系统	极 I	2019-07-01	±1100	12000	3324	国家 电网
		极 II	2019-07-01				
32	青豫直流 输电系统	极 I	2019-12-30	±800	8000	1563	国家 电网
		极 II	2019-12-30				
33	雅湖直流 输电系统	极 I	2021-06-21	±800	8000	1696	国家 电网
		极 II	2021-06-21				
34	陕武直流 输电系统	极 I	2021-12-21	±800	8000	1126	国家 电网
		极 II	2022-09-30				
35	建苏直流 输电系统	极 I	2022 年 12 月	±800	8000	2087	国家 电网
		极 II	2022 年 12 月				
36	金塘直流 输电系统	极 I	2023 年 6 月	±800	8000	2140	国家 电网
		极 II	2023 年 6 月				
背靠背直流输电系统							
37	灵宝背靠 背	单元 I	2005-07-01	±120	360	0	国家 电网
		单元 II	2009-12-15	±167	750		
38	高岭背靠 背	单元 I	2008-11-01	±125	750	0	国家 电网
		单元 II	2008-11-01	±125	750		
		单元 III	2012-11-13	±125	750		
		单元 IV	2012-11-13	±125	750		

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
39	黑河背靠背	单元 I	2012-01-07	±125	750	0	国家 电网
40	鲁西背靠背	单元 I	2016-06-30	±160	1000	0	南方 电网
		单元 II	2016-08-29	±350	1000		
		单元 III	2017-06-30	±160	1000		
41	宜昌柔性直流 背靠背 (渝鄂直流北通道)	单元 I	2019-06-01	±420	1250	0	国家 电网
		单元 II	2019-06-01	±420	1250		
42	施州柔性直流 背靠背换流站 (渝鄂直流南通道)	单元 I	2019-06-01	±420	1250	0	国家 电网
		单元 II	2019-06-01	±420	1250		
43	云霄背靠 背	单元 I	2022-10-01	±100	1000	0	国家 电网 南方 电网
		单元 II	2022-10-01	±100	1000		
44	南粤背靠背	单元 I	2022 年 5 月	±300	3000	0	南方 电网
		单元 II	2022 年 5 月				
45	粤中背靠背	单元 I	2022 年 3 月	±300	3000	0	南方 电网
		单元 II	2022 年 3 月				
多端直流输电系统							
46	禄高肇直流 输电系统	极 I 极 II	2004-09-24 (高肇极 I)	±500	3000	1277	南方 电网
			2004-05-31 (高肇极 II)				
			2020-06-11 (禄高)				
47	昆柳龙直流 输电系统	极 I	2020-07-31 (昆龙两端低端)	±800	8000	1489	南方 电网
		极 II	2020-12-27 (三端)				
48	张北柔性直流 输电系统	正极	2022-01-04	±500	4500	666	国家 电网
		负极	2022-01-04	±500			
49	舟山柔性直流 输电系统	正极	2014-07-04	±200	400 300 100	281	国家 电网
		负极	2014-07-04	±200	100 100		
50	南澳柔性直流 输电系统	单极	2013-12-25 (三端)	±160	150	62	南方 电网

第二节 可靠性指标总体情况

2023年，全国直流输电系统运行情况平稳，纳入可靠性统计的47个³系统合计能量可用率⁴为96.814%，同比提升0.013个百分点；合计能量利用率为42.07%，同比下降1.98个百分点；总计强迫停运32次，同比上升7次。

2022年、2023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 2022年、2023年全国纳入可靠性统计的直流输电系统可靠性指标

可靠性指标	年份	直流系统类型				合计
		点对点超高压系统	点对点特高压系统	背靠背系统	多端系统	
系统数量 (个)	2022年	16	16	6	5	43
	2023年	16	18	8	5	47
额定输送容量 (兆瓦)	2022年	41164	126600	12860	16650	196824
	2023年	42264	142600	20860	16650	205820
能量可用率 (%)	2022年	96.615	96.847	96.960	-	96.801
	2023年	97.521	97.022	93.110	-	96.814
强迫停运次数 (次)	2022年	6	11	2	6	25
	2023年	11	12	3	6	32
强迫能量不可用率 (%)	2022年	0.077	0.203	0.030	-	0.161
	2023年	0.044	0.105	0.027	-	0.085
计划能量不可用率 (%)	2022年	3.308	2.950	3.010	-	3.037
	2023年	2.435	2.872	6.863	-	3.187
总输送电量 (亿千瓦时)	2022年	1622.62	5163.60	421.544	393.41	7601.17
	2023年	1693.53	5679.49	678.91	511.16	8563.09
能量利用率 (%)	2022年	43.83	46.56	37.42	26.89	43.73
	2023年	45.75	45.47	41.09	40.10	42.07

一、点对点超高压直流输电系统可靠性指标

(一) 能量可用率与强迫停运次数

³ 金塘直流输电系统运行时间不满一年，厦门柔性直流输电系统、云霄背靠背2023年在全年检修，不计入运行数据统计。

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。

2023年,纳入可靠性统计的点对点超高压系统16个,合计能量可用率97.521%,同比上升0.906个百分点;强迫能量不可用率0.044%,同比下降0.033个百分点,计划能量不可用率2.435%,同比下降0.873个百分点。其中葛南系统能量可用率最高,为100%;牛从甲系统最低,为95.127%。葛南、天广、龙政、江城、德宝、牛从乙、金中、永富、如东9个系统的强迫能量不可用率最低,为0%;宜华系统最高,为0.176%。葛南系统的计划能量不可用率最低,为0%;牛从甲系统最高,为4.853%。

与2022年相比,葛南、天广、江城、宜华、兴安、德宝、伊穆、林枫、永富、如东10个系统的能量可用率分别上升4.385、9.072、3.778、1.028、6.683、0.320、0.574、2.835、0.812、0.463个百分点,龙政、银东、柴拉、牛从甲、牛从乙、金中6个系统分别下降2.472、0.878、0.139、3.616、0.666、2.197个百分点。

2023年,点对点超高压直流输电系统强迫停运次数11次,同比增加5次,其中伊穆、银东、林枫、柴拉4个系统发生2次单极强迫停运,宜华、兴安、牛从甲3个系统各发生1次单极强迫停运。葛南、天广、龙政、江城、德宝、牛从乙、金中、永富、如东9个系统全年未发生强迫停运。

2023年点对点超高压直流输电系统主要可靠性指标见表4-3。

表4-3 2023年点对点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	100	0	0	0	0	0	0
天广	99.012	0	0.988	0	0	0	0
龙政	97.528	0	2.472	0	0	0	0
江城	99.432	0	0.568	0	0	0	0
宜华	97.942	0.176	1.882	1	30.85	0	0
兴安	98.735	0.054	1.211	1	9.47	0	0
德宝	97.796	0.000	2.204	0	0	0	0
伊穆	97.419	0.041	2.541	2	7.13	0	0
银东	96.248	0.111	3.641	2	19.48	0	0
林枫	97.868	0.140	1.992	2	24.50	0	0
柴拉	95.720	0.167	4.113	2	29.30	0	0
牛从甲	95.127	0.020	4.853	1	3.53	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)
牛从乙	97.046	0	2.954	0	0	0	0
金中	97.612	0	2.388	0	0	0	0
永富	96.712	0	3.288	0	0	0	0
如东	97.260	0	2.740	0	0	0	0
合计	97.521	0.044	2.435	11	124.27	0	0

(二) 能量输送情况

2023年，16个点对点超高压直流输电系统总输送电量1693.53亿千瓦时，同比减少了70.91亿千瓦时；能量利用率为45.74%，同比上升了1.91个百分点。其中兴安系统能量利用率最高，达到66.66%，天广系统能量利用率最低，为22.46%。

与2022年相比，龙政、江城、兴安、德宝、伊穆、林枫、柴拉、永富、如东9个系统的能量利用率分别上升18.54、7.72、10.39、10.73、1.97、13.68、9.75、7.67、1.34个百分点；葛南、天广、宜华、银东、牛从甲、牛从乙、金中7个系统分别下降18.09、19.71、8.65、8.87、0.90、3.2、3.29个百分点。

2023年点对点超高压直流输电系统能量输送情况见表4-4。

表4-4 2023年点对点超高压直流输电系统能量输送情况

系统	额定输送容量(兆瓦)	总输送电量(亿千瓦时)	能量利用率(%)
葛南	1164	26.21	25.70
天广	1800	35.41	22.46
龙政	3000	107.89	41.05
江城	3000	150.14	57.13
宜华	3000	70.69	26.90
兴安	3000	175.18	66.66
德宝	3000	164.42	62.56
伊穆	3000	129.94	49.44
银东	4000	173.56	49.53
林枫	3000	118.97	45.27
柴拉	600	29.13	55.42
牛从甲	3200	139.78	49.86
牛从乙	3200	138.42	49.38

系统	额定输送容量(兆瓦)	总输送电量(亿千瓦时)	能量利用率(%)
金中	3200	117.45	41.90
永富	3000	86.47	32.90
如东	1100	29.89	31.02
合计	44264	1693.53	45.74

(三) 可靠性指标

2023年,葛洲坝、南桥2个站的能量可用率最高,为100%,从西、牛寨2个站最低,为95.687%。从西、牛寨2个站的计划能量不可用率最高,为4.313%,华新站的强迫能量不可用率最高,为0.176%。

2023年点对点超高压直流输电系统中各发生强迫停运5次,均为单极强迫停运,同比减少2次。

2023年点对点超高压直流输电系统指标见表4-5。

表4-5 2023年点对点超高压直流输电系统指标

	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	0	0	0	0	0	0
南桥	0	0	0	0	0	0
天生桥	0	0	0	0	0	0
广州	0	0	0	0	0	0
龙泉	0	0	0	0	0	0
政平	0	0	0	0	0	0
江陵	0	0	0	0	0	0
鹅城	0	0	0	0	0	0
宜都	0	0	0	0	0	0
华新	1	0.176	1	1	0	1
兴仁	0	0	0	0	0	0
宝安	1	0.054	1	1	0	1
德阳	0	0	0	0	0	0
宝鸡	0	0	0	0	0	0
伊敏	0	0	0	0	0	0
穆家	0	0	0	0	0	0

	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
银川东	1	0.067	1	1	0	1
胶东	0	0	0	0	0	0
团林	1	0.080	1	1	0	1
枫泾	1	0.060	1	1	0	1
柴达木	0	0	0	0	0	0
拉萨	0	0	0	0	0	0
从西	0	0	0	0	0	0
牛寨	0	0	0	0	0	0
从西	0	0	0	0	0	0
牛寨	0	0	0	0	0	0
金官	0	0	0	0	0	0
桂中	0	0	0	0	0	0
永仁	0	0	0	0	0	0
富宁	0	0	0	0	0	0
绿谷	0	0	0	0	0	0
黄沙洋	0	0	0	0	0	0
合计强迫停运次数				5	0	5

二、点对点特高压直流输电系统可靠性指标

(一) 能量可用率与强迫停运次数

2023年，纳入可靠性统计的18个点对点特高压直流输电系统合计能量可用率为97.022%，同比上升0.175个百分点；强迫能量不可用率为0.105%，同比下降0.098个百分点；计划能量不可用率为2.872%，同比下降0.078个百分点。其中新东系统的能量可用率最高，为100%；楚穗系统最低，为92.033%。复奉、锦苏、天中、宾金、祁韶、锡泰、新东、昭沂、吉泉、陕武10个系统的强迫能量不可用率最低，为0%；灵绍系统最高，为0.755%。新东系统的计划能量不可用率最低，为0%；楚穗系统最高，为7.748%。

与2022年相比⁵，复奉、天中、雁淮、锡泰、新东、昭沂、雅湖7个系统的能量

⁵ 陕武、建苏直流输电系统2022年未纳入可靠性统计，因此2023年可靠性统计指标同比情况均不涵盖。

可用率分别上升 1.563、0.818、1.678、0.595、7.611、1.766、3.495 个百分点；楚穗、锦苏、宾金、普侨、灵绍、祁韶、鲁固、吉泉、青豫 9 个系统分别下降 4.352、0.799、4.531、3.987、1.052、1.854、0.362、0.791、0.267 个百分点。

2023 年，点对点特高压直流输电系统强迫停运次数 12 次，同比增加 7 次，其中雁淮系统发生 1 次双极强迫停运，鲁固系统发生 2 次单极强迫停运，楚穗、灵绍 2 个系统各发生 1 次单极强迫停运。复奉、锦苏、天中、宾金、祁韶、锡泰、新东、昭沂、吉泉、陕武 10 个系统全年未发生强迫停运。

2023 年点对点特高压直流输电系统主要可靠性指标见表 4-6。

表 4-6 2023 年点对点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 (%)	阀组强迫停运		单极强迫停运		双极强迫停运	
				次数	小时	次数	小时	次数	小时
楚穗	92.033	0.219	7.748	2	7.44	1	34.62	0	0
复奉	97.670	0	2.330	0	0	0	0	0	0
锦苏	94.761	0	5.239	0	0	0	0	0	0
天中	98.905	0	1.095	0	0	0	0	0	0
宾金	93.513	0	6.487	0	0	0	0	0	0
普侨	95.904	0.067	4.028	1	23.58	0	0	0	0
灵绍	97.091	0.755	2.154	1	160.10	1	52.20	0	0
祁韶	93.270	0	6.730	0	0	0	0	0	0
雁淮	97.713	0.060	2.227	0	0	0	0	1	5.22
鲁固	97.678	0.307	2.016	0	0	2	53.72	0	0
锡泰	97.271	0	2.729	0	0	0	0	0	0
新东	100	0	0	0	0	0	0	0	0
昭沂	99.475	0	0.525	0	0	0	0	0	0
吉泉	97.304	0	2.696	0	0	0	0	0	0
青豫	96.365	0.382	3.253	1	133.80	0	0	0	0
雅湖	98.060	0.049	1.891	1	17.22	0	0	0	0
陕武	97.710	0	2.290	0	0	0	0	0	0
建苏	99.425	0.072	0.503	1	25.28	0	0	0	0
合计	97.022	0.105	2.872	7	367.42	4	140.54	1	5.22

（二）能量输送情况

2023年，18个点对点特高压直流输电系统总输送电量5679.49亿千瓦时，同比增加了515.89亿千瓦时；能量利用率为45.47%，同比下降1.09个百分点；其中灵绍系统能量利用率最高，为69.45%，雅湖系统能量利用率最低，为26.14%。

与2022年相比⁶，天中、祁韶、雁淮、鲁固、锡泰、昭沂、青豫7个系统的能量利用率分别上升4.62、7.39、13.75、12.73、4.68、5.60、7.92个百分点；楚穗、复奉、锦苏、宾金、普侨、灵绍、新东、吉泉、雅湖9个系统分别下降6.63、2.83、15.63、5.54、15.93、9.11、2.13、1.13、8.64个百分点。

2023年点对点特高压直流输电系统能量输送情况见表4-7。

表4-7 2023年点对点特高压直流输电系统能量输送情况

系统	额定输送容量(兆瓦)	总输送电量(亿千瓦时)	能量利用率(%)
楚穗	5000	167.63	38.27
复奉	6400	262.77	46.87
锦苏	7200	304.20	48.23
天中	8000	472.66	67.45
宾金	8000	238.17	33.99
普侨	5000	118.41	27.03
灵绍	8000	486.67	69.45
祁韶	8000	336.26	47.98
雁淮	8000	467.47	66.71
鲁固	10000	438.55	50.06
锡泰	10000	364.97	41.66
新东	5000	207.52	47.38
昭沂	10000	346.54	39.56
吉泉	12000	620.06	58.99
青豫	8000	188.26	26.86
雅湖	8000	183.20	26.14
陕武	8000	242.09	34.54
建苏	8000	234.05	33.4
合计	142600	5679.49	45.47

⁶ 陕武、建苏直流输电系统2022年未纳入可靠性统计，因此2023年可靠性统计指标同比情况均不涵盖。

(三) 可靠性指标

2023 年，新松、东方、建昌 3 个站的能量可用率最高，为 100%，普洱站最低，为 95.904%；普洱、侨乡 2 个站的计划能量不可用率最高，为 4.028%，灵州站的强迫能量不可用率最高，为 0.457%。

2023 年，点对点特高压直流输电系统均未发生双极强迫停运，穆东、扎鲁特、广固 3 个站各发生 1 次单极强迫停运，穆东站发生 2 次阀组强迫停运，普洱、灵州、青南、鄱阳湖、姑苏 5 个站各发生 1 次阀组强迫停运。

2023 年点对点特高压直流输电系统换流站指标见表 4-8。

表 4-8 2023 年点对点特高压直流输电系统换流站指标

换流站	能量可用率 (%)	强迫能量不可用率 (%)	计划能量不可用率 (%)	强迫停运次数			
				阀组	单极	双极	合计
楚雄	97.893	0	2.107	0	0	0	0
穗东	96.986	0.219	2.795	2	1	0	3
复龙	97.679	0	2.321	0	0	0	0
奉贤	98.086	0	1.914	0	0	0	0
锦屏	98.118	0	1.882	0	0	0	0
苏州	98.169	0	1.831	0	0	0	0
天山	98.938	0	1.062	0	0	0	0
中州	98.961	0	1.039	0	0	0	0
宜宾	98.194	0	1.806	0	0	0	0
金华	98.191	0	1.809	0	0	0	0
普洱	95.904	0.067	4.028	1	0	0	1
侨乡	95.972	0	4.028	0	0	0	0
灵州	97.396	0.457	2.148	1	0	0	1
绍兴	98.143	0	1.857	0	0	0	0
祁连	97.812	0	2.188	0	0	0	0
韶山	98.127	0	1.873	0	0	0	0
雁门关	98.093	0	1.907	0	0	0	0
淮安	97.876	0	2.124	0	0	0	0
扎鲁特	97.832	0.152	2.016	0	1	0	1
广固	97.947	0.154	1.899	0	1	0	1
锡盟	97.328	0	2.672	0	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			
				阀组	单极	双极	合计
泰州	98.063	0	1.937	0	0	0	0
新松	100	0	0	0	0	0	0
东方	100	0	0	0	0	0	0
伊克昭	99.475	0	0.525	0	0	0	0
沂南	99.482	0	0.518	0	0	0	0
昌吉	98.050	0	1.950	0	0	0	0
古泉	97.338	0	2.662	0	0	0	0
青南	96.365	0.382	3.253	1	0	0	1
豫南	98.092	0	1.908	0	0	0	0
雅砻江	98.109	0	1.891	0	0	0	0
鄱阳湖	98.088	0.049	1.863	1	0	0	1
陕北	98.166	0	1.834	0	0	0	0
武汉	97.908	0	2.092	0	0	0	0
建昌	100	0	0	0	0	0	0
姑苏	99.425	0.072	0.503	1	0	0	1
合计强迫停运次数				7	3	0	10

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

2023年,纳入可靠性统计的8个背靠背直流输电系统合计能量可用率93.110%,同比下降3.850个百分点;强迫能量不可用率0.027%,同比下降0.003个百分点,计划能量不可用率6.863%,同比上升3.853个百分点。其中宜昌系统的能量可用率最高,为98.571%,南粤系统最低,为76.607%;灵宝、高岭、施州、粤中、南粤5个系统的强迫能量不可用率最低,为0%,宜昌系统最高,为0.174%;宜昌系统的计划能量不可用率最低,为1.255%;南粤系统最高,为23.393%。

与2022年相比⁷,高岭、黑河、鲁西、宜昌、施州5个系统的能量可用率分别上升0.032、0.123、0.276、1.907、1.363个百分点,灵宝系统下降0.043个百分点。

2023年,背靠背直流输电系统共发生3次单元强迫停运,同比增加1次,其中

⁷ 粤中、南粤直流输电系统2022年未纳入可靠性统计,因此2023年可靠性统计指标同比情况均不涵盖。

黑河、鲁西、宜昌 3 个系统各发生 1 次。

2023 年背靠背直流输电系统主要可靠性指标见表 4-9。

表 4-9 2023 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	97.880	0	2.120	0	0
高岭	97.615	0	2.385	0	0
黑河	98.356	0.057	1.588	1	4.95
鲁西	96.563	0.009	3.428	1	0.81
宜昌	98.571	0.174	1.255	1	30.42
施州	97.869	0	2.131	0	0
粤中	90.063	0	9.937	0	0
南粤	76.607	0	23.393	0	0
合计	93.110	0.027	6.863	3	36.17

(二) 能量输送情况

2023 年，纳入可靠性统计的 8 个背靠背直流输电系统总输送电量 678.91 亿千瓦时，同比增加 257.36 亿千瓦时；能量利用率 41.09%，同比上升 3.67 个百分点。其中高岭系统的能量利用率最高，为 72.72%，鲁西系统最低，为 25.72%。

与 2022 年相比⁸，高岭、鲁西、宜昌、施州系统的能量利用率分别上升 28.68、2.14、2.84、3.52 个百分点；灵宝、黑河系统分别下降 10.03、23.76 个百分点。

2023 年背靠背直流输电系统能量输送情况见表 4-10。

表 4-10 2023 年背靠背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(%)
灵宝	1110	64.14	65.97
高岭	3000	191.10	72.72
黑河	750	18.21	27.72
鲁西	3000	67.59	25.72
宜昌	2500	75.43	34.44
施州	2500	74.62	34.07

⁸ 粤中、南粤直流输电系统 2022 年未纳入可靠性统计，因此 2023 年可靠性统计指标同比情况均不涵盖。

系统	额定输送容量(兆瓦)	总输送电量(亿千瓦时)	能量利用率(%)
粤中	3000	113.98	43.37
南粤	3000	73.83	28.09
合计	20860	678.91	41.09

四、多端直流输电系统可靠性指标

能量输送情况与强迫停运次数

2023年，纳入可靠性统计的5个多端直流输电系统总输送电量511.16亿千瓦时，同比增加61.758亿千瓦时；能量利用率40.10%，同比上升9.29个百分点。其中禄高肇系统能量利用率最高，为58.63%，南澳系统最低，为14.18%。

2023年，多端直流输电系统共发生强迫停运6次，同比持平，均为单极强迫停运6次，其中昆柳龙、张北系统各发生2次，禄高肇、南澳系统各发生1次。舟山系统未发生强迫停运。

2023年多端直流输电系统主要可靠性指标见表4-11。

表4-11 2023年多端直流输电系统主要可靠性指标

系统	额定容量(MWh)	总输送电量TTE(MWh)	能量利用率U(%)	强迫停运次数				
				阀组	单极	双极	单元	合计
禄高肇	3000	154.07	58.63	0	1	0	0	1
昆柳龙	8000	221.94	31.67	0	2	0	0	2
张北	4500	126.78	32.16	0	2	0	0	2
舟山	1000	6.51	18.59	0	0	0	0	0
南澳	150	1.86	14.18	0	1	0	0	1
合计	16650	511.16	40.10	0	6	0	0	6

第三节 强迫停运情况

一、强迫停运情况

2023年，全国直流输电系统共发生32次强迫停运，其中双极强迫停运1次、单极强迫停运21次、阀组强迫停运7次、单元强迫停运3次。

2023年，全国直流输电系统强迫停运等效停运小时累计383.35小时，其中等效

停运时间最长的是灵绍韶系统，为 66.13 小时；葛南、天广等 26 个系统未发生强迫停用，等效停运时间为 0 小时。

2023 年直流输电系统强迫停运情况见表 4-12。

表 4-12 2023 年直流输电系统强迫停运情况

统计对象	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 (次)	小时 (小时)	次数 (次)	小时 (小时)	次数 (次)	小时 (小时)	次数 (次)	小时 (小时)	次数 (次)	等效停 运小时 (小时)
点对点超高压直流输电系统										
葛南	—	—	0	0	0	0	—	—	0	0
天广	—	—	0	0	0	0	—	—	0	0
龙政	—	—	0	0	0	0	—	—	0	0
江城	—	—	0	0	0	0	—	—	0	0
宜华	—	—	1	30.85	0	0	—	—	1	15.42
兴安	—	—	1	9.47	0	0	—	—	1	4.73
德宝	—	—	0	0	0	0	—	—	0	0
伊穆	—	—	2	7.13	0	0	—	—	2	3.57
银东	—	—	2	19.48	0	0	—	—	2	9.74
林枫	—	—	2	24.50	0	0	—	—	2	12.25
柴拉	—	—	2	29.30	0	0	—	—	2	14.65
牛从甲	—	—	1	3.53	0	0	—	—	1	1.77
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
如东	—	—	0	0	0	0	—	—	0	0
点对点特高压直流输电系统										
楚穗	2	7.44	1	34.62	0	0	—	—	3	19.17
复奉	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0
锦苏	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0
天中	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0
宾金	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0
普侨	1	23.58	0	0	0	0	—	—	1	5.90
灵绍	1	160.10	1	52.20	0	0	—	—	2	66.13
祁韶	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0

统计对象	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 (次)	小时 (小时)	次数 (次)	小时 (小时)	次数 (次)	小时 (小时)	次数 (次)	小时 (小时)	次数 (次)	等效停 运小时 (小时)
雁淮	0	0	0	0	1	5.22	—	—	1	5.22
鲁固	0	0	2	53.72	0	0	—	—	2	26.86
锡泰	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0
新东	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0
昭沂	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0
吉泉	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0
青豫	1	133.80	0	0	0	0	—	—	1	33.45
雅湖	1	17.22	0	0	0	0	—	—	1	4.30
陕武	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0
建苏	1	25.28	0	0	0	0	—	—	1	6.32
背靠背直流输电系统										
灵宝	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
高岭	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
黑河	—	—	—	—	—	—	1	4.95	1	4.95
鲁西	—	—	—	—	—	—	1	0.81	1	0.81
宜昌	—	—	—	—	—	—	1	30.42	1	30.42
施州	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
粤中	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
南粤	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
多端直流输电系统										
禄高肇	0	0	1	0.38	0	0	0	0	1	0.19
昆柳龙	0	0	2	4.54	0	0	0	0	2	2.27
张北	0	0	2	107.18	0	0	0	0	2	53.59
舟山	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
南澳	0	0	1	123.30	0	0	0	0	1	61.65
合计	7	367.42	21	500.22	1	5.22	3	36.17	32	383.34

与 2022 年相比,总计强迫停运次数同比增加 7 次,其中双极强迫停运同比持平,单极强迫停运增加 10 次,阀组强迫停运同比减少 1 次,单元强迫停运同比减少 2 次,累计强迫停运等效停运小时同比减少 97.23 小时。

2018-2023 年全国直流输电系统强迫停运情况见表 4-13。

表 4-13 2018-2023 年全国直流输电系统强迫停运情况

停运类型	指标类别	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
阀组强迫停运	双阀组系统数量 (个)	13	14	16	17	18
	次数 (次)	8	6	5	8	7
	平均次数 (次/系统·年)	0.615	0.429	0.313	0.471	0.389
单极强迫停运	单极数量 (个)	58	58	64	73	86
	次数 (次)	22	13	11	11	21
	平均 (次/极·年)	0.379	0.224	0.172	0.151	0.245
双极强迫停运	双极数量 (个)	29	29	32	32	34
	次数 (次)	0	1	1	1	1
	平均次数 (次/双极·年)	0	0.034	0.031	0.028	0.030
单元强迫停运	背靠背单元数量 (个)	10	14	14	14	16
	次数 (次)	2	4	3	5	3
	平均次数 (次/单元·年)	0.200	0.286	0.214	0.357	0.188

2019-2023 年全国直流输电系统平均强迫停运次数见图 4-1。

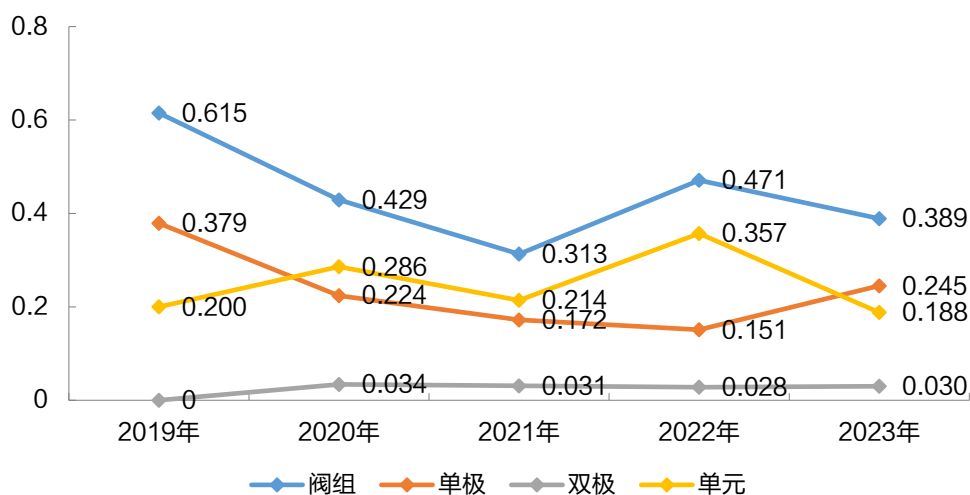


图 4-1 2019-2023 年全国直流输电系统平均强迫停运次数

二、强迫停运主要原因分析

2023 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 11 次, 次数占比最高, 为 34.38%, 等效停运小时 57.60 小时, 占比 15.03%; 阀设备原因 6 次, 次数占比其次, 为 18.75%, 等效停运小时 48.51 小时, 占比 12.65%; 交流及其辅助

设备原因 5 次，次数占比 15.63%，等效停运小时 100.13 小时，占比最高，为 26.12%；控制和保护系统原因 5 次，次数占比 15.63%，等效停运小时 78.39 小时，占比其次，为 20.45%；直流一次设备原因 4 次，次数占比 12.50%，等效停运小时 37.07 小时，占比 9.67%；其他原因 1 次，次数占比 3.13%，等效停运小时 61.65 小时，占比 16.08%。

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）、其他原因（O）、直流输电线路（TL）六大类原因分类统计。

2023 年全国直流输电系统强迫停运的主要分类原因见表 4-14。

表 4-14 2023 年全国直流输电系统强迫停运的主要分类原因

统计对象	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
点对点超高压直流输电系统												
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	0	0
江城	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
宜华	0	0	0	0	1	15.42	0	0	0	0	0	0
兴安	0	0	0	0	1	4.73	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	2	3.57
银东	0	0	0	0	1	5.91	0	0	0	0	1	3.83
林枫	1	6.98	0	0	0	0	1	5.27	0	0	0	0
柴拉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	14.65
牛从甲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.77
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
厦门	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
如东	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
点对点特高压直流输电系统												
楚穗	0	0	1	0.88	0	0	2	18.29	0	0	0	0
复奉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
锦苏	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

统计对象	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
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	1	5.90	0	0	0	0	0	0
灵绍	1	40.02	0	0	0	0	0	0	0	0	1	26.10
祁韶	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
雁淮	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5.22
鲁固	1	13.35	0	0	0	0	1	13.51	0	0	0	0
锡泰	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
新东	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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
青豫	1	33.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
雅湖	0	0	1	4.30	0	0	0	0	0	0	0	0
陕武	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
建苏	1	6.32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
背靠背直流输电系统												
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	1	4.95	0	0	0	0	0	0	0	0
鲁西	0	0	1	0.81	0	0	0	0	0	0	0	0
宜昌	0	0	1	30.42	0	0	0	0	0	0	0	0
施州	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
粤中	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
南粤	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
多端直流输电系统												
禄高肇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.19
昆柳龙	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2.27
张北	0	0	1	7.16	1	46.43	0	0	0	0	0	0
舟山	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
南澳	0	0	0	0	0	0	0	0	1	61.65	0	0
合计	5	100.13	6	48.51	5	78.39	4	37.07	1	61.65	11	57.60

注：1.单位：小时。

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

与 2022 年相比, 直流输电线路原因次数同比增加 7 次, 等效停运小时同比下降 15.89 个百分点; 交流及其辅助设备原因次数同比增加 2 次, 等效停运小时同比下降 57.85 个百分点; 阀设备原因次数同比增加 2 次, 等效停运小时同比下降 17.51 个百分点; 控制和保护系统原因次数同比减少 2 次, 等效停运小时同比上升 131.58 个百分点; 其他原因次数同比减少 2 次, 等效停运小时同比上升 367.40 个百分点; 直流一次设备原因次数同比持平, 等效停运小时同比下降 42.44 个百分点。

2023 年, 四类直流输电系统强迫停运等效停运小时的原因分类见表 4-15。

表 4-15 2023 年四类直流输电系统强迫停运等效停运小时的原因分类

统计对象	AC-E	V	C&P	DE-E	O	TL	合计
	等效停运小时 (小时)	等效停运小时 (小时)	等效停运小时 (小时)	等效停运小时 (小时)	等效停运小时 (小时)	等效停运小时 (小时)	等效停运小时 (小时)
点对点超高压系统	6.98	0	26.06	5.27	0	23.82	62.13
点对点特高压系统	187.25	0	2.01	24.86	6.15	68.48	288.75
背靠背系统	0	36.17	0	0	0	0	36.17
多端系统	0	7.16	46.43	0	61.65	2.46	117.70
全国累计	194.23	43.33	74.50	30.13	67.80	94.76	504.75

第四节 计划停运情况

2023 年, 全国直流输电系统计划停运总计 123 次, 同比减少 34 次, 其中阀组计划停运 25 次, 单极计划停运 40 次, 双极计划停运 34 次, 单元计划停运 24 次。

2023 年, 全国直流输电系统计划停运等效停运小时累计 16385.17 小时。其中等效停运时间最长的是舟山系统, 为 2482.80 小时, 其次为南粤系统, 为 2049.25 小时, 等效停运时间最短的是葛南、新东系统, 为 0 小时。

2023 年直流输电系统计划停运情况见表 4-16。

表 4-16 2023 年直流输电系统计划停运情况

统计对象	阀组计划停运		单极计划停运		双极计划停运		单元计划停运		计划停运合计	
	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	等效停运小时
点对点超高压直流输电系统										
葛南	—	—	0	0	0	0	—	—	0	0
天广	—	—	3	38.53	1	47.98	—	—	4	86.52
龙政	—	—	1	54.66	1	161.90	—	—	2	216.56
江城	—	—	2	40.64	0	0	—	—	2	40.64
宜华	—	—	0	0	1	164.89	—	—	1	164.89
兴安	—	—	3	19.40	1	86.65	—	—	4	106.05
德宝	—	—	1	5.82	1	187.23	—	—	2	193.05
伊穆	—	—	0	0	1	222.57	—	—	1	222.57
银东	—	—	1	106.60	1	212.33	—	—	2	318.93
林枫	—	—	0	0	1	174.50	—	—	1	174.50
柴拉	—	—	3	360.27	0	0	—	—	3	360.27
牛从甲	—	—	2	377.82	1	47.28	—	—	3	425.11
牛从乙	—	—	1	8.51	2	250.25	—	—	3	258.76
金中	—	—	0	0	2	209.17	—	—	2	209.17
永富	—	—	0	0	1	288.00	—	—	1	288.00
如东	—	—	1	240.00	0	0	—	—	1	240.00
点对点特高压直流输电系统										
楚穗	2	42.83	3	50.59	2	585.33	—	—	7	678.75
复奉	5	204.07	0	0	0	0	—	—	5	204.07
锦苏	0	0	2	458.94	0	0	—	—	2	458.94
天中	6	95.91	0	0	0	0	—	—	6	95.91
宾金	1	2.88	0	0	1	565.36	—	—	2	568.23
普侨	1	5.08	0	0	1	347.80	—	—	2	352.88
灵绍	1	2.54	0	0	1	186.15	—	—	2	188.69
祁韶	1	27.18	0	0	1	562.35	—	—	2	589.53
雁淮	2	9.05	0	0	1	186.03	—	—	3	195.09
鲁固	0	0	0	0	1	176.59	—	—	1	176.59

统计对象	阀组计划停运		单极计划停运		双极计划停运		单元计划停运		计划停运合计	
	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	等效停运小时
锡泰	3	21.18	0	0	1	217.91	—	—	4	239.09
新东	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0
昭沂	0	0	0	0	1	46.00	—	—	1	46.00
吉泉	0	0	0	0	1	236.15	—	—	1	236.15
青豫	0	0	0	0	1	284.98	—	—	1	284.98
雅湖	0	0	0	0	1	165.65	—	—	1	165.65
陕武	1	39.97	0	0	1	160.65	—	—	2	200.62
建苏	2	44.08	0	0	0	0	—	—	2	44.08
背靠背直流输电系统										
灵宝	—	—	—	—	—	—	2	185.71	2	185.71
高岭	—	—	—	—	—	—	4	208.93	4	208.93
黑河	—	—	—	—	—	—	1	139.08	1	139.08
鲁西	—	—	—	—	—	—	7	300.25	7	300.25
宜昌	—	—	—	—	—	—	2	109.93	2	109.93
施州	—	—	—	—	—	—	2	186.63	2	186.63
粤中	—	—	—	—	—	—	3	881.00	3	881.00
南粤	—	—	—	—	—	—	3	2049.25	3	2049.25
多端直流输电系统										
禄高肇	0	0	1	5.37	2	130.02	0	0	3	135.38
昆柳龙	0	0	1	9.08	2	126.82	0	0	3	135.90
张北	0	0	7	517.64	2	422.13	0	0	9	939.77
舟山	0	0	5	2482.80	0	0	0	0	5	2482.80
南澳	0	0	3	600.27	0	0	0	0	3	600.27
合计	25	494.77	24	5376.94	34	6452.68	40	4060.78	123	16385.17

2023 年，纳入可靠性统计的直流输电系统中，年度检修的等效停运小时最长为舟山系统，为 2171.38 小时⁹；其次为南粤、张北、粤中、宾金、祁韶系统，分别为 1948.00、828.73、647.50、565.36、562.35 小时，其他都在 400 小时以内，葛南、江城、新东、建苏 4 个系统全年未安排年度检修。

⁹目前《直流输电系统可靠性评价规程》（DL/T989-2022）中未定义多端柔性直流输电系统等效停运小时计算方法，舟山、张北多端柔性直流输电系统的等效停运小时为各换流站的停运时间之和。

江城、楚穗、建苏 3 个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%，宜华、伊穆、林枫、永富、锦苏、鲁固、昭沂、吉泉、青豫、雅湖、灵宝、高岭、黑河、宜昌、施州 16 个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为 100%。

除年度检修之外，其他计划停运等效停运小时最长的是楚穗系统 510.75 小时；其次为舟山系统 311.42 小时、南澳系统 236.50 小时、粤中系统 233.50 小时、张北系统 111.05 小时、银东系统 106.60 小时、南粤系统 101.25 小时，其余系统均 100 小时以内。

2023 年直流输电系统年度检修情况见表 4-17。

表 4-17 2023 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 (次)	系统等效停运 小时 (小时)	时间百分比 (%)	次数 (次)	系统等效停运 小时 (小时)	时间百分比 (%)
点对点超高压直流输电系统						
葛南	0	0	/	0	0	/
天广	1	47.98	55.46	3	38.54	44.54
龙政	1	161.90	74.76	1	54.66	25.24
江城	0	0	0	2	40.64	100
宜华	1	164.89	100	0	0	0
兴安	1	86.65	81.71	3	19.40	18.29
德宝	1	187.23	96.99	1	5.82	3.01
伊穆	1	222.57	100	0	0	0
银东	1	212.33	66.58	1	106.60	33.42
林枫	1	174.50	100	0	0	0
柴拉	1	331.12	91.91	2	29.15	8.09
牛从甲	1	377.82	88.88	2	47.28	11.12
牛从乙	1	167.32	64.66	2	91.44	35.34
金中	1	166.83	79.76	1	42.33	20.24
永富	1	288.00	100	0	0	0
如东	1	240.00	100	0	0	0
点对点特高压直流输电系统						
楚穗	1	168.00	24.75	6	510.75	75.25
复奉	1	167.64	82.15	4	36.43	17.85

统计对象	年度检修停运			其他计划停运		
	次数 (次)	系统等效停运 小时 (小时)	时间百分比 (%)	次数 (次)	系统等效停运 小时 (小时)	时间百分比 (%)
锦苏	1	458.94	100	1	0	0
天中	1	89.82	93.65	5	6.09	6.35
宾金	1	565.36	99.49	1	2.88	0.51
普侨	1	347.80	98.56	1	5.08	1.44
灵绍	1	186.15	98.66	1	2.54	1.34
祁韶	1	562.35	95.39	1	27.18	4.61
雁淮	1	186.03	95.36	2	9.05	4.64
鲁固	1	176.59	100	0	0	0
锡泰	1	217.91	91.14	3	21.18	8.86
新东	0	0	/	0	0	/
昭沂	1	46.00	100	0	0	0
吉泉	1	236.15	100	0	0	0
青豫	1	284.98	100	0	0	0
雅湖	1	165.65	100	0	0	0
陕武	1	160.65	80.08	1	39.97	19.92
建苏	0	0	0	2	44.08	100
背靠背直流输电系统						
灵宝	1	185.71	100	1	0	0
高岭	1	208.93	100	3	0	0
黑河	1	139.08	100	0	0	0
鲁西	3	263.18	87.65	4	37.07	12.35
宜昌	1	109.93	100	1	0	0
施州	1	186.63	100	1	0	0
粤中	1	647.50	73.50	2	233.50	26.50
南粤	1	1948.00	95.06	2	101.25	4.94
多端直流输电系统						
禄高肇	1	120.00	88.64	2	15.38	11.36
昆柳龙	1	105.30	77.48	2	30.60	22.52
张北	1	828.73	88.18	8	111.05	11.82
舟山	1	2171.38	87.46	4	311.42	12.54
南澳	1	363.77	60.60	2	236.50	39.40
合计	45	14127.31	345.10	78	2257.86	54.90

第五章 2023 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

2023 年，全国供电系统用户平均供电可靠率 99.911%，同比提升 0.015 个百分点；用户平均停电时间 7.83 小时/户，同比减少 1.27 小时/户；用户平均停电频率 2.30 次/户，同比减少 0.31 次/户。其中，全国城市电力网（以下简称城网）用户平均供电可靠率 99.976%，农村电力网（以下简称农网）用户平均供电可靠率 99.900%，城网、农网用户平均供电可靠率相差 0.076 个百分点；全国城网用户平均停电时间 2.14 小时/户，农网用户平均停电时间 8.74 小时/户，城网、农网用户平均停电时间相差 6.60 小时/户；全国城网地区用户平均停电频率 0.68 次/户，农网地区用户平均停电频率 2.56 次/户，城网、农网地区用户平均停电频率相差 1.88 次/户。

2023 年全国供电用户供电可靠性指标汇总见表 5-1。

表 5-1 2023 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)	城网 (1+2)	市中心 (1)	市区 (2)	农网 (3+4)	城镇 (3)	农村 (4)
等效总用户数 (万户)		1289.04	178.17	26.51	151.66	1110.88	219.64	891.24
用户总容量 (亿千伏安)		55.70	15.05	2.59	12.46	40.65	13.14	27.50
用户平均供电可靠率 (%)	*	99.911	99.976	99.988	99.973	99.900	99.951	99.888
	**	99.917	99.976	99.989	99.974	99.907	99.952	99.896
平均停电时间 (小时/户)	*	7.83	2.14	1.01	2.34	8.74	4.31	9.83
	**	7.23	2.07	0.98	2.26	8.14	4.20	9.11
平均停电频率 (次/户)	*	2.30	0.68	0.35	0.74	2.56	1.32	2.86
	**	2.20	0.67	0.34	0.72	2.48	1.30	2.78

可靠性指标		全口径 (1+2+3+4)	城网 (1+2)	市中心 (1)	市区 (2)	农网 (3+4)	城镇 (3)	农村 (4)
平均故障停电时间 (小时/户)	*	4.82	1.28	0.57	1.40	5.39	2.53	6.10
	**	4.29	1.21	0.53	1.32	4.80	2.41	5.38
平均预安排停电时间 (小时/户)		3.00	0.86	0.44	0.94	3.35	1.79	3.73

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、供电可靠性变化趋势

全国供电系统用户平均供电可靠率由 2019 年的 99.843% 提升至 2023 年的 99.911%，提升了 0.068 个百分点，其中城网平均供电可靠率由 2019 年的 99.964% 提升至 2023 年的 99.976%，提升了 0.012 个百分点；农网平均供电可靠率由 2019 年的 99.824% 提升至 2023 年的 99.900%，提升了 0.076 个百分点。

2019-2023 年全国供电系统用户平均供电可靠率变化见图 5-1。

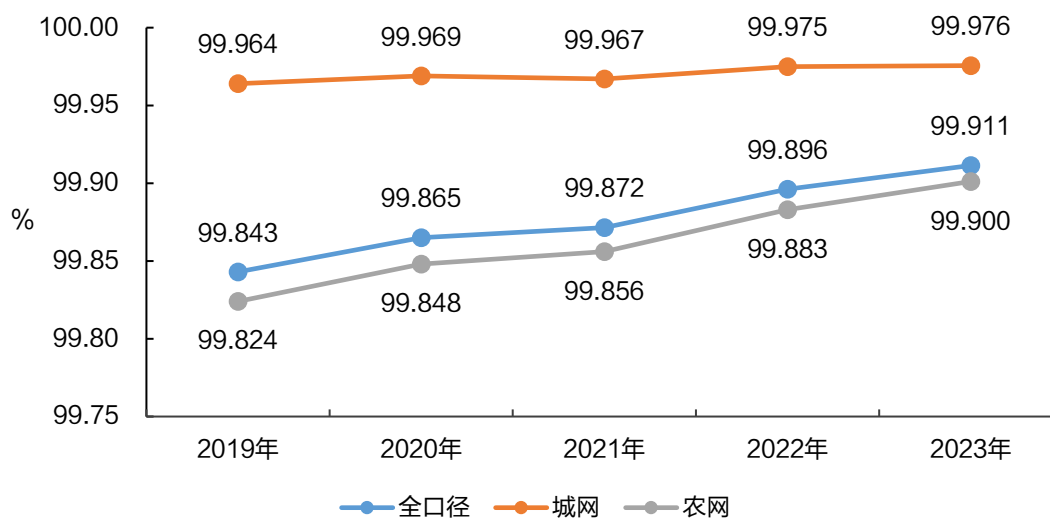


图 5-1 2019-2023 年全国供电系统用户平均供电可靠率变化

全国用户平均停电时间由 2019 年的 13.72 小时/户下降至 2023 年的 7.83 小时/户，下降了 5.89 小时/户，其中城网用户平均停电时间由 2019 年的 3.16 小时/户下降至 2023 年的 2.14 小时/户，下降了 1.02 小时/户；农网用户平均停电时间由 2019 年的 15.44 小时/户下降至 2023 年的 8.74 小时/户，下降了 6.70 小时/户。

2019-2023 年全国供电系统用户平均停电时间变化见图 5-2。

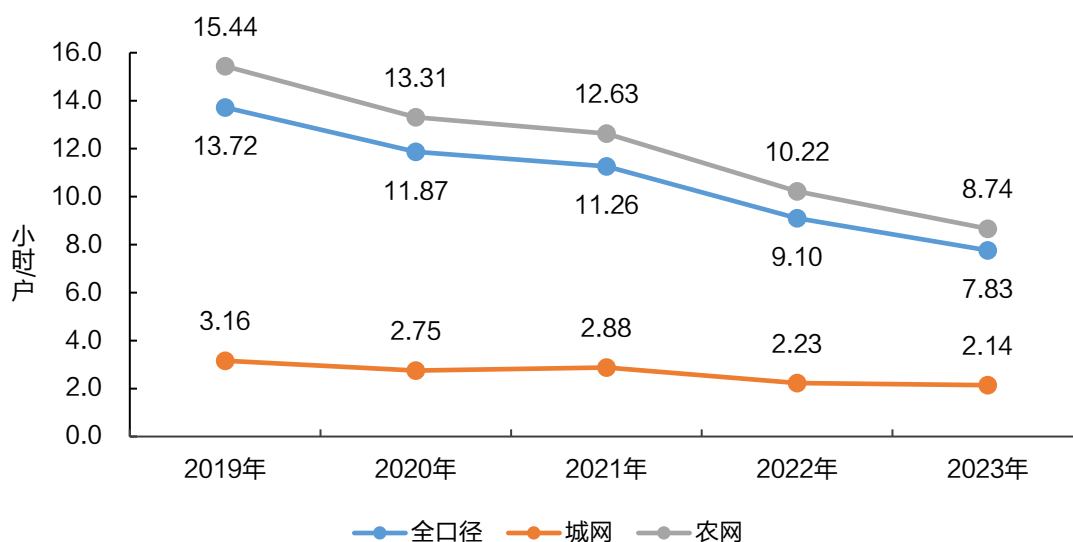


图 5-2 2019-2023 年全国供电系统用户平均停电时间变化

全国的用户平均停电频率由 2019 年的 2.99 次/户下降至 2023 年的 2.30 次/户，下降了 0.69 次/户，其中城网地区的用户平均停电频率由 2019 年的 0.76 次/户下降至 2023 年的 0.68 次/户，下降了 0.08 次/户；农网地区的用户平均停电频率由 2019 年的 3.35 次/户下降至 2023 年的 2.56 次/户，下降了 0.79 次/户。

2019-2023 年全国供电系统用户平均停电频率变化见图 5-3。

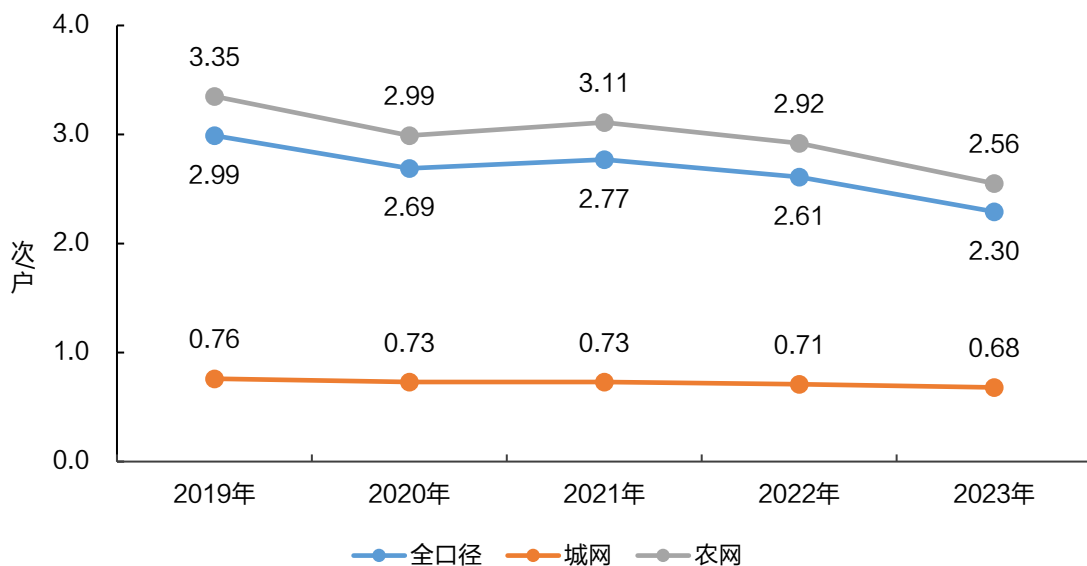


图 5-3 2019-2023 年全国供电系统用户平均停电频率变化

第二节 区域供电可靠性

一、用户平均供电可靠率

2023 年，全国六个区域中¹⁰，华东区域供电可靠性平均水平明显领先其他区域，东北区域供电可靠性平均水平低于其他区域。

华北区域的全口径、城网和农网用户平均供电可靠率分别为 99.915%、99.985%、99.906%，华东区域的分别为 99.981%、99.993%、99.979%，南方区域分别为 99.912%、99.976%、99.900%，均优于全国平均值(99.911%、99.976%和 99.900%)。华东区域内城网和农网用户平均供电可靠率相差最小，差值 0.014 个百分点；东北区域内城网和农网用户平均供电可靠率相差最大，差值 0.137 个百分点。

2023 年各区域全口径、城网和农网用户平均供电可靠率见图 5-4。

¹⁰ 华北区域包括：北京、天津、河北、山西、山东、内蒙古；东北区域包括：黑龙江、吉林、辽宁；华东区域包括：江苏、浙江、上海、安徽、福建；华中区域包括：河南、湖北、湖南、江西、四川、重庆、西藏；西北区域包括：陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆；南方区域包括：广东、广西、云南、贵州、海南。

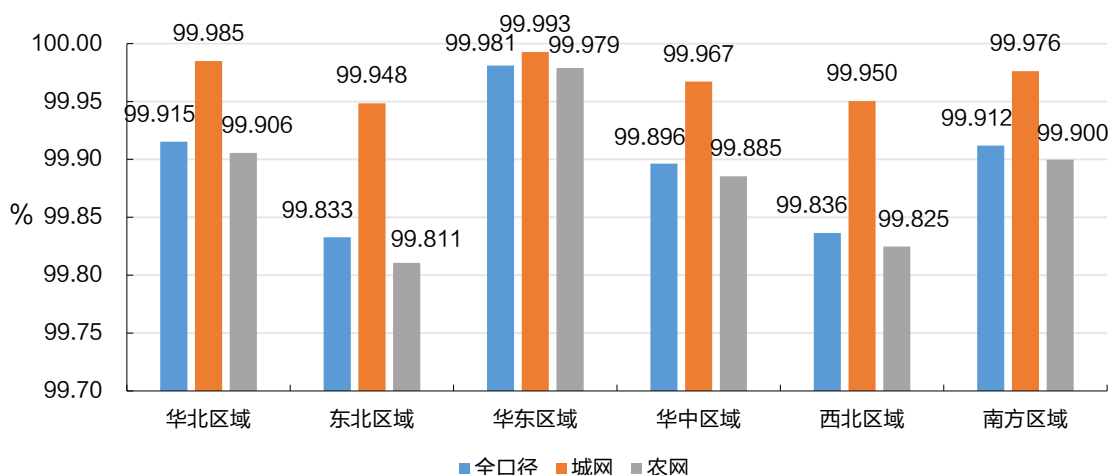


图 5-4 2023 年各区域全口径、城网和农网用户平均供电可靠率

二、用户平均停电频率

2023 年，全国六个区域中，华东区域用户平均停电频率明显低于其他区域，东北区域用户平均停电频率高于其他区域。

华北区域的全口径、城网和农网用户平均停电频率分比为 2.01 次/户、0.45 次/户、2.22 次/户，华东区域分别为 1.05 次/户、0.38 次/户、1.18 次/户，南方区域分别为 1.80 次/户、0.53 次/户、2.04 次/户，均优于全国平均值（2.30 次/户、0.68 次/户和 2.56 次/户）。华东区域的城网与农网用户平均停电频率相差最小，差值 0.80 次/户；东北区域的城网与农网用户平均停电频率相差最大，差值 4.35 次/户。

2023 年各区域全口径、城网和农网用户平均停电频率见图 5-5。

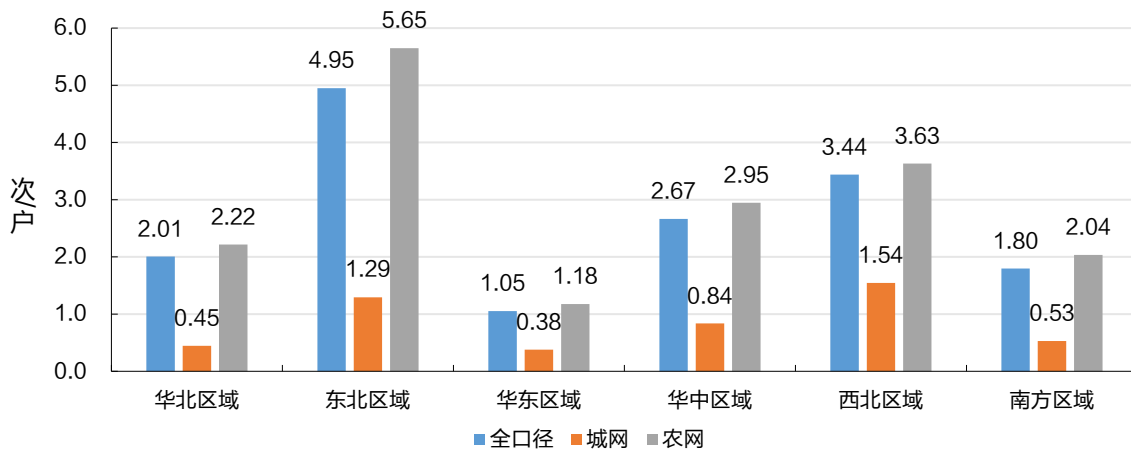


图 5-5 2023 年各区域全口径、城网和农网用户平均停电频率

第三节 省级行政区供电可靠性

一、用户平均供电可靠率

2023年，31个省级行政区中¹¹，北京市、天津市、上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省、山东省、广东省的用户平均供电可靠率高于99.95%，内蒙古自治区、吉林省、黑龙江省、西藏自治区、甘肃省、青海省、新疆维吾尔自治区的用户平均供电可靠率低于99.85%¹²。

北京市、天津市、上海市、江苏省、浙江省、福建省、山东省、广东省的城网用户平均供电可靠率高于99.99%，吉林省、黑龙江省、云南省、西藏自治区、陕西省、甘肃省、青海省的城网用户平均供电可靠率低于99.95%，各省城网用户平均供电可靠率最大相差0.164个百分点；北京市、天津市、上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省、山东省、广东省的农网用户平均供电可靠率高于99.95%，吉林省、黑龙江省、西藏自治区、甘肃省、青海省的农网用户平均供电可靠率低于99.80%，各省农网用户平均供电可靠率最大相差0.515个百分点。

31个省级行政区中，用户平均停电时间同比降低的有24个，降低幅度超过10%的有20个，前三位的安徽省、湖南省、福建省降幅超过40%。北京市、吉林省、黑龙江省、云南省、甘肃省、青海省、新疆维吾尔自治区的用户平均停电时间同比增加。

2023年省级行政区用户平均供电可靠率分布情况见表5-2。

表5-2 2023年省级行政区用户平均供电可靠率分布情况

用户平均供电可靠率		省级行政区
全口径	高于99.95%	北京、天津、上海、江苏、浙江、安徽、福建、山东、广东
	99.90%–99.95%	辽宁、江西、河南、湖北、湖南、海南、宁夏
	99.85%–99.90%	河北、山西、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西
	99.80%–99.85%	内蒙古、甘肃、新疆
	低于99.80%	吉林、黑龙江、西藏、青海

¹¹ 本报告未含香港、澳门、台湾地区数据。

¹² 用户平均供电可靠率99.99%对应系统平均停电时间0.876小时/户；用户平均供电可靠率99.95%对应系统平均停电时间4.38小时/户；用户平均供电可靠率99.90%对应系统平均停电时间8.76小时/户；用户平均供电可靠率99.85%对应系统平均停电时间13.14小时/户；用户平均供电可靠率99.80%对应系统平均停电时间17.52小时/户。后文同。

用户平均供电可靠率		省级行政区
城网	高于 99.99%	北京、天津、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东
	99.95%–99.99%	河北、山西、内蒙古、辽宁、安徽、江西、河南、湖北、湖南、广西、海南、重庆、四川、贵州、宁夏、新疆
	99.90%–99.95%	吉林、黑龙江、云南、陕西、甘肃、青海
	低于 99.90%	西藏
农网	高于 99.95%	北京、天津、上海、江苏、浙江、安徽、福建、山东、广东
	99.85%–99.95%	河北、山西、辽宁、江西、河南、湖北、湖南、广西、海南、贵州、云南、陕西、宁夏
	99.80%–99.85%	内蒙古、重庆、四川、新疆
	低于 99.80%	吉林、黑龙江、西藏、甘肃、青海

注：1.表中所有指标范围向上包含
2.表中省级行政区按照国家行政序列排序

二、用户平均停电频率

2023年，31个省级行政区中，北京市、天津市、上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省、山东省、湖南省、广东省、宁夏回族自治区的用户平均停电频率少于2次/户，吉林省、黑龙江省、西藏自治区的用户平均停电频率超过4次/户。

北京市、天津市、河北省、辽宁省、上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省、江西省、山东省、河南省、湖北省、湖南省、广东省、广西自治区、重庆市、贵州省、宁夏回族自治区的城网用户平均停电频率少于1次/户，黑龙江省、西藏自治区的城网用户平均停电频率超过2次/户；北京市、天津市、上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省、山东省、河南省、湖北省、湖南省、广东省、广西自治区、贵州省、云南省、宁夏回族自治区的农网用户平均停电频率少于3次/户，吉林省、黑龙江省、西藏自治区的农网用户平均停电频率超过5次/户。

31个省级行政区中，用户平均停电频率同比减少的有23个的，减少幅度超过10%的有15个，前三位的四川省、山东省、河北省减少幅度超过30%；8个的用户平均停电频率同比增加，其中黑龙江省的增加幅度最大。

2023年省级行政区用户平均停电频率分布情况见表5-3。

表 5-3 2023 年省级行政区用户平均停电频率分布情况

用户平均停电频率		省份
全口径	小于 2 次	北京、天津、上海、江苏、浙江、安徽、福建、山东、湖南、广东、宁夏
	2~4 次	河北、山西、内蒙古、辽宁、江西、河南、湖北、广西、海南、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、新疆
	大于 4 次	吉林、黑龙江、西藏
城网	小于 1 次	北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、广西、重庆、贵州、宁夏
	1-2 次	山西、内蒙古、吉林、海南、四川、云南、陕西、甘肃、青海、新疆、
	大于 2 次	黑龙江、西藏
农网	小于 3 次	北京、天津、上海、江苏、浙江、安徽、福建、山东、河南、湖北、湖南、广东、广西、贵州、云南、宁夏
	3-5 次	河北、山西、内蒙古、辽宁、江西、海南、重庆、四川、陕西、甘肃、青海、新疆
	大于 5 次	吉林、黑龙江、西藏

注：1.表中所有指标范围向下包含

2.表中省级行政区按照国家行政序列排序

第四节 地级行政区供电可靠性

一、用户平均供电可靠率

2023 年，全国 333 个地级行政区¹³的用户平均供电可靠率范围为 97.982-100.000%，其中，城网用户平均供电可靠率范围为 99.511-100.000%，农网用户平均供电可靠率范围为 97.980-99.998%。按四分位法将各地级行政区分为四个梯队，用户平均供电可靠率的梯队区间界限值分别为 97.982%、99.853%、99.900%、99.957%

¹³ 全国 333 个地级行政区由国家电网、南方电网、内蒙古电力、山西地电、云南保山电力所报数据计算得到，其他单位未报送数据。广西贺州，四川凉山，青海海北、黄南、海南、果洛、玉树，新疆克拉玛依、昌吉、博尔塔拉、巴音郭楞、阿克苏、克孜勒苏柯尔克孜、喀什、和田、伊犁哈萨克、塔城、阿勒泰无城网区域，海南三沙无农网区域，不含北京、天津、上海、重庆 4 个直辖市。

和 100.000%，城网用户平均供电可靠率的梯队区间界限值分别 99.511%、99.951%、99.970%、99.985%和 100.000%，农网用户平均供电可靠率的梯队区间界限值分别为 97.980%、99.840%、99.889%、99.951%和 99.998%。

2023 年，全国 333 个地级行政区中，91 个地级行政区（占 27.33%）的用户平均供电可靠率高于 99.95%，47 个地级行政区（占 14.11%）的用户平均供电可靠率低于 99.80%，190 个地级行政区（占 57.06%）的用户平均供电可靠率低于全国平均值（99.911%）；53 个地级行政区（占 16.83%）城网用户平均供电可靠率高于 99.99%，10 个地级行政区（占 3.17%）城网用户平均供电可靠率低于 99.85%，192 个地级行政区（占 60.95%）的城网用户平均供电可靠率低于全国平均值（99.976%）；84 个地级行政区（占 25.30%）的农网用户平均供电可靠率高于 99.95%，52 个地级行政区（占 15.66%）的农网用户平均供电可靠率低于 99.80%，184 个地级行政区（占 55.42%）的农网用户平均供电可靠率低于全国平均值（99.900%）。

2023 年全国地级行政区用户平均供电可靠率分布见图 5-6 至图 5-8。

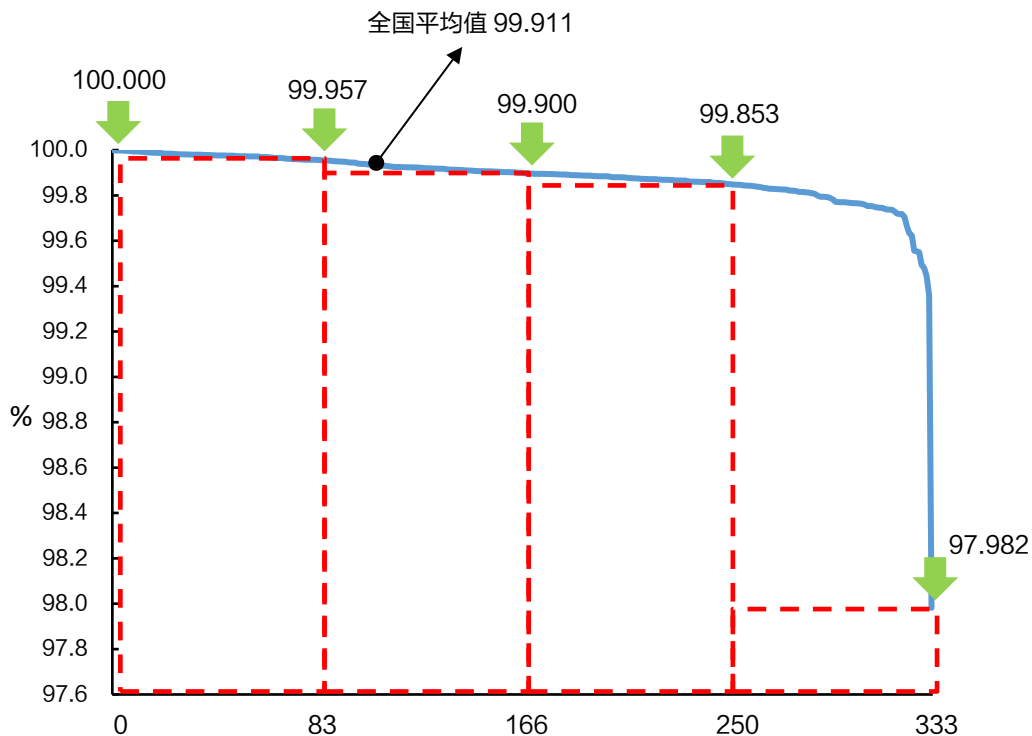


图 5-6 2023 年全国地级行政区用户平均供电可靠率分布（全口径）

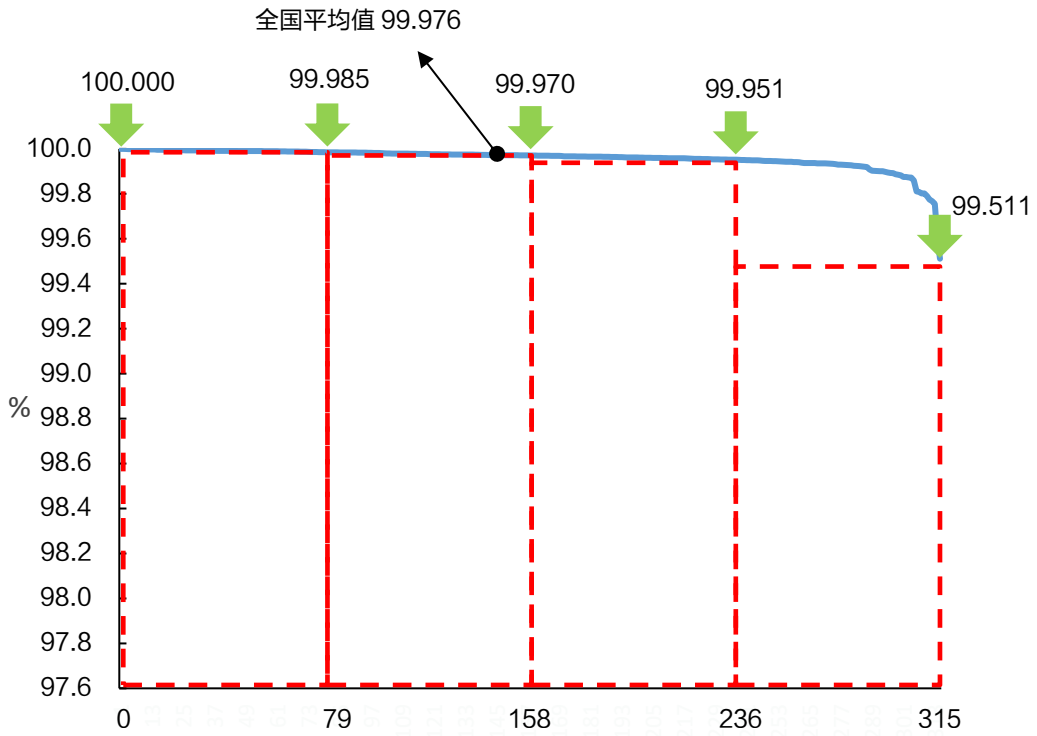


图 5-7 2023 年全国地级行政区用户平均供电可靠率分布（城网）

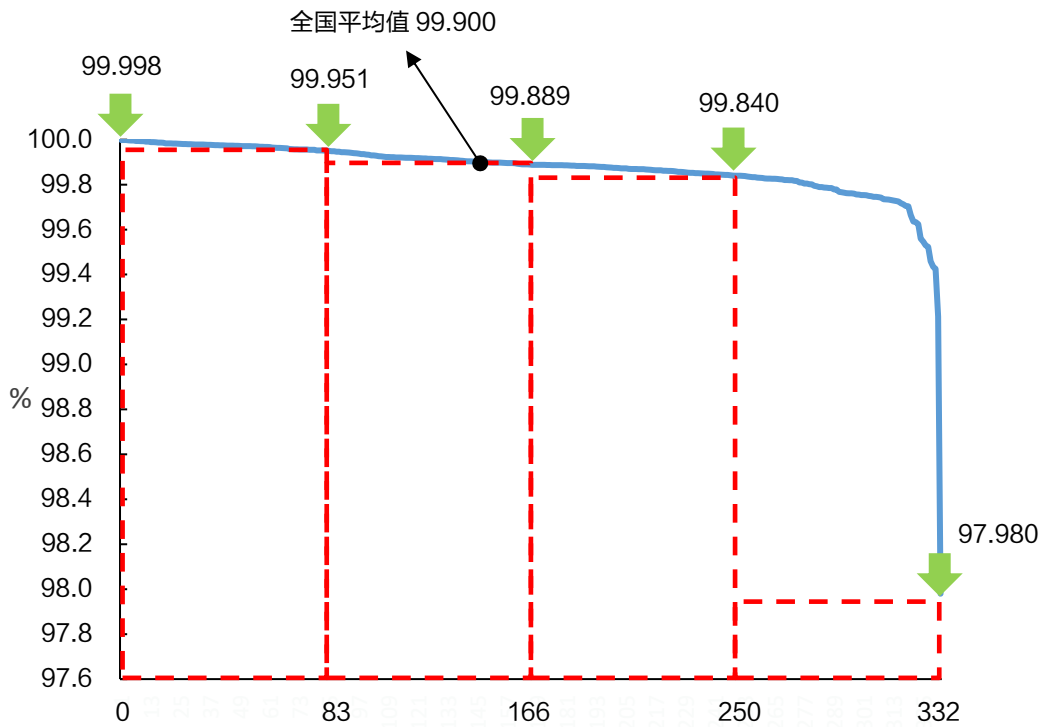


图 5-8 2023 年全国地级行政区用户平均供电可靠率分布（农网）

表 5-4 2023 年地级行政区用户平均供电可靠率分布情况

用户平均供电可靠率		地级行政区
全口径	高于 99.95%	内蒙古 乌海； 辽宁 盘锦； 江苏 南京、无锡、徐州、常州、苏州、南通、连云港、淮安、盐城、扬州、镇江、泰州、宿迁； 浙江 杭州、宁波、温州、嘉兴、湖州、绍兴、金华、衢州、舟山、台州、丽水； 安徽 合肥、芜湖、蚌埠、淮南、马鞍山、淮北、铜陵、安庆、黄山、滁州、阜阳、宿州、六安、亳州、池州、宣城； 福建 福州、厦门、三明、泉州、漳州、南平、龙岩、宁德； 山东 济南、青岛、淄博、枣庄、东营、烟台、潍坊、济宁、泰安、威海、日照、临沂、德州、聊城、滨州、菏泽； 河南 郑州； 湖北 武汉； 湖南 长沙； 广东 广州、韶关、深圳、珠海、汕头、佛山、江门、肇庆、惠州、汕尾、河源、清远、东莞、中山、揭阳； 海南海口 、三亚、三沙； 云南 昆明； 陕西 宝鸡； 宁夏 银川； 新疆 克拉玛依
	低于 99.80%	河北 保定； 内蒙古 呼伦贝尔、兴安； 吉林 长春、吉林、四平、松原； 黑龙江 齐齐哈尔、鸡西、鹤岗、双鸭山、大庆、伊春、佳木斯、牡丹江、黑河、绥化； 广西北海 、贺州； 四川 阿坝、甘孜、凉山； 云南 保山、昭通、文山； 西藏 拉萨、日喀则、昌都、林芝、山南、那曲、阿里； 甘肃 酒泉、庆阳、定西、陇南、临夏、甘南； 青海 海北、黄南、海南、果洛、玉树、海西； 新疆 克孜勒苏柯尔克孜、喀什、阿勒泰
城网	高于 99.99%	江苏 南京、无锡、常州、苏州、淮安、盐城、扬州、镇江、泰州、宿迁； 浙江 杭州、宁波、温州、嘉兴、湖州、绍兴、丽水； 安徽 合肥、芜湖、马鞍山、淮北、安庆、黄山、宿州、六安、亳州、池州、宣城； 福建 福州、厦门、莆田； 山东 济南、青岛、枣庄、烟台、潍坊、济宁、日照、滨州； 湖北 武汉、孝感； 广东 广州、深圳、珠海、佛山、江门、惠州、东莞、中山； 广西南宁 、崇左； 海南 三亚、三沙； 四川 遂宁； 青海 海西
	低于 99.85%	黑龙江 大庆； 四川 阿坝； 云南 昭通、迪庆； 西藏 日喀则、林芝、山南、那曲、阿里； 甘肃 酒泉
农网	高于 99.95%	内蒙古 乌海； 江苏 南京、无锡、徐州、常州、苏州、南通、连云港、淮安、盐城、扬州、镇江、泰州、宿迁； 浙江 杭州、宁波、温州、嘉兴、湖州、绍兴、金华、衢州、舟山、台州、丽水； 安徽 合肥、芜湖、蚌埠、淮南、马鞍山、淮北、铜陵、安庆、黄山、滁州、阜阳、宿州、六安、亳州、池州、宣城； 福建 福州、厦门、三明、泉州、漳州、南平、龙岩、宁德； 山东 济南、青岛、淄博、枣庄、东营、烟台、潍坊、济宁、泰安、威海、日照、临沂、德州、聊城、滨州、菏泽； 湖北 武汉； 广东 广州、韶关、深圳、珠海、汕头、佛山、江门、肇庆、惠州、清远、东莞、中山； 海南海口 、三亚； 云南 昆明； 陕西 宝鸡； 宁夏 银川； 新疆 克拉玛依

用户平均供电可靠率		地级行政区
	低于 99.80%	河北保定；内蒙古呼伦贝尔、兴安；吉林长春、吉林、四平、辽源、通化、松原、延边；黑龙江哈尔滨、齐齐哈尔、鸡西、鹤岗、双鸭山、大庆、伊春、佳木斯、牡丹江、黑河、绥化；广西梧州、北海、贺州；四川阿坝、甘孜、凉山；云南保山、昭通、文山；西藏拉萨、日喀则、昌都、林芝、山南、那曲、阿里；甘肃酒泉、庆阳、定西、陇南、临夏、甘南；青海海北、黄南、海南、果洛、玉树、海西；新疆克孜勒苏柯尔克孜、喀什、阿勒泰

注：1.表中所有指标范围向上包含
2.表中地市按照国家行政序列排序

二、用户平均停电频率

2023年，全国333个地级行政区的用户平均停电频率范围为0.09-14.43次/户，其中，城网的用户平均停电频率范围为0.05-8.06次/户，农网的用户平均停电频率范围为0.17-14.46次/户。按四分位法将各地级行政区分为四个梯队，全口径用户平均停电频率的梯队区间界限值分别为0.09次/户和1.51次/户、2.49次/户、3.68次/户、14.43次/户，城网的用户平均停电频率的梯队区间界限值分别为0.05次/户和0.47次/户、0.80次/户、1.25次/户、6.89次/户，农网的用户平均停电频率的梯队区间界限值分别为0.17次/户和1.60次/户、2.74次/户、3.89次/户、14.46次/户。

2023年，全国333个地级行政区中，53个地级行政区（占15.92%）的用户平均停电频率少于1次/户，35个地级行政区（占10.52%）的用户平均停电频率超过5次/户，180个地级行政区（占54.05%）的用户平均停电频率高于全国平均值（2.30次/户）；199个地级行政区（占63.17%）的城网用户平均停电频率少于1次/户，4个地级行政区（占1.27%）的城网用户平均停电频率超过5次/户，189个地级行政区（占60.00%）的城网用户平均停电频率高于全国平均值（0.68次/户）；44个地级行政区（占13.25%）的农网用户平均停电频率少于1次/户，42个地级行政区（占12.65%）的农网用户平均停电频率超过5次/户，175个地级行政区（占52.71%）的农网用户平均停电频率高于全国平均值（2.56次/户）。

2023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。

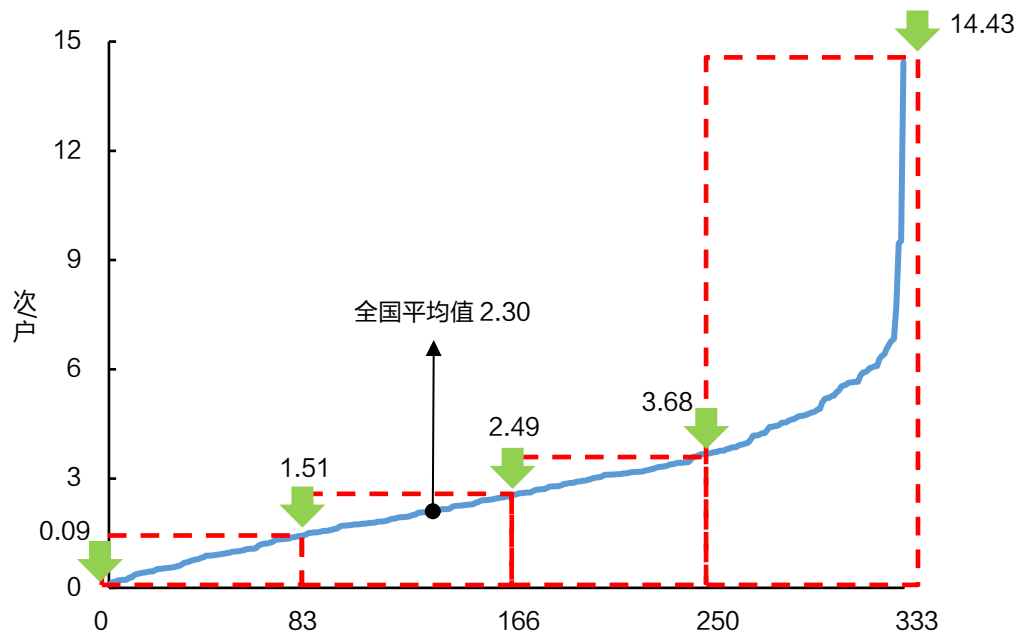


图 5-9 2023 年全国地级行政区用户平均停电频率分布（全口径）

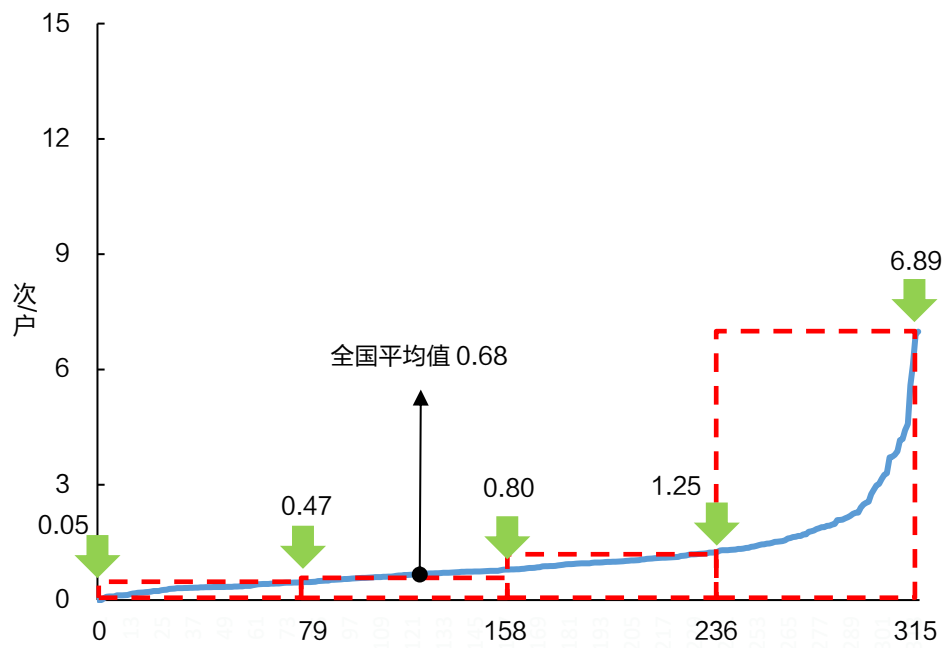


图 5-10 2023 年全国地级行政区用户平均停电频率分布（城网）

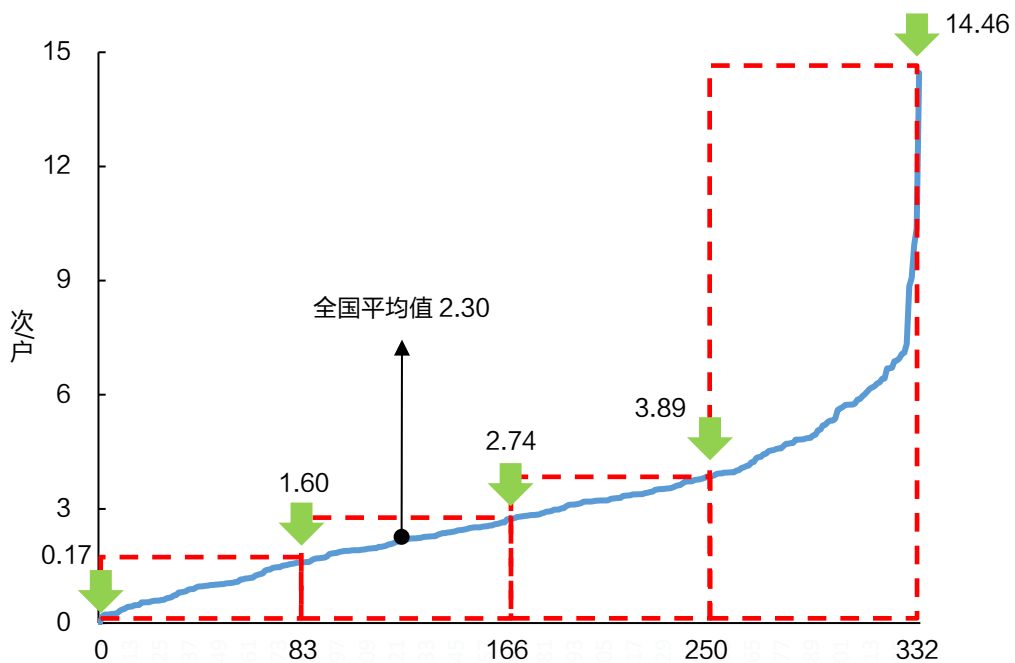


图 5-11 2023 年全国地级行政区用户平均停电频率分布（农网）

表 5-5 2023 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、徐州、常州、苏州、南通、连云港、扬州、镇江、泰州、宿迁；浙江杭州、宁波、嘉兴、绍兴；福建福州、厦门；山东济南、青岛、淄博、枣庄、东营、烟台、潍坊、济宁、泰安、威海、日照、临沂、德州、菏泽；湖北武汉；广东广州、韶关、深圳、珠海、汕头、佛山、江门、茂名、肇庆、惠州、汕尾、清远、东莞、中山、潮州、揭阳；海南三亚、三沙；云南昆明；宁夏银川；新疆克拉玛依
	大于 5 次	山西朔州；辽宁阜新、葫芦岛；吉林长春、吉林、四平、辽源、通化、松原；黑龙江哈尔滨、齐齐哈尔、鸡西、鹤岗、双鸭山、大庆、伊春、佳木斯、黑河、绥化；广西贺州；四川雅安、资阳、阿坝、甘孜、凉山；云南保山；西藏拉萨、日喀则、林芝、山南、那曲；陕西延安；甘肃酒泉、庆阳；青海玉树

用户平均停电频率		地级行政区
城 网	小于 1 次	河北 石家庄、唐山、秦皇岛、邯郸、邢台、衡水； 山西 太原、大同、晋城； 内蒙古 包头、赤峰、通辽、鄂尔多斯、呼伦贝尔、阿拉善； 辽宁 沈阳、大连、鞍山、本溪、丹东、锦州、营口、阜新、辽阳、盘锦、铁岭、朝阳、葫芦岛； 吉林 吉林、通化、白山、白城； 江苏 南京、无锡、徐州、常州、苏州、南通、连云港、淮安、盐城、扬州、镇江、泰州、宿迁； 浙江 杭州、宁波、温州、嘉兴、湖州、绍兴、金华、舟山、台州； 安徽 合肥、芜湖、蚌埠、淮南、马鞍山、淮北、铜陵、安庆、黄山、滁州、阜阳、宿州、六安、亳州、池州、宣城； 福建 福州、厦门、莆田、三明、泉州、漳州、南平、龙岩、宁德； 江西南昌 、萍乡、九江、赣州、吉安、上饶； 山东 济南、青岛、淄博、枣庄、东营、烟台、潍坊、济宁、泰安、威海、日照、临沂、德州、聊城、滨州、菏泽； 河南 郑州、开封、洛阳、平顶山、安阳、鹤壁、新乡、焦作、濮阳、许昌、漯河、三门峡、南阳、周口、驻马店； 湖北 武汉、黄石、宜昌、襄阳、鄂州、荆门、孝感、随州； 湖南 长沙、株洲、湘潭、衡阳、常德、永州、怀化、娄底、湘西； 广东 广州、韶关、深圳、珠海、汕头、佛山、江门、湛江、茂名、肇庆、惠州、梅州、汕尾、河源、阳江、清远、东莞、中山、潮州、揭阳、云浮； 广西南宁 、柳州、桂林、梧州、防城港、钦州、贵港、河池、来宾、崇左； 海南海口 、三亚、三沙； 四川 成都、泸州、遂宁、内江、巴中； 贵州 贵阳、六盘水、遵义、安顺、毕节、黔西南、黔东南、黔南； 云南 昆明、玉溪、保山、丽江、楚雄、红河、西双版纳、大理； 陕西 宝鸡； 甘肃 嘉峪关、金昌、陇南； 青海 海西； 宁夏 银川、石嘴山、吴忠、固原、中卫； 新疆 哈密
	大于 5 次	四川 阿坝、甘孜； 西藏 那曲、阿里
农 网	小于 1 次	江苏 南京、无锡、常州、苏州、连云港、扬州、镇江、泰州； 浙江 杭州、嘉兴； 福建 福州、厦门； 山东 济南、青岛、淄博、枣庄、东营、烟台、潍坊、济宁、泰安、威海、日照、临沂、德州、菏泽； 湖北 武汉； 广东 广州、韶关、深圳、珠海、汕头、佛山、江门、茂名、肇庆、惠州、汕尾、清远、东莞、中山； 海南 三亚； 宁夏 银川； 新疆 克拉玛依
	大于 5 次	河北 秦皇岛； 山西 朔州； 内蒙古 兴安； 辽宁 沈阳、阜新、铁岭、葫芦岛； 吉林 长春、吉林、四平、辽源、通化、松原； 黑龙江 哈尔滨、齐齐哈尔、鸡西、鹤岗、双鸭山、大庆、伊春、佳木斯、牡丹江、黑河、绥化； 广西 贺州； 四川 达州、雅安、资阳、阿坝、甘孜、凉山； 云南 保山； 西藏 拉萨、日喀则、林芝、山南、那曲； 陕西 渭南、延安； 甘肃 酒泉、庆阳； 新疆 玉树

- 注：1. 表中所有指标范围向下包含
2. 表中地市按照国家行政序列排序
3. 表中 1-5 次为其他地级行政区

第五节 全国 50 个主要城市供电可靠性

一、用户平均供电可靠率

2023 年，全国 50 个主要城市¹⁴供电可靠性水平明显优于全国平均水平，用户数占全国总用户数的 30.83%，用户总容量占全国用户总容量的 43.84%。50 个主要城市用户平均供电可靠率 99.955%，比全国平均值高 0.044 个百分点；用户平均停电时间 3.91 小时/户，比全国平均值少 3.92 小时/户。其中，城网用户平均供电可靠率 99.986%，比全国平均值高 0.010 个百分点，用户平均停电时间 1.27 小时/户，比全国平均值少 0.87 小时/户；农网用户平均供电可靠率 99.946%，比全国平均值高 0.046 个百分点，用户平均停电时间 4.72 小时/户，比全国平均值少 4.02 小时/户。

2023 年，北京、上海、广州、深圳、天津、南京、杭州、宁波、绍兴、厦门、青岛、佛山、东莞的用户平均供电可靠率高于 99.99%，沈阳、长春、哈尔滨、重庆、拉萨、西安、兰州、西宁的用户平均供电可靠率低于 99.90%；北京、上海、广州、深圳、天津、南京、无锡、常州、苏州、潍坊、扬州、杭州、宁波、温州、绍兴、合肥、福州、厦门、济南、青岛、烟台、武汉、佛山、东莞、南宁的城网用户平均供电可靠率高于 99.99%，呼和浩特、长春、拉萨、西安、兰州、西宁的城网用户平均供电可靠率低于 99.95%；北京、上海、广州、深圳、天津、南京、无锡、徐州、常州、苏州、南通、扬州、杭州、宁波、绍兴、福州、厦门、济南、青岛、武汉、佛山、东莞的农网用户平均供电可靠率高于 99.98%，长春、哈尔滨、拉萨的农网用户平均供电可靠率低于 99.80%。

2023 年，全国 50 个主要城市中有 40 个城市的用户平均停电时间同比降低，有 35 个城市的用户平均停电时间同比减少超过 10%，徐州、杭州的用户平均停电时间同比减少超过 50%。10 个城市的用户平均停电时间同比增加，北京、呼和浩特、长春、拉萨、西宁的用户平均停电时间同比增加超过 20%。

2023 年主要城市用户平均供电可靠率分布情况见表 5-6。

¹⁴ 50 个主要城市覆盖 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。

表 5-6 2023 年主要城市用户平均供电可靠率分布情况

用户平均供电可靠率		城市
全口径	高于 99.99%	北京、上海、广州、深圳、天津、南京、杭州、宁波、绍兴、厦门、青岛、佛山、东莞
	99.95%~99.99%	无锡、徐州、常州、苏州、南通、潍坊、扬州、温州、合肥、福州、泉州、济南、烟台、郑州、武汉、长沙、海口、昆明、银川
	99.90%~99.95%	石家庄、唐山、太原、呼和浩特、大连、南昌、南宁、成都、贵阳、乌鲁木齐
	99.80%~99.90%	沈阳、哈尔滨、重庆、西安、兰州、西宁
	低于 99.80%	长春、拉萨
城网	高于 99.99%	北京、上海、广州、深圳、天津、南京、无锡、常州、苏州、潍坊、扬州、杭州、宁波、温州、绍兴、合肥、福州、厦门、济南、青岛、烟台、武汉、佛山、东莞、南宁
	99.98%~99.99%	石家庄、大连、徐州、南通、泉州、郑州、海口、成都、昆明、银川
	99.95%~99.98%	唐山、太原、沈阳、哈尔滨、南昌、长沙、重庆、贵阳、乌鲁木齐
	低于 99.95%	呼和浩特、长春、拉萨、西安、兰州、西宁
农网	高于 99.98%	北京、上海、广州、深圳、天津、南京、无锡、徐州、常州、苏州、南通、扬州、杭州、宁波、绍兴、福州、厦门、济南、青岛、武汉、佛山、东莞
	99.95%~99.98%	潍坊、温州、合肥、泉州、烟台、海口、昆明、银川
	99.90%~99.95%	石家庄、唐山、太原、呼和浩特、大连、南昌、郑州、长沙、南宁、成都、贵阳、乌鲁木齐
	99.80%~99.90%	沈阳、重庆、西安、兰州、西宁
	低于 99.80%	长春、哈尔滨、拉萨

注：1. 表中所有指标范围向上包含
2. 表中城市按照国家行政序列排序

二、用户平均停电频率

2023 年，全国 50 个主要城市的用户平均停电频率 1.38 次/户，比全国平均值少 0.92 次/户。其中，城网用户平均停电频率 0.48 次/户，比全国平均值少 0.20 次/户；

农网用户平均停电频率 1.65 次/户，比全国平均值少 0.91 次/户。

2023 年，北京、上海、广州、深圳、天津、南京、无锡、苏州、潍坊、杭州、厦门、济南、青岛、佛山、东莞的用户平均停电频率少于 0.5 次/户，沈阳、长春、哈尔滨、拉萨、西安的用户平均停电频率超过 3 次/户；北京、上海、广州、深圳、天津、石家庄、大连、南京、无锡、徐州、常州、苏州、南通、潍坊、扬州、杭州、宁波、绍兴、福州、厦门、济南、青岛、烟台、武汉、佛山、东莞、南宁、重庆、昆明、银川的城网用户平均停电频率少于 0.5 次/户，呼和浩特、长春、哈尔滨、拉萨、西安、兰州、西宁、乌鲁木齐的城网用户平均停电频率超过 1 次/户；北京、上海、广州、深圳、天津、南京、无锡、常州、苏州、潍坊、扬州、杭州、福州、厦门、济南、青岛、烟台、武汉、佛山、东莞、银川的农网用户平均停电频率少于 1 次/户，沈阳、长春、哈尔滨、重庆、拉萨、西安、乌鲁木齐的农网用户平均停电频率超过 3 次/户。

2023 年，全国 50 个主要城市中有 33 个城市的用户平均停电频率同比降低，25 个城市的用户平均停电频率同比减少超过 10%，徐州、潍坊、济南、成都的用户平均停电频率同比减少超过 30%。17 个城市的用户平均停电频率同比增加，太原、哈尔滨、福州、厦门的用户平均停电频率增加超过 40%。

2023 年主要城市用户平均停电频率分布情况见表 5-7。

表 5-7 2023 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、南京、无锡、徐州、常州、苏州、南通、潍坊、扬州、杭州、宁波、绍兴、福州、厦门、济南、青岛、烟台、武汉、佛山、东莞、昆明、银川
	1-2 次	太原、呼和浩特、温州、合肥、泉州、郑州、长沙、南宁、海口、成都
	2-3 次	石家庄、唐山、大连、南昌、重庆、贵阳、兰州、西宁、乌鲁木齐
	大于 3 次	沈阳、长春、哈尔滨、拉萨、西安
城网	小于 0.5 次	北京、上海、广州、深圳、天津、石家庄、大连、南京、无锡、徐州、常州、苏州、南通、潍坊、扬州、杭州、宁波、绍兴、福州、厦门、济南、青岛、烟台、武汉、佛山、东莞、南宁、重庆、昆明、银川
	0.5-1 次	唐山、太原、沈阳、温州、合肥、泉州、南昌、郑州、长沙、海口、成都、贵阳
	大于 1 次	呼和浩特、长春、哈尔滨、拉萨、西安、兰州、西宁、乌鲁木齐

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

注：1.表中所有指标范围向下包含
2.表中城市按照国家行政序列排序

第六节 停电原因分析

2023年，全国用户平均故障停电时间为4.82小时/户，用户平均预安排停电时间为3.00小时/户，分别占到用户平均停电时间的61.62%、38.38%；用户平均故障停电频率为1.83次/户，用户平均预安排停电频率为0.47次/户，分别占到用户平均停电频率的79.63%、20.37%。

2023年全国故障、预安排停电指标见表5-8。

表5-8 2023年全国故障、预安排停电指标

可靠性指标	全口径 (1+2+3+4)	百分比 (%)	城网 (1+2)	百分比 (%)	农网 (3+4)	百分比 (%)
用户平均故障停电时间 (小时/户)	4.82	61.62	1.28	59.71	5.39	61.70
用户平均预安排停电时间 (小时/户)	3.00	38.38	0.86	40.29	3.35	38.30
用户平均故障停电频率 (次/户)	1.83	79.63	0.52	76.28	2.04	79.77
用户平均预安排停电频率 (次/户)	0.47	20.37	0.16	23.72	0.52	20.23
故障停电平均持续时间 (小时/次)	3.21	—	2.97	—	3.24	—
预安排停电平均持续时间 (小时/次)	6.37	—	5.65	—	6.47	—

可靠性指标	全口径 (1+2+3+4)	百分比 (%)	城网 (1+2)	百分比 (%)	农网 (3+4)	百分比 (%)
故障停电平均用户数 (户/次)	15.19	—	6.63	—	15.93	—
预安排停电平均用户数 (户/次)	11.13	—	4.81	—	11.86	—

一、故障停电分析

(一) 故障平均停电指标分析

2023年，全国用户平均故障停电时间4.82小时/户，同比减少16.90%；用户平均故障停电频率1.83次/户，同比减少12.02%。其中城网、农网用户平均故障停电时间分别为1.28小时/户、5.39小时/户，同比分别减少8.57%、17.33%。城网、农网用户平均故障停电频率分别为0.52次/户、2.04次/户，同比增加5.45%、12.45%。

六个区域中，东北、华中、西北区域的用户平均故障停电时间高于全国平均值（4.82小时/户），华东区域用户平均故障停电时间最短，为1.05小时/户。东北、华中、西北区域用户平均故障停电频率均高于全国平均值（1.83次/户），华东区域用户平均故障停电频率最低，为0.84次/户。华北、华中、南方区域的故障停电平均持续时间高于全国平均值（3.21小时/次）；华东区域故障停电平均持续时间最短，为1.82小时/次。华北、东北、西北、南方区域的故障停电平均用户数高于全国平均值（15.19户/次），华东区域故障停电平均用户数最少，为5.86户/次。

2023年全国、各区域故障停电指标见表5-9。

表5-9 2023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
用户平均故障停电时间 (小时/户)	全口径	4.82	4.45	10.13	1.05	5.94	6.89	4.77
	城网	1.28	0.76	2.73	0.40	1.75	2.48	1.23
	农网	5.39	4.97	11.55	1.17	6.58	7.35	5.44
用户平均故障停电频率 (次/户)	全口径	1.83	1.59	4.31	0.84	2.13	2.42	1.40
	城网	0.52	0.33	1.04	0.30	0.64	1.00	0.42
	农网	2.04	1.76	4.94	0.93	2.36	2.56	1.58

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
故障停电平均持续时间 (小时/次)	全口径	3.21	3.40	2.84	1.82	3.83	3.18	5.49
	城网	2.97	3.31	3.08	1.77	3.24	2.72	5.02
	农网	3.24	3.41	2.82	1.83	3.90	3.23	5.56
故障停电平均用户数 (户/次)	全口径	15.19	26.50	27.18	5.86	11.31	19.04	27.71
	城网	6.63	8.90	10.72	4.37	4.50	7.10	16.14
	农网	15.93	27.84	28.84	5.95	11.98	20.32	28.30

(二) 故障停电次数分析

2023年，全国有39.80%的用户未发生过故障停电。在发生故障停电用户中，有近34.85%的用户故障停电1次，有21.50%的用户故障停电次数在5次及以上，4.61%的用户故障停电次数在10次及以上。

2023年用户故障停电次数分布见图5-12。

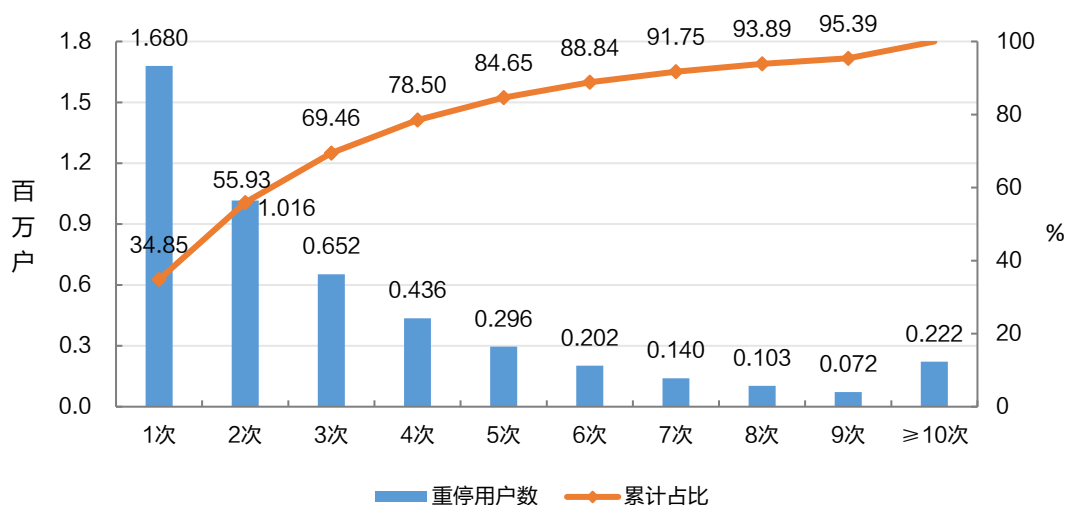


图5-12 2023年用户故障停电次数分布

(三) 故障停电持续时间分析

2023年，故障停电平均持续时间为3.21小时/次，同比减少0.54小时/次。其中，城网故障停电平均持续时间为2.97小时/次，同比降低0.29小时/次；农网故障停电平均持续时间为3.24小时/次，同比增加0.56小时/次。其中，有39.65%的故

障停电能够在 1 小时以内排除并恢复供电；有 63.80% 的故障停电能够在 2 小时以内排除并恢复供电；有 4.11% 的故障停电恢复时间超过了 10 个小时。

2023 年故障停电持续时间占比见图 5-13。

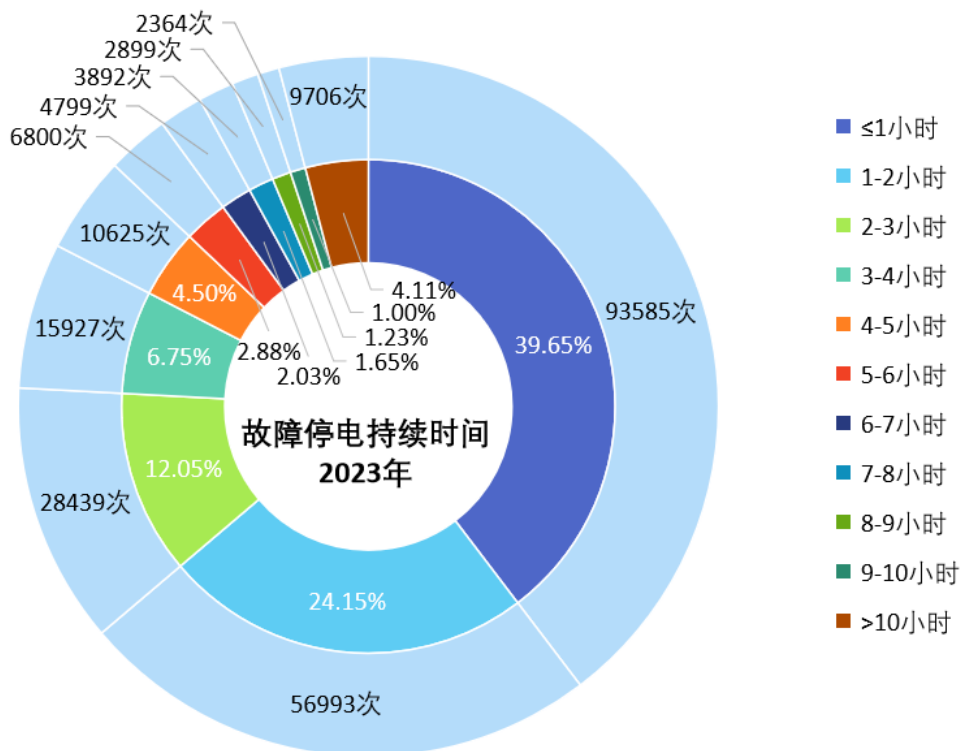


图 5-13 2023 年故障停电持续时间占比

(四) 故障停电原因分析

2023 年，全国故障停电主要责任原因为：自然因素占 34.55%，造成用户平均停电时间 1.62 小时/户，同比减少 0.18 小时/户；设备因素占 20.14%，造成用户平均停电时间 0.95 小时，同比增加 0.33 小时/户，其中设备老化是主要原因；外力因素占 18.40%，造成用户平均停电时间 0.86 小时/户，同比减少 0.30 小时/户，其中异物短路是主要原因；用户因素占 13.04%，造成用户平均停电时间 0.61 小时/户，同比减少 0.07 小时/户。

2023 年故障停电原因占比见图 5-14。

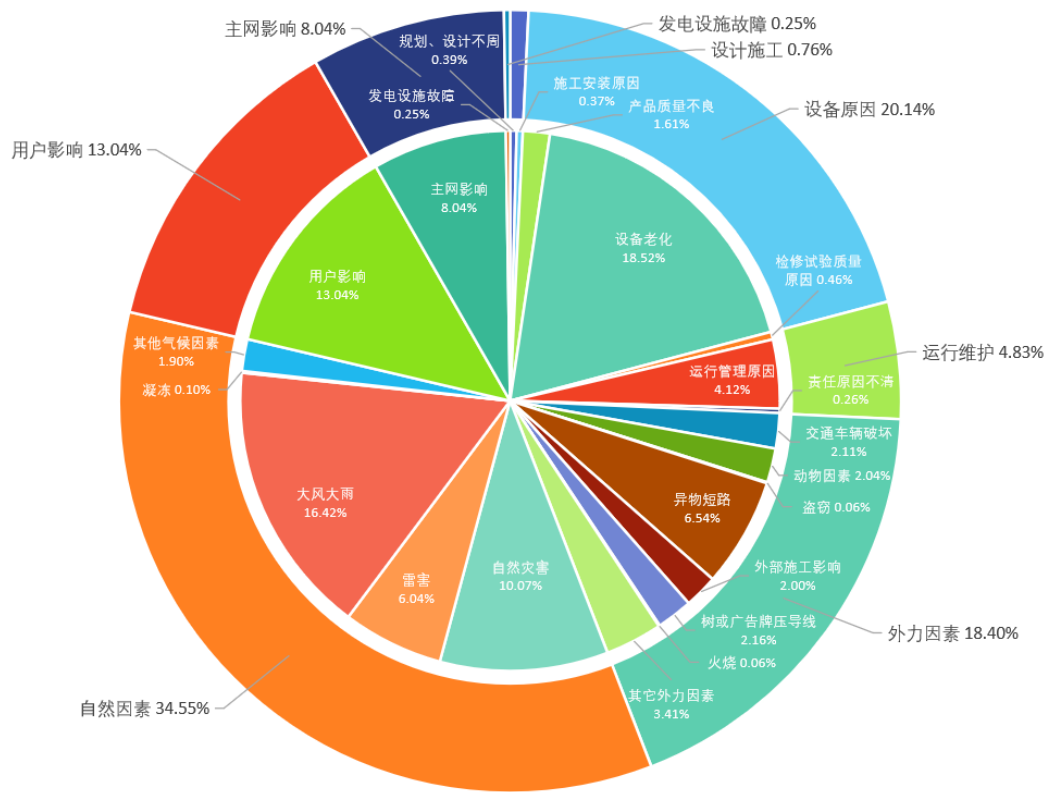


图 5-14 2023 年故障停电原因占比

(五) 故障停电设施分析

2023 年，10（6、20）千伏架空线路、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 9.35 次/百千米·年，电缆线路故障率为 4.91 次/百千米·年，变压器故障率为 0.68 次/百台·年，断路器故障率为 0.33 次/百台·年。

2019-2023 年配网四类主要设施故障率变化见图 5-15。

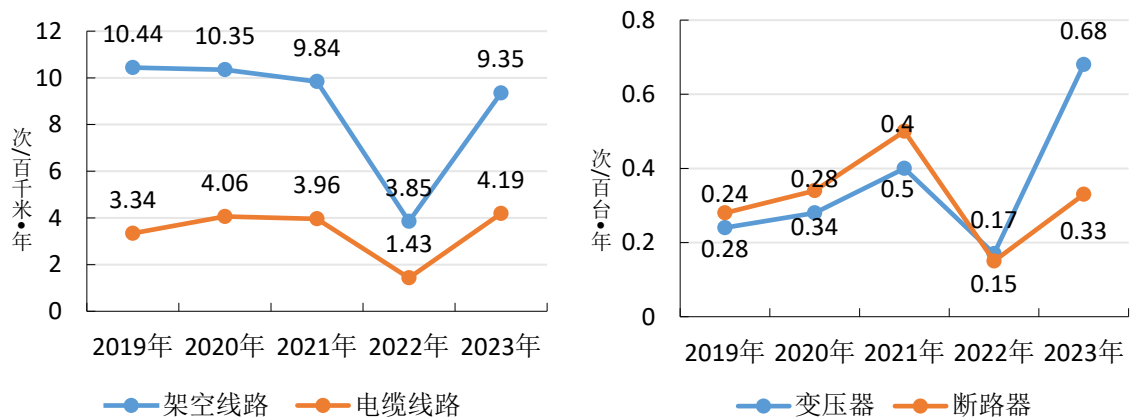


图 5-15 2019-2023 年配网四类主要设施故障率变化

二、预安排停电分析

(一) 预安排平均停电指标分析

2023年，全国用户平均预安排停电时间为3.00小时/户，同比减少10.00%；用户平均预安排停电频率为0.47次/户，同比减少11.32%。其中城网用户平均预安排停电时间为0.86小时/户，同比增加3.61%；农网用户平均预安排停电时间为3.35小时/户，同比减少9.46%；城网、农网用户平均预安排停电频率分别为0.16次/户、0.52次/户，同比分别增加6.67%、减少11.86%。

六个区域中，东北、华中、西北区域的用户平均预安排停电时间超过全国平均值（3.00小时/户），华东区域用户平均预安排停电时间最短，为0.61小时/户。东北、华中、西北区域的用户平均预安排停电频率超过全国平均值（0.47次/户），华东区域的用户平均预安排停电频率最低，为0.22次/户。华北、东北、华中、西北、南方区域的预安排停电平均持续时间超过全国平均值（6.37小时/次），华东区域的预安排停电平均持续时间最少，为3.93小时/户。华北、东北、西北区域的预安排停电平均用户数超过全国平均值（11.13户/次），华东区域的预安排停电平均用户数最少，为3.72户/次。

2023年全国、各区域预安排停电指标见表5-10。

表5-10 2023年全国、各区域预安排停电指标

区域		全国	华北区域	东北区域	华东区域	华中区域	西北区域	南方区域
用户平均预安排停电时间 (小时/户)	全口径	3.00	2.97	4.52	0.61	3.15	7.43	2.95
	城网	0.86	0.56	1.78	0.24	1.12	1.87	0.86
	农网	3.35	3.31	5.04	0.68	3.46	8.00	3.34
用户平均预安排停电频率 (次/户)	全口径	0.47	0.42	0.64	0.22	0.54	1.02	0.40
	城网	0.16	0.12	0.26	0.08	0.20	0.54	0.10
	农网	0.52	0.46	0.71	0.24	0.59	1.07	0.45
预安排停电平均持续时间 (小时/次)	全口径	6.37	6.59	6.97	3.93	6.98	6.98	8.80
	城网	5.65	5.08	6.36	3.62	6.47	4.25	9.03
	农网	6.47	6.88	7.11	3.97	7.06	7.40	5.56
预安排停电平均用户数 (户/次)	全口径	11.13	25.11	37.94	3.72	9.74	21.39	8.33
	城网	4.81	5.26	13.06	2.20	4.09	7.82	4.63
	农网	11.86	28.84	43.30	3.86	10.42	23.41	8.59

（二）预安排停电次数分析

2023 年，全国有 67.68%的用户未发生预安排停电。在发生预安排停电用户中，有 63.95%的用户预安排停电 1 次，有 3.39%的用户预安排停电次数在 5 次及以上，有 0.25%的用户预安排停电次数在 10 次及以上。

2023 年用户预安排停电次数分布见图 5-16。

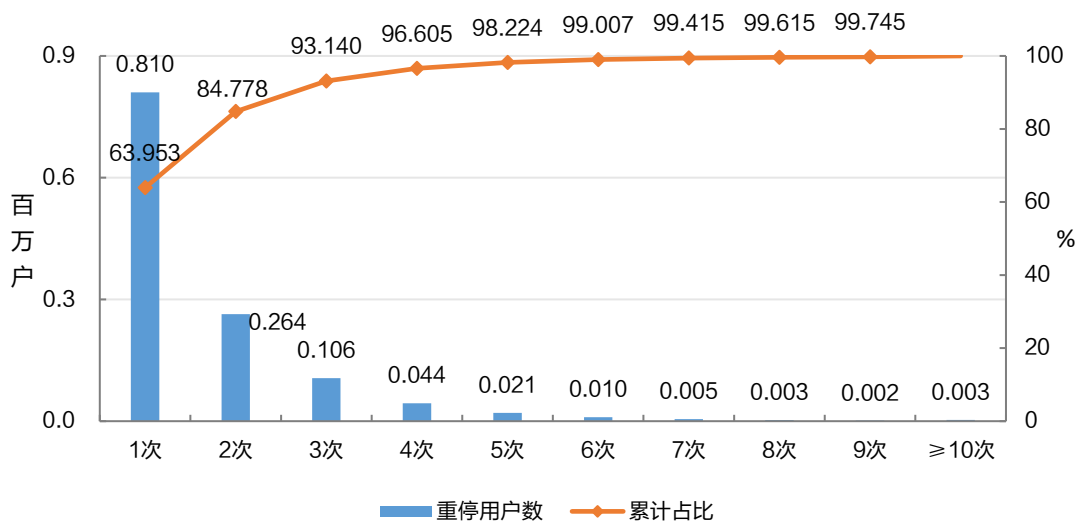


图 5-16 2023 年用户预安排停电次数分布

（三）预安排停电持续时间分析

2023 年，预安排停电平均持续时间 6.37 小时/次，同比减少 0.62 小时/次。其中，城网预安排停电平均持续时间 5.65 小时/次，同比减少 0.74 小时/次；农网预安排停电平均持续时间 6.47 小时/次，同比减少 0.536 小时/次。其中，有 23.37%的预安排停电在 1 小时以内恢复供电；有 32.35%的预安排停电在 2 小时以内恢复供电；有 25.30%的预安排停电恢复时间超过 10 个小时。

2023 年预安排停电持续时间占比见图 5-17。

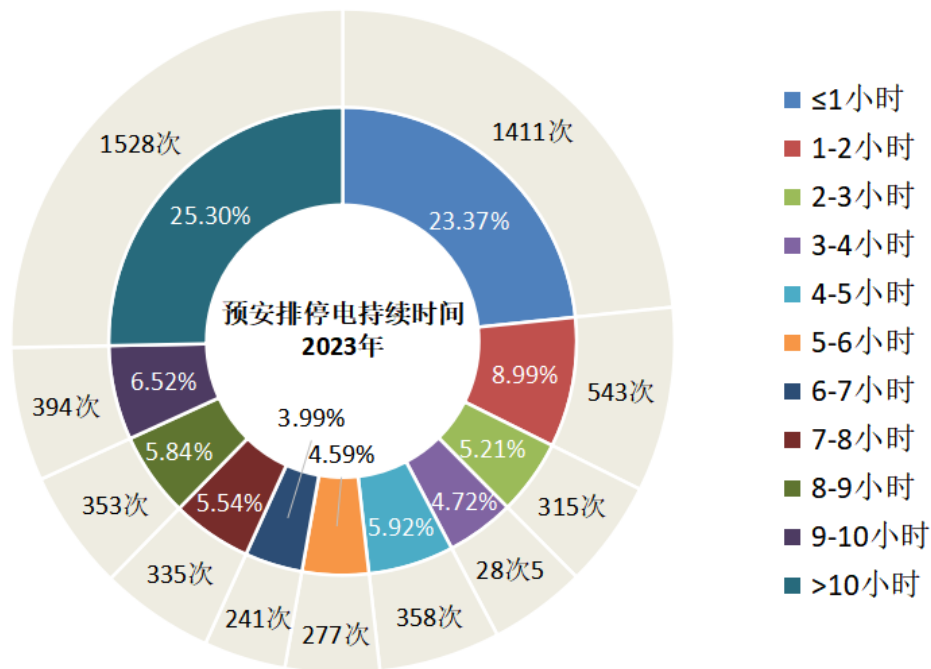


图 5-17 2023 年预安排停电持续时间占比

(四) 预安排停电原因分析

2023 年，全国预安排停电主要原因为：计划检修占 57.58%，造成用户平均停电时间 1.72 小时/户，同比减少 0.41 小时/户；工程停电占 33.58%，造成用户平均停电时间 1.00 小时/户，同比减少 0.04 小时/户；临时检修占 6.97%，造成用户平均停电时间 0.21 小时/户，同比减少 0.13 小时/户。

2023 年预安排停电原因占比见图 5-18。

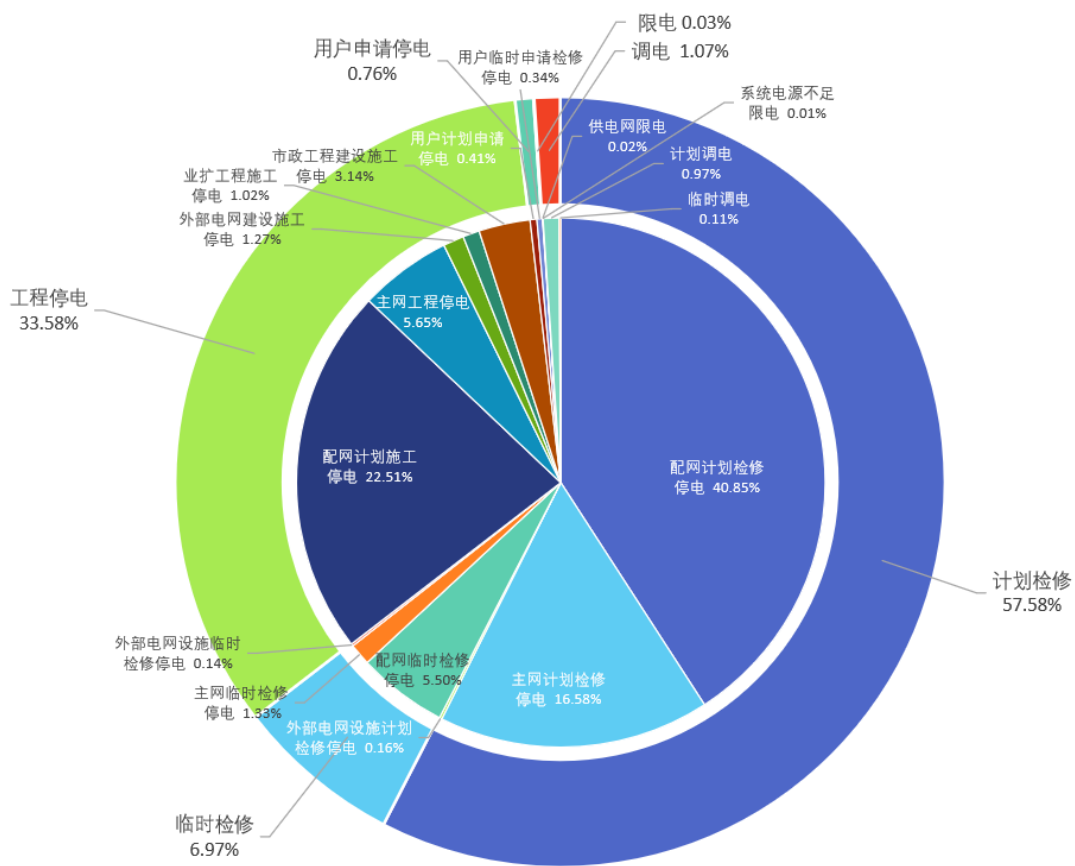


图 5-18 2023 年预安排停电原因占比

附表 1 2023 年火电机组运行主要可靠性指标

机组容量 (MW)	性质分类	台数	台年数	利用小时 UTH	可用小时		不可用小时及次数						降低出力等效停运小时	等效可用系数 EAF (%)	等效强迫停运率 EFOR (%)
					运行 SH	备用 RH	计划停运		非计划停运		强迫停运				
							次数	小时	次数	小时	次数	小时			
100-120	燃煤国产	7	6.94	4041.49	6313.44	1930.57	1.3	514.05	0.14	1.94	0.14	1.94	0	94.11	0.03
	燃煤进口	1	1	3392.64	4911.67	3052.5	1	180	3	615.83	3	615.83	0	90.92	11.14
	燃煤全部	8	7.94	3961.78	6141.23	2068.41	1.26	473.01	0.5	77.36	0.5	77.36	0	93.72	1.28
125	燃煤国产	4	4	2438.42	4808.03	3345.88	1	606.1	0	0	0	0	0	93.08	0
	燃煤进口	6	6	2692.09	5096.85	3098.05	1	565.11	0	0	0	0	0	93.55	0
	燃煤全部	10	10	2590.62	4981.32	3197.18	1	581.5	0	0	0	0	0	93.36	0
130-138	燃煤国产	34	34	3662.69	5470.41	2768.48	0.85	400.39	0.85	120.71	0.76	113.13	3.93	94.01	2.12
	燃煤全部	34	34	3662.69	5470.41	2768.48	0.85	400.39	0.85	120.71	0.76	113.13	3.93	94.01	2.12
140-150	燃煤国产	50	46.63	3534.25	5258.91	2868.71	1.14	587.37	0.47	45.01	0.47	45.01	0	92.78	0.85
	燃煤全部	50	46.63	3534.25	5258.91	2868.71	1.14	587.37	0.47	45.01	0.47	45.01	0	92.78	0.85
160-185	燃煤国产	5	5	3231.05	6260.09	2150.43	1	340.14	0.2	9.34	0	0	0	96.01	0
	燃煤进口	6	6	1755.42	3230.46	4565.76	0.67	963.78	0	0	0	0	0	89	0
	燃煤全部	11	11	2423.94	4603	3471.52	0.82	681.25	0.09	4.23	0	0	0	92.17	0
100-199	燃煤国产	100	96.57	3545.77	5430.93	2758.92	1.04	505.48	0.55	64.67	0.51	61.52	1.34	93.48	1.16
	燃煤进口	13	13	2226.2	4082.59	3885.26	0.85	758.68	0.23	33.47	0.23	33.47	0	90.96	1.11
	燃煤全部	113	109.57	3387.32	5269.02	2894.17	1.01	535.89	0.51	60.92	0.47	58.15	1.18	93.17	1.15
200	燃煤国产	75	74.84	3926.7	6182.83	2087.64	0.98	446.42	0.49	43.11	0.47	41.26	4.88	94.36	0.67
	燃煤全部	75	74.84	3926.7	6182.83	2087.64	0.98	446.42	0.49	43.11	0.47	41.26	4.88	94.36	0.67

机组容量 (MW)	性质分类	台数	台年数	利用小时 UTH	可用小时		不可用小时及次数						降低出力等效停运小时	等效可用系数 EAF (%)	等效强迫停运率 EFOR (%)
					运行 SH	备用 RH	计划停运		非计划停运		强迫停运				
							次数	小时	次数	小时	次数	小时			
210-250	燃煤国产	34	33.81	3743.05	6504.31	1730.67	0.89	483.48	0.41	41.54	0.38	39.12	0	94.01	0.61
	燃煤进口	6	5.92	385.19	712.7	7843.98	0.34	203.32	0	0	0	0	0	97.68	0
	燃煤全部	40	39.72	3242.15	5640.36	2642.6	0.81	441.69	0.35	35.35	0.33	33.29	0	94.55	0.6
200-299	燃煤国产	109	108.65	3866.62	6288	1970.86	0.95	458.54	0.47	42.6	0.44	40.56	3.29	94.24	0.65
	燃煤进口	6	5.92	385.19	712.7	7843.98	0.34	203.32	0	0	0	0	0	97.68	0
	燃煤全部	115	114.56	3677.77	5985.57	2289.45	0.92	444.7	0.45	40.29	0.42	38.36	3.11	94.43	0.64
300	燃煤国产	295	293.56	4731.36	6995.55	1035.01	1.08	656.31	0.51	73.13	0.42	47.87	2.46	91.65	0.71
	燃煤进口	8	8	3446.5	5893.43	2296.55	0.88	557.77	0.25	12.25	0.25	12.25	0	93.49	0.21
	燃煤全部	303	301.56	4697.27	6966.31	1068.48	1.07	653.69	0.5	71.52	0.41	46.92	2.39	91.69	0.7
310-329	燃煤国产	88	87.87	4076.18	6400.83	1746.2	0.93	592.25	0.3	20.72	0.28	16.89	0.22	93	0.27
	燃煤进口	6	6	4045.49	6544.99	1555.64	0.5	659.37	0	0	0	0	0	92.47	0
	燃煤全部	94	93.87	4074.2	6410.12	1733.92	0.91	596.58	0.28	19.38	0.27	15.8	0.21	92.97	0.25
330-340	燃煤国产	266	265.52	4618.49	7122.03	971.11	0.98	616.17	0.47	50.69	0.42	37.2	2.6	92.36	0.53
	燃煤进口	5	5	2801.13	4574.12	3221.58	1.2	935.03	0.6	29.27	0.6	29.27	2.49	88.96	0.69
	燃煤全部	271	270.52	4584.94	7074.99	1012.65	0.98	622.05	0.47	50.3	0.43	37.05	2.6	92.3	0.54
350-352	燃煤国产	215	214.84	4585.54	7296.28	775.39	1.06	653.38	0.44	34.94	0.4	27.39	0.89	92.13	0.38
	燃煤进口	35	35	4248.9	6737.53	1494.26	0.77	518.94	0.26	9.27	0.26	9.27	1.28	93.96	0.16
	燃煤全部	250	249.84	4538.38	7218.01	876.1	1.02	634.55	0.42	31.35	0.38	24.85	0.94	92.39	0.35

机组容量 (MW)	性质分类	台数	台年数	利用小时 UTH	可用小时		不可用小时及次数						降低出力等效停运小时	等效可用系数 EAF (%)	等效强迫停运率 EFOR (%)
					运行 SH	备用 RH	计划停运		非计划停运		强迫停运				
							次数	小时	次数	小时	次数	小时			
360-399	燃煤国产	4	4	5034.39	7348.48	606.79	1.75	793.55	1	11.17	1	11.17	24.01	90.54	0.26
	燃煤进口	8	8	4063.69	6373.13	1636.2	0.88	747.89	0.13	2.79	0.13	2.79	0	91.43	0.04
	燃煤全部	12	12	4384.98	6695.96	1295.47	1.17	763	0.42	5.56	0.42	5.56	7.95	91.14	0.12
300-399	燃煤国产	868	865.79	4592.9	7057.93	1014.49	1.03	637.27	0.46	50.31	0.4	35.75	1.97	92.13	0.53
	燃煤进口	62	62	4000.88	6405.09	1745.03	0.81	600.47	0.24	9.41	0.24	9.41	0.94	93.03	0.16
	燃煤全部	930	927.79	4551.33	7012.09	1065.79	1.02	634.68	0.44	47.43	0.39	33.9	1.9	92.19	0.51
500	燃煤进口	8	7	5202.43	7223.35	705.95	1	793.78	0.43	36.92	0.43	36.92	0	90.52	0.51
	燃煤全部	8	7	5202.43	7223.35	705.95	1	793.78	0.43	36.92	0.43	36.92	0	90.52	0.51
600	燃煤国产	223	221.92	4602.91	7081.19	937.59	0.92	678.44	0.47	62.78	0.43	56.61	6.61	91.46	0.79
	燃煤进口	17	17	4422.17	6558.35	1198.45	0.82	916.6	0.82	86.6	0.82	86.6	0.83	88.54	1.31
	燃煤全部	240	238.92	4590.05	7043.99	956.15	0.92	695.38	0.5	64.48	0.46	58.74	6.2	91.26	0.83
630-650	燃煤国产	92	91.39	4807.05	7104.46	886.09	0.93	746.06	0.27	23.39	0.21	17.35	18.62	91	0.28
	燃煤进口	5	5	5481.65	7631.73	716.05	0.4	411.41	0.2	0.81	0.2	0.81	0	95.29	0.01
	燃煤全部	97	96.39	4841.84	7131.65	877.32	0.9	728.8	0.27	22.22	0.21	16.5	17.66	91.23	0.27
660-680	燃煤国产	247	245.91	4791.04	7247.49	778.42	0.85	669.95	0.51	64.14	0.42	50.82	3.87	91.58	0.73
	燃煤进口	10	10	4881.51	7165.56	962.04	0.9	609.89	0.5	22.52	0.4	16.11	2.47	92.75	0.25
	燃煤全部	257	255.91	4794.57	7244.29	785.59	0.86	667.61	0.51	62.52	0.42	49.46	3.82	91.62	0.72

机组容量 (MW)	性质分类	台数	台年数	利用小时 UTH	可用小时		不可用小时及次数						降低出力等效停运小时	等效可用系数 EAF (%)	等效强迫停运率 EFOR (%)
					运行 SH	备用 RH	计划停运		非计划停运		强迫停运				
							次数	小时	次数	小时	次数	小时			
600-699	燃煤国产	562	559.22	4722.85	7161.43	856	0.89	685.63	0.46	56.95	0.39	47.51	7.32	91.44	0.68
	燃煤进口	32	32	4741.6	6928.88	1043.99	0.78	735.28	0.63	51.84	0.59	49.72	1.24	91	0.75
	燃煤全部	594	591.22	4723.85	7149.01	866.04	0.89	688.28	0.46	56.67	0.4	47.63	7	91.42	0.69
700	燃煤国产	6	5.8	5014.31	7619.34	383.37	1.04	756.32	0.35	0.98	0.35	0.98	0	91.36	0.01
	燃煤进口	4	4	4507.23	6557.33	1357.53	1.25	754.52	1	90.63	1	90.63	3.07	90.32	1.4
	燃煤全部	10	9.8	4807.25	7185.69	781.14	1.12	755.58	0.61	37.58	0.61	37.58	1.26	90.93	0.53
800	燃煤进口	2	2	4534.35	6794.07	883.26	0.5	941.94	0.5	140.73	0.5	140.73	0	87.64	2.03
	燃煤全部	2	2	4534.35	6794.07	883.26	0.5	941.94	0.5	140.73	0.5	140.73	0	87.64	2.03
900	燃煤国产	2	2	5073.63	7046.83	510.69	1	1202.48	0	0	0	0	0	86.27	0
	燃煤全部	2	2	5073.63	7046.83	510.69	1	1202.48	0	0	0	0	0	86.27	0
1000	燃煤国产	158	156.96	5070.05	7320.33	682.51	0.91	694.86	0.43	62.3	0.38	51.43	4.86	91.3	0.71
	燃煤进口	3	3	4960.15	6543.76	1103.13	1	1069.89	0.33	43.22	0.33	43.22	0	87.29	0.66
	燃煤全部	161	159.96	5068.01	7305.96	690.29	0.91	701.8	0.43	61.95	0.38	51.28	4.77	91.23	0.71
500-1000	燃煤国产	726	721.98	4832.02	7213.94	798.88	0.9	689.02	0.45	58.16	0.39	48.35	6.51	91.4	0.69
	燃煤进口	51	50	4798.2	6892.92	1001.95	0.86	810.45	0.58	54.68	0.56	53.39	1.02	90.11	0.78
	燃煤全部	777	771.98	4830	7194.76	811.01	0.9	696.28	0.46	57.95	0.4	48.65	6.18	91.32	0.69
100-1000	燃煤国产	1803	1792.98	4704.91	7107.83	934.49	0.97	662.47	0.46	55.2	0.4	44.11	4.81	91.75	0.63
	燃煤进口	132	130.92	4321.26	6483.59	1523.03	0.81	717.38	0.36	35.99	0.35	35.25	0.93	91.39	0.49
	燃煤全部	1935	1923.89	4680.28	7067.76	972.27	0.96	666	0.45	53.97	0.4	43.54	4.56	91.73	0.62
燃气轮机组		265	265	2531.32	3904.54	4233.64	1.2	611.96	0.19	9.87	0.15	5.66	0.03	92.90	0.15

附表2 2023年水电机组运行主要可靠性指标

机组分类	机组容量 (MW)	台数 (台)	台年数	平均容量 (兆瓦/台)	利用小时 [小时/(台年)]	可用小时		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 [小时/(台年)]	备用 [小时/(台年)]	计划停运		非计划停运		强迫停运				
								次数 [次/(台年)]	小时 [小时/(台年)]	次数 [次/(台年)]	小时 [小时/(台年)]	次数 [次/(台年)]	小时 [小时/(台年)]			
抽水蓄能机组	全部	165	165	267.45	2647.73	3321.53	4657.3	5.66	767.78	0.77	13.39	0.62	4.74	0	91.08	0.12
	50~99	15	15	63.27	2918.75	4614.71	3451.58	3.73	693.08	0.13	0.64	0.13	0.64	0	92.08	0.01
	100~199	6	6	150	2188.94	2107.61	5746.45	8.33	904.66	0.17	1.28	0.17	1.28	0	89.66	0.06
	200~299	29	29	237.93	2470.46	2636.09	5355.15	5.28	768.34	0.28	0.42	0.28	0.42	0	91.22	0.02
	300及以上	115	115	307.65	2686.7	3451.41	4525.83	5.87	766.19	1.01	16.57	0.79	5.78	0	91.06	0.16
水电轴流机组	全部	141	140.01	105.65	3974.49	5162.07	2891.89	1.32	703.22	0.09	2.81	0.01	1.66	0	91.94	0.04
	50~99	65	64.89	64.13	3262.45	4306.86	3887.69	1.36	561.36	0.18	4.09	0.02	0.01	0	93.55	0
	100~199	69	68.52	135.2	4317.76	5667.94	2358.83	1.23	730.59	0.01	2.64	0.01	2.64	0	91.63	0.06
	200~299	7	6.6	200	3813.39	4312.93	3488.53	1.97	958.54	0	0	0	0	0	89.06	0
水电混流机组	全部	755	751.41	284.86	3445.39	4639.63	3594.05	1.19	525.55	0.03	0.77	0.02	0.63	2.94	93.96	0.01
	50~99	246	245.29	66.9	2999.9	4219.1	4092.87	1.12	446.88	0.02	1.14	0	0.3	38.26	94.45	0.01
	100~199	134	133.25	136.72	2695.2	3746.2	4441.81	1.28	569.52	0.05	2.46	0.03	1.56	0	93.47	0.03
	200~299	106	105.62	231.79	2750.43	3646.24	4645.3	1.02	468.46	0	0	0	0	0	94.65	0
	300及以上	269	267.25	578.9	3691.12	4946.83	3274.77	1.27	537.75	0.03	0.66	0.03	0.66	0	93.85	0.01
全部	1061	1056.42	258.34	3344.87	4454.51	3728.21	1.90	574.36	0.15	2.92	0.11	1.35	2.3	93.38	0.03	

附表3 2023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)			
						计划停运		非计划停运	
				运行*	备用	次数	小时	次数	小时
1 以下	4697	4692.88	0.83	8746.51	1.26	2.12	5.91	1.40	6.32
1-1.49	788	784.41	1.21	8673.07	34.69	3.41	41.11	1.39	11.13
1.50-1.99	30337	30299.53	1.51	8679.22	24.42	2.85	31.39	1.54	24.96
2-2.49	16217	16205.6	2.03	8654.88	29.43	2.83	47.49	1.5	28.20
2.50 及以上	11434	11283.22	3.29	8610.05	46.85	3.84	59.15	1.29	43.95
全部	63473	63265.64	2.46	8674.41	25.08	2.97	35.09	1.47	25.42

附表4 2023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
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	8837.626	8691.502	0.054	99.44	521	0.659	5673	45.719
架空线路	220	5063.379	5005.285	0.053	99.692	298	0.245	4476	26.543
架空线路	330	383.568	378.141	0.011	99.708	4	0.008	160	25.541
架空线路	400	4.229	4.229	0	100	0	0	0	0
架空线路	500	2605.104	2537.128	0.073	99.244	203	1.07	891	62.961
架空线路	660	13.334	13.334	0.075	97.384	1	1.725	2	227.417
架空线路	750	289.407	283.287	0.014	99.33	4	0.454	66	57.916
架空线路	800	284.347	283.488	0.011	97.337	5	0.28	24	176.742
架空线路	1000	194.259	186.61	0.032	98.306	6	8.302	54	137.009
变压器	综合	23424	229.38	0.144	99.563	52	0.164	5561	37.911
变压器	220	14873	146.043	0.151	99.628	30	0.095	3710	32.331
变压器	330	668	6.566	0.152	99.347	1	0.174	159	56.004
变压器	500	7127	69.314	0.115	99.464	18	0.279	1473	46.516
变压器	660	6	0.06	0	100	0	0	0	0
变压器	750	494	4.864	0.206	99.404	2	0.499	113	51.7
变压器	800	33	0.33	0	100	0	0	0	0
变压器	1000	223	2.202	0.454	99.294	1	0.327	106	59.464

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	4689	46.684	0	99.818	1	0.04	461	15.852
电抗器	220	288	2.86	0	99.931	1	0.648	10	5.439
电抗器	330	248	2.467	0	99.955	0	0	4	3.874
电抗器	400	9	0.09	0	100	0	0	0	0
电抗器	500	3062	30.479	0	99.876	0	0	247	10.761
电抗器	750	709	7.068	0	99.663	0	0	126	29.505
电抗器	800	57	0.57	0	100	0	0	0	0
电抗器	1000	316	3.151	0	99.353	0	0	74	56.618
断路器	综合	54274	541.043	0.135	99.821	84	0.021	8340	15.594
断路器	220	42291	422.09	0.095	99.864	46	0.015	5848	11.903
断路器	330	2360	23.377	0.043	99.773	1	0	313	19.581
断路器	400	2	0.02	0	100	0	0	0	0
断路器	500	8891	88.296	0.215	99.663	23	0.047	1952	29.039
断路器	750	626	6.249	2.08	99.446	14	0.139	196	48.353
断路器	800	43	0.43	0	100	0	0	0	0
断路器	1000	61	0.581	0	98.258	0	0	31	152.609
电流互感器	综合	152489	1527.258	0.016	99.949	36	0.006	7514	4.43
电流互感器	220	125568	1257.313	0.002	99.958	15	0.001	5894	3.625
电流互感器	330	4495	44.82	0	99.949	0	0	173	4.229
电流互感器	400	25	0.25	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	21796	218.817	0.096	99.893	21	0.031	1445	9.182
电流互感器	750	324	3.238	0	99.981	0	0	1	1.445
电流互感器	800	135	1.35	0	100	0	0	0	0
电流互感器	1000	146	1.47	0	99.969	0	0	1	2.703
电压互感器	综合	102343	1014.788	0.015	99.947	17	0.045	4815	4.543
电压互感器	220	68361	678.817	0.006	99.972	5	0.063	2569	2.365
电压互感器	330	6362	63.107	0.048	99.955	3	0.001	241	3.822
电压互感器	500	25155	248.453	0.024	99.902	7	0.006	1620	8.451
电压互感器	750	1771	17.481	0.114	99.765	2	0.049	219	20.532
电压互感器	800	31	0.31	0	100	0	0	0	0
电压互感器	1000	663	6.619	0	99.455	0	0	166	46.121
隔离开关	综合	189660	1895.042	0.013	99.963	34	0.003	5922	3.236
隔离开关	220	160043	1599.738	0.008	99.977	16	0.003	4034	2.04
隔离开关	330	5356	53.245	0	99.903	0	0	273	8.353
隔离开关	400	8	0.08	0	100	0	0	0	0
隔离开关	500	22447	223.938	0.054	99.893	14	0	1379	9.143
隔离开关	660	1	0.005	0	100	0	0	0	0
隔离开关	750	1536	15.346	0.065	99.75	4	0.024	216	21.886
隔离开关	800	143	1.43	0	100	0	0	0	0
隔离开关	1000	126	1.26	0	99.631	0	0	20	32.345

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	173335	1719.552	0.007	99.955	18	0.042	6374	3.901
避雷器	220	134503	1335.254	0.005	99.969	10	0	4111	2.698
避雷器	330	6206	61.467	0	99.951	0	0	193	4.243
避雷器	400	48	0.48	0	100	0	0	0	0
避雷器	500	28999	286.825	0.014	99.919	7	0.002	1592	6.978
避雷器	660	1	0.01	0	100	0	0	0	0
避雷器	750	2331	23.067	0	99.741	0	0	311	22.687
避雷器	800	461	4.61	0	100	0	0	0	0
避雷器	1000	786	7.839	0.128	99.42	1	9.091	167	40.791
电缆线路	综合	82.244	81.715	0.073	99.931	6	1.786	93	4.301
电缆线路	220	80.131	79.601	0.05	99.946	4	0.306	93	4.415
电缆线路	330	0	0	0	0	0	0	0	0
电缆线路	500	2.113	2.113	0.946	99.343	2	57.549	0	0
电缆线路	750	0	0	0	0	0	0	0	0
组合电器	综合	11193	91.072	0.038	99.962	115	0.008	10780	3.3
组合电器	220	7864	63.187	0.01	99.983	47	0.007	6506	1.435
组合电器	330	265	2.541	0.145	99.984	14	0.008	224	1.401
组合电器	500	2887	23.781	0.1	99.914	49	0.011	3126	7.499
组合电器	750	50	0.453	0.086	99.799	3	0.021	235	16.62
组合电器	1000	127	1.11	0.012	99.789	2	0	689	18.46

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
母线	综合	14521	145.08	0.096	99.943	15	0.01	880	4.935
母线	220	11869	118.867	0.084	99.952	11	0.007	669	4.197
母线	330	437	4.277	0	99.877	0	0	26	10.745
母线	500	2034	20.128	0.149	99.917	3	0.021	167	7.185
母线	750	113	1.128	0.886	99.876	1	0.261	11	10.625
母线	800	42	0.42	0	100	0	0	0	0
母线	1000	26	0.26	0	99.364	0	0	7	55.706

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 2023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 EA (%)	能量利用率 U (%)	强迫能量不可用率 FEU (%)	计划能量不可用率 SEU (%)	合计强迫停运 次数 (次)	总输送电量 (亿千瓦时)
点对点超高压直流输电系统						
葛南	100	25.70	0	0	0	26.21
天广	99.012	22.46	0	0.988	0	35.41
龙政	97.528	41.05	0	2.472	0	107.89
江城	99.432	57.13	0	0.568	0	150.14
宜华	97.942	26.90	0.176	1.882	1	70.69
兴安	98.735	66.66	0.054	1.211	1	175.18
德宝	97.796	62.56	0.000	2.204	0	164.42
伊穆	97.419	49.44	0.041	2.541	2	129.94
银东	96.248	49.53	0.111	3.641	2	173.56
林枫	97.868	45.27	0.140	1.992	2	118.97
柴拉	95.720	55.42	0.167	4.113	2	29.13
牛从甲	95.127	49.86	0.020	4.853	1	139.78
牛从乙	97.046	49.38	0	2.954	0	138.42
金中	97.612	41.90	0	2.388	0	117.45
永富	96.712	32.90	0	3.288	0	86.47
如东	97.260	31.02	0	2.740	0	29.89

系统名称	能量可用率 EA (%)	能量利用率 U (%)	强迫能量不可用率 FEU (%)	计划能量不可用率 SEU (%)	合计强迫停运 次数 (次)	总输送电量 (亿千瓦时)
点对点超高压直流输电系统						
楚穗	92.033	38.27	0.219	7.748	3	167.63
复奉	97.670	46.87	0	2.330	0	262.77
锦苏	94.761	48.23	0	5.239	0	304.20
天中	98.905	67.45	0	1.095	0	472.66
宾金	93.513	33.99	0	6.487	0	238.17
普侨	95.904	27.03	0.067	4.028	1	118.41
灵绍	97.091	69.45	0.755	2.154	2	486.67
祁韶	93.270	47.98	0	6.730	0	336.26
雁淮	97.713	66.71	0.060	2.227	1	467.47
鲁固	97.678	50.06	0.307	2.016	2	438.55
锡泰	97.271	41.66	0	2.729	0	364.97
新东	100	47.38	0	0	0	207.52
昭沂	99.475	39.56	0	0.525	0	346.54
吉泉	97.304	58.99	0	2.696	0	620.06
青豫	96.365	26.86	0.382	3.253	1	188.26
雅湖	98.060	26.14	0.049	1.891	1	183.20
陕武	97.710	34.54	0	2.290	0	242.09
建苏	99.425	33.40	0.072	0.503	1	234.05

系统名称	能量可用率 EA (%)	能量利用率 U (%)	强迫能量不可用率 FEU (%)	计划能量不可用率 SEU (%)	合计强迫停运 次数 (次)	总输送电量 (亿千瓦时)
背靠背直流输电系统						
灵宝	97.880	65.97	0	2.120	0	64.14
高岭	97.615	72.72	0	2.385	0	191.10
黑河	98.356	27.72	0.057	1.588	1	18.21
鲁西	96.563	25.72	0.009	3.428	1	67.59
宜昌	98.571	34.44	0.174	1.255	1	75.43
施州	97.869	34.07	0	2.131	0	74.62
粤中	90.063	43.37	0	9.937	0	113.98
南粤	76.607	28.09	0	23.393	0	73.83
多端直流输电系统						
禄高肇	98.452	58.63	0.002	1.545	1	154.07
昆柳龙	98.460	31.67	0.035	1.505	2	221.94
张北	—	32.16	—	—	2	126.78
舟山	—	18.59	—	—	0	6.51
南澳	—	14.18	—	—	1	1.86

参考文献

[1] 中华人民共和国. 《电力可靠性管理办法（暂行）》. 中国政府网. 国家发展和改革委员会. 2022年4月16日。

[2] 中华人民共和国. 《国家能源局关于加强电力可靠性管理工作的意见》. 中国政府网. 国家能源局. 2023年2月14日。

[3] DL/T 861-2020, 电力可靠性基本名词术语[S]

[4] DL/T793-2012, 发电设备可靠性评价规程[S]

[5] DL/T793. 1-2017, 发电设备可靠性评价规程 第1部分：通用要求[S]

[6] DL/T793. 2-2017, 发电设备可靠性评价规程 第2部分：燃煤机组[S]

[7] DL/T793. 3-2019, 发电设备可靠性评价规程 第3部分：水电机组[S]

[8] DL/T793. 4-2019, 发电设备可靠性评价规程 第4部分：抽水蓄能机组[S]

[9]DL/T793. 5-2018, 发电设备可靠性评价规程 第5部分：燃气轮发电机组
[S]

[10]DL/T793. 6—2019, 发电设备可靠性评价规程 第6部分：风力发电机组
[S]

[11]DL/T 2139-2020, 火力发电厂辅助设备可靠性评价规程[S]

[12]DL/T793. 7—2022, 发电设备可靠性评价规程 第7部分：光伏发电设备
[S]

[13]GB/T 40862-2021, 输变电设施运行可靠性评价指标导则[S]

- [14]DL/T837-2020, 输变电设施可靠性评价规程[S]
- [15]DL/T2030-2019, 输变电回路可靠性评价规程[S]
- [16]T/CEC 479-2021, 直流输变电设施可靠性评价规程[S]
- [17]DL/T989-2022, 直流输电系统可靠性评价规程[S]
- [18]DL/T836. 1-2016, 供电系统供电可靠性评价规程 第 1 部分：通用要求[S]
- [19]DL/T836. 2-2016, 供电系统供电可靠性评价规程 第 2 部分：高中压用户
[S]
- [20]DL/T836. 3-2016, 供电系统供电可靠性评价规程 第 3 部分：低压用户[S]