

2022 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

2023 年 9 月

目 录

第一章 2022 年全国 100 兆瓦及以上火电机组、40 兆瓦及以上水电机组、核电机组、风电机组运行可靠性.....	1
第一节 2022 年纳入可靠性指标统计评价的发电机组装机容量构成.....	1
第二节 1000 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性.....	4
第三节 600 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性.....	7
第四节 300 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性.....	12
第五节 200 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性.....	17
第六节 超临界及以上燃煤机组运行可靠性.....	19
第七节 燃气轮机组运行可靠性.....	20
第八节 燃煤机组备用时间分析.....	21
第九节 2021 年新投产机组可靠性指标.....	24
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.....	28
第十二节 水电机组运行可靠性.....	29
第十三节 700 兆瓦等级常规水电机组运行可靠性.....	40
第十四节 核电机组运行可靠性.....	42
第十五节 风电机组运行可靠性.....	43

第二章 2022 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	67
第三章 2022 年全国 220 千伏及以上电压等级变压器、断路器、架空线路等十三类输变电设施运行可靠性	70
第一节 2022 年全国输变电设施统计数量	70
第二节 输变电设施运行可靠性总体情况	71
第三节 变压器运行可靠性	73
第四节 断路器运行可靠性	87
第五节 架空线路运行可靠性	101
第四章 2022 年全国直流输电系统运行可靠性	110
第一节 直流输电系统总体情况	110
第二节 可靠性指标总体情况	114
第三节 强迫停运情况	124

第四节 计划停运情况	129
第五章 2022 年全国 10 千伏供电系统用户供电可靠性.....	134
第一节 全国供电可靠性总体情况	134
第二节 区域供电可靠性	137
第三节 省级行政区供电可靠性	139
第四节 地级行政区供电可靠性	141
第五节 全国 50 个主要城市供电可靠性	148
第六节 停电原因分析	151
附表	160
附表 1 2022 年火电机组运行主要可靠性指标	160
附表 2 2022 年水电机组运行主要可靠性指标	164
附表 3 2022 年风电机组运行主要可靠性指标	165
附表 4 2022 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 器等 13 类输变电设施可靠性综合指标	166
附表 5 2022 年全国直流输电系统运行可靠性主要指标	171
参考文献	173

第一章 2022 年全国 100 兆瓦及以上火电机组、40 兆瓦及以上水电机组、核电机组、风电机组运行可靠性

第一节 2022 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 2022 年电力可靠性统计的发电机组为 100 兆瓦及以上火电、40 兆瓦及以上水电和核电机组（本章均为此统计口径），共 3334 台，总装机容量 12.55 亿千瓦，占全国总装机的 69.64%，同比增加 95 台和 0.51 亿千瓦。纳入 2022 年电力可靠性统计的新能源风电机组 58645 台，总装机容量 1.08 亿千瓦。2022 年全国火电机组运行可靠性综合指标见附表 1，水电机组运行可靠性综合指标见附表 2。

一、纳入可靠性统计的发电机组构成

2022 年，纳入可靠性统计的火电机组 2178 台（含 258 台燃气轮机组），总装机容量 9.48 亿千瓦，占全国火电总装机容量的 71.13%；水电机组 1107 台，总装机容量为 2.56 亿千瓦，占全国水电总装机容量的 61.93%；核电机组 49 台，总装机容量为 0.51 亿千瓦，占全国核电总装机容量的 91.25%；风电机组总装机容量 1.08 亿千瓦，占全国风电总装机容量的 29.61%。

二、纳入可靠性统计的火电机组装机构成

2022 年，纳入可靠性统计的火电机组中燃煤机组 1920 台，总装机容量 8.73 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 258 台，总装机容量 0.75 亿千瓦，占纳入统计的火电机组总装机容量的 7.92%。

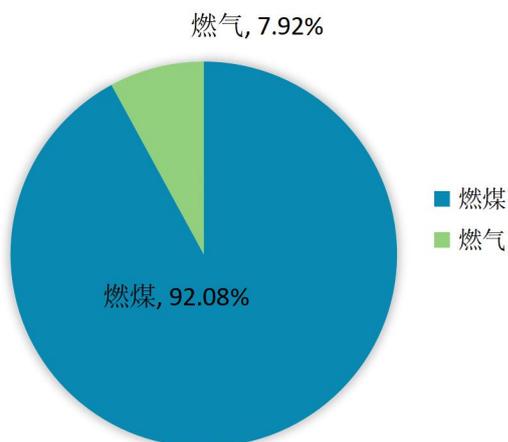


图 1-1 2022 年火电机组按类型分类装机容量构成

2022 年，纳入可靠性统计的 1000 兆瓦及以上容量机组 149 台，总容量 1.51 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 17.30%；600-699 兆瓦容量机组 576 台，总容量 3.64 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 41.69%；300-399 兆瓦容量机组 924 台，总容量 3.00 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 34.36%；200-299 兆瓦容量机组 128 台，总容量 0.26 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 2.98%；100-199 兆瓦容量机组 121 台，总容量 0.17 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 1.95%；其余容量等级机组 22 台，总容量 0.15 亿千瓦，占统计燃煤机组装机容量的 1.72%。燃煤机组装机容量构成见图 1-2。

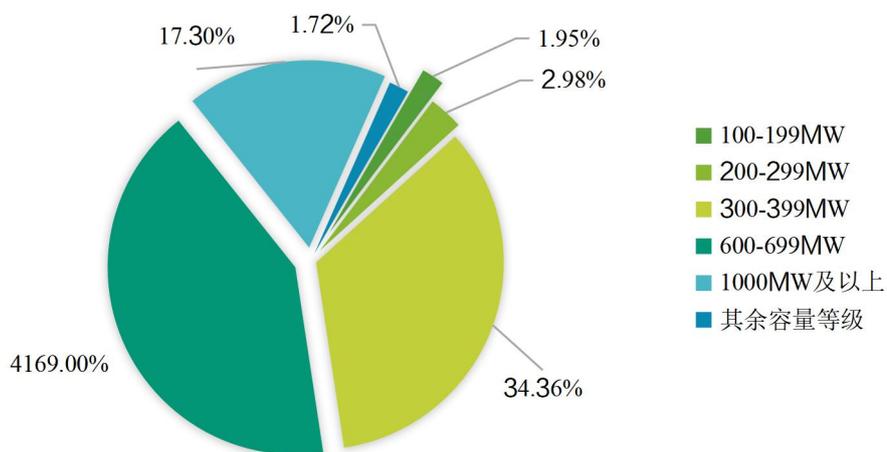


图 1-2 2022 年按机组容量分类的燃煤机组装机容量构成

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：2022年纳入可靠性统计的轴流机组152台，总容量0.16亿千瓦，占统计水电装机容量的6.25%；混流机组816台，总容量2.05亿千瓦，占统计水电装机容量的80.08%；抽水蓄能机组139台，总容量0.35亿千瓦，占统计水电装机容量的13.67%。水电机组装机容量构成见图1-3。

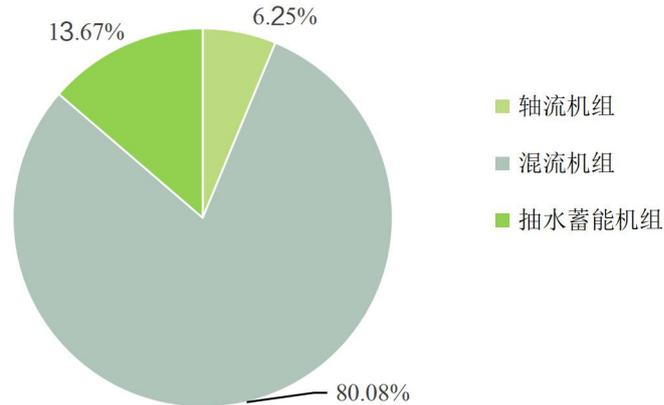


图 1-3 2022 年水电机组按类型分类装机容量构成

按单机容量分：40-99兆瓦机组423台，总容量0.26亿千瓦，占统计水电装机容量的10.16%；100-199兆瓦机组204台，总容量0.28亿千瓦，占统计水电装机容量的10.94%；200-299兆瓦机组140台，总容量0.32亿千瓦，占统计水电装机容量的12.50%；300-399兆瓦机组135台，总容量0.48亿千瓦，占统计水电装机容量的18.75%；400兆瓦及以上容量机组187台，总容量1.22亿千瓦，占统计水电装机容量的47.65%。水电机组装机容量见图1-4。

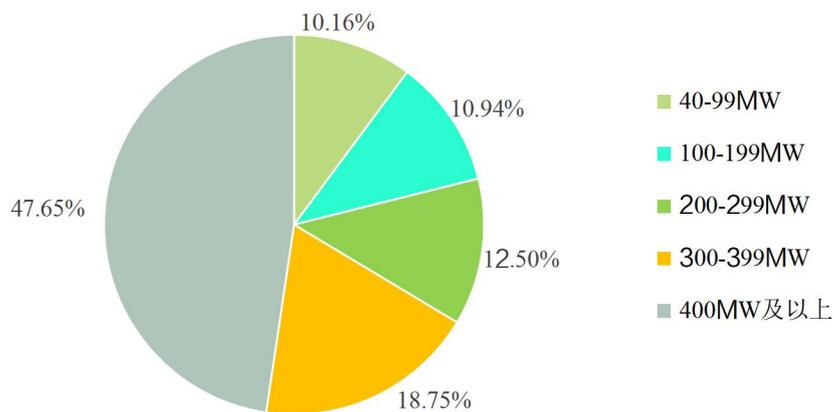


图 1-4 2022 年按机组容量分类的水电机组装机容量构成

第二节 1000 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

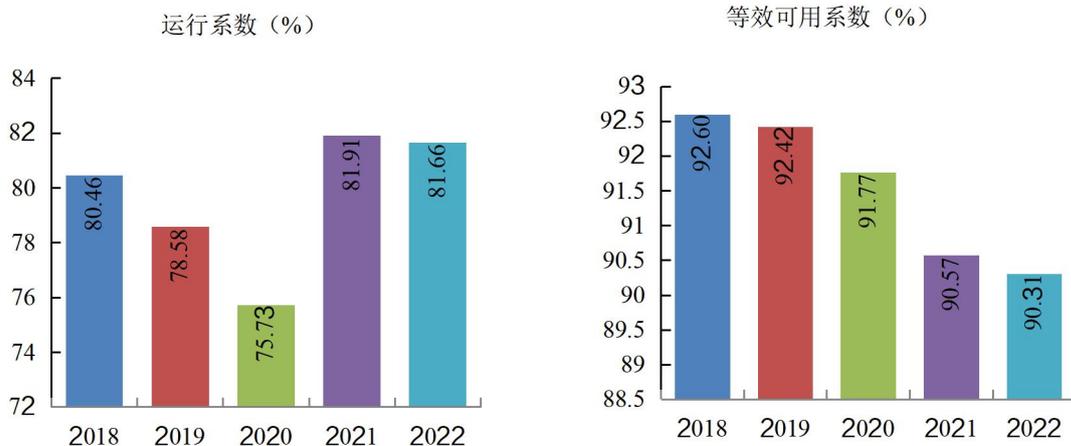
2022 年，纳入可靠性统计的 1000 兆瓦等级燃煤机组 149 台，均为国产机组，同比台数增加 12 台。

一、2018-2022 年 1000 兆瓦等级燃煤机组主要运行可靠性指标

2022 年，1000 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数 90.31%，同比下降 0.26 个百分点，主要因素为台年平均计划停运时间增加；非计划停运共 80 次，其中强迫停运 60 次，分别同比减少 3 次、7 次；非计划停运时间共 6530.97 小时，同比减少 1874.63 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 2018-2022 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）
2018	99	80.46	92.60	0.52	0.60
2019	109	78.58	92.42	0.39	0.35
2020	126	75.73	91.77	0.27	0.33
2021	137	81.91	90.57	0.75	0.61
2022	149	81.66	90.31	0.51	0.54



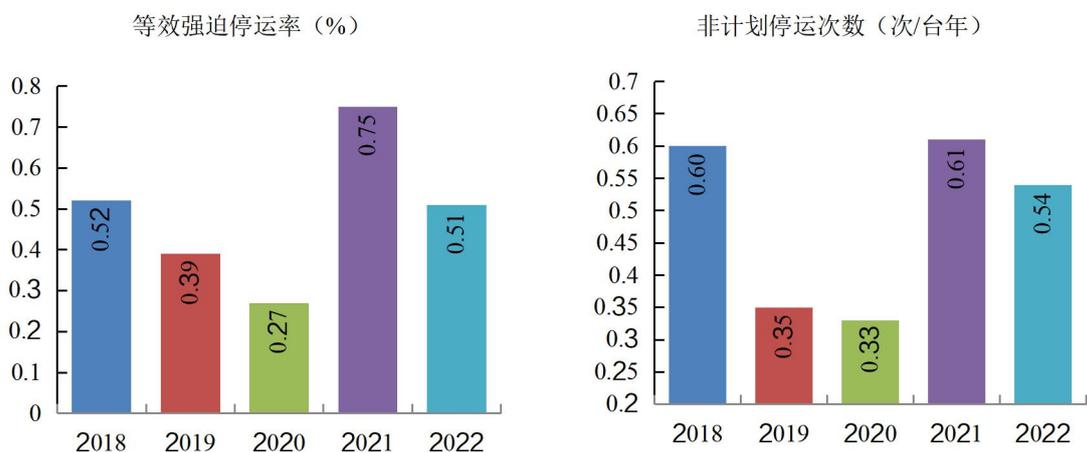


图 1-5 2018-2022 年 1000 兆瓦燃煤机组主要可靠性指标

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 2022 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	58	37.65	1.3	0.43	0.01
	东方锅炉	53	43.33	5.86	0.49	0.07
	哈尔滨锅炉	30	45.51	14.81	0.52	0.17
	北京巴威	7	64.76	29.12	0.74	0.33
	美国巴威	1	1.5	0.00	0.02	0.00
汽机	上海汽机	93	6.69	3.23	0.08	0.04
	东方汽机	39	2.34	0.00	0.03	0.00
	哈尔滨汽机	14	0.72	0.00	0.01	0.00
	北重电	3	0.00	0.00	0.00	0.00
发电机	上海电机	92	0.8	0.02	0.01	0.00
	东方电机	39	11.59	0.00	0.13	0.00
	哈尔滨电机	14	0.00	0.00	0.00	0.00
	北重电	3	0.00	0.00	0.00	0.00
	上海西门子	1	0.00	0.00	0.00	0.00

全国 149 台燃煤 1000 兆瓦机组可靠性指标分布情况见表 1-3 及图 1-6，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 2022 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	83.87	0.00	0.00	0.00
第 5% 值	100	96.26	79.78	0.00	0.00	0.00
第 25% 值	97.14	88.86	74.24	0.00	0.00	0.00
中位值	90.79	83.27	70.43	0.00	0.00	0.00
第 75% 值	86.53	75.57	66.21	0.15	1.00	24.92
末位值	63.46	51.21	55.21	9.80	4.00	420.98
总平均值	90.31	81.66	70.03	0.51	0.54	44.31

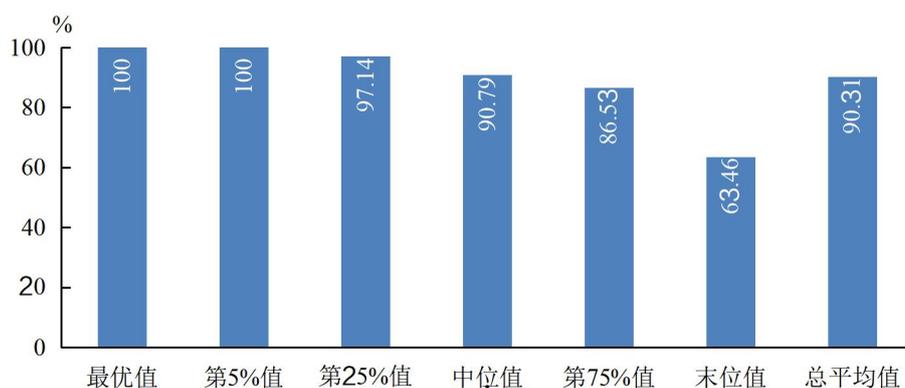


图 1-6 2022 年 1000 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数指标分布

表 1-4 2022 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 (%)
华北	华电国际电力股份有限公司邹县 8 号机组	94.25
华东	国家能源集团泰州发电有限公司 3 号机组	100
	国家能源集团谏壁发电厂 13 号机组组	98.29
	江苏国际信托投资公司新海 2 号机组	96.07
	国能浙江宁海发电有限公司 6 号机组	95.70
	中国电力国际有限公司平圩 6 号机组	93.57

地区	机组名称	运行暴露率 (%)
	浙能集团六横发电厂 1 号机组	91.99
华中	国家能源集团江西电力有限公司神华九江电厂 1 号机组	100
南方	华能汕头海门发电有限责任公司 4 号机组	98.97
	广东珠江投资管理集团阳西 5 号机组	92.16

第三节 600 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

2022 年，纳入可靠性统计的 600 兆瓦等级燃煤机组 576 台，其中国产 558 台，进口 18 台。

一、2018-2022 年 600 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

2022 年，600 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数为 91.31%，同比下降 0.27 个百分点，主要因素是台年平均计划停运小时高于 2021 年 26.26 小时。2022 年 600 兆瓦等级燃煤机组发生非计划停运总计 342 次，其中强迫停运 260 次；非计划停运次数同比减少 4 次，其中强迫停运次数同比持平；非计划停运总时间为 39328.64 小时，同比减少 4747.22 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 2018-2022 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)
2018	503	77.52	92.48	0.70	0.79
2019	520	75.81	92.69	0.44	0.51
2020	548	73.05	93.17	0.42	0.49
2021	570	79.51	91.58	0.72	0.61
2022	576	79.51	91.31	0.72	0.60

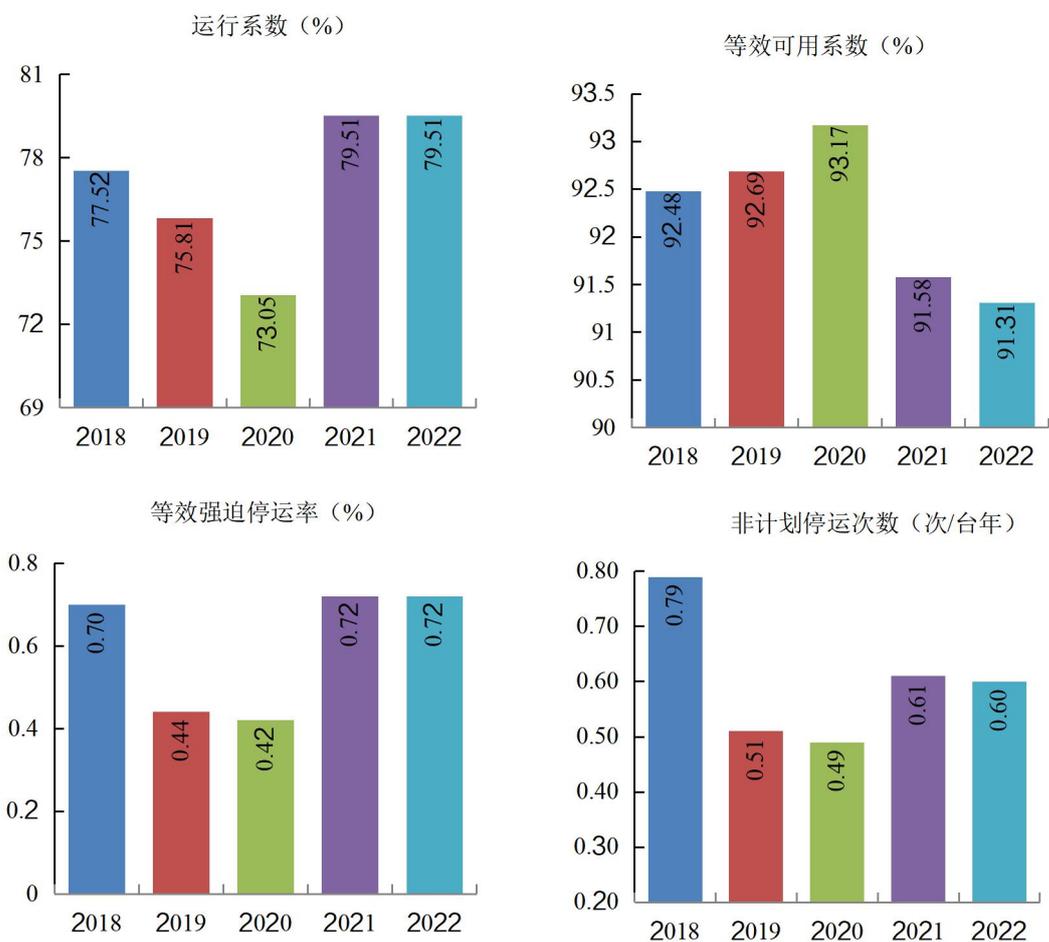


图 1-7 2018-2022 年 600 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

按投运年份分类，600 兆瓦等级燃煤机组投运 10 年-20 年之间的机组 394 台，占 600 兆瓦等级机组的 68.40%，平均等效可用系数 90.41%，低于 600 兆瓦等级燃煤机组平均等效可用系数 0.9 个百分点。具体见图 1-8。

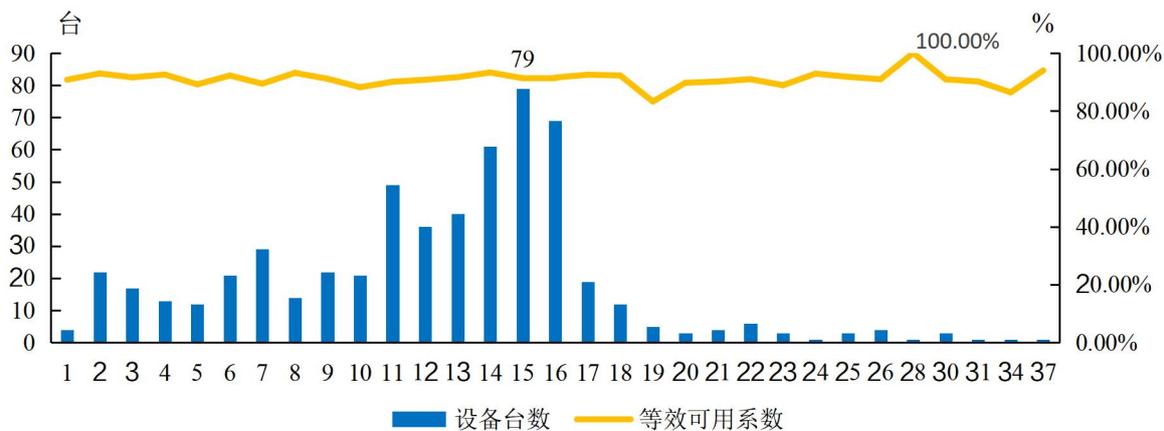


图 1-8 2022 年 600 兆瓦等级燃煤机组按投运年份和台数分类的平均等效可用系数

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 2022 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	180	44.13	7.75	0.50	0.09
东方锅炉	167	57.11	6.40	0.65	0.07
上海锅炉	143	50.12	5.68	0.57	0.06
北京巴威	50	91.47	3.71	1.04	0.04
美国巴威	6	24.97	0.00	0.29	0.00

(二) 600兆瓦等级燃煤机组的汽机

表 1-7 2022 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
上海汽机	185	7.91	3.38	0.09	0.04
东方汽机	178	15.78	0.67	0.18	0.01
哈尔滨汽机	163	9.77	0.00	0.11	0.00
北重电	11	25.65	0.21	0.29	0.00
日本东芝	6	0.72	0.00	0.01	0.00
日本三菱	6	1.76	0.00	0.02	0.00
法国阿尔斯通	5	0.00	0.00	0.00	0.00
日本日立	5	0.00	0.00	0.00	0.00
英国通用电气	5	1.32	0.00	0.02	0.00

(三) 600兆瓦等级燃煤机组的发电机

表 1-8 2022 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
上海电机	174	5.35	2.14	0.06	0.02
东方电机	171	1.24	1.14	0.01	0.01
哈尔滨电机	163	11.05	3.76	0.13	0.04
北重电	13	1.9	0.00	0.02	0.00
日本三菱	7	0.00	0.00	0.00	0.00
日本东芝	6	0.00	0.00	0.00	0.00
德国西门子	6	0.00	0.00	0.00	0.00
东风电机厂	5	0.00	0.00	0.00	0.00
英国通用电气	5	0.00	0.00	0.00	0.00
日本日立	5	0.00	0.00	0.00	0.00

全国 576 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 2022 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	100	86.15	0.00	0.00	0.00
第 5% 值	100	95.39	77.52	0.00	0.00	0.00
第 25% 值	96.07	87.99	70.95	0.00	0.00	0.00
中位值	92.05	81.86	66.38	0.00	0.00	0.00
第 75% 值	87.67	73.83	61.84	0.26	1.00	40.57
末位值	54.48	0.00	0.00	16.83	6.00	1368.27
总平均值	91.31	79.51	66.05	0.72	0.60	68.87

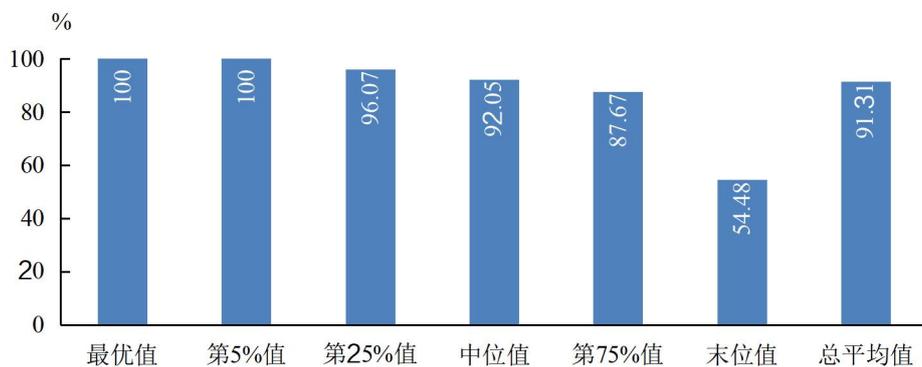


图 1-9 2022 年 600 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数指标分布

表 1-10 2022 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	国电建投内蒙古能源有限公司布连电厂 2 号机组	100
	山西漳泽电力股份有限公司轩岗电厂 2 号机组	100
	国家能源集团国源电力有限公司河曲 1 号机组	99.54
	内蒙古大唐国际托克托第二发电有限责任公司 8 号机组	99.26
	内蒙古大唐国际托克托第二发电有限责任公司托 6 号机组	98.35
	华能内蒙古上都发电有限责任公司 2 号机组	97.58
	内蒙古大唐国际托克托第二发电有限责任公司 10 号机组	97.75
	内蒙古大唐国际托克托发电有限责任公司 2 号机组	96.99
华东	马鞍山当涂发电有限公司 1 号机组	100
	福建大唐国际宁德发电有限责任公司 1 号机组	100
	国家能源投资集团有限责任公司铜陵 2 号机组	100
	浙江浙能北仑发电有限公司 3 号机组	100
	淮浙煤电有限责任公司凤台发电分公司 1 号机组	100
	国能浙江宁海发电有限公司 2 号机组	99.56
	香港华润集团公司常熟第二发电厂 2 号机组	97.90
	国能太仓发电有限公司 7 号机组	97.88
	国家能源集团宿迁发电有限公司 4 号机组	97.35
	浙江大唐乌沙山发电有限责任公司 3 号机组	96.07
西北	国能锦界能源有限责任公司 6 号机组	100
南方	广东大唐国际潮州发电有限责任公司 1 号机组	100

第四节 300 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

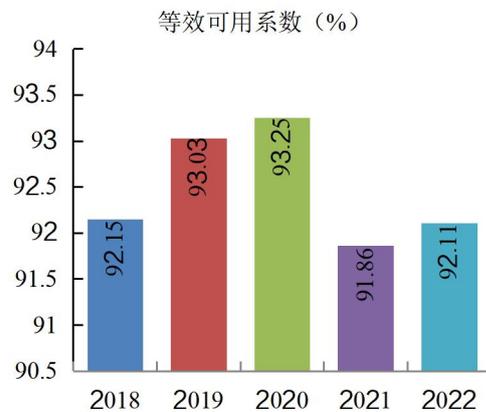
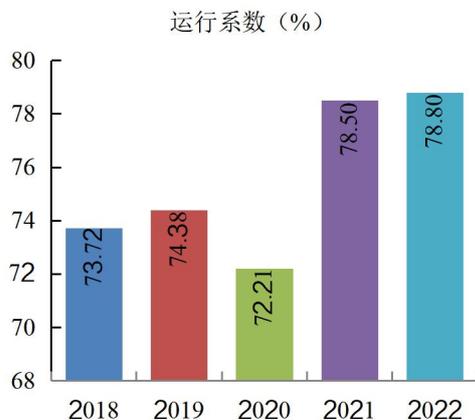
2022 年，纳入可靠性统计的 300 兆瓦等级燃煤机组共 924 台，其中国产 878 台，进口 46 台。

一、2018-2022 年 300 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

2022 年，300 兆瓦等级燃煤机组运行系数为 78.80%，同比上升 0.30 个百分点，主要因素是备用小时的减少；等效可用系数 92.11%，同比上升 0.25 个百分点，主要因素是非计划停运时间减少，2022 年 300 兆瓦等级燃煤机组非计划停运总计 436 次，其中强迫停运 334 次，同比分别减少 100 次和 101 次；非计划停运总时间为 46540.96 小时，同比减少 33637.83 小时。具体见表 1-11 及图 1-10。

表 1-11 2018-2022 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）
2018	836	73.72	92.15	1.32	0.80
2019	864	74.38	93.03	0.53	0.51
2020	894	72.21	93.25	0.53	0.50
2021	904	78.50	91.86	0.93	0.59
2022	924	78.80	92.11	0.48	0.47



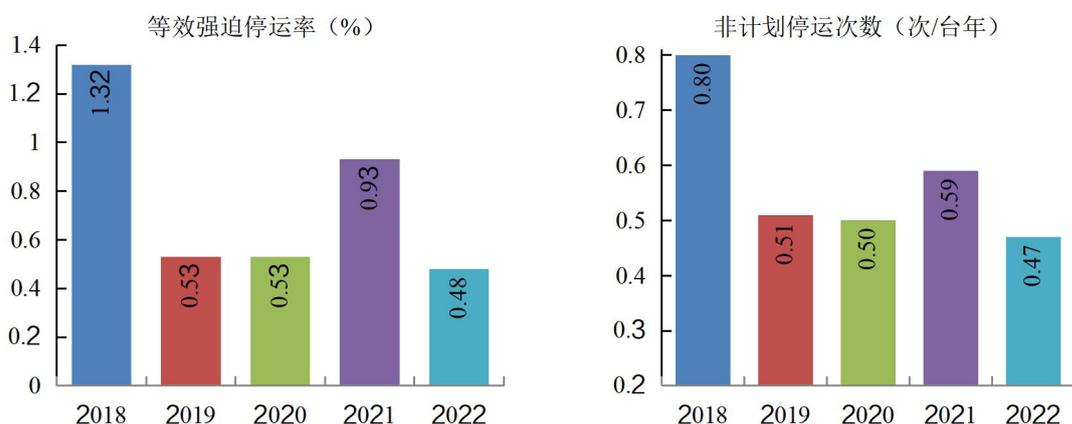


图 1-10 2018-2022 年 300 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

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 47 台；投运 15 年以上 300 兆瓦等级燃煤机组 502 台，占 300 兆瓦等级燃煤机组的 54.33%，平均等效可用系数 93.25%，高于全部 300 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数 1.14 个百分点。300 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数 92.11%，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。

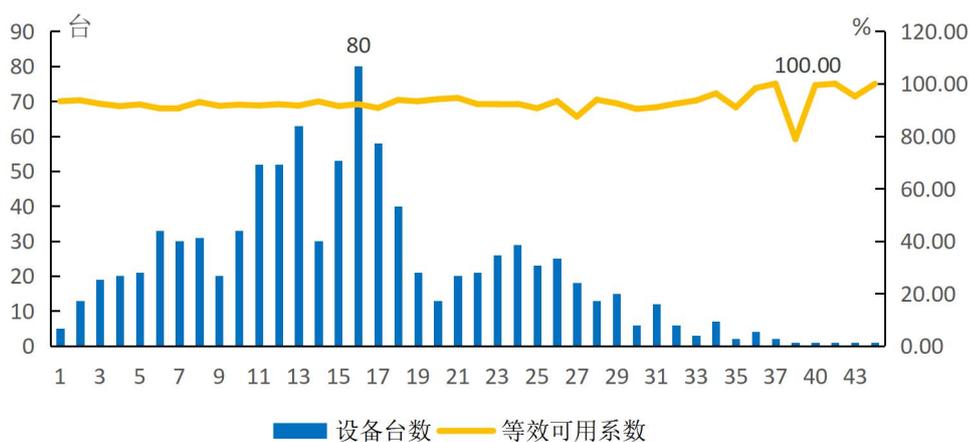


图 1-11 2022 年 300 兆瓦等级燃煤机组按投运年份和台数分类的平均等效可用系数

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 2022 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
哈尔滨锅炉	254	39.42	2.52	0.45	0.03
东方锅炉	248	43.96	8.54	0.50	0.10
上海锅炉	239	50.23	3.85	0.57	0.04
北京巴威	70	21.58	1.34	0.25	0.02
武汉锅炉	47	24.42	14.05	0.28	0.16
美国福斯特·惠勒	14	0.00	0.00	0.00	0.00
日本三菱	12	20.11	8.57	0.23	0.10
法国斯坦因	6	19.32	19.32	0.22	0.22
英国三井巴布科克	6	55.65	0.00	0.64	0.00

(二) 300 兆瓦等级燃煤机组的汽机

表 1-13 2022 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	298	5.81	0.10	0.07	0.00
东方汽机	268	5.27	1.03	0.06	0.01
哈尔滨汽机	219	2.66	0.09	0.03	0.00
北重电	68	13.06	0.00	0.15	0.00
日本三菱	11	0.18	0.00	0.00	0.00
德国西门子	11	0.27	0.00	0.00	0.00
法国阿尔斯通	8	1.51	0.00	0.02	0.00
美国西屋	6	0.00	0.00	0.00	0.00
意大利安萨尔多	6	0.15	0.00	0.00	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 2022 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	300	1.49	0.39	0.02	0.00
东方电机	251	3.89	0.47	0.04	0.01
哈尔滨电机	216	0.20	0.15	0.00	0.00
北重电	62	0.84	0.24	0.01	0.00
济发设备	16	4.51	4.51	0.05	0.05
德国西门子	11	0.00	0.00	0.00	0.00
日本三菱	11	0.00	0.00	0.00	0.00
美国西屋	6	31.38	0.00	0.36	0.00
意大利安萨尔多	6	0.00	0.00	0.00	0.00
英国通用电气	6	0.75	0.75	0.01	0.01
法国阿尔斯通	6	0.00	0.00	0.00	0.00

全国 924 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 2022 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	94.85	0.00	0.00	0.00
第 5%值	100.00	94.78	78.09	0.00	0.00	0.00
第 25%值	95.79	88.58	70.35	0.00	0.00	0.00
中位值	93.20	81.84	65.86	0.00	0.00	0.00
第 75%值	89.18	72.78	60.47	0.07	1.00	18.20
末位值	24.66	0.00	0.00	57.11	4.00	3560.78
总平均值	92.11	78.8	65.4	0.48	0.47	50.21

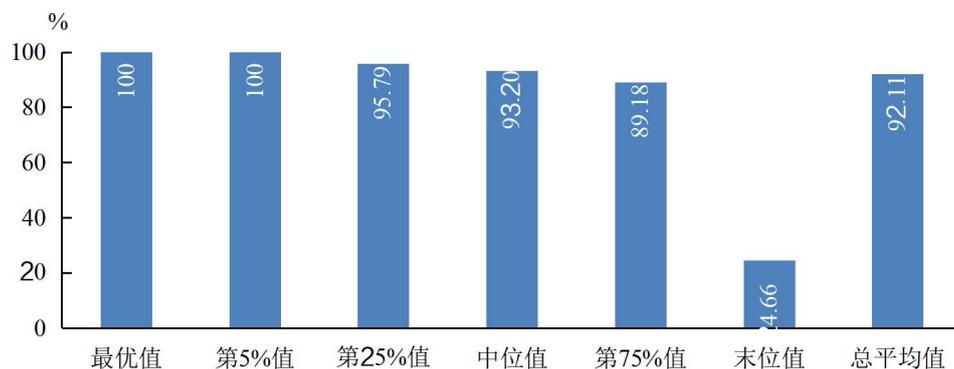


图 1-12 2022 年 300 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数指标分布图

表 1-16 2022 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 4 号机组	100
	华能内蒙古蒙达发电有限责任公司 3 号机组	96.97
	大唐国际发电股份有限公司张家口发电分公司 1 号机组	96.88
	阳城国际发电有限责任公司 5 号机组	96.04
	阳城国际发电有限责任公司 6 号机组	95.91
华东	宝山钢铁公司宝钢电厂 4 号机组	100
	中信泰富有限公司利港 4 号机组	100
	浙江浙能温州发电有限公司 6 号机组	99.28
	香港协鑫集团控股有限公司太仓协鑫 5 号机组	98.86
	龙源电力集团股份有限公司天生港 2 号机组	94.70
	浙江浙能温州发电有限公司 5 号机组	94.70
华中	华能武汉发电有限责任公司 2 号机组	100
	中国中煤能源集团有限公姚孟 3 号机组	94.54
西北	华电集团库车 4 号机组	96.38
	国家能源集团国源电力有限公司和丰 2 号机组	96.2
	新疆新能源（集团）有限责任公司玛纳斯发电厂 8 号机组	95.07
	国能石嘴山第一发电有限公司 1 号机组	94.74
	大唐宝鸡第二发电有限责任公司 1 号机组	94.55
南方	国家能源集团乐东发电有限公司 1 号机组	100
	华能海南发电股份有限公司东方电厂 4 号机组	99.38
	国家能源集团广东电力有限公司国能（肇庆）热电有限公司 1 号机组	95.82

第五节 200 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

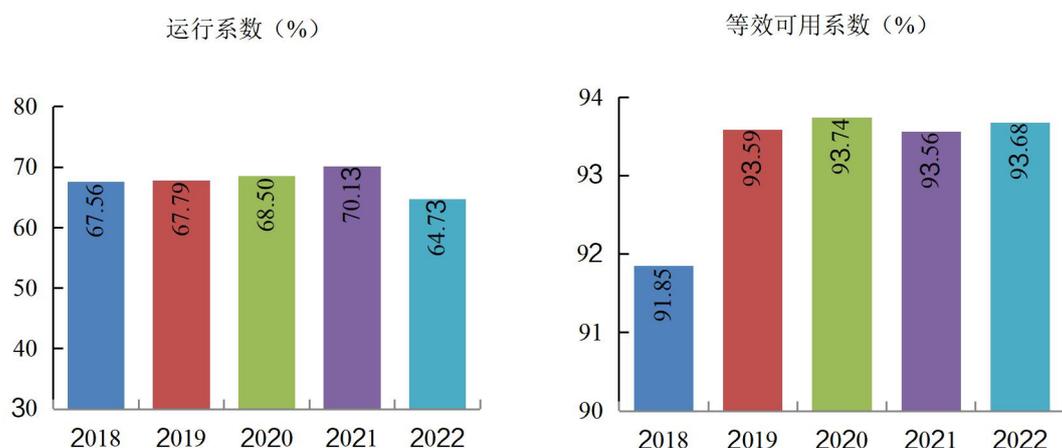
2022 年，纳入可靠性统计的 200 兆瓦燃煤机组共 128 台，其中国产 122 台，进口 6 台。

一、2018-2022 年 200 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

2022 年，200 兆瓦等级燃煤机组台数同比增加，机组平均等效可用系数 93.68%，同比上升 0.12 个百分点，主要因素是非计划停运次数同比下降；等效强迫停运率同比下降 0.24 个百分点，非计划停运次数同比下降 0.18 次/台年。具体见表 1-17 及图 1-13。

表 1-17 2018-2022 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)
2018	152	67.56	91.85	0.92	0.80
2019	144	67.79	93.59	0.77	0.59
2020	135	68.50	93.74	0.41	0.53
2021	125	70.13	93.56	0.92	0.64
2022	128	64.73	93.68	0.68	0.46



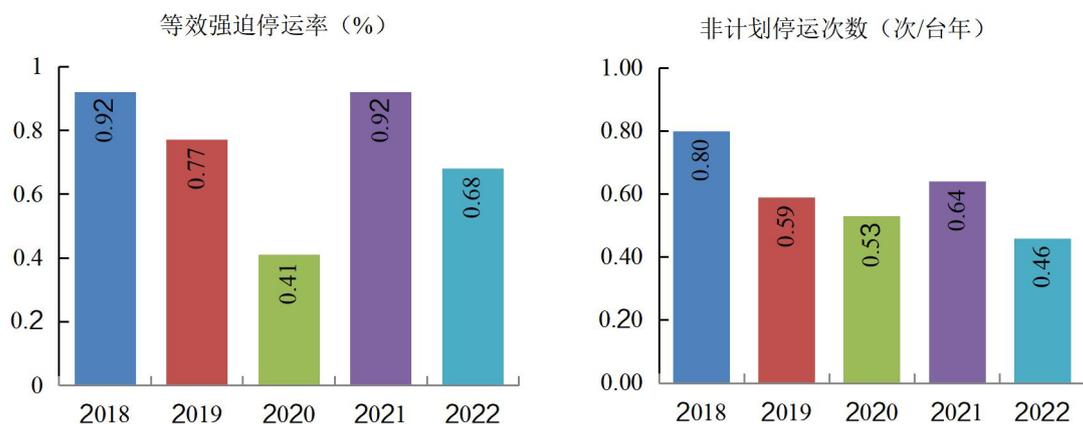


图 1-13 2018-2022 年 200 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标趋势

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 2022 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	47	22.23	0.00	0.25	0.00
东方锅炉	32	60.11	19.09	0.69	0.22
武汉锅炉	22	10.25	0.00	0.12	0.00
无锡锅炉	7	52.49	25.09	0.60	0.29
上海锅炉	6	4.47	0.00	0.05	0.00
北京巴威	5	2.72	1.07	0.03	0.01

(二) 200 兆瓦等级燃煤机组的汽机

表 1-19 2022 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	76	1.88	0.97	0.02	0.01
东方汽机	29	17.63	0.00	0.20	0.00

制造厂家	统计台数 (台)	等效非计划停运小时 (小时/台年)		影响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
北重电	13	5.29	5.29	0.06	0.06

(三) 200兆瓦等级燃煤机组的发电机

表 1-20 2022 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	67	2.03	0.88	0.02	0.01
东方电机	19	5.85	0.00	0.07	0.00
北重电	13	0.00	0.00	0.00	0.00
济发设备	10	1.60	0.00	0.02	0.00

第六节 超临界及以上燃煤机组运行可靠性

2022 年，纳入可靠性统计的超临界及以上燃煤机组共 746 台，其中超临界机组 460 台，超超临界机组 286 台。2022 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 2018-2022 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 (%)
2018	518	0.81	80.04	92.68
2019	547	0.48	36.15	92.80
2020	629	0.51	36.44	92.63
2021	694	0.61	75.73	91.34
2022	746	0.58	60.40	91.03

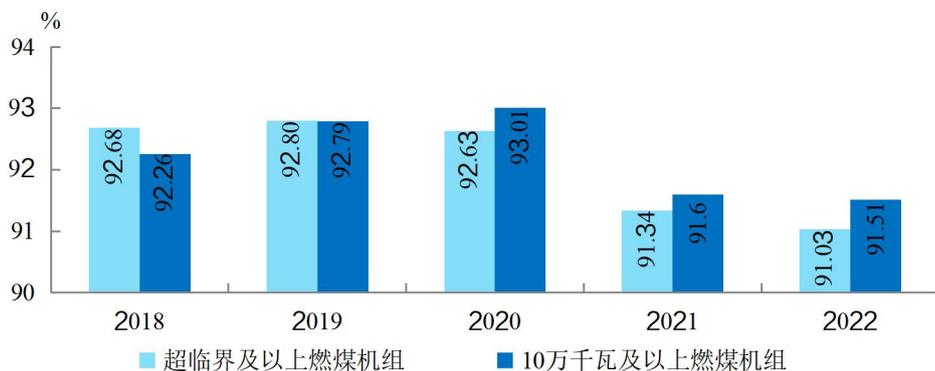


图 1-14 2018-2022 年超临界以及上燃煤机组等效可用系数趋势

第七节 燃气轮机组运行可靠性

2022 年，纳入可靠性统计的 100 兆瓦及以上燃气轮机组共 258 台，总容量 0.75 亿千瓦。2018-2022 年燃气轮机组主要可靠性指标见表 1-22。2018-2022 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 2018-2022 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)
2018	180	48.50	92.47	0.30	0.45
2019	211	45.07	92.37	0.21	0.20
2020	225	45.34	93.16	0.22	0.30
2021	239	46.17	92.43	0.23	0.33
2022	258	43.48	92.62	0.08	0.15

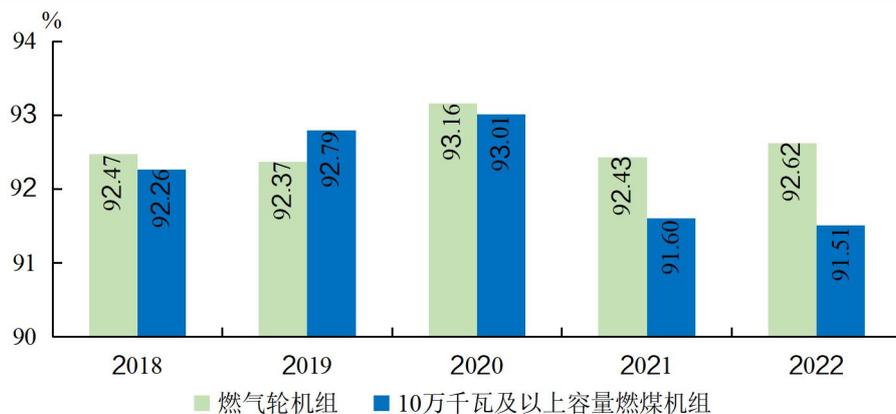


图 1-15 2018-2022 年燃气轮机与燃煤机组等效可用系数趋势

第八节 燃煤机组备用时间分析

2022年，全国平均备用时间同比上升3.91小时，除华北、东北、南方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南方电网1528.79小时，区域备用时间最短的为内蒙电网314.03小时；区域备用时间同比下降最多的为西南电网，同比下降1705.72小时。具体见表1-23及图1-16。

表 1-23 2018-2022 年按区域电网分类的火电机组备用时间

区域电网	2018年备用(小时/台年)	2019年备用(小时/台年)	2020年备用(小时/台年)	2021年备用(小时/台年)	2022年备用(小时/台年)
华北电网	1053.82	1294.70	1720.33	1254.71	1258.45
东北电网	1362.18	1151.25	1164.13	974.09	1345.42
华东电网	1420.00	1527.61	1716.30	817.03	791.17
华中电网	1724.84	1728.94	2214.47	1567.71	1345.73
西北电网	1635.31	1663.15	1698.44	936.95	766.82
西南电网	3583.68	3468.93	3631.34	2472.54	766.82
南方电网	2005.12	2080.25	2147.42	1133.37	1528.79
内蒙电网	917.51	314.76	441.86	569.58	314.03
全国	1511.26	1551.39	1779.28	1115.39	1119.30

*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。

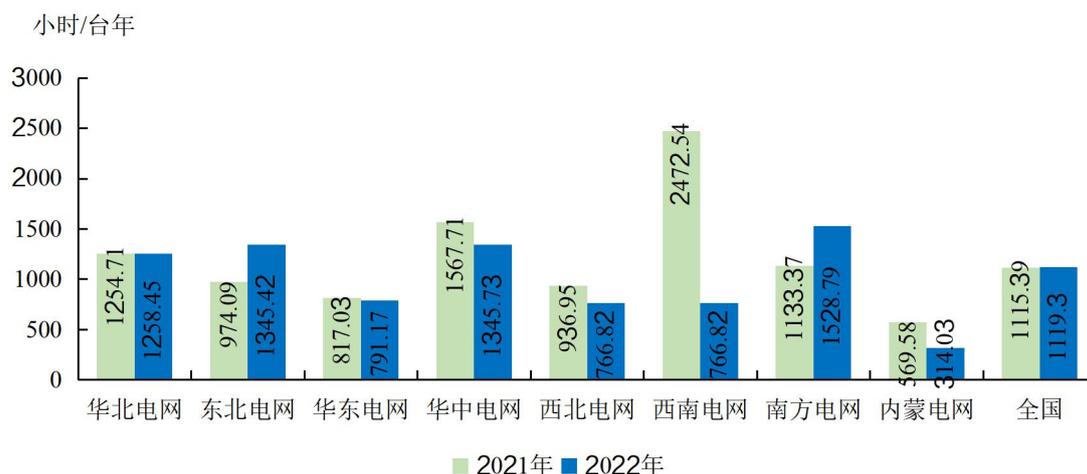


图 1-16 2021、2022 年各大区域备用小时

备用时间较少的五个省份依次是海南省 208.67 小时、浙江省 478.99 小时、宁夏回族自治区 497.2 小时、内蒙古自治区 497.92 小时、新疆维吾尔自治区 651.47 小时；备用时间相对较长的五个省份依次是北京市 6654.55 小时、云南省 3358.42 小时、四川省 2293.56 小时、黑龙江省 1799.33 小时、贵州省 1749.16 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 2022 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	1572.66	6654.55
河北省	115	378.43	6726.54	1358.16
山西省	152	379.51	6857.82	1178.00
内蒙古自治区	185	394.03	7702.26	497.92
天津市	23	486.26	6869.80	938.35
山东省	142	397.92	6450.53	1575.78
辽宁省	69	383.91	6623.21	1634.67
吉林省	45	322.22	6972.34	1119.99
黑龙江省	51	333.14	6355.87	1799.33
江苏省	124	563.68	7143.84	799.83
浙江省	65	649.85	7656.47	478.99
安徽省	86	563.95	7182.46	758.81

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)
上海市	28	525.00	6984.64	777.89
福建省	50	554.28	6568.03	1322.75
河南省	110	488.09	6552.01	1437.20
湖北省	57	488.25	6896.29	1084.29
湖南省	41	485.95	6496.94	1388.78
江西省	39	570.77	7200.52	707.27
四川省	25	458.40	5466.30	2293.56
重庆市	20	488.00	6539.82	1488.74
陕西省	80	473.50	7073.03	1043.08
甘肃省	34	351.91	7524.28	704.93
青海省	6	436.67	6685.44	934.90
宁夏回族自治区	56	498.21	7583.96	497.20
新疆维吾尔自治区	69	373.91	7484.84	651.47
广东省	114	527.72	6787.12	1219.40
广西壮族自治区	27	558.52	6126.52	1557.45
云南省	28	400.00	4721.80	3358.42
贵州省	67	428.96	6163.98	1749.16
海南省	8	345.00	8152.61	208.67

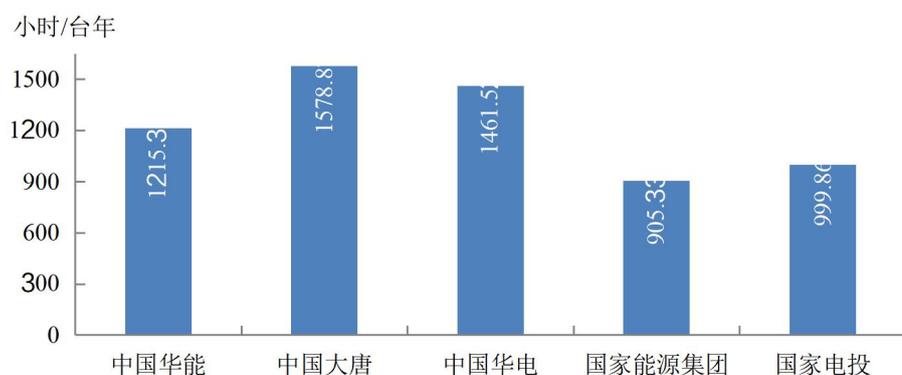


图 1-17 2022 年主要发电集团备用小时

第九节 2021 年新投产机组可靠性指标

2021 年投产、纳入 2022 年可靠性指标统计的燃煤机组共 21 台，总容量为 0.16 亿千瓦。近五年来燃煤机组投产后第一年运行可靠性指标见表 1-25。

表 1-25 2018-2022 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)
2018	2017	29	634.83	79.47	92.89	1.02	1.38
2019	2018	26	595.77	76.90	93.70	1.53	1.50
2020	2019	48	664.29	70.53	94.38	0.40	0.68
2021	2020	43	668.14	79.79	93.42	0.98	0.77
2022	2021	21	780.86	79.84	90.99	0.64	0.76

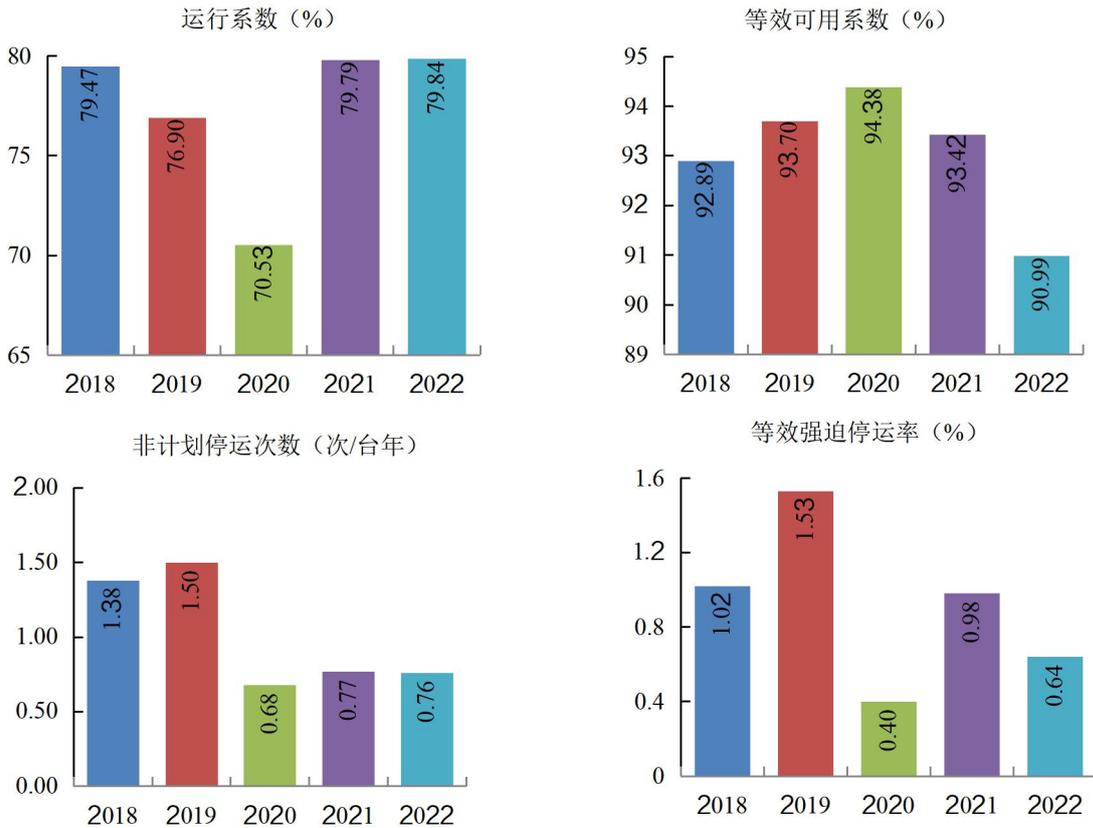


图 1-18 2018-2022 年燃煤新投产机组投产后第一年可靠性指标趋势

2021 年投产燃煤机组在 2022 年的等效可用系数同比下降 2.43 个百分点，低于全国纳入可靠性统计的燃煤机组平均值 0.52 个百分点；等效强迫停运率同比下降 0.34 个百分点；非计划停运次数同比下降 0.01 次/台年，高于纳入全国可靠性统计的燃煤机组平均值 0.24 次/台年。按照机组容量分析，2021 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。

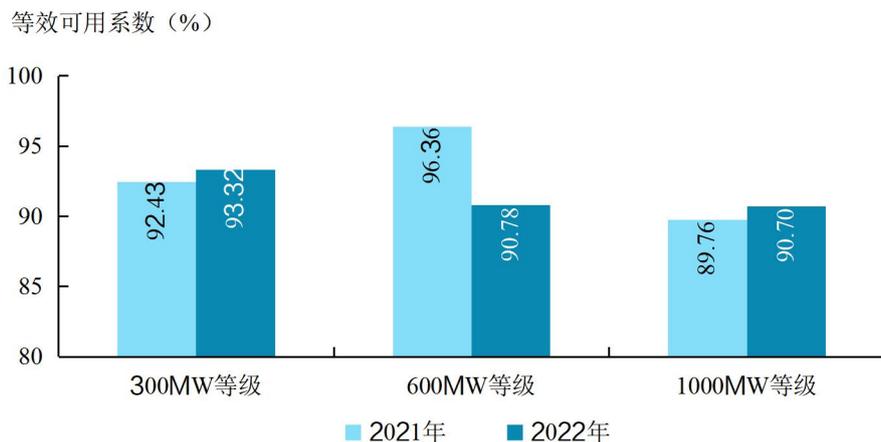


图 1-19 2021、2022 年新投产机组按容量等级划分等效可用系数

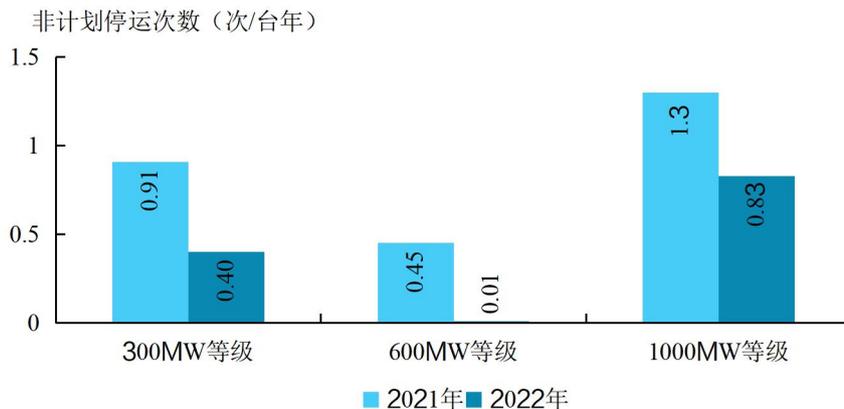


图 1-20 2021、2022 年新投产机组按容量等级划分非计划停运次数

第十节 非计划停运分析

2022 年，全国 1920 台燃煤机组共发生非计划停运 987 次，非计划停运总时间为 106461.51 小时，台年平均停运 0.52 次、56.89 小时，同比分别下降 0.08 次、21.53 小时。其中持续时间超过 300 小时的非计划停运共 59 次，非计划停运时间 31225.99

小时，占全部燃煤机组非计划停运总时间的 29.33%。

发生强迫停运 763 次，强迫停运总时间 71710.78 小时，台年平均值分别为 0.40 次、38.78 小时，同比下降 0.08 次、13.96 小时。强迫停运占全部燃煤机组非计划停运总时间的 67.36%。

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 0.27 次、36.01 小时，占全部燃煤机组非计划停运总时间的 60.99%。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 75.07%。具体见表 1-26。

表 1-26 2022 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	0.27	36.01	60.99
2	汽轮机	0.06	5.78	9.79
3	发电机	0.03	2.53	4.29

*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 0.11 次、10.65 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 64.51%。具体见表 1-27。

表 1-27 2022 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	产品质量不良	0.11	10.65	18.04
2	设备老化	0.08	8.62	14.59
3	检修质量不良	0.07	7.61	12.89
4	施工安装不良	0.05	5.96	10.10
5	燃料影响	0.04	5.25	8.89

*百分比：占燃煤机组非计划停运时间的百分比

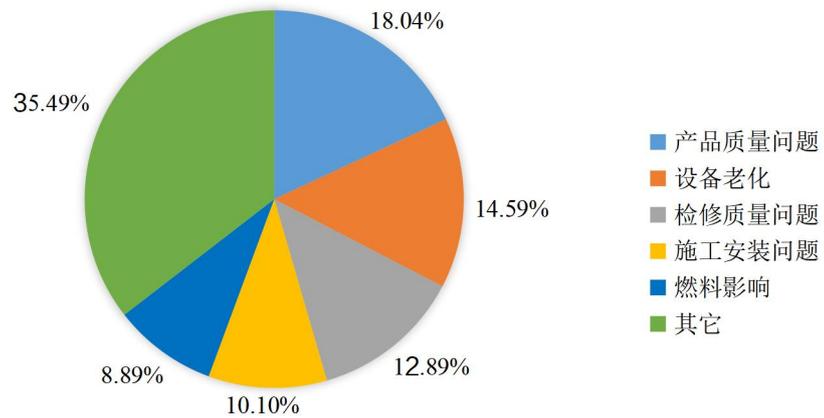


图 1-21 2022 年非计划停运的前五位责任原因占燃煤机组非计划停运时间的百分比

2022 年，按照燃煤机组非计划停运事件持续时间长短分类，停运次数最多的是 100-500 小时区间的非计划停运事件，并且大部份是强迫停运事件，占燃煤机组总非计划停运次数的 38.10%，其次在小于 10-100 小时的区间内，占燃煤机组总非计划停运次数的 35.76%；超过 1000 小时的有 4 次。具体见表 1-28。

表 1-28 2022 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	241	24.42
10-100	353	35.76
100-500	376	38.10
500-1000	13	1.32
>1000	4	0.40

备注：各分级数值范围中，下限值包含，上限值为不包含

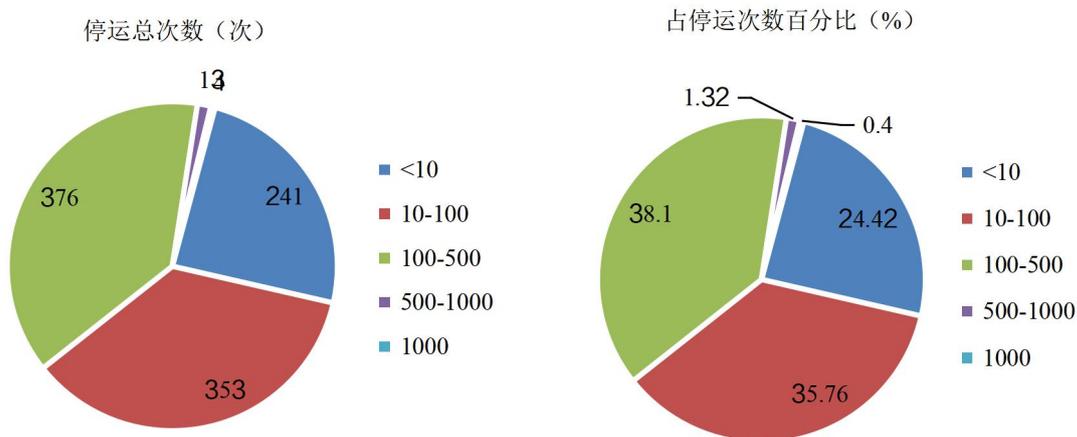


图 1-22 2022 年非计划停运事件按持续时间划分停运总次数和占比

第十一节 按地区分类的燃煤机组运行可靠性

2022 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。

表 1-29 2022 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	621	390.60	4.61	79.64	92.16	0.46
东北	165	351.39	3.42	75.71	93.45	0.44
华东	353	575.21	5.09	81.84	90.79	0.47
华中	292	496.31	4.25	75.62	90.69	0.49
西北	245	433.33	4.96	83.88	92.57	0.52
南方	244	483.36	4.34	72.94	90.52	0.82
全部	1920	454.49	4.59	78.83	91.51	0.52

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)
----	-------------	----------------	--------------------------	-----------------	-------------------	-----------------------

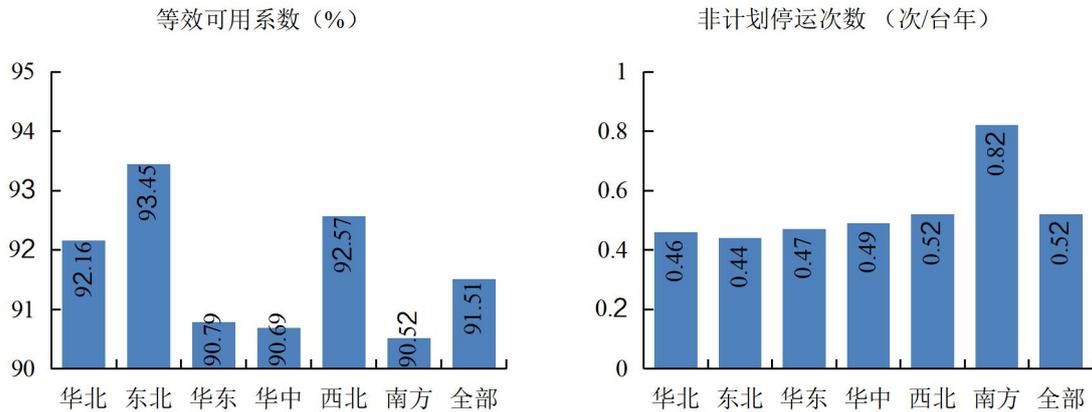


图 1-23 2022 年各地区燃煤机组等效可用系数、非计划停运次数

第十二节 水电机组运行可靠性

一、2018-2022 年水电机组运行可靠性指标

2022 年，水电机组的等效可用系数为 92.94%，同比上升 0.67 个百分点；运行系数为 54.85%，同比下降 1.61 个百分点；非计划停运次数为 0.12 次/台年，同比下降 0.08 次/台年；等效强迫停运率为 0.03%，同比下降 0.34 个百分点。具体见表 1-30 及图 1-24、图 1-25。

表 1-30 2018-2022 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)
2018	1015	217.63	55.68	92.30	0.10	0.21	0.14	4.95
2019	1042	218.48	57.88	92.58	0.03	0.18	0.12	1.63
2020	1053	218.07	58.75	93.36	0.04	0.18	0.13	1.88
2021	1073	222.20	56.46	92.27	0.37	0.20	0.14	21.63
2022	1107	231.34	54.85	92.94	0.03	0.12	0.09	2.04

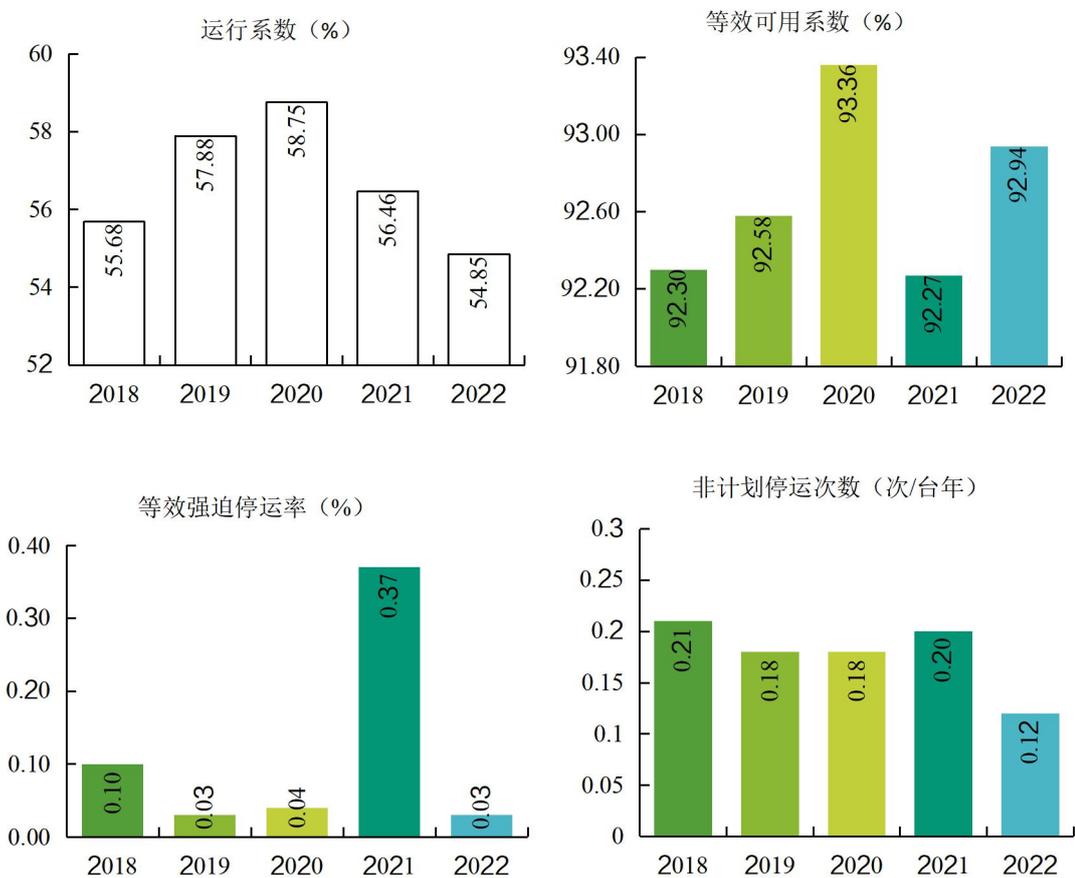


图 1-24 2018-2022 年水电机组主要可靠性指标

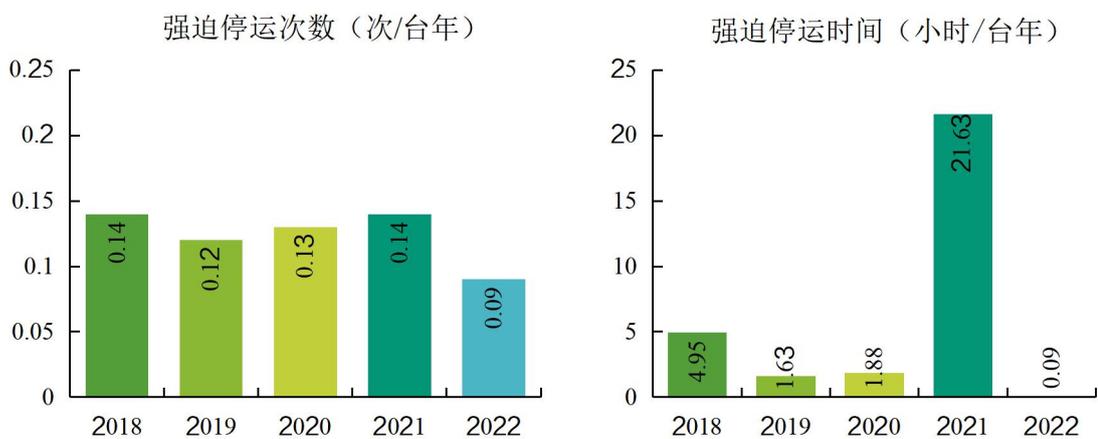


图 1-25 2018-2022 年水电机组强迫停运次数和时间

二、2022年40兆瓦及以上各容量水电机组运行可靠性指标分布

表 1-31 2022年40兆瓦及以上各容量水电机组运行可靠性指标分布

分类	统计台数(台)	运行系数(%)	等效可用系数(%)	等效强迫停运率(%)	非计划停运次数(次/台年)
水电轴流机组	152	60.93	91.38	0.02	0.08
40-99兆瓦	72	53.67	91.66	0.00	0.13
100-199兆瓦	73	65.90	91.70	0.04	0.04
200-299兆瓦	7	48.08	88.17	0.00	0.00
水电混流机组	816	57.33	93.51	0.02	0.03
40-99兆瓦	333	53.49	94.29	0.01	0.01
100-199兆瓦	125	46.40	93.66	0.00	0.05
200-299兆瓦	104	49.97	94.26	0.05	0.04
300-699兆瓦	159	65.50	92.97	0.04	0.05
700兆瓦及以上	95	55.05	93.56	0.00	0.05
抽水蓄能机组	139	37.88	90.36	0.18	0.66
40-99兆瓦	18	58.46	94.67	0.02	0.06
100-199兆瓦	6	26.34	87.21	0.00	0.00
200-299兆瓦	29	32.60	91.73	0.03	0.28
300兆瓦及以上	86	38.77	89.92	0.29	0.97
全部	1107	54.85	92.94	0.03	0.12

三、2018-2022年水电机组按机组类型分类运行可靠性指标

表 1-32 2018-2022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	2018	158	63.02	92.58	0.08	0.15
	2019	160	67.69	92.68	0.02	0.13
	2020	154	67.29	92.92	0.01	0.15
	2021	150	64.48	92.11	0.31	0.18
	2022	152	60.93	91.38	0.02	0.08

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	2018	754	58.66	93.09	0.09	0.11
	2019	772	60.43	93.20	0.03	0.09
	2020	786	62.08	93.90	0.03	0.08
	2021	806	59.07	92.61	0.41	0.10
	2022	816	57.33	93.51	0.02	0.03
抽水蓄能机组	2018	103	32.03	87.02	0.26	1.06
	2019	110	36.21	88.60	0.09	0.92
	2020	113	33.23	90.16	0.15	0.96
	2021	117	35.86	90.18	0.11	0.94
	2022	139	37.88	90.36	0.18	0.66
全部	2018	1015	55.68	92.30	0.10	0.21
	2019	1042	57.88	92.58	0.03	0.18
	2020	1053	58.75	93.36	0.04	0.18
	2021	1073	56.46	92.27	0.37	0.20
	2022	1107	54.85	92.94	0.03	0.12

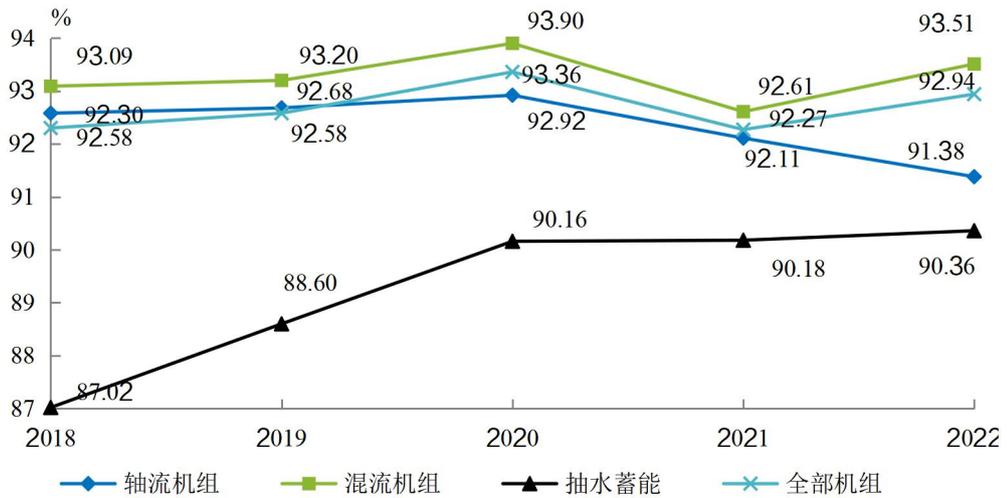


图 1-26 2018-2022 年水电机组等效可用系数

四、2018-2022 年 40 兆瓦及以上各容量水电机组运行可靠性指标

表 1-33 2018-2022 年 40 兆瓦及以上各容量水电机组主要可靠性指标

机组型式	分类 指标	年份	统计 台数	运行 系数 (%)	等效可用 系数 (%)	等效强迫 停运率 (%)	非计划停运 次数 (次/台年)
轴流 机组	40-99 兆瓦	2018	74	55.05	91.79	0.29	0.26
		2019	75	57.01	92.67	0.08	0.23
		2020	72	57.42	92.11	0.01	0.25
		2021	75	58.64	91.98	0.63	0.28
		2022	72	53.67	91.66	0.00	0.13
	100-199 兆瓦	2018	75	70.10	93.29	0.01	0.05
		2019	76	73.15	92.50	0.00	0.04
		2020	75	73.11	93.18	0.01	0.05
		2021	68	69.86	91.90	0.02	0.07
		2022	73	65.9	91.70	0.03	0.04
	200-299 兆瓦	2018	9	43.03	90.57	0.04	0.11
		2019	9	62.75	93.67	0.00	0.00
		2020	7	54.89	93.47	0.04	0.15
		2021	7	45.43	94.01	0.00	0.00
		2022	7	48.08	88.17	0.00	0.00
混流 机组	40-99 兆瓦	2018	316	53.93	93.54	0.03	0.06
		2019	318	54.10	93.46	0.04	0.04
		2020	326	56.70	94.04	0.10	0.06
		2021	334	53.34	93.01	0.07	0.04
		2022	333	54.49	94.29	0.00	0.01
	100-199 兆瓦	2018	135	49.29	92.14	0.61	0.07
		2019	136	52.44	93.95	0.06	0.13
		2020	133	53.16	94.79	0.02	0.13
		2021	132	49.51	93.33	0.04	0.15
		2022	125	46.40	93.66	0.00	0.05
	200-299 兆瓦	2018	84	48.32	92.85	0.01	0.11
		2019	91	54.33	93.05	0.03	0.09
		2020	101	57.90	94.79	0.04	0.07
		2021	106	53.83	93.76	0.02	0.09
		2022	104	49.97	94.26	0.02	0.04

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)
	300兆瓦及以上	2018	219	62.58	93.21	0.05	0.19
		2019	227	63.69	93.07	0.02	0.13
		2020	226	65.07	93.58	0.02	0.08
		2021	234	62.30	92.23	1.14	0.17
		2022	254	60.40	93.26	0.02	0.05
抽水蓄能机组	40-99兆瓦	2018	7	20.36	60.88	0.25	1.00
		2019	9	49.20	87.69	0.11	1.00
		2020	11	56.30	92.20	0.21	0.64
		2021	11	59.91	93.88	0.12	0.73
		2022	18	58.46	94.67	0.01	0.06
	100-199兆瓦	2018	6	27.12	91.00	0.00	0.17
		2019	6	26.95	91.87	0.00	0.00
		2020	6	23.74	88.91	0.15	0.17
		2021	6	26.60	87.20	0.09	0.36
		2022	6	26.34	87.21	0.00	0.00
	200-299兆瓦	2018	27	27.55	87.12	0.20	0.56
		2019	29	29.94	88.17	0.13	0.90
		2020	29	28.59	89.30	0.10	0.38
		2021	29	31.42	91.54	0.02	0.31
		2022	29	32.60	91.73	0.01	0.28
	300兆瓦及以上	2018	63	34.06	87.44	0.28	1.37
		2019	66	38.39	88.63	0.08	1.00
		2020	67	34.41	90.43	0.17	1.33
		2021	71	36.85	89.74	0.14	1.28
		2022	86	38.77	89.92	0.11	0.97

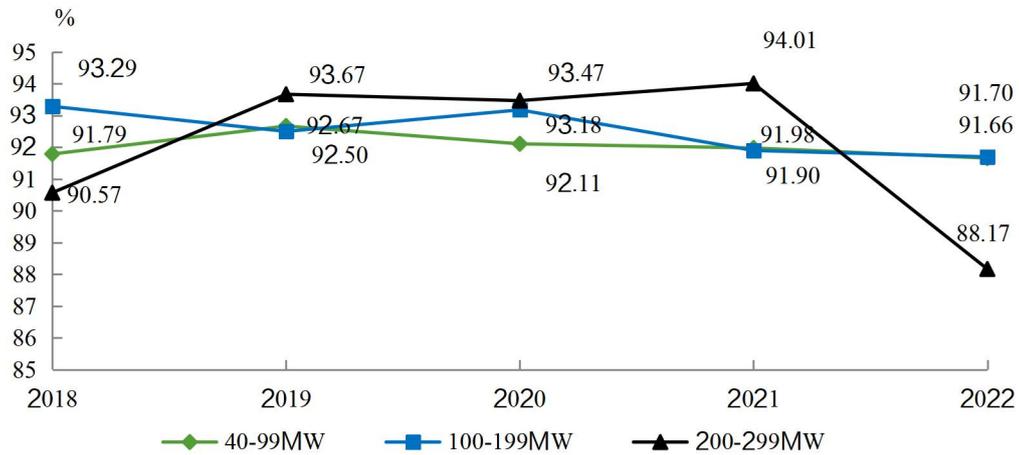


图 1-27 2018-2022 年水电轴流机组等效可用系数

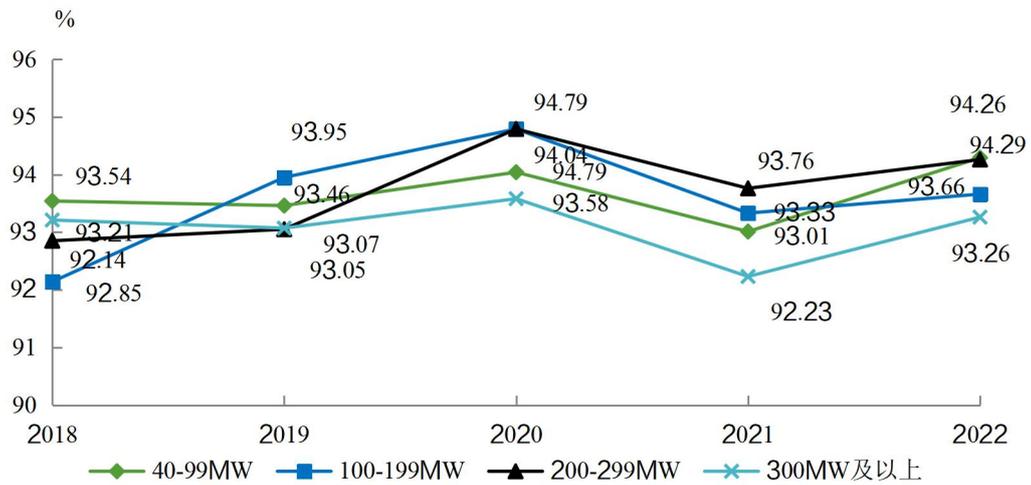


图 1-28 2018-2022 年水电混流机组等效可用系数

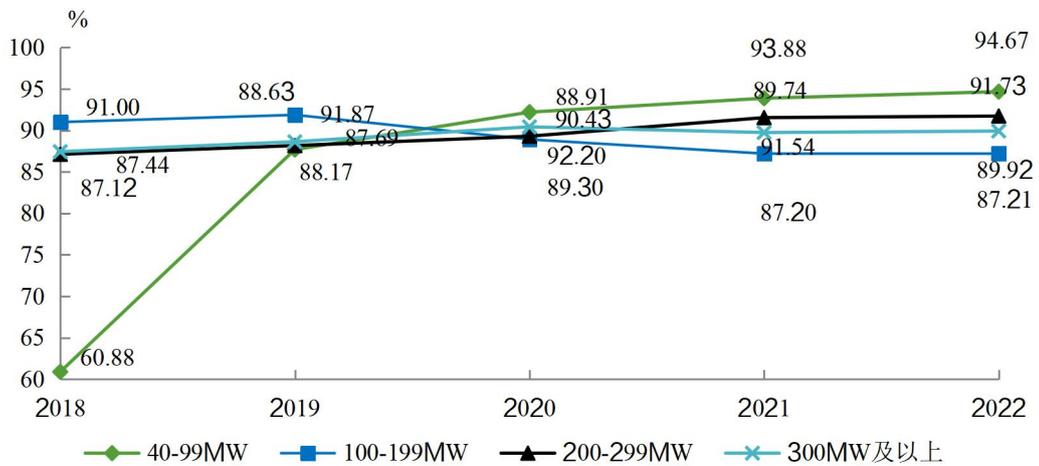


图 1-29 2018-2022 年抽水蓄能机组等效可用系数

2022年全国816台水电纳入可靠性统计的混流机组可靠性指标分布情况见下表。

表 1-34 2022 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	100	99.99	0.00	0.00	0.00
第 5%值	100	91.43	96.36	0.00	0.00	0.00
第 25%值	97.92	69.62	88.03	0.00	0.00	0.00
中位值	96.02	55.11	80.24	0.00	0.00	0.00
第 75%值	92.49	37.88	67.80	0.00	0.00	0.00
最末值	46.30	8.36	2.24	2.61	2.00	154.67
总平均值	93.51	57.33	75.48	0.02	0.03	1.35

2022年全国152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 2022 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	96.84	103.33	0.00	0.00	0.00
第 5%值	100	91.54	101.64	0.00	0.00	0.00
第 25%值	97.21	77.54	88.24	0.00	0.00	0.00
中位值	95.30	62.01	80.01	0.00	0.00	0.00
第 75%值	90.21	42.37	71.56	0.00	0.00	0.00
最末值	34.16	17.22	38.94	8.05	3.00	165.02
总平均值	91.38	60.93	79.92	0.02	0.08	2.63

2022年全国139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 2022 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	112.41	0.00	0.00	0.00
第 5%值	100	94.76	98.38	0.00	0.00	0.00
第 25%值	94.79	41.59	93.26	0.00	0.00	0.00
中位值	92.72	36.56	81.49	0.00	0.00	0.00
第 75%值	90.46	30.05	59.07	0.11	1.00	3.63

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)
最末值	62.33	5.07	9.27	5.00	8.00	377.73
总平均值	90.36	37.88	79.44	0.18	0.66	12.90

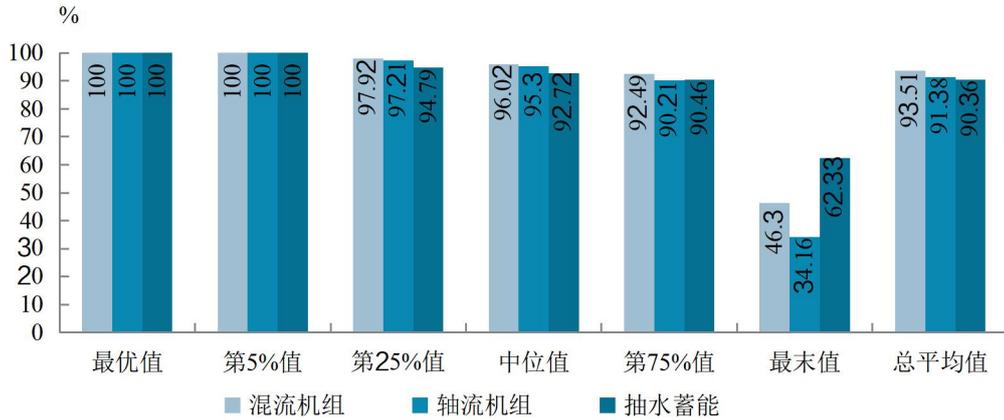


图 1-30 2022 年水电机组等效可用系数分布图

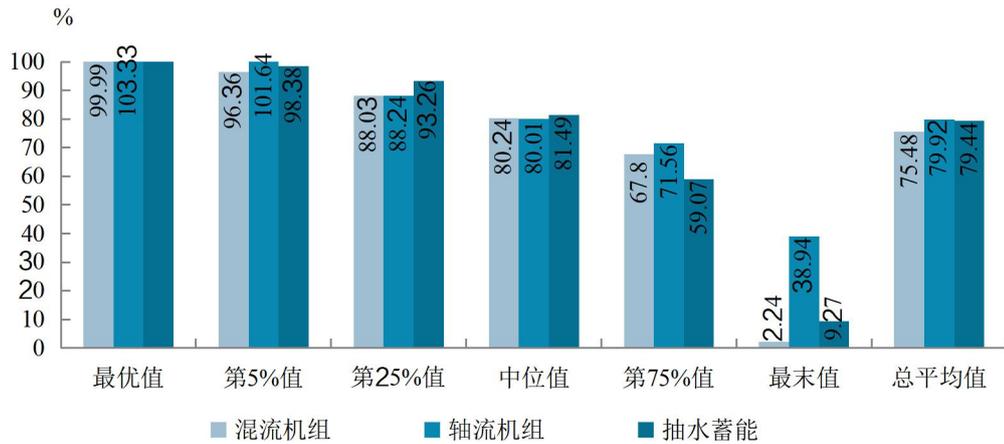


图 1-31 2022 年水电机组出力系数分布图

五、新投产水电机组投产后第一年运行可靠性指标

2021 年投产，纳入 2022 年可靠性统计的水电机组共 39 台，总容量 0.19 亿千瓦，等效可用系数 93.78%，比 2020 年投产机组次年等效可用系数升高 0.95 个百分点。

表 1-37 2018-2022 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)
2018	2017	24	297.92	46.17	94.44	0.16	0.84
2019	2018	22	251.30	53.61	92.05	0.03	1.45
2020	2019	14	213.57	54.60	95.09	0.08	0.14
2021	2020	21	448.29	51.89	92.83	0.01	0.24
2022	2021	39	476.87	52.63	93.78	0.07	0.51

*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

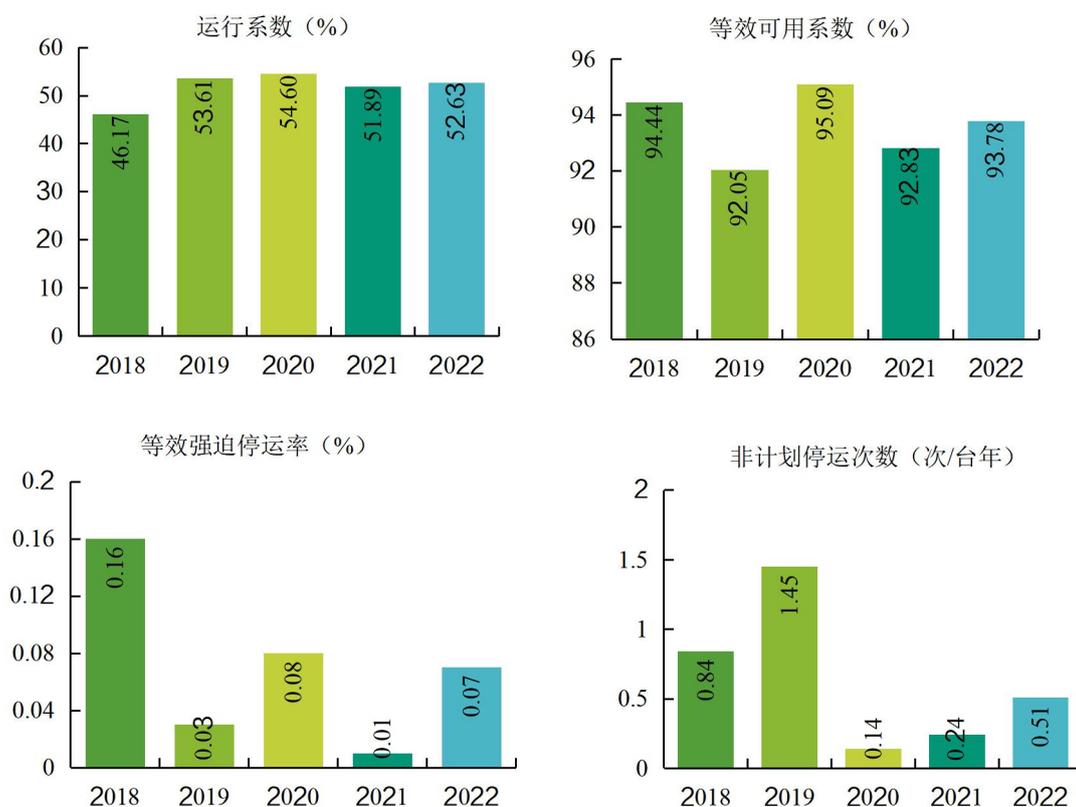


图 1-32 新投产水电机组投产后第一年运行可靠性指标

六、水电机组非计划停运

2022 年水电机组（1107 台）共发生非计划停运 131 次，非计划停运总时间 2591.22 小时，台年平均分别为 0.12 次、3.03 小时，非计划停运次数和时间同比分别降低 0.08 次/台年、23.15 小时/台年。

强迫停运共发生 102 次, 总计 1743.73 小时, 占全部非计划停运总时间的 67.29%。强迫停运台年平均次数和时间分别为 0.09 次和 2.04 小时, 同比分别降低 0.05 次/台年和 19.59 小时/台年。

水电机组主设备中, 水轮机引起的非计划停运台年平均次数和时间分别为 0.01 次和 0.28 小时, 累计停运时间占非计划停运总时间的 12.41%; 发电机引起的非计划停运台年平均次数和时间分别为 0.02 次、0.91 小时, 累计停运时间占非计划停运总时间的 40.08%; 变压器引起的非计划停运次数和时间分别为 0.05 次/台年、0.56 小时/台年, 累计停运时间占非计划停运总时间的 24.26%。2022 年水电机组主设备引发非计划停运的比重见表 16。具体见表 1-38 及图 1-33。

表 1-38 2022 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	0.05	0.56	24.26
2	水轮机	0.01	0.28	12.41
3	发电机	0.02	0.91	40.08

*百分比: 占机组非计划停运总时间的百分比

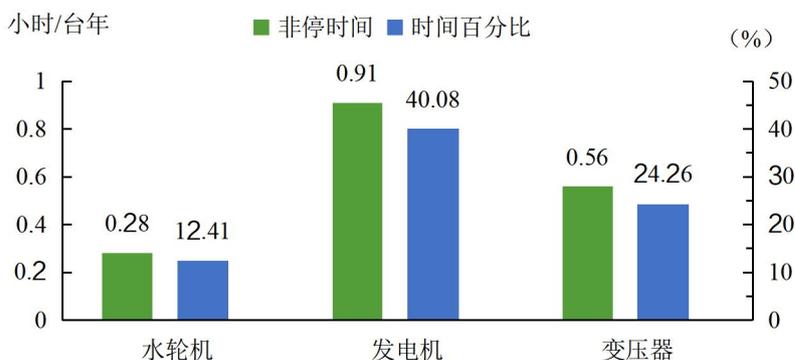


图 1-33 2022 年水电机组主设备引发非计划停运的比重

引发非计划停运的责任原因中产品质量问题为第一位, 台年平均次数为 0.04 次, 其引起的非计划停运时间为 0.95 小时/台年, 占非计划停运总时间的 42.18%; 其次是设备老化, 引起的非计划停运台年平均次数和时间分别为 0.03 次和 0.31 小时, 累计停运时间占非计划停运总时间的 13.55%; 排在第三位的是规划、设计不周问题, 引起的非计划停运台年平均次数和时间分别为 0.01 次和 0.31 小时, 累计停

运时间占非计划停运总时间的 13.55%。表 1-39 及图 1-34 为非计划停运的前三位责任原因。

表 1-39 2022 年水电机组主设备非计划停运的前三位责任原因

序号	责任原因	停运总次数 (次)	停运时间 (小时/台年)	*百分比 (%)
1	产品质量问题	51	0.95	42.18
2	设备老化	34	0.31	13.55
3	规划、设计不周	16	0.31	13.55

*百分比: 占机组非计划停运时间的百分比

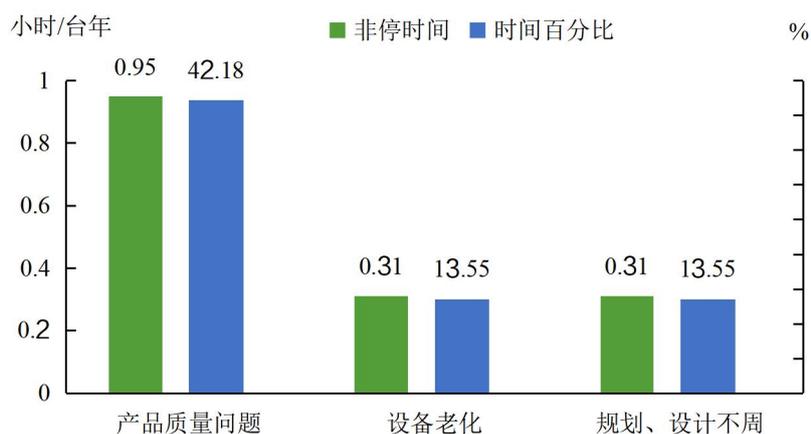


图 1-34 2022 年水电机组主设备非计划停运的前三位责任原因

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

2022 年，参与统计 700 兆瓦等级水电机组为 95 台，均为混流机组，同比增加 11 台。等效可用系数 93.56%，同比增加 0.35 个百分点；备用时间为 3372.70 小时，同比增加 386.63 小时；计划停运时间为 563.77 小时，同比增降低 30.25 小时；非计划停运次数为 0.05 次/台年，同比降低 0.06 次/台年；非计划停运时间为 0.79 小时/台年，同比降低 0.24 小时/台年。

2018-2022 年 700 兆瓦等级常规水电机组主要运行可靠性指标见表 1-40 及图 1-35。

表 1-40 2018-2022 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)
2018	76	60.08	94.36	0.01	0.15
2019	76	61.09	93.70	0.05	0.11
2020	76	63.04	94.16	0.00	0.05
2021	84	59.12	93.21	0.02	0.11
2022	95	55.05	93.56	0.00	0.05

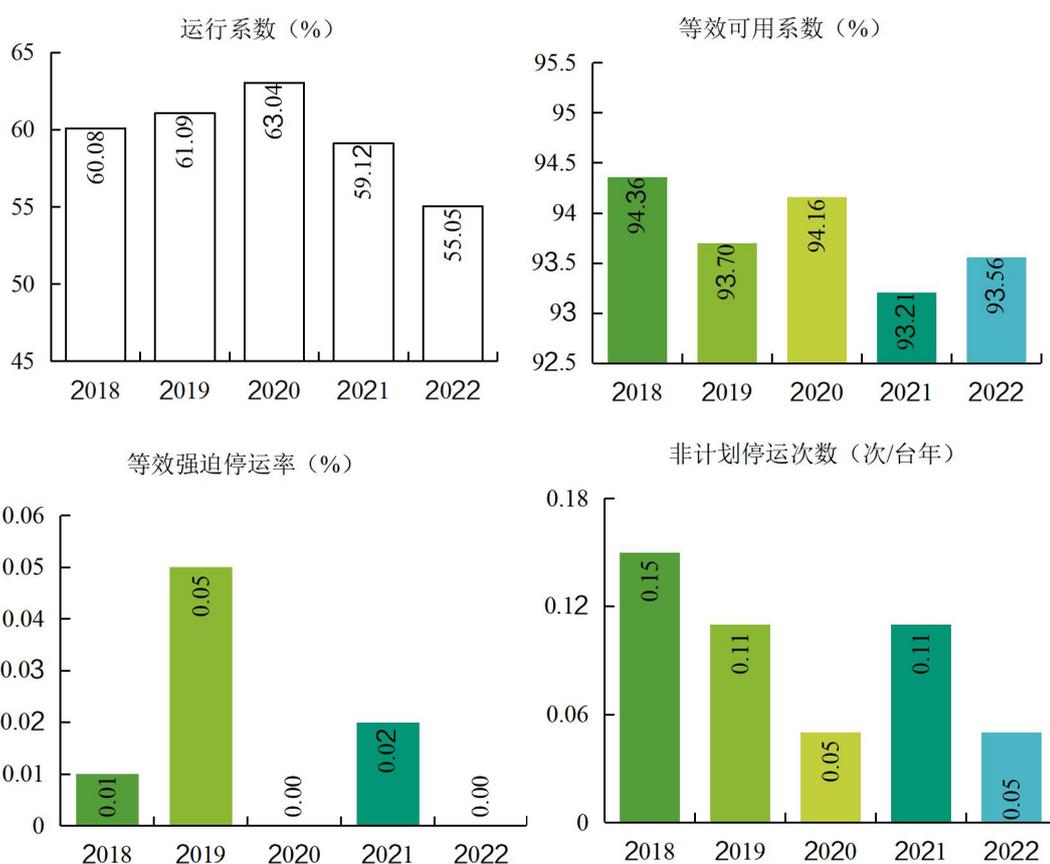


图 1-35 2018-2022 年 700 兆瓦等级常规水电机组可靠性指标

二、700 兆瓦等级常规水电机组非计划停运

2022 年, 700MW 等级水电机组共发生非计划停运 5 次, 非计划停运总时间 78.02 小时。台年平均非计划停运次数、时间分别为 0.05 次、0.79 小时, 非计划停运总次

数同比减少 4 次，累计非计划停运时间降低了 4.25 小时。

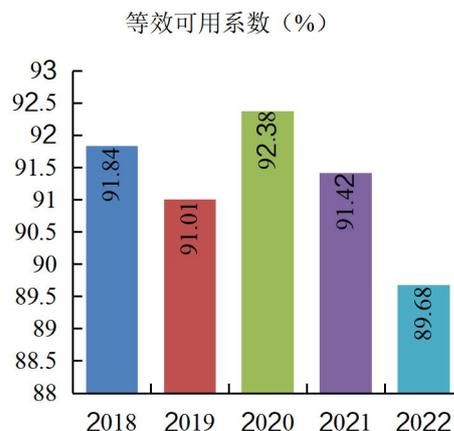
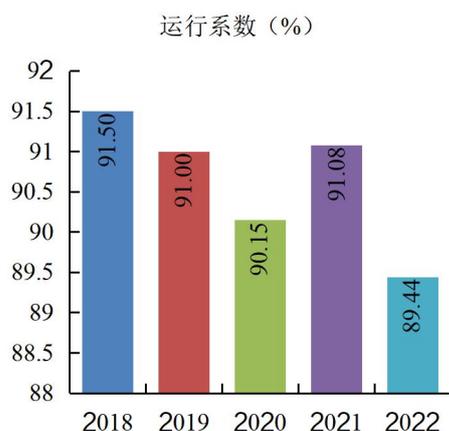
5 次非计划停运事件中，发电机故障引起 1 次，非计划停运时间累计 2.15 小时；主变压器故障引起 4 次，非计划停运时间累计 75.87 小时。5 次非计划停运的责任原因均为产品质量问题。

第十四节 核电机组运行可靠性

纳入 2022 年可靠性统计的核电机组有 49 台，总容量 0.51 亿千瓦，占全国核电总装机容量的 91.23%。核电机组的综合可靠性主要指标见表 1-41 及图 1-36。

表 1-41 2018-2022 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)
2018	17	870.60	91.50	91.84	0.33	0.59
2019	19	894.75	91.00	91.01	0.09	0.21
2020	27	918.67	90.15	92.38	0.12	0.07
2021	46	1027.59	91.08	91.42	0.11	0.17
2022	49	1034.04	89.44	89.68	0.18	0.14



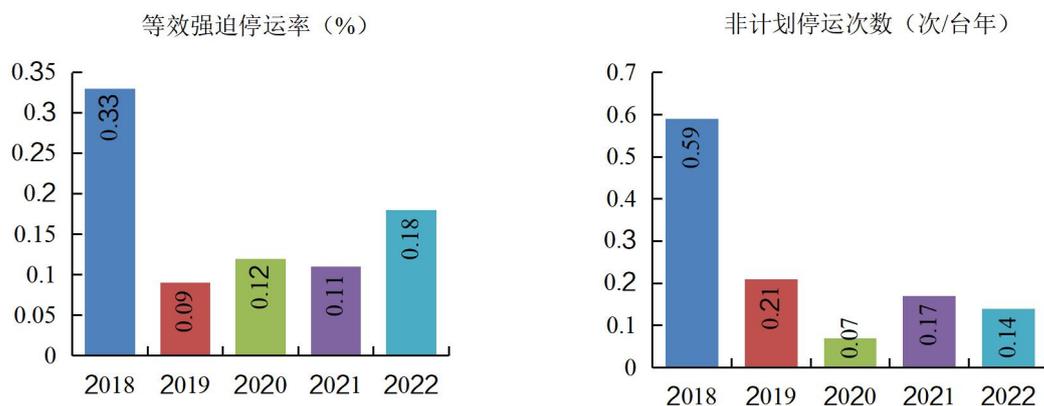


图 1-36 2018-2022 年核电机组主要可靠性指标趋势

2022 年，核电机组等效可用系数同比下降 1.74 个百分点，主要因素是计划停运时间的增加，台年计划停运时间为 766.81 小时/台年，同比增加 182.93 小时/台年；2022 年共发生 7 次非计划停运事件，同比减少 1 次，累计停运时间为 4124.08 小时，同比减少 3484.43 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

2022 年，纳入可靠性统计的风电机组有 58645 台，总容量 1.08 亿千瓦，占全国并网风力发电机组总容量的 29.61%。运行系数为 98.57%，同比降低 0.10 个百分点；非计划停运时间台年平均值为 35.99 小时，同比上升 6.89 小时；非计划停运次数台年平均值为 1.45 次，同比降低 0.11 次。2021-2022 年风电机组主要可靠性指标见表 1-42。其中海上风电机组 2083 台，总容量 0.09 亿千瓦，运行系数为 98.39%，非计划停运时间台年平均值为 74.70 小时，非计划停运次数台年平均值为 0.84 次。2020-2022 年风电机组主要可靠性指标见表 1-42。

表 1-42 2020-2022 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

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)
2022	58645	98.57	35.99	1.45	41.76	2.94

2022年，纳入可靠性统计的华北区域风电机组19867台，运行系数为98.66%，非计划停运时间台年平均值为35.15小时，非计划停运次数台年平均值为1.86次。东北区域风电机组7718台，运行系数为98.73%，非计划停运时间台年平均值为37.01小时，非计划停运次数台年平均值为1.48次。华东区域风电机组5336台，运行系数为98.93%，非计划停运时间台年平均值为43.67小时，非计划停运次数台年平均值为1.29次。华中区域风电机组4122台，运行系数为96.80%，非计划停运时间台年平均值为67.33小时，非计划停运次数台年平均值为1.56次。西北区域风电机组16526台，运行系数为99.18%，非计划停运时间台年平均值为19.36小时，非计划停运次数台年平均值为1.00次。南方区域风电机组5076台，运行系数为97.18%，非计划停运时间台年平均值为48.36小时，非计划停运次数台年平均值为1.33次。2022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 2022 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	19867	98.66	35.15	1.86	37.27	3.78
东北	7718	98.73	37.01	1.48	43.28	2.64
华东	5336	98.93	43.67	1.29	46.31	2.47
华中	4122	96.80	67.33	1.56	66.85	3.39
西北	16526	99.18	19.36	1.00	25.32	1.62
南方	5076	97.18	48.36	1.33	80.08	4.50

二、风电机组非计划停运

2022年，风电机组非计划停运累计时间为169.01万小时，非计划停运累计时间较长的前三类主设备分别是电气控制系统、液压系统和传动变速系统，分别占全部非计划停运累计时间的17.06%、10.76%和10.32%。其中海上风电机组非计划停运累计时间为13.64万小时，非计划停运累计时间较长的前三类主设备分别是传动变速

系统、电气控制系统和液压系统，分别占海上风电机组非计划停运累计时间的 26.05%、20.37%和 10.00%。2022 年风电机组累计非计划停运时间按主设备分类见图 1-37。

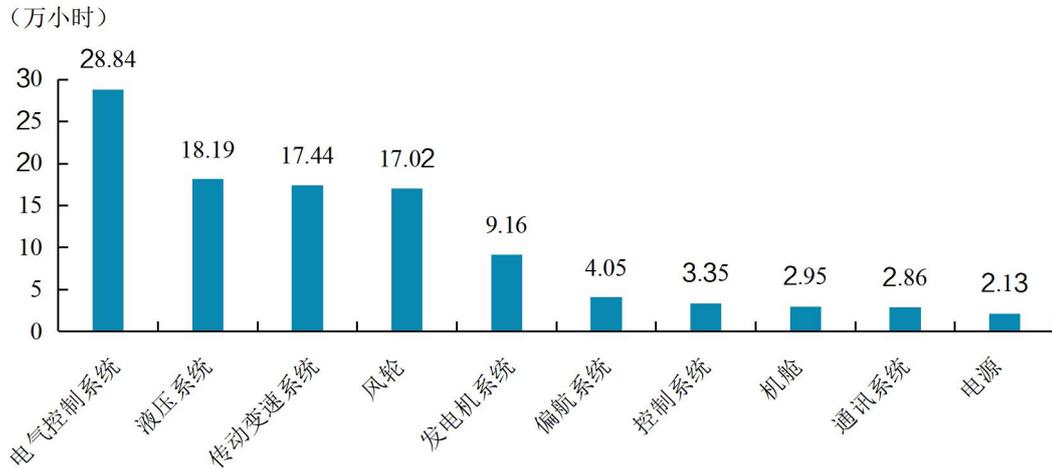


图 1-37 2022 年风电机组累计非计划停运时间按主设备分类

2022 年，风电机组非计划停运次数累计 84562 次，累计非计划停运次数较多的前三类主设备分别是电气控制系统、液压系统和发电机系统，分别占 17.11%、11.69% 和 4.35%。其中，海上风电机组非计划停运次数累计 1802 次，累计非计划停运次数较多的前三类主设备分别是电气控制系统、液压系统和传动变速系统，分别占海上风电机组非计划停运累计次数的 30.62%、19.20%和 9.49%。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。

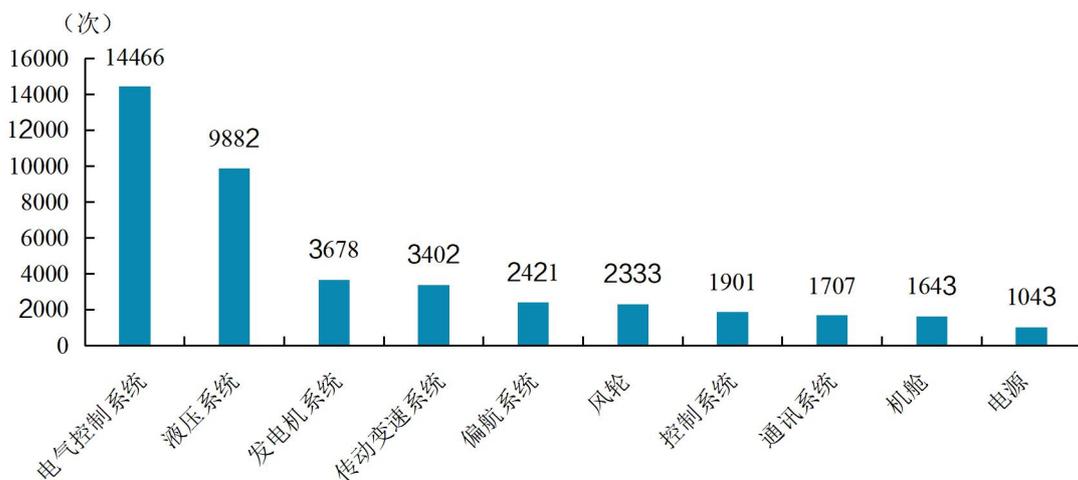


图 1-38 2022 年风电机组累计非计划停运次数按主设备分类

第二章 2022 年全国 200 兆瓦及以上容量燃煤机组 主要辅助设备运行可靠性

200 兆瓦及以上容量燃煤机组主要辅助设备包含磨煤机、给水泵组、送风机、引风机和高压加热器。近两年，主要辅助设备的非计划停运率呈平稳态势，磨煤机因其特性及其在运行过程中的频繁操作，导致其非计划停运率始终高于其他辅助设备。

2022 年，磨煤机、给水泵组、送风机、引风机、高压加热器可用系数均同比下降，分别下降 0.45、0.69、0.53、0.36 和 0.57 个百分点。磨煤机、给水泵组、引风机、高压加热器运行系数同比上升，分别上升 1.62、2.73、0.29 和 0.05 个百分点，送风机同比下降 0.06 个百分点。磨煤机、给水泵组、引风机、高压加热器台年运行小时分别增加 142.11、239.44、25.36 和 4.87 小时，送风机减少 4.69 小时。非计划停运率送风机同比上升 0.01 个百分点，磨煤机、给水泵组、引风机同比均下降 0.02 个百分点，高压加热器同比持平。具体见表 2-1 及图 2-1-图 2-3。

表 2-1 2018-2022 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	2018	6932	60.86	94.35	5.59	0.06	0.10
	2019	7005	61.72	94.09	5.87	0.04	0.07
	2020	7153	60.36	94.21	5.76	0.03	0.05
	2021	7273	67.08	93.60	6.37	0.03	0.05
	2022	7438	68.70	93.15	6.83	0.02	0.03
给水泵组	2018	3831	52.19	94.75	5.22	0.02	0.04
	2019	3850	55.01	94.54	5.43	0.02	0.04
	2020	3875	54.32	94.79	5.20	0.01	0.02
	2021	3942	58.84	94.37	5.61	0.02	0.03
	2022	3692	61.57	93.68	6.32	0.01	0.01
送风机	2018	2779	74.05	94.67	5.32	0.01	0.01
	2019	2780	75.13	94.54	5.46	0.00	0.00

辅助设备分类	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	计划停 运系数 (%)	非计划 停运系数 (%)	非计划 停运率 (%)
引风机	2020	2786	73.57	94.61	5.39	0.00
	2021	2837	79.85	94.02	5.98	0.00
	2022	2863	79.79	93.49	6.5	0.01
	2018	2846	73.99	94.58	5.40	0.02
	2019	2858	75.07	94.33	5.64	0.03
高压加热器	2020	2867	73.39	94.59	5.40	0.02
	2021	2923	79.26	93.88	6.10	0.03
	2022	2945	79.55	93.52	6.47	0.01
	2018	4291	74.17	94.70	5.28	0.03
	2019	4329	75.26	94.41	5.56	0.02
磨煤机	2020	4355	73.68	94.54	5.44	0.02
	2021	4470	79.76	94.14	5.85	0.02
	2022	4436	79.81	93.57	6.41	0.02
	2018	4291	74.17	94.70	5.28	0.03
	2019	4329	75.26	94.41	5.56	0.02

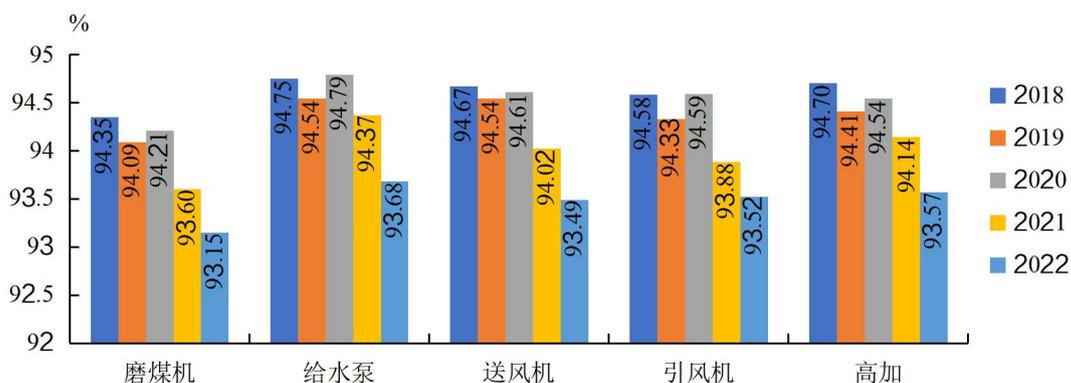


图 2-1 2018-2022 年燃煤机组五种辅助设备可用系数

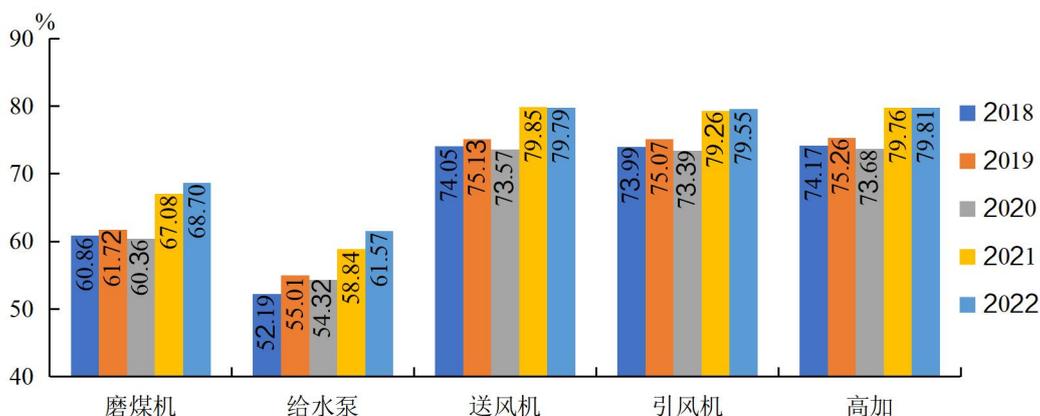


图 2-2 2018-2022 年燃煤机组五种辅助设备运行系数

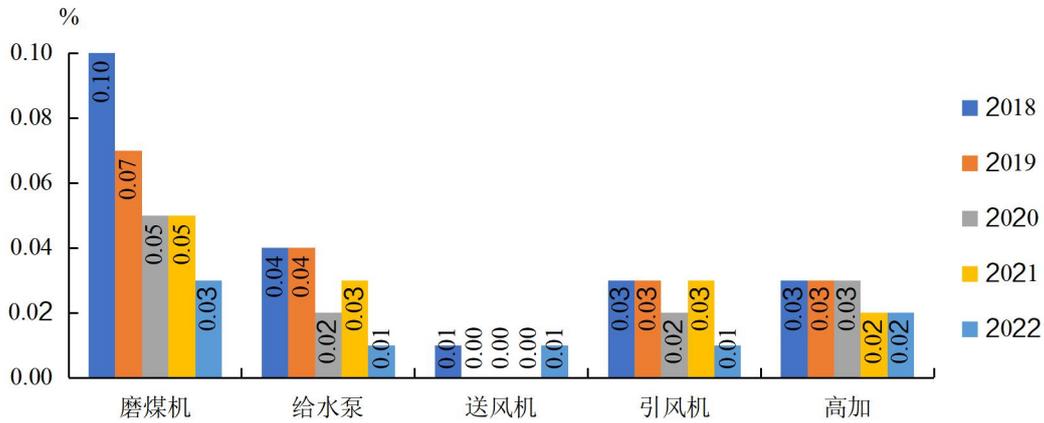


图 2-3 2018-2022 年燃煤机组五种辅助设备非计划停运率

2022 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 2022 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）	7438	3692	2863	2945	4436
最优值（%）	100	100	100	100	100
最优值占比（%）	28.45	35.86	34.47	33.55	35.23
中间值（%）	94.52	95.07	94.78	94.70	94.79
最末值（%）	18.41	0.96	32.65	34.46	34.68
平均值（%）	93.45	93.96	93.85	93.85	93.89

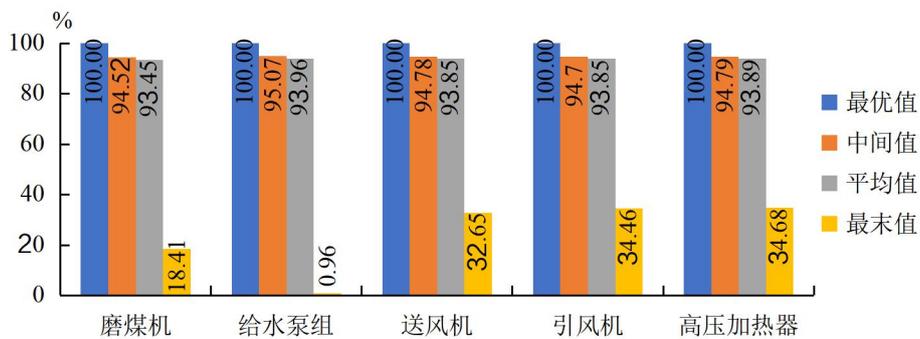


图 2-4 2022 年五种辅助设备可用系数对标值分布图

第一节 磨煤机运行可靠性

一、2022 年磨煤机按主机容量分类运行可靠性指标

表 2-3 2022 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	375	55.78	93.73	6.23	0.04	0.08
300-399	3236	68.48	94.09	5.89	0.02	0.02
500-599	55	66.72	89.10	10.89	0.01	0.02
600-699	2927	68.47	93.26	6.73	0.01	0.01
1000 及以上	748	71.24	91.65	8.31	0.04	0.05

二、2022 年磨煤机按转速分类运行可靠性指标

2022 年，低、中、高速磨可用系数分别为 92.77%、93.22%、93.57%，低速磨、高速磨分别同比上升 0.39、0.10 个百分点，中速磨同比下降 0.63 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 66.71%、69.33%、61.66%，低、中、高速磨同比分别上升 0.88、1.72、3.21 个百分点；平均台年运行小时分别增加 76.57、131.59 和 281.04 小时，具体见表 2-4 及图 2-6。

表 2-4 2022 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	1448	66.71	92.77	7.22	0.01	0.02
中速磨	5736	69.33	93.22	6.77	0.02	0.03
高速磨	254	61.66	93.57	6.43	0.00	0.00

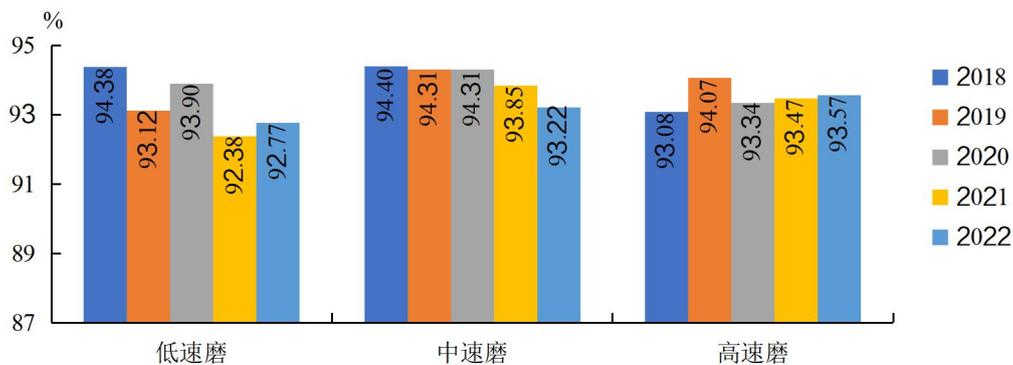


图 2-5 2018-2022 年低、中、高速磨煤机可用系数

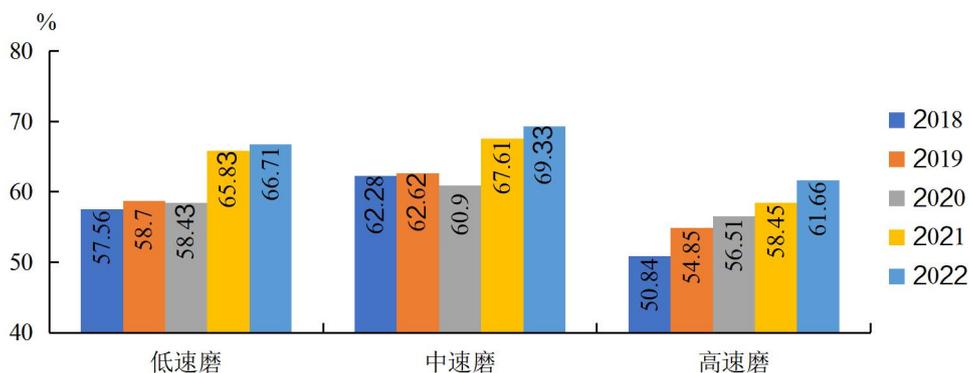


图 2-6 2018-2022 年低、中、高速磨煤机运行系数

三、2022 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 2022 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	690	66.00	93.37	0.03	0.42	27.96
上海电气上重碾磨特装设备有限公司	234	66.84	90.45	0.02	0.39	37.17
福斯特·惠勒公司	123	73.70	94.41	0.00	0.00	0.00
西安电力机械厂	68	64.65	94.99	0.03	0.54	36.50
北京电力设备总厂	57	71.94	89.79	0.00	0.00	0.00
焦作矿山机械厂	47	57.84	89.39	0.00	0.00	0.00
洛阳矿山机器厂	28	53.40	96.04	0.00	0.00	0.00
长春发电设备总厂	23	80.29	92.10	0.00	0.00	0.00
三井巴布科克能源有限公司	20	66.56	88.57	0.00	0.00	0.00
山东济南发电设备厂	20	55.12	92.68	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 2022 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	2106	68.17	92.65	0.01	0.07	7.52
上海电气上重碾磨特装设备有限公司	2038	70.90	93.77	0.04	0.38	16.23
长春发电设备总厂	759	70.72	93.65	0.01	0.09	13.52
北方重工集团有限公司	294	64.13	93.39	0.06	0.00	0.02
三菱公司	57	54.15	90.45	0.12	0.00	0.00
巴布科克公司	43	76.42	94.43	0.00	0.00	0.00
北京重型机器厂	40	71.72	97.60	0.08	2.38	45.17
石川岛播磨株式会社	30	71.93	92.44	0.01	0.00	0.00
湘潭电机股份有限公司	29	71.43	85.88	0.00	0.00	0.00
美国制造厂商	22	64.32	94.21	0.39	1.22	5.55
福斯特·惠勒公司	20	65.07	95.11	0.00	0.00	0.00

（三）高速磨煤机

表 2-7 2022 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	56.53	92.68	0.00	0.00	0.00
北方重工集团有限公司	84	64.09	93.72	0.00	0.00	0.00

四、2022 年磨煤机非计划停运

（一）非计划停运原因分析

2022 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、脱落、堵塞和断裂。造成非计划停运的主要部件是：碗式(HP)中速磨煤机本体磨辊、碗式(HP)中速磨煤机本体出口管、单进单出低速钢球磨煤机本体主轴承、碗式(HP)中速磨煤机本体石子煤室和辊一、碗式(HP)中速磨煤机其他。主要责任原因是：燃料影响、设备老化、产品质量问题、检修质量问题和管理问题。具体见表 2-8。

表 2-8 2022 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	平均每年	平均每次	累计	平均每年		
磨损（机械磨损）	3438.65	0.46	29.64	116	0.02	11.75	30.3
漏粉	1815.35	0.24	9.76	186	0.03	18.84	16.00
脱落	963.63	0.13	35.69	27	0.00	2.74	8.49
堵塞	675.57	0.09	3.95	171	0.02	17.33	5.95
断裂	441.57	0.06	20.07	22	0.00	2.23	3.89

* 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）

2022 年磨煤机非计划停运前五位技术原因中，磨损（机械磨损）占比继续增长排在首位；漏粉占比略有降低，排在第二位；脱落占比大幅提升排在第三位；堵塞占比小幅下降，排在第四位；断裂占比小幅提升，排在第五位。2018-2022 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。

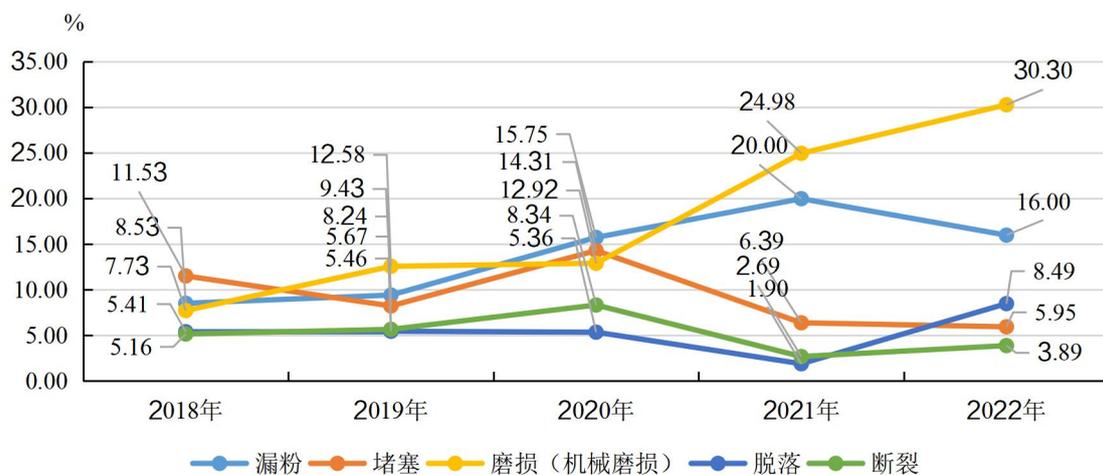


图 2-7 2018-2022 年磨煤机非计划停运前五位技术原因停运小时百分数

(二) 低、中、高速磨煤机非计划停运主要原因

表 2-9 2022 年低、中速磨煤机非计划停运首位技术原因

磨煤机分类	主要原因	停运次数百分数 (%)	停运小时百分数 (%)
低速磨煤机	磨损（机械磨损）	9.90	48.02
中速磨煤机	磨损（机械磨损）	11.96	26.83

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事件最长的三台设备

表 2-10 2022 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 04 号机组 02 号磨煤机	2007-4	557.42	单进单出低速钢球磨煤机本体主轴承磨损 (机械磨损)	沈阳重型机械厂	设备老化 (超期服役)
某电厂 03 号机组 04 号磨煤机	2006-12	164.68	单进单出低速钢球磨煤机本体衬瓦脱落	沈阳重型机械厂	设备老化 (超期服役)
某电厂 04 号机组 丙 0 号磨煤机	1992-12	155.00	单进单出低速钢球磨煤机本体衬瓦磨损 (机械磨损)	沈阳重型机械厂	产品质量问题 (材质问题)

第二节 给水泵组运行可靠性

一、2022 年给水泵组按主机容量分类运行可靠性指标

表 2-11 2022 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	240	35.53	96.17	3.83	0.00	0.00
300-399	1921	58.86	94.24	5.75	0.01	0.02
500-599	22	46.50	91.33	8.67	0.00	0.00
600-699	1210	62.31	93.40	6.59	0.00	0.00
1000 及以上	255	71.96	92.66	7.33	0.01	0.01

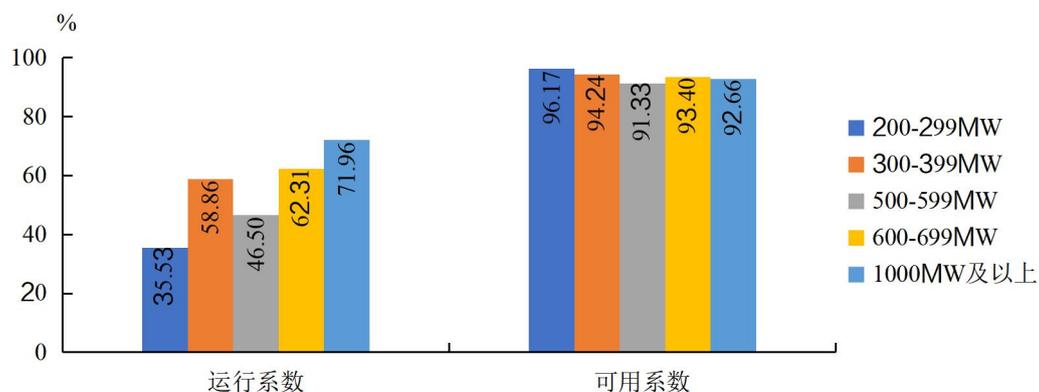


图 2-8 2022 年给水泵按机组容量分类运行系数和可用系数

二、2022 年给水泵组按制造厂分类运行可靠性指标

表 2-12 2022 年给水泵组按制造厂分类运行可靠性指标分布

制造厂家	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	非计划 停运率 (%)	设备因素影响	
					非停小时*	% **
上海能源装备有限公司	1532	60.69	93.60	0.01	0.21	58.03
沈阳水泵厂	726	59.20	94.29	0.02	0.19	16.61
上海水泵厂	170	56.25	93.29	0.01	0.00	0.00
KSB 公司	129	63.54	93.31	0.02	0.07	6.92
苏尔寿公司	105	75.47	95.34	0.01	0.00	0.00
北京电力设备总厂	103	60.32	96.16	0.00	0.17	66.68
郑州电力机械厂	87	47.73	94.33	0.00	0.00	0.00
东方汽轮机厂	55	72.82	91.66	0.00	0.00	0.00
威尔泵有限公司	47	59.67	95.24	0.00	0.00	0.00
三菱公司	46	53.28	91.19	0.00	0.00	0.00
日本制造厂商	40	72.41	95.30	0.00	0.00	0.00
上海凯士比泵公司	40	65.82	92.21	0.05	0.08	2.97
上海汽轮机有限公司 (STC)	39	80.84	90.19	0.00	0.00	0.00
杭州发电设备集团公司	32	55.73	92.13	0.00	0.00	0.00
华北电力设备成套公司	32	76.17	93.52	0.00	0.16	100
英格索兰水泵厂	30	51.75	92.35	0.29	0.00	0.00
上海希科水电设备有限公司	29	56.60	99.24	0.00	0.00	0.00
英国制造厂商	27	53.51	90.87	0.00	0.00	0.00
荏原博泵泵业有限公司	25	66.24	92.09	0.01	0.35	59.34
上海电建修造厂	25	56.11	95.08	0.11	0.09	1.68
上海电机厂	21	30.03	93.67	0.00	0.00	0.00

三、2022 年给水泵组非计划停运

(一) 非计划停运原因

2022 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：振动大、漏水、磨损（机械磨损）、断裂和跳闸。造成非计划停运的主要部件是：给水泵本体泵芯组件、给水泵本体机械密封组件、给水泵液力耦合器输入轴、给水泵前置给水

泵滤网和给水泵本体中间抽头阀门。主要责任原因是：检修质量问题、设备老化、产品质量问题、运行不当。具体见表 2-13。

表 2-13 2022 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		
振动大	418.42	0.11	38.04	11	0.00	6.21	15.78
漏水	375.93	0.10	17.90	21	0.01	11.86	14.17
磨损（机械磨损）	309.67	0.08	28.15	11	0.00	6.21	11.68
断裂	197.10	0.05	65.70	3	0.00	1.69	7.43
跳闸	184.17	0.05	23.02	8	0.00	4.52	6.94

2022 年，给水泵组非计划停运前五位技术原因中，振动大占比大幅上升，是给水泵组非计划停运的主要原因；漏水占比小幅提升，排在第二位；磨损（机械磨损）占比上升，排在第三位；断裂占比大幅下降，排在第四位；跳闸占比成波动趋势，排在第五位。2018-2022 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。

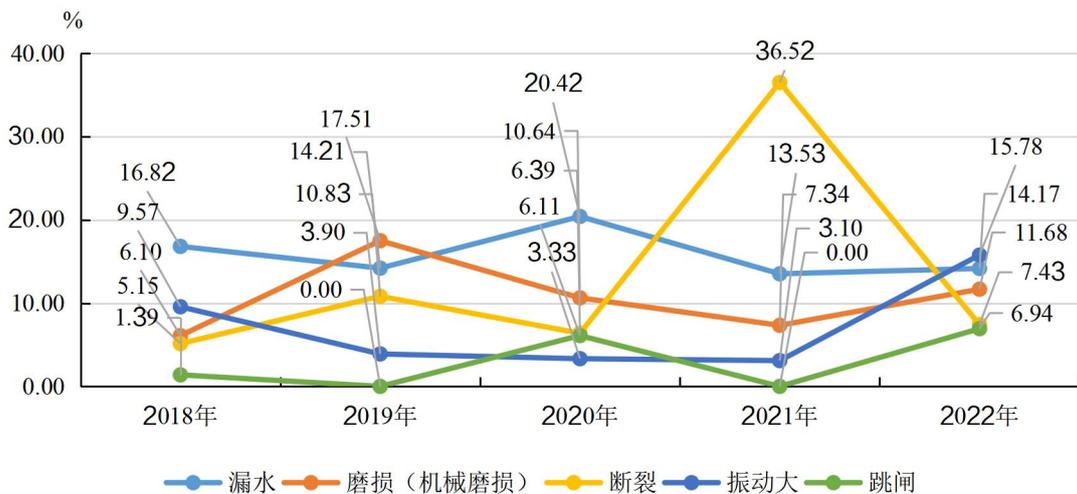


图 2-9 2018-2022 年给水泵组非计划停运前五位技术原因停运小时百分数

(二) 单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 2-14 2022 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 01 号机组 01 号给水泵组	2001-2	307.72	给水泵本体振动大	英格索兰水泵厂	检修质量问题 (管理问题)
某电厂 31 号机组 01 号给水泵组	1991-1	188.37	给水泵液力耦合器输入轴断裂	苏尔寿公司	设备老化 (超期服役)
某电厂 10 号机组 0B 号给水泵组	2008-11	146.80	给水泵本体跳闸	上海电建修造厂	施工安装问题 (工艺问题)

第三节 送风机运行可靠性

一、2022 年送风机按主机容量分类运行可靠性指标

表 2-15 2022 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	207	64.54	95.46	4.54	0.00	0.00
300-399	1408	79.85	94.30	5.68	0.01	0.01
500-599	14	79.25	89.58	10.42	0.00	0.00
600-699	950	79.80	93.38	6.61	0.01	0.01
1000 及以上	252	82.25	92.08	7.91	0.00	0.00

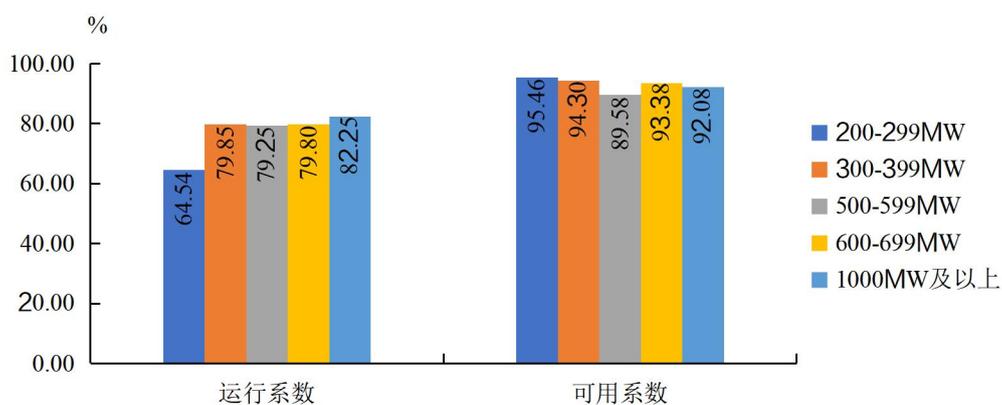


图 2-10 2022 年 200 兆瓦及以上燃煤机组按主机容量分类送风机运行系数和可用系数

二、2022 年送风机按制造厂分类运行可靠性指标

表 2-16 2022 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	1205	80.06	93.70	0.01	0.06	7.81
中国电建集团透平科技有限公司	490	79.14	92.93	0.00	0.11	58.45
沈阳鼓风机厂	470	79.91	93.84	0.04	0.11	4.63
成都风机厂	71	81.83	91.96	0.00	0.00	0.00
豪顿华工程有限公司	65	78.31	92.15	0.00	0.00	0.00
武汉鼓风机厂	44	88.50	94.98	0.01	0.00	0.00
英国制造厂商	36	80.93	95.94	0.00	0.00	0.00
丹麦制造厂商	34	80.19	94.16	0.00	0.00	0.00
成都凯凯凯电站风机有限公司	31	81.97	93.74	0.00	0.00	0.00
山东电力设备有限公司	20	70.25	92.47	0.00	0.00	0.00

三、2022 年送风机非计划停运

(一) 非计划停运原因

2022 年，送风机非计划停运的主要技术原因排在前五位的是：裂纹（开裂）、震动大、焊缝爆泄露、温度高、断裂；造成设备非计划停运的主要部件是：轴流送风机本体风壳、轴流送风机本体液压缸（轮毂）、轴流送风机本体轴、轴流送风机本体动叶片、轴流送风机本体其它；主要责任原因是：设备老化、检修质量问题、产品质量问题、外部原因、运行不当等。具体见表 2-17。

表 2-17 2022 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		
裂纹（开裂）	940.02	0.33	313.34	3	0.00	7.32	38.41
振动大	843.70	0.29	168.74	5	0.00	12.20	34.47
焊缝爆泄露	485.10	0.17	161.70	3	0.00	7.32	19.82
温度高	41.30	0.01	20.65	2	0.00	4.88	1.69
断裂	30.55	0.01	30.55	1	0.00	2.44	1.25

2022年，送风机非计划停运前五位技术原因中，裂纹（开裂）、振动大造成的非计划停运小时占比急剧上升，排在前两位；焊缝爆泄露造成的设备非计划停运前几年未发生，今年首次出现，占比排在第三位；温度高、断裂占比下降，排在第四、第五位。2018-2022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。

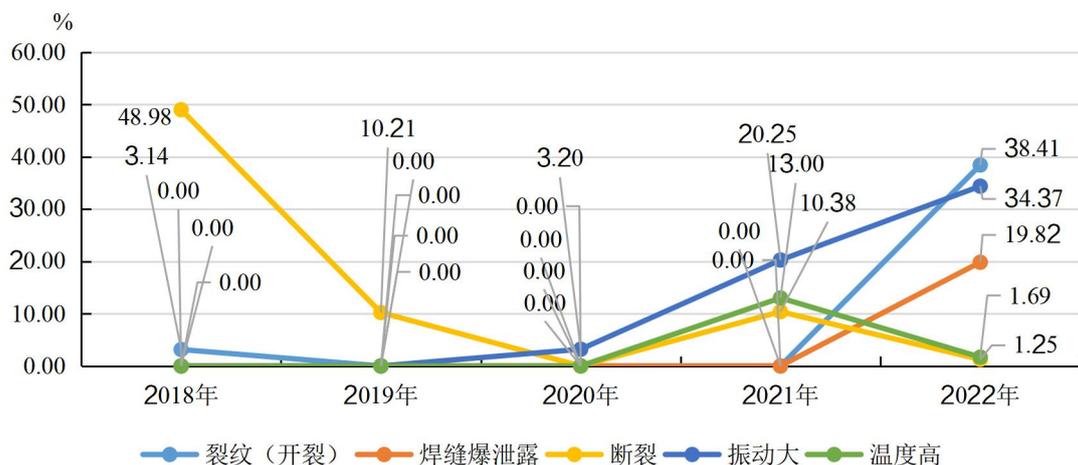


图 2-11 2018-2022 年送风机非计划停运前五位技术原因停运小时百分数

（二）单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 2-18 2022 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 04 号机组 #B 号送风机	2011-10	744.00	动叶调节轴流送风机本体振动大	沈阳鼓风机厂	设备老化（超期服役）
某电厂 02 号机组 01 号送风机	1996-9	468.03	动叶调节轴流送风机裂纹（开裂）	上海鼓风机厂有限公司	设备老化（超期服役）
某电厂 02 号机组 02 号送风机	1996-9	468.03	动叶调节轴流送风机裂纹（开裂）	上海鼓风机厂有限公司	设备老化（超期服役）

第四节 引风机运行可靠性

一、2022 年引风机按主机容量分类运行可靠性指标

表 2-19 2022 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	216	65.13	95.35	4.62	0.03	0.04
300-399	1469	79.79	94.22	5.76	0.02	0.02
500-599	14	80.65	89.22	10.69	0.09	0.11
600-699	962	79.29	93.51	6.49	0.00	0.00
1000 及以上	254	82.10	92.04	7.96	0.00	0.00

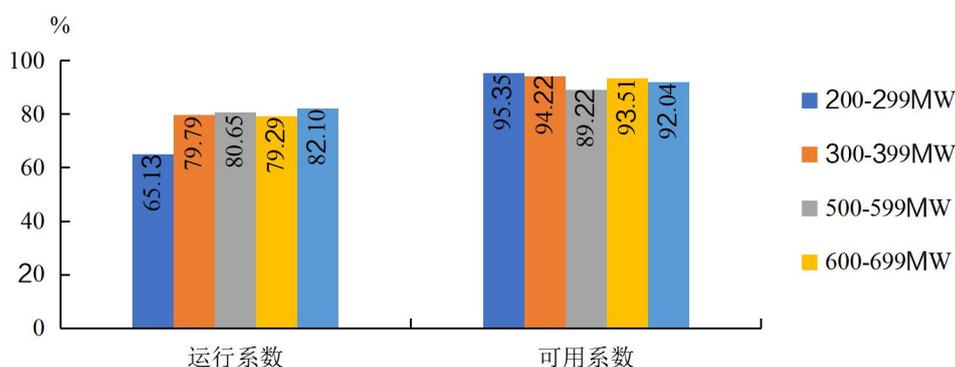


图 2-12 2022 年 200 兆瓦及以上燃煤机组按主机容量分类引风机运行系数、可用系数

二、2022 年引风机按制造厂分类运行可靠性指标

表 2-20 2022 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	1444	79.20	93.60	0.00	0.16	53.09
上海鼓风机厂有限公司	550	80.43	94.19	0.03	0.19	8.68
沈阳鼓风机厂	207	79.63	94.24	0.03	0.23	9.56
成都风机厂	186	80.68	92.77	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*	% **
成都凯凯凯电站风机有限公司	58	82.27	93.10	0.00	0.00	0.00
豪顿华工程有限公司	30	79.64	90.25	0.03	0.07	3.25
山东电力设备有限公司	24	71.22	93.11	0.25	0.34	2.22
成都电力修造厂	22	82.38	91.76	0.00	0.00	0.00
丹麦制造厂商	21	83.66	93.82	0.00	0.00	0.00
英国制造厂商	20	83.73	96.14	0.00	0.00	0.00
武汉鼓风机厂	20	81.28	91.04	0.00	0.00	0.00

三、2022 年引风机非计划停运

(一) 引风机非计划停运原因

2022 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：裂纹（开裂）、振动大、脱落、焊缝爆泄露、断裂；造成设备非计划停运的主要部件是：轴流引风机本体风壳、轴流引风机入口挡板叶片、轴流引风机本体轴承、轴流引风机本体动叶片、轴流引风机本体防失速装置等；主要责任原因是：设备老化、检修质量问题、产品质量问题、设外部原因、施工安装问题等。具体见表 2-21。

表 2-21 2022 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		
裂纹（开裂）	962.72	0.33	320.91	3	0.00	4.55	28.33
振动大	612.83	0.21	68.09	9	0.00	13.64	18.04
脱落	486.77	0.17	243.38	2	0.00	3.03	14.33
焊缝爆（泄）漏	485.10	0.16	242.55	2	0.00	3.03	14.28
断裂	181.60	0.06	45.40	4	0.00	6.06	5.34

2022 年，引风机非计划停运前五位技术原因中，（裂纹开裂）造成的非计划停运小时占比上升，排在第一位；振动大占比三年内持续稳定上升，排在第二位；脱落占比上升较快，排在第三位；焊缝爆泄露五年内第一次出现，占比上升较快，排在第四位；断裂占比下降，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。

(二) 单台全年非计划停运时间最长的三台设备

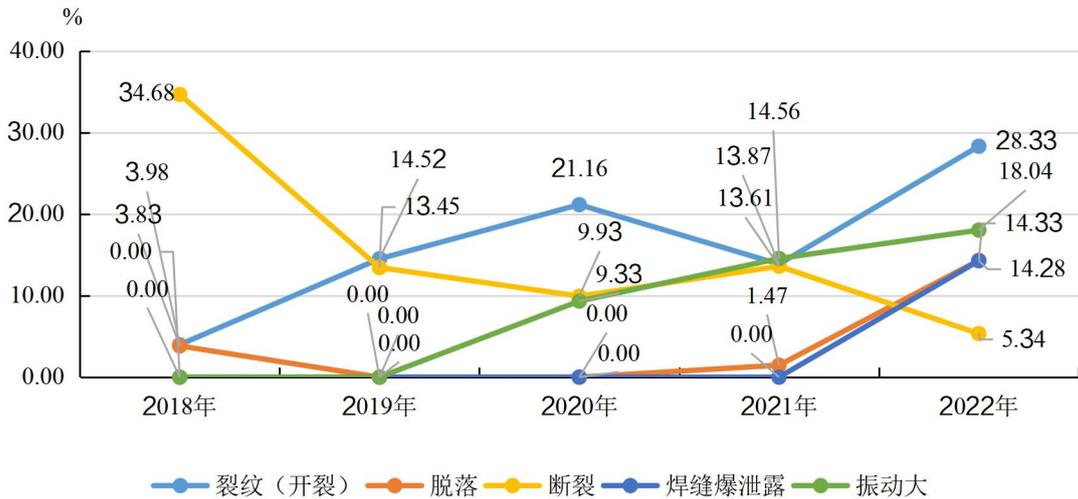


图 2-13 2018-2022 年引风机非计划停运前五位技术原因停运小时百分数

表 2-22 2022 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 02 号机组 01 号引风机	1996-9	468.03	动叶调节轴流引风机 本体裂纹(开裂)	上海鼓风机厂 有限公司	设备老化 (超期服役)
某电厂 02 号机组 02 号引风机	1996-9	468.03	动叶调节轴流引风机 本体裂纹(开裂)	上海鼓风机厂 有限公司	设备老化 (超期服役)
某电厂 02 号机组 01 号引风机	2006-4	450.13	动叶调节轴流引风机 本体轴承振动大	东电力设备厂	设备老化 (超期服役)

第五节 高压加热器运行可靠性

一、2022 年高压加热器按主机容量分类运行可靠性指标

表 2-23 2022 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	260	64.15	96.44	3.54	0.02	0.03
300-399	2166	79.33	94.21	5.77	0.02	0.03

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 (%)
500-599	22	79.71	90.64	9.36	0.00	0.00
600-699	1421	79.78	93.43	6.55	0.02	0.03
1000 及以上	516	82.12	92.74	7.26	0.00	0.00

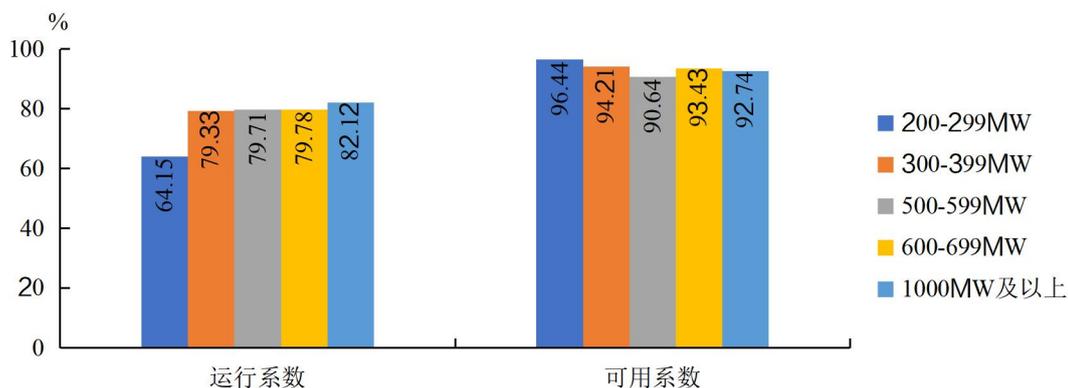


图 2-14 2022 年 200 兆瓦及以上燃煤机组按主机容量分类
高压加热器运行系数和可用系数

二、2022 年高压加热器按制造厂分类运行可靠性指标

表 2-24 2022 年高压加热器按制造厂分类运行可靠性指标分布

制造厂家	统计 台数 (台)	运行 系数 (%)	可用 系数 (%)	非计划 停运率 (%)	设备因素影响	
					非停小时*	% **
上海电气电站设备有限公司 电站辅机厂	1735	80.39	93.91	0.03	0.32	13.01
东方锅炉(集团)股份有限公司	777	78.01	92.63	0.01	0.05	14.31
哈尔滨锅炉厂有限责任公司	770	79.01	93.44	0.00	0.00	0.00
杭州锅炉集团股份有限公司	358	83.57	93.59	0.04	1.70	57.97
青岛锅炉辅机厂	87	83.91	96.17	0.00	0.00	0.00
华北电力设备成套公司	43	84.57	93.06	0.05	0.00	0.00
四川锅炉厂	42	78.32	98.49	0.03	1.61	81.80
福斯特·惠勒公司	32	74.69	90.15	0.00	0.00	0.00
德国制造厂商	30	83.37	94.92	0.00	0.00	0.00
南京汽轮机厂	29	82.87	96.53	0.00	0.00	0.00
三菱公司	21	55.78	92.76	0.00	0.00	0.00
罗马尼亚制造厂商	21	73.75	87.75	0.00	0.00	0.00

制造厂家	统计台数 (台)	运行系数 (%)	可用系数 (%)	非计划停运率 (%)	设备因素影响	
					非停小时*	% **
上海电力机械厂	21	86.48	95.31	0.00	0.00	0.00
阿尔斯通	20	66.35	97.25	0.00	0.00	0.00

三、2022 年高压加热器非计划停运

(一) 非计划停运原因

2022 年，高压加热器非计划停运的主要技术原因排在前五位的分别是：漏水、磨损、汽蚀、腐蚀、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弯头、高压加热器筒体、高压加热器疏水管道阀门、高压加热器盘香管等。主要责任原因是：设备老化、检修质量问题、产品质量问题、外部原因、施工安装问题等。具体见表 2-25。

表 2-25 2022 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	1691.85	0.38	52.87	32	0.01	26.23	22.62
磨损	1380.00	0.31	460.00	3	0.00	2.46	18.45
汽蚀	641.90	0.14	213.97	3	0.00	2.46	8.58
腐蚀	640.60	0.14	106.77	6	0.00	4.92	8.57
腐蚀爆（泄）漏	463.77	0.10	57.97	8	0.00	6.56	6.20

2022 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；磨损、汽蚀占比五年内首次出现，分别排在第二、第三位；腐蚀、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。

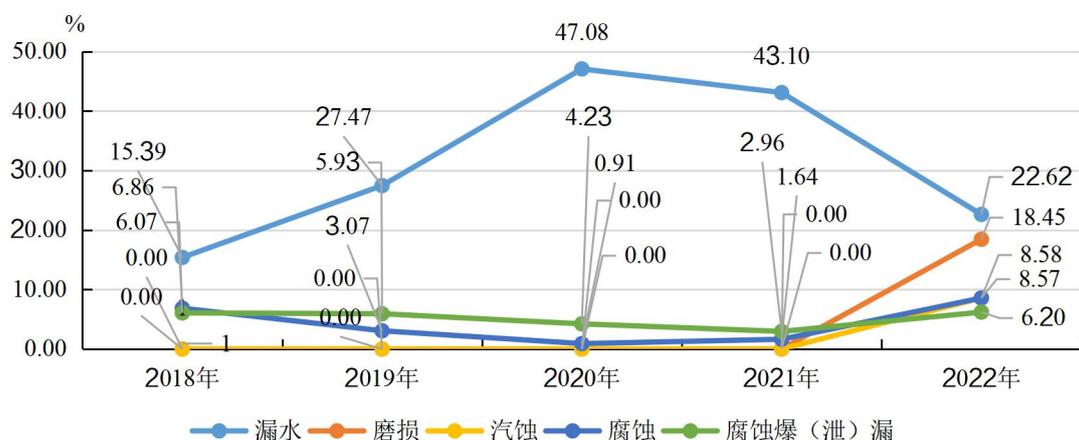


图 2-15 2018-2022 年高压加热器非计划停运前五位技术原因停运小时百分数

(二) 单台全年非计划停运时间较长的三台设备

表 2-26 2022 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 02 号机组 01 号高压加热器	2006-8	460.00	高压加热器疏水管道弯头磨损	上海电气电站设备有限公司	设备老化(超期服役)
某电厂 02 号机组 02 号高压加热器	2006-8	460.00	高压加热器疏水管道弯头磨损	上海电气电站设备有限公司	设备老化(超期服役)
某电厂 02 号机组 03 号高压加热器	2006-8	460.00	高压加热器疏水管道弯头磨损	上海电气电站设备有限公司	设备老化(超期服役)

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

2022 年，纳入可靠性统计的 200 兆瓦及以上容量燃煤机组五种辅助设备磨煤机、给水泵组、送风机、引风机和高压加热器国产化率分别为 91.38%、84.02%、88.37%、91.07%和 92.92%，磨煤机、送风机、引风机、高压加热器国产化率同比下降，给水泵组国产化率同比上升。

国产五种辅机的可用系数分别为 93.15%、93.69%、93.54%、93.67%和 93.57%，与进口设备可用系数相比，国产磨煤机、给水泵组、送风机、引风机高于进口 0.23、

0.14、0.56 和 1.80 个百分点，国产高压加热器低于进口 0.08 个百分点。具体见图 2-16。

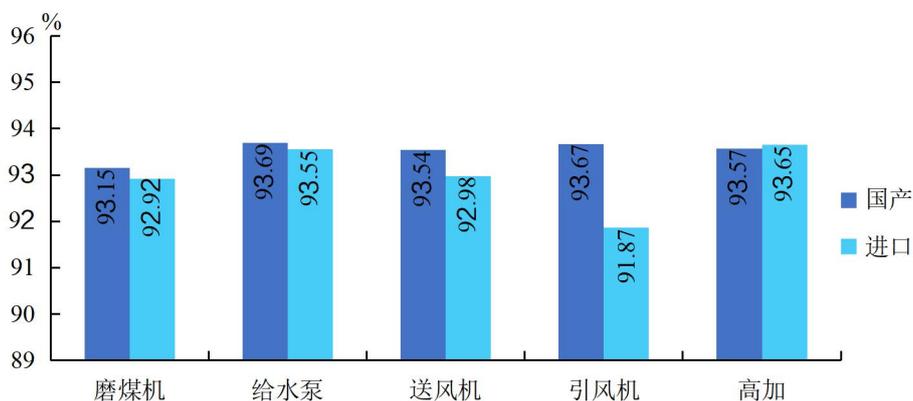


图 2-16 2022 年 200 兆瓦及以上容量燃煤机组五种辅助设备国产、进口可用系数

2022 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 0.02%、0.01%、0.01%、0.01%、0.02%，与进口设备相比，国产磨煤机、给水泵组非计划停运率低于进口设备 0.03、0.01 个百分点，国产送风机、高压加热器高于进口设备 0.01、0.02 个百分点，引风机非计划停运率与进口设备相同。具体见图 2-17。

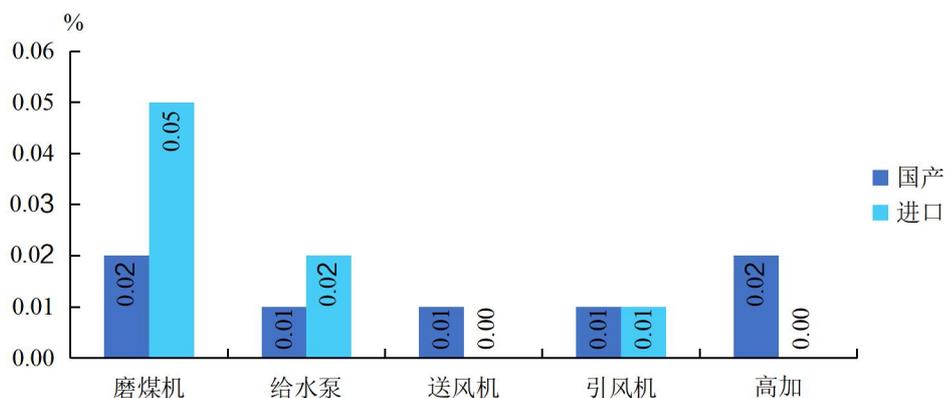


图 2-17 2022 年 200 兆瓦及以上容量燃煤机组五种辅助设备国产、进口非计划停运率

二、300 兆瓦容量等级辅助设备

2022 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 91.16%、89.12%、89.91%、91.01%和 91.60%。国产五种辅机的可用系数分别为 94.04%、94.23%、94.22%、94.23%和 94.09%，与进口设备相比，国产给水泵组、引风机可用系数分别

高于进口设备 0.05 和 0.83 个百分点，其余三种辅机分别低于进口设备 0.33、0.44 和 1.16 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 3.01、3.09、8.22、7.39 和 7.08 个百分点。非计划停运率除给水泵组与进口设备相同，其余国产设备均高于进口设备，分别高 0.03、0.02、0.02 和 0.03 个百分点。具体见表 2-27。

**表 2-27 2022 年 300 兆瓦容量等级燃煤机组五种辅助设备
按国产、进口分类主要可靠性指标**

指标	磨煤机		给水泵		送风机		引风机		高加	
	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口
台数	2950	254	1712	191	1266	122	1337	98	1984	166
运行系数 (%)	68.76	65.75	59.21	56.12	80.88	72.66	80.49	73.1	79.86	72.78
可用系数 (%)	94.04	94.37	94.23	94.18	94.22	94.66	94.23	93.4	94.09	95.25
计划停运系数 (%)	5.94	5.63	5.76	5.81	5.77	5.34	5.75	6.6	5.89	4.75
非计划停运率 (%)	0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00

三、600 兆瓦容量等级辅助设备

2022 年，600 兆瓦容量等级燃煤机组五种辅助设备国产化率分别为 92.07%、83.06%、85.16%、92.00%和 94.72%，五种设备国产化率均同比下降。

五种辅助设备中，除国产磨煤机、给水泵组运行系数分别低于进口设备 2.47 和 4.43 个百分点外，其余国产设备均高于进口设备，分别高 1.50、1.75 和 0.79 个百分点。可用系数除国产给水泵组低于进口设备 0.85 个百分点，其余国产设备均高于进口设备，分别高 1.23、0.91、1.95 和 1.82 个百分点。设备非计划停运率，国产磨煤机、引风机分别低于进口设备 0.07 和 0.01 个百分点，国产给水泵组与进口设备持平，国产送风机、高压加热器分别高于进口设备 0.02、0.03 个百分点。具体见表 2-28。

表 2-28 2022 年 600 兆瓦容量等级的五种辅助设备
按国产、进口分类主要可靠性指标

指标	磨煤机		给水泵		送风机		引风机		高压加热器	
	国产	进口								
台数 (台)	2695	189	1005	176	809	111	885	52	1346	62
运行系数 (%)	68.44	70.91	61.57	66.00	79.94	78.44	79.27	77.52	79.83	79.04
可用系数 (%)	93.32	92.09	93.26	94.11	93.47	92.56	93.60	91.62	93.50	91.68
计划停运系数 (%)	6.67	7.86	6.73	5.89	6.52	7.44	6.40	8.34	6.48	8.32
非计划停运率 (%)	0.01	0.08	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00

第七节 燃煤机组环保系统和设施运行可靠性

2022 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 1933 台、1433 套、1112 套，同比分别增加 46 台、33 套、160 套。除尘设备和脱硫、脱硝系统运行系数分别为 79.95%、79.14%、80.34%，脱硫、脱硝系统同比分别下降 0.24、0.05 个百分点，除尘设备保持不变；三类环保设备可用系数分别为 93.27%、93.40%、93.77%，同比分别下降 0.80、0.52、0.25 个百分点；三类环保设备非计划停运率分别为 0.01%、0.02%、0.00%，除尘设备、脱硝系统同比持平，脱硫系统上升 0.02 个百分点。具体见表 2-29-表 2-31。

表 2-29 2018-2022 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 (%)
2018	1618	73.75	94.14	0.00
2019	1635	74.50	94.11	0.00
2020	1638	72.75	94.66	0.00
2021	1887	79.95	94.07	0.01
2022	1933	79.95	93.27	0.01

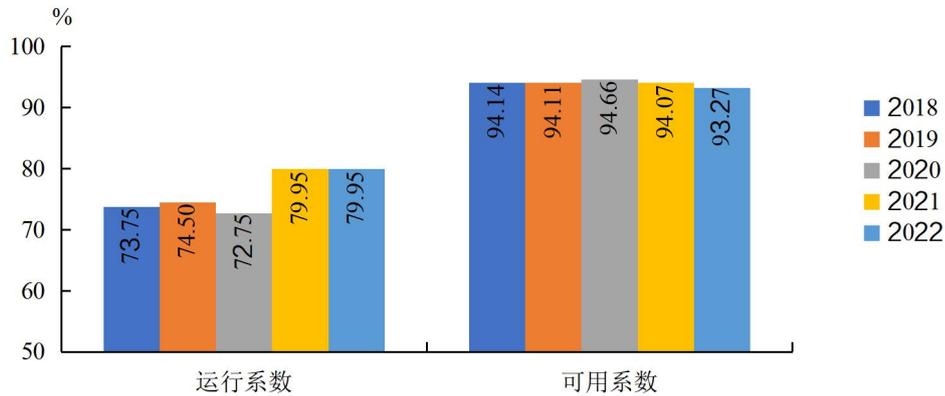


图 2-18 2018-2022 年 200 兆瓦及以上燃煤机组除尘设备运行系数、可用系数

表 2-30 2018-2022 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 (%)
2018	1300	74.00	94.46	0.01
2019	1264	74.54	94.40	0.00
2020	1267	72.79	94.55	0.00
2021	1400	79.38	93.92	0.00
2022	1433	79.14	93.40	0.02

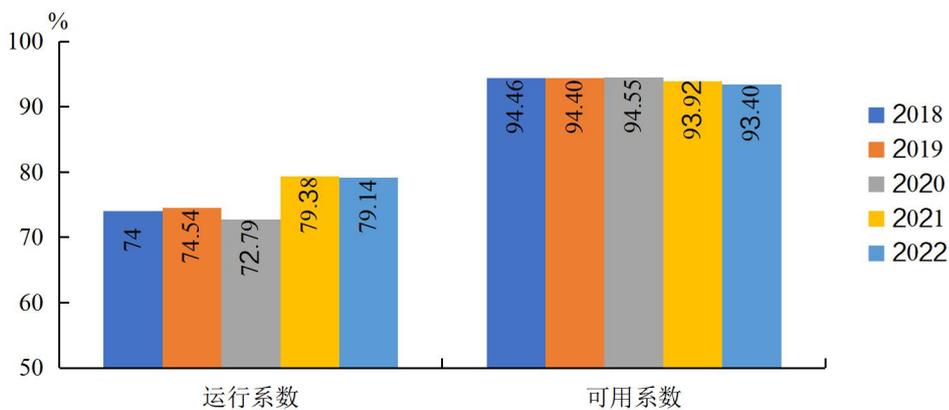


图 2-19 2018-2022 年 200 兆瓦及以上燃煤机组脱硫系统运行系数、可用系数

表 2-31 2019-2022 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

年份	台数	运行系数 (%)	可用系数 (%)	非计划停运率 (%)
2021	952	80.39	94.02	0.00
2022	1112	80.34	93.77	0.00

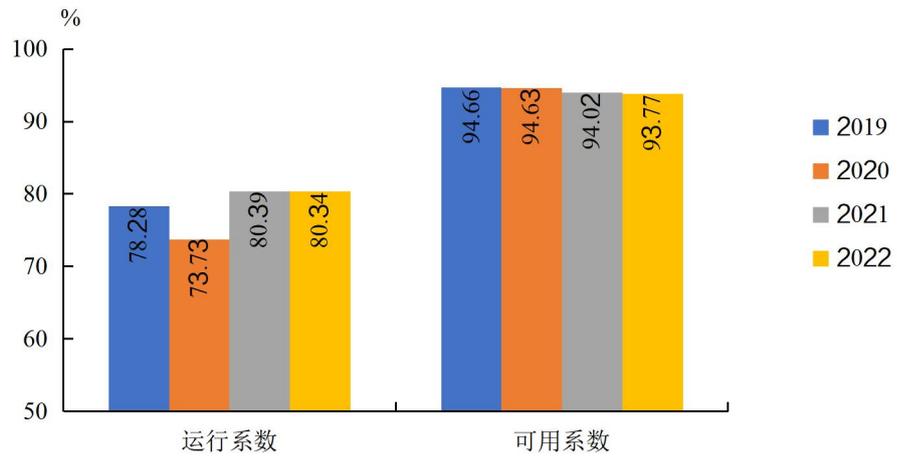


图 2-20 2019-2022 年 200 兆瓦及以上燃煤机组脱硝系统运行系数、可用系数

第三章 2022 年全国 220 千伏及以上电压等级变压器、 断路器、架空线路等十三类输变电设施运行可靠性

十三类输变电设施包括：架空线路¹、变压器²、断路器、电抗器、电流互感器、电压互感器、隔离开关、避雷器、耦合电容器、阻波器、组合电器、电缆线路、母线。

第一节 2022 年全国输变电设施统计数量

2022 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 478 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 12 家发电集团及所辖 673 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、断路器等十三类输变电设施的可靠性统计数据。2022 年全国十三类输变电设施统计数量情况见表 3-1。

表 3-1 全国十三类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	4803.456	360.232	8.458	2462.026	26.667	266.712	425.128	157.206	8509.885
变压器	14131	624	0	6721	6	476	33	214	22205
电抗器	270	244	9	2993	0	702	57	301	4576
断路器	41122	2239	2	8671	0	620	43	57	52754
电流互感器	124255	4276	25	21821	0	322	135	147	150981
电压互感器	66747	6140	0	24470	0	1715	31	660	99763
隔离开关	155369	5102	8	22110	0	1530	143	126	184388

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
避雷器	131195	5986	48	28317	1	2277	461	781	169066
耦合电容器	6281	86	0	409	1	6	22	0	6805
阻波器	9060	575	0	1853	0	4	0	0	11492
电缆线路	68.926	0	0	1.955	0	0	0	0	70.88
组合电器	7192	234	0	2754	0	45	0	119	10344
母线	11712	400	0	2002	0	112	42	24	14292

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

2022 年，除变压器、断路器、隔离开关、电缆线路外，其他设施计划停运时间均低于 2021 年，其中架空线路、电抗器的计划停运时间降幅较大，分别同比下降 5.706 小时/百千米年、3.267 小时/台年。受计划停运时间降低影响，除变压器、断路器、隔离开关、电缆线路外，其它设施可用系数均高于 2021 年，其中架空线路、电抗器增幅较大，分别同比增加 0.056 个、0.045 个百分点。变压器、电流互感器、隔离开关和母线的强迫停运率高于 2021 年，分别同比增加 0.013 次/百台年、0.007 次/百台年、0.006 次/百台年和 0.134 次/百台年。具体指标见表 3-2、图 3-1 和图 3-2。

表 3-2 2021、2022 年全国十三类输变电设施主要可靠性指标

类别	可用系数%		强迫停运率		非计划停运时间		计划停运时间	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
架空线路	99.466	99.522	0.046	0.035	0.170	2.332	44.029	38.323
变压器	99.630	99.468	0.197	0.210	0.342	0.319	31.715	45.735
电抗器	99.761	99.806	0.406	0.110	0.690	0.130	20.007	16.740
断路器	99.839	99.817	0.174	0.086	0.042	0.053	13.957	15.536
电流互感器	99.948	99.950	0.008	0.015	0.011	0.022	4.511	4.239
电压互感器	99.945	99.949	0.016	0.004	0.002	0.012	4.803	4.399
隔离开关	99.965	99.963	0.007	0.013	0.002	0.025	3.078	3.194
避雷器	99.953	99.955	0.012	0.007	0.003	0.005	4.145	3.922
耦合电容器	99.989	99.994	0.013	0	0	0	0.937	0.480

类别	可用系数%		强迫停运率		非计划停运时间		计划停运时间	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
阻波器	99.982	99.988	0.015	0	0.002	0	1.382	0.888
电缆线路	99.970	99.964	0.029	0.014	0.025	0.001	2.590	3.165
组合电器	99.955	99.970	0.024	0.015	0.014	0.018	3.552	2.608
母线	99.947	99.955	0.148	0.282	0.384	0.160	4.211	3.733

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。

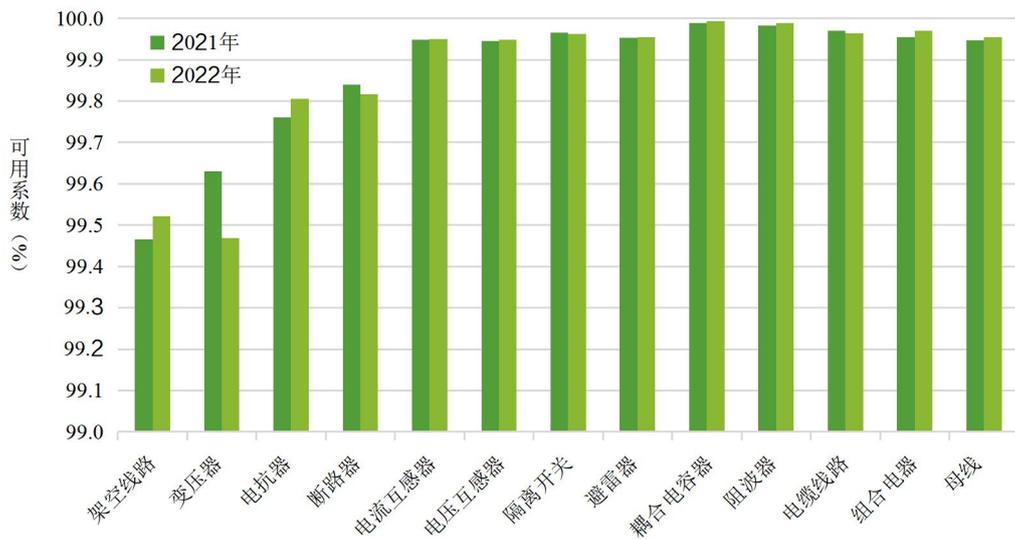


图 3-1 2021、2022 年全国十三类输变电设施可用系数对比

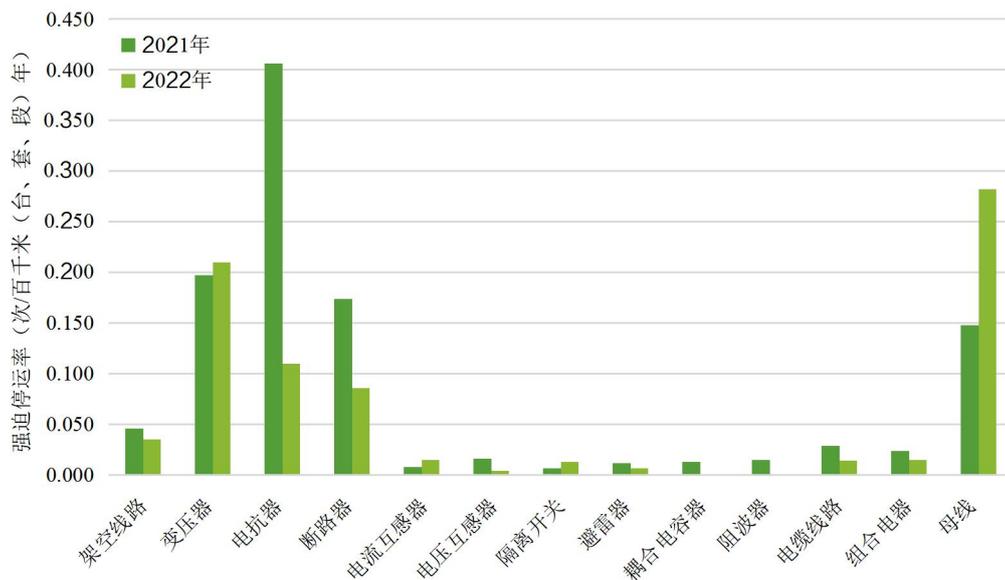


图 3-2 2021、2022 年全国十三类输变电设施强迫停运率对比

第三节 变压器运行可靠性

一、2018-2022 年指标对比

2022 年，变压器的统计数量较 2018 年增加 43.457 百台年，五年年均增长率 5.711%、同比增加 5.484 百台年。变压器可用系数近五年保持在较高水平，但受计划停运影响，整体呈小幅下降趋势；2022 年变压器可用系数较 2018 年下降 0.273 个百分点，同比下降 0.162 个百分点。变压器强迫停运率近五年整体呈平稳波动趋势，2022 年小幅上升；受产品质量不良等因素影响，2022 年变压器强迫停运率较 2018 年上升 0.022 次/百台年，同比上升 0.013 次/百台年。2018-2022 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。

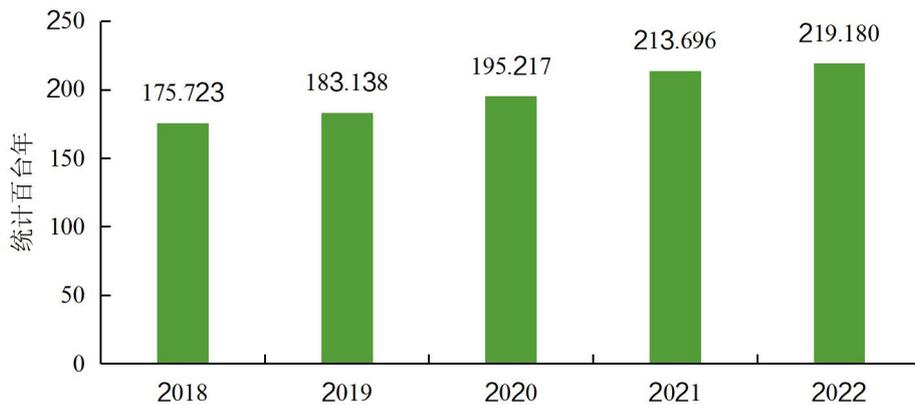


图 3-3 2018-2022 年变压器统计百台年数对比

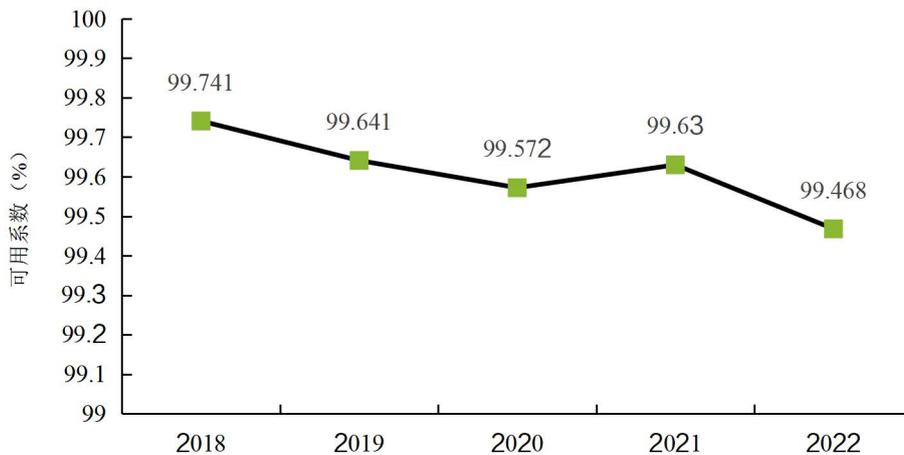


图 3-4 2018-2022 年变压器可用系数对比

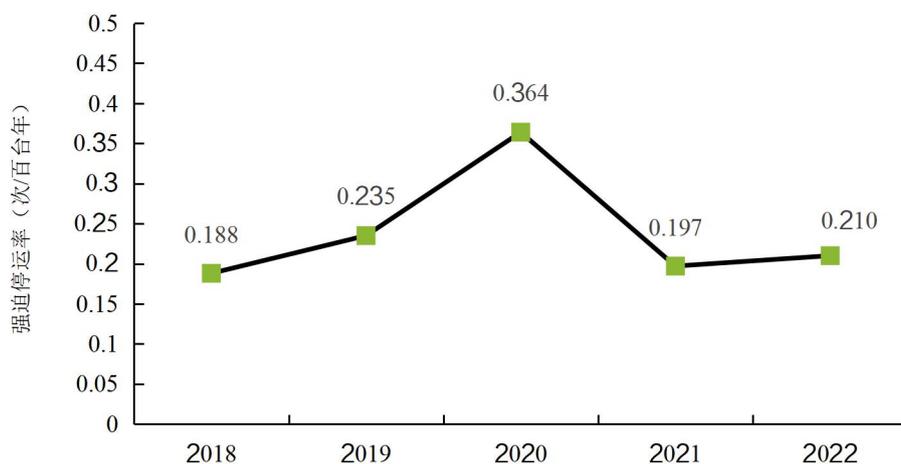


图 3-5 2018-2022 年变压器强迫停运率对比

二、按运行单位分析

2022 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 99.811%、99.660%、99.677%。发电侧 12 家集团公司变压器可用系数前三位分别是内蒙古能源集团有限公司 99.997%、北京能源集团有限责任公司 99.617%、广东省能源集团有限公司 99.598%。

2022 年各单位变压器运行可靠性指标见表 3-3。

表 3-3 2022 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	186.591	99.782	0.171	0.128	19.561	18.314
国家电网有限公司	149.906	99.811	0.153	0.156	15.730	15.748
中国南方电网有限责任公司	30.058	99.660	0.200	0.014	31.971	29.146
内蒙古电力(集团)有限责任公司	6.627	99.677	0.453	0.011	49.948	27.225
发电侧综合	31.929	97.669	0.430	0.630	49.986	202.739
中国华能集团有限公司	5.890	98.786	0.340	0.792	33.277	105.569
中国大唐集团有限公司	4.621	97.326	0.216	0.298	53.885	233.961
中国华电集团有限公司	5.324	97.114	0	0	67.061	252.839

单位	统计数量 (百台年)	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	强迫停运 时间 (小时/台年)	计划 停运率 (次/百台年)	计划停运 时间 (小时/台年)
国家电力投资集团有限公司	3.978	96.105	1.760	3.308	81.951	337.912
中国长江三峡集团有限公司	1.791	95.177	1.675	0.124	113.895	415.412
国家能源投资集团有限责任公司	5.898	97.861	0.170	0.186	37.300	184.856
广东省能源集团有限公司	1.470	99.598	0	0	4.082	35.190
浙江省能源集团有限公司	1.172	97.157	0	0	49.475	249.024
北京能源集团有限责任公司	1.070	99.617	2.803	1.459	9.344	32.049
内蒙古能源集团有限公司	0.465	99.997	0	0	2.152	0.266
河北省建设投资公司	0.170	96.105	0	0	70.588	341.220
深圳能源集团股份有限公司	0.120	99.312	0	0	16.667	60.233

三、按投运时间分析

2022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10322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99.682%和99.547%。非计划停运率较低的是5年以上10年以内和10年以上20年以内的变压器，非计划停运率分别为0.297次/百台年和0.368次/百台年。

2022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 2022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	4317	99.682	19.199	0.497
	220	2310	99.815	17.126	0.318
	330	138	99.896	13.227	0
	500	1605	99.527	21.591	0.415
5—10	综合	5047	99.547	24.098	0.297
	220	3046	99.694	22	0.197
	330	133	99.269	21.053	0.752
	500	1552	99.305	26.869	0.129
10—20	综合	10322	99.397	25.494	0.368
	220	6830	99.501	25.454	0.351

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)
	330	277	99.254	27.378	0
	500	3066	99.197	25.414	0.391
≥20	综合	2519	99.260	26.090	0.396
	220	1945	99.292	24.317	0.410
	330	76	98.289	48.214	0
	500	498	99.288	29.611	0.400

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

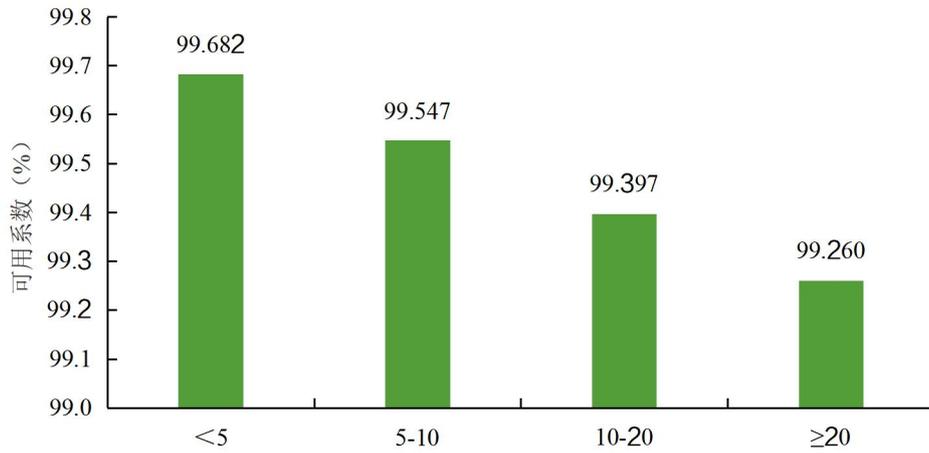


图 3-6 2022 年不同投运时间变压器可用系数对比

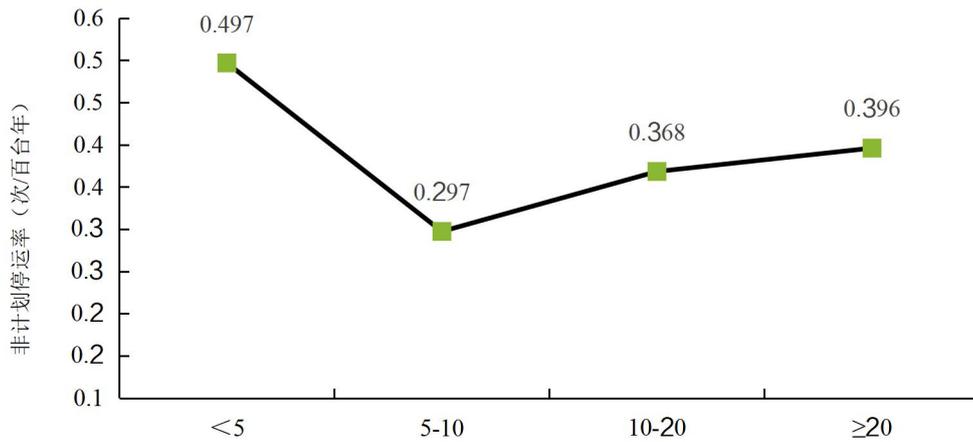


图 3-7 2022 年不同投运时间变压器非计划停运率对比

四、变压器计划停运、非计划停运影响可用系数比较

2022 年，变压器可用系数同比下降 0.162 个百分点。计划停运影响可用系数占

比为 99.314%，同比上升 0.381 个百分点。非计划停运影响可用系数占比 0.686%，同比下降 0.381 个百分点。

2021 和 2022 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 2021、2022 年变压器计划停运、非计划停运影响可用系数比较

指标	2021	2022	比较
可用系数%	99.630	99.468	-0.162
计划停运影响可用系数占比%	98.933	99.314	0.381
非计划停运影响可用系数占比%	1.067	0.686	-0.381

五、变压器非计划停运事件分析

2022 年，变压器共发生非计划停运 83 次，同比增加 7 次。其中 220 千伏有 45 次，同比减少 5 次；330 千伏有 1 次，同比减少 1 次；500 千伏有 22 次，同比增加 5 次；750 千伏有 15 次，同比增加 11 次；1000 千伏有 0 次，同比减少 3 次。2022 年累计非计划停运 0.319 小时/台年，同比减少 0.023 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 41 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 5 次，200 小时以上的停运次数为 6 次。

2022 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 2022 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	41
5-100	31
100-200	5
≥200	6

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

（二）按部件因素分析

2022 年，套管、其它部件设备和非电量保护装置是引起 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 26 次、12 次和 5 次。套管、绕组、油箱及储油柜是引起 220 千伏及以上变压器非计划停运时间较长的前

三位部件因素，分别引起非计划停运 2402.84 小时、2127.25 小时和 217.02 小时。

2022 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 3-11。

表 3-7 2022 年 220 千伏及以上变压器按部件原因分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
套管	26	2402.84	43.34
其它部件设备	12	90.35	1.63
非电量保护装置	5	50.74	0.92
油箱及储油柜	4	217.02	3.91
引流线	4	24.88	0.45
冷却系统	4	39.90	0.72
内部引线及绝缘支架	3	0.06	0.00
一次系统	3	22.33	0.40
绕组	3	2127.25	38.37
继电保护	3	40.10	0.72
分接开关	1	75.83	1.37
其他	15	453.06	8.17

表 3-8 2022 年 220 千伏变压器按部件原因分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
套管	8	1235.05	65.62
其它部件设备	9	72.53	3.85
非电量保护装置	2	28.39	1.51
油箱及储油柜	1	30.52	1.62
引流线	3	18.33	0.97
冷却系统	3	24.62	1.31
一次系统	2	22.00	1.17
绕组	1	0.30	0.02
继电保护	2	34.55	1.84
分接开关	1	75.83	4.03
其他	13	340.06	18.07

表 3-9 2022 年 330 千伏变压器按部件分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
一次系统	1	0.33	100

表 3-10 2022 年 500 千伏变压器按部件分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
套管	9	49.21	2.03
其它部件设备	3	17.82	0.73
非电量保护装置	3	22.35	0.92
油箱及储油柜	1	78.98	3.25
冷却系统	1	15.28	0.63
绕组	2	2126.95	87.56
继电保护	1	5.55	0.23
其他	2	113.00	4.65

表 3-11 2022 年 750 千伏变压器按部件分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
套管	9	1118.58	90.74
油箱及储油柜	2	107.52	8.72
引流线	1	6.55	0.53
内部引线及绝缘支架	3	0.06	0.00

(三) 按责任原因分析

2022 年，产品质量不良、自然灾害和气候因素是引起 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 22 次、12 次和 11 次。产品质量不良、外部原因和施工安装不良是引起 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 3611.26 小时、1086.6 小时和 226.54 小时。

2022 年变压器按责任原因分类的非计划停运情况见表 3-12 至表 3-16。

表 3-12 2022 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	22	3611.26	65.714
自然灾害	12	61.12	1.112
气候因素	11	70.25	1.278
施工安装不良	6	226.54	4.122
电力系统影响	5	45.35	0.825
规划、设计不周	5	56.60	1.030
设备老化	5	13.37	0.243
动物事故	4	42.71	0.777
管理不当	4	17.59	0.320
外部原因	3	1086.60	19.773
检修质量不良	2	4.60	0.084
其它	2	121.22	2.206
运行不当	2	138.18	2.514

表 3-13 2022 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	1279.31	67.970
气候因素	8	70.19	3.729
设备老化	5	13.37	0.710
动物事故	4	42.71	2.269
管理不当	4	17.59	0.935
自然灾害	3	60.88	3.235
电力系统影响	2	5.02	0.267
规划、设计不周	2	34.25	1.820
检修质量不良	2	4.60	0.244
其它	2	121.22	6.440
施工安装不良	2	95.19	5.057
运行不当	1	137.85	7.324

表 3-14 2022 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 (%)
运行不当	1	0.33	100

表 3-15 2022 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 (%)
自然灾害	9	0.24	0.010
产品质量不良	5	2192.47	92.114
电力系统影响	3	40.33	1.694
规划、设计不周	3	22.35	0.939
施工安装不良	2	124.78	5.242

表 3-16 2022 年 750 千伏变压器按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
产品质量不良	7	139.48	11.315
外部原因	3	1086.60	88.147
气候因素	3	0.06	0.005
施工安装不良	2	6.57	0.533

(四) 按制造厂家分析

变压器按制造厂家分类（按统计台数排序，本章下同）的可靠性指标情况见表 3-17 至 3-22。

表 3-17 2022 年 220 千伏变压器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计台数 (台)	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)*	占该厂非停总时间比例 (%)**	强迫停运率(次/百台年)
保定天威保变电气股份有限公司	1398	99.244	0.286	0.001	1.954	0
特变电工衡阳变压器有限公司	1296	99.527	0.078	0	0	0
特变电工（沈阳）变压器集团公司	1207	99.385	0.250	0.063	69.764	0.083
常州西电变压器有限责任公司	974	99.734	0	0	0	0

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
山东电力设备有限公司	925	99.744	0.330	0.496	74.714	0.110
合肥 ABB 变压器有限公司	852	99.858	0.117	0	0	0
江苏华鹏变压器有限公司	614	99.774	0.165	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司 (西安变压器厂)	586	99.295	0.171	0	0	0
中山 ABB 变压器有限公司	568	99.587	0.000	0.004	0.656	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂 (新疆特种变压器厂)	563	99.478	0	0	0	0
广州西门子变压器有限公司 (广州维奥伊林变压器厂)	538	99.706	0.372	0.386	100	0.372
济南西门子变压器有限公司	430	99.831	0	1.184	90.520	0
常州东芝变压器有限公司	388	99.293	0.268	0	0	0
山东达驰电气有限公司	380	99.810	0	0	0	0
山东泰开变压器有限公司	341	99.765	0	0	0	0
山东鲁能泰山电力设备有限公司 泰安泰山电气有限公司	262	99.862	0	0	0	0
葫芦岛电力设备厂	249	99.793	0	0	0	0
哈尔滨变压器厂	223	99.927	0.454	0	0	0
西门子(SIEMENS)公司	151	99.886	0	0	0	0
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)	120	99.738	0	0	0	0
青岛青波变压器股份有限公司	115	99.591	0	0	0	0
云南变压器电气股份有限公司	97	99.413	0	0	0	0
重庆 ABB 变压器有限公司	92	99.276	0	0	0	0
正泰电气股份有限公司	91	99.817	0	0	0	0
西电济南变压器股份有限公司	78	99.908	0	0	0	0
天威保变(合肥)变压器有限公司 (合肥金环变压器有限责任公司、 合肥变压器厂)	77	98.767	0	0	0	0
吴江变压器有限公司	77	99.842	0	0	0	0
卧龙电气烟台东源变压器有限公司 (烟台市变压器厂)	76	99.492	0	0	0	0

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
长春三鼎变压器有限公司	67	99.993	0	0	0	0
广州电力设备厂	65	99.780	0	0	0	0
三变科技股份有限公司 (三门变压器厂)	63	99.769	0	0	0	0
南京立业电力变压器有限公司	51	99.791	2.065	0	0	0
东芝(TOSHIBA)公司	39	99.426	0	0	0	0
江西变压器厂	38	99.524	0	0.493	100	0
上海 AREVA 变压器有限公司	37	99.929	0	0	0	0
南通变压器厂	37	98.873	0	0.074	100	0
重庆重变电器有限责任公司 (重庆变压器厂)	26	99.571	0	0	0	0
太原变压器厂	25	97.876	0	0	0	0
上海电力变压器厂	23	99.940	0	0	0	0
济南志友集团股份有限公司	23	99.724	0	0	0	0
西安变压器电炉厂	21	99.766	0	0	0	0
三菱(MHISUBISHI)公司	17	99.531	0	0	0	0
阿尔斯通公司	16	99.716	0	0	0	0
上能新特变压器有限公司	16	98.675	0	0	0	0
重庆市亚东亚集团变压器有限公司 (重庆博联变压器有限公司、重庆涪陵变压器厂)	14	99.363	0	0	0	0
上海 ABB 变压器有限公司	14	97.714	0	0	0	0
保定保菱变压器有限公司	14	96.883	0	0	0	0
伊林(ELIN)联合公司	12	100	0	0	0	0
法国阿海珐(AREAVA)公司	12	99.594	0	0	0	0
(BRUSH)电气机械公司	12	99.923	8.333	0	0	0
阿海珐输配电隔离开关(无锡)有限公司	12	100	0	0	0	0
扎布罗什变压器厂(II A III)	11	99.233	0	0	0	0
GEC-阿尔斯通公司	11	99.847	0	0	0	0
重庆南瑞博瑞变压器有限公司	11	100	0	0	0	0
南京南瑞继保电气有限公司	11	100	0	0	0	0

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
杭州钱江变压器厂	10	99.813	0	0	0	0

* 此项为由于设备因素造成的非计划停运小时；

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

另：统计台数少于10台的制造厂家未列入上表(下同)。

表 3-18 2022 年 330 千伏变压器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
西安西电变压器有限责任公司 (西安变压器厂)	218	99.497	0	0	0	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂 (新疆特种变压器厂)	88	99.225	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	63	98.683	1.587	0	0	0
特变电工(沈阳)变压器集团公司	49	97.915	0	0	0	0
山东电力设备有限公司	43	99.938	0	0	0	0
常州东芝变压器有限公司	26	99.265	0	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	24	99.828	0	0	0	0
常州西电变压器有限责任公司	21	99.674	0	0	0	0
山东泰开变压器有限公司	14	99.818	0	0	0	0
济南西门子变压器有限公司	11	99.860	0	0	0	0

表 3-19 2022 年 500 千伏变压器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
保定天威保变电气股份有限公司	911	98.369	0.336	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	845	99.195	1.082	0	0	0

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
特变电工(沈阳)变压器集团公司	819	99.150	0.125	0	0	0
重庆ABB变压器有限公司	653	99.806	0	0.007	100	0
常州东芝变压器有限公司	539	99.390	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司 (西安变压器厂)	496	99.678	0.206	0.025	27.696	0.206
山东电力设备有限公司	345	99.730	0	0	0	0
常州西电变压器有限责任公司	340	99.531	0	0	0	0
重庆重变电器有限责任公司 (重庆变压器厂)	195	99.303	0	0	0	0
济南西门子变压器有限公司	164	99.862	0	0	0	0
东芝(TOSHIBA)公司	148	99.340	0.676	14.160	100	0.676
三菱(MHISUBISHI)公司	128	99.195	0	0	0	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂 (新疆特种变压器厂)	119	99.646	0	0	0	0
吴江变压器有限公司	102	99.865	0	0.055	100	0
广州西门子变压器有限公司 (广州维奥伊林变压器厂)	97	99.490	0	0.385	100	0
山东泰开变压器有限公司	78	99.960	0	0	0	0
西门子(SIEMENS)公司	71	99.046	0	0	0	0
山东达驰电气有限公司	63	99.919	0	0	0	0
扎布罗什变压器厂(IIA III)	46	99.961	0	0	0	0
三菱东芝	44	99.614	0	0	0	0
上海阿尔斯通有限公司	36	99.675	0	0	0	0
上海AREVA变压器有限公司	33	99.870	0	0	0	0
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)	24	98.027	0	0	0	0
阿尔斯通公司	20	100	0	0	0	0
日立(HITACHI)公司	20	98.886	0	0	0	0
ABB德国公司	19	99.745	0	0	0	0
正泰电气股份有限公司	18	99.903	0	0	0	0

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
山东鲁能泰山电力设备有限公司泰安泰山电气有限公司	15	99.779	0	0	0	0
法国阿海珐(AREAVA)公司	12	99.677	0	0	0	0
上海ABB变压器有限公司	11	100	0	0	0	0
南通变压器厂	11	94.605	0	29.818	100	0
GEC-阿尔斯通公司	10	99.194	0	0	0	0

表 3-20 2022 年 750 千伏变压器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
保定天威保变电气股份有限公司	94	99.285	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司(西安变压器厂)	91	99.863	2.198	1.533	95.515	1.099
山东电力设备有限公司	87	99.578	1.211	0	0	0
特变电工(沈阳)变压器集团公司	55	99.592	0	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	45	99.960	6.667	0	0	0
常州东芝变压器有限公司	36	99.456	0	0	0	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂(新疆特种变压器厂)	23	99.418	0	0	0	0
重庆ABB变压器有限公司	22	94.649	13.636	0	0	0

表 3-21 2022 年 800 千伏变压器按制造厂家分类的非计划停运情况

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

表 3-22 2022 年 1000 千伏变压器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计台数(台)	可用系数(%)	强迫停运率(次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间(小时/台年)*	占该厂非停总时间比例(%)**	强迫停运率(次/百台年)
特变电工(沈阳)变压器集团公司	72	99.158	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	43	99.566	0	0	0	0
山东电力设备有限公司	38	99.905	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司(西安变压器厂)	25	98.493	0	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	21	99.684	0	0	0	0

第四节 断路器运行可靠性

一、2018-2022 年指标对比

2022 年，断路器的统计数量较 2018 年增加 62.512 百台年，五年年均增长率 3.264%、同比增加 1.817 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，2022 年断路器可用系数较 2018 年下降 0.091 个百分点，同比下降 0.022 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，2022 年断路器强迫停运率较 2018 年下降 0.035 次/百台年，同比下降 0.088 次/百台年。

2018-2022 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。

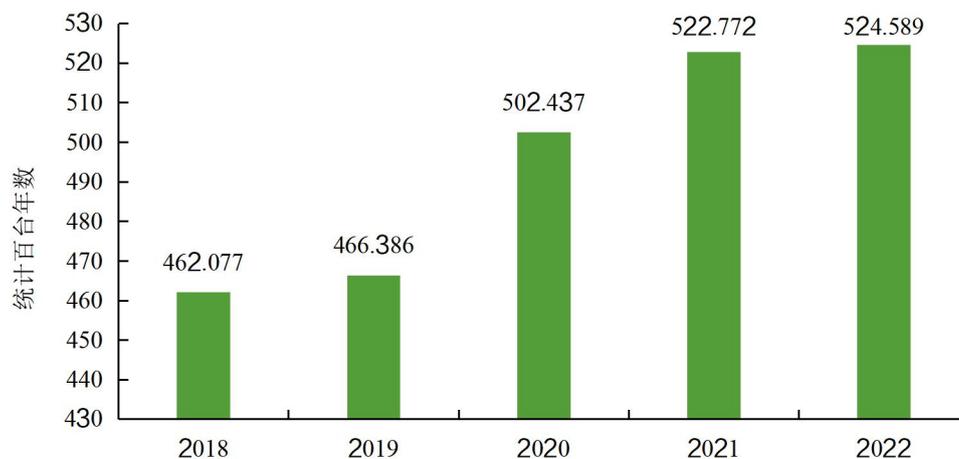


图 3-8 2018-2022 年断路器统计百台年数对比

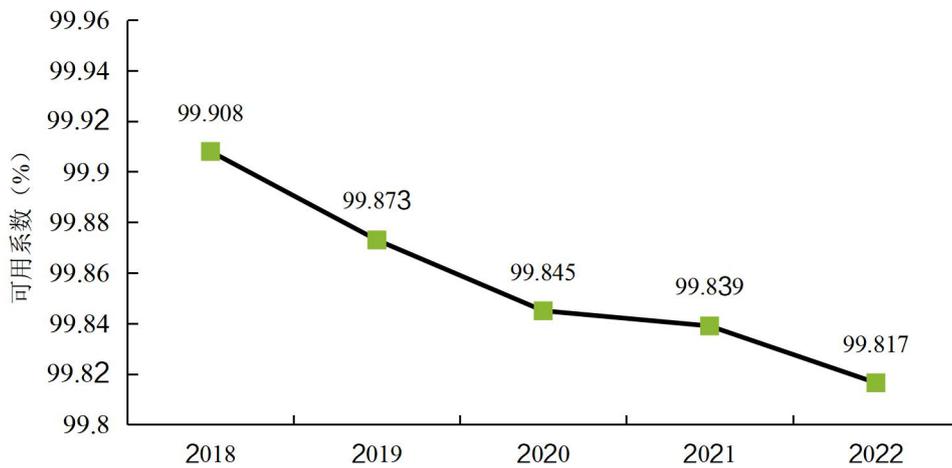


图 3-9 2018-2022 年断路器可用系数对比

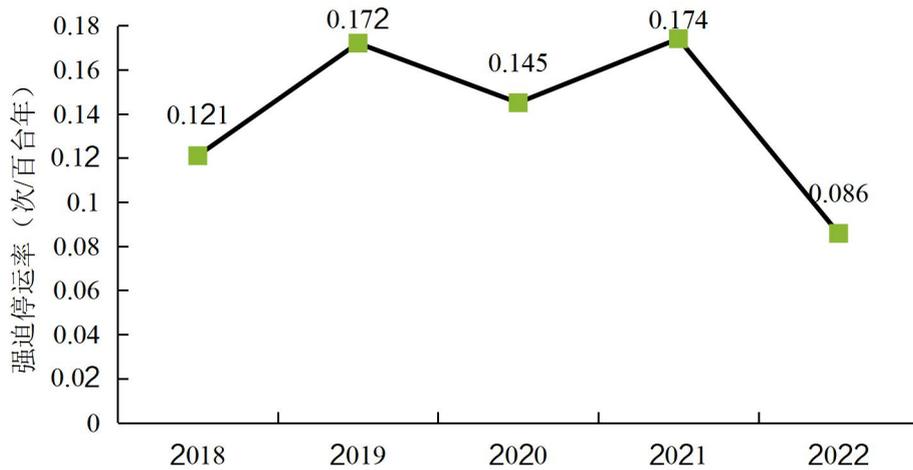


图 3-10 2018-2022 年断路器强迫停运率对比

二、按运行单位分析

2022 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 99.889%、99.775%、99.839%。发电侧 12 家集团公司断路器可用系数排名靠前的分别为北京能源集团有限责任公司 99.787%、广东省能源集团有限公司 99.775%、中国华能集团有限公司 99.489%。

2022 年各单位断路器运行可靠性指标见表 3-23。

表 3-23 2022 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	478.644	99.865	0.086	0.009	13.206	11.260
国家电网有限公司	365.585	99.889	0.057	0.004	9.188	9.027
中国南方电网有限责任公司	93.158	99.775	0.129	0.010	24.335	19.544
内蒙古电力(集团)有限责任公司	19.902	99.839	0.402	0.098	34.922	13.504
发电侧综合	45.945	99.312	0.087	0.056	21.156	60.080
中国华能集团有限公司	7.900	99.489	0.127	0.011	13.924	44.774
中国大唐集团有限公司	5.718	99.020	0.175	0.241	24.484	85.650
中国华电集团有限公司	7.758	99.372	0	0	23.975	55.036
国家电力投资集团有限公司	5.870	99.363	0.170	0.001	20.102	55.825
中国长江三峡集团有限公司	1.520	97.938	0	0	88.158	180.591
国家能源投资集团有限责任公司	9.983	99.184	0.100	0.110	21.837	71.358
广东省能源集团有限公司	2.300	99.775	0	0	7.826	19.711
浙江省能源集团有限公司	1.571	99.168	0	0	26.732	69.399
北京能源集团有限责任公司	1.430	99.787	0	0	2.797	18.662
内蒙古能源集团有限公司	0.543	99.343	0	0	33.136	57.559
河北省建设投资公司	0.290	98.483	0	0	68.966	132.927
深圳能源集团股份有限公司	0.080	97.943	0	0	100	180.210

三、按投运时间分析

2022 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 30333 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 99.905% 和 99.865%。非计划停运率较低的是 20 年以上和 5 年以内的断路器, 非计划停运率分别为 0.080 次/百台年和 0.098 次/百台年。

2022 年不同投运时间断路器可靠性指标情况见表 3-24、图 3-11 和图 3-12。

表 3-24 2022 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	6515	99.905	11.236	0.098
	1000	19	100	0	0
	750	234	99.579	37.224	0
	500	1145	99.793	19.269	0.184
	330	322	99.934	4.630	0
	220	4787	99.946	8.497	0.089
5—10	综合	9661	99.865	13.279	0.145
	1000	28	99.995	0	3.571
	750	210	99.515	28.095	1.905
	500	1582	99.722	25.384	0.189
	330	414	99.887	8.454	0.242
	220	7409	99.904	10.629	0.067
10—20	综合	30333	99.791	14.675	0.194
	750	176	99.392	38.068	2.273
	500	5303	99.526	24.619	0.377
	330	1200	99.863	10.083	0
	220	23625	99.849	12.519	0.148
≥20	综合	6243	99.779	13.743	0.080
	500	641	99.621	29.652	0.154
	330	303	99.866	10.561	0
	220	5299	99.793	11.988	0.075

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

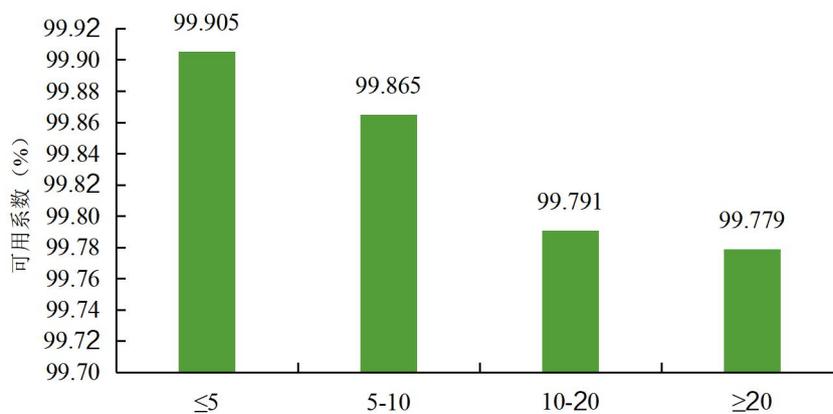


图 3-11 2022 年不同投运时间断路器可用系数对比

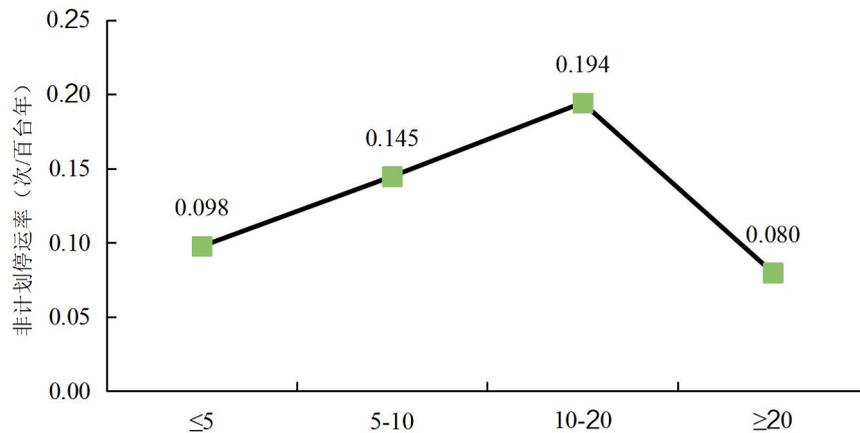


图 3-12 2022 年断路器不同投运时间非计划停运率对比

四、计划停运、非计划停运影响可用系数比较

2022 年，断路器可用系数同比下降 0.022 个百分点。计划停运影响可用系数占比为 99.668%，同比下降 0.032 个百分点。非计划停运影响可用系数占比 0.332%，同比上升 0.032 个百分点。

2021、2022 年断路器计划停运、非计划停运影响可用系数比较见表 3-25。

表 3-25 2021、2022 年断路器计划停运、非计划停运影响可用系数比较

指标	2021	2022	比较
可用系数%	99.839	99.817	-0.022
计划停运影响可用系数占比%	99.700	99.668	-0.032
非计划停运影响可用系数占比%	0.300	0.332	0.032

五、断路器非计划停运事件分析

2022 年，断路器共发生非计划停运 84 次，同比减少 38 次。其中 220 千伏有 48 次，同比减少 29 次；330 千伏有 1 次，同比减少 4 次；500 千伏有 26 次，同比减少 5 次；750 千伏有 8 次，同比减少 1 次；1000 千伏有 1 次，同比增加 1 次。2022 年累计非计划停运 0.053 小时/台年，同比增加 0.011 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 33 次，5-100 小时的 48 次，100 小时以上的停运次数总计 3 次。

2022 年断路器按停运时间分类的非计划停运情况见表 3-26。

表 3-26 2022 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	33
5-100	48
≥100	3

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

（二）按部件因素分析

2022 年，操作机构、本体其他部件、灭弧部分是引起 220 千伏及以上断路器非计划停运次数较多的前三位部件因素，分别引起非计划停运 29 次、22 次和 12 次。本体其他部件、操作机构、灭弧部分是引起 220 千伏及以上断路器非计划停运时间较长的前三位部件因素，分别引起非计划停运 840.63 小时、436.05 小时和 397.88 小时。

2022 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 3-27 至 3-32。

表 3-27 2022 年 220 千伏及以上断路器按部件原因分类的非计划停运情况

非计划停运部件	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
操作机构	29	436.05	21.600
本体其他部件	22	840.63	41.641
灭弧部分	12	397.88	19.709
辅助部分	6	8.72	0.432
一次系统	6	27.01	1.338
其他	4	271.18	13.433
二次回路公用设备	3	33.68	1.668
继电保护	2	3.62	0.179

表 3-28 2022 年 220 千伏断路器按部件分类的非计划停运情况

非计划停运部件	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
操作机构	17	339.48	40.554
灭弧部分	9	184.62	22.055
本体其他部件	6	101.60	12.137

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(%)
辅助部分	5	8.70	1.039
一次系统	5	15.83	1.891
二次回路公用设备	2	21.90	2.616
继电保护	2	3.62	0.432
其他	2	161.35	19.275

表 3-29 2022 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(%)
其他	1	0.33	100

表 3-30 2022 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(%)
本体其他部件	13	658.45	61.471
操作机构	8	78.16	7.297
灭弧部分	3	213.26	19.909
二次回路公用设备	1	11.78	1.100
其他	1	109.50	10.223

表 3-31 2022 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(%)
操作机构	4	18.41	18.594
本体其他部件	3	80.58	81.386
辅助部分	1	0.02	0.020

表 3-32 2022 年 1000 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	1	11.18	100

(三) 按责任因素分析

2022 年，产品质量不良、设备老化、电力系统影响是引起 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 32 次、13 次和 12 次。电力系统影响、产品质量不良、设备老化是引起 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 728.31 小时、518.77 小时和 250.67 小时。

2022 年各电压等级断路器按责任原因分类的非计划停运情况见表 3-33 至 3-38。

表 3-33 2022 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	32	518.77	25.697
设备老化	13	250.67	12.417
电力系统影响	12	728.31	36.077
气候因素	7	136.68	6.770
外力损坏	6	10.99	0.544
施工安装不良	4	82.43	4.083
运行不当	3	138.36	6.854
待查	2	4.38	0.217
检修质量不良	2	15.93	0.789
自然灾害	2	22.75	1.127
施工安装不良	1	109.5	5.424

表 3-34 2022 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	18	192.93	23.047
设备老化	9	190.29	22.732
外力损坏	6	10.99	1.313
电力系统影响	5	211.9	25.314
检修质量不良	2	15.93	1.903
施工安装不良	2	3.23	0.386
运行不当	2	138.03	16.489
自然灾害	2	22.75	2.718
气候因素	1	49	5.854
待查	1	2.05	0.245

表 3-35 2022 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(%)
运行不当	1	0.33	100

表 3-36 2022 年 500 千伏断路器按责任原因分类的非计划停运情况

非计划停运原因	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比(%)
产品质量不良	10	318.36	29.721
电力系统影响	7	516.41	48.211
气候因素	4	66.5	6.208
设备老化	4	60.38	5.637
施工安装不良	1	109.5	10.223

表 3-37 2022 年 750 千伏断路器按责任原因分类的非计划停运情况

非计划停运原因	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比(%)
产品质量不良	4	7.48	7.555
施工安装不良	2	79.2	79.992
气候因素	1	10	10.100
待查	1	2.33	2.353

表 3-38 2022 年 1000 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	11.18	100

(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 3-44。

表 3-39 2022 年 220 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间 比例(%)	强迫停运率(次/百台年)
北京 ABB 高压开关设备有限公司	9152	99.849	0.088	0.010	20.378	0.033

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
西门子(杭州)高压开关有限公司(杭州西门子开关厂)	6952	99.845	0.029	0.002	12.527	0.014
河南平高电气股份有限公司(平顶山高压开关厂)	5983	99.851	0.050	0.017	24.469	0.017
西安西电高压开关有限责任公司(西安高压开关厂)	3802	99.908	0.027	0.004	27.941	0
西门子(SIEMENS)公司	3455	99.873	0.174	0.004	16.529	0.087
苏州阿海珐高压电气开关有限公司	1979	99.862	0	0	0	0
山东泰开高压开关有限公司	1701	99.962	0	0	0	0
苏州阿尔斯通有限责任公司	1598	99.929	0	0.004	11.904	0
江苏省如高高压电器有限公司	1207	99.943	0	0.006	91.935	0
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)	842	99.702	0.118	0	0	0
阿尔斯通公司	405	99.914	0.247	0	0	0
法国阿海珐(AREAVA)公司	320	99.938	0	0	0	0
苏州开关厂	231	99.866	0	0	0	0
ABB 瑞士公司	219	99.770	0	0	0	0
GEC-阿尔斯通公司	150	99.906	0	0	0	0
上海思源高压开关有限公司	141	99.964	0	0	0	0
ABB 德国公司	128	99.903	0	0	0	0
平顶山开关厂	125	99.306	0	0	0	0
瑞典 ABB 公司	116	99.931	0	0	0	0
三菱(MHISUBISHI)公司	98	99.760	0	0	0	0
平顶山天鹰电器开关有限公司	96	100	0	0	0	0
上海西门子高压开关有限公司	90	99.893	0	0	0	0
北京北开电气股份有限公司(北京开关厂)	88	99.933	0	0	0	0
大连华夏泰克电气集团有限公司	85	99.742	0	0	0	0
河南平高东芝高压开关有限责任公司	81	99.864	0	0	0	0
意大利 AREVA	67	99.556	0	0	0	0
云南开关厂	66	99.795	0	0	0	0
宁波慈溪电器开关总厂	66	99.788	0	0	0	0

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
上海华通开关厂有限公司 (上海华通开关厂)	55	99.914	0	0	0	0
(BRUSH)电气机械公司	54	99.998	0	0	0	0
瓦房店高压开关厂	42	99.9995	0	0	0	0
通用电气(GEC)阿尔斯通(ALSTHOM)公司	40	99.897	0	0	0	0
维奥输配电(广州)有限公司	37	100	0	0	0	0
湖南长高高压开关集团股份有限公司 (长沙市高压开关厂)	37	100	0	0	0	0
厦门 ABB 开关有限公司	35	99.824	0	0	0	0
通用电气公司(GE)	34	99.999	0	0	0	0
马格林尼(MAG)	32	100	0	0	0	0
烟台东源开关设备制造有限公司	32	99.976	0	0	0	0
ABB 西班牙公司	31	100	0	0	0	0
阿海珐输配电隔离开关(无锡)有限公司	29	100	0	0	0	0
国电博纳(北京)电力设备有限公司	27	100	0	0	0	0
南京南瑞继保电气有限公司	26	100	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	25	100	0	0	0	0
上海第三开关厂	24	100	0	0	0	0
河北电力设备厂	20	99.950	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司 (西安变压器厂)	19	99.682	0	0	0	0
正泰电气股份有限公司	18	99.940	0	0	0	0
列宁格勒金属工厂(ЛМЗ)	17	97.958	0	0	0	0
勃朗.鲍威利(BBC)	17	100	0	0	0	0
SE 公司	16	99.191	0	0	0	0
梅兰日兰(MG)	16	99.908	0	0	0	0
日新(NIS)公司	16	99.929	0	0	0	0
上海西电高压开关有限公司 (原上海西安高压电器研究所)	15	99.127	0	0	0	0
ABB 意大利公司	14	100	0	0	0	0

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
明电舍 (郑州) 电气工程有限公司	14	100	0	0	0	0
扬州苏源电气设备有限公司	14	100	0	0	0	0
广州维奥伊林变压器厂	13	100	0	0	0	0
通用电气 (AGE) 公司	12	99.623	0	0	0	0
江苏华朋集团有限公司	10	100	0	0	0	0
包头开关厂	10	99.994	0	0	0	0

表 3-40 2022 年 330 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
西安西电高压开关有限责任公司 (西安高压开关厂)	886	99.909	0	0	0	0
河南平高电气股份有限公司 (平顶山高压开关厂)	356	99.941	0	0	0	0
北京 ABB 高压开关设备有限公司	312	99.777	0.321	0	0	0
西门子 (杭州) 高压开关有限公司 (杭州 西门子开关厂)	138	99.956	0	0	0	0
苏州阿尔斯通有限责任公司	104	99.962	0	0	0	0
苏州阿海珐高压电气开关有限公司	54	99.794	0	0	0	0
苏州开关厂	51	98.848	0	0	0	0
河南平高东芝高压开关有限责任公司	50	100	0	0	0	0
西门子 (SIEMENS) 公司	45	99.998	0	0	0	0
法国阿海珐 (AREAVA) 公司	45	99.732	0	0	0	0
阿尔斯通公司	42	99.941	0	0	0	0
上海思源高压开关有限公司	28	100	0	0	0	0
ABB 瑞士公司	20	99.995	0	0	0	0
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)	17	99.999	0	0	0	0
陕西开关厂	13	100	0	0	0	0
GEC-阿尔斯通公司	11	100	0	0	0	0
山东泰开高压开关有限公司	10	100	0	0	0	0

表 3-41 2022 年 500 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
北京 ABB 高压开关设备有限公司	2327	99.638	0.129	0.080	60.214	0.129
西门子(杭州)高压开关有限公司(杭州西门子开关厂)	1109	99.711	0	0.085	100	0
西安西电高压开关有限责任公司(西安高压开关厂)	1006	99.614	0.199	0.098	66.565	0.199
西门子(SIEMENS)公司	674	99.521	0	0	0	0
河南平高电气股份有限公司(平顶山高压开关厂)	591	99.572	0.171	0.032	100	0.171
苏州阿海珐高压电气开关有限公司	360	99.211	0	0	0	0
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)	340	99.709	0.294	0	0	0
苏州阿尔斯通有限责任公司	304	99.661	0	0	0	0
瑞典 ABB 公司	224	99.734	0	0	0	0
阿尔斯通公司	175	99.385	0	0	0	0
ABB 瑞士公司	174	99.830	0	0	0	0
三菱(MHISUBISHI)公司	166	99.884	0	0	0	0
法国阿海珐(AREAVA)公司	158	99.155	1.266	0.074	100	1.266
河南平高东芝高压开关有限责任公司	137	99.990	0	0	0	0
山东泰开高压开关有限公司	120	99.871	0	0.387	100	0
上海思源高压开关有限公司	54	99.863	0	0	0	0
苏州开关厂	49	98.417	0	0	0	0
三菱东芝	46	99.452	0	0	0	0
意大利 AREVA	45	99.394	0	0	0	0
通用电气(GEC)阿尔斯通(ALSTHOM)公司	40	99.022	0	0	0	0
瑞典	31	99.800	9.677	0	0	0
GEC-阿尔斯通公司	28	99.640	0	0	0	0
维奥输配电(广州)有限公司	26	99.883	0	0	0	0
美国 ABB 公司	25	99.339	0	0	0	0
美国阿海珐输配电有限公司	23	99.664	0	0	0	0
美国	20	100	0	0	0	0

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
上海西门子高压开关有限公司	20	100	0	0	0	0
ABB 德国公司	18	100	0	0	0	0
厦门 ABB 开关有限公司	18	99.823	0	0	0	0
(BRUSH) 电气机械公司	17	100	0	0	0	0
东芝 (TOSHIBA) 公司	17	99.272	0	0	0	0
梅兰日兰 (MG)	15	100	0	0	0	0
韩国现代	12	100	0	0	0	0
江苏省如高高压电器有限公司	11	99.890	0	0	0	0

表 3-42 2022 年 750 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
河南平高电气股份有限公司 (平顶山高压开关厂)	206	99.722	0.988	0.007	12.152	0.494
西安西电高压开关有限责任公司 (西安高压开关厂)	163	99.303	1.862	0.038	100	1.862
北京 ABB 高压开关设备有限公司	129	99.353	0	0	0	0
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	99.466	2.381	0	0	0
山东泰开高压开关有限公司	32	99.859	0	0	0	0

表 3-43 2022 年 800 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
西门子 (SIEMENS) 公司	25	100	0	0	0	0

表 3-44 2022 年 1000 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	设备数	可用系数 (%)	强迫停运率 (次/百台年)	设备因素影响		
				非停时间 (小时/台年)	占该厂非停总时间比例 (%)	强迫停运率 (次/百台年)
河南平高电气股份有限公司 (平顶山高压开关厂)	17	100	0	0	0	0
瑞典 ABB 公司	16	100	0	0	0	0
河南平高东芝高压开关有限责任公司	10	100	0	0	0	0

第五节 架空线路运行可靠性

一、2018-2022 年指标对比

2022 年，架空线路的统计数量较 2018 年增加 1353.271 百千米年，五年年均增长率 4.507%、同比增加 196.142 百千米年。架空线路可用系数近 5 年保持在较高水平，呈逐年提高趋势，2022 年架空线路可用系数较 2018 年上升 0.194 个百分点，同比上升 0.056 个百分点。架空线路强迫停运率近五年稳中有降，受导线、绝缘子等零部件及自然灾害下降的影响，2022 年架空线路强迫停运率较 2018 年下降 0.027 次/百千米年，同比下降 0.011 次/百千米年。

2018-2022 年架空线路主要可靠性指标及对比见图 3-13 至图 3-15。

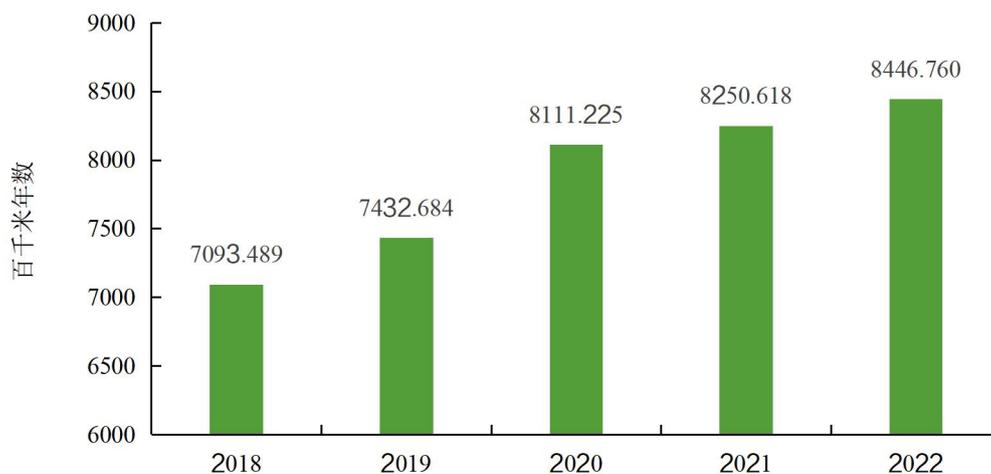


图 3-13 2018-2022 年架空线路统计百千米年数对比

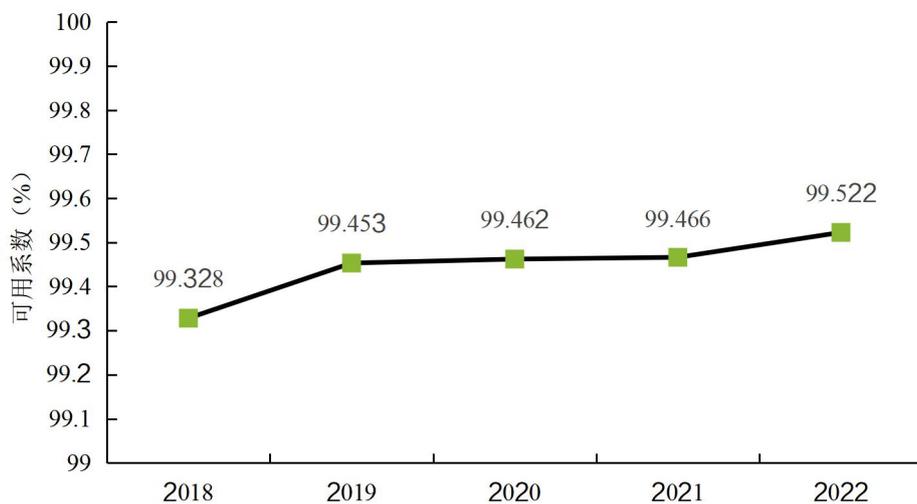


图 3-14 2018-2022 年架空线路可用系数对比

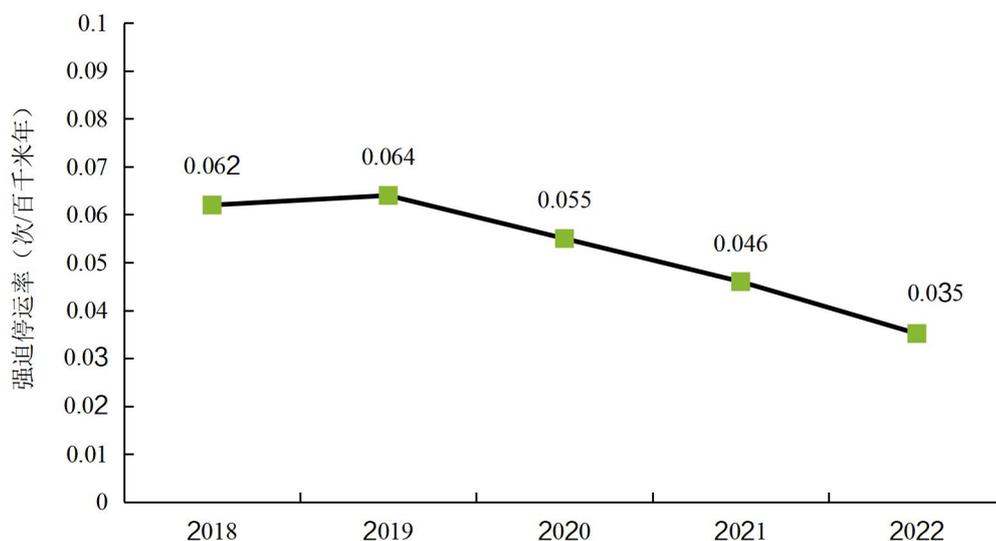


图 3-15 2018-2022 年架空线路强迫停运率对比

二、按运行单位分析

2022 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 99.459%、99.752%和 99.74%。

2022 年各单位架空线路运行可靠性指标见表 3-45。

表 3-45 2022 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	8381.201	99.519	0.035	2.260	0.407	38.617
国家电网有限公司	6663.301	99.459	0.022	2.784	0.347	43.326
中国南方电网有限责任公司	1443.481	99.752	0.085	0.118	0.530	20.378
内蒙古电力(集团)有限责任公司	274.418	99.740	0.109	0.812	1.199	20.226

三、按投运时间分析

2022 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 10003 条。可用系数较好的是 5 年以内和 5 年以上 10 年以内的架空线路，可用系数分别为 99.824 %和 99.565%。非计划停运率较低的是 5 年以上 10 年以内和 5 年以内的架空线路，非计划停运率分别为 0.039 次/百千米年和 0.042 次/百千米年。

2022 年不同投运时间架空线路可靠性指标情况见表 3-46、图 3-16 和图 3-17。

表 3-46 2022 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	5883	99.824	0.361	0.042
	1000	32	99.785	0.135	0.039
	750	95	99.754	0.165	0
	500	912	99.775	0.222	0.064
	330	249	99.915	0.224	0
	220	4568	99.902	0.489	0.040
5—10	综合	6973	99.565	0.394	0.039
	1000	47	99.015	0.212	0
	750	59	99.911	0.074	0
	500	861	99.533	0.331	0.055
	330	255	99.778	0.388	0.009
	220	5729	99.840	0.516	0.045
10—20	综合	10003	99.419	0.439	0.055
	1000	2	96.186	0.313	0

投运时间	电压等级 (千伏)	统计数量 (条)	可用系数 (%)	计划停运率 (次/百千米年)	非计划停运率(次 /百千米年)
	750	56	99.272	0.152	0
	500	1410	99.180	0.254	0.052
	330	343	99.762	0.178	0
	220	8177	99.747	0.611	0.067
≥20	综合	1921	99.039	0.392	0.046
	500	146	97.287	0.227	0.035
	330	35	99.724	0.276	0
	220	1740	99.766	0.468	0.052

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

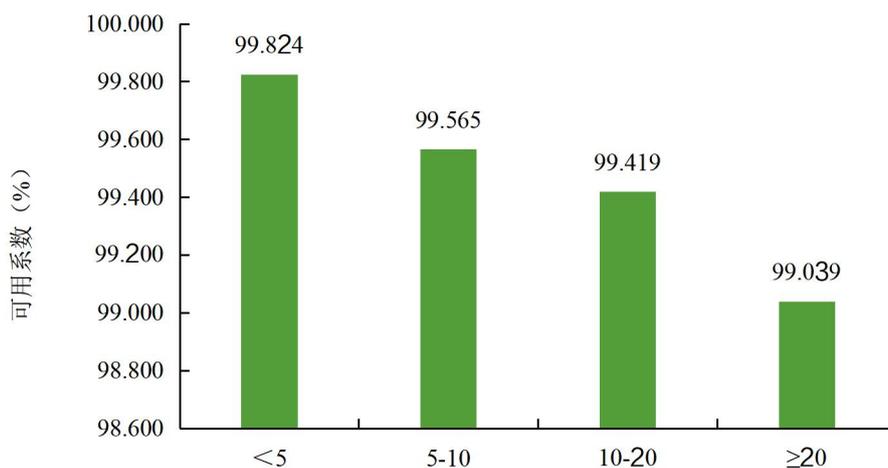


图 3-16 2022 年不同投运时间架空线路可用系数对比

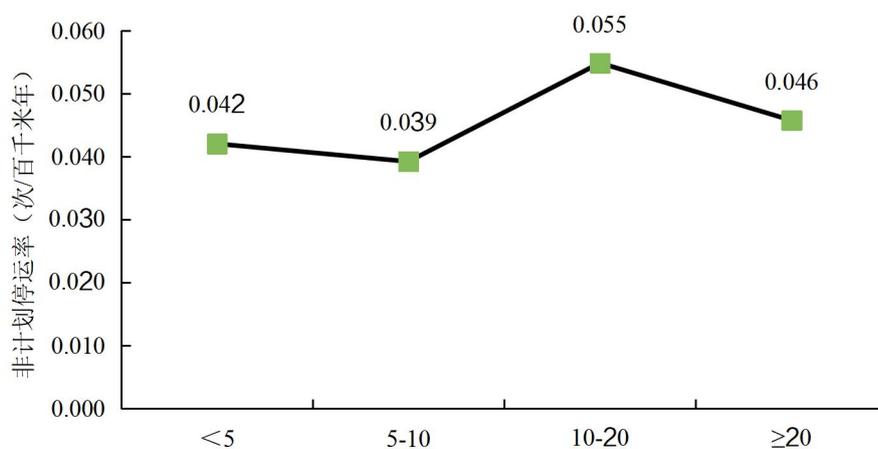


图 3-17 2022 年架空线路不同投运时间非计划停运率对比

四、计划停运、非计划停运影响可用系数比较

2022年，架空线路可用系数同比上升0.056个百分点。计划停运影响可用系数占比为94.354%，同比下降5.261个百分点。非计划停运影响可用系数占比5.646%，同比上升5.261个百分点。

2021、2022年架空线路计划停运、非计划停运影响可用系数比较见表3-47。

表3-47 2021、2022年架空线路计划停运、非计划停运影响可用系数比较

指标	2021	2022	比较
可用系数%	99.466	99.522	0.056
计划停运影响可用系数占比%	99.615	94.354	-5.261
非计划停运影响可用系数占比%	0.385	5.646	5.261

五、架空线路非计划停运事件分析

2022年，架空线路共发生非计划停运397次，同比减少39次。其中220千伏有257次，同比减少28次；330千伏有1次，同比增加1次；500千伏有132次，同比减少14次；750千伏有0次，同比减少2次；1000千伏有2次，同比持平。2022年累计非计划停运2.232小时/百千米年，同比增加2.062小时/百千米年。

（一）按停运时间分析

非计划停运时间在5小时以内的停运次数286次，5-100小时的停运次数93次，100小时以上的停运次数总计18次。

2022年架空线路按停运时间分类的非计划停运情况见表3-48。

表3-48 2022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
<5	286
5-100	93
≥100	18

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。

（二）按部件因素分析

2022年，导线、绝缘子、金具是引起220千伏及以上架空线路非计划停运次数

较多的前三位部件因素，分别引起非计划停运 306 次、49 次和 20 次。导线、绝缘子、铁塔是引起 220 千伏及以上架空线路非计划停运时间较长的前三位部件因素，分别引起非计划停运 11642.60 小时、1287.05 小时和 439.733 小时。

2022 年架空线路按部件分类的非计划停运情况见表 3-49 至表 3-53。

表 3-49 2022 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	306	11642.600	82.024
绝缘子	49	1287.050	9.067
金具	20	215.717	1.520
架空地线	10	66.017	0.465
铁塔	4	439.733	3.098
木杆	4	391.333	2.757
接地装置	2	145.567	1.026
故障录波装置	1	5.033	0.035
拉线	1	1.083	0.008

表 3-50 2022 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	186	5404.883	76.861
绝缘子	36	383.317	5.451
金具	19	206.867	2.942
架空地线	7	54.967	0.782
铁塔	4	439.733	6.253
接地装置	2	145.567	2.070
故障录波装置	1	5.033	0.072
拉线	1	1.083	0.015
木杆	1	390.567	5.554

表 3-51 2022 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	114	6065.750	86.900

部件	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
绝缘子	12	902.550	12.930
架空地线	3	11.050	0.158
木杆	3	0.767	0.011

表 3-52 2022 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	170.517	95.066
金具	1	8.850	4.934

表 3-53 2022 年 1000 千伏架空线路按部件分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
导线	2	1.450	100

(三) 按责任因素分析

2022 年，自然灾害、气候因素、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 143 次、114 次和 72 次。自然灾害、规划设计不周、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 6088.817 小时、2629.517 小时和 2474.367 小时。

2022 年架空线路按责任原因分类的非计划停运情况见表 3-54 至表 3-60。

表 3-54 2022 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	143	6088.817	42.897
气候因素	114	2474.367	17.432
外力损坏	72	2131.583	15.017
规划、设计不周	18	2629.517	18.525
产品质量不良	16	228.333	1.609
动物事故	12	52.483	0.370
设备老化	10	316.400	2.229

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	4	150.683	1.062
检修质量不良	3	118.950	0.838
运行不当	3	2.817	0.020
电力系统影响	2	0.183	0.001

表 3-55 2022 年 220 千伏架空线路按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
气候因素	82	1404.900	19.979
自然灾害	74	305.283	4.341
外力损坏	50	2058.300	29.270
规划、设计不周	18	2629.517	37.393
设备老化	10	316.400	4.499
动物事故	7	25.267	0.359
产品质量不良	6	142.967	2.033
施工安装不良	3	125.500	1.785
运行不当	3	2.817	0.040
电力系统影响	2	0.183	0.003
检修质量不良	2	20.883	0.297

表 3-56 2022 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 (%)
气候因素	1	1.183	100

表 3-57 2022 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	63	5603.183	80.273
气候因素	31	1068.283	15.305
外力损坏	21	72.817	1.043
产品质量不良	10	85.367	1.223
动物事故	5	27.217	0.390
检修质量不良	1	98.067	1.405

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	1	25.183	0.361

表 3-58 2022 年 750 千伏架空线路按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	非计划停运次数 (次)	非计划停运时间 (小时)	占非计划停运总时间的 百分比 (%)
自然灾害	2	1.030	100

表 3-59 2022 年 800 千伏架空线路按责任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 (%)
自然灾害	4	178.900	99.740
外力损坏	1	0.467	0.260

表 3-60 2022 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	2	1.450	100

第四章 2022 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

2022 年，全国纳入可靠性管理的直流输电系统数量为 46 个，其中包括 17 个点对点超高压直流输电系统、17 个点对点特高压直流输电系统、7 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 210424 兆瓦，其中 2022 年增加 10800 兆瓦。直流输电线路总长度为 48560 千米，同比增加 1128 千米。

2022 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 2022 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				

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
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				
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	江苏如东柔性直 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				

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
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				
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				
背靠背直流输电系统							
35	灵宝背靠 背换流站	单元 I	2005-07-01	120	360	0	国家 电网
		单元 II	2009-12-15	167	750		
36	高岭背靠 背换流站	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		
37	黑河背靠 背换流站	单元 I	2012-01-07	±125	750	0	国家 电网

序号	系统名称	极（单元）	投运日期	额定电压 (千伏)	额定输送 容量 (兆瓦)	线路 长度 (千米)	电网 集团
38	鲁西背靠 背换流站	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		
39	宜昌柔性直流 背靠背换流站 (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		
40	施州柔性直流 背靠背环流站 (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		
41	云霄背靠 背换流站	单元 I	2022-10-01	±100	1000	0	国家 电网
		单元 II	2022-10-01	±100	1000		南方 电网
多端直流输电系统							
42	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)				
43	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)				
44	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			
45	舟山多端柔性直 流 输电系统	正极	2014-07-04	±200	1000	281	国家 电网
		负极	2014-07-04	±200			
46	南澳柔性直流 输电系统	单极	2013-12-25 (三端)	±160	200	62	南方 电网

第二节 可靠性指标总体情况

2022年，全国直流输电系统运行情况平稳，纳入可靠性统计的43个³系统合计能量可用率⁴为96.801%，同比提升0.340个百分点；能量利用率为44.05%，同比下降0.60个百分点；总计强迫停运25次，同比上升5次。

2021年、2022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 2021年、2022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)	2021年	15	15	6	2	38
	2022年	16	16	6	5	43
额定输送容量 (兆瓦)	2021年	41164	118600	12860	11000	183624
	2022年	41164	126600	12860	16700	197324
能量可用率 (%)	2021年	97.026	96.274	96.356	-	96.461
	2022年	96.615	96.847	96.960	-	96.801
强迫停运次数 (次)	2021年	5	9	3	3	20
	2022年	6	11	2	6	25
强迫能量不可用率 (%)	2021年	0.016	0.052	0.107	-	0.047
	2022年	0.077	0.203	0.030	-	0.161
计划能量不可用率 (%)	2021年	2.958	3.673	3.537	-	3.492
	2022年	3.308	2.950	3.010	-	3.037
总输送电量 (亿千瓦时)	2021年	2006.08	4735	441.69	-	7182.77
	2022年	1622.62	5163.6	421.544	449.40	7657.16
能量利用率 (%)	2021年	51.85	42.7	39.21	-	44.65
	2022年	43.83	46.56	37.42	30.72	44.05

一、点对点超高压直流输电系统可靠性指标

³ 陕武直流输电系统、云霄背靠背换流站运行时间不满一年，厦门柔性直流输电系统2022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。

（一）能量可用率与强迫停运次数

2022年，纳入可靠性统计的16个点对点超高压直流输电系统合计能量可用率96.615%，同比下降0.411个百分点；强迫能量不可用率0.077%，同比上升0.061个百分点，计划能量不可用率3.308%，同比上升0.305个百分点。其中龙政系统能量可用率最高，为100%；天广系统最低，为89.940%。葛南、天广、龙政、江城、宜华、德宝、林枫、牛从乙、金中、永富、如东系统的强迫能量不可用率最低，为0%；伊穆系统最高，为0.575%。龙政系统的计划能量不可用率最低，为0%；天广系统最高，为10.060%。

与2021年相比，龙政、德宝、柴拉、牛从甲、牛从乙、金中系统的能量可用率分别上升0.012、0.681、2.390、1.909、0.811、0.873个百分点；葛南、天广、江城、宜华、兴安、伊穆、银东、林枫、永富系统分别下降0.589、6.769、1.436、0.587、3.071、1.599、0.605、2.475、0.180个百分点。

2022年，点对点超高压直流输电系统强迫停运次数6次，同比减少1次，其中兴安系统发生2次单极强迫停运，伊穆、银东、柴拉、牛从甲4个系统各发生1次单极强迫停运。葛南、天广、龙政、江城、宜华、德宝、林枫、牛从乙、金中、永富、如东11个系统全年未发生强迫停运。

2022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 2022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	95.615	0	4.385	0	0	0	0
天广	89.940	0	10.060	0	0	0	0
龙政	100	0	0	0	0	0	0
江城	95.654	0	4.346	0	0	0	0
宜华	96.914	0	3.086	0	0	0	0
兴安	92.052	0.151	7.797	2	26.43	0	0
德宝	97.476	0	2.524	0	0	0	0
伊穆	96.845	0.575	2.580	1	100.67	0	0
银东	97.126	0.061	2.813	1	10.65	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)
林枫	95.033	0	4.967	0	0	0	0
柴拉	95.859	0.066	4.074	1	11.58	0	0
牛从甲	98.743	0.244	1.013	1	42.82	0	0
牛从乙	97.712	0	2.288	0	0	0	0
金中	99.809	0	0.191	0	0	0	0
永富	95.900	0	4.100	0	0	0	0
如东	96.797	0	3.203	0	0	0	0
合计	96.615	0.077	3.308	6	192.15	0	0

(二) 能量输送情况

2022年, 16个点对点超高压直流输电系统总输送电量1622.62亿千瓦时, 同比减少了383.47亿千瓦时; 能量利用率为43.83%, 同比下降了7.88个百分点。其中银东系统能量利用率最高, 达到58.40%, 龙政系统能量利用率最低, 为22.51%。

与2021年相比, 天广、伊穆、牛从甲系统的能量利用率分别上升6.68、2.93、2.73个百分点; 葛南、龙政、江城、宜华、兴安、德宝、银东、林枫、柴拉、牛从乙、金中、永富系统分别下降8.73、23.65、8.66、4.76、13.07、12.89、23.58、8.15、2.83、0.78、0.99、12.49个百分点。

2022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 2022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	44.65	43.79
天广	1800	66.49	42.17
龙政	3000	59.16	22.51
江城	3000	129.85	49.41
宜华	3000	93.42	35.55
兴安	3000	147.87	56.27
德宝	3000	136.22	51.83
伊穆	3000	124.74	47.47
银东	4000	204.62	58.40

系统	额定输送容量(兆瓦)	总输送电量(亿千瓦时)	能量利用率(%)
林枫	3000	83.01	31.59
柴拉	600	24.00	45.67
牛从甲	3200	142.28	50.76
牛从乙	3200	147.54	52.63
金中	3200	123.87	44.19
永富	3000	66.32	25.23
如东	1100	28.60	29.68
合计	44264	1622.62	43.83

(三) 换流站可靠性指标

2022年, 龙泉、政平、金官、桂中站的能量可用率最高, 为100%。天生桥站的能量可用率最低, 为90.001%, 天生桥站计划能量不可用率最高, 为9.999%。伊敏站强迫能量不可用率最高, 为0.575%。

2022年超高压直流输电系统中各换流站发生强迫停运7次, 均为单极强迫停运, 同比增加4次。

2022年点对点超高压直流输电系统换流站指标见表4-5。

表4-5 2022年点对点超高压直流输电系统换流站指标

换流站	能量可用率 (%)	强迫能量不可用率 (%)	计划能量不可用率 (%)	强迫停运次数		
				单极	双极	合计
葛洲坝换流站	97.987	0	2.013	0	0	0
南桥换流站	96.099	0	3.901	0	0	0
天生桥换流站	90.001	0	9.999	0	0	0
广州换流站	91.181	0	8.819	0	0	0
龙泉换流站	100	0	0	0	0	0
政平换流站	100	0	0	0	0	0
江陵换流站	96.867	0	3.133	0	0	0
鹅城换流站	96.915	0	3.085	0	0	0
宜都换流站	97.299	0	2.701	0	0	0
华新换流站	96.914	0	3.086	0	0	0
兴仁换流站	99.774	0.023	0.203	1	0	1
宝安换流站	96.385	0.128	3.487	1	0	1

换流站	能量可用率 (%)	强迫能量不可用率 (%)	计划能量不可用率 (%)	强迫停运次数		
				单极	双极	合计
德阳换流站	97.568	0	2.432	0	0	0
宝鸡换流站	97.549	0	2.451	0	0	0
伊敏换流站	97.636	0.575	1.789	1	0	1
穆家换流站	97.420	0	2.580	0	0	0
银川东换流站	98.124	0	1.876	0	0	0
胶东换流站	97.651	0.061	2.288	1	0	1
团林换流站	95.033	0	4.967	0	0	0
枫泾换流站	99.057	0	0.943	0	0	0
柴达木换流站	95.926	0	4.074	0	0	0
拉萨换流站	96.551	0.066	3.383	1	0	1
从西换流站	99.756	0.244	0	1	0	1
牛寨换流站	98.987	0	1.013	0	0	0
从西换流站	99.756	0.244	0	1	0	1
牛寨换流站	98.987	0	1.013	0	0	0
金官换流站	100	0	0	0	0	0
桂中换流站	100	0	0	0	0	0
永仁换流站	96.200	0	3.800	0	0	0
富宁换流站	95.900	0	4.100	0	0	0
绿谷换流站	96.797	0	3.203	0	0	0
黄沙洋换流站	96.797	0	3.203	0	0	0
合计强迫停运次数				7	0	7

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

2022年，纳入可靠性统计的16个点对点特高压直流输电系统合计能量可用率为96.847%，同比上升0.573个百分点；强迫能量不可用率为0.203%，同比上升0.151个百分点；计划能量不可用率为2.950%，同比下降0.723个百分点。其中，普侨系统的能量可用率最高，为99.891%；新东系统最低，为92.389%。复奉、锦苏、天中、灵绍、鲁固、新东、昭沂、吉泉、雅湖系统的强迫能量不可用率最低，为0%；祁韶系统最高，为2.275%。普侨系统的计划能量不可用率最低，为0.090%；新东系统最

高，为 7.611%。

与 2021 年相比，楚穗、复奉、天中、宾金、普侨、灵绍、鲁固、吉泉、青豫系统的能量可用率分别上升 0.404、4.960、0.543、4.002、1.619、0.667、0.930、0.529、4.828 个百分点；锦苏、祁韶、雁淮、锡泰、新东、昭沂系统分别下降 1.019、1.784、1.135、1.093、3.517、0.356 个百分点。

2022 年，点对点特高压直流输电系统强迫停运次数 5 次，同比持平，其中锡泰系统发生 1 次双极强迫停运，楚穗、宾金、普侨、祁韶 4 个系统各发生 1 次单极强迫停运。复奉、锦苏、天中、灵绍、雁淮、鲁固、锡泰、新东、昭沂、吉泉、青豫、雅湖 12 个系统全年未发生强迫停运。

2022 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 2022 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 (%)	单极强迫停运		双极强迫停运	
				次数	小时	次数	小时
楚穗	96.385	0.264	3.351	1	4.02	0	0
复奉	96.107	0	3.893	0	0	0	0
锦苏	95.560	0	4.440	0	0	0	0
天中	98.087	0	1.913	0	0	0	0
宾金	98.044	0.245	1.711	1	42.88	0	0
普侨	99.891	0.019	0.090	1	0.47	0	0
灵绍	98.143	0	1.857	0	0	0	0
祁韶	95.124	2.275	2.601	1	79.97	0	0
雁淮	96.035	0.097	3.869	0	0	0	0
鲁固	98.040	0	1.960	0	0	0	0
锡泰	96.676	0.078	3.246	0	0	1	6.82
新东	92.389	0	7.611	0	0	0	0
昭沂	97.709	0	2.291	0	0	0	0
吉泉	98.095	0	1.905	0	0	0	0
青豫	96.632	0.319	3.049	0	0	0	0
雅湖	94.565	0	5.435	0	0	0	0
合计	96.847	0.203	2.950	4	127.33	1	6.82

（二）能量输送情况

2022年，16个点对点特高压直流输电系统总输送电量5163.6亿千瓦时，同比增加了428.6亿千瓦时；能量利用率为46.56%，同比上升3.86个百分点；其中灵绍系统能量利用率最高，为78.56%，青豫系统能量利用率最低，仅为18.94%。

与2021年相比，锦苏、宾金、普侨、灵绍、祁韶、雁淮、鲁固、锡泰、吉泉系统的能量利用率分别上升6.48、0.79、7.29、6.62、1.79、12.19、7.04、15.76、7.74个百分点；楚穗、复奉、天中、新东、昭沂、青豫系统分别下降4.78、0.78、0.82、4.80、2.41、2.67个百分点。

2022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 2022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	196.68	44.90
复奉	6400	278.62	49.70
锦苏	7200	402.78	63.86
天中	8000	440.29	62.83
宾金	8000	277.01	39.53
普侨	5000	188.18	42.96
灵绍	8000	550.56	78.56
祁韶	8000	284.45	40.59
雁淮	8000	371.18	52.96
鲁固	10000	327.01	37.33
锡泰	10000	323.91	36.98
新东	5000	216.85	49.51
昭沂	10000	297.53	33.96
吉泉	12000	632.03	60.12
青豫	8000	132.76	18.94
雅湖	8000	243.75	34.78
合计	134600	5163.60	46.56

（三）各换流站可靠性指标

2022年，金华、普洱站的能量可用率最高，为100%；祁连站的能量可用率最低，

为 95.722%；祁连站的强迫能量不可用率最高，为 1.818%；复龙站的计划能量不可用率最高，为 3.893%；金华、普洱站计划能量不可用率最低，为 0%。

2022 年，特高压直流输电系统的换流站均未发生双极强迫停运；楚雄站发生 1 次单极强迫停运；楚雄、穗东、侨乡、祁连、雁门关、豫南站各发生 1 次阀组强迫停运。

2022 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 2022 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
楚雄换流站	98.258	0.077	1.665	1	1	0	2
穗东换流站	96.483	0.187	3.330	1	0	0	1
复龙换流站	96.107	0	3.893	0	0	0	0
奉贤换流站	97.078	0	2.922	0	0	0	0
锦屏换流站	97.076	0	2.924	0	0	0	0
苏州换流站	97.410	0	2.590	0	0	0	0
天山换流站	98.100	0	1.900	0	0	0	0
中州换流站	98.087	0	1.913	0	0	0	0
宜宾换流站	99.869	0	0.131	0	0	0	0
金华换流站	100	0	0	0	0	0	0
普洱换流站	100	0	0	0	0	0	0
侨乡换流站	99.894	0.016	0.090	1	0	0	1
灵州换流站	98.143	0	1.857	0	0	0	0
绍兴换流站	98.214	0	1.786	0	0	0	0
祁连换流站	95.722	1.818	2.460	1	0	0	1
韶山换流站	97.399	0	2.601	0	0	0	0
雁门关换流站	97.504	0.097	2.400	1	0	0	1
淮安换流站	97.604	0	2.396	0	0	0	0
扎鲁特换流站	98.056	0	1.944	0	0	0	0
广固换流站	98.040	0	1.960	0	0	0	0
锡盟换流站	97.954	0	2.046	0	0	0	0
泰州换流站	97.090	0	2.910	0	0	0	0
新松换流站	96.190	0	3.810	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
东方换流站	96.172	0	3.828	0	0	0	0
伊克昭换流站	98.096	0	1.904	0	0	0	0
沂南换流站	97.718	0	2.282	0	0	0	0
昌吉换流站	98.095	0	1.905	0	0	0	0
古泉换流站	98.132	0	1.868	0	0	0	0
青南换流站	97.459	0	2.541	0	0	0	0
豫南换流站	96.902	0.319	2.779	1	0	0	1
雅砻江换流站	96.461	0	3.539	0	0	0	0
鄱阳湖换流站	96.537	0	3.463	0	0	0	0
合计强迫停运次数				6	1	0	7

三、背靠背直流输电系统可靠性指标

(一) 能量可用率与强迫停运次数

2022年，纳入可靠性统计的6个背靠背直流输电系统合计能量可用率96.960%，同比上升0.604个百分点；强迫能量不可用率0.030%，同比下降0.077个百分点；计划能量不可用率3.010%，同比下降0.527个百分点。其中，黑河系统的能量可用率最高，为98.233%；鲁西系统最低，为96.287%。灵宝、高岭、黑河和施州系统的强迫能量不可用率最低，为0%；宜昌系统最高，为0.126%。黑河系统的计划能量不可用率最低，为1.767%；鲁西系统最高，为3.690%。

与2021年相比，灵宝、高岭、黑河、鲁西、宜昌、施州系统的能量可用率分别上升2.555、0.790、0.879、0.214、0.202、0.304个百分点。

2022年，背靠背直流输电系统共发生2次单元强迫停运。其中，鲁西、宜昌系统各发生1次。

2022年背靠背直流输电系统主要可靠性指标见表4-9。

表4-9 2022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	97.923	0	2.077	0	0
高岭	97.583	0	2.417	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 (%)	单元强迫停运	
				次数	小时
黑河	98.233	0	1.767	0	0
鲁西	96.287	0.023	3.690	1	5.96
宜昌	96.664	0.126	3.210	1	22.13
施州	96.506	0	3.494	0	0
合计	96.960	0.030	3.010	2	28.09

(二) 能量输送情况

2022年，纳入可靠性统计的6个背靠背直流输电系统总输送电量421.544亿千瓦时，同比减少20.15亿千瓦时；能量利用率37.42%，同比下降1.68个百分点。其中，灵宝换流站的能量利用率最高，为76%；鲁西换流站能量利用率最低，为23.58%。

与2021年相比，宜昌、施州换流站的能量利用率分别上升3.17、3.97个百分点；灵宝、高岭、黑河、鲁西换流站的能量利用率分别下降6.12、7.66、2.78、2.92个百分点。

2022年背靠背直流输电系统能量输送情况见表4-10。

表4-10 2022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	73.900	76.00
高岭	3000	115.728	44.04
黑河	750	33.824	51.48
鲁西	3000	61.976	23.58
宜昌	2500	69.214	31.60
施州	2500	66.903	30.55
合计	12860	421.544	37.42

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

2022年，纳入可靠性统计的5个多端直流输电系统总输送电量449.40亿千瓦时，能量利用率为30.72%；其中禄高肇系统能量利用率最高，为45.96%，舟山系统能量利用率最低，为21.91%。

2022年，多端直流输电系统共发生强迫停运6次，其中阀组强迫停运2次、单极强迫停运1次、单元强迫停运3次；张北、南澳系统未发生强迫停运；舟山、昆柳龙、禄高肇系统分别发生3次、2次、1次。

2022年多端直流输电系统主要可靠性指标见表4-11。

表4-11 2022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	120.794	45.96	0	1	0	0	1
昆柳龙	8000	216.736	30.93	2	0	0	0	2
张北	4500	99.591	25.26	0	0	0	0	0
舟山	1000	7.676	21.91	0	0	0	3	3
南澳	200	4.602	26.27	0	0	0	0	0
合计	16700	393.409	30.72	2	1	0	3	6

第三节 强迫停运情况

一、强迫停运情况

2022年，全国直流输电系统共发生25次强迫停运，同比增加5次，其中双极强迫停运1次、单极强迫停运11次、阀组强迫停运8次、单元强迫停运5次。

2022年，全国直流输电系统强迫停运等效停运小时累计480.57小时。其中等效停运时间最长的是祁韶系统，为199.26小时；葛南、天广等26个系统未发生强迫停运，等效停运时间为0小时。

2022年直流输电系统强迫停运情况见表4-12。

表4-12 2022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)
葛南	—	—	0	0	0	0	—	—	0	0
天广	—	—	0	0	0	0	—	—	0	0
龙政	—	—	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)
江城	—	—	0	0	0	0	—	—	0	0
宜华	—	—	0	0	0	0	—	—	0	0
兴安	—	—	2	26.43	0	0	—	—	2	13.22
德宝	—	—	0	0	0	0	—	—	0	0
伊穆	—	—	1	100.67	0	0	—	—	1	50.33
银东	—	—	1	10.65	0	0	—	—	1	5.33
林枫	—	—	0	0	0	0	—	—	0	0
柴拉	—	—	1	11.58	0	0	—	—	1	5.79
牛从甲	—	—	1	42.82	0	0	—	—	1	21.41
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
楚穗	2	84.55	1	4.02	0	0	—	—	3	23.15
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	1	42.88	0	0	—	—	1	21.44
普侨	1	5.63	1	0.47	0	0	—	—	2	1.64
灵绍	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0
祁韶	1	637.10	1	79.97	0	0	—	—	2	199.26
雁淮	1	33.87	0	0	0	0	—	—	1	8.47
鲁固	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0
锡泰	0	0	0	0	1	6.82	—	—	1	6.82
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	111.90	0	0	0	0	—	—	1	27.98
雅湖	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0
灵宝	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0
高岭	—	—	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)
黑河	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0
鲁西	—	—	0	0	0	0	1	5.96	1	5.96
宜昌	—	—	0	0	0	0	1	22.13	1	11.07
施州	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0
禄高肇	0	0	1	14.08	0	0	0	0	1	7.04
昆柳龙	2	14.79	0	0	0	0	0	0	2	3.70
张北	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
舟山	0	0	0	0	0	0	3	67.98	3	67.98
南澳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
全国累计	8	887.84	11	333.57	1	6.82	5	96.08	25	480.57

与2021年相比，2022年双极强迫、单极强迫停运同比持平，阀组强迫停运同比提升3次，单元强迫停运同比提升2次，总计强迫停运次数同比增加5次，累计各系统强迫停运等效停运小时上升305.26小时。

2018-2022年全国直流输电系统强迫停运情况见表4-13。

表4-13 2018-2022年全国直流输电系统强迫停运情况

停运类型	指标类别	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
双极强迫停运	双极数量(个)	26	29	29	32	36
	次数(次)	3	0	1	1	1
	平均次数(次/双极·年)	0.115	0	0.034	0.031	0.028
单极强迫停运	单极数量(个)	52	58	58	64	73
	次数(次)	18	22	13	11	11
	平均(次/极·年)	0.346	0.379	0.224	0.172	0.151
单元强迫停运	背靠背单元数量(个)	10	10	14	14	14
	次数(次)	4	2	4	3	5
	平均次数(次/单元·年)	0.400	0.200	0.286	0.214	0.357
阀组强迫停运	双阀组系统数量(个)	11	13	14	16	17
	次数(次)	10	8	6	5	8
	平均次数(次/系统·年)	0.909	0.615	0.429	0.313	0.471

2018 -2022 年全国直流输电系统平均强迫停运次数见图 4-1。

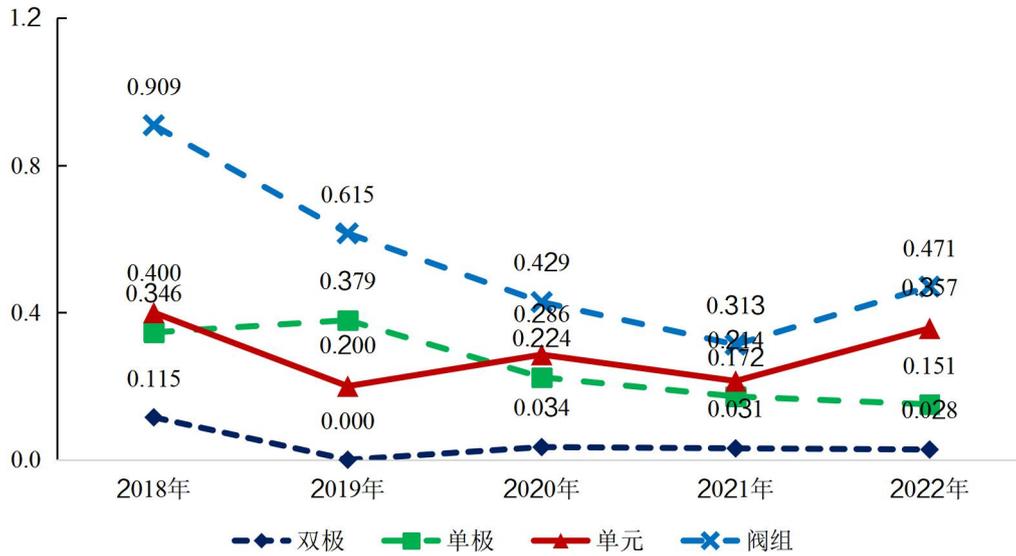


图 4-1 2018-2022 年全国直流输电系统平均强迫停运次数

二、强迫停运主要原因分析

2022 年，全国直流输电系统强迫停运主要原因中直流输电线路原因占 14.38%，换流站原因占 85.62%。

按照交流及其辅助设备（AC-E）、阀设备（V）、控制和保护系统（C&P）、直流一次设备（DC-E）、换流站内其他原因（O）、直流输电线路（TL）等六大类原因分类统计。

2022 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 2022 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
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	0	0	0	0	0	0	0	0
兴安	0	0	1	11.21	0	0	1	2.01	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
德宝	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
伊穆	1	50.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
银东	0	0	0	0	1	5.33	0	0	0	0	0	0
林枫	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
柴拉	0	0	0	0	1	5.79	0	0	0	0	0	0
牛从甲	0	0	1	17.15	0	0	0	0	0	0	0	0
牛从乙	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金中	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
永富	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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
楚穗	0	0	0	0	1	2.01	1	16.39	1	4.75	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
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	1	21.44
普侨	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.41	1	0.235
灵绍	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
祁韶	1	159.28	0	0	0	0	0	0	0	0	1	39.98
雁淮	0	0	0	0	0	0	1	8.47	0	0	0	0
鲁固	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
锡泰	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6.82
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	27.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
雅湖	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
陕武	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
灵宝	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
高岭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黑河	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

统计对象	AC-E		V		C&P		DC-E		0		TL	
	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间
鲁西	0	0	0	0	1	5.96	0	0	0	0	0	0
宜昌	0	0	0	0	1	11.07	0	0	0	0	0	0
禄高肇	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7.04	0	0
昆柳龙	0	0	0	0	2	3.70	0	0	0	0	0	0
张北	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
舟山	0	0	2	30.45	0	0	1	37.53	0	0	0	0
南澳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合计	3	237.58	4	58.81	7	33.85	4	64.40	3	13.19	4	68.48

注：1.单位：小时。

2.交流及其辅助设备（AC-E），阀设备（V），控制和保护系统（C&P），直流一次设备（DC-E），其他原因（0），直流输电线路（TL）。

2022年，全国直流输电系统由于交流及其辅助设备原因的强迫停运比例最高，为49.88%，同比上升46.93个百分点；其次为直流输电线路原因占比14.38%，同比下降13.68个百分点，其他原因占比2.77%，同比下降1.22个百分点。

2022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 2022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	0	TL	合计
	等效停运小时 (小时)						
点对点超高压系统	50.33	28.36	11.12	2.01	0	0	91.82
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	0	17.03	0	0	0	17.03
多端系统	0	30.45	3.70	37.53	7.04	0	78.72
全国累计	237.58	58.81	33.85	64.40	13.19	68.48	476.31

第四节 计划停运情况

2022年，全国直流输电系统计划停运总计157次，同比增加4次，其中双极计

划停运 35 次、单极计划停运 48 次、阀组计划停运 40 次、单元计划停运 34 次。

2022 年，全国直流输电系统计划停运等效停运小时累计 12445.99 小时。其中等效停运时间最长的是天广系统，为 881.23 小时；等效停运时间最短的是龙政、禄高肇系统，为 0 小时。

2022 年直流输电系统计划停运情况见表 4-16。

表 4-16 2022 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
葛南	0	0	1	6.80	2	380.68	0	0	3	384.08
天广	0	0	6	615.07	1	573.70	0	0	7	881.23
龙政	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
江城	0	0	5	237.98	1	261.72	0	0	6	380.71
宜华	0	0	0	0.00	1	270.32	0	0	1	270.32
兴安	0	0	3	45.15	3	660.45	0	0	6	683.03
德宝	0	0	2	16.28	1	213	0	0	3	221.14
伊穆	0	0	0	0	1	226.02	0	0	1	226.02
银东	0	0	1	164.18	1	164.35	0	0	2	246.44
林枫	0	0	0	0	2	435.07	0	0	2	435.07
柴拉	0	0	3	713.85	0	0.00	0	0	3	356.92
牛从甲	0	0	1	19.38	1	79.04	0	0	2	88.73
牛从乙	0	0	4	350.48	1	25.21	0	0	5	200.45
金中	0	0	0	0	1	16.73	0	0	1	16.73
永富	0	0	1	39.25	1	336	0	0	2	355.63
如东	0	0	0	0	2	280.55	0	0	2	280.55
楚穗	7	328.35	0	0	2	211.43	0	0	9	293.52
复奉	4	1364	0	0	0	0	0	0	4	341
锦苏	5	1510.75	1	13.32	1	4.60	0	0	7	388.95
天中	0	0	2	335.08	0	0	0	0	2	167.54
宾金	2	154.87	2	125.23	1	48.57	0	0	5	149.90
普侨	2	31.6	0	0	0	0	0	0	2	7.90
灵绍	4	650.68	0	0	0	0	0	0	4	162.67

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
祁韶	0	0	0	0	1	227.88	0	0	1	227.88
雁淮	0	0	0	0	1	338.88	0	0	1	338.88
鲁固	0	0	2	343.43	0	0	0	0	2	171.72
锡泰	2	236.35	0	0	1	225.30	0	0	3	284.39
新东	1	6.23	0	0	2	665.16	0	0	3	666.72
昭沂	6	802.82	0	0	0	0	0	0	6	200.70
吉泉	0	0	2	333.82	0	0	0	0	2	166.91
青豫	2	206.82	0	0	1	215.37	0	0	3	267.07
雅湖	1	4.53	4	332.15	1	308.87	0	0	6	476.07
灵宝	0	0	0	0	0	0	2	390.10	2	181.93
高岭	0	0	0	0	0	0	6	846.92	6	211.73
黑河	0	0	0	0	0	0	1	299.68	1	299.68
鲁西	0	0	0	0	0	0	5	323.28	5	323.28
宜昌	0	0	0	0	0	0	2	562.35	2	281.17
施州	0	0	0	0	0	0	2	612.22	2	306.11
禄高肇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
昆柳龙	4	45.97	1	19.42	5	317.74	0	0	10	338.94
张北	0	0	0	0	0	0	6	1300.60	6	309.39
舟山	0	0	0	0	0	0	10	1285.89	10	315.93
南澳	0	0	7	538.96	0	0	0	0	7	538.96
全国累计	40	5342.97	48	4249.84	35	6486.63	34	5621.04	157	12445.99

2022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兴安系统，为649.36小时；其次为新东、天广系统，分别为593.40小时、413.37小时；龙政、金中、宾金、普侨、禄高肇系统全年未安排年度检修，其他系统的年度检修计划停运等效停运小时都在400小时以内。

葛南、天广、林枫、金中、宾金、普侨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、如东、复奉、天中、灵绍、祁韶、雁淮、鲁固、吉泉、灵宝、黑河、宜昌、施州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，其他计划停运的等效停运小时最长的是天广系统，为 467.86 小时；其次为林枫、葛南、牛从乙系统，分别为 229.35 小时、207.77 小时、200.45 小时；其余系统其他计划停运的等效停运小时都在 200 小时以内。

2022 年直流输电系统年度检修情况见表 4-17。

表 4-17 2022 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 (%)
葛南	1	176.32	45.91%	2	207.77	54.09%
天广	2	413.37	46.91%	5	467.86	53.09%
龙政	0	0	-	0	0	-
江城	1	261.72	68.74%	5	118.99	31.26%
宜华	1	270.32	100%	0	0	0%
兴安	2	649.36	95.07%	4	33.66	4.93%
德宝	1	213.00	96.32%	2	8.14	3.68%
伊穆	1	226.02	100%	0	0	0%
银东	1	164.35	66.69%	1	82.09	33.31%
林枫	1	205.72	47.28%	1	229.35	52.72%
柴拉	1	352.68	98.81%	2	4.24	1.19%
牛从甲	1	79.04	89.08%	1	9.69	10.92%
牛从乙	2	158.73	79.19%	3	41.72	20.81%
金中	0	0	0%	1	16.73	100%
永富	1	336.00	94.48%	1	19.63	5.52%
如东	2	280.55	100%	0	0	0%
楚穗	1	205.45	70%	8	88.07	30%
复奉	1	341.00	100%	3	0	0%
锦苏	1	373.69	96.08%	6	15.26	3.92%
天中	1	167.54	100%	1	0	0%
宾金	0	0	0%	5	149.90	100%
普侨	0	0	0%	2	7.90	100%
灵绍	1	162.67	100%	3	0	0%
祁韶	1	227.88	100%	0	0	0%

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 (%)
雁淮	1	338.88	100%	0	0	0%
鲁固	1	171.72	100%	1	0	0%
锡泰	1	225.30	79.22%	2	59.09	20.78%
新东	2	593.40	89.00%	1	73.32	11.00%
昭沂	1	166.83	83.12%	5	33.87	16.88%
吉泉	1	166.91	100%	1	0	0%
青豫	1	215.37	80.64%	2	51.70	19.36%
雅湖	1	308.87	64.88%	5	167.21	35.12%
灵宝	1	181.93	100%	1	0	0%
高岭	1	208.97	98.70%	5	2.75	1.30%
黑河	1	299.68	100%	0	0	0%
鲁西	4	310.89	96.17%	1	12.39	3.83%
宜昌	1	281.17	100%	1	0	0%
施州	1	306.11	100%	1	0	0%
禄高肇	0	0	-	0	0	-
昆柳龙	1	317.93	93.80%	9	21.01	6.20%
张北	1	304.17	98.31%	5	5.22	1.69%
舟山	1	293.89	93.02%	9	22.04	6.98%
南澳	1	367.43	68.17%	6	171.53	31.83%
全国累计	43	10409.17	79.50%	114	2383.69	18.21%

第五章 2022 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

2022 年，全国供电系统用户平均供电可靠率 99.896%，同比上升 0.025 个百分点；用户平均停电时间 9.10 小时/户，同比减少 2.16 小时/户；用户平均停电频率 2.61 次/户，同比减少 0.16 次/户。其中，全国城市电力网⁵（以下简称城网）用户平均供电可靠率 99.974%，农村电力网⁶（以下简称农网）用户平均供电可靠率 99.883%，城网、农网用户平均供电可靠率相差 0.091 个百分点；全国城网用户平均停电时间 2.23 小时/户，农网用户平均停电时间 10.22 小时/户，城网、农网用户平均停电时间相差 7.99 小时/户；全国城网用户平均停电频率 0.71 次/户，农网用户平均停电频率 2.92 次/户，城网、农网用户平均停电频率相差 2.21 次/户。

2022 年全国供电用户供电可靠性指标汇总见表 5-1。

表 5-1 2022 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)		1241.01	173.74	28.59	145.15	1067.27	211.24	856.03
用户总容量 (亿千伏安)		58.90	14.86	2.72	12.14	44.04	18.06	25.98
用户平均供电可靠率 (%)	*	99.896	99.974	99.988	99.972	99.883	99.939	99.870
	**	99.902	99.975	99.988	99.973	99.890	99.942	99.878
平均停电时间 (小时/户)	*	9.10	2.23	1.04	2.47	10.22	5.32	11.43
	**	8.55	2.16	1.02	2.39	9.60	5.05	10.72

⁵根据《城市配电网规划设计规范》（GB 50613-2010），城市电力网是以市区电力网为主要组成部分的 110 千伏及以下各级配电网。

⁶根据《农村电力网规划设计导则》（DL/T 5118-2010），农村电力网主要为县（包括县级市、旗、区以下简称为县）辖区内城镇、农村或农场及林、牧、渔场的各类用户供电的 110 千伏及以下各级配电网。

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)
平均停电频率 (次/户)	*	2.61	0.71	0.34	0.78	2.92	1.50	3.28
	**	2.52	0.69	0.34	0.76	2.81	1.45	3.15
平均故障停电时间 (小时/户)	*	5.80	1.40	0.59	1.56	6.52	3.20	7.34
	**	5.25	1.33	0.57	1.48	5.89	2.93	6.62
平均预安排停电时间 (小时/户)		3.30	0.83	0.44	0.91	3.70	2.12	4.09

注：1: 市中心区； 2: 市区； 3: 城镇； 4: 农村

*: 含重大事件日指标; **: 剔除重大事件日后指标

二、供电可靠性趋势

全国供电系统用户平均供电可靠率由 2018 年的 99.820% 提升至 2022 年的 99.896%，提升了 0.076 个百分点，其中城网的用户平均供电可靠率由 2018 年的 99.961% 提升至 2022 年的 99.975%，提升了 0.014 个百分点；农网的用户平均供电可靠率由 2018 年的 99.797% 提升至 2022 年的 99.883%，提升了 0.086 个百分点。

2018-2022 年全国供电系统用户平均供电可靠率变化见图 5-1。

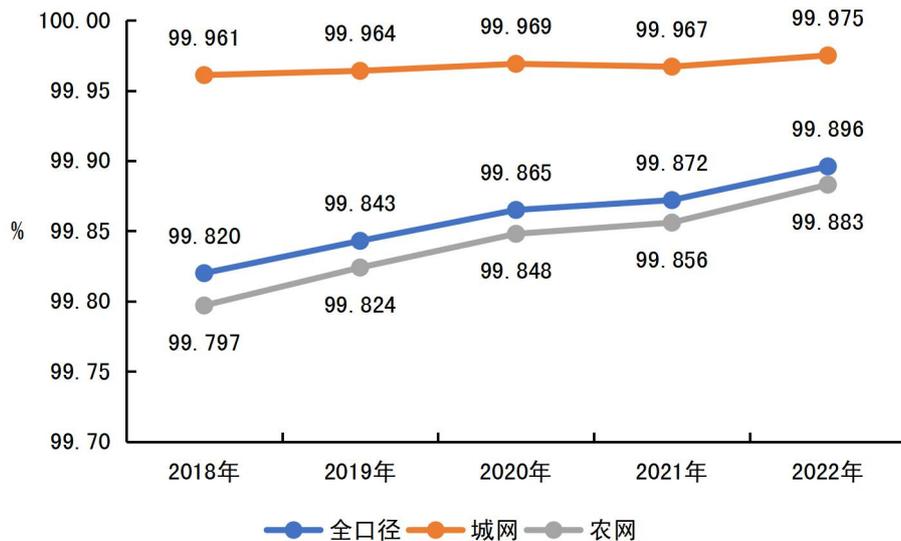


图 5-1 2018-2022 年全国供电系统用户平均供电可靠率变化

2018-2022年,全国的用户平均停电时间由2018年的15.75小时/户下降至2022年的9.10小时/户,下降了6.65小时/户。其中城网用户平均停电时间由2018年的3.42小时/户下降至2022年的2.23小时/户,下降了1.19小时/户;农网用户平均停电时间由2018年的17.81小时/户下降至2022年的10.22小时/户,下降了7.59小时/户。

2018-2022年全国供电系统用户平均停电时间变化见图5-2。

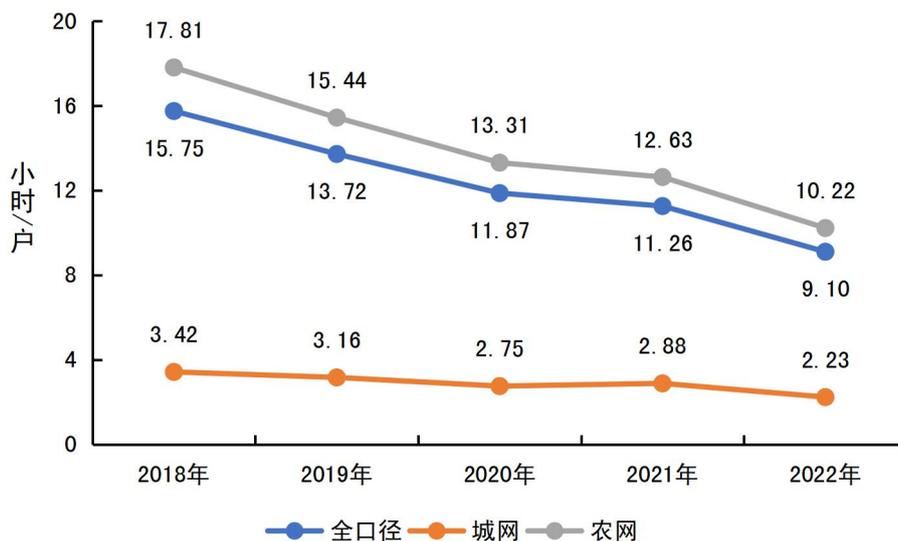


图5-2 2018-2022年全国供电系统用户平均停电时间变化

2018-2022年,全国的用户平均停电频率由2018年的3.28次/户下降至2.61次/户,下降了0.67次/户,其中城网用户平均停电频率由2018年的0.78次/户下降至0.71次/户,下降了0.07次/户;农网用户平均停电频率由2018年的3.70次/户下降至2.92次/户,下降了0.78次/户。

2018-2022年全国供电系统用户平均停电频率变化见图5-3。

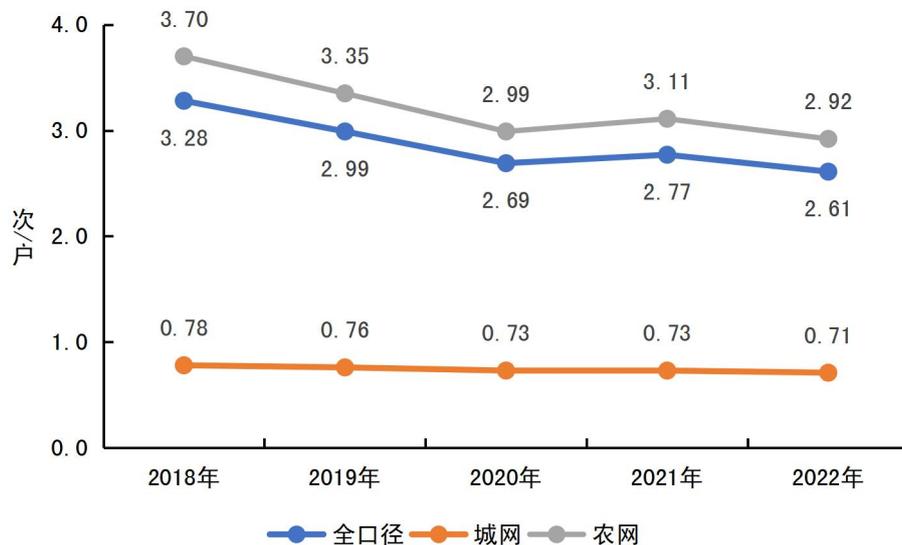


图 5-3 2018-2022 年全国供电系统用户平均停电频率变化

第二节 区域供电可靠性

一、用户平均供电可靠率

2022 年，全国六个区域中⁷，华东区域供电可靠性平均水平领先其他区域，西北地区供电可靠性平均水平低于其他区域。

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 99.907%、99.981%、99.895%，华东区域的分别为 99.967%、99.989%、99.963%，南方区域分别为 99.898%、99.979%、99.883%，均优于全国平均值（全国平均值分别为 99.896%、99.975%和 99.883%）。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 0.026 个百分点；华中区域内城网和农网用户平均供电可靠率相差最大，差值 0.126 个百分点。

2022 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。

⁷ 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。

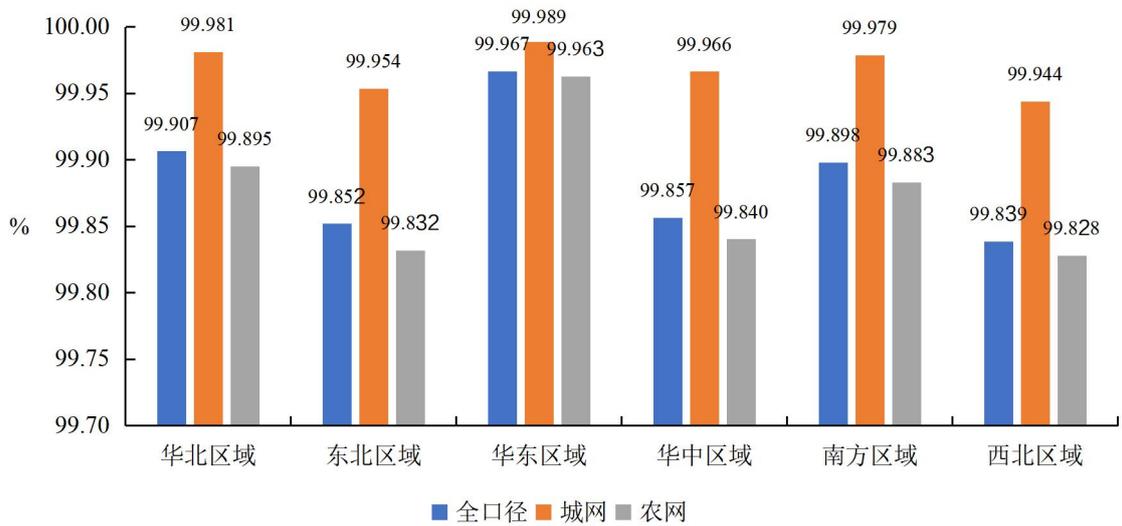


图 5-4 2022 年各区域全口径、城网和农网用户平均供电可靠率

二、用户平均停电频率

华东区域的全口径、城网和农网用户平均停电频率分别为 1.25 次/户、0.45 次/户、1.39 次/户，南方区域分别为 2.07 次/户、0.52 次/户、2.36 次/户，均优于全国平均值（全国平均值分别为 2.61 次/户、0.71 次/户和 2.92 次/户）。华东区域内城网与农网用户平均停电频率相差最小，差值 0.95 次/户；东北区域内城网与农网用户平均停电频率相差最大，差值 3.29 次/户。

2022 年各区域全口径、城网和农网用户平均停电频率见图 5-5。

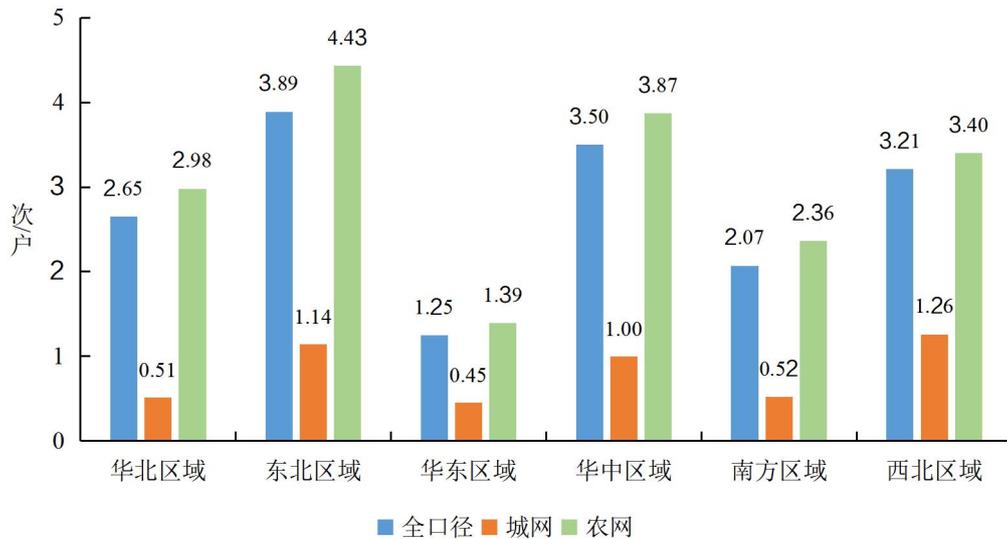


图 5-5 2022 年各区域全口径、城网和农网用户平均停电频率

第三节 省级行政区供电可靠性

一、用户平均供电可靠率

2022年，31个省级行政区中⁸，北京市、天津市、上海市、江苏省、浙江省、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、湖南省、广西壮族自治区、重庆市、四川省、西藏自治区、陕西省、甘肃省、青海省的用户平均供电可靠率低于99.85%⁹。

北京市、天津市、上海市、浙江省、福建省的城网用户平均供电可靠率高于99.99%，黑龙江省、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0.154个百分点；北京市、天津市、上海市、江苏省、浙江省、山东省、广东省的农网用户平均供电可靠率高于99.95%，黑龙江省、广西壮族自治区、四川省、西藏自治区、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0.537个百分点。

31个省级行政区中，用户平均停电时间同比降幅超过10%的有24个，前三位的新疆维吾尔自治区、北京市、安徽省减少幅度超过45%。内蒙古自治区、黑龙江省的用户平均供电可靠率同比下降。

2022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 2022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、山东、广东
	99.90%~99.95%	安徽、福建、宁夏
	99.85%~99.90%	河北、山西、辽宁、江西、河南、湖北、海南、贵州、云南、新疆
	99.80%~99.85%	内蒙古、吉林、黑龙江、湖南、广西、重庆、四川、陕西、甘肃、青海
	低于99.80%	西藏
城	高于99.99%	北京、天津、上海、浙江、福建

⁸ 本报告未含香港、澳门、台湾地区数据。

⁹ 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
网	99.95%–99.99%	河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、江苏、安徽、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、广西、海南、重庆、四川、贵州、云南、宁夏、新疆
	99.90%–99.95%	黑龙江、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、山东、广东
	99.85%–99.95%	河北、山西、辽宁、安徽、福建、河南、湖北、海南、贵州、云南、宁夏、新疆
	99.80%–99.85%	内蒙古、吉林、江西、湖南、重庆、陕西、甘肃
	低于 99.80%	黑龙江、广西、四川、西藏、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

2022年，31个省级行政区中，北京市、天津市、上海市、江苏省、浙江省、福建省、山东省、广东省、宁夏回族自治区的用户平均停电频率少于2次/户，河北省、山西省、四川省、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、山西省、辽宁省、吉林省、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、重庆市、贵州省、云南省、宁夏回族自治区的城网用户平均停电频率少于1次/户，四川省、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、广东省、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，四川省、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，25个省级行政区的用户平均停电频率同比减少，减少幅度超过10%的有21个，前五位的新疆维吾尔自治区、山东省、甘肃省、安徽省、西藏自治区减少幅度超过30%；6个省级行政区的用户平均停电频率同比增加，其中四川省的增加幅度最大。

2022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 2022 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、福建、山东、广东、宁夏
	2-4 次	内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南、广西、海南、重庆、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、新疆
	大于 4 次	河北、山西、四川、西藏
城网	小于 1 次	北京、天津、河北、山西、辽宁、吉林、上海、江苏、浙江、安徽、福建、山东、河南、湖北、湖南、广东、广西、重庆、贵州、云南、宁夏
	1-2 次	内蒙古、黑龙江、江西、海南、陕西、甘肃、青海、新疆
	大于 2 次	四川、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、广东、云南、宁夏
	3-5 次	河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、江西、湖南、广西、海南、重庆、贵州、陕西、甘肃、青海、新疆
	大于 5 次	四川、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

2022 年，全国 333 个地级行政区¹⁰的用户平均供电可靠率范围为 99.325-99.999%，其中，城网用户平均供电可靠率范围为 99.201-99.999%，农网用户平均供电可靠率范围为 99.150-99.997%。按四分位法将各地级行政区分为四个梯队，用户平均供电

¹⁰ 全国一共 333 个地级行政区由国家电网公司、南方电网公司、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。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，青海海北、海南、黄南、果洛、玉树，广西贺州，山西吕梁没有城网，海南三沙没有农网，不含北京、天津、上海、重庆 4 个直辖市。

可靠率的梯队区间界限值分别为 99.325%、99.832%、99.877%、99.935%和 99.999%，城网用户平均供电可靠率的梯队区间界限值分别 99.200%、99.948%、99.967%、99.981%和 100%。农网用户平均供电可靠率的梯队区间界限值分别为 99.150%、99.824%、99.867%、99.925%和 99.997%。

2022 年，全国 333 个地级行政区中，61 个地级行政区（占 18.32%）的用户平均供电可靠率高于 99.95%，52 个地级行政区（占 15.62%）的用户平均供电可靠率低于 99.80%，202 个地级行政区（占 60.66%）的用户平均供电可靠率低于全国平均值（99.896%）；46 个地级行政区（占 13.81%）城网用户平均供电可靠率高于 99.99%，11 个地级行政区（占 3.30%）城网用户平均供电可靠率低于 99.85%，193 个地级行政区（占 57.96%）的城网用户平均供电可靠率低于全国平均值（99.975%）；55 个地级行政区（占 16.52%）的农网用户平均供电可靠率高于 99.95%，68 个地级行政区（占 20.42%）的农网用户平均供电可靠率低于 99.80%。201 个地级行政区（占 60.36%）的农网用户平均供电可靠率低于全国平均值（99.883%）。

2022 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。

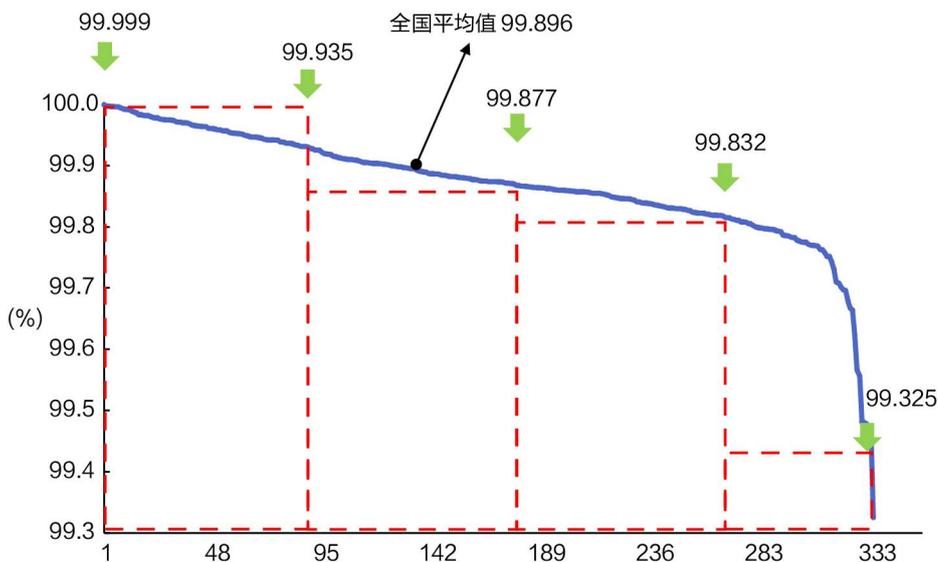


图 5-6 2022 年全国地级行政区用户平均供电可靠率分布（全口径）

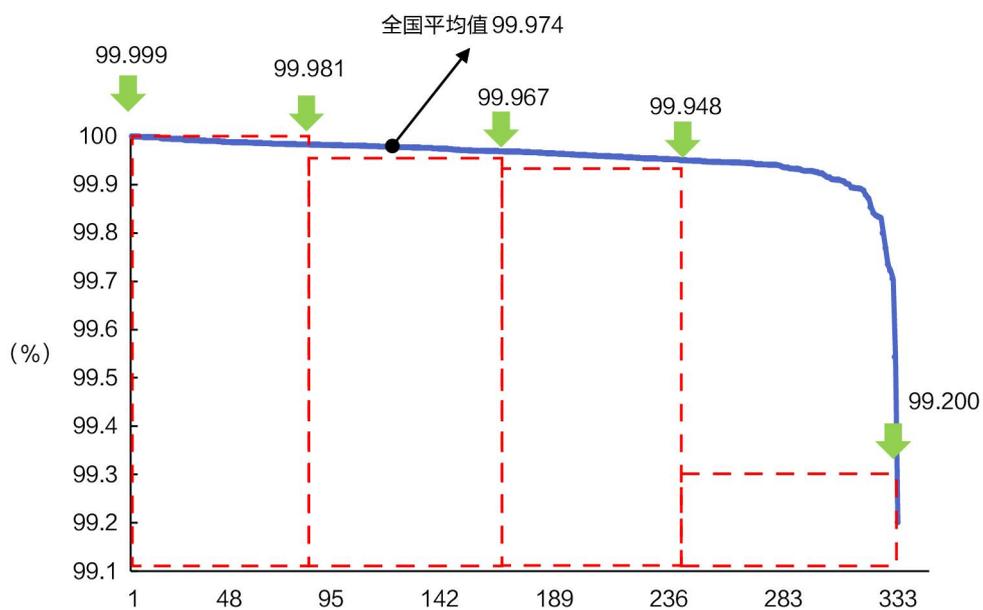


图 5-7 2022 年全国地级行政区用户平均供电可靠率分布（城网）

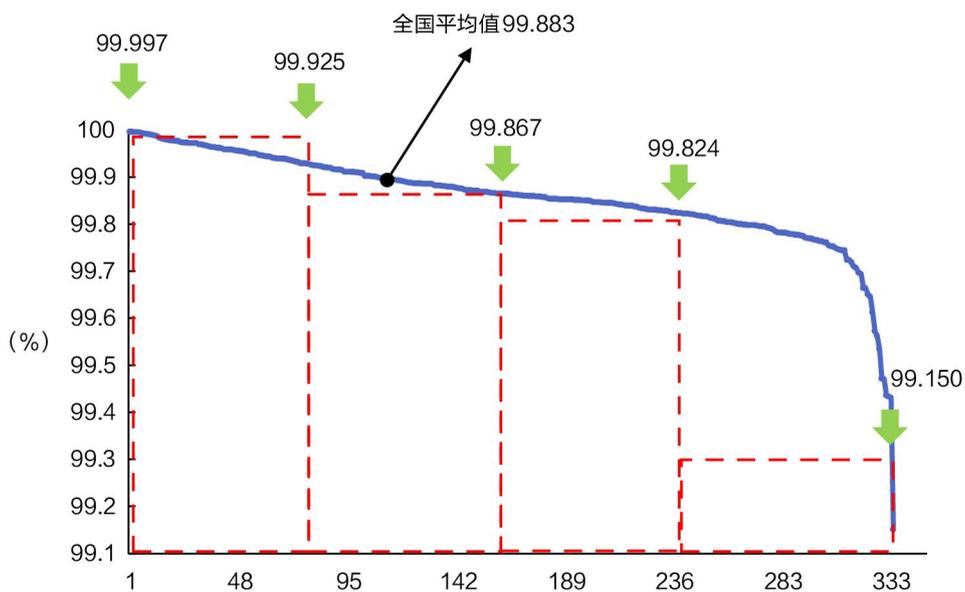


图 5-8 2022 年全国地级行政区用户平均供电可靠率分布（农网）

表 5-4 2022 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%	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； 福建 福州、厦门、泉州； 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、滨州、菏泽； 湖北 武汉； 广东 广州、深圳、珠海、汕头、佛山、江门、惠州、河源、东莞、中山； 海南 海口、三亚、三沙； 陕西 宝鸡； 宁夏 银川
	低于 99.80%	内蒙古 赤峰、呼伦贝尔、兴安； 黑龙江 齐齐哈尔、鸡西、鹤岗、双鸭山、大庆、伊春、佳木斯、七台河、黑河、绥化、大兴安岭； 湖南 张家界、永州、怀化、娄底； 广西 桂林、梧州、玉林、百色、贺州、河池、崇左； 四川 泸州、眉山、广安、达州、雅安、阿坝、甘孜、凉山； 西藏 拉萨、日喀则、昌都、林芝、山南、那曲、阿里； 陕西 延安、汉中、商洛； 甘肃 平凉、陇南； 青海 海北、黄南、海南、玉树、海西； 新疆 阿克苏
城网	高于 99.99%	河北 石家庄； 辽宁 丹东； 江苏 南京、苏州、淮安； 浙江 杭州、嘉兴、绍兴、金华、宁波、台州、丽水、湖州、衢州； 福建 福州、厦门； 山东 济南、青岛、济宁； 广东 广州、深圳、珠海、佛山、江门、东莞、中山； 广西南宁 、百色、崇左； 海南 三沙； 云南 昆明； 新疆 吐鲁番
	低于 99.80%	黑龙江 大庆、大兴安岭； 四川 凉山； 西藏 日喀则、那曲、阿里； 甘肃 武威
农网	高于 99.95%	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； 安徽 合肥、芜湖； 福建 福州、厦门、泉州； 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、滨州、菏泽； 湖北 武汉； 广东 广州、深圳、珠海、佛山、江门、惠州、东莞、中山； 海南 三亚； 陕西 宝鸡； 宁夏 银川
	低于 99.80%	内蒙古 赤峰、呼伦贝尔、兴安； 黑龙江 齐齐哈尔、鸡西、鹤岗、双鸭山、大庆、伊春、佳木斯、七台河、牡丹江、黑河、绥化、大兴安岭； 江西 景德镇、新余； 湖南 岳阳、张家界、永州、怀化、娄底、湘西； 广西 桂林、梧州、玉林、百色、贺州、河池、崇左； 四川 自贡、泸州、德阳、广元、内江、眉山、宜宾、广安、达州、雅安、资阳、阿坝、甘孜、凉山； 西藏 拉萨、日喀则、昌都、林芝、山南、那曲、阿里； 陕西 西安、渭南、延安、汉中、商洛； 甘肃 白银、平凉、陇南、甘南； 青海 海北、黄南、海南、玉树、海西； 新疆 阿克苏

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

2022年，全国333个地级行政区供电企业的用户平均停电频率范围为0.16-24.36次/户，其中，城网用户平均停电频率范围为0-81.10次/户，农网用户平均停电频率范围为0.21-26.97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1.73次/户、2.75次/户、3.80次/户和24.36次/户，城网的用户平均停电频率的梯队区间界限值分别为0.53次/户、0.85次/户、1.32次/户和81.10次/户，农网的用户平均停电频率的梯队区间界限值分别为1.87次/户、2.87次/户、3.96次/户和26.97次/户。

2022年，全国333个地级行政区中，37个地级行政区（占11.11%）的用户平均停电频率少于1次/户，43个地级行政区（占12.91%）的用户平均停电频率超过5次/户，178个地级行政区（占53.45%）的用户平均停电频率高于全国平均值（2.61次/户）；205个地级行政区（占61.56%）的城网用户平均停电频率少于1次/户，4个地级行政区（占1.20%）的城网用户平均停电频率超过5次/户，197个地级行政区（占59.16%）的城网用户平均停电频率高于全国平均值（0.71次/户）；33个地级行政区（占9.91%）的农网用户平均停电频率少于1次/户，56个地级行政区（占16.82%）的农网用户平均停电频率超过5次/户，169个地级行政区（占50.75%）的农网用户平均停电频率高于全国平均值（2.92次/户）。

2022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。

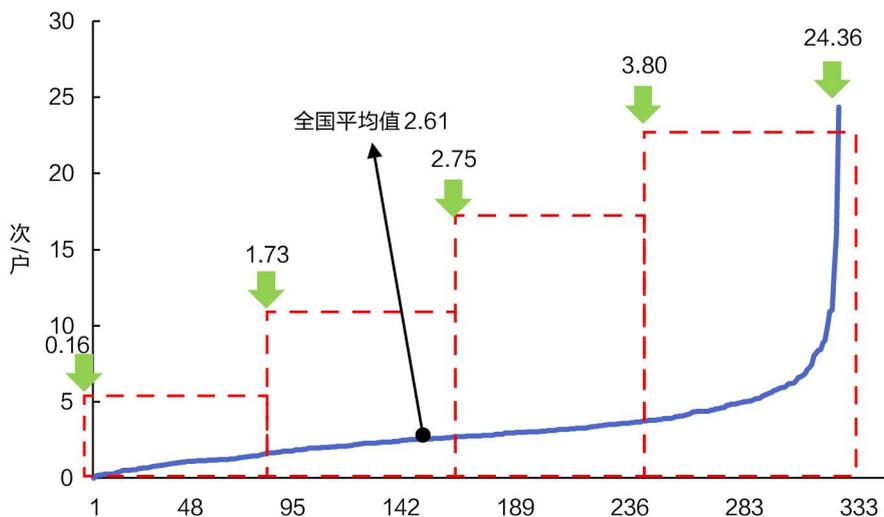


图5-9 2022年全国地级行政区用户平均停电频率分布（全口径）

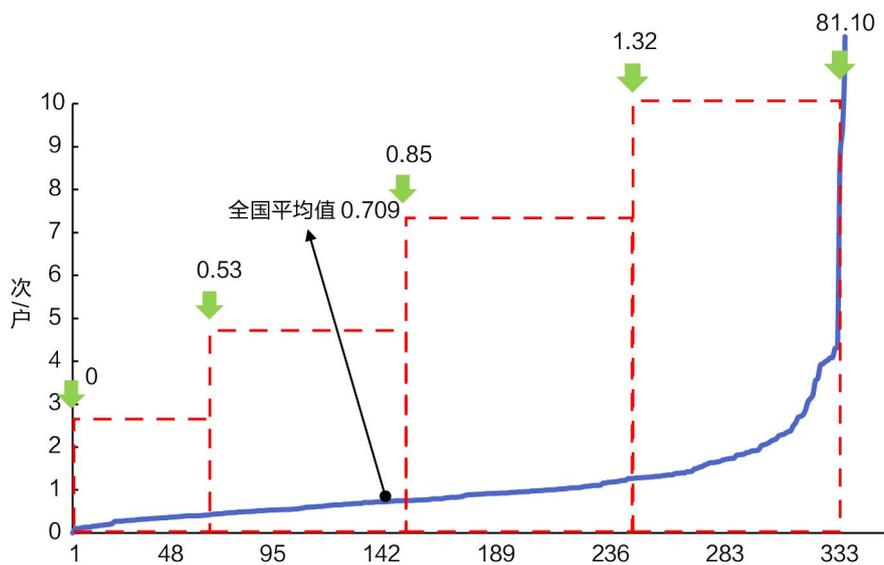


图 5-10 2022 年全国地级行政区用户平均停电频率分布（城网）

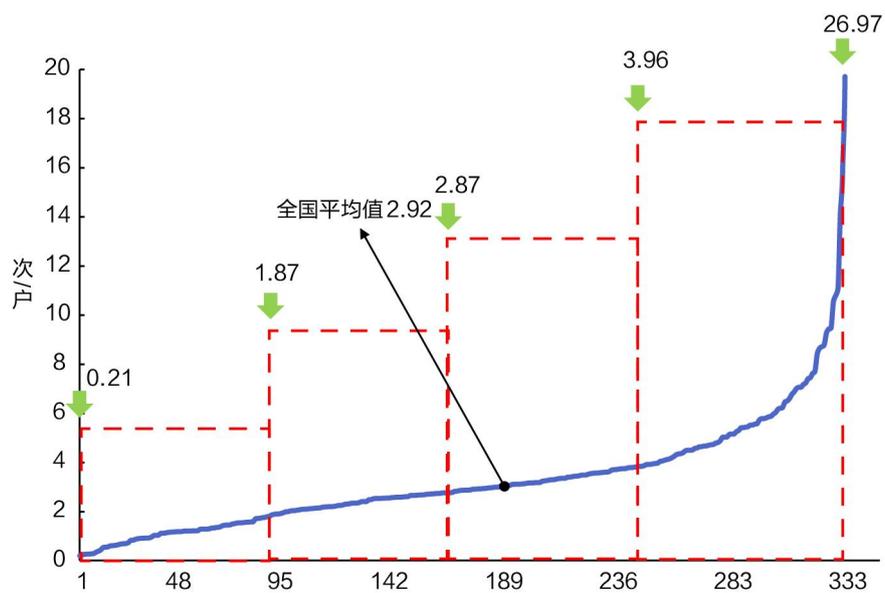


图 5-11 2022 年全国地级行政区用户平均停电频率分布（农网）

表 5-5 2022 年部分地级行政区用户平均停电频率分布情况

用户平均停电频率		地级行政区
全口径	小于 1 次	江苏南京、无锡、常州、苏州、扬州、镇江、泰州；浙江杭州；福建福州、厦门、泉州；山东济南、青岛、淄博、枣庄、烟台、潍坊、济宁、泰安、威海、日照、临沂；湖北武汉；广东广州、深圳、珠海、汕头、佛山、江门、惠州、东莞、中山、揭阳；海南三沙；云南玉溪；宁夏银川；新疆克拉玛依
	大于 5 次	河北邯郸、张家口、沧州；山西朔州、晋中、忻州；内蒙古赤峰、呼伦贝尔、兴安盟；辽宁阜新、铁岭、朝阳、葫芦岛；吉林松原；黑龙江伊春、黑河；广西梧州、贺州、崇左；四川自贡、泸州、德阳、绵阳、广元、内江、南充、眉山、宜宾、广安、达州、雅安、巴中、资阳、阿坝、甘孜、凉山；西藏日喀则、林芝、山南、阿里；陕西延安、商洛；甘肃陇南
城网	小于 1 次	河北石家庄、唐山、秦皇岛、邯郸、衡水；山西太原、大同、阳泉、长治；内蒙古呼和浩特、包头、乌海、赤峰、通辽、阿拉善；辽宁沈阳、大连、鞍山、本溪、丹东、锦州、营口、辽阳、盘锦、葫芦岛；吉林长春、吉林、通化、松原、白城；黑龙江哈尔滨；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；安徽合肥、芜湖、蚌埠、淮南、马鞍山、淮北、铜陵、安庆、黄山、滁州、宿州、池州、宣城；福建福州、厦门、莆田、三明、泉州、漳州、南平、龙岩、宁德；江西赣州、吉安；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、滨州、菏泽；河南郑州、开封、洛阳、平顶山、安阳、鹤壁、新乡、焦作、许昌、漯河、三门峡、南阳、周口、驻马店；湖北武汉、黄石、宜昌、襄阳、荆门、孝感、咸宁、随州、恩施；湖南长沙、株洲、湘潭、衡阳、邵阳、常德、张家界、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、玉林、百色、河池、来宾、崇左；海南海口、三亚、三沙；四川遂宁；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、丽江、普洱、临沧、红河、文山、大理；陕西铜川、宝鸡；甘肃兰州、嘉峪关、庆阳；青海西宁、海西；宁夏银川、石嘴山、吴忠、固原、中卫；新疆吐鲁番
	大于 5 次	四川阿坝、甘孜、凉山；西藏阿里
农网	小于 1 次	江苏南京、无锡、常州、苏州、扬州、镇江、泰州；浙江杭州；福建福州、厦门、泉州；山东济南、青岛、淄博、枣庄、烟台、潍坊、泰安、威海、日照；湖北武汉；广东广州、深圳、珠海、汕头、佛山、江门、惠州、东莞、中山；宁夏银川；新疆克拉玛依

用户平均停电频率		地级行政区
	大于 5 次	河北秦皇岛、邯郸、张家口、承德、沧州、衡水；山西朔州、晋中、忻州；内蒙古赤峰、呼伦贝尔、兴安；辽宁沈阳、抚顺、锦州、阜新、铁岭、朝阳、葫芦岛；吉林长春、松原；黑龙江伊春、黑河；广西梧州、贺州；海南儋州；四川自贡、泸州、德阳、绵阳、广元、内江、乐山、南充、眉山、宜宾、广安、达州、雅安、巴中、资阳、阿坝、甘孜、凉山；西藏拉萨、日喀则、昌都、林芝、山南、阿里；陕西西安、渭南、延安、商洛；甘肃陇南

- 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

全国 50 个主要城市¹¹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 30.73%，用户总容量占全国用户总容量的 49.80%。50 个主要城市用户平均供电可靠率 99.951%，比全国平均值高 0.055 个百分点；用户平均停电时间 4.29 小时/户，比全国平均值少 4.81 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 0.012 个百分点，用户平均停电时间 1.23 小时/户，比全国平均值少 1.01 小时/户；农网用户平均供电可靠率 99.940%，比全国平均值高 0.057 个百分点，用户平均停电时间 5.24 小时/户，比全国平均值少 4.98 小时/户。

2022 年，北京、上海、广州、深圳、天津、南京、杭州、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、兰州的用户平均供电可靠率低于 99.90%；北京、上海、广州、深圳、天津、石家庄、南京、苏州、杭州、宁波、绍兴、福州、厦门、济南、青岛、佛山、东莞、南宁、昆明的城网用户平均供电可靠率高于 99.99%，拉萨、西安的城网用户平均供电可靠率低于 99.95%；北京、广州、深圳、天津、南京、杭州、绍兴、厦门、青岛、佛山、东莞的农网用户平均供电可靠率高于 99.99%，拉萨、西安的农网用户平均供电可靠率低于 99.80%。

2022 年，50 个主要城市中有 44 个城市的用户平均停电时间同比降低，有 38 个

¹¹ 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。

城市的用户平均停电时间同比减少超过 10%，郑州、温州、广州、宁波、杭州、佛山的用户平均停电时间同比减少超过 50%。6 个城市的用户平均停电时间同比增加，成都、西安的用户平均停电时间同比增加超过 20%。

2022 年主要城市用户平均供电可靠率分布情况见表 5-6。

表 5-6 2022 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、绍兴、厦门、青岛、佛山、东莞
	99.95%~99.99%	无锡、徐州、常州、苏州、南通、扬州、宁波、温州、合肥、福州、泉州、济南、烟台、潍坊、武汉、海口、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、昆明、西宁、乌鲁木齐
	99.80%~99.90%	沈阳、长春、哈尔滨、重庆、西安、兰州
	低于 99.80%	拉萨
城网	高于 99.99%	北京、上海、广州、深圳、天津、石家庄、南京、苏州、杭州、宁波、绍兴、福州、厦门、济南、青岛、佛山、东莞、南宁、昆明
	99.98%~99.99%	唐山、大连、无锡、徐州、常州、南通、扬州、温州、合肥、泉州、济南、烟台、潍坊、武汉、海口、重庆、成都、贵阳、昆明、银川
	99.95%~99.98%	太原、呼和浩特、沈阳、长春、哈尔滨、南昌、郑州、长沙、兰州、西宁、乌鲁木齐
	低于 99.95%	拉萨、西安
农网	高于 99.99%	北京、广州、深圳、天津、杭州、绍兴、厦门、青岛、佛山、东莞
	99.95%~99.99%	上海、南京、无锡、徐州、常州、苏州、南通、扬州、宁波、温州、合肥、福州、泉州、济南、烟台、潍坊、武汉、银川
	99.90%~99.95%	石家庄、唐山、太原、呼和浩特、大连、郑州、长沙、南宁、海口、贵阳、昆明、乌鲁木齐
	99.80%~99.90%	沈阳、长春、哈尔滨、南昌、重庆、成都、兰州、西宁
	低于 99.80%	拉萨、西安

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

2022 年，50 个主要城市的用户平均停电频率 1.40 次/户，比全国平均值少 1.21

次/户。其中，城网用户平均停电频率 0.45 次/户，比全国平均值少 0.26 次/户；农网用户平均停电频率 1.72 次/户，比全国平均值少 1.20 次/户。

北京、上海、广州、深圳、天津、南京、苏州、福州、厦门、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、成都、拉萨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、太原、大连、南京、无锡、常州、苏州、扬州、杭州、宁波、绍兴、福州、厦门、泉州、济南、青岛、烟台、潍坊、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，南昌、成都、拉萨、西安、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、苏州、福州、厦门、青岛、佛山、东莞的农网用户平均停电频率少于 0.5 次/户，沈阳、大连、长春、哈尔滨、南昌、重庆、成都、拉萨、西安、兰州的农网用户平均停电频率超过 3 次/户。

2022 年，50 个主要城市中有 41 个城市的用户平均停电频率同比降低，37 个城市的用户平均停电频率同比减少超过 10%，青岛、常州、杭州、济南、苏州、拉萨、厦门、东莞、徐州、呼和浩特、昆明、佛山的用户平均停电频率同比减少超过 30%。9 个城市的用户平均停电频率同比增加，成都、西安的用户平均停电频率增加超过 40%。

2022 年主要城市用户平均停电频率分布情况见表 5-7。

表 5-7 2022 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、常州、苏州、扬州、杭州、福州、厦门、泉州、济南、青岛、烟台、潍坊、武汉、佛山、东莞、银川
	1-2 次	太原、呼和浩特、徐州、南通、宁波、温州、绍兴、合肥、郑州、长沙、南宁、海口、贵阳、昆明、西安、西宁
	2-3 次	石家庄、唐山、大连、南昌、重庆、兰州、乌鲁木齐
	大于 3 次	沈阳、长春、哈尔滨、成都、拉萨
城网	小于 0.5 次	北京、上海、广州、深圳、天津、石家庄、太原、大连、南京、无锡、常州、苏州、扬州、杭州、宁波、绍兴、福州、厦门、泉州、济南、青岛、烟台、潍坊、武汉、佛山、东莞、南宁、重庆、昆明、银川
	0.5-1 次	唐山、呼和浩特、沈阳、长春、哈尔滨、徐州、南通、温州、合肥、郑州、长沙、海口、贵阳、兰州、西宁

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

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

2022 年，全国用户平均故障停电时间为 5.80 小时/户，用户平均预安排停电时间为 3.30 小时/户，分别占到用户平均停电时间的 63.75%、36.25%；用户平均故障停电频率为 2.08 次/户，用户平均预安排停电频率为 0.53 次/户，分别占到用户平均停电频率的 79.76%、20.24%。

2022 年故障、预安排停电指标见表 5-8。

表 5-8 2022 年故障、预安排停电指标

可靠性指标	全口径 (1+2+3+4)	百分比	城网 (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)	5.80	63.75%	1.40	62.85%	6.52	63.78%
用户平均预安排停电时间 (小时/户)	3.30	36.25%	0.83	37.15%	3.70	36.22%
用户平均故障停电频率 (次/户)	2.08	79.76%	0.55	78.21%	2.33	79.82%
用户平均预安排停电频率 (次/户)	0.53	20.24%	0.15	21.79%	0.59	20.18%
故障停电平均持续时间 (小时/次)	3.75	-	3.26	-	3.80	-
预安排停电平均持续时间 (小时/次)	6.99	-	6.39	-	7.06	-

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)	47.50	-	21.60	-	49.48	-
预安排停电平均用户数 (户/次)	27.18	-	11.75	-	28.67	-

一、故障停电分析

(一) 故障平均停电指标分析

2022年，我国用户平均故障停电时间5.80小时/户，同比减少6.78%；用户平均故障停电频率2.08次/户，同比增加3.54%。其中城网、农网用户平均故障停电时间分别为1.40小时/户、6.52小时/户，同比分别减少11.50%、6.58%。城网、农网用户平均故障停电频率分别为0.55次/户、2.33次/户，同比增加7.09%、3.34%。

六个区域中，东北、华中、西北、南方区域的用户平均故障停电时间高于全国平均值（5.8小时/户），华东区域用户平均故障停电时间最短，为1.88小时/户。华北、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（2.08次/户），华东区域用户平均故障停电频率最低，为1.00次/户。华中、南方区域的故障停电平均持续时间高于全国平均值（3.75小时/次）；华东区域故障停电平均持续时间最短，为2.04小时/次。华北、东北、华中区域的故障停电平均用户数高于全国平均值（47.50户/次），华东区域故障停电平均用户数最少，为25.93户/次。

2022年全国、各区域故障停电指标见表5-9。

表5-9 2022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	5.80	5.20	8.75	1.88	8.32	7.25	5.85
	城网	1.40	1.03	2.86	0.62	1.88	2.53	1.11
	农网	6.52	5.84	9.91	2.12	9.29	7.73	6.72
用户平均故障停电频率 (次/户)	全口径	2.08	2.17	3.30	1.00	2.76	2.26	1.65
	城网	0.55	0.39	0.95	0.37	0.77	0.87	0.41
	农网	2.33	2.45	3.77	1.12	3.06	2.40	1.88

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	3.75	2.83	2.83	2.04	4.28	3.48	5.69
	城网	3.26	3.05	2.98	2.32	3.34	2.98	4.46
	农网	3.80	2.81	2.82	2.03	4.39	3.52	5.78
故障停电平均用户数 (户/次)	全口径	47.50	80.56	97.30	25.93	50.84	38.65	28.27
	城网	21.60	29.46	43.67	20.38	17.47	20.11	16.43
	农网	49.48	83.75	102.87	26.20	54.35	39.97	28.87

(二) 故障停电次数分析

2022年，全国有20.81%的用户未发生过故障停电。在发生故障停电用户中，有近34.07%的用户故障停电1次，22.87%的用户故障停电次数在5次及以上，5.28%的用户故障停电次数在10次及以上。

2022年用户故障停电次数分布见图5-12。



图 5-12 2022 年用户故障停电次数分布

(三) 故障停电持续时间分析

2022年，故障停电平均持续时间为3.75小时/次，同比增加0.13小时/次。其中，城网故障停电平均持续时间为3.26小时/次，同比降低0.07小时/次；农网故障停电平均持续时间为3.80小时/次，同比增加0.15小时/次。其中，37.35%的故

障停电能够在 1 小时以内排除并恢复供电；57.27%的故障停电能够在 2 小时以内排除并恢复供电；7.87%的故障停电恢复时间超过了 10 个小时。

2022 年故障停电持续时间占比见图 5-13。

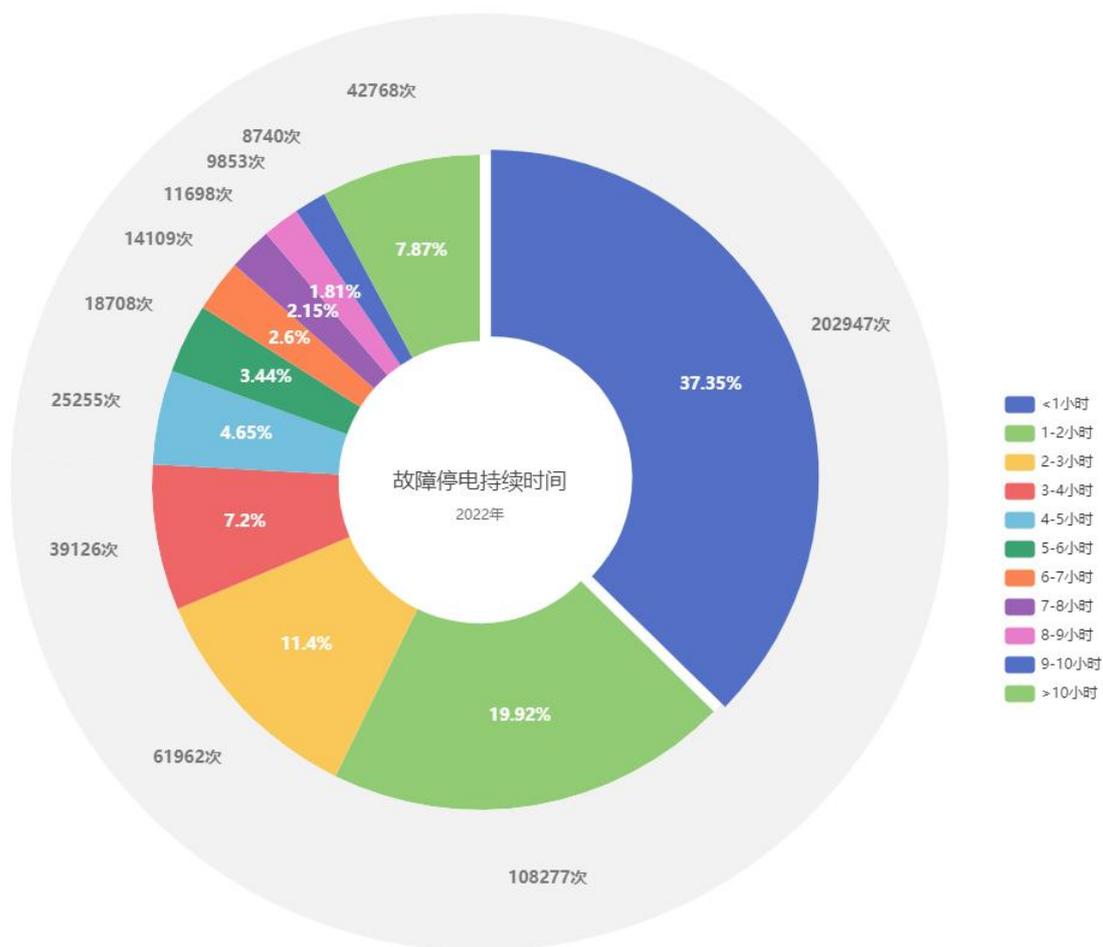


图 5-13 2022 年故障停电持续时间占比

(四) 故障停电原因分析

2022 年，全国故障停电主要责任原因为：自然因素占 31.03%，引起用户平均故障停电时间为 1.80 小时/户，同比减少 0.54 小时/户；外力因素占 20.04%，引起用户平均故障停电时间为 1.16 小时/户，同比减少 0.05 小时/户，其中异物短路是主要原因；设备原因占 22.04%，引起用户平均故障停电时间为 1.28 小时/户，同比增加 0.14 小时/户，其中设备老化是主要原因。

2022 年故障停电原因占比见图 5-14。

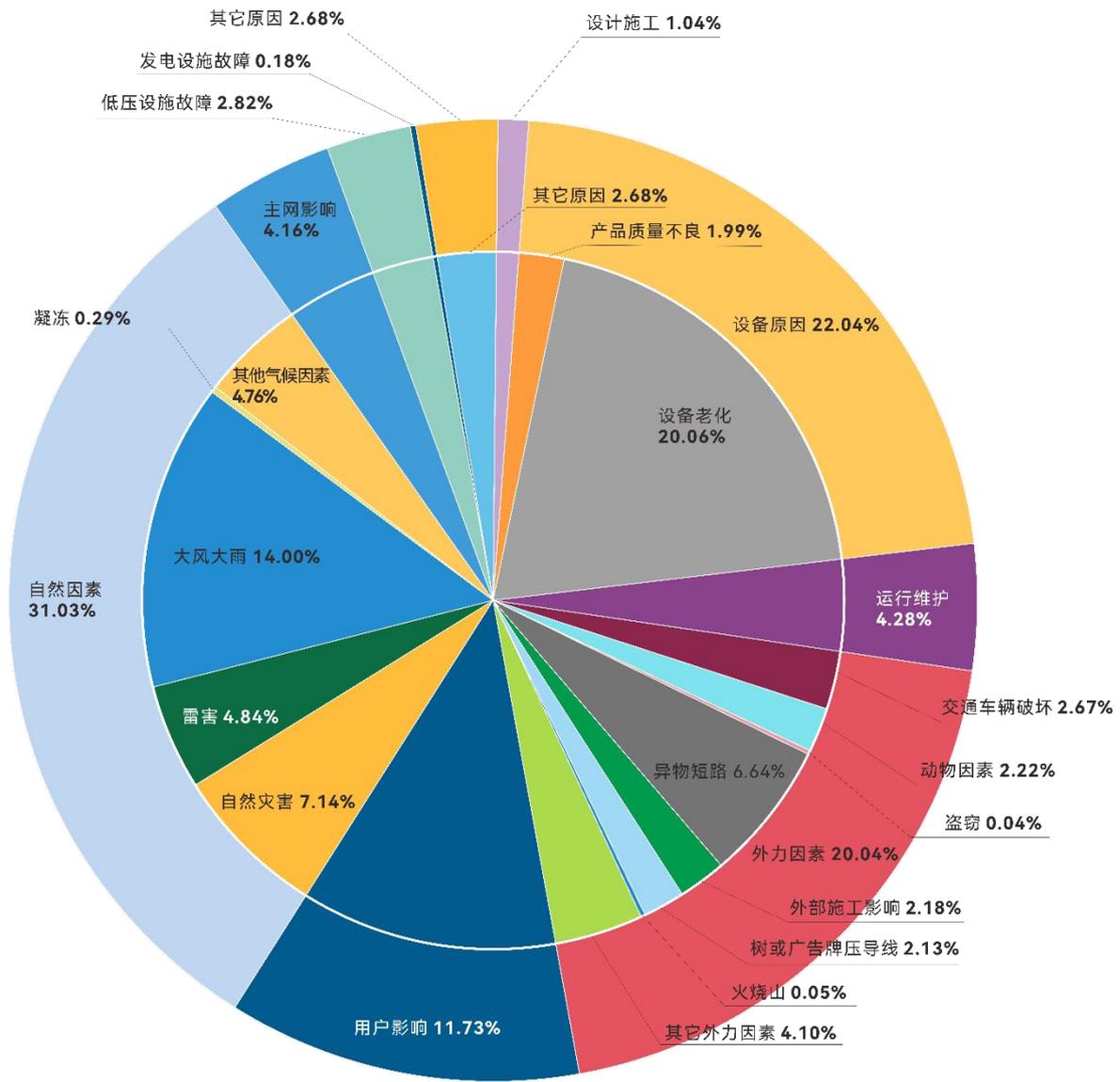


图 5-14 2022 年故障停电原因占比

(五) 故障停电设施分析

2022 年，10 千伏配网架空线路、电缆线路、变压器、断路器四类主要设施中架空线路故障率为 3.85 次/百千米·年，电缆线路故障率为 1.43 次/百千米·年，变压器故障率为 0.17 次/百台·年，断路器故障率为 0.15 次/百台·年，同比压降幅度均较大。

2018-2022 年配网四类主要设施故障率变化见图 5-15。



图 5-15 2018-2022 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

2022 年，我国用户平均预安排停电时间为 3.30 小时/户，同比减少 34.49%；用户平均预安排停电频率为 0.53 次/户，同比减少 30.41%。其中城网用户平均预安排停电时间为 0.83 小时/户，同比减少 34.30%；农网用户平均预安排停电时间为 3.70 小时/户，同比减少 34.54%；城网、农网用户平均预安排停电频率分别为 0.15 次/户、0.59 次/户，同比分别减少 27.97%、30.56%。

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（3.30 小时/户），华东区域用户平均预安排停电时间最短，为 1.03 小时/户。东北、华中、西北区域用户平均预安排停电频率超过全国平均值（0.53 次/户），华东区域用户平均预安排停电频率最低，为 0.25 次/户。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（6.99 小时/次），华东区域的预安排停电平均持续时间最少，为 4.72 小时/户。华北、东北、华中、西北区域的预安排停电平均用户数超过全国平均值（27.18 户/次），南方区域预安排停电平均用户数最少，为 9.44 户/次。

2022 年全国、各区域预安排停电指标见表 5-10。

表 5-10 2022 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	3.30	2.99	4.22	1.03	4.23	6.89	3.09
	城网	0.83	0.62	1.21	0.35	1.06	2.38	0.75
	农网	3.70	3.36	4.81	1.15	4.70	7.35	3.53
用户平均预安排停电频率 (次/户)	全口径	0.53	0.48	0.59	0.25	0.74	0.95	0.42
	城网	0.15	0.12	0.20	0.08	0.23	0.40	0.10
	农网	0.59	0.53	0.66	0.28	0.81	1.01	0.48
预安排停电平均持续时间 (小时/次)	全口径	6.99	6.01	6.18	4.72	6.61	7.52	8.64
	城网	6.39	4.90	5.53	5.09	6.24	5.62	8.38
	农网	7.06	6.16	6.26	4.69	6.67	7.71	5.78
预安排停电平均用户数 (户/次)	全口径	27.18	57.94	101.69	14.85	36.87	39.46	9.44
	城网	11.75	16.93	47.68	8.84	11.85	17.02	4.94
	农网	28.67	63.08	108.30	15.34	40.19	41.63	9.75

(二) 预安排停电次数分析

2022 年，全国有 60.75% 的用户未发生预安排停电。在发生预安排停电用户中，有近 60.26% 的用户预安排停电 1 次，4.91% 的用户预安排停电次数在 5 次及以上，0.39% 的用户预安排停电次数在 10 次及以上。

2022 年用户预安排停电次数分布见图 5-16。

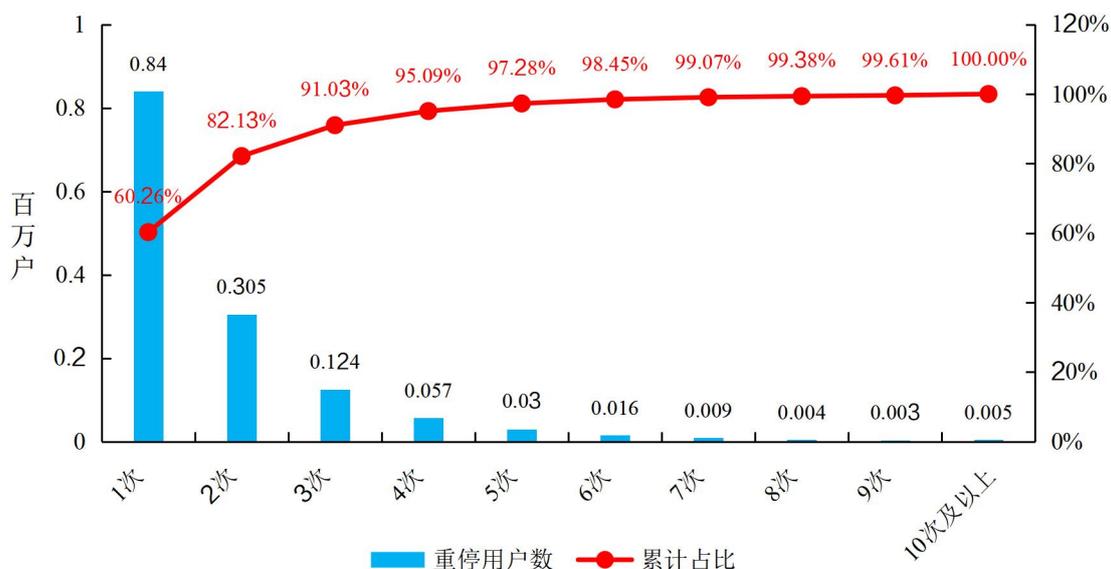


图 5-16 2022 年用户预安排停电次数分布

（三）预安排停电持续时间分析

2022年，预安排停电平均持续时间6.99小时/次，同比增加0.11小时/次。其中，城网预安排停电平均持续时间6.39小时/次，同比增加0.35小时/次；农网预安排停电平均持续时间7.06小时/次，同比增加0.06小时/次。其中，17.82%的预安排停电在1小时以内恢复供电；40.28%的预安排停电在2小时以内恢复供电；8.02%的预安排停电恢复时间超过10个小时。

2022年预安排停电持续时间占比见图5-17。

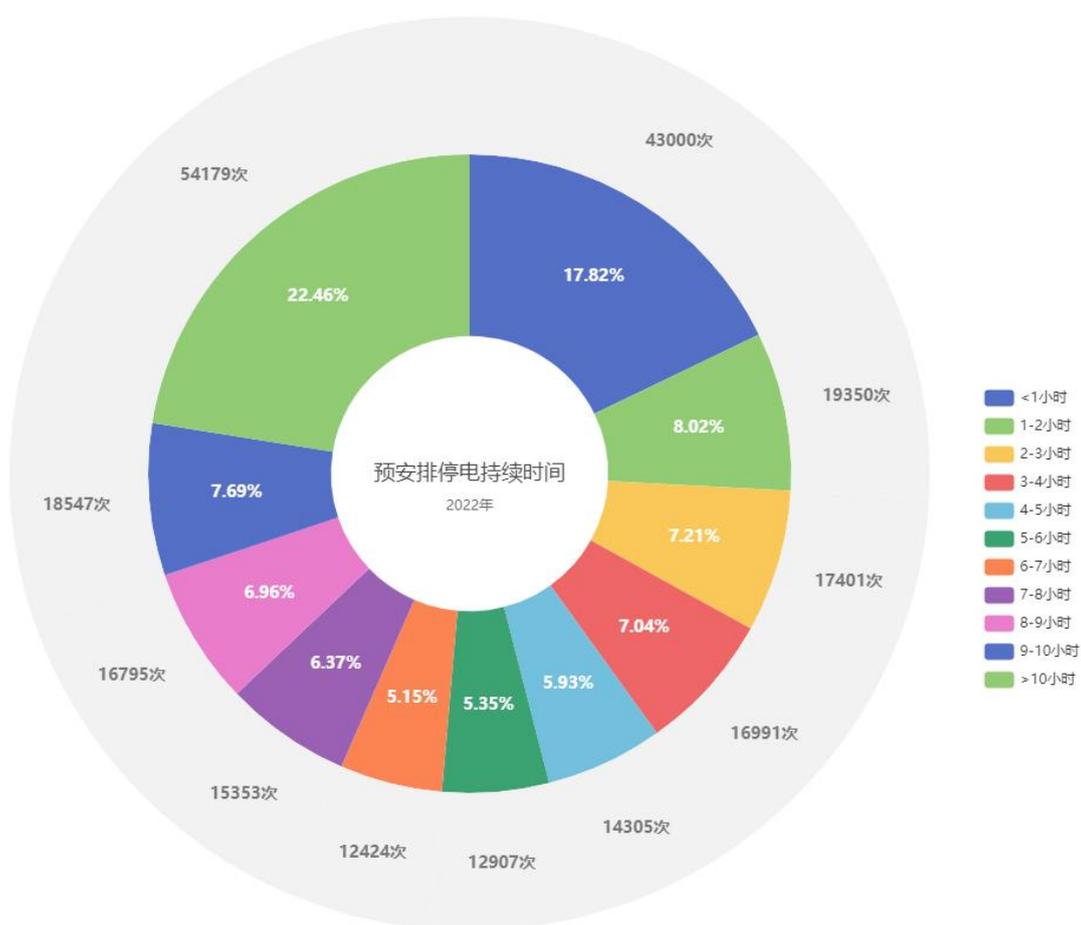


图5-17 2022年预安排停电持续时间占比

(四) 预安排停电原因分析

2022年，全国预安排停电主要原因为：检修停电占64.53%，造成用户预安排平均停电时间2.13小时/户，同比减少0.68小时/户；工程停电占31.38%，造成用户预安排平均停电时间1.04小时/户，同比减少0.71小时/户；用户申请、调电、有序用电及低压作业引起的停电占4.09%，造成用户预安排平均停电时间0.13小时/户，同比减少0.35小时/户。

2022年预安排停电原因占比见图5-18。

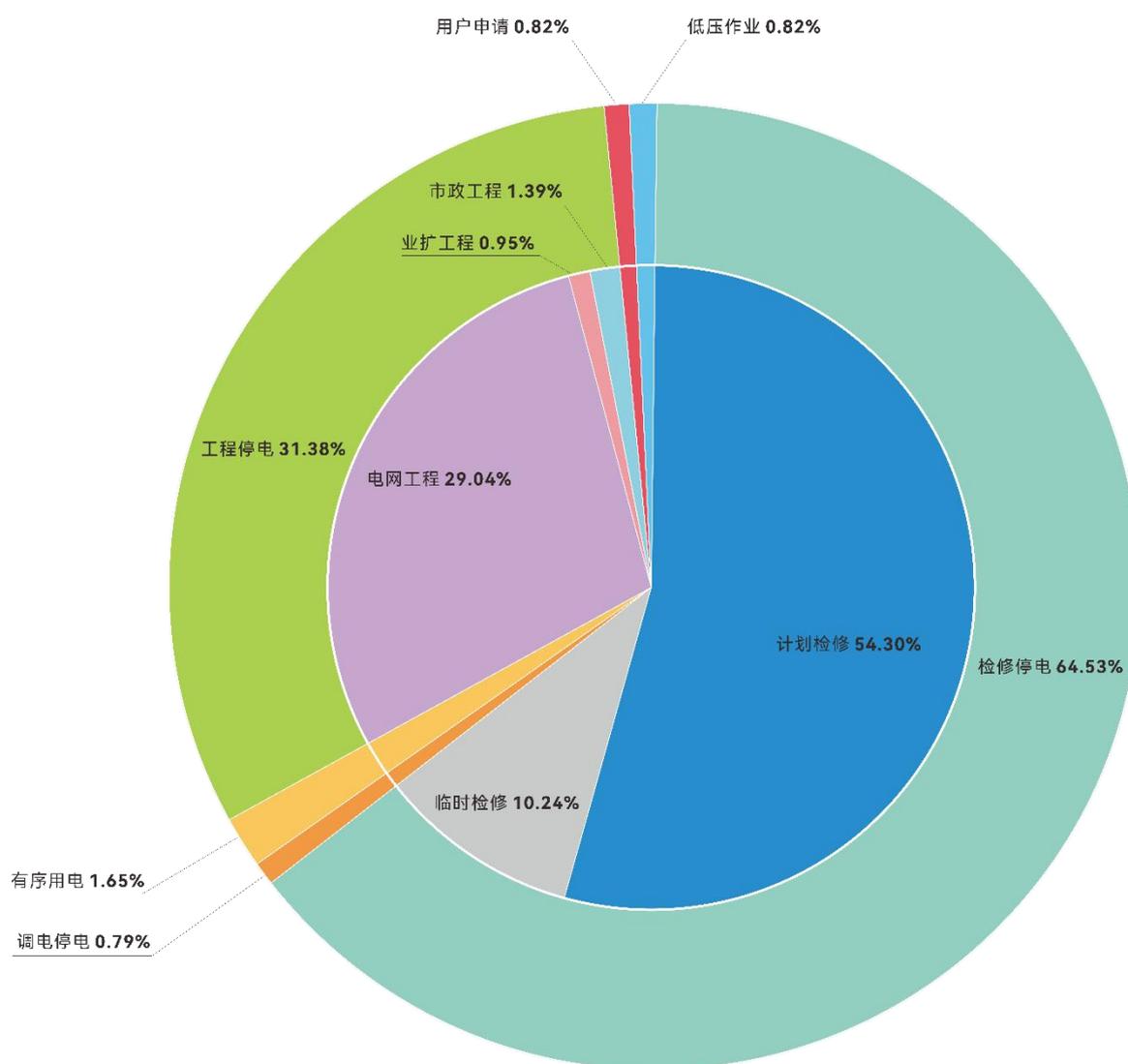


图 5-18 2022 年预安排停电原因占比

附表1 2022年火电机组运行主要可靠性指标

	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	8	7.83	4455.03	6824.45	1522.93	1.02	365.88	0.64	46.75	0.64	46.75	0	95.29	0.7
	燃煤全部	8	7.83	4455.03	6824.45	1522.93	1.02	365.88	0.64	46.75	0.64	46.75	0	95.29	0.7
125	燃煤国产	4	4	2534.7	5130.48	2494.03	1.5	1096.8	0.5	38.7	0	0	0	87.04	0
	燃煤进口	6	5.56	3057.64	5446.14	2861.12	0.72	375.11	0.36	77.62	0.36	77.62	0	94.83	1.41
	燃煤全部	10	9.56	2838.9	5314.1	2707.57	1.05	676.98	0.42	61.34	0.21	45.15	0	91.57	0.84
130-138	燃煤国产	37	36.87	3864.81	5749.98	2349.11	0.98	532.14	0.62	128.77	0.46	51.27	3.12	92.42	0.94
	燃煤全部	37	36.87	3864.81	5749.98	2349.11	0.98	532.14	0.62	128.77	0.46	51.27	3.12	92.42	0.94
140-150	燃煤国产	55	52.01	3428.05	5172.06	3007.18	1.19	558.06	0.25	22.69	0.17	15.22	0	93.37	0.3
	燃煤全部	55	52.01	3428.05	5172.06	3007.18	1.19	558.06	0.25	22.69	0.17	15.22	0	93.37	0.3
160-185	燃煤国产	7	7	3496.26	5646.42	2913.75	0.57	185.28	0.43	14.55	0.43	14.55	0	97.72	0.26
	燃煤进口	4	4	1054.68	1416.68	6960.84	0.5	250.64	1	131.84	0.5	61.5	3.41	95.59	4.39
	燃煤全部	11	11	2601.02	4095.51	4397.68	0.55	209.25	0.64	57.56	0.45	31.77	1.25	96.94	0.8
100-199	燃煤国产	111	107.71	3602.77	5485.84	2686.25	1.08	528.92	0.43	58.99	0.32	28.27	1.03	93.28	0.55
	燃煤进口	10	9.56	2082.29	3483.98	4857.5	0.63	314.5	0.63	104.02	0.42	69.77	1.66	95.2	1.89
	燃煤全部	121	117.28	3477.21	5320.52	2865.56	1.04	511.21	0.44	62.71	0.32	31.7	1.08	93.44	0.63
200	燃煤国产	81	80.75	3685.82	5855.38	2389.77	0.88	459.29	0.53	55.55	0.48	45.82	0.51	94.12	0.78
	燃煤全部	81	80.75	3685.82	5855.38	2389.77	0.88	459.29	0.53	55.55	0.48	45.82	0.51	94.12	0.78

	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	41	38.89	3417.78	5940.68	2184.07	1.05	613.96	0.36	21.29	0.33	20.4	8.61	92.65	0.43
	燃煤进口	6	6	981.41	1615.17	6688.23	1	426.46	0.17	30.14	0.17	30.14	0	94.79	1.74
	燃煤全部	47	44.89	3091.16	5360.8	2787.9	1.05	588.82	0.33	22.48	0.31	21.71	7.46	92.94	0.48
200-299	燃煤国产	122	119.63	3594.36	5884.49	2319.58	0.94	512.07	0.48	43.86	0.43	37.14	3.27	93.62	0.66
	燃煤进口	6	6	981.41	1615.17	6688.23	1	426.46	0.17	30.14	0.17	30.14	0	94.79	1.74
	燃煤全部	128	125.63	3463.25	5670.27	2538.79	0.94	507.77	0.46	43.17	0.42	36.79	3.11	93.68	0.68
300	燃煤国产	299	297.28	4424.25	6647.66	1368.62	1.18	687.52	0.51	56.2	0.39	36.25	1.78	91.49	0.55
	燃煤进口	2	2	4103.44	7500.63	1148.65	0.5	110.73	0	0	0	0	0	98.74	0
	燃煤全部	301	299.28	4422.11	6653.36	1367.15	1.18	683.67	0.51	55.83	0.39	36.01	1.76	91.54	0.55
310-329	燃煤国产	91	90.83	4223.6	6552.37	1514.65	0.94	626.46	0.48	66.52	0.4	61.03	0.21	92.09	0.93
	燃煤进口	1	1	5371.6	7785.93	974.07	0	0	0	0	0	0	0	100	0
	燃煤全部	92	91.83	4236.44	6566.17	1508.6	0.93	619.45	0.48	65.78	0.39	60.34	0.21	92.18	0.91
330-340	燃煤国产	274	273.58	4661.14	7041.51	1053.79	0.97	620.56	0.43	44.14	0.31	25.87	2.41	92.38	0.37
	燃煤进口	1	1	4395.65	7014.15	1042.17	2	698.65	1	5.03	1	5.03	0	91.97	0.07
	燃煤全部	275	274.58	4660.18	7041.41	1053.75	0.98	620.85	0.43	44	0.32	25.8	2.4	92.38	0.37
350-352	燃煤国产	208	207.45	4645.42	7264.38	836.23	1.03	609.39	0.49	49.99	0.39	29.47	5.05	92.42	0.43
	燃煤进口	34	34	4156.77	6534.74	1531.49	0.88	671.05	0.29	22.71	0.15	4.33	0.06	92.08	0.07
	燃煤全部	242	241.45	4576.61	7161.64	934.14	1.01	618.08	0.46	46.15	0.36	25.93	4.35	92.37	0.38

	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	6	6	4197.21	6411.92	1595.59	0.67	683.35	1	69.14	1	69.14	0	91.41	1.08
	燃煤进口	8	8	4099.17	6540.05	1664.32	0.88	537.81	0.38	17.83	0.38	17.83	0	93.66	0.27
	燃煤全部	14	14	4140.83	6485.61	1635.12	0.79	599.64	0.64	39.63	0.64	39.63	0	92.7	0.62
300-399	燃煤国产	878	875.15	4534.13	6919.67	1148.54	1.05	639.86	0.48	51.92	0.37	34	2.64	92.07	0.5
	燃煤进口	46	46	4173.9	6607.02	1520.18	0.87	612.65	0.3	20.15	0.2	6.57	0.04	92.78	0.1
	燃煤全部	924	921.15	4514.75	6902.85	1168.54	1.04	638.4	0.47	50.21	0.36	32.52	2.5	92.11	0.48
500	燃煤国产	6	5.83	5526.53	7398.77	689.92	1.03	668.98	0.17	2.32	0.17	2.32	0	92.34	0.03
	燃煤进口	2	2	4732.83	6455.24	1001.73	1	1038.68	3.5	264.35	3	180.56	0	85.13	2.72
	燃煤全部	8	7.83	5326.68	7161.19	768.43	1.02	762.07	1.02	68.3	0.89	47.2	0	90.52	0.66
600	燃煤国产	228	226.53	4354.3	6712.22	1328.4	0.93	658.34	0.58	61.03	0.47	41.6	17.77	91.59	0.64
	燃煤进口	11	10.95	4622.7	6754.33	1066.46	0.73	833.23	0.82	105.99	0.64	89.15	0	89.28	1.3
	燃煤全部	239	237.47	4366.67	6714.17	1316.33	0.92	666.4	0.59	63.1	0.48	43.79	16.95	91.48	0.67
630-650	燃煤国产	94	93.67	4810.88	7070.95	873.91	0.95	759.25	0.51	55.89	0.4	43.99	14.9	90.52	0.65
	燃煤进口	4	4	5413.97	7365.59	850.21	0.75	529.39	0.25	14.81	0	0	0	93.79	0
	燃煤全部	98	97.67	4835.4	7082.93	872.95	0.94	749.9	0.5	54.22	0.38	42.2	14.29	90.66	0.62
660-680	燃煤国产	236	235.41	4716.94	7143.64	872.96	0.99	662.58	0.64	80.82	0.46	57.08	11.54	91.38	0.82
	燃煤进口	3	3	4814.2	7231.43	976.82	1	548.48	0.33	3.27	0.33	3.27	0.7	93.69	0.05
	燃煤全部	239	238.41	4718.16	7144.74	874.26	0.99	661.15	0.64	79.85	0.46	56.4	11.41	91.41	0.81

	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	558	555.61	4592.42	6964.27	1049.49	0.96	677.31	0.6	68.93	0.45	48.87	14.52	91.32	0.72
	燃煤进口	18	17.95	4837.13	6978.87	1001.18	0.78	713.1	0.61	66.85	0.45	53.49	0.13	91.09	0.78
	燃煤全部	576	573.56	4599.9	6964.71	1048.01	0.95	678.41	0.6	68.87	0.45	49.01	14.08	91.31	0.72
700	燃煤国产	8	8	4606.65	6998.96	709.5	1.25	997.87	0.75	53.68	0.75	53.68	11.53	87.86	0.89
	燃煤进口	2	2	4367.6	6497.12	2070.88	0.5	192	0	0	0	0	0	97.81	0
	燃煤全部	10	10	4558.84	6898.59	981.78	1.1	836.69	0.6	42.94	0.6	42.94	9.22	89.85	0.73
800	燃煤国产	2	2	3951.61	6127.29	2264.41	0.5	356.33	0.5	11.97	0.5	11.97	0	95.8	0.19
	燃煤全部	2	2	3951.61	6127.29	2264.41	0.5	356.33	0.5	11.97	0.5	11.97	0	95.8	0.19
900	燃煤国产	2	2	5191.88	7443.34	271.5	1	1025.25	2	19.91	2	19.91	0	88.07	0.27
	燃煤全部	2	2	5191.88	7443.34	271.5	1	1025.25	2	19.91	2	19.91	0	88.07	0.27
1000	燃煤国产	149	147.56	5009.81	7153.54	768.9	0.96	793.24	0.54	44.31	0.41	27.79	10.89	90.31	0.51
	燃煤全部	149	147.56	5009.81	7153.54	768.9	0.96	793.24	0.54	44.31	0.41	27.79	10.89	90.31	0.51
500-1000	燃煤国产	725	721	4719.53	7021.13	963.36	0.96	714.67	0.59	60.84	0.45	42.28	13.25	91	0.67
	燃煤进口	22	21.95	4780.58	6889.9	1112.42	0.77	683.11	0.82	74.57	0.64	57.36	0.1	91.35	0.89
	燃煤全部	747	742.94	4721.1	7017.77	967.17	0.96	713.86	0.59	61.19	0.45	42.66	12.91	91	0.68
100-1000	燃煤国产	1836	1823.49	4603.5	6925.69	1097.02	1.01	680	0.52	57.28	0.4	39.07	9.14	91.48	0.58
	燃煤进口	84	83.51	4211.17	6393.3	1697.81	0.83	622.07	0.47	46.82	0.34	31.4	0.13	92.36	0.5
	燃煤全部	1920	1907	4588.93	6905.91	1119.34	1	677.85	0.52	56.89	0.4	38.78	8.8	91.51	0.58
燃气轮机组		258	258	2424.39	3808.7	4304.94	1.19	640.4	0.15	5.96	0.12	3.84	0.01	92.62	0.08

附表2 2022年水电机组运行主要可靠性指标

序号	机组分类	机组容量(MW)	台数(台)	台年数	平均容量(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)]			
1	抽水蓄能机组	全部	139	138.68	254.23	2636.26	3318.62	4596.91	5.62	831.56	0.66	12.90	0.57	8.1	0	90.36	0.18
2		40~99兆瓦	18	18	61.56	2645.05	5120.97	3172.32	3.72	464.97	0.06	1.73	0.06	1.73	0	94.67	0.02
3		100~199兆瓦	6	5.68	150	2382.31	2307.09	5332.65	6.34	1120.26	0	0	0	0	0	87.21	0
4		200~299兆瓦	29	29	237.93	2567.42	2855.83	5179.35	4.83	723.88	0.28	0.94	0.24	0.88	0	91.73	0.03
5		300兆瓦及以上	86	86	307.33	2662.05	3396.47	4480.88	6.23	865.74	0.97	16.91	0.83	10.51	0	89.92	0.29
6	水电轴流机组	全部	152	150.61	103.17	4265.7	5337.59	2666.94	1.32	752.85	0.08	2.63	0.03	1.65	0	91.38	0.02
7		40~99兆瓦	72	71.93	59.82	3704.78	4701.38	3327.63	1.38	727.83	0.13	3.16	0.03	0.09	0	91.66	0
8		100~199兆瓦	73	71.89	136.63	4562.75	5772.77	2259.9	1.21	724.58	0.04	2.75	0.03	2.57	0	91.7	0.04
9		200~299兆瓦	7	6.78	200	3898.96	4211.57	3511.89	1.92	1036.54	0	0	0	0	0	88.17	0
10	水电混流机组	全部	816	810.96	251.31	3791.16	5022.5	3171.09	1.2	565.06	0.03	1.34	0.02	1.02	2.08	93.51	0.02
11		40~99兆瓦	333	331.54	60.68	3441.53	4685.56	3593.06	1.16	480.99	0.01	0.39	0.01	0.38	18.84	94.29	0.01
12		100~199兆瓦	125	124.26	135.21	2978.23	4065.02	4142.4	1.26	552.25	0.05	0.33	0.04	0.23	2.59	93.66	0
13		200~299兆瓦	104	103.15	231.44	3364.29	4377.08	3880.52	1.17	500.12	0.04	2.29	0.04	2.29	0	94.26	0.05
14		300兆瓦及以上	254	252.01	566.50	4007.85	5291.04	2878.21	1.23	589.31	0.05	1.44	0.03	1	0	93.26	0.02
15		全部	1107	1100.24	231.34	3659.72	4805.16	3338.34	1.77	613.47	0.12	3.03	0.09	2.04	1.66	92.94	0.03

附表 3 2022 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	4513	4492.64	0.800849	8676.31	24.28	2.1	29.98	1.28	29.4235
1-1.49	738	736.41	1.205081	8625.37	12.44	3.02	35.23	1.94	86.9585
1.50-1.99	29135	28944.67	1.758786	8656.33	45.39	2.95	27.07	1.46	31.2136
2-2.49	14927	14821.51	2.034235	8611.69	52.82	3.07	57.05	1.7	38.4399
2.50 及以上	9468	9258.28	3.13086	8616.13	49.59	3.07	53.34	1.02	40.9468
全部	58645	58117.51	1.97149	8634.72	47.52	2.94	41.76	1.45	35.9896

附表4 2022年全国220千伏及以上电压等级架空线路、变压器、电抗器、断路器等13类输变电设施可靠性综合指标

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	8509.885	8446.760	0.035	99.522	397	2.332	3431	38.323
架空线路	220	4803.456	4782.831	0.039	99.809	257	0.245	2607	16.177
架空线路	330	360.232	358.231	0.003	99.805	1	0.003	92	15.868
架空线路	400	8.458	8.458	0	100	0	0	0	0
架空线路	500	2462.026	2430.886	0.042	99.239	132	6.381	635	57.409
架空线路	660	26.667	26.667	0	97.745	0	0	2	197.500
架空线路	750	266.712	262.539	0	99.658	0	0	35	29.988
架空线路	800	425.128	419.943	0.012	97.810	5	7.162	30	181.692
架空线路	1000	157.206	157.206	0.013	99.154	2	0.009	30	74.095
变压器	综合	22205	219.180	0.210	99.468	83	0.319	5279	45.735
变压器	220	14131	140.237	0.150	99.563	45	0.221	3253	37.785
变压器	330	624	6.159	0.162	99.271	1	0.001	158	63.038
变压器	500	6721	65.621	0.229	99.302	22	0.406	1656	59.478
变压器	660	6	0.060	0	100	0	0	0	0
变压器	750	476	4.634	1.942	99.180	15	2.660	128	69.203
变压器	800	33	0.330	0	100	0	0	0	0
变压器	1000	214	2.140	0	99.395	0	0	84	52.997

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	4576	45.533	0.110	99.806	8	0.130	448	16.740
电抗器	220	270	2.720	0	99.940	0	0	12	5.219
电抗器	330	244	2.443	0	99.962	0	0	4	3.098
电抗器	400	9	0.090	0	100	0	0	0	0
电抗器	500	2993	29.782	0.067	99.862	4	0.037	238	12.010
电抗器	750	702	6.917	0.289	99.795	2	0.434	90	17.546
电抗器	800	57	0.570	0	100	0	0	0	0
电抗器	1000	301	3.010	0.332	98.992	2	0.608	104	86.849
断路器	综合	52754	524.589	0.086	99.817	84	0.053	7293	15.536
断路器	220	41122	409.067	0.059	99.863	48	0.036	4771	11.833
断路器	330	2239	22.194	0.045	99.877	1	0	202	10.749
断路器	400	2	0.020	0	100	0	0	0	0
断路器	500	8671	86.165	0.139	99.602	26	0.138	2108	32.520
断路器	750	620	6.143	1.139	99.503	8	0.161	211	43.337
断路器	800	43	0.430	0	100	0	0	0	0
断路器	1000	57	0.570	1.754	99.949	1	0.196	1	4.313
电流互感器	综合	150981	1504.511	0.015	99.950	62	0.022	6379	4.239
电流互感器	220	124255	1237.231	0.011	99.962	32	0.010	4781	3.295
电流互感器	330	4276	42.592	0	99.948	0	0	174	4.512
电流互感器	400	25	0.250	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	21821	218.398	0.046	99.880	30	0.092	1424	9.654
电流互感器	750	322	3.220	0	100	0	0	0	0
电流互感器	800	135	1.350	0	100	0	0	0	0
电流互感器	1000	147	1.470	0	100	0	0	0	0
电压互感器	综合	99763	988.351	0.004	99.949	17	0.012	4540	4.399
电压互感器	220	66747	663.218	0.006	99.979	8	0.011	2135	1.762
电压互感器	330	6140	60.025	0	99.945	0	0	285	4.760
电压互感器	500	24470	241.457	0	99.892	9	0.021	1760	9.207
电压互感器	750	1715	16.800	0	99.810	0	0	178	16.642
电压互感器	800	31	0.310	0	100	0	0	0	0
电压互感器	1000	660	6.541	0	99.317	0	0	182	59.779
隔离开关	综合	184388	1838.427	0.013	99.963	69	0.025	5313	3.194
隔离开关	220	155369	1549.540	0.006	99.975	22	0.018	3508	2.139
隔离开关	330	5102	50.694	0.059	99.973	3	0.004	109	2.314
隔离开关	400	8	0.080	0	100	0	0	0	0
隔离开关	500	22110	220.260	0.032	99.885	40	0.083	1499	9.748
隔离开关	750	1530	15.163	0.264	99.787	4	0.013	193	18.625
隔离开关	800	143	1.430	0	100	0	0	0	0
隔离开关	1000	126	1.260	0	99.898	0	0	4	8.967
避雷器	综合	169066	1677.433	0.007	99.955	29	0.005	5842	3.922

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	220	131195	1304.078	0.007	99.971	15	0.003	3438	2.515
避雷器	330	5986	58.492	0	99.933	0	0	253	5.899
避雷器	400	48	0.480	0	100	0	0	0	0
避雷器	500	28317	279.724	0.007	99.906	14	0.012	1730	8.012
避雷器	660	1	0.010	0	100	0	0	0	0
避雷器	750	2277	22.313	0	99.851	0	0	224	13.073
避雷器	800	461	4.610	0	100	0	0	0	0
避雷器	1000	781	7.726	0	99.374	0	0	197	54.594
耦合电容器	综合	6805	69.489	0	99.994	0	0	42	0.480
耦合电容器	220	6281	64.292	0	99.994	0	0	42	0.519
耦合电容器	330	86	0.860	0	100	0	0	0	0
耦合电容器	500	409	4.047	0	100	0	0	0	0
耦合电容器	660	1	0.010	0	100	0	0	0	0
耦合电容器	750	6	0.060	0	100	0	0	0	0
耦合电容器	800	22	0.220	0	100	0	0	0	0
阻波器	综合	11492	118.144	0	99.988	0	0	112	0.888
阻波器	220	9060	93.334	0	99.994	0	0	57	0.361
阻波器	330	575	5.778	0	99.990	0	0	4	0.913
阻波器	500	1853	18.993	0	99.960	0	0	49	3.240
阻波器	750	4	0.040	0	98.748	0	0	2	109.667

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
电缆线路	综合	70.880	70.256	0.014	99.964	2	0.001	54	3.165
电缆线路	220	68.926	68.301	0.015	99.963	2	0.001	54	3.256
电缆线路	330	0	0	0	0	0	0	0	0
电缆线路	500	1.955	1.955	0	100	0	0	0	0
电缆线路	750	0	0	0	0	0	0	0	0
组合电器	综合	10344	83.484	0.015	99.970	119	0.018	8956	2.608
组合电器	220	7192	57.430	0.010	99.990	59	0.001	4438	0.845
组合电器	330	234	2.247	0.009	99.966	2	0.002	356	2.927
组合电器	500	2754	22.377	0.025	99.938	45	0.062	3220	5.279
组合电器	750	45	0.405	0	99.863	0	0	230	11.899
组合电器	1000	119	1.025	0.108	99.544	13	0.006	712	38.731
母线	综合	14292	141.908	0.282	99.955	44	0.160	722	3.733
母线	220	11712	116.395	0.223	99.961	28	0.144	497	3.156
母线	330	400	3.947	0	99.973	0	0	11	2.335
母线	500	2002	19.804	0.606	99.907	14	0.297	210	7.652
母线	750	112	1.103	0.907	99.983	1	0.045	4	1.460

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 2022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 (兆瓦时)
葛南	95.615	43.79	0	4.385	0	4464900
天广	89.940	42.17	0	10.060	0	6648691
龙政	100.000	22.51	0	0.000	0	5915511
江城	95.654	49.41	0	4.346	0	12985026
宜华	96.914	35.55	0	3.086	0	9341705
兴安	92.052	56.27	0.151	7.797	2	14787321
德宝	97.476	51.83	0	2.524	0	13622217
伊穆	96.845	47.47	0.575	2.580	1	12473975
银东	97.126	58.40	0.061	2.813	1	20461617
林枫	95.033	31.59	0	4.967	0	8300828
柴拉	95.859	45.67	0.066	4.074	1	2400160
牛从甲	98.743	50.76	0.244	1.013	1	14228193
牛从乙	97.712	52.63	0	2.288	0	14753558
金中	99.809	44.19	0	0.191	0	12386779
永富	95.900	25.23	0	4.100	0	6631625
如东	96.797	29.68	0	3.203	0	2859670
楚穗	96.385	44.90	0.264	3.351	3	19667529
复奉	96.107	49.70	0	3.893	0	27862339
锦苏	95.560	63.86	0	4.440	0	40277845
天中	98.087	62.83	0	1.913	0	44029460
宾金	98.044	39.53	0.245	1.711	1	27701266

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 (兆瓦时)
普侨	99.891	42.96	0.019	0.090	2	18818012
灵绍	98.143	78.56	0	1.857	0	55056438
祁韶	95.124	40.59	2.275	2.601	2	28444918
雁淮	96.035	52.96	0.097	3.869	1	37117644
鲁固	98.040	37.33	0	1.960	0	32701401
锡泰	96.676	36.98	0.078	3.246	1	32391358
新东	92.389	49.51	0	7.611	0	21684588
昭沂	97.709	33.96	0	2.291	0	29753092
吉泉	98.095	60.12	0	1.905	0	63203343
青豫	96.632	18.94	0.319	3.049	1	13275657
雅湖	94.565	34.78	0	5.435	0	24375327
灵宝	97.923	76.00	0	2.077	0	7390013
高岭	97.583	44.04	0	2.417	0	11572764
黑河	98.233	51.48	0	1.767	0	3382380
鲁西	96.287	23.58	0.023	3.690	1	6197566
宜昌	96.664	31.60	0.126	3.210	1	6921402
施州	96.506	30.55	0	3.494	0	6690292
禄高肇	99.920	45.96	0.080	0.000	1	12079429
昆柳龙	96.089	30.93	0.042	3.869	2	21673609
张北	-	25.26	-	-	0	4360074
舟山	-	21.91	-	-	3	767553
南澳	-	26.27	-	-	0	460218

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]