2020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

2021年8月

目　录

第一章　2020 年全国电力工业基本情况 1
第一节　发电机组基本情况 1
第二节　电网输变电设施基本情况 4
第三节　供电设施基本情况 5

第二章　2020 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 8
第一节　2020 年纳入可靠性指标统计评价的发电机组装机容量构成 8
第二节　1000 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性 11
第三节　600 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性 14
第四节　300 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性 18
第五节　200 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性 23
第六节　超临界及以上燃煤机组运行可靠性 25
第七节　100 兆瓦及以上容量燃气轮机组运行可靠性 26
第八节　100 兆瓦及以上容量燃煤机组备用时间分析 27
第九节　2019 年新投产机组可靠性指标 29
第十节　非计划停运分析 31
第十一节　按地区分类的 100 兆瓦及以上容量燃煤机组运行可靠性 33

第十二节 40 兆瓦及以上容量水电机组运行可靠性 33
第十三节 700 兆瓦等级常规水电机组运行可靠性..... 44
第十四节 核电机组运行可靠性 45
第十五节 风电机组运行可靠性 46

第三章 2020 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..... 48

第一节 磨煤机运行可靠性 51
第二节 给水泵组运行可靠性..... 55
第三节 送风机运行可靠性 58
第四节 引风机运行可靠性 60
第五节 高压加热器运行可靠性 63
第六节 国产、进口辅助设备可靠性对比分析 66
第七节 燃煤机组环保系统和设施运行可靠性 68

第四章 2020 年全国 220 千伏及以上电压等级变压器、断路器、架空线路等十三类输变电设施运行可靠性..... 71

第一节 2020 年全国十三类输变电设施统计数量 71
第二节 输变电设施运行可靠性总体情况..... 72
第三节 变压器运行可靠性 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..... 99
第六节 我国与北美 NERC 三类主要设施指标对比 108

第五章 2020 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 112
第三节 强迫停运及降额运行情况 122
第四节 计划停运情况 127

第六章 2020 年全国 10 千伏供电系统用户供电可靠性 130
第一节 全国供电可靠性总体情况 130
第二节 区域供电可靠性 133
第三节 省级行政区供电可靠性 134
第四节 地级行政区供电可靠性 140
第五节 全国 50 个主要城市供电可靠性 145
第六节 停电原因分析 148

附表 1 2020 年火电 100MW 及以上容量机组运行主要可靠性指标 . 156
附表 2 2020 年全国水电 40MW 及以上容量机组运行主要可靠性指标 161
附表 3 2020 年风电机组运行主要可靠性指标 162
附表 4 2020 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 163
附表 5 2020 年全国点对点直流输电系统运行主要可靠性指标 168
附表 6 2020 年全国背靠背直流输电系统运行主要可靠性指标 171

第一章 2020年全国电力工业基本情况

2020年，全国电力供需总体平衡，全年全社会用电量7.51万亿千瓦时，同比增长3.1%，增速比上年回落1.3个百分点。

截至2020年底，全国发电装机容量达22.0亿千瓦，同比增长9.48%。其中火电装机12.45亿千瓦，占56.58%；水电装机3.7亿千瓦，占16.82%；核电装机0.50亿千瓦，占2.27%；风电装机2.82亿千瓦，占12.79%；并网太阳能发电装机2.53亿千瓦，占11.52%。2020年，我国非化石能源发电装机占全国总装机的44.80%，同比提高2.8个百分点；非化石能源发电量同比增长7.90%，占全年发电量的33.90%，同比提高1.2个百分点。2020年，人均装机和年人均用电量分别达到1.56千瓦、5320.20千瓦时。

2020年，全国220千伏及以上输电线路回路长度79.4万千米，220千伏及以上公用变电设备容量45.3亿千伏安。

2020年，全国10千伏用户总容量41.34亿千伏安，同比增长10.98%。10千伏线路总长度537.39万千米，其中架空线路和电缆线路长度分别为437.08万千米、100.06万千米，同比分别增长9.00%、15.65%。架空线路绝缘化率32.16%，线路电缆化率18.62%，同比分别增加4.64和0.88个百分点[1]。

2020年，全国全口径发电量为7.624万亿千瓦时，同比增长4.0%。全国发电设备利用小时3758小时，同比降低70小时。全国6000千瓦及以上电厂供电标准煤耗305.5克/千瓦时，同比降低0.9克/千瓦时。全国电网输电线路损失率5.6%，同比降低0.3个百分点。

第一节 发电机组基本情况

近五年，全国发电设备总装机容量、发电量及其增长情况见表1-1。

1 按照可靠性统计口径，统计范围包括：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、陕西省地方电力（集团）公司、山西地方电力有限公司、广西新电力集团有限公司（原广西水利电业集团有限公司）、云南保山电力股份有限公司

表 1-1　近五年全国发电设备总装机容量及发电量情况

分类 \ 统计年度		2016	2017	2018	2019	2020
装机容量	总装机容量（兆瓦）	1652085	1784180	1900120	2010060	2200580
	装机净增容量（兆瓦）	130874	132095	115940	109940	190520
	比上年增长的比例（%）	8.60	8.00	6.50	5.79	9.48
装机容量构成	火电装机容量（兆瓦）	1060944	1110090	1144080	1189570	1245170
	占总装机容量比例（%）	64.22	62.22	60.21	59.18	56.58
	火电净增容量（兆瓦）	60445	49146	33990	45490	55600
	比上年增长的比例（%）	6.04	4.63	3.06	3.98	4.67
	水电装机容量（兆瓦）	332070	343770	352590	358040	370160
	占总装机容量比例（%）	20.10	19.26	18.56	17.81	16.82
	水电净增容量（兆瓦）	12544	11700	8820	5450	12120
	比上年增长的比例（%）	3.93	3.52	2.57	1.55	3.39
	核电装机容量（兆瓦）	33642	35819	44660	48740	49890
	占总装机容量比例（%）	2.04	2.02	2.35	2.42	2.27
	核电净增容量（兆瓦）	6475	2177	8841	4080	1150
	比上年增长的比例（%）	23.83	6.47	24.68	9.14	2.36
	风电装机容量（兆瓦）	148174	163673	184270	209150	281530
	占总装机容量比例（%）	12.85	9.21	9.70	10.41	12.79
	风电净增容量（兆瓦）	16872	15499	20597	24880	72380
	比上年增长的比例（%）	12.85	10.46	12.58	13.50	34.61
	太阳能装机容量（兆瓦）	77190	130420	174330	204180	253430
	占总装机容量比例（%）	4.67	7.31	9.17	10.16	11.52
	太阳能净增容量（兆瓦）	35010	53410	43910	29850	49250
	比上年增长的比例（%）	83	69.19	33.67	17.12	24.12
燃煤装机比例	燃煤 100 兆瓦及以上：					
	台数	2121	2157	2099	2123	2163
	装机容量（兆瓦）	835784	864014	879434	916820	952348
	占火电装机比例（%）	79.30	78.12	76.90	77.07	76.48
	燃煤 200 兆瓦及以上：					
	台数	1822	1863	1902	1941	1991
	装机容量（兆瓦）	795438	824522	852507	890473	926966
	占火电装机比例（%）	75.48	74.55	74.54	74.80	74.44
	燃煤 300 兆瓦及以上：					
	台数	1623	1666	1719	1777	1835
	装机容量（兆瓦）	754512	783716	814526	856473	892966
	占火电装机比例（%）	71.59	70.86	71.22	71.94	71.71

分类 \ 统计年度		2016	2017	2018	2019	2020
水电装机比例	水电 40 兆瓦及以上： 台数 装机容量（兆瓦） 占水电装机比例（%）	 1215 228908 68.93	 1257 236573 68.82	 1300 244464 69.40	 1310 246494 69.16	 1349 257963 69.69
	水电 200 兆瓦及以上： 台数 装机容量（兆瓦） 占水电装机比例（%）	 392 163473 49.22	 416 170397.5 49.94	 427 171760 48.76	 431 176205.38 49.44	 455 186655.38 50.43
发电量	总发电量（亿千瓦时） 比上年增长比例（%）	60248 5.81	64529 7.11	69947 8.40	73269 4.75	76236 4.05
发电量构成	火电发电量（亿千瓦时） 占总发电量比例（%） 水电发电量（亿千瓦时） 占总发电量比例（%） 核电发电量（亿千瓦时） 占总发电量比例（%）	43273 71.82 11748 19.50 2132 3.54	45877 71.10 11947 18.51 2481 3.84	49249 70.41 12321 17.61 2950 4.22	50465 68.88 13021 17.77 3487 4.76	51743 67.87 13552 17.78 3662 4.8

注：表中 2020 年数据摘自中电联 2020 年全国电力工业统计快报

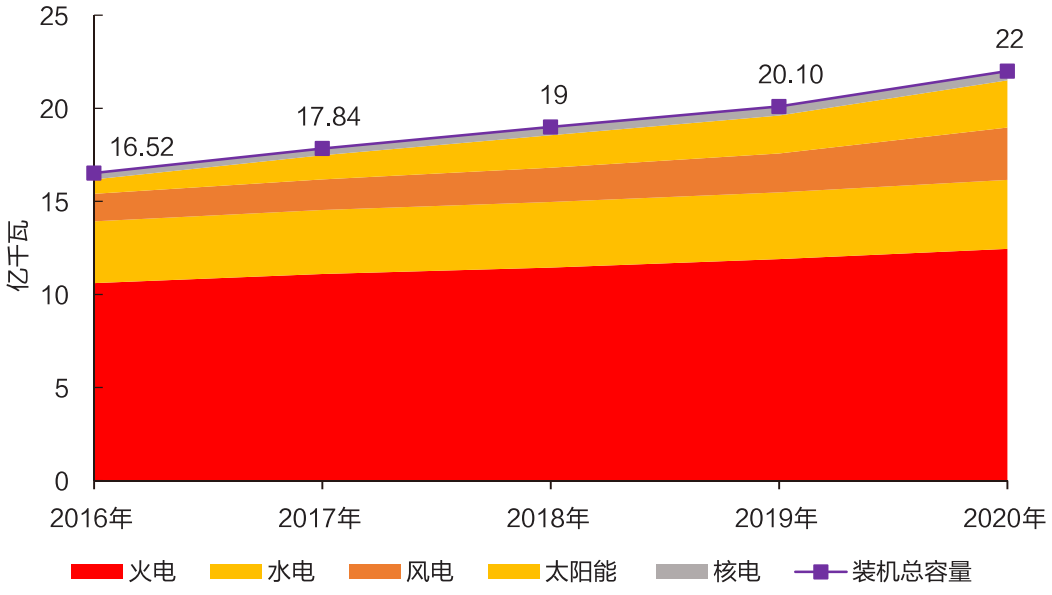


图 1-1　近五年全国发电设备总装机容量变化

第二节　电网输变电设施基本情况

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

表 1-2　近五年全国输电线路长度及变电设备容量情况

分类 \ 统计年度	2016	2017	2018	2019	2020
220 千伏及以上输电线路回路长度（千米）	645609	685567	724788	759465	794118
其中：直流部分	28808	37399	41721	41908	45983
±1100 千伏	–	–	0	3295	3295
±800 千伏	12295	20874	21324	21907	21922
±660 千伏	1334	1334	1334	1334	1334
±500 千伏	13539	13552	13540	13733	14973
±400 千伏	1034	1034	1034	1034	1034
其中：交流部分	616801	648168	683067	717557	718135
1000 千伏	7245	10073	10396	11766	13072
750 千伏	18266	18830	20543	23256	24346
500 千伏	165875	173772	187158	195636	201533
330 千伏	28366	30183	30477	32314	33967
220 千伏	397050	415311	434493	454585	475217
220 千伏及以上公用变电设备容量（万千伏安）	345970	378934	402255	431697	452810
其中：直流部分	22449	31657	33566	38322	42501
±1100 千伏	–	–	0	2867	2867
±800 千伏	4882	11879	12933	22317	25794
±660 千伏	–	947	947	947	947
±500 千伏	17567	18831	18944	10945	11648
±400 千伏	–	–	–	1245	1245
其中：交流部分	323521	347277	368689	393375	410309
1000 千伏	9900	13800	14700	15300	17400
750 千伏	13570	14540	16130	18305	20165
500 千伏	116501	125133	135316	145599	151505
330 千伏	9766	10897	11497	12046	13096
220 千伏	173784	182906	191046	202124	208143

* 数据来源为中电联电力统计与数据中心

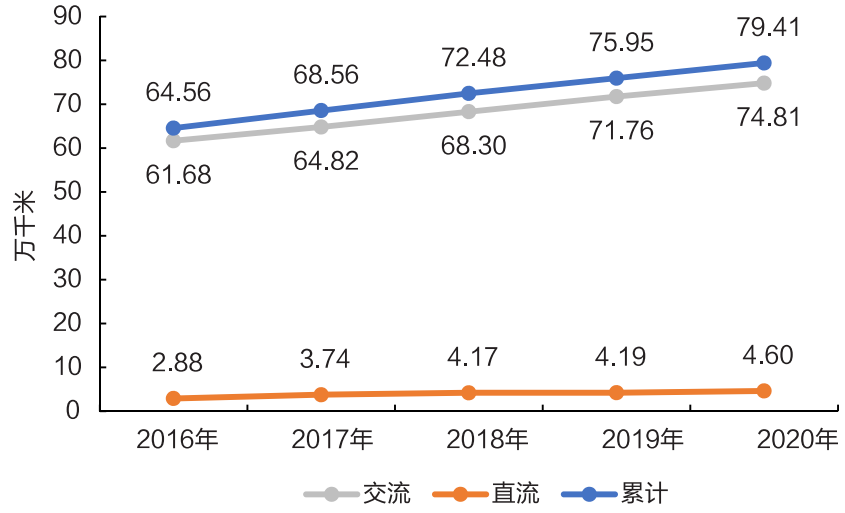


图 1-2　近五年 220 千伏及以上输电线路回路长度变化

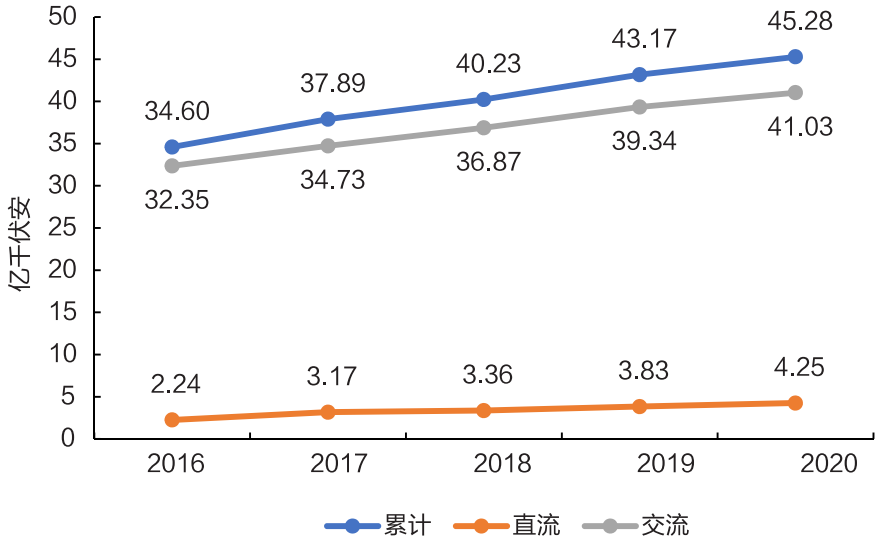


图 1-3 近五年 220 千伏及以上公用变电设备容量变化

第三节　供电设施基本情况

近五年，10 千伏线路长度及 10 千伏用户总容量情况见表 1-3。

表 1-3　近五年 10 千伏线路长度及 10 千伏用户总容量情况 [2]

分类 \ 统计年度	2016	2017	2018	2019	2020
10 千伏线路长度（千米）					
全口径	4138412	4430699	4475236	4876976	5373944
城市	717372	856510	912826	957436	1114054
农村	3421040	3574189	3862410	3919540	4259890
其中：架空线路					
全口径	3650515	3835366	3398234	4009781	4370750
城市	368594	441529	425724	418367	475645
农村	3281921	3835366	3572910	3591414	3895104
其中：电缆线路					
全口径	594529	693333	777031	865152	1000586
城市	379804	444703	487210	538298	637561
农村	214725	248630	289821	326754	363025
10 千伏用户总容量（万千伏安）					
全口径	260437	291710	339026	372523	413409
城市	127138	132118	164132	177001	201864
农村	133289	159592	174893	195523	211545

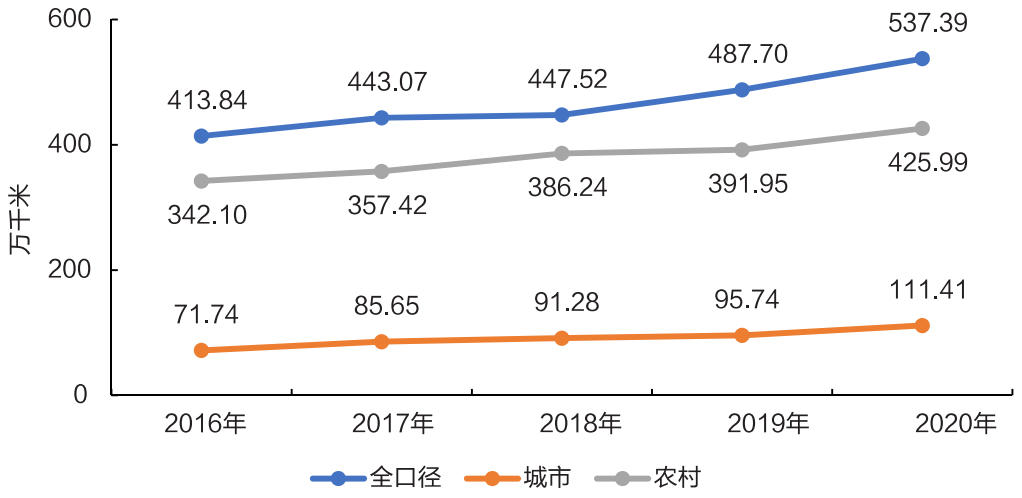


图 1-4　近五年 10 千伏线路长度变化

2　按照可靠性统计口径，统计范围包括：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、陕西省地方电力（集团）公司、山西地方电力有限公司、广西新电力集团有限公司（原广西水利电业集团有限公司）、云南保山电力股份有限公司

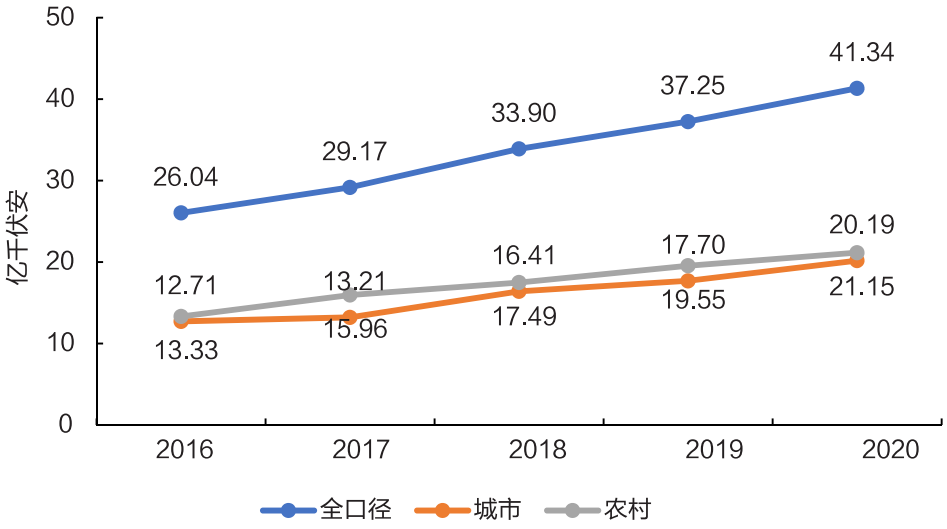


图 1-5　近五年 10 千伏用户总容量变化

第二章　2020 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　2020 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 2020 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 3170 台，总装机容量 11.44 亿千瓦（占全国总装机的 53.01%），同比增加 102 台、0.61 亿千瓦。纳入 2020 年电力可靠性统计 0.6 兆瓦及以上的风电机组 30220 台，总装机容量 0.48 亿千瓦。2020 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

2020 年，纳入可靠性统计的火电机组 2090 台（含 225 台燃气轮机组），总装机容量 8.89 亿千瓦，占全国火电总装机容量的 71.41%，占应统计容量的 93.35%；水电机组 1053 台，总装机容量为 2.30 亿千瓦，占全国水电总装机容量的 62.16%，占应统计容量的 89.16%；核电机组 27 台，总装机容量为 0.25 亿千瓦，占全国核电总装机容量的 49.72%；风电机组总装机容量 0.48 亿千瓦，占全国风电总装机容量的 16.99%。发电机组装机类型构成见图 2-1，占应统计容量的比例见图 2-2。

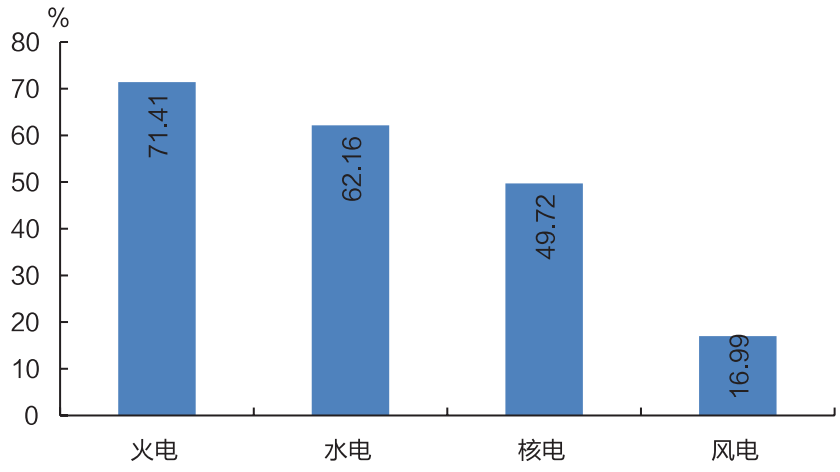


图 2-1　2020 年发电机组统计装机容量与总装机容量占比图

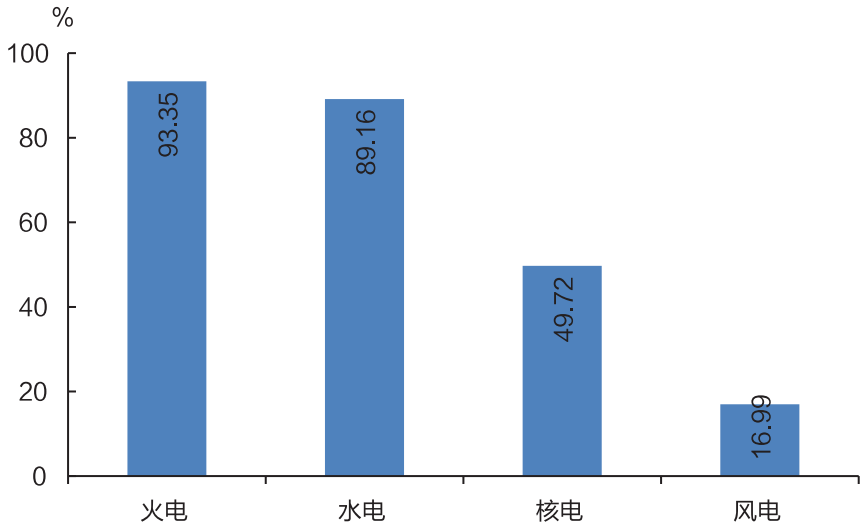


图 2-2　2020 年发电机组统计装机容量与应统计装机容量的占比

二、纳入可靠性统计的火电机组装机构成

2020 年，纳入可靠性统计的火电机组中燃煤机组 1865 台，总装机容量 8.24 亿千瓦，占纳入统计的火电机组装机容量的 92.69%；燃气轮机组 225 台，总装机容量 0.66 亿千瓦，占纳入统计的火电机组总装机容量的 7.31%。

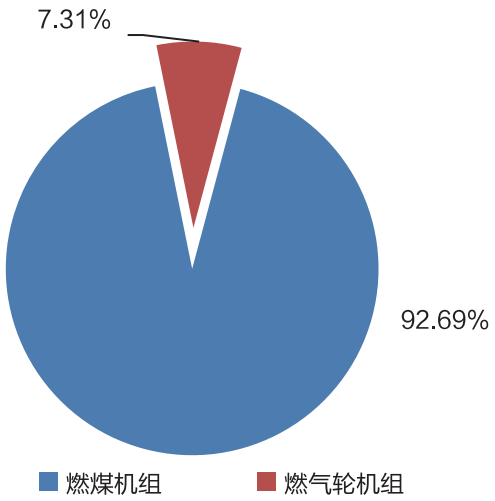


图 2-3　2020 年 100 兆瓦及以上容量火电机组装机构成

三、100 兆瓦及以上容量燃煤机组装机容量构成

2020 年，纳入可靠性统计的 1000 兆瓦及以上容量机组 126 台，总容量 1.27 亿千瓦，占 15.41%；600-699 兆瓦容量机组 548 台，总容量 3.45 亿千瓦，占 41.87%；300-399 兆瓦容量机组 894 台，总容量 2.89 亿千瓦，占 35.07%；200-299

兆瓦容量机组 135 台，总容量 0.28 亿千瓦，占 3.40%；100-199 兆瓦容量机组 140 台，总容量 0.2 亿千瓦，占 2.43%；其余容量等级机组 22 台，总容量 0.15 亿千瓦，占 1.82%。燃煤机组装机容量构成见图 2-4。

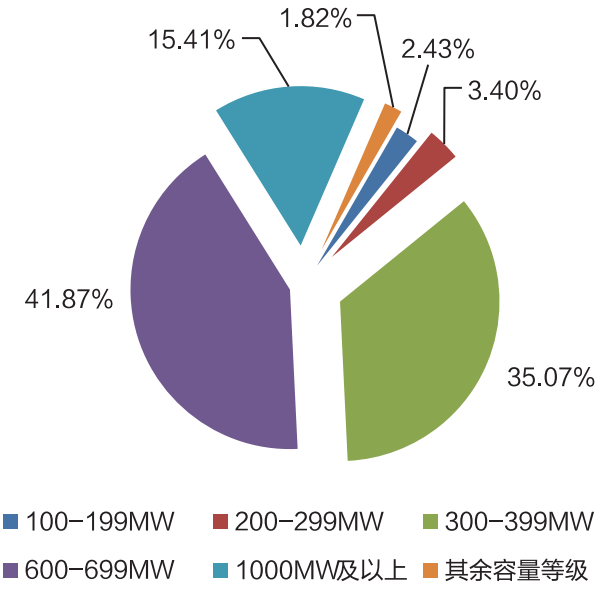


图 2-4　2020 年 100 兆瓦及以上容量燃煤机组装机容量构成

四、40 兆瓦及以上容量水电机组装机容量构成

按机组类型分：2020 年纳入可靠性统计的轴流机组 154 台，总容量 0.16 亿千瓦，占统计水电装机容量的 6.98%；混流机组 786 台，总容量 1.84 亿千瓦，占统计水电装机容量的 80.33%；抽水蓄能机组 113 台，总容量 0.29 亿千瓦，占统计水电装机容量的 12.69%。水电机组装机构成见图 2-5。

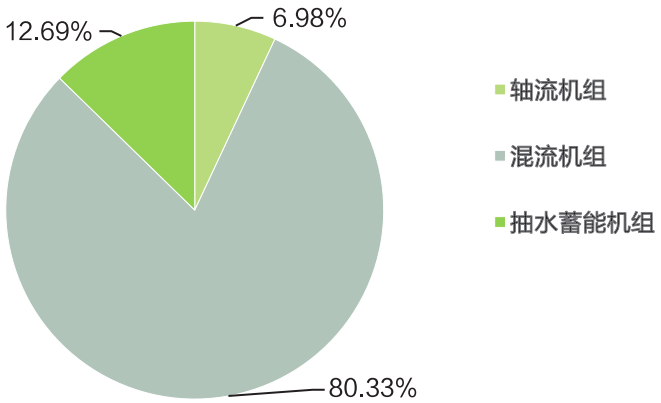


图 2-5　2020 年 40 兆瓦及以上容量水电机组按类型分类装机容量构成

按单机容量分：40-99 兆瓦机组 409 台，总容量 0.25 亿千瓦，占 10.87%；100-199 兆瓦机组 214 台，总容量 0.29 亿千瓦，占 12.61%；200-299 兆瓦机组 137 台，总容量 0.32 亿千瓦，占 13.91%；300-399 兆瓦机组 131 台，总容量 0.42 亿千瓦，18.26%；400 兆瓦及以上容量机组 162 台，总容量 1.02 亿千瓦，占 44.35%。水电机组装机容量见图 2-6。

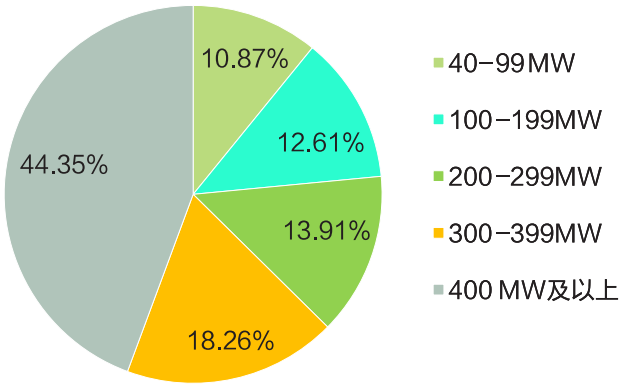


图 2-6　2020 年按机组容量分类的水电机组装机容量构成

第二节　1000 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

2020 年，纳入可靠性统计的 1000 兆瓦等级燃煤机组 126 台，同比数量增加 17 台、容量增加 0.17 亿千瓦。2020 年，等效可用系数 91.77%，同比下降 0.65 个百分点；发生强迫停运共 36 次，同比持平；非计划停运时间共 3062.87 小时，同比减少 61.33 小时。

一、2016-2020 年 1000 兆瓦等级燃煤机组主要运行可靠性指标

表 2-1　2016-2020 年 1000 兆瓦等级燃煤机组主要运行可靠性指标

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）
2016	80	75.77	91.61	0.18	0.33
2017	91	78.31	92.72	0.20	0.42
2018	99	80.46	92.60	0.52	0.60
2019	109	78.58	92.42	0.39	0.35
2020	126	75.73	91.77	0.27	0.33

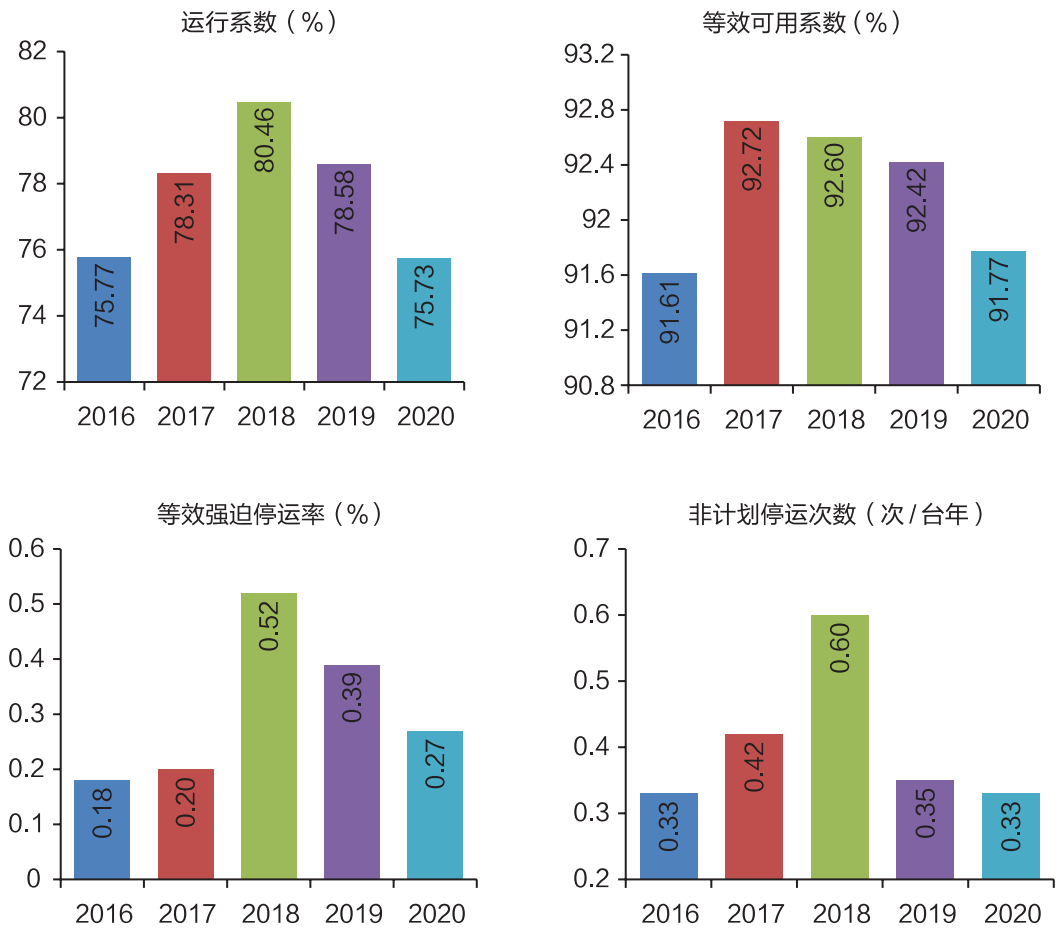


图 2-7　2016-2020 年 1000 兆瓦燃煤机组主要可靠性指标

二、锅炉、汽机、发电机的等效非计划停运小时及其对整机等效可用系数的影响

表 2-2　2020 年 1000 兆瓦等级燃煤机组锅炉、汽机、发电机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家		统计台数（台）	等效非计划停运小时（小时/台年）		影响整机等效可用系数的百分点（%）	
			总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
锅炉	上海锅炉	48	15.8	0.83	0.18	0.01
	东方锅炉	46	38.18	10.30	0.44	0.12
	哈尔滨锅炉	27	8.35	0.10	0.10	0
	北京巴威	5	0	0	0	0
汽机	上海汽机	77	0.25	0.02	0.00	0.00
	东方汽机	37	1.88	0.12	0.02	0.00
	哈尔滨汽机	10	12.31	11.97	0.14	0.14
	北重电	2	0	0	0	0

制造厂家		统计台数（台）	等效非计划停运小时（小时 / 台年）		影响整机等效可用系数的百分点（%）	
			总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
发电机	上海电机	77	0.57	0	0.01	0
	东方电机	34	0.20	0	0.00	0
	哈尔滨电机	10	2.34	0	0.03	0
	东风电机	2	0	0	0	0
	北重电	2	0	0	0	0
	日本日立	1	0	0	0	0

全国 126 台燃煤 1000 兆瓦机组可靠性指标分布情况见表 2-3 及图 2-8，运行较好的机组见表 2-4。

表 2-3　2020 年 1000 兆瓦等级燃煤机组可靠性指标分布

指标 / 对标值	等效可用系数（%）	运行系数（%）	出力系数（%）	等效强迫停运率（%）	非计划停运次数（次）	非计划停运小时（小时）
最优值	100	100	81.08	0	0	0
第 5% 值	100	96.17	77.97	0	0	0
第 25% 值	99.98	84.76	74.36	0	0	0
中位值	91.64	76.88	70.49	0	0	0
第 75% 值	87.53	68.02	66.36	0	1	1.38
最末值	68.66	38.40	54.36	5.67	4	412.50
总平均值	91.77	75.73	69.89	0.27	0.33	24.51

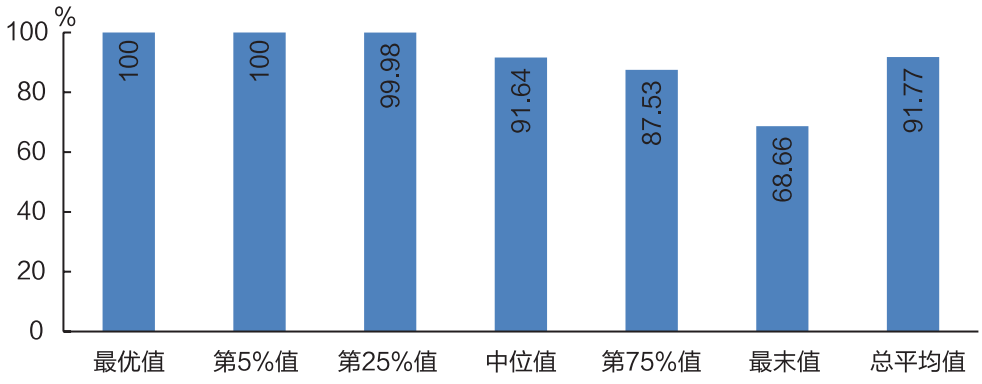


图 2-8　2020 年 1000 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数指标分布

全年可用且运行指标较好的 1000 兆瓦等级机组见表 2-4。

表 2-4　2020 年运行指标较好的 1000 兆瓦等级燃煤机组

排名	机组名称	运行暴露率（%）
1	浙江浙能嘉华发电有限公司 7 号机组	100
2	国电浙江北仑第三发电有限公司 7 号机组	99.40
3	常熟发电有限公司 6 号机组	98.94
4	华润电力（温州）有限公司 1 号机组	95.03
5	华能南京金陵发电有限公司 1 号机组	92.64
6	平圩发电有限责任公司 5 号机组	92.22
7	铜山华润电力有限公司 6 号机组	91.27
8	国能浙江宁海发电有限公司 5 号机组	90.68
9	华能国际电力股份有限公司玉环电厂 3 号机组	90.11
10	广东大唐国际雷州发电有限责任公司 1 号机组	90.05

第三节　600 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

2020 年，纳入可靠性统计的 600 兆瓦等级燃煤机组 548 台，其中国产 530 台，进口 18 台。

一、2016-2020 年 600 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

2020 年，600 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数为 93.17%，同比上升 0.48 个百分点，主要因素是非计划停运次数和等效强迫停运率均低于 2019 年。2020 年，600 兆瓦等级燃煤机组发生强迫停运共 223 次，非计划停运时间共 19066.73 小时，同比减少 12 次、1543.88 小时。600 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标见表 2-5。

表 2-5　2016-2020 年 600 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

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）
2016	474	69.08	91.86	0.23	0.37
2017	489	71.29	92.54	0.57	0.71
2018	503	77.52	92.48	0.70	0.79
2019	520	75.81	92.69	0.44	0.51
2020	548	73.05	93.17	0.42	0.49

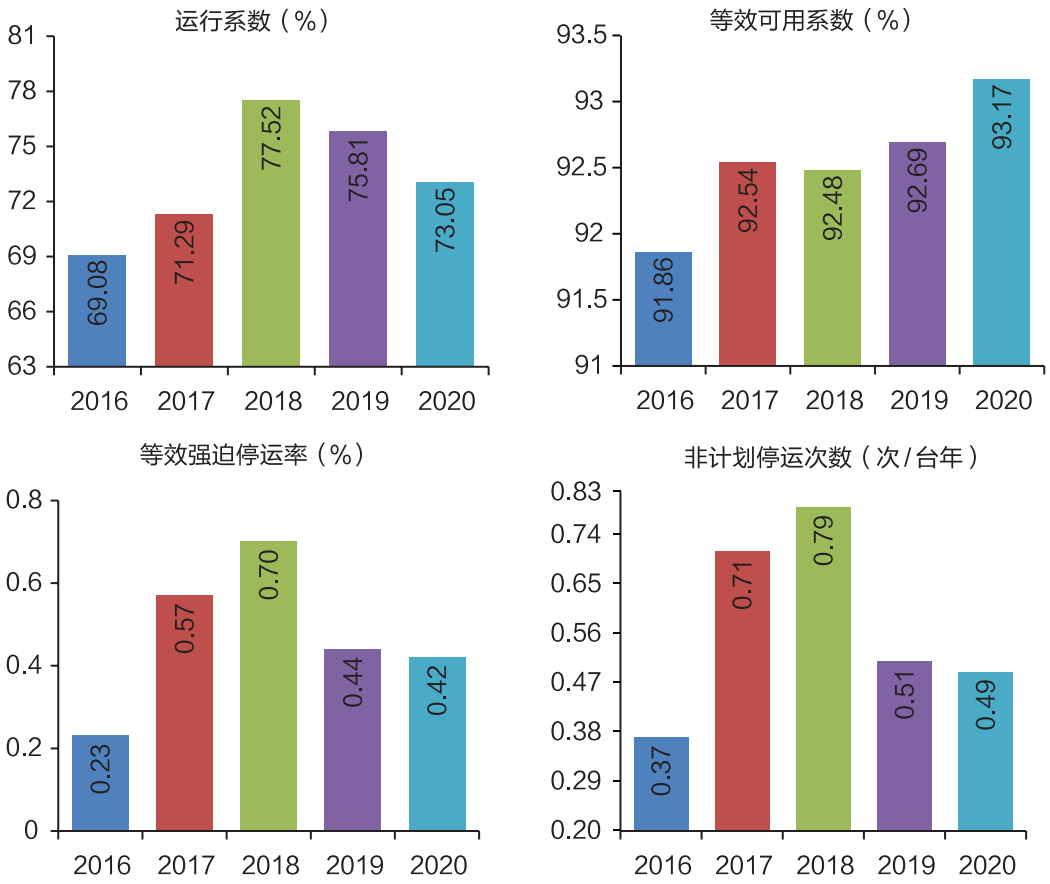


图 2-9　2016-2020 年 600 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

按投运年份分类，投运十年以下的机组 234 台，占 600 兆瓦等级机组的 42.7%，平均等效可用系数 93.22%，高于 600 兆瓦等级燃煤机组平均等效可用系数 0.05 个百分点。具体见图 2-10。

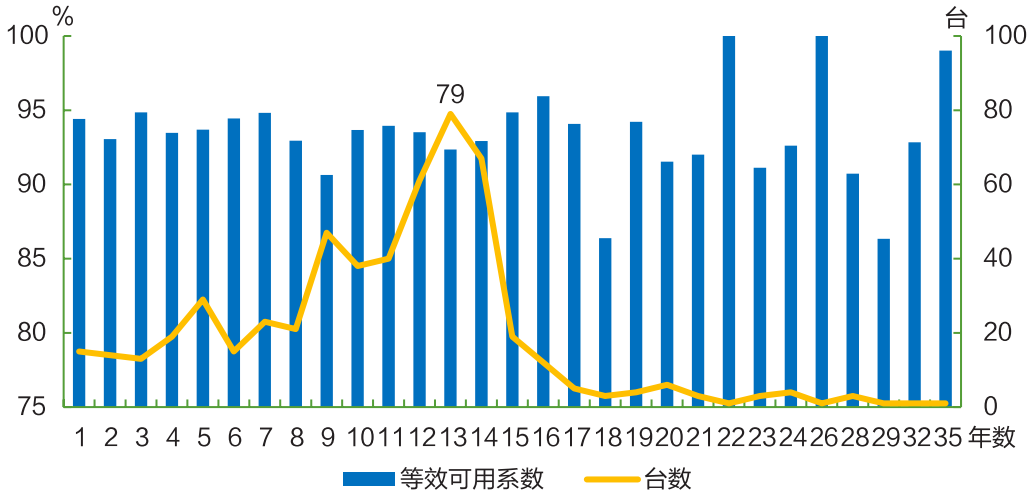


图 2-10　2020 年 600 兆瓦等级燃煤机组按投运年份和台数分类的平均等效可用系数

二、锅炉、汽机、发电机的等效非计划停运小时及其对整机等效可用系数的影响

（一）600 兆瓦等级燃煤机组的锅炉

表 2-6 2020 年 600 兆瓦等级燃煤机组锅炉的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数（台）	等效非计划停运小时（小时 / 台年）		影响整机等效可用系数的百分点（%）	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
哈尔滨锅炉	167	30.41	13.49	0.35	0.15
东方锅炉	161	29.51	5.49	0.34	0.06
上海锅炉	138	17.65	9.50	0.20	0.11
北京巴威	48	30.32	0.08	0.35	0.00
美国巴威	6	0	0	0	0

（二）600 兆瓦等级燃煤机组的汽机

表 2-7 2020 年 600 兆瓦等级燃煤机组汽机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数（台）	等效非计划停运小时（小时 / 台年）		影响整机等效可用系数的百分点（%）	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
上海汽机	178	2.92	1.07	0.03	0.01
东方汽机	174	4.57	0.63	0.05	0.01
哈尔滨汽机	150	6.62	2.79	0.08	0.03
北重电	7	0.80	0	0.01	0
日本三菱	6	0.79	0	0.01	0
日本东芝	6	0	0	0	0
日本日立	5	1.40	0	0.02	0
法国阿尔斯通	5	0	0	0	0

（三）600 兆瓦等级燃煤机组的发电机

表 2-8　2020 年 600 兆瓦等级燃煤机组发电机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数（台）	等效非计划停运小时（小时 / 台年）		影响整机等效可用系数的百分点（%）	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
东方电机	169	0.11	0.11	0.00	0.00
上海电机	167	0.42	0.33	0.00	0.00
哈尔滨电机	152	2.24	2.24	0.03	0.03
北重电	11	1.01	1.01	0.01	0.01
德国西门子	6	0	0	0	0
日本三菱	6	0	0	0	0
日本东芝	6	0	0	0	0
东风电机	5	0	0	0	0
日本日立	5	0	0	0	0

全国 548 台 600 兆瓦等级燃煤机组可靠性指标对标情况见表 2-9 及图 2-11，运行指标较好机组见表 2-10。

表 2-9　2020 年 600 兆瓦等级燃煤机组可靠性指标分布

指标 / 对标值	等效可用系数（%）	运行系数（%）	出力系数（%）	等效强迫停运率（%）	非计划停运次数（次）	非计划停运小时（小时）
最优值	100	100	96.35	0	0	0
第 5% 值	100	94.34	76.72	0	0	0
第 25% 值	99.78	83.94	70.97	0	0	0
中位值	93.74	75.91	66.88	0	0	0
第 75% 值	89.64	64.57	62.55	0.01	1	10.50
最末值	49.91	12.48	5.52	13.28	4	1004
总平均值	93.17	73.05	65.96	0.42	0.49	34.66

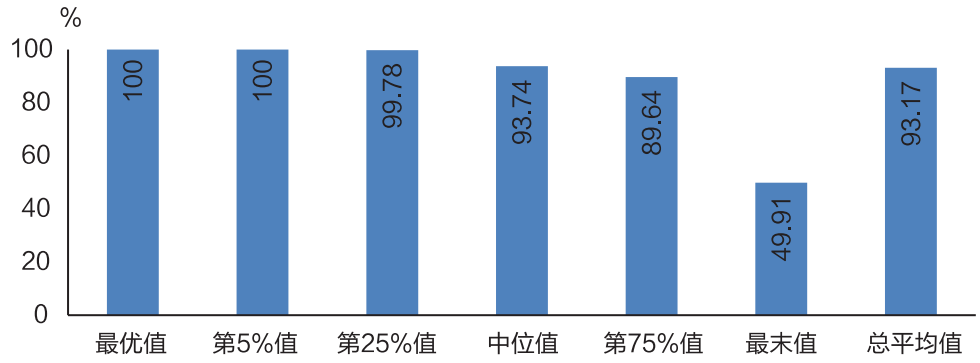


图 2-11　2020 年 600 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数指标分布

表 2-10　2020 年运行指标较好的 600 兆瓦等级燃煤机组

排名	机组名称	运行暴露率（%）
1	华能国际电力股份有限公司井冈山电厂 3 号机组	100
1	内蒙古大唐国际托克托发电有限责任公司 6 号机组	100
1	国能黄金埠发电有限公司 2 号机组	100
4	福建大唐国际宁德发电有限责任公司 1 号机组	98.54
5	江苏大唐国际吕四港发电有限责任公司 3 号机组	97.75
6	国能太仓发电有限公司 7 号机组	97.61
7	浙江浙能兰溪发电有限责任公司 1 号机组	97.48
8	大唐贵州发耳发电有限公司 1 号机组	97
9	山西鲁能河曲发电有限公司 1 号机组	96.55
10	国电建投内蒙古能源有限公司 2 号机组	95.58
11	神华国华孟津发电有限责任公司 1 号机组	95.39
12	国能陈家港发电有限公司 1 号机组	94.73
13	陕西国华锦界能源有限责任公司 2 号机组	94.45
14	神华国能宁夏鸳鸯湖发电有限公司 1 号机组	94.20
15	华能国际电力股份有限公司长兴电厂 2 号机组	93.49
16	浙江浙能嘉华发电有限公司 3 号机组	92.83
17	淮浙煤电有限责任公司凤台发电分公司 4 号机组	91.48
18	内蒙古大板发电有限责任公司 2 号机组	91.28
19	朝阳燕山湖发电有限公司 2 号机组	91.20
20	华阳电业有限公司后石发电厂 3 号机组	90.93

第四节　300 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

2020 年，纳入可靠性统计的 300 兆瓦等级燃煤机组共 894 台，其中国产燃煤机组 853 台，进口燃煤机组 41 台。

一、2016-2020 年 300 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

300 兆瓦等级燃煤机组运行系数为 72.21%，同比略有下降，主要因素是备用小时的增加；等效可用系数同比上升 0.22 个百分点，主要因素是计划停运时间和非计

划停运时间均有所减少，2020 年非计划停运时间 48.92 小时 / 台年，同比增加 7.58 小时 / 台年。具体见表 2-11 及图 2-12。

表 2-11　2016-2020 年 300 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

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）
2016	819	67.36	93.86	0.31	0.35
2017	825	69.62	93.16	0.63	0.65
2018	836	73.72	92.15	1.32	0.80
2019	864	74.38	93.03	0.53	0.51
2020	894	72.21	93.25	0.53	0.50

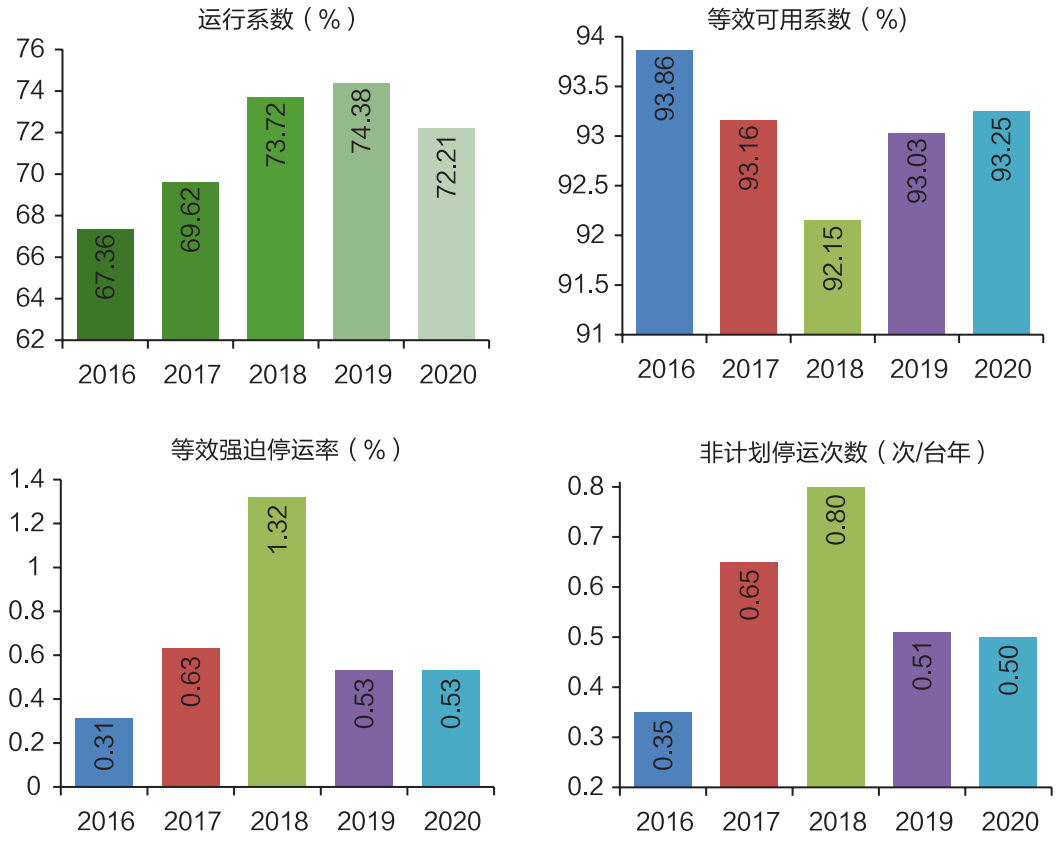


图 2-12　2016-2020 年 300 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

按投运年份分类，投运年份在 30 年以上的机组 23 台；投运年份在 15 年以上的机组 315 台，占 300 兆瓦等级燃煤机组的 35.23%，平均等效可用系数 94.21%，高于全部 300 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数 0.96 个百分点。300 兆瓦等级燃煤机组

等效可用系数 93.25%，高于全国 100 兆瓦及以上容量燃煤机组平均水平。具体见图 2-13。

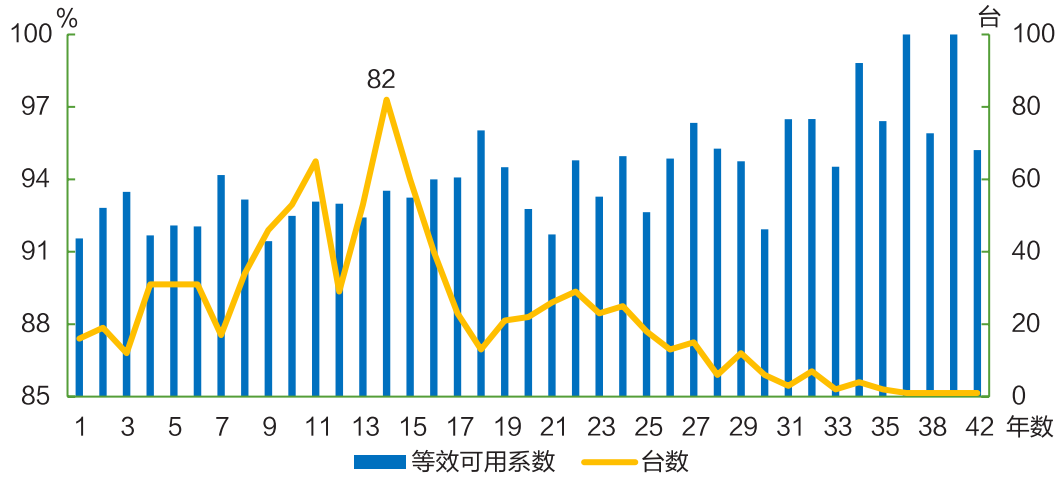


图 2-13　2020 年 300 兆瓦等级燃煤机组按投运年份和台数分类的平均等效可用系数

二、锅炉、汽机、发电机的等效非计划停运小时及其对整机等效可用系数的影响

（一）300 兆瓦等级燃煤机组的锅炉

表 2-12　2020 年 300 兆瓦等级燃煤机组锅炉的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数（台）	等效非计划停运小时（小时 / 台年）		影响整机等效可用系数的百分点（%）	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
哈尔滨锅炉	244	34.85	7.44	0.40	0.08
东方锅炉	243	26.34	7.18	0.30	0.08
上海锅炉	224	26.20	3.60	0.30	0.04
北京巴威	64	38.05	6.57	0.43	0.08
武汉锅炉	55	32.90	13.18	0.38	0.15
福斯特·惠勒	14	7.54	6.93	0.09	0.08
日本三菱	12	30.94	9.56	0.35	0.11
三井巴布科克	6	0.33	0	0.00	0
斯坦因	6	24.71	0	0.28	0

（二）300 兆瓦等级燃煤机组的汽机

表 2-13　2020 年 300 兆瓦等级燃煤机组汽机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数（台）	等效非计划停运小时（小时 / 台年）		影响整机等效可用系数的百分点（%）	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
上海汽机	289	6.93	2.51	0.08	0.05
东方汽机	262	5.16	1.17	0.06	0.01
哈尔滨汽机	209	9.11	2.85	0.10	0.03
北重电	60	1.12	0.35	0.01	0
日本三菱	11	0	0	0	0
德国西门子	11	11.62	0	0.13	0
阿尔斯通公司	8	0.12	0	0.00	0
日本日立	6	2.79	0	0.03	0
通用电气	6	3.55	0	0.04	0
安沙尔多	6	0	0	0	0
美国西屋	6	0	0	0	0

（三）300 兆瓦等级燃煤机组的发电机

表 2-14　2020 年 300 兆瓦等级燃煤机组发电机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数（台）	等效非计划停运小时（小时 / 台年）		影响整机等效可用系数的百分点（%）	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
上海电机	293	4.85	0.47	0.06	0.01
东方电机	250	6.49	4.75	0.07	0.05
哈尔滨电机	206	1.63	0	0.02	0
北重电	57	2.28	0.70	0.03	0.01
济发设备	11	0	0	0	0
日本三菱	11	0	0	0	0
德国西门子	10	0.39	0	0.00	0
GEC- 阿尔斯通公司	8	0	0	0	0
通用电气	6	0	0	0	0
阿尔斯通公司	6	0	0	0	0
美国西屋	6	0	0	0	0
安沙尔多	6	0	0	0	0

全国 894 台 300 兆瓦等级燃煤机组可靠性指标分布情况见表 2-15 及图 2-14，运行指标较好机组见表 2-16。

表 2-15　2020 年 300 兆瓦等级燃煤机组可靠性指标分布

指标 / 对标值	等效可用系数（%）	运行系数（%）	出力系数（%）	等效强迫停运率（%）	非计划停运次数（次）	非计划停运小时（小时）
最优值	100	100	96.22	0	0	0
第 5% 值	100	93.43	78.12	0	0	0
第 25% 值	98.62	85.91	71.65	0	0	0
中位值	94.10	76.84	67.51	0	0	0
第 75% 值	90.33	62.63	61.85	0.15	1	15.50
最末值	65.57	0	0	24.56	7	1922.50
总平均值	93.25	72.21	66.88	0.53	0.50	48.92

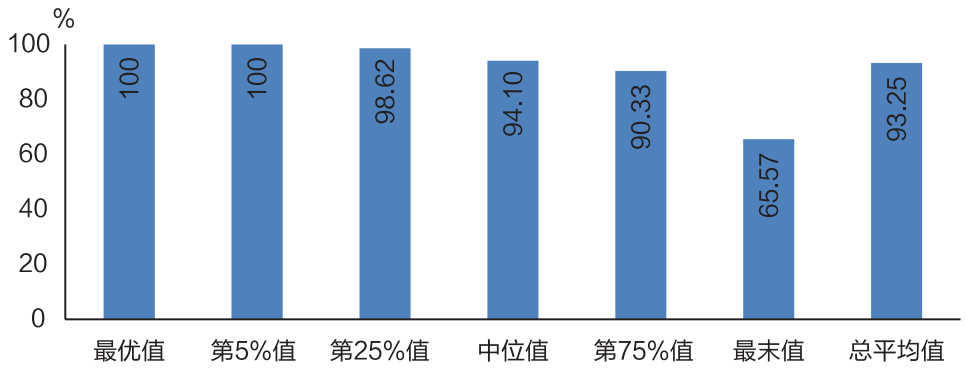


图 2-14　2020 年 300 兆瓦等级燃煤机组等效可用系数指标分布图

全年可用且运行指标较好的 300 兆瓦等级燃煤机组见表 2-16。

表 2-16　2020 年运行指标较好的 300 兆瓦等级燃煤机组

排名	机组名称	运行暴露率（%）
1	华能淮阴第二发电有限公司 3 号机组	100
1	华能国际电力股份有限公司大连电厂 4 号机组	100
1	华能海南发电股份有限公司海口电厂 9 号机组	100
1	大唐阳城国际发电有限责任公司 5 号机组	100
1	大唐林州热电有限公司 2 号机组	100
1	大唐华银电力股份有限公司耒阳分公司 4 号机组	100
1	内蒙能源乌斯太热电厂 1 号机组	100
8	浙江浙能长兴发电有限公司 4 号机组	99.69

排名	机组名称	运行暴露率（%）
9	三河发电有限责任公司 2 号机组	99.37
10	河北衡丰发电有限责任公司 1 号机组	98.48
11	内蒙古蒙达发电有限责任公司 1 号机组	97.87
12	阳城国际发电有限责任公司 4 号机组	97.52
13	中铝宁夏能源集团有限公司马莲台发电厂 1 号机组	94.25
14	华电新疆准东五彩湾发电有限公司 1 号机组	93.95
15	内蒙古大唐国际托克托发电有限责任公司 12 号机组	93.81
16	大唐洛阳首阳山发电有限责任公 4 号机组	93.81
17	内蒙古霍煤鸿骏铝电有限责任公司电力分公司 7 号机组	93.24
18	华能湖南岳阳发电有限责任公司 1 号机组	93.09
19	国能宁夏石嘴山发电有限责任公司 1 号机组	92.94
20	华能国际电力股份有限公司大连电厂 3 号机组	92.23

第五节　200 兆瓦等级燃煤机组运行可靠性

2020 年，纳入可靠性统计的 200 兆瓦燃煤机组共 135 台，其中国产 128 台，进口 7 台。

一、2016-2020 年 200 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

2020 年，200 兆瓦等级燃煤机组台数呈下降趋势，机组平均等效可用系数同比上升 0.15 个百分点，主要因素是等效强迫停运率和非计划停运次数同比下降；等效强迫停运率同比下降 0.36 个百分点，非计划停运次数同比下降 0.06 次 / 台年。具体见表 2-17 及图 2-15。

表 2-17　2016-2020 年 200 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标

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）
2016	174	61.67	94.32	0.17	0.20
2017	164	61.01	94.09	0.44	0.44
2018	152	67.56	91.85	0.92	0.80
2019	144	67.79	93.59	0.77	0.59
2020	135	68.50	93.74	0.41	0.53

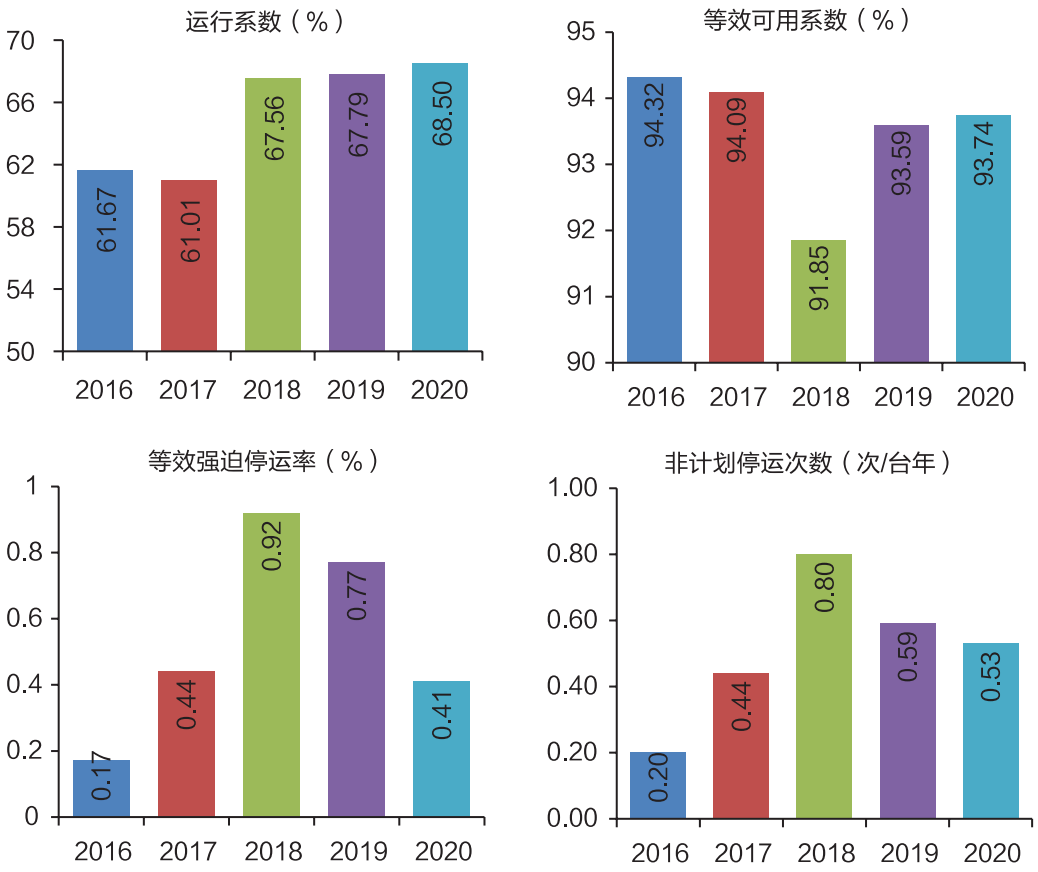


图 2-15　2016-2020 年 200 兆瓦等级燃煤机组主要可靠性指标趋势

二、锅炉、汽机、发电机的等效非计划停运小时及其对整机等效可用系数的影响

（一）200 兆瓦等级燃煤机组的锅炉

表 2-18　2020 年 200 兆瓦等级燃煤机组锅炉的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数（台）	等效非计划停运小时（小时 / 台年）		影响整机等效可用系数的百分点（%）	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
哈尔滨锅炉	48	2.21	0	0.03	0
东方锅炉	33	4.45	2.15	0.05	0.02
武汉锅炉	22	13.53	0.03	0.15	0.00
俄罗斯塔干罗格公司	7	7.07	7.07	0.08	0.08
无锡锅炉	7	79.48	20.54	0.91	0.23
北京巴威	6	2.99	0	0.03	0

（二）200 兆瓦等级燃煤机组的汽机

表 2-19　2020 年 200 兆瓦等级燃煤机组汽机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数（台）	等效非计划停运小时（小时 / 台年）		影响整机等效可用系数的百分点（%）	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
哈尔滨汽机	78	1.98	0.41	0.02	0.00
东方汽机	30	18.12	2.13	0.21	0.02
北重电	15	0.30	0.25	0.00	0.00
俄罗斯圣彼得堡公司	7	0	0	0	0

（三）200 兆瓦等级燃煤机组的发电机

表 2-20　2020 年 200 兆瓦等级燃煤机组发电机的等效非计划停运小时及其对整机的影响

制造厂家	统计台数（台）	等效非计划停运小时（小时 / 台年）		影响整机等效可用系数的百分点（%）	
		总计	其中设备因素	总计	其中设备因素
哈尔滨电机	70	3.09	0.96	0.04	0.01
东方电机	24	5.02	4.89	0.06	0.06
北重电	15	0	0	0	0
济南发电设备	8	0	0	0	0
圣彼得堡	7	0	0	0	0

第六节　超临界及以上燃煤机组运行可靠性

2020 年，纳入可靠性统计的超临界及以上燃煤机组共 629 台，运行可靠性主要综合指标见表 2-21。超临界及以上燃煤机组与 10 万千瓦及以上容量燃煤机组近五年平均等效可用系数趋势见图 2-16。

表 2-21　2016-2020 年超临界及以上燃煤机组运行可靠性指标

统计年份	统计台数（台）	利用小时（小时 / 台年）	非计划停运次数（次 / 台年）	非计划停运小时（小时 / 台年）	等效可用系数（%）
2016	454	4406.45	0.34	16.96	91.50
2017	481	4557.57	0.69	56.80	92.20
2018	518	4761.90	0.81	80.04	92.68
2019	547	4584.85	0.48	36.15	92.80
2020	629	4418.54	0.51	36.44	92.63

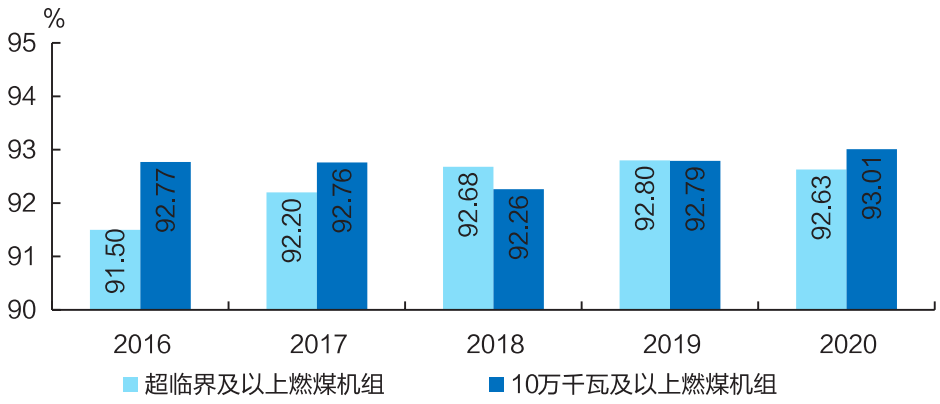


图 2-16　2016-2020 年超临界以及上燃煤机组等效可用系数趋势

第七节　100 兆瓦及以上容量燃气轮机组运行可靠性

2020 年，纳入可靠性统计的 100 兆瓦及以上燃气轮机组共 225 台，总容量 0.66 亿千瓦。2016-2020 年燃气轮机组主要可靠性指标见表 2-22。2016-2020 年燃气轮机组与燃煤机组等效可用系数趋势见图 2-17。

表 2-22　2016-2020 年燃气轮机组主要可靠性指标

统计年度	统计台数（台）	运行系数（%）	等效可用系数（%）	等效强迫停运率（%）	非计划停运次数（次 / 台年）
2016	152	44.65	92.30	1.63	0.39
2017	167	46.50	92.60	0.24	0.35
2018	180	48.50	92.47	0.30	0.45
2019	211	45.07	92.37	0.21	0.20
2020	225	45.34	93.16	0.22	0.30

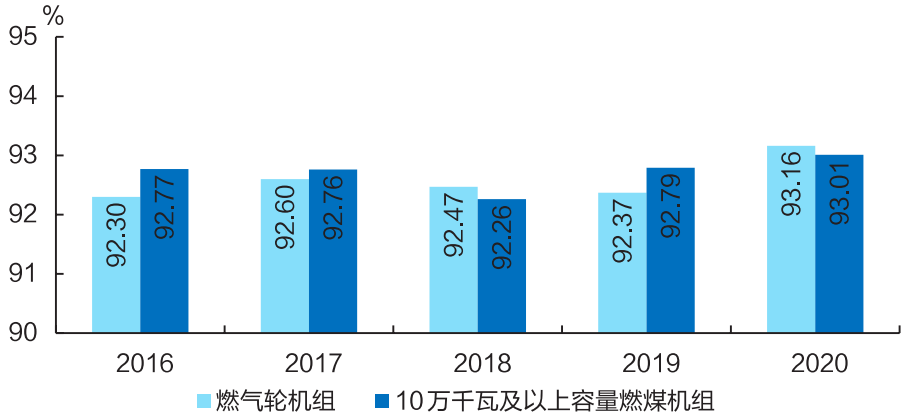


图 2-17　2016-2020 年燃气轮机与燃煤机组等效可用系数趋势

第八节　100 兆瓦及以上容量燃煤机组备用时间分析

2020 年，全国平均备用时间同比上升 227.89 小时，各区域电网燃煤机组备用小时均上升，其中区域备用时间最长的为西南电网 3631.34 小时，区域备用时间最短的为内蒙电网 441.86 小时；区域备用时间同比增加最多的为华中电网 2214.47 小时，同比增加 485.53 小时。具体见表 2-23 及图 2-18。

表 2-23　2016-2020 年按区域电网分类的火电机组备用时间

区域电网	2016 年备用（小时/台年）	2017 年备用（小时/台年）	2018 年备用（小时/台年）	2019 年备用（小时/台年）	2020 年备用（小时/台年）
华北电网	1768.24	1506.91	1053.82	1294.70	1720.33
东北电网	2169.27	1848.08	1362.18	1151.25	1164.13
华东电网	1567.30	1525.46	1420	1527.61	1716.30
华中电网	2732.66	2376.83	1724.84	1728.94	2214.47
西北电网	1994.36	1865.58	1635.31	1663.15	1698.44
西南电网	4521.09	4718.35	3583.68	3468.93	3631.34
南方电网	3075.04	2420.20	2005.12	2080.25	2147.42
内蒙电网	2070.64	1634.49	917.51	314.76	441.86
全国	2115.88	1922.04	1511.26	1551.39	1779.28

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

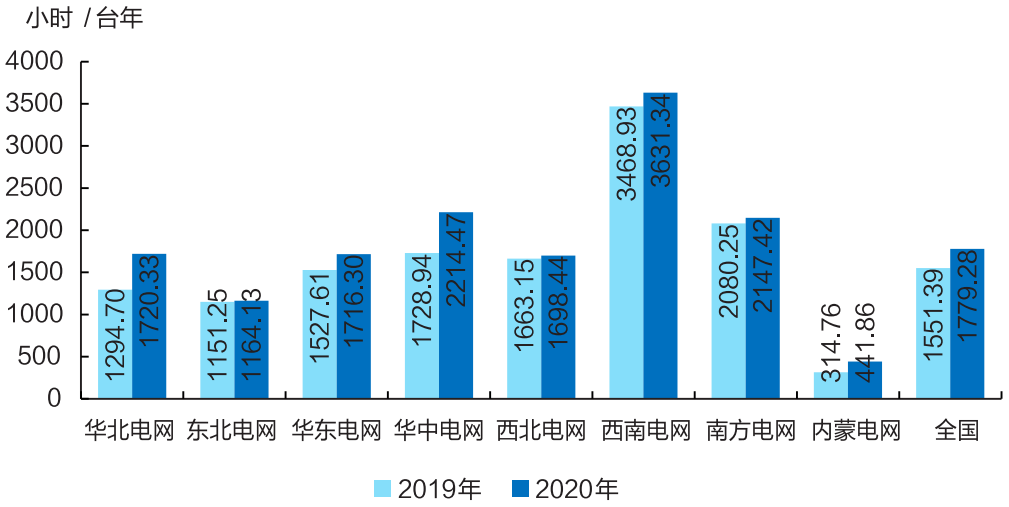


图 2-18　2019、2020 年各大区域备用小时

备用时间较少的五个省份依次是海南省 644.39 小时、内蒙古自治区 787.87 小

时、江西省 874.82 小时、宁夏自治区 1043.34 小时、黑龙江省 1193.58 小时；备用时间相对较长的五个省份依次是北京市 5799.23 小时、青海省 4350.03 小时、云南省 4204.57 小时、四川省 3677.87 小时、重庆市 3664.58 小时。具体见表 2-24。主要发电集团备用小时见图 2-19。

表 2-24　2020 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）	利用小时（小时 / 台年）	运行小时（小时 / 台年）	备用小时（小时 / 台年）
北京市	4	192.50	1282.15	1626.93	5799.23
河北省	102	372.84	4607.50	6827.04	1418.76
山西省	143	358.96	4531.93	6629.65	1510.89
内蒙古自治区	176	377.81	5137.86	7334.98	787.87
天津市	23	486.26	4311.95	6474.27	1447.53
山东省	144	382.15	4116.18	5867.47	2247.92
辽宁省	66	385.45	3994.24	6959.87	1319.49
吉林省	50	306.30	4043.77	6861.39	1395.90
黑龙江省	50	320	3954.47	7056.22	1193.58
江苏省	128	547.86	4498.83	6238.34	1969.06
浙江省	66	625.54	4427.03	6856.38	1270.91
安徽省	86	563.60	4507.66	6373.50	1800.02
上海市	28	525	4096.28	6088.28	1971.40
福建省	49	545.02	4942.49	6654.59	1528.09
河南省	105	472.86	3251.08	5883.07	2348.58
湖北省	56	479.11	3926.46	5552.91	2592.96
湖南省	41	452.37	3636.99	6110.55	2046.50
江西省	35	541.14	4963.75	7102.44	874.82
四川省	23	411.30	3355.11	4574.47	3677.87
重庆市	20	488	2938.35	4517.91	3664.58
陕西省	74	466.76	4137.64	6229.18	2045.36
甘肃省	38	350.66	4433.19	6538.39	1737.08
青海省	6	436.67	3019.68	4075.91	4350.03
宁夏自治区	54	494.74	4798.39	7125.13	1043.34
新疆自治区	56	351.79	4969.94	7100.82	1277.58
广东省	107	500.99	3936.49	6171.85	2021.13
广西自治区	25	552.80	4479.97	6550.96	1335.28
云南省	32	387.50	2765.80	3875.68	4204.57
贵州省	69	435.21	3933.24	5914.87	2277.24
海南省	9	322.00	5003.02	7751.95	644.39

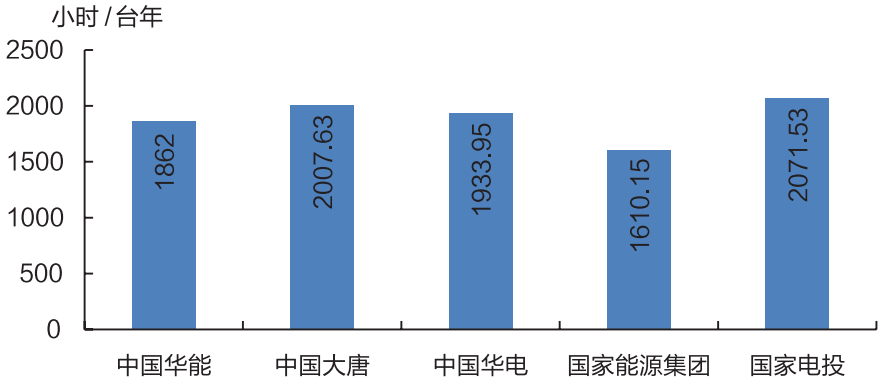


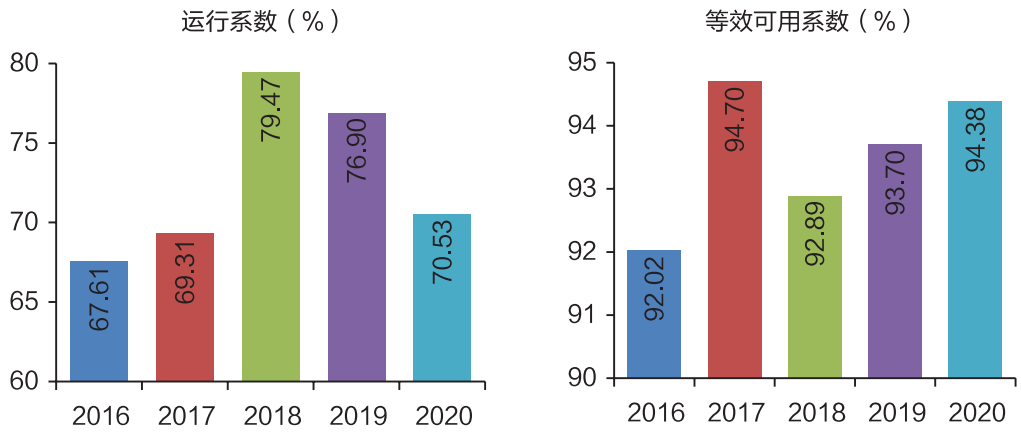
图 2-19　2020 年主要发电集团备用小时

第九节　2019 年新投产机组可靠性指标

2019 年投产、纳入 2020 年可靠性指标统计的燃煤机组共 48 台，总容量为 0.32 亿千瓦。近五年来燃煤机组投产后第一年运行可靠性指标见表 2-25。

表 2-25　2016-2020 年燃煤机组投产后第一年运行可靠性指标

指标 年份	投产年份（年）	统计台数（台）	平均容量（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）
2016	2015	64	598.13	67.61	92.02	0.48	1.20
2017	2016	48	571.79	69.31	94.70	1.29	1.33
2018	2017	29	634.83	79.47	92.89	1.02	1.38
2019	2018	26	595.77	76.90	93.70	1.53	1.50
2020	2019	48	664.29	70.53	94.38	0.40	0.68



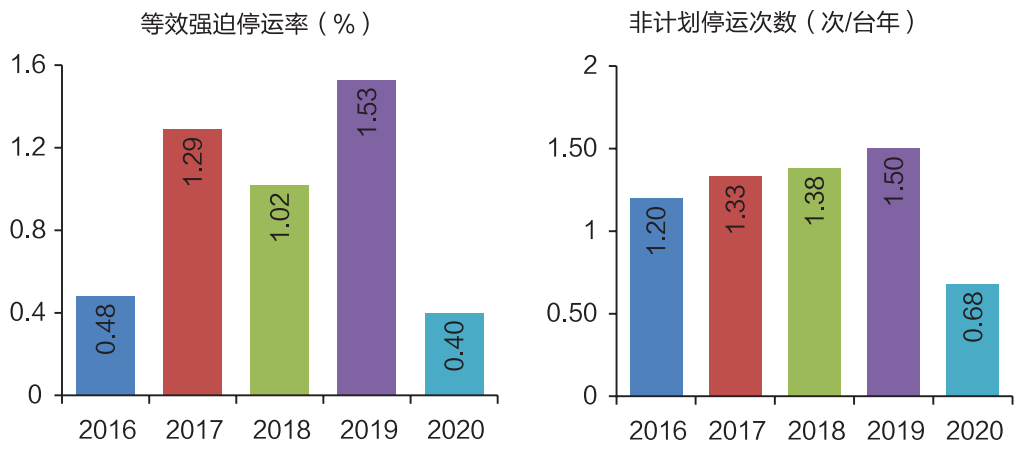


图 2-20　2016-2020 年燃煤新投产机组投产后第一年可靠性指标趋势

2019 年投产燃煤机组在 2020 年的等效可用系数同比上升 0.68 个百分点，高于全国 10 万千瓦及以上容量燃煤机组平均值 1.37 个百分点，等效强迫停运率下降 1.13 个百分点；非计划停运次数降低 0.82 次 / 台年，高于全国 10 万千瓦及以上容量燃煤机组平均值 0.19 次 / 台年。按照机组容量分析，2019 年新投产主要容量等级燃煤机组可靠性指标同比情况见图 2-21 及图 2-22。

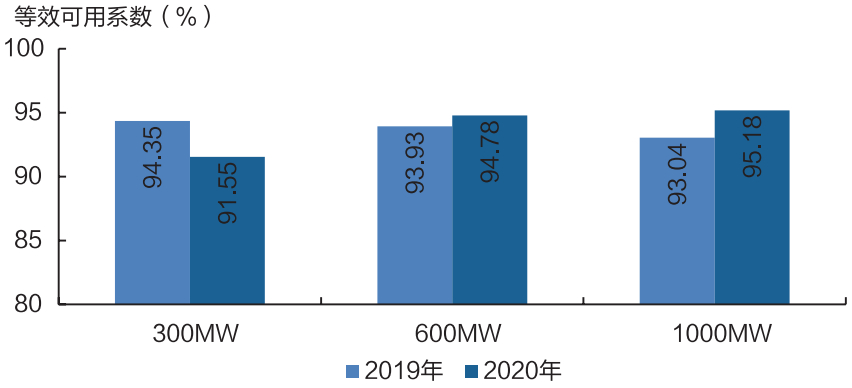


图 2-21　2019、2020 年新投产机组按容量划分等效可用系数

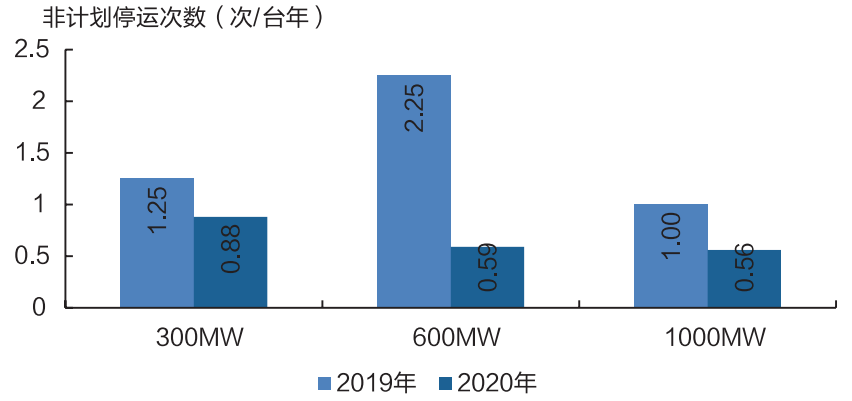


图 2-22　2019、2020 年新投产机组按容量划分非计划停运次数

第十节　非计划停运分析

2020 年，全国 1865 台燃煤机组共发生非计划停运 906 次，非计划停运总时间为 78617.21 小时，台年平均停运 0.49 次、38.60 小时，同比分别减少 0.02 次、0.97 小时。其中持续时间超过 300 小时的非计划停运共 65 次，非计划停运时间 38269.25 小时，占全部燃煤机组非计划停运总时间的 48.68%。

发生强迫停运 761 次，强迫停运总时间 55338.88 小时，台年平均值分别为 0.41 次、27.45 小时，同比减少 0.04 次、3.23 小时。强迫停运占全部燃煤机组非计划停运总时间的 70.39%。

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 0.25 次、29.18 小时，占全部燃煤机组非计划停运总时间的 67.60%。锅炉、汽轮机、发电机三大主设备引发的非计划停运占全部燃煤机组非计划停运总时间的 80.39%。具体见表 2-26。

表 2-26　2020 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	0.25	29.18	67.60
2	汽轮机	0.06	3.27	7.58
3	发电机	0.03	2.25	5.21

* 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 0.13 次、11.60 小时。前五位主要责任原因占全部燃煤机组非计划停运总时间的 75.68%。具体见表 2-27。

表 2-27　2020 年燃煤机组非计划停运的前五位责任原因

序号	责任原因	停运次数（次 / 台年）	停运时间（小时 / 台年）	* 百分比
1	产品质量问题	0.13	11.60	26.89
2	检修质量问题	0.07	6.01	13.92
3	燃料影响	0.05	5.23	12.11
4	设备老化	0.07	5.09	11.80
5	施工安装问题	0.05	4.73	10.96

* 百分比：占燃煤机组非计划停运时间的百分比

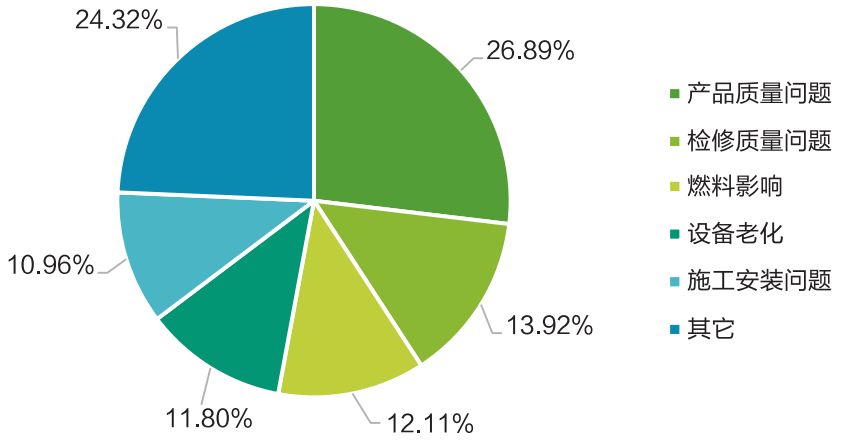


图 2-23　2020 年非计划停运的前五位责任原因占燃煤机组非计划停运时间的百分比

2020 年，按照燃煤机组非计划停运事件持续时间长短分类，停运次数最多的是 10-100 小时区间的非计划停运事件，并且大部份是强迫停运事件，占 42.49%，其次在小于 10 小时的区间内，占 28.26%；超过 1000 小时的有 3 次。具体见表 2-28。

表 2-28　2020 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	256	28.26
10-100	385	42.49
100-500	250	27.59
500-1000	12	1.33
1000	3	0.33
备注：各分级数值范围中，下限值包含，上限值为不包含		

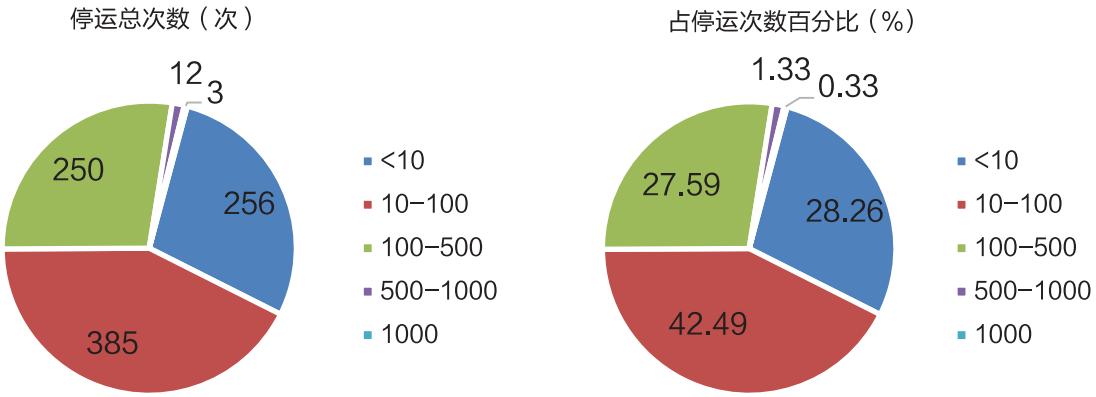


图 2-24　2020 年非计划停运事件按持续时间划分停运总次数和占比

第十一节　按地区分类的 100 兆瓦及以上容量燃煤机组运行可靠性

2020 年，各地区 100 兆瓦及以上容量燃煤机组运行可靠性指标见表 2-29。

表 2-29　2020 年各地区 100 兆瓦及以上容量燃煤机组运行可靠性指标

地区	统计台数（台）	平均容量（兆瓦 / 台）	每千瓦装机发电量 兆瓦时 / 千瓦	运行系数（%）	等效可用系数（%）	非计划停运次数（次 / 台年）
华北	592	376.42	4.60	75.84	92.52	0.55
东北	166	341.90	4	79.24	94.09	0.45
华东	357	563.83	4.52	73.34	92.97	0.32
华中	280	475.67	3.67	66.44	92.95	0.37
西北	228	425	4.50	75.53	94.03	0.70
南方	242	465.92	3.91	67.80	92.70	0.56
全部	1865	441.68	4.28	72.81	93.01	0.49

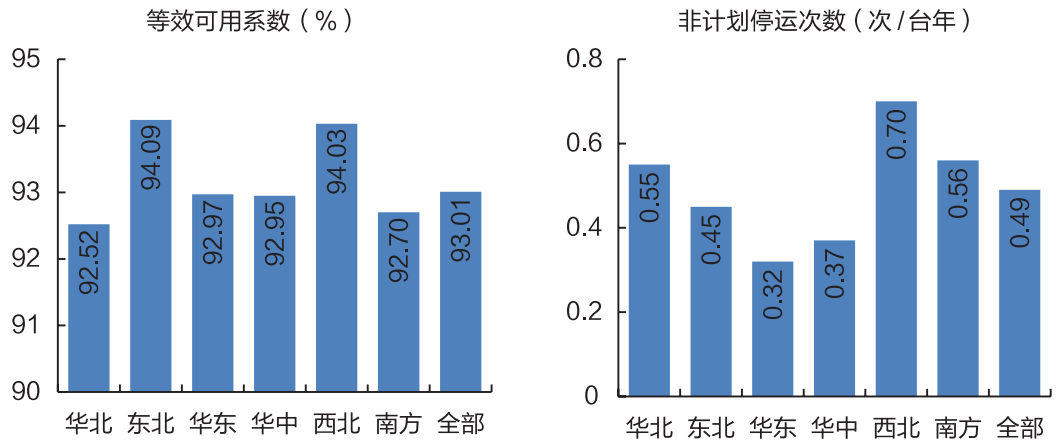


图 2-25　2020 年各地区 100 兆瓦及以上容量燃煤机组等效可用系数、非计划停运次数

第十二节　40 兆瓦及以上容量水电机组运行可靠性

一、2016-2020 年 40 兆瓦及以上容量水电机组运行可靠性指标

2020 年，水电机组的等效可用系数为 93.36%，同比上升 0.78 个百分点；运行

系数为 58.75%，同比上升 0.87 个百分点；非计划停运次数为 0.18 次 / 台年，同比持平；等效强迫停运率为 0.04%，同比上升 0.01 个百分点。具体见表 2-30 及图 2-27。

表 2-30　2016-2020 年 40 兆瓦及以上容量水电机组主要可靠性指标

指标 / 年	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）
2016	945	214.14	54.19	92.44	0.09	0.26	0.22	4.09
2017	971	218.07	54.96	92.55	0.14	0.19	0.14	6.91
2018	1015	217.63	55.68	92.30	0.10	0.21	0.14	4.95
2019	1042	218.48	57.88	92.58	0.03	0.18	0.12	1.63
2020	1053	218.07	58.75	93.36	0.04	0.18	0.13	1.88

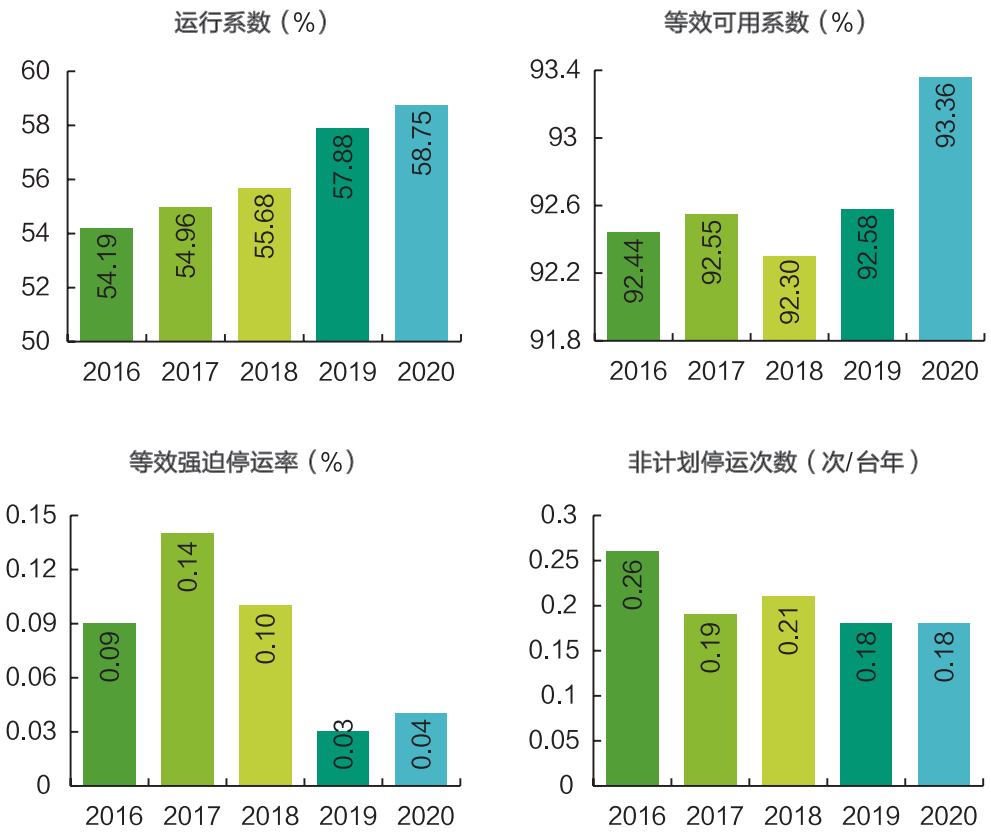


图 2-26　2016-2020 年 40 兆瓦及以上容量水电机组主要可靠性指标

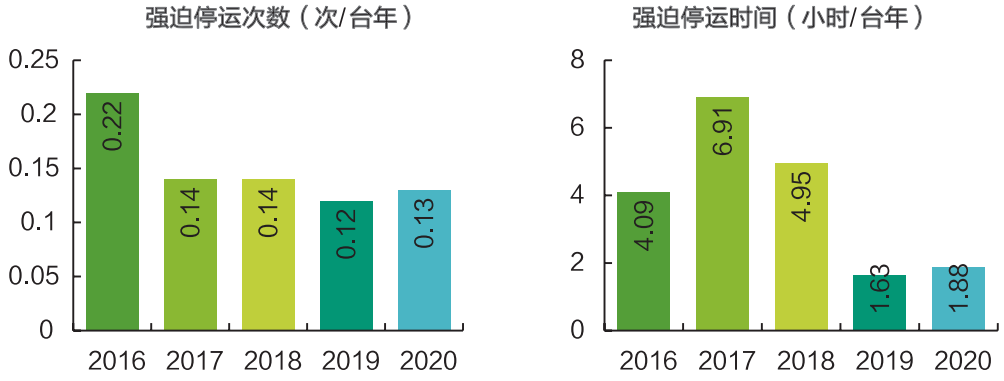


图 2-27　2016–2020 年 40 兆瓦及以上容量水电机组强迫停运次数和时间

二、2020 年 40 兆瓦及以上各容量水电机组运行可靠性指标分布

表 2-31　2020 年 40 兆瓦及以上各容量水电机组运行可靠性指标分布

指标 / 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	154	67.29	92.92	0.01	0.15
40–99 兆瓦	72	57.42	92.11	0.01	0.25
100–199 兆瓦	75	73.11	93.18	0.01	0.05
200–299 兆瓦	7	54.89	93.47	0.04	0.15
水电混流机组	786	62.08	93.90	0.03	0.08
40–99 兆瓦	326	56.70	94.04	0.10	0.06
100–199 兆瓦	133	53.16	94.79	0.02	0.13
200–299 兆瓦	101	57.90	94.79	0.04	0.07
300–699 兆瓦	150	66.62	93.14	0.03	0.09
700–750 兆瓦	76	63.04	94.16	0	0.05
抽水蓄能机组	113	33.23	90.16	0.15	0.96
40–99 兆瓦	11	56.30	92.20	0.21	0.64
100–199 兆瓦	6	23.74	88.91	0.15	0.17
200–299 兆瓦	29	28.59	89.30	0.10	0.38
300 兆瓦及以上	67	34.41	90.43	0.17	1.33
全部	1053	58.75	93.36	0.04	0.18

三、2016–2020 年 40 兆瓦及以上容量水电机组按机组类型分类运行可靠性指标

表 2–32　2016–2020 年 40 兆瓦及以上容量水电机组主要可靠性指标

分类	年份	统计台数	运行系数（%）	等效可用系数（%）	等效强迫停运率（%）	非计划停运次数（次 / 台年）
轴流机组	2016	151	64.19	93.14	0.02	0.13
	2017	149	61.03	92.24	0	0.10
	2018	158	63.02	92.58	0.08	0.15
	2019	160	67.69	92.68	0.02	0.13
	2020	154	67.29	92.92	0.01	0.15
混流机组	2016	709	55.47	92.76	0.08	0.07
	2017	725	57.47	92.99	0.15	0.05
	2018	754	58.66	93.09	0.09	0.11
	2019	772	60.43	93.20	0.03	0.09
	2020	786	62.08	93.90	0.03	0.08
抽水蓄能机组	2016	85	37.02	89.45	0.29	2.08
	2017	97	34.28	89.75	0.25	1.33
	2018	103	32.03	87.02	0.26	1.06
	2019	110	36.21	88.60	0.09	0.92
	2020	113	33.23	90.16	0.15	0.96
全部	2016	945	54.19	92.44	0.09	0.26
	2017	971	54.96	92.55	0.14	0.19
	2018	1015	55.68	92.30	0.10	0.21
	2019	1042	57.88	92.58	0.03	0.18
	2020	1053	58.75	93.36	0.04	0.18

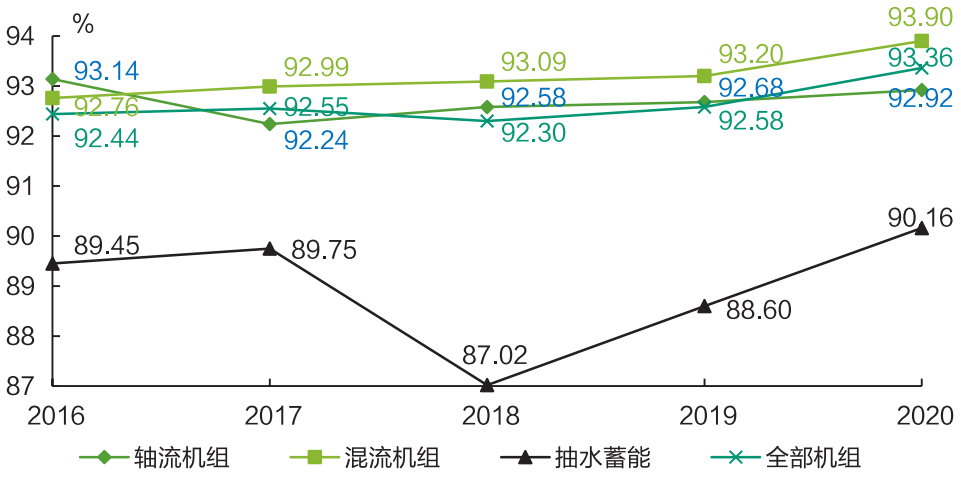


图 2–28　2016–2020 年 40 兆瓦及以上容量水电机组等效可用系数

四、2016-2020 年 40 兆瓦及以上各容量水电机组运行可靠性指标

表 2-33　2016-2020 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	2016	68	51.10	91.19	0.03	0.25
		2017	65	49.70	90.38	0.01	0.16
		2018	74	55.05	91.79	0.29	0.26
		2019	75	57.01	92.67	0.08	0.23
		2020	72	57.42	92.11	0.01	0.25
	100-199 兆瓦	2016	74	67.58	94.12	0.02	0.03
		2017	75	66.50	93.16	0	0.03
		2018	75	70.10	93.29	0.01	0.05
		2019	76	73.15	92.50	0	0.04
		2020	75	73.11	93.18	0.01	0.05
	200-299 兆瓦	2016	9	74.50	92.14	0	0
		2017	9	54.70	91.05	0	0.22
		2018	9	43.03	90.57	0.04	0.11
		2019	9	62.75	93.67	0	0
		2020	7	54.89	93.47	0.04	0.15
混流机组	40-99 兆瓦	2016	301	56.39	93.01	0.11	0.05
		2017	305	55.47	93.59	0.02	0.04
		2018	316	53.93	93.54	0.03	0.06
		2019	318	54.10	93.46	0.04	0.04
		2020	326	56.70	94.04	0.10	0.06
	100-199 兆瓦	2016	125	47.14	93.49	0.37	0.12
		2017	128	47.11	92.09	1.41	0.05
		2018	135	49.29	92.14	0.61	0.07
		2019	136	52.44	93.95	0.06	0.13
		2020	133	53.16	94.79	0.02	0.13
	200-299 兆瓦	2016	84	50.66	91.17	0.01	0.06
		2017	82	48.72	91.77	0.08	0.11
		2018	84	48.32	92.85	0.01	0.11
		2019	91	54.33	93.05	0.03	0.09
		2020	101	57.90	94.79	0.04	0.07

机组型式	分类 \ 指标	年份	统计台数	运行系数（%）	等效可用系数（%）	等效强迫停运率（%）	非计划停运次数（次 / 台年）
	300 兆瓦及以上	2016	199	57.48	92.89	0.05	0.07
		2017	210	60.83	93.24	0.03	0.04
		2018	219	62.58	93.21	0.05	0.19
		2019	227	63.69	93.07	0.02	0.13
		2020	226	65.07	93.58	0.02	0.08
抽水蓄能机组	40-99 兆瓦	2016	9	43.61	86.86	0.44	2.99
		2017	9	31	66.57	0.74	0.89
		2018	7	20.36	60.88	0.25	1
		2019	9	49.20	87.69	0.11	1
		2020	11	56.30	92.20	0.21	0.64
	100-199 兆瓦	2016	6	30.43	84.94	0.16	1.50
		2017	6	30.02	86.57	0.10	0.67
		2018	6	27.12	91	0	0.17
		2019	6	26.95	91.87	0	0
		2020	6	23.74	88.91	0.15	0.17
	200-299 兆瓦	2016	20	40.72	88.85	0.27	1.65
		2017	20	32.66	89.21	0.32	0.80
		2018	27	27.55	87.12	0.20	0.56
		2019	29	29.94	88.17	0.13	0.90
		2020	29	28.59	89.30	0.10	0.38
	300 兆瓦及以上	2016	50	35.98	90.01	0.30	2.15
		2017	62	35	90.74	0.23	1.63
		2018	63	34.06	87.44	0.28	1.37
		2019	66	38.39	88.63	0.08	1
		2020	67	34.41	90.43	0.17	1.33

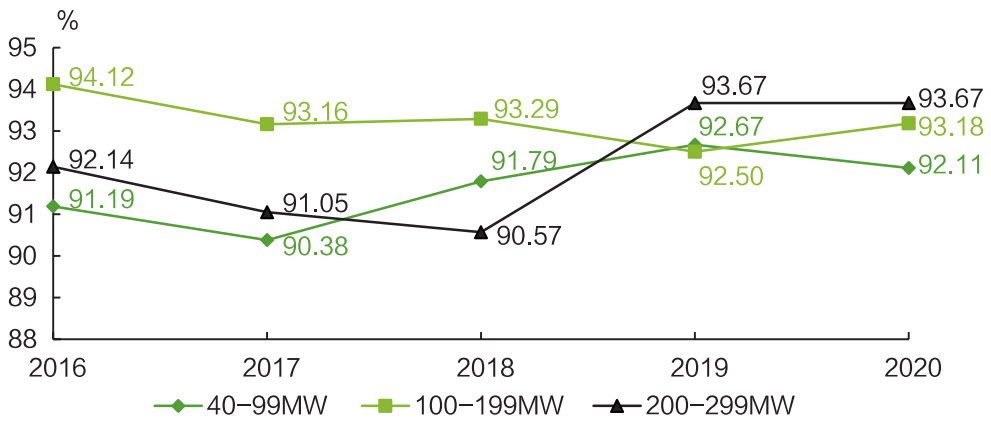


图 2-29　2016-2020 年 40 兆瓦及以上容量水电轴流机组等效可用系数

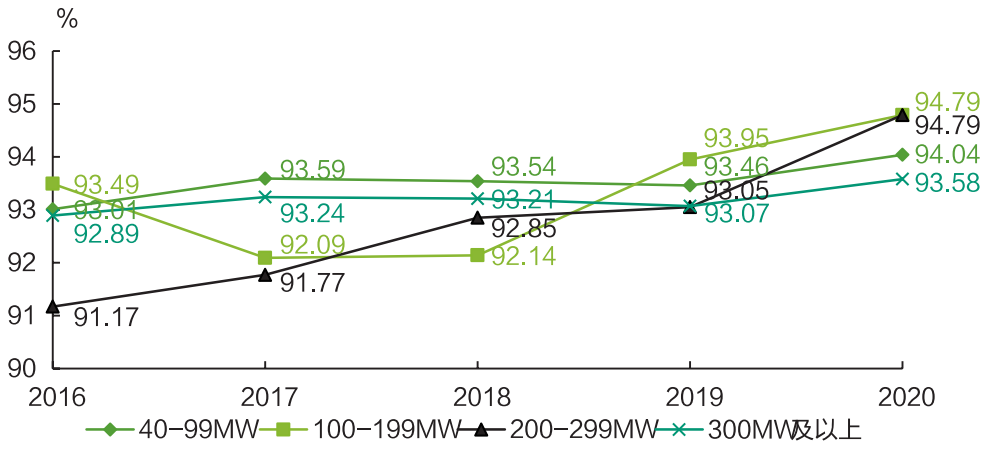


图 2-30　2016-2020 年 40 兆瓦及以上容量水电混流机组等效可用系数

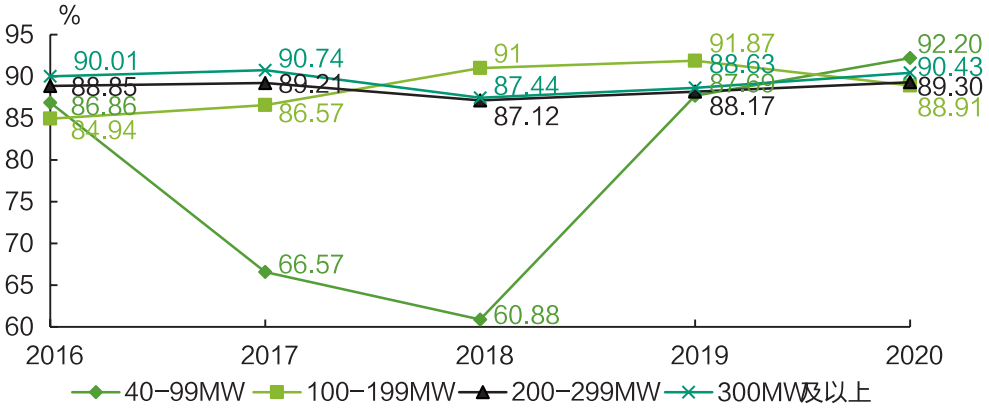


图 2-31　2016-2020 年 40 兆瓦及以上容量抽水蓄能机组等效可用系数

2020 年全国 786 台水电 40 兆瓦及以上容量混流机组可靠性指标分布情况见下表。

表 2-34　2020 年水电 40 兆瓦及以上容量混流机组可靠性指标分布

指标	等效可用系数（%）	运行系数（%）	出力系数（%）	等效强迫停运率（%）	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（h）
最优值	100	100	100	0	0	0
第 5% 值	100	91.33	97.85	0	0	0
第 25% 值	98.23	72.45	89.93	0	0	0
中位值	96.09	59.48	81.70	0	0	0
第 75% 值	92.66	46.66	70.99	0	0	0
最末值	51.28	5.39	7.52	13.76	3	673.68
总平均值	93.90	62.08	80.30	0.03	0.08	1.98

2020 年全国 154 台水电 40 兆瓦及以上容量轴流机组可靠性指标分布情况见下表。

表 2-35　2020 年水电 40 兆瓦及以上容量轴流机组可靠性指标分布

指标	等效可用系数（%）	运行系数（%）	出力系数（%）	等效强迫停运率（%）	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（h）
最优值	100	100	100	0	0	0
第 5% 值	100	95.73	98.44	0	0	0
第 25% 值	97.27	84.05	87.14	0	0	0
中位值	95.21	68.41	79.39	0	0	0
第 75% 值	92.40	45.18	73.42	0	0	0
最末值	35.29	9.13	28.74	0.41	6	65.62
总平均值	92.92	67.29	77.73	0.01	0.15	1.37

2020 年全国 113 台抽水蓄能机组可靠性指标分布情况见下表。

表 2-36　2020 年水电 40 兆瓦及以上容量抽水蓄能可靠性指标分布

指标	等效可用系数（%）	运行系数（%）	出力系数（%）	等效强迫停运率（%）	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（h）
最优值	100	100	100	0	0	0
第 5% 值	96.19	47.93	100	0	0	0
第 25% 值	94.13	40.19	97.51	0	0	0
中位值	92.38	35.83	93.18	0	0	0
第 75% 值	89.59	28.06	78.39	0.15	1	6.58
最末值	54.39	8.82	10.24	2.13	7	187.88
总平均值	90.16	33.23	84.43	0.15	0.96	13.93

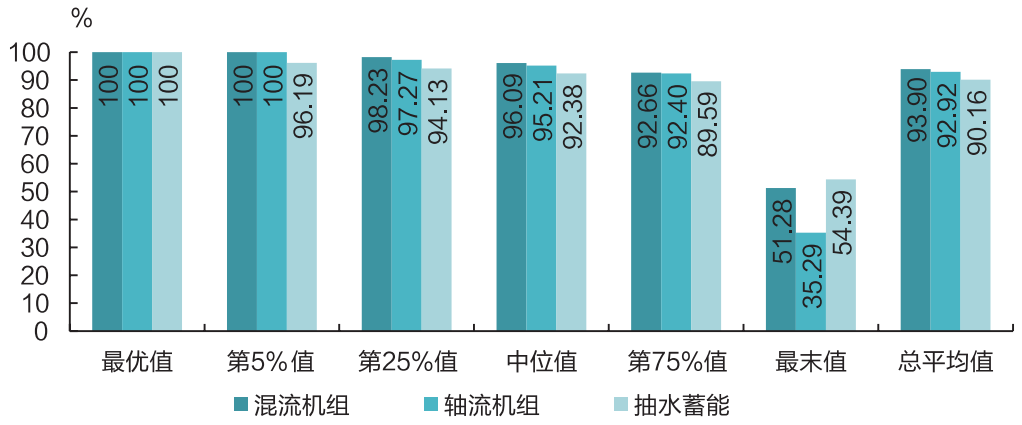


图 2-32　2020 年水电机组等效可用系数分布图

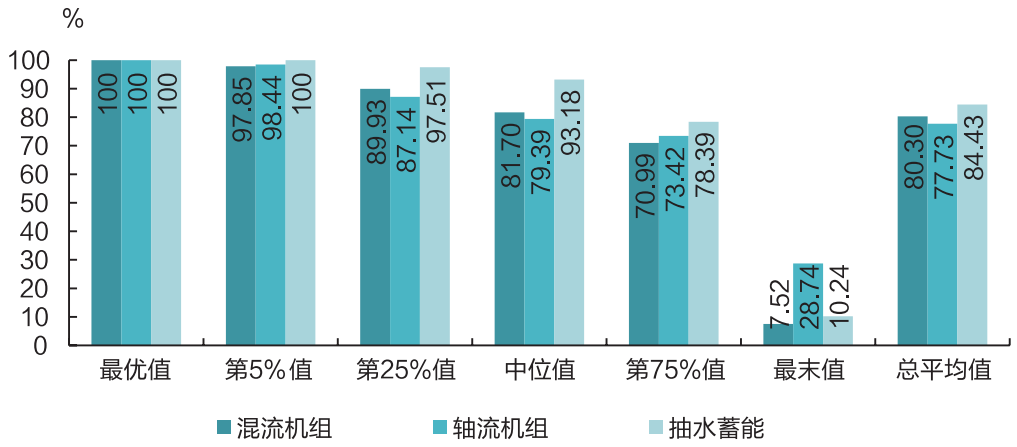


图 2-33　2020 年水电机组出力系数分布图

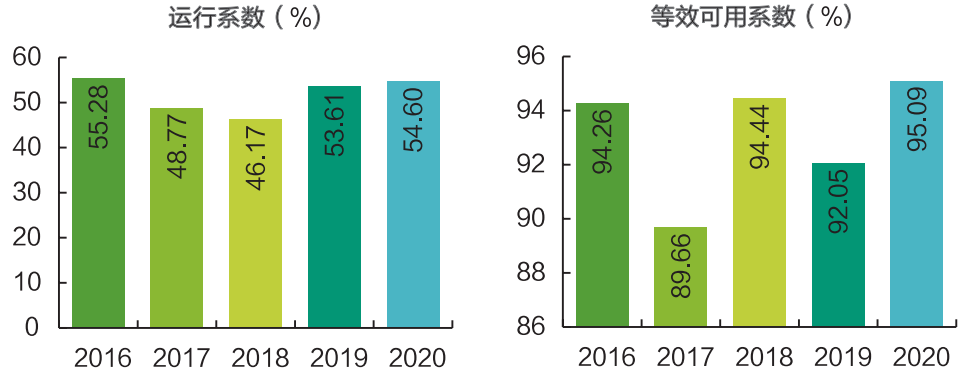
五、新投产 40 兆瓦及以上容量水电机组投产后第一年运行可靠性指标

2019 年投产、纳入 2020 年可靠性指标统计的水电机组共 14 台，总容量 2990 兆瓦，等效可用系数 95.09%，比 2018 年投产机组次年等效可用系数增加 3.04 个百分点。

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

年份	投产年	统计台数	平均容量（兆瓦）	运行系数（%）	等效可用系数（%）	等效强迫停运率（%）	非计划停运次数（次/台年）
2016	2015	44	192.63	55.28	94.26	0.04	0.16
2017	2016	26	293.23	48.77	89.66	0.16	0.85
2018	2017	24	297.92	46.17	94.44	0.16	0.84
2019	2018	22	251.30	53.61	92.05	0.03	1.45
2020	2019	14	213.57	54.60	95.09	0.08	0.14

* 对应指标为该年度新投产机组在下一年度的运行可靠性指标



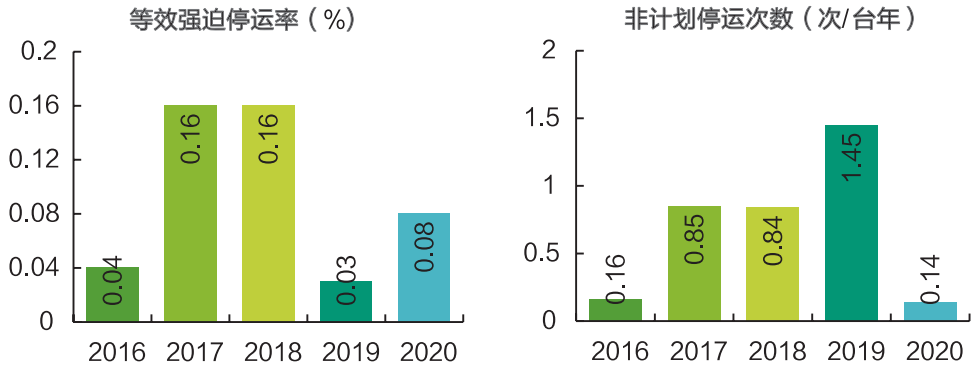


图 2-34　新投产 40 兆瓦及以上容量水电机组投产后第一年运行可靠性指标

六、水电机组非计划停运

2020 年水电机组（1053 台）共发生非计划停运 192 次，非计划停运总时间 4656.22 小时，台年平均分别为 0.18 次、3.47 小时，非停次数同比持平，非停时间同比降低 0.10 小时 / 台年。持续时间超过 300 小时的非计划停运 2 次，非计划停运时间分别为 673.68 小时和 397.62 小时，占全部非计划停运总时间的 23.01%。

强迫停运共发生 136 次，总计 2891.20 小时，占全部非计划停运总时间的 62.09%。强迫停运台年平均次数和时间分别为 0.13 次、1.88 小时，同比分别增加 0.01 次 / 台年、0.25 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 0.03 次、0.88 小时，累计停运时间占非计划停运总时间的 19.84%；变压器引起 5 次非停，总非停时间为 98.45 小时，台年平均值为 0.09 小时，累计停运时间占非计划停运总时间的 2.11%；发电机引起的非计划停运台年平均次数和时间分别为 0.05 次、0.91 小时，累计停运时间占非计划停运总时间的 20.55%。具体见表 2-38 及图 2-35。

表 2-38　2020 年水电机组主设备引发非计划停运的比重

序号	主设备	停运次数（次 / 台年）	停运时间（小时 / 台年）	* 百分比（%）
1	水轮机	0.03	0.88	19.84
2	变压器	0.00	0.09	2.11
3	发电机	0.05	0.91	20.55

* 百分比：占机组非计划停运时间的百分比

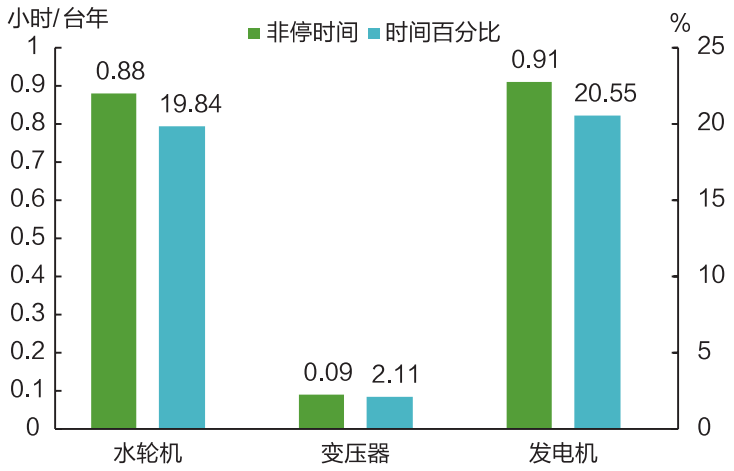


图 2-35　2020 年 40 兆瓦及以上容量水电机组主设备引发非计划停运的比重

引发非计划停运的责任原因第一位是产品质量问题，其非计划停运次数为 0.09 次 / 台年，时间为 1.86 小时 / 台年，占非计划停运总时间的 42.10%；其次是设备老化，其非计划停运台年平均次数和时间分别是 0.02 次、0.44 小时，累计停运时间占非计划停运总时间的 9.95%；排在第三位的是施工安装问题，其非计划停运台年平均次数和时间分别是 0.02 次、0.41 小时，累计停运时间占非计划停运总时间的 9.29%。表 2-36 及图 2-36 为非计划停运的前三位责任原因。

表 2-39　2020 年水电机组主设备非计划停运的前三位责任原因

序号	责任原因	停运总次数（次）	停运时间（小时 / 台年）	* 百分比（%）
1	产品质量问题	0.09	1.86	42.10
2	设备老化	0.02	0.44	9.95
3	施工安装问题	0.02	0.41	9.29

* 百分比：占机组非计划停运时间的百分比

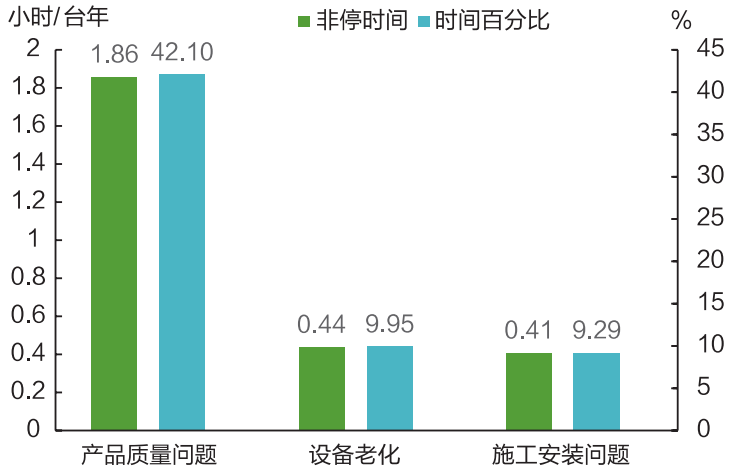


图 2-36　2020 年 40 兆瓦及以上容量水电机组主设备非计划停运的前三位责任原因

第十三节　700 兆瓦等级常规水电机组运行可靠性

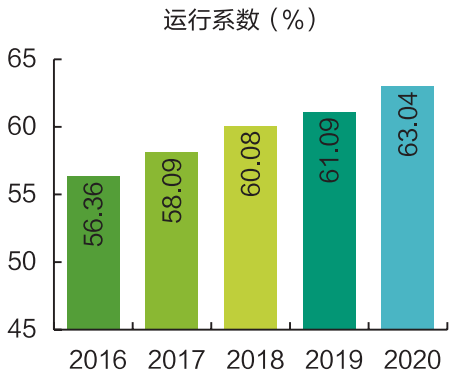
一、700 兆瓦等级常规水电机组运行可靠性指标

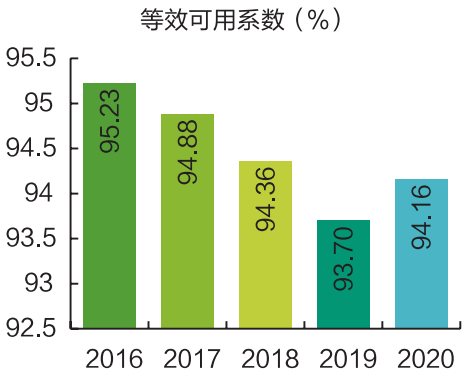
2020 年，纳入统计的 700 兆瓦等级水电机组为 76 台，均为混流机组，与 2019 年持平。等效可用系数 94.16%，同比增加 0.46 个百分点；备用时间 2733.10 小时，同比减少 123.43 小时；计划停运时间 513.07 小时，同比减少 36.40 小时；非计划停运次数 0.05 次 / 台年，非计划停运时间 0.13 小时 / 台年，非计划停运次数和非计划停运时间同比分别降低 0.06 次 / 台年、2.45 小时 / 台年。

2016-2020 年 700 兆瓦等级常规水电机组主要运行可靠性指标见表 2-40 及图 2-37。

表 2-40　2016-2020 年 700 兆瓦等级常规水电机组主要可靠性指标

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）
2016	76	56.36	95.23	0.02	0.04
2017	76	58.09	94.88	0.01	0.04
2018	76	60.08	94.36	0.01	0.15
2019	76	61.09	93.70	0.05	0.11
2020	76	63.04	94.16	0	0.05





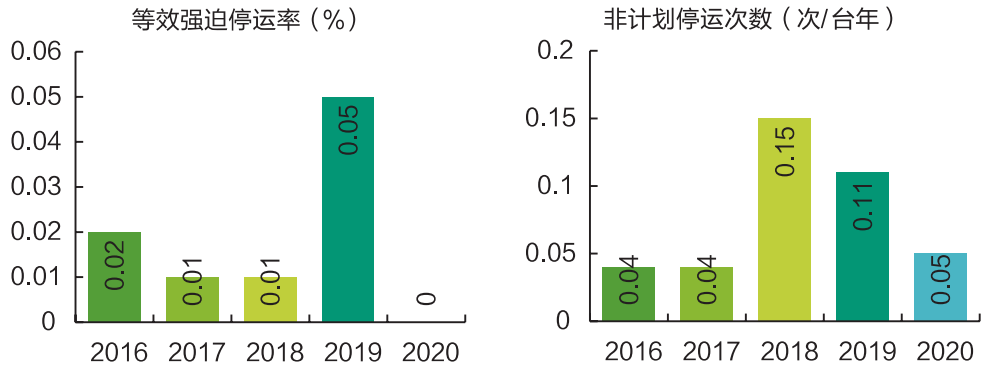


图 2-37　2016-2020 年 700 兆瓦等级常规水电机组可靠性指标

二、700 兆瓦等级常规水电机组非计划停运

2020 年，700 兆瓦等级水电机组共发生非计划停运 4 次，非计划停运时间总计 9.77 小时。台年平均非计划停运次数、时间分别为 0.05 次、0.13 小时，非计划停运总次数同比降低 5 次，累计非计划停运时间同比减少 183.18 小时。在 700 兆瓦等级水电机组中，三峡水电 19 号机组、24 号机组、28 号机组各发生 1 次非计划停运事件，累计非计划停运时间为 6.23 小时，占非计划停运总时间的 63.77%。

在发生的 4 次非计划停运事件部件中，发电机 2 次，非停时间累计 3.58 小时；水轮机 1 次，非停时间累计 2.65 小时；水电厂辅助设备 1 次，非停累计时间 3.53 小时。

4 次非计划停运的责任原因中，3 次为产品质量问题，累计时间为 7.77 小时；1 次为规划、设计不合理，持续时间 2 小时。

第十四节　核电机组运行可靠性

纳入 2020 年可靠性统计的核电机组有 27 台，总容量 0.25 亿千瓦，占全国核电总装机容量的 49.72%。核电机组的综合可靠性主要指标见表 2-41 及图 2-38。

表 2-41　2016-2020 年核电机组主要可靠性指标

年份	统计台数（台）	平均容量（兆瓦 / 台）	运行系数（%）	等效可用系数（%）	等效强迫停运率（%）	非计划停运次数（次 / 台年）
2016	17	860.48	88.32	88.77	0.77	0.23
2017	17	860.48	91.24	91.10	0.09	0.24
2018	17	870.60	91.50	91.84	0.33	0.59
2019	19	894.75	91	91.01	0.09	0.21
2020	27	918.67	90.15	92.38	0.12	0.07

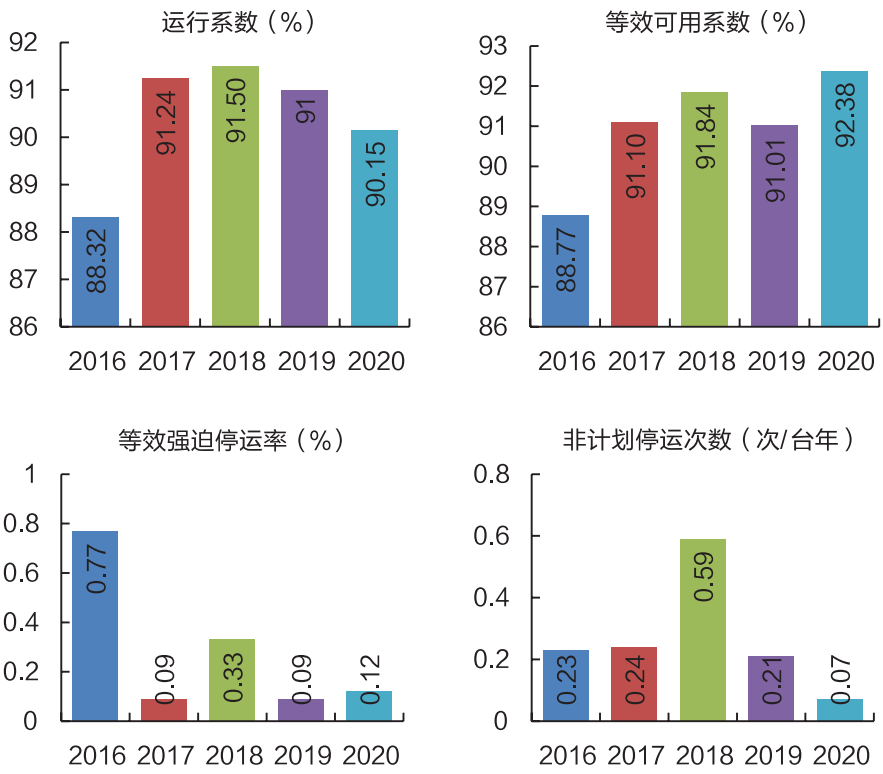


图 2-38　2016-2020 年核电机组主要可靠性指标趋势

2020 年，核电机组等效可用系数同比上升 1.37 个百分点，主要因素是可用小时的增加和计划停运时间的减少；共发生 2 次非计划停运事件，同比下降 2 次，累计停运时间为 503.23 小时，同比增加 366.46 小时。非停发生在发电机励磁系统与核辅助系统热交换器这两个部位。

第十五节　风电机组运行可靠性

2020 年，纳入可靠性统计的风电机组共 30220 台，总容量 0.48 亿千瓦，占全国并网风力发电机组总容量的 16.99%。运行系数为 98.79%；平均利用小时数为 2160.62 小时；非计划停运时间台年平均值为 34 小时，非计划停运次数台年平均值为 1.61 次。

2020 年，风电机组非计划停运累计时间 105.86 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，分别为 11.69 万小时、11.57 万小时、10.99 万小时，分别占全部非计划停运累计时间的 11.04%、10.93% 和 10.38%。2020 年风电机组按主设备分类累计非计划停运时间见图 2-39。

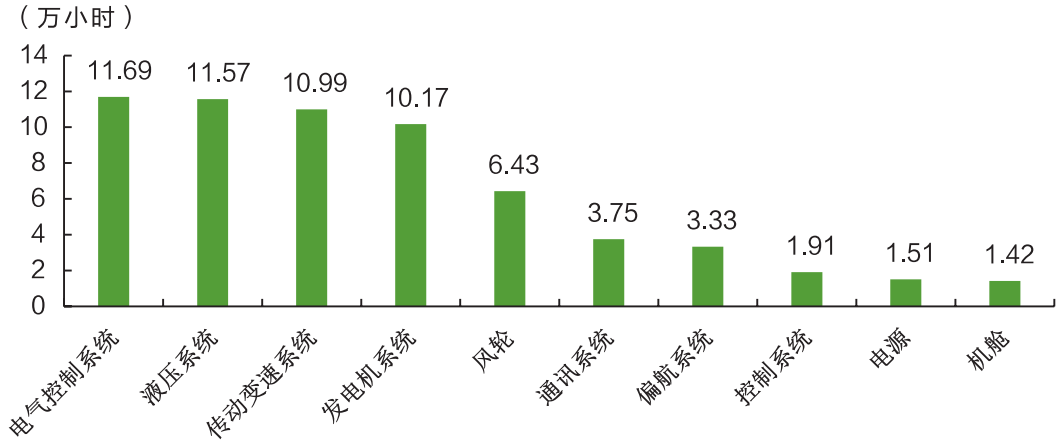


图 2-39　2020 年风电机组按主设备分类的累计非计划停运时间

2020 年，风电机组非计划停运共计 49280 次，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，分别为 7341 次、5887 次、3320 次，占全部非计划停运次数的 14.90%、11.95% 和 6.74%。2020 年风电机组按主设备分类累计非计划停运次数见图 2-40。

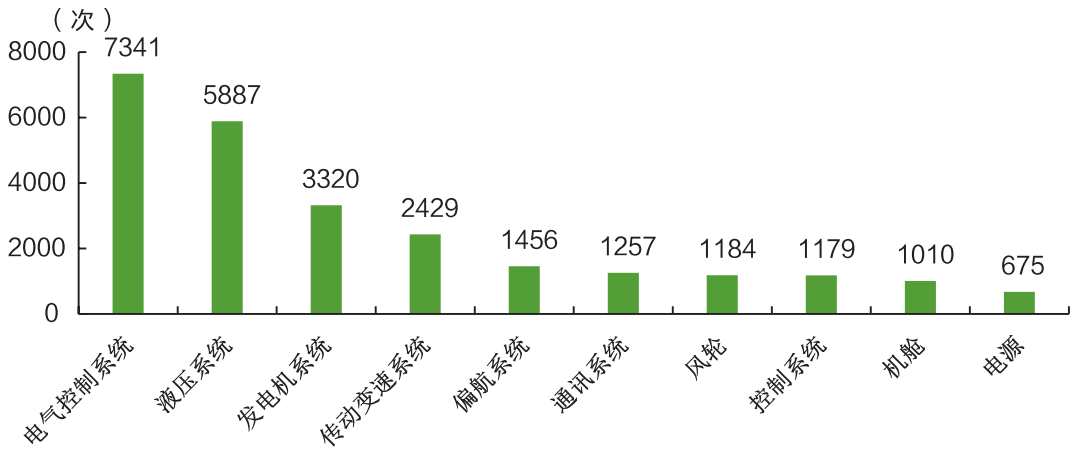


图 2-40　2020 年风电机组按主设备分类的累计非计划停运次数

第三章　2020 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均稳中有降，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它辅助设备。

2020 年，磨煤机、给水泵组、送风机、引风机、高压加热器可用系数同比均有上升，分别上升 0.12、0.25、0.07、0.26 和 0.13 个百分点。运行系数同比下降，分别下降 1.36、0.69、1.56、1.68 和 1.58 个百分点。设备台年运行小时分别减少 119.46 小时、60.61 小时、137.03 小时、147.57 小时和 138.79 小时。磨煤机、给水泵组、引风机非计划停运率同比分别下降 0.02、0.02 和 0.01 个百分点，送风机、高压加热器非计划停运率同比持平。具体见表 3-1 及图 3-1、图 3-2、图 3-3。

表 3-1　2016-2020 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	2016	6211	53.73	92.94	7.01	0.05	0.09
	2017	6700	55.15	93.73	6.23	0.05	0.09
	2018	6932	60.86	94.35	5.59	0.06	0.10
	2019	7005	61.72	94.09	5.87	0.04	0.07
	2020	7153	60.36	94.21	5.76	0.03	0.05
给水泵组	2016	3495	46.31	93.99	5.97	0.04	0.08
	2017	3721	46.42	94.29	5.67	0.03	0.07
	2018	3831	52.19	94.75	5.22	0.02	0.04
	2019	3850	55.01	94.54	5.43	0.02	0.04
	2020	3875	54.32	94.79	5.20	0.01	0.02
送风机	2016	2511	66.69	93.50	6.50	0.00	0.00
	2017	2669	67.72	94.18	5.82	0.00	0.01
	2018	2779	74.05	94.67	5.32	0.01	0.01
	2019	2780	75.13	94.54	5.46	0.00	0.00
	2020	2786	73.57	94.61	5.39	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	2016	2556	66.73	93.60	6.39	0.02	0.00
	2017	2734	67.58	94.06	5.92	0.03	0.04
	2018	2846	73.99	94.58	5.40	0.02	0.03
	2019	2858	75.07	94.33	5.64	0.03	0.03
	2020	2867	73.39	94.59	5.40	0.02	0.02
高压加热器	2016	3854	66.37	93.82	6.13	0.05	0.07
	2017	4121	67.44	94.13	5.83	0.04	0.06
	2018	4291	74.17	94.70	5.28	0.03	0.03
	2019	4329	75.26	94.41	5.56	0.02	0.03
	2020	4355	73.68	94.54	5.44	0.02	0.03

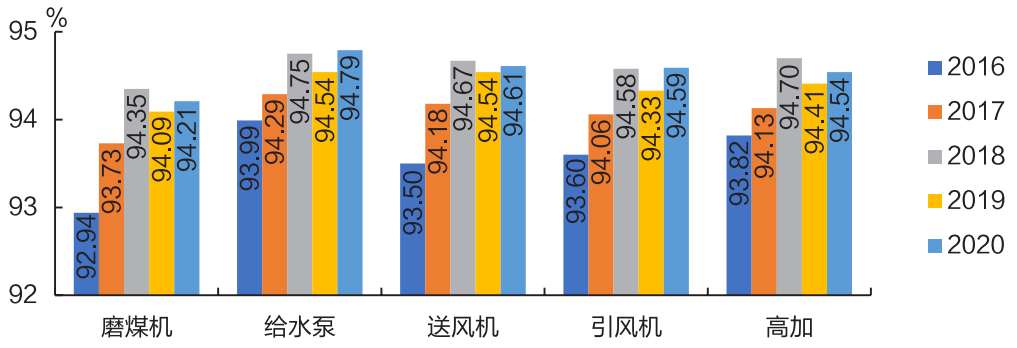


图 3-1　2016-2020 年燃煤机组五种辅助设备可用系数

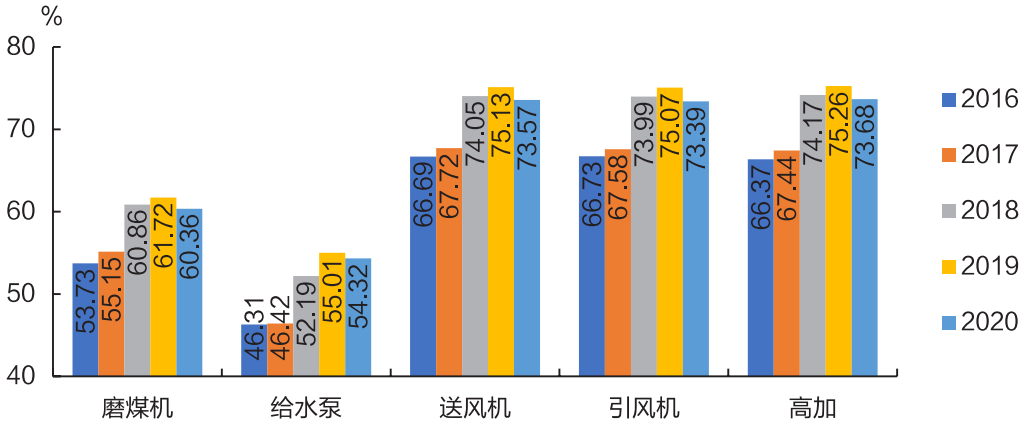


图 3-2　2016-2020 年燃煤机组五种辅助设备运行系数

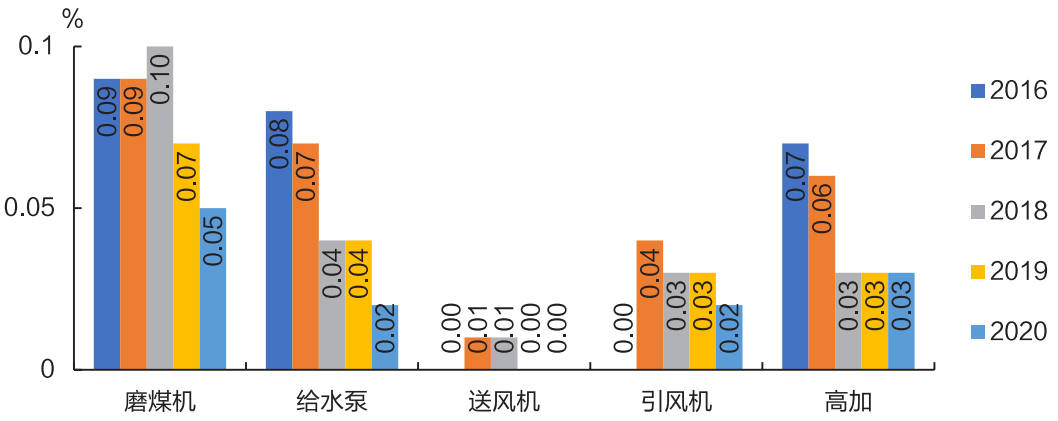


图 3-3　2016-2020 年燃煤机组五种辅助设备非计划停运率

2020 年燃煤机组五种辅助设备可用系数指标分布情况见表 3-2，可用系数对标值分布见图 3-4。

表 3-2　2020 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	给水泵组	送风机	引风机	高压加热器
总台数（台）	7153	3875	2786	2867	4355
最优值 (%)	100	100	100	100	100
最优值占比 (%)	32.76	43.15	39.84	39.91	41.17
中间值 (%)	95.53	96.70	95.90	95.90	95.91
最末值 (%)	51.27	53.35	54.63	54.62	50.29
平均值 (%)	94.44	95.02	94.77	94.78	94.72

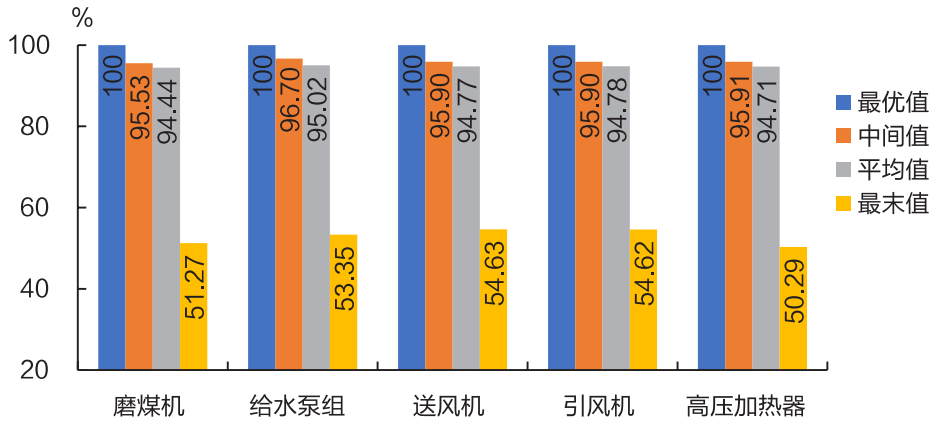


图 3-4　2020 年五种辅助设备可用系数对标值分布图

第一节　磨煤机运行可靠性

一、2020 年磨煤机按主机容量分类运行可靠性指标

表 3-3　2020 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	401	54.08	93.90	5.97	0.13	0.24
300-399	3195	59.89	94.96	5	0.04	0.06
500-599	40	59.26	96.14	3.86	0.00	0.00
600-699	2772	59.79	94.17	5.82	0.02	0.03
1000 及以上	659	63.14	93	6.96	0.03	0.05

二、2020 年磨煤机按转速分类运行可靠性指标

2020 年，低、中、高速磨可用系数分别为 93.90%、94.31%、93.34%，低速磨同比上升 0.78 个百分点，中速磨同比持平，高速磨同比下降 0.73 个百分点，具体见表 3-4 及图 3-5。低、中、高速磨运行系数分别为 58.43%、60.90%、56.51%，低、中速磨同比分别下降 0.27 和 1.72 个百分点，高速磨同比上升 1.66 个百分点；平均台年运行小时分别减少了 23.72 小时、151.09 小时和增加 145.81 小时，具体见表 3-4 及图 3-6。

表 3-4　2020 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	1480	58.43	93.90	6.08	0.02	0.03
中速磨	5436	60.90	94.31	5.66	0.03	0.05
高速磨	237	56.51	93.34	6.66	0	0

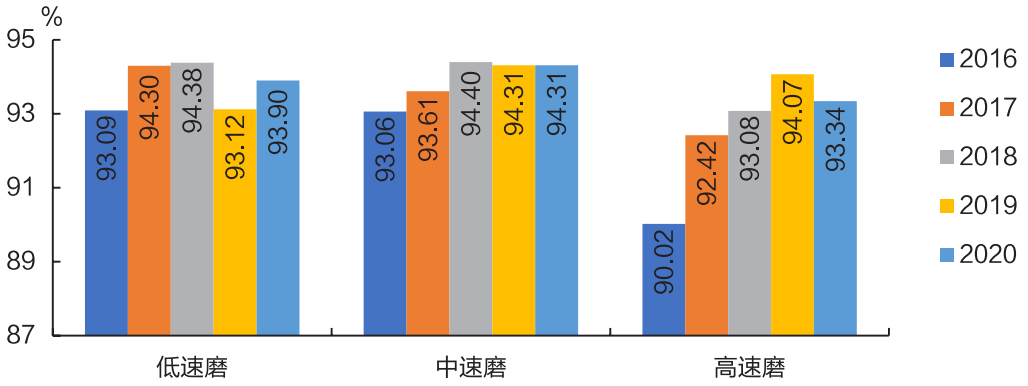


图 3-5　2016-2020 年低、中、高速磨煤机可用系数

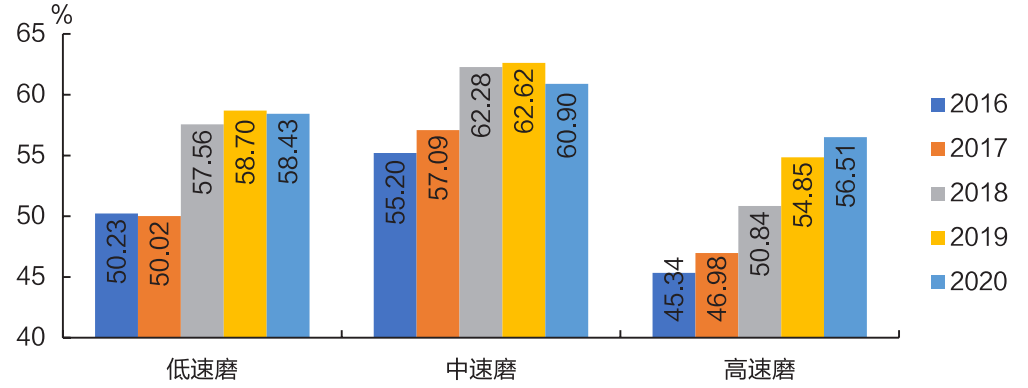


图 3-6　2016-2020 年低、中、高速磨煤机运行系数

三、2020 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 3-5　2020 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	717	54.53	93.26	0.04	0.35	17.89
上海电气上重碾磨特装设备有限公司	252	60.81	93.08	0.00	0.02	7.41
福斯特·惠勒公司	104	66.68	94.16	0.01	0.02	2.96
西安电力机械厂	77	53.42	94.56	0.10	2.18	48.53
北京电力设备总厂	45	67.99	95.65	0	0	0
焦作矿山机械厂	38	60.49	95.45	0	0	0
洛阳矿山机器厂	28	46.71	95.21	0	0	0
三井巴布科克能源有限公司	20	65.98	94.66	0	0	0

*　此项为由于设备因素造成的非计划停运小时，单位：小时 / 台年（本章下同）；

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

（二）中速磨煤机

表 3-6　2020 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	2065	61.42	94.58	0.04	0.43	19.34
上海电气上重碾磨特装设备有限公司	1950	59.79	94.17	0.07	0.75	19.73
长春发电设备总厂	636	65.08	93.53	0.02	0.60	46.72
北方重工集团有限公司	300	57.09	95.03	0.06	0.11	3.83
三菱公司	42	43.49	90.87	0.02	0.22	35.70
巴布科克公司	37	60.19	98.83	0.01	0	0
石川岛播磨株式会社	30	56.03	94.62	0	0	0
北京重型机器厂	26	55.36	95.74	0.01	0	0
北方工程公司	24	79.09	94.15	0	0	0
上海电力机械厂	24	65.12	91.78	0.44	7.81	31.05
湘潭电机股份有限公司	24	83.85	91.26	0.01	0	0
福斯特·惠勒公司	20	56.03	94.35	0	0	0

（三）高速磨煤机

表 3-7　2020 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	96	48.42	91.71	0	0	0
北方重工集团有限公司	84	61.45	93.15	0	0	0

四、2020 年磨煤机非计划停运

（一）非计划停运原因分析

2020 年，磨煤机非计划停运主要技术原因排在前五位的分别是：漏粉、堵塞、磨损（机械磨损）、断裂和卡涩。造成非计划停运的主要部件是：锅炉辅助设备辊一碗式 (HP) 中速磨煤机本体出口管、本体石子煤室、减速箱输出轴、本体磨辊和其它。主要责任原因是：产品质量问题、燃料影响、检修质量问题、运行不当和设备老化。具体见表 3-8。

表 3-8　2020 年磨煤机非计划停运前五位技术原因分析

技术原因	非计划停运次数		非计划停运小时			非计划停运次数百分数（%）*	非计划停运小时百分数（%）*
	累计	平均每台年	累计	平均每台年	平均每次		
漏粉	310	0.04	3336.58	0.47	10.76	16.97	15.75
堵塞	439	0.06	3031.18	0.42	6.90	24.03	14.31
磨损（机械磨损）	82	0.01	2736.93	0.38	33.38	4.49	12.92
断裂	45	0.01	1767.12	0.25	39.27	2.46	8.34
卡涩	202	0.03	1537.52	0.21	7.61	11.06	7.26

* 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）

2020 年磨煤机非计划停运前五位技术原因中，漏粉造成的非计划停运小时占比在近五年始终排在前两位；堵塞在前三位波动；磨损（机械磨损）持续呈上升趋势；断裂和卡涩相对稳定，但卡涩呈缓慢上升趋势。2016-2020 年前五位技术原因造成磨煤机非计划停运小时占总非计划停运小时的百分数见图 3-7。

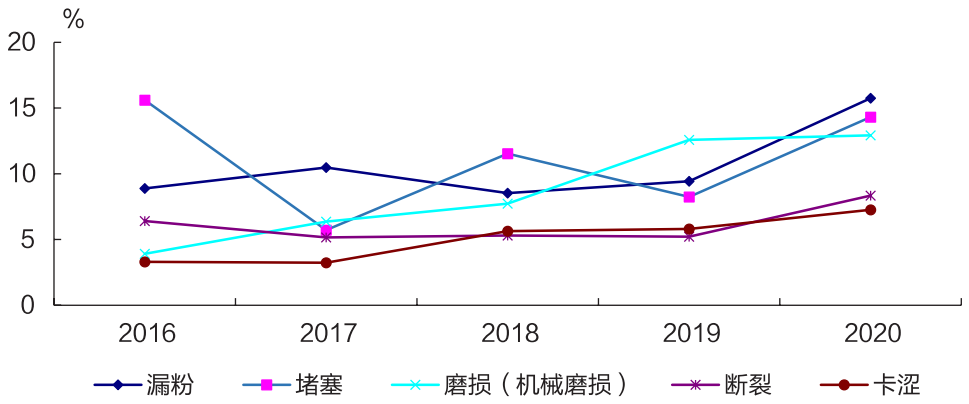


图 3-7　2016-2020 年磨煤机主要非计划停运前五位技术原因停运小时百分数

（二）低、中、高速磨煤机非计划停运主要原因

表 3-9 2020 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	脱落	15.36	26.25
中速磨煤机	漏粉	15.87	16.03

注：因本年度高速磨未发生非停事件，故表内未列入

（三）单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 3-10　2020 年磨煤机单台全年非计划停运时间最长的前三名设备

辅助设备	投运时间	累计非计划停运小时	非计划停运主要原因	制造厂家	责任原因
卓资电厂 2 号机组 5 号磨煤机	2006-4	1402.35	锅炉辅助设备辊一碗式(HP)中速磨煤机减速箱输出轴断裂	上海电气上重碾磨特装设备有限公司	运行不当（处理不当）
天电奇台 2 号机组 4 号磨煤机	2015-9	744	锅炉辅助设备辊一碗式(HP)中速磨煤机减速箱齿轮磨损（机械磨损）	北京电力设备总厂	检修质量问题（消缺不及时）
榆横发电厂 2 号机组 2 号磨煤机	2014-7	730.43	锅炉辅助设备辊一盘式中速磨煤机本体给煤管堵塞	北京电力设备总厂	燃料影响（燃煤含水量大）

第二节　给水泵组运行可靠性

一、2020 年给水泵组按主机容量分类运行可靠性指标

表 3-11　2020 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	262	33.48	95.59	4.38	0.03	0.09
300-399	2082	50.75	95.30	4.68	0.02	0.05
500-599	16	38.01	95.88	4.12	0.00	0.00
600-699	1208	55.81	94.55	5.44	0.00	0.01
1000 及以上	227	66.78	93.33	6.67	0.01	0.01

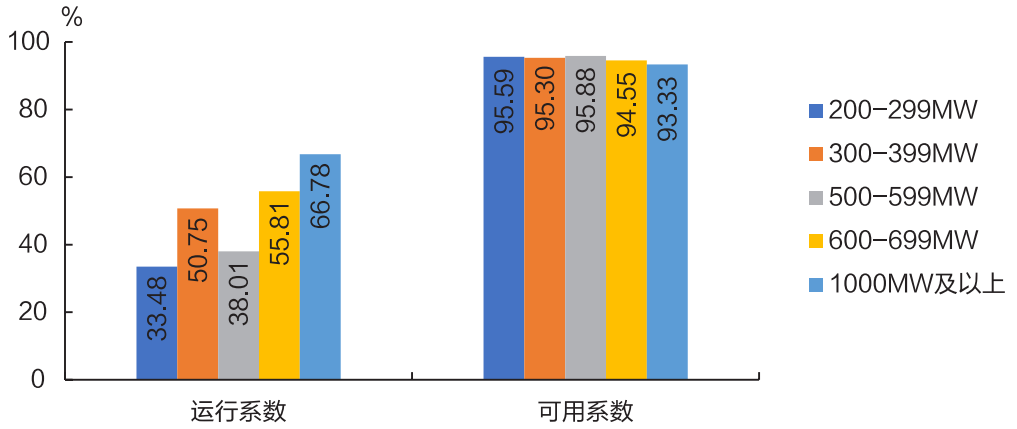


图 3-8　2020 年给水泵按机组容量分类运行系数和可用系数

二、2020 年给水泵组按制造厂分类运行可靠性指标

表 3-12　2020 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	1594	53.19	94.65	0.03	0.82	56.02
沈阳水泵厂	763	53.01	94.57	0.03	0.19	15.37
上海水泵厂	229	58.29	94.97	0.02	0.37	44.17
KSB 公司	157	50.76	96.57	0.00	0.03	100
苏尔寿公司	108	61.25	93.88	0.05	0	0
北京电力设备总厂	103	54.94	95.13	0.02	0.93	94.57
郑州电力机械厂	82	47.52	94.42	0	0	0
东方汽轮机厂	56	69.52	95.39	0.01	0	0
威尔泵有限公司	50	50.59	95.33	0	0	0
上海凯士比泵公司	43	58.27	97.42	0.08	2.36	60.33
日本制造厂商	42	62.46	94.70	0	0	0
上海希科水电设备有限公司	38	51.52	97.16	0	0	0
杭州发电设备集团公司	38	52.6	94.3	0.02	0	0
三菱公司	34	51.26	93.77	0	0	0
荏原博泵泵业有限公司	33	68.25	95.66	0	0	0
华北电力设备成套公司	33	63.29	95.57	0.01	0.32	100
英格索兰水泵厂	30	54.11	94.03	0.13	0	0
上海电机厂	27	18.95	95.78	0	0	0
上海电建修造厂	26	61.98	95.17	0.04	2.42	100
英国制造厂商	25	45.29	90.63	0	0	0
湘潭电机股份有限公司	20	54.72	96.47	0.04	1.75	89.66
哈尔滨汽轮机厂有限责任公司	20	76.31	92.39	0	0	0

三、2020 年给水泵组非计划停运

（一）非计划停运原因

2020 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：漏水、磨损（机械磨损）、元器件故障、阀门不严、跳闸。造成非计划停运的主要部件是：汽轮机辅机给水泵本体机械密封组件、前置给水泵轴、本体出口门、电动机电源装置变频器等。主要责任原因是：产品质量问题、检修质量问题、设备老化、施工安

装问题、管理不当。具体见表 3-13。

表 3-13　2020 年给水泵组非计划停前五位运技术原因分析

技术原因	非计划停运次数		非计划停运小时			非停次数百分数（%）*	非停小时百分数（%）*
	累计	平均每台年	累计	平均每台年	平均每次		
漏水	47	0.01	1137.57	0.29	24.20	18.73	20.42
磨损（机械磨损）	10	0.00	592.60	0.15	59.26	3.98	10.64
元器件故障	5	0.00	356.07	0.09	71.21	1.99	6.39
阀门不严	2	0.00	354.62	0.09	177.31	0.80	6.37
跳闸	8	0.00	340.20	0.09	42.52	3.19	6.11

2020 年，给水泵组非计划停运前五位技术原因中，漏水在近五年始终是造成给水泵组非计划停运的主要原因；磨损（机械磨损）造成的非计划停运小时占比也相对较多；跳闸造成的非计划停运小时占比近几年波动上升；元器件故障、阀门不严在前四年未进入排名，2020 年造成的非停小时占比与跳闸基本持平。2016-2020 年前五位技术原因造成的给水泵组非计划停运小时占总非计划停运小时的百分数见图 3-9。

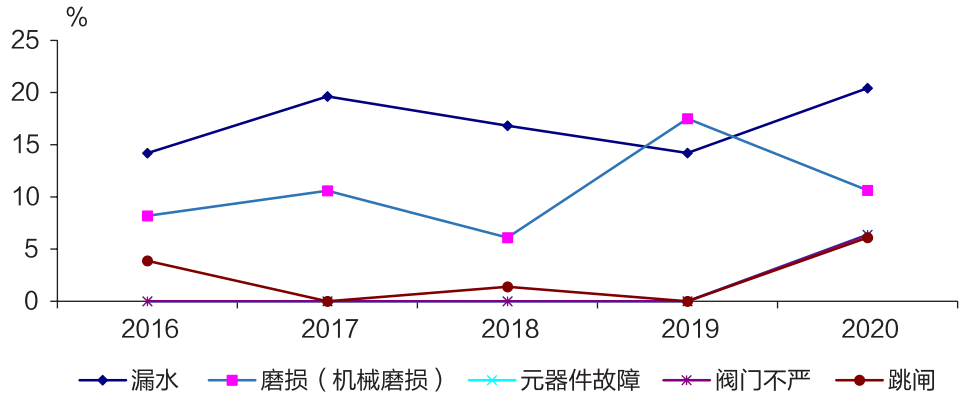


图 3-9　2016-2020 年给水泵组非计划停运前五位技术原因停运小时百分数

（二）单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 3-14　2020 年给水泵组单台全年非计划停运时间最长的前三名设备

辅助设备	投运时间	累计非计划停运小时	非计划停运主要原因	制造厂家	责任原因
蒲城 04 号机组 02 号给水泵组	2003-12	427.10	汽轮机辅机给水泵电动机定子绝缘损坏	上海能源装备有限公司	产品质量问题（工艺不良）

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
准能矸石 04 号机组 4C 号给水泵组	2011-9	347.92	汽轮机辅机给水泵出口电动门铜套坏阀门不严	上海能源装备有限公司	产品质量问题（材质不良）
803II 号机组 FP 号给水泵组	2016-12	304	汽轮机辅机给水泵本体机械密封组件密封填料泄漏	上海能源装备有限公司	检修质量问题（工艺不良）

第三节　送风机运行可靠性

一、2020 年送风机按主机容量分类运行可靠性指标

表 3-15　2020 年送风机按主机容量分类运行可靠性指标

主机容量（兆瓦）	统计台数（台）	运行系数（%）	可用系数（%）	计划停运系数（%）	非计划停运系数（%）	非计划停运率（%）
200-299	214	68.28	95.36	4.63	0.01	0.01
300-399	1409	73.03	94.93	5.07	0.00	0.01
500-599	12	74.63	96.05	3.95	0	0
600-699	915	72.91	94.59	5.41	0.00	0.00
1000 及以上	208	77.24	93.56	6.44	0.00	0.00

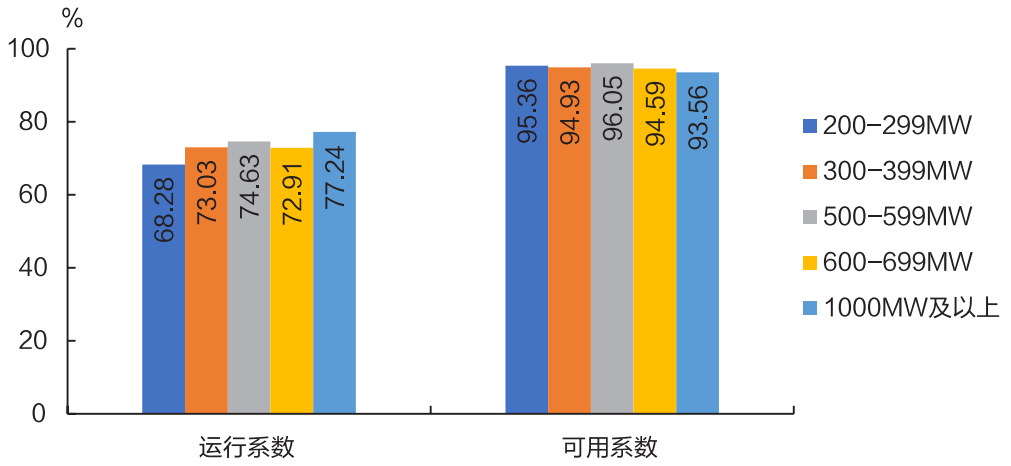


图 3-10　2020 年 200 兆瓦及以上燃煤机组按主机容量分类送风机运行系数和可用系数

二、2020 年送风机按制造厂分类运行可靠性指标

表 3-16　2020 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	1213	73.76	94.18	0.00	0.06	58.09
中国电建集团透平科技有限公司	501	72.80	95.20	0.00	0.01	29.79
沈阳风机厂	457	74.52	94.69	0.00	0.01	2.75
成都风机厂	70	78.56	92.60	0	0	0
豪顿华工程有限公司	55	71.62	95.01	0.04	0	0
武汉鼓风机厂	46	74.02	97.57	0	0	0
英国制造厂商	44	76.24	94.53	0.00	0.08	100
丹麦制造厂商	32	81.38	96.85	0	0	0
三菱公司	24	67.44	92.51	0	0	0
成都凯凯凯电站风机有限公司	22	60.94	95.86	0	0	0
山东电力设备有限公司	20	73.13	92.66	0.01	0.49	89.62

三、2020 年送风机非计划停运

（一）非计划停运原因

2020 年，送风机非计划停运的主要技术原因排在前五位的分别是：磨损（机械磨损）、进水、烧损、振动、漏油；造成设备非计划停运的主要部件是：动叶调节轴流送风机本体轴承、送风机电动机定子线棒、送风机电动机电源装置电缆、送风机电动机轴承等。主要责任原因是：管理不当、产品质量问题、设备老化、检修质量问题、施工安装问题等。具体见表 3-17。

表 3-17　2020 年送风机非计划停运前五位技术原因分析

技术原因	非计划停运次数		非计划停运小时			非停次数百分数（%）*	非停小时百分数（%）*
	累计	平均每台年	累计	平均每台年	平均每次		
磨损（机械磨损）	7	0.00	427.23	0.15	61.03	20	62.08
进水	1	0.00	74.57	0.03	74.57	2.86	10.83
烧损	1	0.00	48.58	0.02	48.58	2.86	7.06
振动	1	0.00	22	0.01	22	2.86	3.20
漏油	3	0.00	20.57	0.01	6.86	8.57	2.99

2020 年，送风机非计划停运前五位技术原因中，磨损（机械磨损）造成的非计划停运小时占比大幅上升；漏油造成的设备非计划停运近几年均有发生，但停运小时占比始终在 20% 以下；在 2016-2019 年均未发生由进水、烧损、振动引起的送风机非计划停运，在 2020 年进水、烧损、振动造成的送风机非计划停运均发生 1 次，但非计划停运时间相对较长。2016-2020 年前五位技术原因造成的送风机非计划停运小时占总非计划停运小时的百分数见图 3-11。

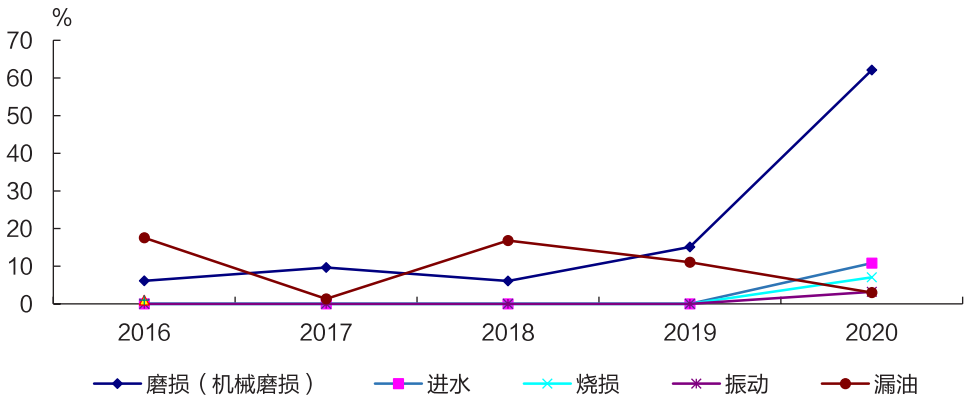


图 3-11 2016-2020 年送风机非计划停运前五位技术原因停运小时百分数

（二）单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 3-18 2020 年送风机单台全年非计划停运时间最长的前三名设备

辅助设备	投运时间	累计非计划停运小时	非计划停运主要原因	制造厂家	责任原因
中宁 03 号机组 02 号送风机	2005-1	272.42	锅炉辅助设备动叶调节轴流送风机本体轴承磨损（机械磨损）	豪顿华工程有限公司	管理不当（设备失修）
通辽 01 号机组 02 号送风机	1985-6	74.57	锅炉辅助设备送风机电动机定子线棒进水	沈阳风机厂	管理不当（反措落实不力）
马头 09 号机组 02 号送风机	2009-12	72	锅炉辅助设备动叶调节轴流送风机本体轴承磨损（机械磨损）	沈阳风机厂	设备老化（超期服役）

第四节 引风机运行可靠性

一、2020 年引风机按主机容量分类运行可靠性指标

表 3-19　2020 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	224	68.02	95.47	4.52	0.00	0.00
300-399	1457	72.81	94.96	5.01	0.03	0.05
500-599	12	75.29	95.64	4.25	0.11	0.14
600-699	935	72.75	94.57	5.42	0.01	0.01
1000 及以上	213	77.1	93.44	6.55	0.01	0.01

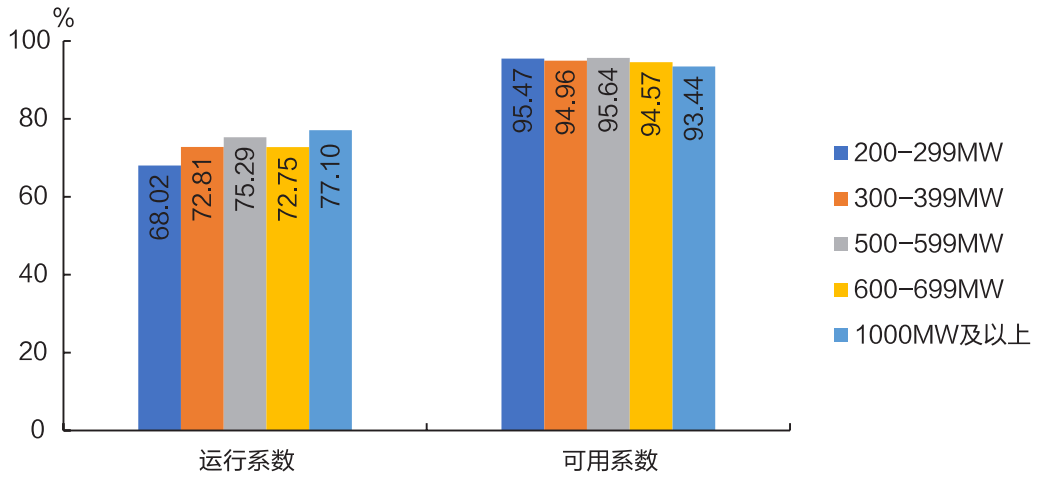


图 3-12　2020 年 200 兆瓦及以上燃煤机组按主机容量分类引风机运行系数、可用系数

二、2020 年引风机按制造厂分类运行可靠性指标

表 3-20　2020 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	1447	73.91	94.94	0.02	0.55	34.22
上海鼓风机厂有限公司	576	73.51	94.41	0.01	0.71	92.84
成都风机厂	190	73.21	93.64	0.02	1.31	98.06
沈阳风机厂	181	73.83	94.27	0	0	0
豪顿华工程有限公司	38	73.17	93.69	0	0	0
成都凯凯凯电站风机有限公司	38	71.07	93.70	0	0	0
三菱公司	31	63.93	93.33	0.47	13.63	51.92
山东电力设备有限公司	26	57.94	94.24	0.02	0.26	30.20
武汉鼓风机厂	20	75.51	97.26	0	0	0
成都电力修造厂	20	69.51	95.29	0.24	14.74	99.08

三、2020 年引风机非计划停运

（一）引风机非计划停运原因

2020 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）、变形（弯曲、挤压）、断裂、磨损（机械磨损）、通讯远动故障。造成设备非计划停运的主要部件是：锅炉辅助设备动叶调节轴流引风机本体轴承、本体风壳、本体动叶片和锅炉辅助设备引风机电动机电源装置变频器等。主要责任原因是：产品质量问题、规划 / 设计不周、检修质量问题、运行不当等。具体见表 3-21。

表 3-21　2020 年引风机非计划停运前五位技术原因分析

技术原因	非计划停运次数		非计划停运小时			非停次数百分数（%）*	非停小时百分数（%）*
	累计	平均每台年	累计	平均每台年	平均每次		
裂纹（开裂）	2	0.00	1082	0.38	541	2.44	21.16
变形（弯曲、挤压）	6	0.00	920.70	0.32	153.45	7.32	18
断裂	7	0.00	507.67	0.18	72.52	8.54	9.93
磨损（机械磨损）	4	0.00	478.97	0.17	119.74	4.88	9.37
通讯远动故障	1	0.00	476.93	0.17	476.93	1.22	9.33

2020 年，引风机非计划停运前五位技术原因中，断裂造成的非计划停运小时占比近五年波动较大，近两年呈下降趋势；变形（弯曲、挤压）在 2017-2019 年造成的非计划停运小时占比有所下降，2020 年又再次上升；裂纹（开裂）持续上升，2020 年占比最高；磨损（机械磨损）近五年造成引风机非计划停运小时占比相对稳定；通讯远动故障在近几年中首次进入排名。前五位技术原因造成引风机非计划停运小时占总非计划停运小时的百分数见图 3-13。

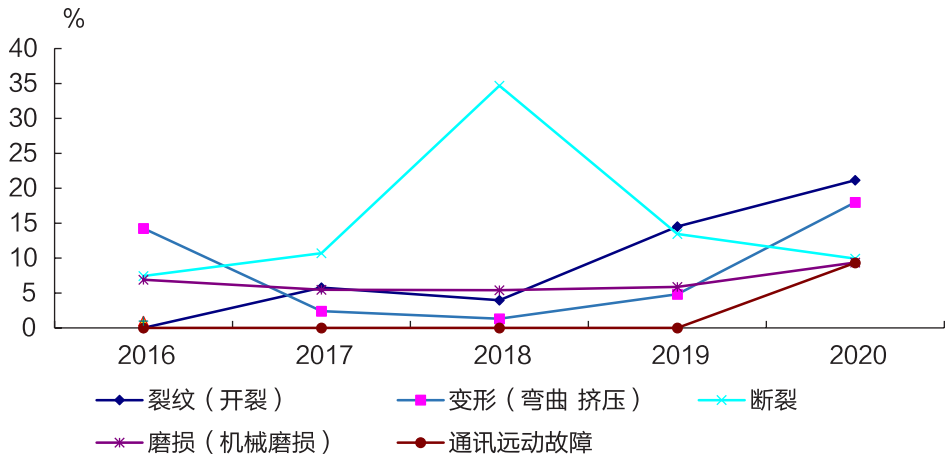


图 3-13　2016-2020 年引风机非计划停运前五位技术原因停运小时百分数

（二）单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 3-22　2020 年引风机单台全年非计划停运时间最长的前三名设备

辅助设备	投运时间	累计非计划停运小时	非计划停运主要原因	制造厂家	责任原因
灞桥 01 号机组 01 号引风机	2008-11	1027.17	锅炉辅助设备动叶调节轴流引风机本体风壳裂纹(开裂)	中国电建集团透平科技有限公司	规划、设计不周（设计裕度不够）
宝钢电厂 01 号机组 1B 号引风机	1982-11	476.93	锅炉辅助设备引风机电动机 PLC 通讯远动故障	三菱公司	产品质量问题（其它）
中电投铝业临河发电有限公司 02 号机组 2B 号引风机	2011-6	286	锅炉辅助设备动叶调节轴流引风机本体动叶片断裂	成都电力修造厂	产品质量问题（材质不良）

第五节　高压加热器运行可靠性

一、2020 年高压加热器按主机容量分类运行可靠性指标

表 3-23　2020 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	289	64.03	95.46	4.47	0.07	0.11
300-399	2156	72.57	94.85	5.10	0.04	0.06
500-599	16	70.61	93.50	5.43	1.07	1.49
600-699	1388	73.16	94.68	5.31	0.01	0.01
1000 及以上	459	77.53	93.55	6.45	0.00	0.00

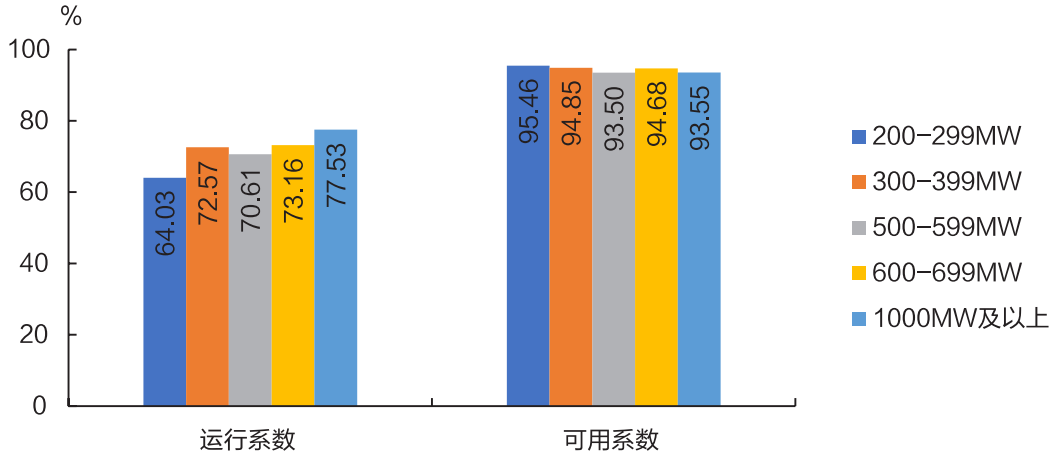


图 3-14　2020 年 200 兆瓦及以上燃煤机组按主机容量分类高压加热器运行系数和可用系数

二、2020 年高压加热器按制造厂分类运行可靠性指标

表 3-24　2020 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	1768	72.74	94.50	0.02	0.20	12.69
东方锅炉（集团）股份有限公司	728	72.10	94.59	0.01	0.41	73.74
哈尔滨锅炉厂有限责任公司	714	76.18	94.31	0.03	0.91	54.32
杭州锅炉集团股份有限公司	359	76.03	94.51	0.04	0.86	31.29
青岛锅炉辅机厂	88	80.12	94.77	0	0	0
华北电力设备成套公司	43	75.51	95.47	0	0	0
四川锅炉厂	42	82.68	96.76	0.05	3.52	91.39
福斯特·惠勒公司	32	62.46	90.94	0	0	0
上海能源装备有限公司	31	81.18	92.73	0	0	0
德国制造厂商	30	76.07	93.43	0	0	0
三菱公司	26	67.37	93.12	0	0	0
罗马尼亚	21	82.19	93.37	0	0	0

三、2020 年高压加热器非计划停运

（一）非计划停运原因

2020 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、冲蚀、裂纹（开裂）、开焊、卡涩。造成设备非计划停运的主要部件是：高压加热器 U 型管、疏水管道直管、盘香管、管板、疏水管道焊口等。主要责任原因是：产品质量问题、设备老化、管理不当、检修质量问题、运行不当等。具体见表 3-25。

表 3-25　2020 年高压加热器非计划停运前五位技术原因分析

技术原因	非计划停运次数		非计划停运小时			非停次数百分数（%）*	非停小时百分数（%）*
	累计	平均每台年	累计	平均每台年	平均每次		
漏水	41	0.01	6030.38	1.39	147.08	28.47	47.08
冲蚀	9	0.00	1257.80	0.29	139.76	6.25	9.82
裂纹（开裂）	21	0.00	1237.57	0.28	58.93	14.58	9.66
开焊	6	0.00	943.08	0.22	157.18	4.17	7.36
卡涩	3	0.00	680.17	0.16	226.72	2.08	5.31

2020 年，高压加热器非计划停运前五位技术原因中，漏水原因造成的非计划停运时间占比近五年都排在第一位，近两年占比更远超其它原因，冲蚀、裂纹（开裂）、开焊、卡涩等原因造成的非计划停运时间占比相对稳定，均在 13% 以下。前五位技术原因造成高压加热器非计划停运小时占总非计划停运小时的百分数见图 3-15。

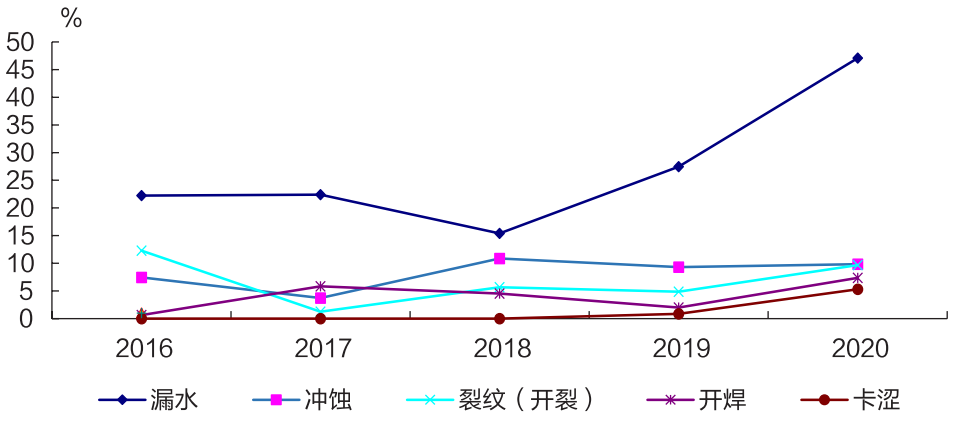


图 3-15　2016-2020 年高压加热器非计划停运前五位技术原因停运小时百分数

（二）单台全年非计划停运时间最长的三台设备

表 3-26　2020 年高压加热器单台全年非计划停运时间最长的前三名设备

辅助设备	投运时间	累计非计划停运小时	非计划停运主要原因	制造厂家	责任原因
通辽 02 号机组 03 号高压加热器	1985-10	1440	汽轮机辅机高压加热器管束漏水	哈尔滨锅炉厂有限责任公司	产品质量问题（材质不良）
来宾 03 号机组 03 号高压加热器	2006-12	1064.17	汽轮机辅机高压加热器管束漏水	上海电气电站设备有限公司电站辅机厂	设备老化（超期服役）
开远发电有限公司 08 号机组 83 号高压加热器	2006-12	696	汽轮机辅机高压加热器疏水管道焊口开焊	上海电气电站设备有限公司电站辅机厂	管理不当（计划不周）

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

2020 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 92.02%、84.15%、89.63%、92.26% 和 93.25%，磨煤机、给水泵组国产化率同比上升，送风机、引风机和高压加热器国产化率同比下降。

国产五种辅机的可用系数分别为 94.18%、94.87%、94.57%、94.64% 和 94.56%，与进口设备可用系数相比，国产磨煤机、送风机低于进口 0.55、0.32 个百分点，国产给水泵组、引风机、高压加热器高于进口 0.43、0.68 和 0.20 个百分点。具体见图 3-16。

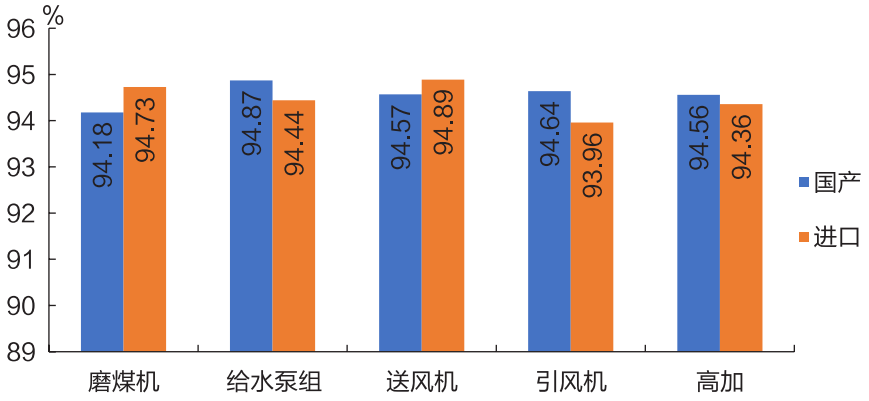


图 3-16　2020 年 200 兆瓦及以上容量燃煤机组五种辅助设备国产、进口可用系数

2020 年，200 兆瓦及以上容量燃煤机组五种辅机国产设备的非计划停运率分别为 0.05%、0.03%、0、0.02%、0.03%，与进口设备相比，国产磨煤机、给水泵组非计划停运率分别高 0.03、0.01 个百分点，送风机、引风机、高压加热器分别低 0.01、0.03、0.11 个百分点。具体见图 3-17。

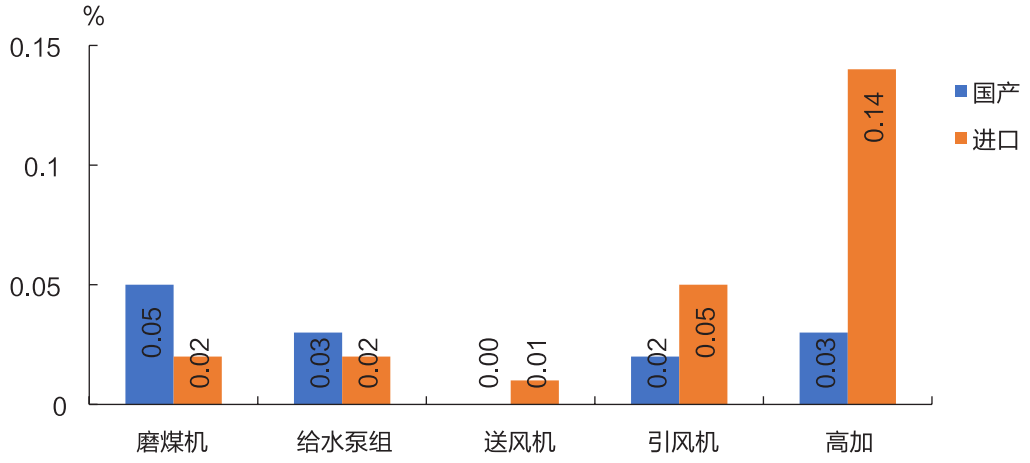


图 3-17　2020 年 200 兆瓦及以上容量燃煤机组五种辅助设备国产、进口非计划停运率

二、300 兆瓦容量等级辅助设备

2020 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 91.36%、88.09%、90.92%、92.38% 和 92.21%。国产五种辅机的可用系数分别为 94.91%、95.2%、94.94%、94.9% 和 94.9%，与进口设备相比，国产磨煤机、给水泵组、引风机低于进口 0.69、0.76、0.89 个百分点，国产送风机、高压加热器可用系数高于进口 0.08、0.53 个百分点。

五种辅助设备中，除国产磨煤机运行系数 59.65%，低于进口设备 2.31 个百分点外，其它均高于进口设备。可用系数中，国产引风机、高压加热器高于进口设备，其它均低于进口设备。国产磨煤机非计划停运率 0.07%，高于进口设备 0.6 个百分点，给水泵组持平，其它均低于进口设备。具体见表 3-27。

表 3-27　2020 年 300 兆瓦容量等级燃煤机组五种辅助设备按国产、进口分类主要可靠性指标

指标	磨煤机		给水泵组		送风机		引风机		高加	
	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口
台数	2919	270	1834	244	1281	128	1346	109	1988	168
运行系数（%）	59.65	61.96	51.52	45.45	73.12	72.22	73.11	70.19	72.58	72.46

指标	磨煤机		给水泵组		送风机		引风机		高加	
	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口
可用系数（%）	94.91	95.60	95.20	95.96	94.94	94.86	94.90	95.79	94.90	94.37
计划停运系数（%）	5.05	4.39	4.78	4.02	5.06	5.12	5.08	4.10	5.06	5.56
非计划停运率（%）	0.07	0.01	0.05	0.05	0	0.04	0.04	0.15	0.06	0.10

三、600 兆瓦容量等级辅助设备

2020 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 93.94%、85.43%、87.65%、91.98% 和 94.88%，磨煤机国产化率同比上升，其它同比均有下降。

国产引风机、高压加热器运行系数分别为 72.52%、73.13%，分别低于进口设备 2.86、1.93 个百分点，其它均高于进口设备。国产磨煤机、引风机可用系数分别为 94.20%、94.67%，分别高于进口设备 0.5、1.25 个百分点，其它均低于进口设备。国产五种辅助设备非计划停运率，除送风机与进口设备持平，其它分别高于进口设备 0.02、0.01、0.01、0.01 个百分点。具体见表 3-28。

表 3-28　2020 年 600 兆瓦容量等级的五种辅助设备按国产、进口分类主要可靠性指标

指标	磨煤机		给水泵		送风机		引风机		高压加热器	
	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口	国产	进口
台数	2604	168	1032	176	802	113	860	75	1317	68
运行系数（%）	59.93	57.61	56.02	54.53	73.03	72.03	72.52	75.38	73.13	75.06
可用系数（%）	94.20	93.70	94.42	95.32	94.55	94.89	94.67	93.42	94.68	95.08
计划停运系数（%）	5.79	6.30	5.58	4.68	5.45	5.11	5.32	6.58	5.31	4.92
非计划停运率（%）	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0	0.01	0.00	0.01	0

第七节　燃煤机组环保系统和设施运行可靠性

2020 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 1638 台、1267 套、672 套，同比分别增加 3 台、3 套、124 套。除尘设备和脱硫、脱硝系统运行系数分别为 72.75% 和 72.79%、73.73%，同比分别下降 1.75 和 1.75、4.55 个百分点；除尘设备和脱硫系统可用系数分

别为 94.66%、94.55%，同比分别上升 0.55、0.15 个百分点，脱硝系统可用系数 94.63，同比下降 0.03 个百分点；除尘设备和脱硫、脱硝系统非计划停运率均为 0，同比持平。具体见表 3-29～表 3-31。

表 3-29　2016-2020 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（%）
2016	1597	68.11	93.13	0.05
2017	1603	65.58	93.89	0.01
2018	1618	73.75	94.14	0.00
2019	1635	74.50	94.11	0.00
2020	1638	72.75	94.66	0.00

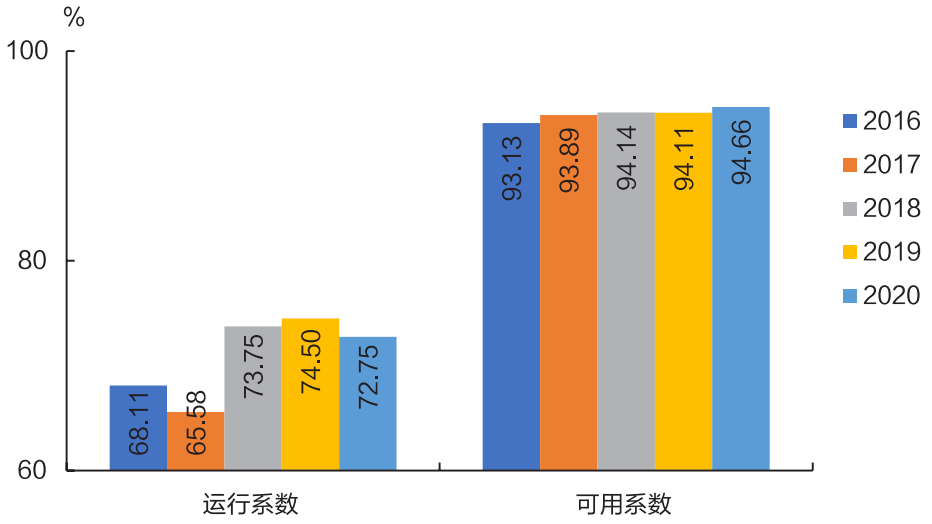


图 3-18　2016-2020 年 200 兆瓦及以上燃煤机组除尘设备运行系数、可用系数

表 3-30　2016-2020 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（%）
2016	1087	68.23	93.31	0.01
2017	1124	66.49	93.29	0.03
2018	1300	74	94.46	0.01
2019	1264	74.54	94.40	0.00
2020	1267	72.79	94.55	0.00

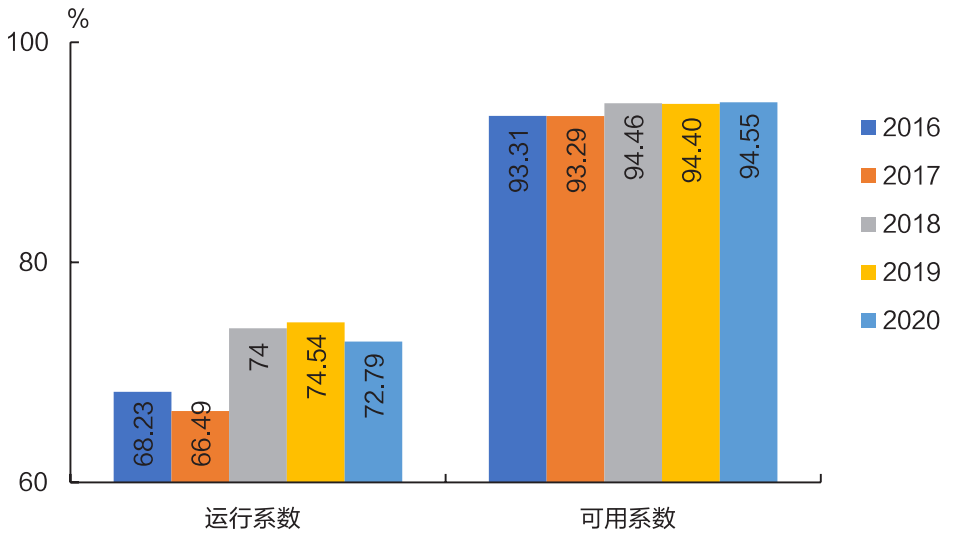


图 3-19 2016-2020 年 200 兆瓦及以上燃煤机组
脱硫系统运行系数、可用系数

表 3-31 2020 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

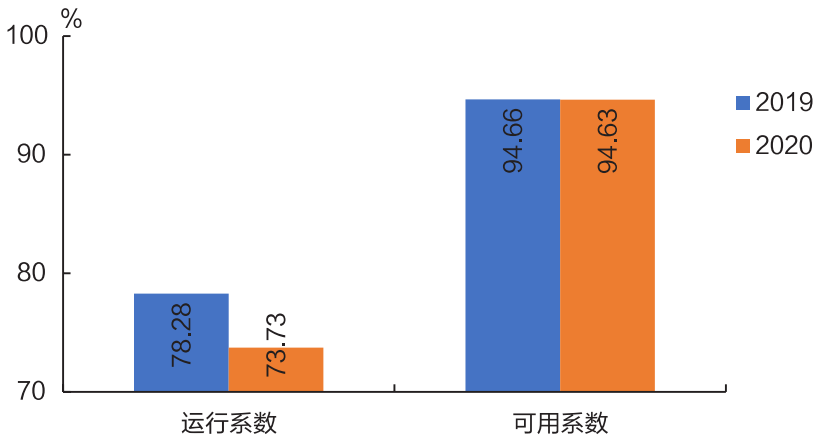


图 3-20 2019-2020 年 200 兆瓦及以上燃煤机组
脱硝系统运行系数、可用系数

第四章　2020 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[3]、变压器[4]、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　2020 年全国十三类输变电设施统计数量

2020 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 439 个地市级供电企业和发电企业，发电企业包括中国华能集团有限公司、中国大唐集团有限公司、中国华电集团有限公司、国家电力投资集团有限公司、国家能源投资集团有限责任公司等 12 家发电集团、462 个发电厂。报送范围涵盖了 220 千伏及以上电压等级架空线路、变压器、电抗器等十三类输变电设施的可靠性统计数据。

2020 年全国十三类输变电设施统计数量情况见表 4-1。

表 4-1　2020 年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	4807.181	435.913	8.458	2223.658	53.327	243.414	401.300	141.780	8315.030
变压器	13061	558	0	5872	6	407	33	185	20122
电抗器	222	241	7	2826	0	618	48	259	4221
断路器	39637	2106	2	8160	0	525	43	39	50512
电流互感器	121446	4097	20	20976	0	138	127	91	146895
电压互感器	64001	5581	1	22847	0	1474	31	598	94533
隔离开关	150795	4733	9	20923	0	1350	143	72	178025
避雷器	125117	5430	42	26607	1	2012	448	692	160349
耦合电容器	7135	126	0	354	0	6	22	0	7643

3 含交流输电线路和和高压直流输电线路

4 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
阻波器	10438	668	0	2137	0	4	0	0	13247
电缆线路	65.080	0	0	1.251	0	0	0	0	66.331
组合电器	5614	201	0	2285	0	39	0	78	8217
母线	11418	364	0	1887	0	100	42	22	13833

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

2020 年，除架空线路、避雷器和母线外，其他设施计划停运时间均高于 2019 年，其中变压器和电抗器的计划停运时间增幅较大，同比分别增加 5.858 小时 / 台年、3.553 小时 / 台年。受计划停运时间增加影响，除架空线路、避雷器、组合电器和母线外，其它设施可用系数均低于 2019 年，其中变压器和电缆线路降幅较大，同比分别降低 0.069 个和 0.044 个百分点。除架空线路和断路器外，其他设施的强迫停运率均高于 2019 年，其中电抗器和变压器的增幅较大，同比分别增加 0.345 次 / 百台年和 0.129 次 / 百台年。

2019、2020 年全国十三类输变电设施主要可靠性指标见表 4-2，图 4-1，图 4-2。

表 4-2　2019、2020 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	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
架空线路	99.453	99.462	0.064	0.055	0.554	0.698	44.719	43.016
变压器	99.641	99.572	0.235	0.364	0.210	0.464	30.899	36.757
电抗器	99.825	99.787	0.158	0.503	0.524	0.639	14.346	17.899
断路器	99.873	99.845	0.172	0.145	0.040	0.043	10.841	13.344
电流互感器	99.964	99.960	0.008	0.017	0.013	0.022	3.098	3.482
电压互感器	99.950	99.948	0.012	0.036	0.041	0.015	4.248	4.505
隔离开关	99.975	99.973	0.007	0.016	0.018	0.005	2.066	2.332
避雷器	99.959	99.962	0.007	0.019	0.008	0.015	3.508	3.338
耦合电容器	99.984	99.982	0.011	0.012	0.028	0	1.289	1.569
阻波器	99.986	99.968	0.006	0.007	0.003	0	1.147	2.726
电缆线路	99.826	99.782	0.029	0.047	0.037	2.555	6.672	8.160

类别	可用系数 %		强迫停运率		非计划停运时间		计划停运时间	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
组合电器	99. 972	99. 972	0. 024	0. 044	0. 808	0. 028	1. 649	2. 384
母线	99. 929	99. 951	0. 361	0. 378	1. 999	0. 548	4. 139	3. 755

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

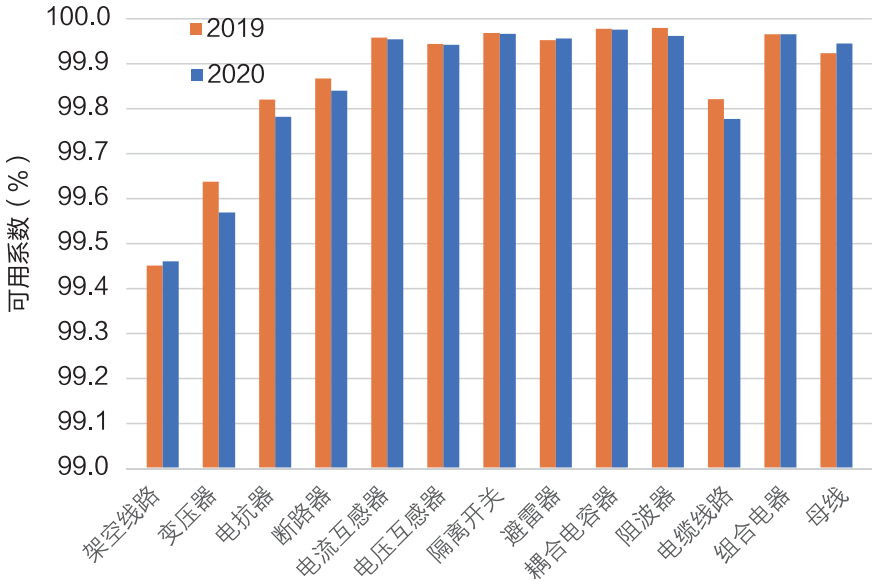


图 4-1　2019、2020 年全国十三类输变电设施可用系数对比

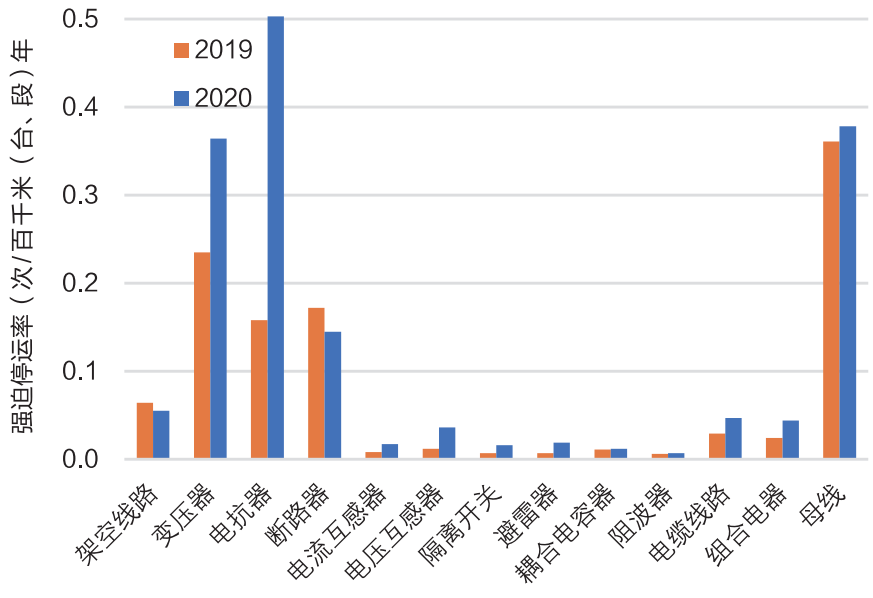


图 4-2　2019、2020 年全国十三类输变电设施强迫停运率对比

第三节　变压器运行可靠性

一、2016-2020 指标对比

2020 年，变压器的统计数量较 2016 年增加 38.369 百台年，五年年均增长 5.623%，同比增加 12.079 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。2020 年变压器可用系数较 2016 年下降 0.230 个百分点，同比下降 0.069 个百分比。变压器强迫停运率除 2017 年小幅下降外，整体呈上升趋势。受充油式套管产品质量不良等因素影响，2020 年变压器强迫停运率较 2016 年上升 0.204 次 / 百台年，同比上升 0.129 次 / 百台年。2016-2020 年变压器主要可靠性指标及对比见图 4-3，图 4-4 和图 4-5。

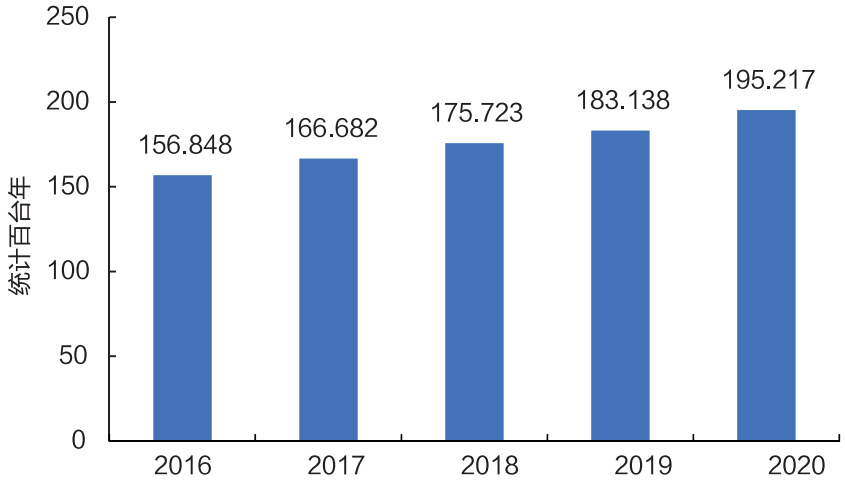


图 4-3　2016-2020 年变压器统计百台年数对比

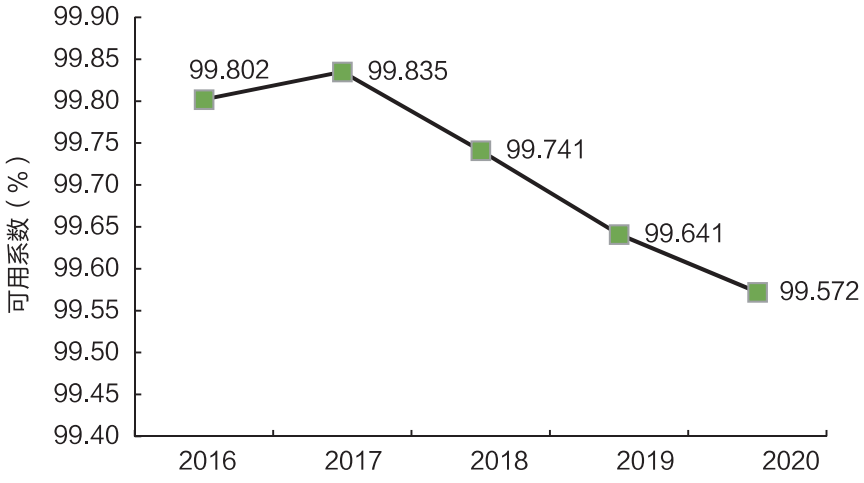


图 4-4　2016-2020 年变压器可用系数对比

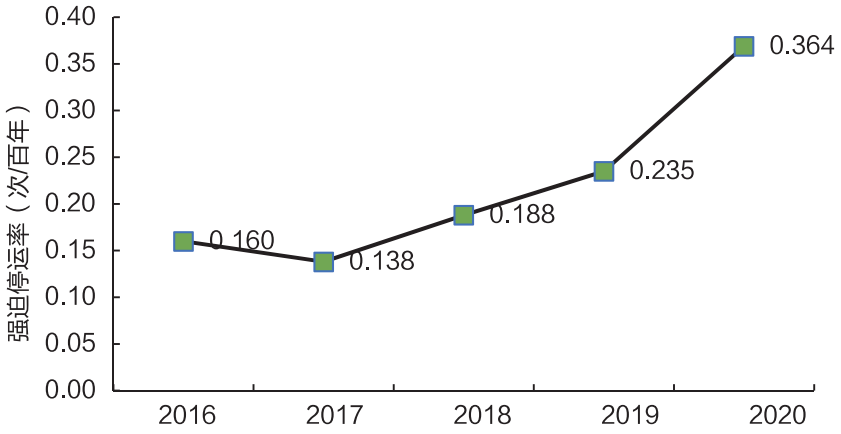


图 4-5　2016-2020 年变压器强迫停运率对比

二、按运行单位分析

2020 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是 99.736%、99.747%、99.674%。发电侧 12 家集团公司变压器可用系数前三名分别是中国华能集团有限公司 99.242%、国家能源投资集团有限责任公司 99.113%、北京能源集团有限责任公司 98.939%。

2020 年各单位变压器运行可靠性指标见表 4-3。

表 4-3　2020 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	**173.061**	**99.736**	**0.312**	**0.162**	**24.812**	**22.441**
国家电网有限公司	138.309	99.736	0.246	0.164	23.404	22.502
中国南方电网有限责任公司	28.700	99.747	0.627	0.179	27.805	20.874
内蒙古电力（集团）有限责任公司	6.053	99.674	0.330	0.025	42.792	28.478
发电侧	**24.175**	**98.397**	**0.745**	**0.741**	**35.078**	**139.790**
中国华能集团有限公司	5.924	99.242	0	0	16.712	66.578
国家能源投资集团有限责任公司	4.229	99.113	0.709	0.326	25.210	77.601
北京能源集团有限责任公司	1.582	98.939	6.323	9.944	18.968	83.285
内蒙古能源发电投资有限公司	0.291	98.812	0	0	34.389	104.371
中国大唐集团有限公司	2.646	98.809	0	0	27.206	104.205
广东省能源集团有限公司	1.141	98.731	0	0	26.301	107.467

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）
深圳能源集团股份有限公司	0.090	98.547	0	0	44.323	127.604
浙江省能源集团有限公司	0.913	98.495	1.095	0.001	30.673	132.199
中国华电集团有限公司	3.729	0.804	4	0.253	58.458	227.900
国家电力投资集团有限公司	3.189	0.314	1	0.003	66.165	248.242
中国长江三峡集团有限公司	0.391	0	0	0	125.298	262.853
河北省建设投资公司	0.050	97.406	0	0	19.945	227.900

三、按投运时间分析

2020 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 8658 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 99.677% 和 99.570%。非计划停运率较低的是 5 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 0.540 次 / 百台年和 0.447 次 / 百台年。

2020 年变压器按投运时间分类的可靠性指标情况见表 4-4、图 4-6 和图 4-7。

表 4-4　2020 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	4559	99.677	23.915	0.540
	220	2653	99.747	25.083	0.470
	330	130	99.842	16.739	0
	500	1501	99.591	20.629	0.510
5-10	综合	4721	99.570	28.558	0.758
	220	3130	99.667	29.186	0.445
	330	129	99.743	16.235	0.773
	500	1265	99.356	26.718	0.471
10-20	综合	8658	99.537	26.947	0.447
	220	5750	99.578	29.434	0.466
	330	242	99.156	27.642	1.238
	500	2587	99.508	20.976	0.346
≥ 20	综合	1945	99.506	20.619	0.807
	220	1524	99.533	21.064	0.576
	330	56	98.151	40.959	1.781
	500	365	99.596	15.593	1.641

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含

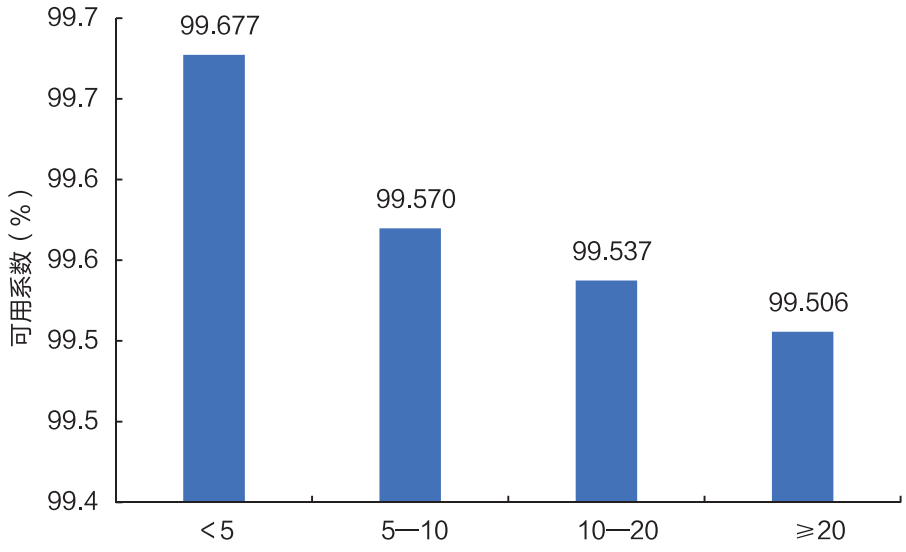


图 4-6　2020 年不同投运时间变压器可用系数对比

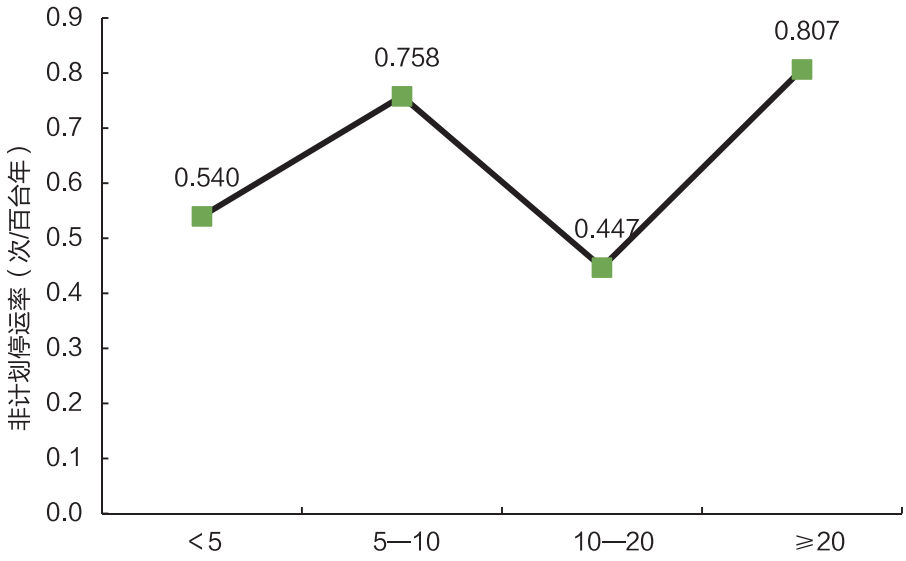


图 4-7　2020 年不同投运时间变压器非计划停运率对比

四、变压器计划停运、非计划停运影响可用系数比较

2020 年，变压器可用系数同比下降 0.071 个百分点。计划停运影响可用系数占比为 98.753%，同比下降 0.575 个百分点。非计划停运影响可用系数占比 1.247%，同比上升 0.575 个百分点。

2019、2020 年变压器计划停运、非计划停运影响可用系数比较见表 4-5。

表 4-5　2019、2020 年变压器计划停运、非计划停运影响可用系数比较

指标	2020	2019	比较
可用系数 %	99.572	99.641	-0.071
计划停运影响可用系数占比 %	98.753	99.328	-0.575
非计划停运影响可用系数占比 %	1.247	0.672	0.575

五、变压器非计划停运事件分析

2020 年，变压器共发生非计划停运 113 次，同比增加 23 次。其中 220 千伏 61 次，同比增加 1 次；330 千伏 5 次，同比增加 5 次；500 千伏 28 次，同比减少 2 次；750 千伏 16 次，同比增加 16 次；1000 千伏 3 次，同比增加 3 次。2020 年累计非计划停运 0.464 小时 / 台年，同比增加 0.254 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 51 次，5 小时 -100 小时的 35 次，100 小时以上的 27 次。

2020 年变压器按停运时间分类的非计划停运情况见表 4-6。

表 4-6　2020 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	51
5-100	35
100-500	22
500-800	4
≥ 800	1
注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。	

2020 年全国变压器 100 小时以上非计划停运典型事件如下：

2020 年 1 月，南网调峰调频发电公司广州蓄能水电厂 500 千伏开关 1 站 4 号主变因低压侧升高座 CT 端子盒渗漏油，发生一次第三类非计划停运，非停时间 208.67 小时。

2020 年 10 月，国网山东德州供电公司 220 千伏银城变电站因市政建设施工破坏内部绝缘，发生一次第一类非计划停运，非停时间 1055.22 小时。

（二）按部件因素分析

2020 年，充油式套管、解列装置、一次系统是引起 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 14 次、12 次和 8 次。解列装置、油浸低压线圈、绝缘油是引起 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 1568.54 小时、1370.15 小时和 714.00 小时。

2020 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 4-7 至表 4-12。

表 4-7　2020 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（%）
充油式套管	14	466.43	5.72
解列装置	12	1568.54	19.25
一次系统	8	425.20	5.22
储油柜	4	44.49	0.55
引流线	6	103.05	1.26
冷却系统	5	74.76	0.92
油浸低压线圈	3	1370.15	16.82
继电保护	2	0.02	0.00
油纸电容式套管	2	13.58	0.17
油浸中压线圈	2	105.10	1.29
油浸有载分接开关	2	10.32	0.13
纯瓷套管	1	3.83	0.05
油浸温度表	1	0.57	0.01
油浸铁心	1	0.25	0.00
绝缘油	1	714.00	8.76
其他	49	3246.96	39.85

表 4-8　2020 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（%）
一次系统	8	425.20	12.40
冷却系统	5	74.76	2.18
充油式套管	4	10.76	0.31
引流线	3	11.22	0.33
油浸低压线圈	3	1370.15	39.95
继电保护	2	0.02	0.00
油浸有载分接开关	2	10.32	0.30
油浸中压线圈	1	40.63	1.18

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（%）
油浸温度表	1	0.57	0.02
其他	32	1485.93	43.33

表 4-9　2020 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（%）
引流线	2	85.95	80.07
储油柜	1	6.57	6.12
其他	2	14.82	13.81

表 4-10　2020 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（%）
充油式套管	7	424.85	18.58
储油柜	3	37.92	1.66
解列装置	2	0.04	0.00
油纸电容式套管	2	13.58	0.59
引流线	1	5.88	0.26
油浸中压线圈	1	64.47	2.82
纯瓷套管	1	3.83	0.17
其他	11	1736.13	75.92

表 4-11　2020 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（%）
解列装置	10	1568.50	98.07
充油式套管	3	30.82	1.93
其他	3	0.06	0.00

表 4-12　2020 年 1000 千伏变压器按部件分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
油浸铁心	1	10.02	1.38
绝缘油	1	714.00	98.58
其他	1	0.25	0.03

（三）按责任原因分析

2020 年，产品质量不良、气候因素和设备老化是引起 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 43 次、15 次和 13 次。产品质量不良、设备老化和外力损坏是引起 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 4404.07 小时、1266.63 小时和 1095.85 小时。

2020 年各电压等级变压器非计划停运按责任原因分类情况见表 4-13 至表 4-18。

表 4-13　2020 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	43	4404.07	54.06
气候因素	15	149.70	1.84
设备老化	13	1266.63	15.55
施工安装不良	10	20.57	0.25
自然灾害	9	323.82	3.97
动物事故	2	34.75	0.43
管理不当	2	224.50	2.76
外力损坏	2	1095.85	13.45
运行不当	2	0.04	0.00
电力系统影响	1	64.47	0.79
待查	11	393.95	4.84
其它	3	168.90	2.07

表 4-14 2020 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	23	1263.43	36.84
气候因素	8	22.77	0.66
自然灾害	7	236.05	6.88
设备老化	3	8.90	0.26
施工安装不良	3	6.68	0.19
动物事故	2	34.75	1.01
管理不当	2	224.50	6.55
外力损坏	2	1095.58	31.95
规划、设计不周	1	0.08	0.00
其它	10	536.55	15.65

表 4-15　2020 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（%）
气候因素	2	9.25	8.62
自然灾害	2	87.77	81.77
其它	1	10.32	9,61

表 4-16　2020 年 500 千伏变压器按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
产品质量不良	17	2112.94	92.40
气候因素	3	92.28	4.04
设备老化	2	2.93	0.13
施工安装不良	2	8.16	0.36
运行不当	2	0.04	0.00
电力系统影响	1	64.47	2.82
其它	1	5.88	0.26

表 4-17　2020 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（%）
设备老化	8	1254.8	78.46
施工安装不良	4	5.48	0.34
产品质量不良	2	313.70	19.61
气候因素	2	25.40	1.59

表 4-18　2020 年 1000 千伏变压器按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
产品质量不良	1	714.00	98.58
施工安装不良	1	0.25	0.03
其它	1	10.02	1.38

（四）按制造厂家分析

变压器按制造厂家分类（按可用系数排序，本章下同）的可靠性指标情况见表 4-19 至 4-24。

表 4-19　2020 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）
伊林（ELIN）联合公司	12	99.998	0	0	0	0
阿尔斯通公司	16	99.996	0	0	0	0
扎布罗什变压器厂（ⅡＡⅢ）	10	99.986	0	0	0	0
上海电力变压器厂	23	99.973	0	0	0	0
天威保变（合肥）变压器有限公司	44	99.966	0	0	0	0
南京立业电力变压器有限公司	24	99.938	0	0	0	0
上海 AREVA 变压器有限公司	36	99.920	0	0	0	0
重庆 ABB 变压器有限公司	76	99.910	1.428	0	0	0
特变电工康嘉（沈阳）互感器有限公司	14	99.901	0	0	0	0
阿海珐输配电隔离开关（无锡）有限公司	12	99.900	0	0	0	0
（BRUSH）电气机械公司	16	99.880	0	0	0	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂	463	99.871	0.223	0	0	0
江苏南通晓星变压器有限公司	95	99.871	0	0	0	0
云南变压器电气股份有限公司	78	99.853	0	0	0	0
山东泰开变压器有限公司	266	99.832	0	0	0	0
山东达驰电气有限公司	369	99.809	0	0	0	0
太原变压器厂	27	99.805	0	0	0	0
中山 ABB 变压器有限公司	521	99.802	0.578	1.434	83.194	0
西门子（SIEMENS）公司	147	99.795	0	0	0	0
合肥 ABB 变压器有限公司	845	99.792	0	0	0	0
西电济南变压器股份有限公司	65	99.791	0	0	0	0
江苏华鹏变压器有限公司	535	99.786	0	0	0	0
长春三鼎变压器有限公司	30	99.774	13.297	0	0	0
东芝（TOSHIBA）公司	41	99.766	0	0	0	0
青岛青波变压器股份有限公司	99	99.759	1.012	0	0	0
广州西门子变压器有限公司	532	99.759	0	0	0	0
三变科技股份有限公司	61	99.756	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	239	99.738	0.421	0	0	0
上海 ABB 变压器有限公司	12	99.713	0	0	0	0
卧龙电气烟台东源变压器有限公司	68	99.694	0	0	0	0
济南西门子变压器有限公司	417	99.666	0	0	0	0
山东电力设备有限公司	746	99.623	0.280	0	0.014	0.140

制造厂家	统计台数（台）	可用系数（%）	强迫停运率（次／百台年）	设备因素影响		
				非停时间（小时／台年）*	占该厂非停总时间比例（%）**	强迫停运率（次／百台年）
常州西电变压器有限责任公司	917	99.623	0.112	0	0	0
葫芦岛电力设备厂	254	99.578	0	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	1138	99.572	0.359	0.001	1.394	0.090
西安西电变压器有限责任公司	507	99.564	0.201	0.046	100	0.201
特变电工（沈阳）变压器集团公司	1184	99.542	0.423	0.299	98.304	0.423
常州东芝变压器有限公司	301	99.520	0.711	0.004	32.487	0.355
重庆市亚东亚集团变压器有限公司	12	99.484	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	1319	99.428	0.077	0	0	0
GEC- 阿尔斯通公司	11	99.375	0	0	0	0
三菱（MHISUBISHI）公司	17	99.312	5.866	0	0	0
哈尔滨变压器厂	195	99.302	0	0	0	0
重庆重变电器有限责任公司	23	99.136	0	0	0	0
南通变压器厂	39	99.130	0	0	0	0
济南志友集团股份有限公司	22	98.512	0	0.220	100	0
江西变压器厂	37	97.107	0	0	0	0

* 此项为由于设备因素造成的非计划停运时间（下同）；

** 此项为设备因素造成的非计划停运时间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：统计台数少于未行台数的制造厂家未列入上表（下同）。

表 4-20 2020 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	11	100	0	0	0	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂	11	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
南通变压器厂	21	99.946	0	0	0	0
上海 ABB 变压器有限公司	35	99.819	0	0	0	0
西安西变中特电气股份有限公司	24	99.694	0	0	0	0
天威保变（合肥）变压器有限公司	201	99.524	0.513	0	0	0
保定保菱变压器有限公司	56	99.354	0	0	0	0
保定保菱变压器有限公司	64	98.959	0	0	0	0
中国电力工程顾问集团公司	49	97.394	2.081	0	0	0

表 4-21　2020 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）
上海阿尔斯通有限公司	24	100	0	0	0	0
ABB 德国公司	20	100	0	0	0	0
阿尔斯通公司	16	99.996	0	0	0	0
上海 AREVA 变压器有限公司	33	99.941	0	0	0	0
扎布罗什变压器厂（ⅡⅠⅢ）	46	99.908	0	0	0	0
江苏南通晓星变压器有限公司	15	99.880	0	0	0	0
南通变压器厂	11	99.876	0	0	0	0
山东达驰电气有限公司	63	99.873	0	0	0	0
山东泰开变压器有限公司	69	99.853	0	0	0	0
三菱东芝	26	99.824	0	0	0	0
西门子（SIEMENS）公司	56	99.800	0	0	0	0
特变电工康嘉（沈阳）互感器有限公司	24	99.797	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司	446	99.793	0.460	0	0	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂	71	99.784	2.809	0	0	0
东芝（TOSHIBA）公司	149	99.782	0	0	0	0
广州西门子变压器有限公司	76	99.773	0	0	0	0
济南西门子变压器有限公司	140	99.736	0	12.021	100	0
重庆 ABB 变压器有限公司	575	99.691	0.179	0.700	75.004	0.179
常州东芝变压器有限公司	474	99.645	0.214	0.006	100	0.214
山东电力设备有限公司	238	99.632	0	0	0	0
常州西电变压器有限责任公司	315	99.630	0	0	0	0
重庆重变电器有限责任公司	195	99.591	0	0	0	0
特变电工（沈阳）变压器集团公司	705	99.528	0	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	719	99.464	0	0.002	100	0
三菱（MHISUBISHI）公司	116	99.437	0	0	0	0
GEC-阿尔斯通公司	10	99.185	0	59.233	100	0
保定天威保变电气股份有限公司	751	99.016	0.403	0.054	100	0.403
日立（HITACHI）公司	26	97.219	0	0.096	100	0
上海 ABB 变压器有限公司	13	93.759	0	0	0	0

表 4-22　2020 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）
山东电力设备有限公司	69	99.853	3.307	0	0	0
特变电工（沈阳）变压器集团公司	55	99.853	0	0	0	0
特变电工衡阳变压器有限公司	49	99.840	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司	82	99.793	3.786	0	0	0
特变电工股份有限公司新疆变压器厂	11	99.695	0	0	0	0
常州东芝变压器有限公司	15	99.668	0	0	0	0
重庆 ABB 变压器有限公司	14	99.520	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	89	99.364	11.205	3.525	20	2.241

表 4-23　2020 年 800 千伏变压器按制造厂家分类的非计划停运情况

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

表 4-18　2019 年 1000 千伏变压器按制造厂家分类的运行可靠性指标

制造厂家	统计台数（台）	可用系数（%）	强迫停运率（次 / 百台年）	设备因素影响		
				非停时间（小时 / 台年）	占该厂非停总时间比例（%）	强迫停运率（次 / 百台年）
特变电工衡阳变压器有限公司	15	100	0	0	0	0
西安西电变压器有限责任公司	25	99.419	0	0	0	0
保定天威保变电气股份有限公司	35	99.192	0	0	0	0
特变电工（沈阳）变压器集团公司	64	99.146	1.598	0	0	0
山东电力设备有限公司	31	98.198	6.434	0.258	96.964	3.217

第四节　断路器运行可靠性

一、2016-2020 年指标对比

2020 年，断路器的统计数量较 2016 年增加 70.734 百台年，五年年均增长 3.87%，同比增长 36.051 百台年。断路器可用系数近 5 年保持较高水平，但受计划停运影响，整体呈小幅下降趋势。2020 年断路器可用系数较 2016 年下降 0.1 个百分点，同比下降 0.028 个百分点。断路器强迫停运率近五年起伏较大，受操作机构产品质量不良等因素影响，2020 年断路器强迫停运率较 2016 年上升 0.020 次 / 百台年，同比下降 0.027 次 / 百台年。

2016-2020 年断路器主要可靠性指标及对比见图 4-8、图 4-9 和图 4-10。

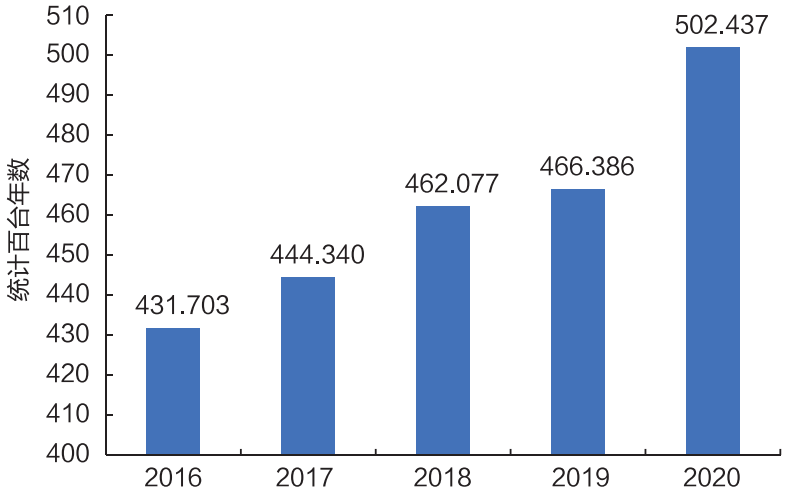


图 4-8　2016-2020 年断路器统计百台年数对比

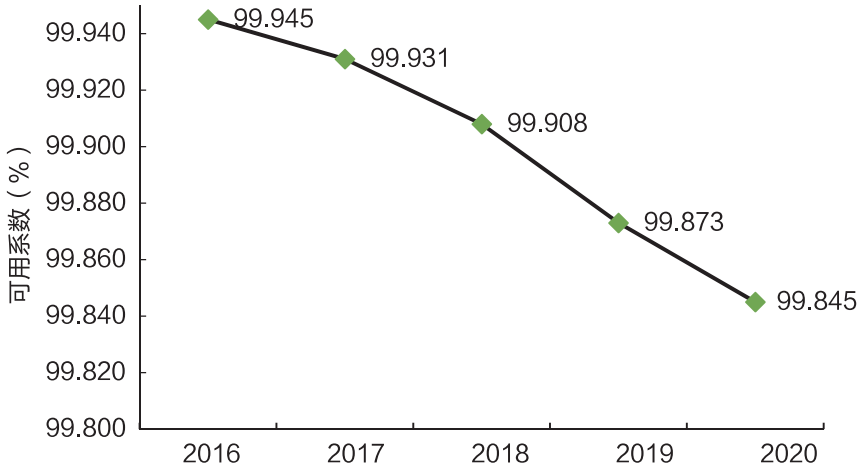


图 4-9　2016-2020 年断路器可用系数对比

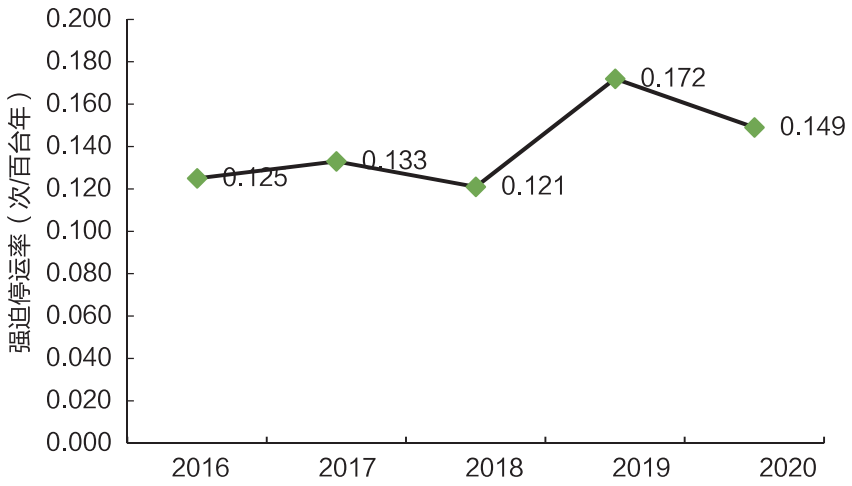


图 4-10　2016-2020 年断路器强迫停运率对比

二、按运行单位分析

2020 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是 99.879%、99.875% 和 99.862%。发电侧 12 家集团公司断路器可用系数前三名分别是中国长江三峡集团有限公司 100%、北京能源集团有限责任公司 99.887%、中国大唐集团有限公司 99.815%。

2020 年各单位断路器运行可靠性指标见表 4-25。

表 4-25　2020 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	**464.416**	**99.875**	**0.134**	**0.025**	**13.266**	**10.812**
国家电网有限公司	355.689	99.879	0.087	0.027	10.655	10.521
中国南方电网有限责任公司	19.587	99.875	0.102	0.019	20.215	10.526
内蒙古电力（集团）有限责任公司	89.14	99.862	0.325	0.030	29.049	12.038
发电侧	**37.547**	**99.494**	**0.293**	**0.027**	**16.619**	**43.095**
中国长江三峡集团有限公司	0.191	100	0	0	0	0
北京能源集团有限责任公司	2.602	99.887	1.537	0	8.454	9.907
中国大唐集团有限公司	3.745	99.815	0.267	0.007	5.608	15.41
国家能源投资集团有限责任公司	8.252	99.653	0.242	0	15.476	27.346
浙江省能源集团有限公司	1.235	99.591	0.81	0.001	21.864	33.796
中国华能集团有限公司	7.255	99.572	0.138	0.102	15.989	37.45

单位	统计数量（百台年）	可用系数（%）	强迫停运率（次／百台年）	强迫停运时间（小时／台年）	计划停运率（次／百台年）	计划停运时间（小时／台年）
中国华电集团有限公司	6.577	99.293	0	0	18.548	59.931
广东省能源集团有限公司	1.786	99.222	1.12	0.127	26.315	68.232
内蒙古能源发电投资有限公司	0.511	99.117	0	0	35.198	77.581
国家电力投资集团有限公司	5.253	99.068	0	0	23.035	81.304
河北省建设投资集团有限公司	0.08	98.193	0	0	49.863	158.75

三、按投运时间分析

2020 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 27504 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 99.902% 和 99.842%。非计划停运率较低的是 5 年以内和 20 年以上的断路器，非计划停运率分别为 0.145 次 / 百台年和 0.052 次 / 百台年。

2020 年不同投运时间断路器可靠性指标情况见表 4-26、图 4-11 和图 4-12。

表 4-26　2020 年不同投运时间断路器可靠性指标

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	7688	99.902	13.152	0.145
	1000	5	100	0	0
	750	206	99.741	29.511	1.180
	500	1132	99.811	18.661	0.095
	330	391	99.926	7.744	0
	220	5954	99.923	11.954	0.132
5—10	综合	10221	99.842	14.542	0.262
	1000	10	97.650	89.754	0
	750	128	99.640	35.060	4.675
	500	1163	99.750	20.212	0.256
	330	358	99.806	11.978	0.279
	220	8562	99.861	13.488	0.197
10—20	综合	27504	99.830	14.258	0.255
	750	115	99.767	19.078	0
	500	4521	99.676	21.650	0.480
	330	1016	99.904	7.858	0
	220	21852	99.859	12.996	0.222

投运时间	电压等级（千伏）	台数	可用系数（%）	计划停运率（次 / 百台年）	非计划停运率（次 / 百台年）
≥ 20	综合	3809	99.839	9.852	0.052
	500	386	99.675	20.595	0.257
	330	246	99.973	2.838	0.405
	220	3177	99.848	9.099	0

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含

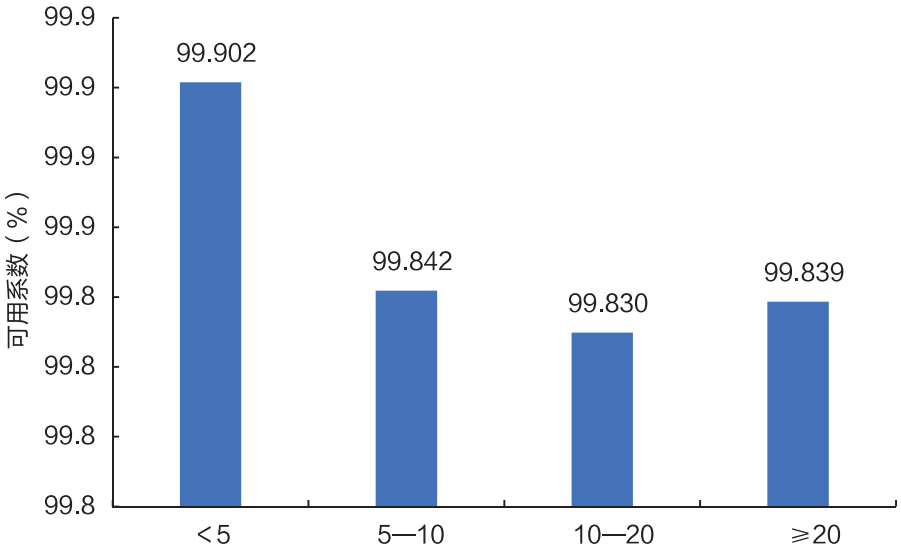


图 4-11　2020 年不同投运时间断路器可用系数对比

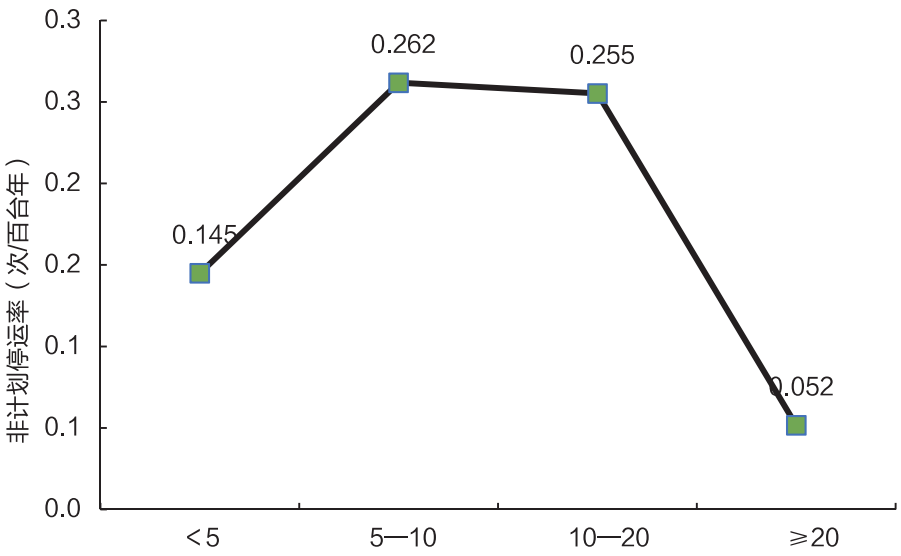


图 4-12　2020 年断路器不同投运时间非计划停运率对比

四、计划停运、非计划停运影响可用系数比较

2020 年，断路器可用系数同比下降 0.028 个百分点。计划停运影响可用系数占比为 99.679%，同比上升 0.047 个百分点。非计划停运影响可用系数占比 0.321%，同比下降 0.047 个百分点。

2019、2020 年断路器计划停运、非计划停运影响可用系数比较见表 4-27。

表 4-27　2019、2020 年断路器计划停运、非计划停运影响可用系数比较

指标	2020	2019	比较
可用系数 %	99.845	99.873	-0.028
计划停运影响可用系数占比 %	99.679	99.632	0.047
非计划停运影响可用系数占比 %	0.321	0.368	-0.047

五、断路器非计划停运事件分析

2020 年，断路器共发生非计划停运 110 次，同比减少 28 次。其中 220 千伏 73 次，同比减少 37 次；330 千伏 2 次，同比增加 2 次；500 千伏 27 次，同比增加 2 次；750 千伏 8 次，同比增加 5 次。其他电压等级断路器 2020 年未发生非计划停运事件。2020 年累计非计划停运 0.043 小时 / 台年，同比增加 0.003 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 57 次，5-100 小时的 47 次，100 小时以上的 6 次。

2020 年断路器按停运时间分类的非计划停运情况见表 4-28。

表 4-28　2020 年断路器按停运时间分类的非计划停运情况

断路器非计划停运时间（小时）	非停次数（次）
＜ 5	57
5-100	47
100-300	6
≥ 300	0
注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。	

2020 年全国断路器 100 小时以上非计划停运典型事件如下：

2020 年 1 月，国家电投青海黄河上游水电开发公司西宁发电分公司 2 号主变 330 千伏断路器因开关管道漏气，不能建立压力，发生一次第一类非计划停运，非停时间 149 小时。

2020 年 11 月，国网陕西电力有限公司榆林供电公司 330 千伏榆林变电站 3312 开关因开关动静触头击穿发生 1 次第一类非计划停运，非停时间为 119.05 小时。

（二）按部件因素分析

2020 年，操作机构、灭弧部分、辅助部分是引起 220 千伏及以上断路器非计划停运次数较多的前三位部件因素，分别引起非计划停运 46 次、14 次和 10 次。操作机构、灭弧部分、辅助部分是引起 220 千伏及以上断路器非计划停运时间较长的前三位部件因素，分别引起非计划停运 667.86 小时、193.54 小时和 172.86 小时。

2020 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 4-29 至 4-33。

表 4-29　2020 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	46	667.86	32.69
灭弧部分	14	193.54	9.47
辅助部分	10	172.86	8.46
一次系统	7	150.59	7.37
解列装置	6	0.12	0.01
保护	4	84.38	4.13
二次回路公用设备	1	6.62	0.32
引流线	1	0.78	0.04
本体其他部件	21	766.22	37.51

表 4-30　2020 年 220 千伏断路器按部件分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
操作机构	30	298.57	29.57
灭弧部分	9	28.94	2.87
辅助部分	7	23.61	2.34
一次系统	7	150.59	14.92
保护	1	42.22	4.18
二次回路公用设备	1	6.62	0.66
引流线	1	0.78	0.08
本体其他部件	17	458.3	45.39

表 4-31　2020 年 330 千伏断路器按部件分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
灭弧部分	1	119.05	44.41
辅助部分	1	149	55.59

表 4-32　2020 年 500 千伏断路器按部件分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
操作机构	13	336.72	54.46
灭弧部分	4	45.55	7.37
辅助部分	2	0.25	0.04
解列装置	2	0.04	0.01
保护	3	42.16	6.82
本体其他部件	3	193.59	31.31

表 4-33　2020 年 750 千伏断路器按部件分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
解列装置	4	0.08	0.05
操作机构	3	32.57	22.16
本体其他部件	1	114.33	77.79

（三）按责任因素分析

2020 年，产品质量不良、气候因素和设备老化是引起 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 47 次、12 次和 10 次。产品质量不良、自然灾害和施工安装不良是引起 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 1083.53 小时、211.96 小时和 158.38 小时。

2020 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 4-34 至 4-38。

表 4-34　2020 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

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	47	1083.53	53.04
气候因素	12	52.35	2.56

责任原因	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
设备老化	10	39.90	1.95
自然灾害	8	211.96	10.37
施工安装不良	4	158.38	7.75
规划、设计不周	3	1.28	0.06
调整试验不当	2	59.29	2.90
外力损坏	2	0.04	0.00
运行不当	2	0.04	0.00
电力系统影响	1	82.55	4.04
检修质量不良	1	2.57	0.13
其它	18	351.12	17.19

表 4-35　2020 年 220 千伏断路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	32	384.65	38.10
气候因素	8	25.77	2.55
自然灾害	7	138.14	13.68
设备老化	4	37.80	3.74
规划、设计不周	3	1.28	0.13
施工安装不良	2	9.35	0.93
调整试验不当	1	17.13	1.70
电力系统影响	1	82.55	8.18
检修质量不良	1	2.57	0.25
其它	14	310.39	30.74

表 4-36　2020 年 330 千伏断路器按责任原因分类的非计划停运情况

责任原因	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
产品质量不良	1	119.05	44.41
施工安装不良	1	149.00	55.59

表 4-37　2020 年 500 千伏断路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	432.93	70.06
气候因素	4	26.58	4.30

责任原因	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
设备老化	2	2.02	0.33
外力损坏	2	0.04	0.01
运行不当	2	0.04	0.01
自然灾害	1	73.82	11.95
施工安装不良	1	0.03	0.00
调整试验不当	1	41.72	6.75
其它	4	40.73	6.59

表 4-38　2020 年 750 千伏断路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	4	146.90	99.95
设备老化	4	0.08	0.05

（四）按制造厂家分析

断路器按制造厂家分类（按可用系数排序，本章下同）的可靠性指标情况见表 4-39 至表 4-44。

表 4-39　2020 年 220 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计台数（台）	可用系数（%）	强迫停运率（次 / 百台年）	设备因素影响		
				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	82	100	0	0	0	0
三菱（MHISUBISHI）公司	29	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
马格林尼（MAG）	22	100	0	0	0	0
上海第三开关厂	18	100	0	0	0	0
勃朗．鲍威利（BBC）	17	100	0	0	0	0
瑞典 ABB 公司	16	100	0	0	0	0
广州维奥伊林变压器厂	13	100	0	0	0	0
山东鲁能泰山电力设备有限公司	10	100	0	0	0	0
瓦房店高压开关厂	42	99.998	0	0	0	0
北京北开电气股份有限公司	79	99.996	0	0	0	0
阿海珐输配电隔离开关（无锡）有限公司	23	99.995	0	0	0	0
湖南长高高压开关集团股份公司	19	99.992	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）
瑞典 ABB	21	99.983	0	0	0	0
GEC- 阿尔斯通公司	161	99.979	0	0	0	0
宁波慈溪电器开关总厂	63	99.975	0	0	0	0
(BRUSH) 电气机械公司	66	99.967	0	0	0	0
河北电力设备厂	10	99.960	0	0	0	0
江苏省如高高压电器有限公司	972	99.959	0.426	0.020	100	0.426
通用电气 (GEC) 阿尔斯通 (ALSTHOM) 公司	22	99.953	0	0	0	0
厦门 ABB 华电高压开关有限公司	24	99.953	0	0	0	0
山东泰开高压开关有限公司	1477	99.953	0.140	0	100	0.140
苏州阿尔斯通有限责任公司	1491	99.935	0	0	0	0
苏州开关厂	226	99.931	0	0	0	0
河南平高东芝高压开关有限责任公司	53	99.922	0	0	0	0
上海华通开关厂有限公司	33	99.920	0	0	0	0
国电博纳（北京）电力设备有限公司	20	99.900	0	0	0	0
ABB 瑞士公司	161	99.893	0	0	0	0
阿尔斯通公司	387	99.892	0	0	0	0
河南平高电气股份有限公司	5527	99.887	0.092	0.003	17.814	0.018
苏州阿海珐高压电气开关有限公司	1893	99.884	0	0	0	0
西门子 (SIEMENS) 公司	3369	99.880	0.059	0.013	29.629	0.029
西门子（杭州）高压开关有限公司	6392	99.879	0.109	0.009	86.375	0.047
西安西电高压开关有限责任公司	3339	99.879	0.150	0.013	29.223	0.030
鲁能泰山开关集团	21	99.874	0	0	0	0
北京 ABB 高压开关设备有限公司	8527	99.857	0.141	0.022	67.669	0.071
上海思源高压开关有限公司	91	99.811	0	0	0	0
ABB 德国公司	95	99.802	0	0	0	0
通用电气公司 (GE)	32	99.780	0	0	0	0
新东北电气（沈阳）高压开关有限公司	811	99.767	0	0	0	0
维奥输配电（广州）有限公司	21	99.750	0	0	0	0
法国阿海珐 (AREAVA) 公司	19	99.422	0	0	0	0
通用电气 (AGE) 公司	12	99.278	0	0	0	0
扬州苏源电气设备有限公司	14	99.097	0	0	0	0
西门子（杭州）高压开关有限公司	14	97.542	0	0	0	0

表 4-40　2020 年 330 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计台数（台）	可用系数（%）	强迫停运率（次 / 百台年）	设备因素影响		
				非停时间（小时 / 台年）	占该厂非停总时间比例（%）	强迫停运率（次 / 百台年）
河南平高东芝高压开关有限责任公司	50	100	0	0	0	0
阿尔斯通公司	42	100	0	0	0	0
苏州开关厂	26	100	0	0	0	0
ABB 瑞士公司	20	100	0	0	0	0
新东北电气（沈阳）高压开关有限公司	12	100	0	0	0	0
西门子（杭州）高压开关有限公司	133	99.969	0	0	0	0
西门子 (SIEMENS) 公司	45	99.962	0	0	0	0
河南平高电气股份有限公司	319	99.930	0	0	0	0
西安西电高压开关有限责任公司	839	99.924	0.119	0.142	100	0.119
北京 ABB 高压开关设备有限公司	280	99.910	0	0	0	0
GEC- 阿尔斯通公司	11	99.899	0	0	0	0
苏州阿尔斯通有限责任公司	104	99.886	0	0	0	0
苏州阿海珐高压电气开关有限公司	36	99.805	0	0	0	0
苏州开关厂	12	99.670	0	0	0	0

表 4-41　2020 年 500 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计台数（台）	可用系数（%）	强迫停运率（次 / 百台年）	设备因素影响		
				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）
(BRUSH) 电气机械公司	17	100	0	0	0	0
东芝 (TOSHIBA) 公司	11	100	0	0	0	0
勃朗．鲍威利 (BBC)	10	100	0	0	0	0
上海西门子高压开关有限公司	12	99.973	0	0	0	0
瑞典 ABB	36	99.955	0	0	0	0
上海思源高压开关有限公司	26	99.926	0	0	0	0
河南平高东芝高压开关有限责任公司	96	99.916	0	0	0	0
三菱 (MHISUBISHI) 公司	80	99.846	0	0	0	0
西门子 (SIEMENS) 公司	650	99.843	0	0	0	0
苏州阿海珐高压电气开关有限公司	327	99.835	0.609	0	0.800	0.304
西安西电高压开关有限责任公司	784	99.822	0.502	0.196	64.563	0.125

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）
阿尔斯通公司	145	99.814	0	0.296	100	0
山东泰开高压开关有限公司	108	99.793	0	0	0	0
ABB 瑞士公司	131	99.789	0.778	0	0	0
新东北电气（沈阳）高压开关有限公司	269	99.781	0.367	0	0	0
北京 ABB 高压开关设备有限公司	1909	99.753	0.315	0.107	99.967	0.157
西门子（杭州）高压开关有限公司	999	99.740	0.100	0.020	100	0.100
苏州阿尔斯通有限责任公司	262	99.727	0	0	0	0
河南平高电气股份有限公司	515	99.726	0.198	0.019	100	0.198
江苏省如高高压电器有限公司	11	99.719	0	0	0	0
法国阿海珐（AREAVA）公司	11	99.642	18.132	0	0	0
瑞典 ABB 公司	76	99.567	1.312	0	0	0
苏州开关厂	35	99.499	0	0	0	0
ABB 德国公司	21	99.171	0	0	0	0
GEC- 阿尔斯通公司	16	98.651	0	0	0	0
西门子（杭州）高压开关有限公司	59	97.307	0	0	0	0

表 4-42　2020 年 750 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计台数（台）	可用系数（%）	强迫停运率（次 / 百台年）	设备因素影响		
				非停时间（小时 / 台年）	占该厂非停总时间比例（%）	强迫停运率（次 / 百台年）
新东北电气（沈阳）高压开关有限公司	79	99.909	0	0	0	0
北京 ABB 高压开关设备有限公司	78	99.814	0	0	0	0
西安西电高压开关有限责任公司	128	99.795	0	0	0	0
河南平高电气股份有限公司	167	99.606	1.360	0.997	100	1.360
山东泰开高压开关有限公司	28	99.415	3.797	0.025	100	3.797

表 4-43　2020 年 800 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

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

表 4-44　2020 年 1000 千伏断路器按制造厂家分类的非计划停运情况

制造厂家	统计台数（台）	可用系数（%）	强迫停运率（次 / 百台年）	设备因素影响		
				非停时间（小时 / 台年）	占该厂非停总时间比例（%）	强迫停运率（次 / 百台年）
瑞典 ABB	16	99.687	0	0	0	0
河南平高电气股份有限公司	17	99.233	0	0	0	0

第五节　架空线路运行可靠性

一、2016-2020 年指标对比

2020 年，架空线路的统计数量较 2016 年增加 1593.937 百千米年，五年年均增长 5.622%，同比增加 549.705 百千米年。架空线路可用系数近 5 年保持在较高水平，近 2 年逐年提高，2020 年架空线路可用系数较 2016 年下降 0.077 个百分点，同比上升 0.009 个百分点。架空线路强迫停运率近五年稳中有降，受导线、绝缘子等零部件自然灾害降低的影响，2020 年架空线路强迫停运率较 2016 年下降 0.012 次 / 百千米年，同比下降 0.009 次 / 百千米年。

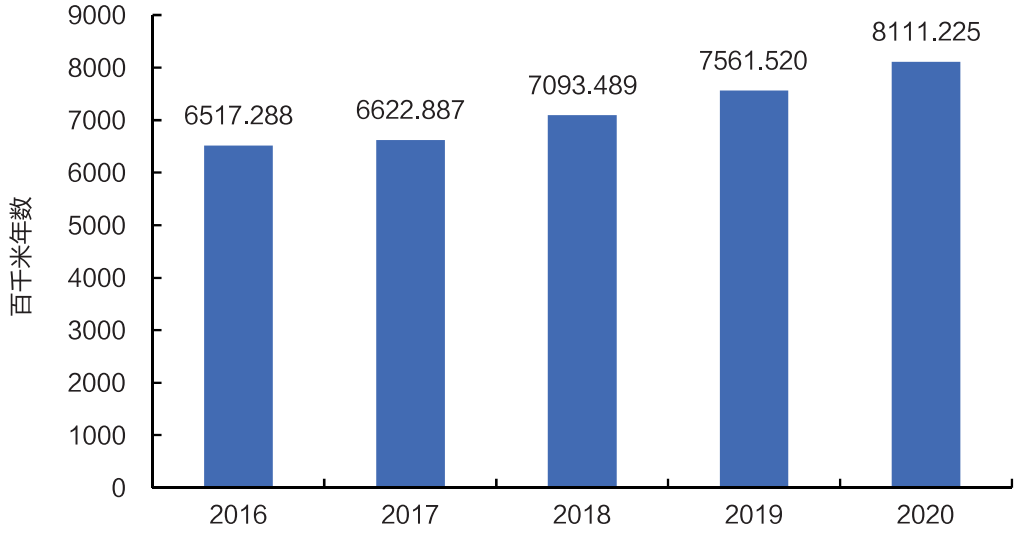


图 4-13　2016-2020 年架空线路统计百千米年数对比

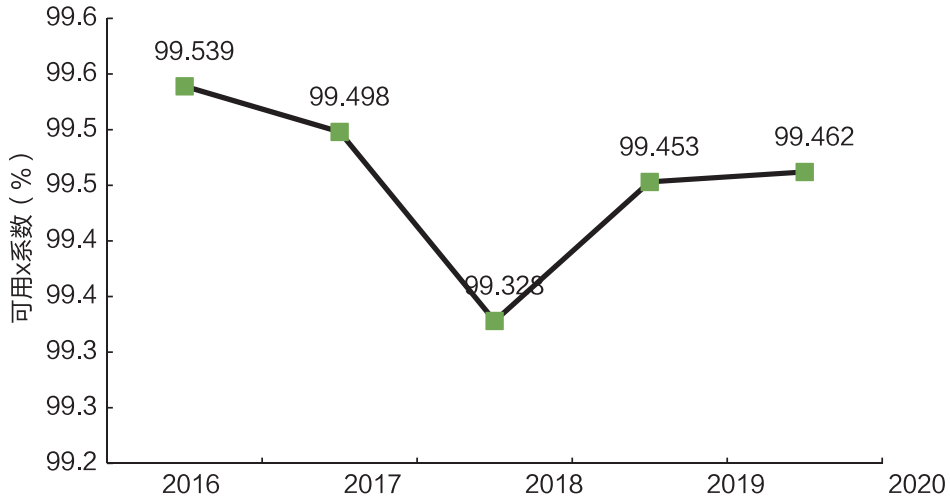


图 4-14　2016-2020 年架空线路可用系数对比

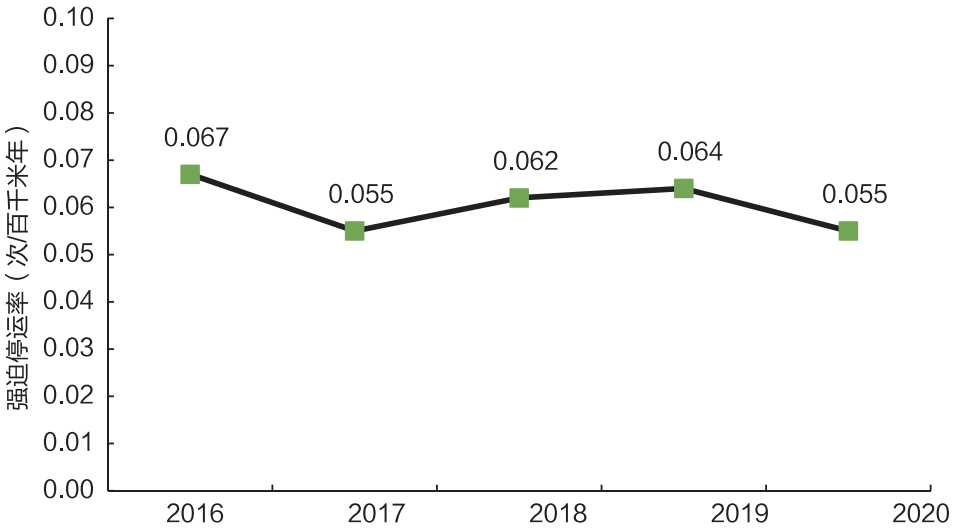


图 4-15　2016-2020 年架空线路强迫停运率对比

二、按运行单位分析

2020 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强迫停运率分别是 0.038 次 / 百千米年、0.139 次 / 百千米年和 0.079 次 / 百千米年。

2020 年各单位架空线路运行可靠性指标见表 4-45。

表 4-45　2020 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	**7835.160**	**99.445**	**0.057**	**0.658**	**0.644**	**44.402**
国家电网有限公司	6206.237	99.362	0.038	0.760	0.582	50.679
中国南方电网有限责任公司	1363.307	99.773	0.139	0.255	0.723	19.585
内蒙古电力集团公司	265.616	99.720	0.079	0.336	1.705	23.983

三、按投运时间分析

2020 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 7848 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 99.666% 和 99.696%。非计划停运率较低的是 5 年以内和 5 年以上 10 年以内的架空线路，非计划停运率均为 0.051 次 / 百千米年。

2020 年不同投运时间架空线路可靠性指标情况见表 4-46、图 4-16 和图 4-17。

表 4-46　2020 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	6929	99.666	0.607	0.051
	1000	62	98.879	0.212	0
	750	100	99.506	0.282	0.022
	500	934	99.534	0.375	0.053
	330	287	99.858	0.264	0.006
	220	5546	99.779	0.816	0.063
5-10	综合	6761	99.696	0.632	0.051
	1000	13	98.783	0.352	0
	750	51	99.060	0.205	0.023
	500	732	99.475	0.465	0.060
	330	183	99.818	0.295	0
	220	5782	99.802	0.726	0.053

投运时间	电压等级（千伏）	统计数量（条）	可用系数（%）	计划停运率（次 / 百千米年）	非计划停运率（次 / 百千米年）
10-20	综合	7848	99.534	0.743	0.069
	1000	2	96.510	0.312	0
	750	41	99.840	0.078	0
	500	1174	99.319	0.390	0.094
	330	293	99.549	0.499	0.025
	220	6338	99.666	0.999	0.061
≥ 20	综合	1509	99.593	0.618	0.074
	500	97	99.397	0.260	0.042
	330	31	97.782	0.415	0
	220	1381	99.730	0.736	0.087

注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含

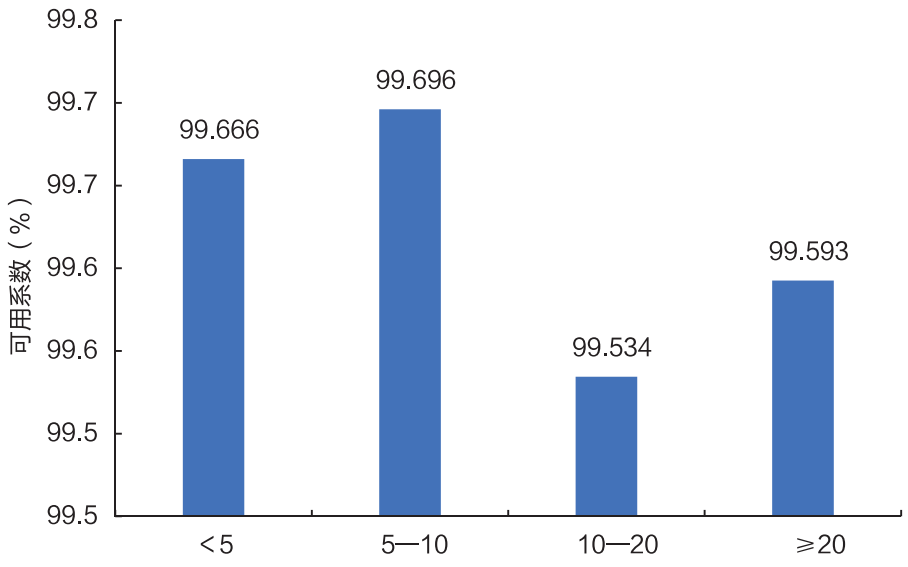


图 4-16　2020 年不同投运时间架空线路可用系数对比

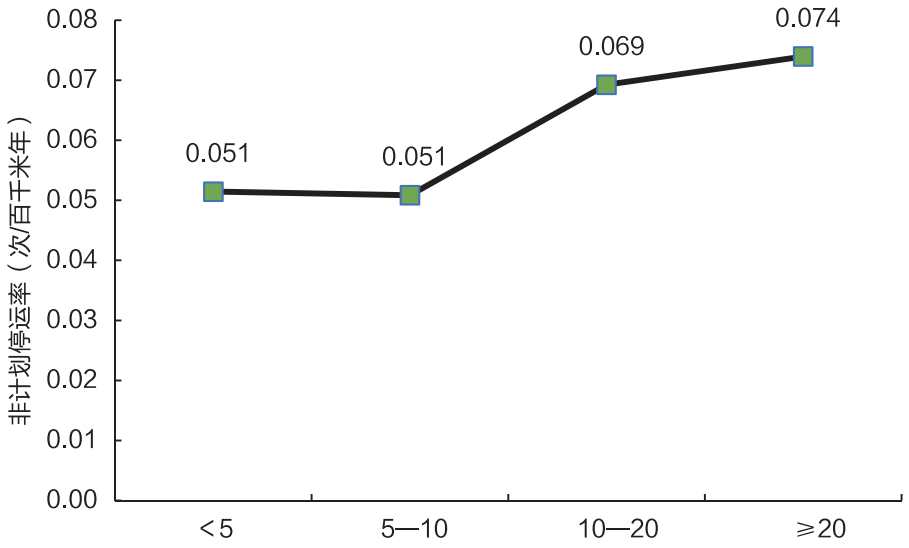


图 4-17　2020 年架空线路不同投运时间非计划停运率对比

四、计划停运、非计划停运影响可用系数比较

2020 年，架空线路可用系数同比上升 0.009 个百分点。计划停运影响可用系数占比 98.403%，同比下降 0.373 个百分点。非计划停运影响可用系数占比 1.597%，同比上升 0.373 个百分点。

2019、2020 年架空线路计划停运、非计划停运影响可用系数比较见表 4-47。

表 4-47　2019、2020 年架空线路计划停运、非计划停运影响可用系数比较

指标	2020	2019	比较
可用系数 %	99.462	99.453	0.009
计划停运影响可用系数占比 %	98.403	98.776	-0.373
非计划停运影响可用系数占比 %	1.597	1.224	0.373

五、架空线路非计划停运事件分析

2020 年，架空线路共发生非计划停运 490 次，同比减少 204 次。其中 220 千伏 325 次，同比减少 146 次；330 千伏 5 次，同比减少 11 次；500 千伏 155 次，同比减少 44 次；750 千伏 4 次，同比增加 2 次；1000 千伏 1 次，同比减少 1 次。400、660 和 800 千伏架空线路 2020 年均未发生非计划停运事件。2020 年累计非计划停运 0.698 小时 / 台年，同比增加 0.144 小时 / 台年。

（一）按停运时间分析

非计划停运时间在 1 小时以内的停运次数 270 次，1-5 小时的 122 次，5-100 小时的 85 次，100 小时以上的 13 次。

2020 年架空线路按停运时间分类的非计划停运情况见表 4-48。

表 4-48　2020 年架空线路按停运时间分类的非计划停运情况

架空线路非计划停运时间	非计划停运次数
＜ 5	270
1—5	122
5-100	85
100-300	10
≥ 300	3
注：各数值范围中，下限值为包含，上限值为不包含。	

2020 年全国架空线路 100 小时以上非计划停运典型事件如下：

2020 年 3 月，南网贵州电网公司运检分公司 220 千伏筑赤Ⅱ线因护套破损引起的绝缘下降发生一次第一类非停，非停时间 162.03 小时。

2020 年 11 月，国网吉林电力有限公司检修公司 500 千伏金龙 1 号线因冰灾发生一次第一类非计划停运，非停时间 340 小时。

（二）按部件因素分析

2020 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 388 次、48 次和 16 次。导线、一次系统、基础是引起 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 2783.15 小时、954.52 小时和 543.35 小时。

2020 年架空线路按部件分类的非计划停运情况见表 4-49 至表 4-54。

表 4-49　2020 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	388	2783.15	55.77
绝缘子	49	149.76	3.00
金具	16	382.33	7.66
架空地线	13	110.40	2.21
一次系统	9	954.52	19.13
铁塔	4	3.95	0.08
基础	3	543.35	10.89

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（%）
二次回路公用设备	2	6.65	0.13
继电保护	1	0.02	0.00
串联补偿装置	1	0	0.00
接地装置	1	0	0.00
通讯系统	1	2.93	0.06
砼杆	1	53.08	1.06
其他	1	0.45	0.01

表 4-50　2020 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	256	1331.06	52.48
绝缘子	30	107.13	4.22
金具	15	381.43	15.04
架空地线	9	51.60	2.03
一次系统	3	67.23	2.65
铁塔	4	3.95	0.16
基础	2	537.35	21.19
继电保护	1	0.02	0.00
串联补偿装置	1	0	0.00
接地装置	1	0	0.00
通讯系统	1	2.93	0.12
砼杆	1	53.08	2.09
其他	1	0.45	0.02

表 4-51　2020 年 330 千伏架空线路按部件分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
绝缘子	3	1.22	10.12
导线	2	10.83	89.88

表 4-52　2020 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	126	1437.32	62.00
绝缘子	16	41.41	1.79

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	5	767.21	33.09
架空地线	4	58.80	2.54
二次回路公用设备	2	6.65	0.29
金具	1	0.90	0.04
基础	1	6.00	0.26

表 4-53　2020 年 750 千伏架空线路按部件分类的非计划停运情况

部件	非计划停运次数（次）	非计划停运时间（小时）	占非计划停运总时间的百分比（%）
导线	4	3.94	100.00

表 4-54　2020 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（%）
一次系统	1	120.08	100.00

（三）按责任因素分析

2020 年，自然灾害、气候因素和外力损坏是引起 220 千伏及以上架空线路非计划停运次数较多的前三位责任原因，分别引起非计划停运 182 次、126 次和 102 次。自然灾害、外力损坏和气候因素是引起 220 千伏及以上架空线路非计划停运时间较长的前三位责任原因，分别引起非计划停运 2090.04 小时、936.27 小时和 909.58 小时。

2020 年架空线路按责任原因分类的非计划停运情况见表 4-55 至表 4-60。

表 4-55　2020 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

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	182	2090.04	41.88
气候因素	126	909.58	18.23
外力损坏	102	936.27	18.76
产品质量不良	16	225.35	4.52
施工安装不良	11	301.26	6.04
动物事故	10	57.65	1.16
设备老化	8	105.53	2.11
电力系统影响	5	65.86	1.32

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（%）
规划、设计不周	4	17.90	0.36
运行不当	3	4.20	0.08
检修质量不良	2	122.78	2.46
其他	2	0.45	0.01
待查	19	153.72	3.08

表 4-56　2020 年 220 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	106	991.26	39.08
气候因素	82	786.95	31.03
外力损坏	77	159.43	6.29
产品质量不良	10	184.64	7.28
施工安装不良	9	39.08	1.54
设备老化	7	105.53	4.16
动物事故	6	56.63	2.23
电力系统影响	5	65.86	2.60
规划、设计不周	3	17.83	0.70
运行不当	3	4.20	0.17
检修质量不良	1	2.70	0.11
其他	16	122.12	4.82

表 4-57　2020 年 330 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（%）
气候因素	2	10.75	89.21
动物事故	2	0.05	0.41
外力损坏	1	1.25	10.37

表 4-58　2020 年 500 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	73	1094.86	47.23
气候因素	42	111.88	4.83
外力损坏	23	775.57	33.45
产品质量不良	6	40.71	1.76
施工安装不良	2	262.18	11.31

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（%）
动物事故	2	0.97	0.04
设备老化	1	0	0.00
规划、设计不周	1	0.07	0.00
其他	5	32.05	1.38

表 4-59 2020 年 750 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	3	3.92	99.49
外力损坏	1	0.02	0.51

表 4-60 2020 年 1000 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（%）
检修质量不良	1	120.08	100.00

第六节 我国与北美 NERC 三类主要设施指标对比

选取我国 2020 年 220 千伏、500 千伏电压等级变压器、架空线路、电缆线路三类主要设施与 2019 年北美 NERC 相近电压等级 200-299 千伏、400-599 千伏设施进行对比。

从变压器、架空线路、电缆线路三类设施的指标比对情况来看，我国变压器、架空线路和电缆线路的规模远大于北美 NERC。受计划停运等影响，我国变压器、架空线路、电缆线路三类设施的可用系数普遍低于北美 NERC。其中我国 220 千伏等级变压器、架空线路和电缆的可用系数比北美 NERC 分别低 0.271、0.202、0.166 个百分点，500 千伏等级变压器、架空线路和电缆的可用系数分别低 0.228、0.624、1.478 个百分点。2020 年中国 220 千伏、500 千伏等级三类设施数量和可用系数与 2019 年北美对比见以下图表。

表 4-61 2020 年我国三类输变电设施构成及总量

设施类型	电压等级（kV）	设施总数
变压器	220	13061 台
	500	5872 台

设施类型	电压等级（kV）	设施总数
架空线路	220	480718 千米
	500	222365 千米
电缆线路	220	6508 千米
	500	125 千米

表 4-62　2019 年北美 NERC 三类输变电设施构成及总量

设施类型	电压等级（kV）	设施总数
变压器	200-299	2347.8 台
	400-599	705.7 台
架空线路	200-299	179219.3 千米
	400-599	55374.6 千米
电缆线路	200-299	1081.5 千米
	400-599	137 千米

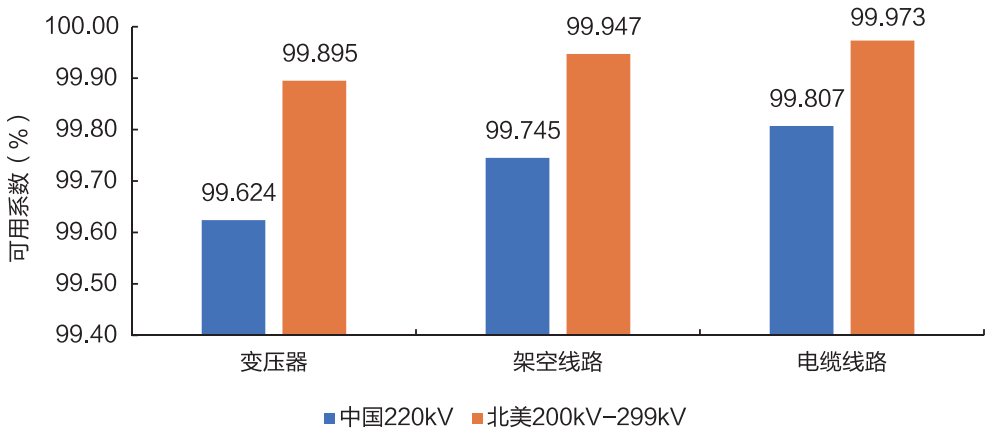


图 4-18　我国 2020 年与北美 2019 年 220 千伏等级三类设施可用系数对比

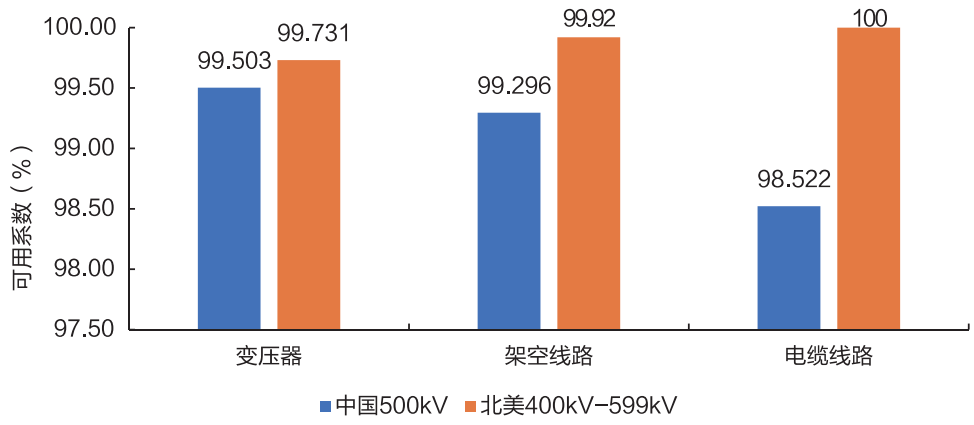


图 4-19　我国 2020 年与北美 2019 年 500 千伏等级三类设施可用系数对标

第五章 2020 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

2020 年，全国纳入可靠性管理的直流输电系统 37 个，包括 15 个点对点超高压直流输电系统、1 个三端超高压直流输电系统、14 个点对点特高压直流输电系统、1 个三端特高压直流输电系统和 6 个背靠背直流输电系统。额定输送容量总计 175624 兆瓦，线路总长度达 43047 千米。

2020 年纳入可靠性管理的直流输电系统基本情况见表 5-1。

表 5-1 2020 年纳入可靠性管理的直流输电系统基本情况

序号	系统名称	极（单元）	投运日期	额定电压（千伏）	额定输送容量（兆瓦）	线路长度（千米）	电网集团
超高压直流输电系统							
1	葛南直流输电系统	极 I 极 II	1989-9-1 1990-8-1	±500	582 582	1110	国家电网
2	天广直流输电系统	极 I 极 II	2000-12-26 2001-6-26	±500	900 900	963	南方电网
3	龙政直流输电系统	极 I 极 II	2003-6-1 2003-6-1	±500	1500 1500	860	国家电网
4	江城直流输电系统	极 I 极 II	2004-6-1 2004-6-1	±500	1500 1500	941	国家电网
5	禄高肇直流输电系统	极 I 极 II	2004-9-24（高肇） 2020-6-30（三端）	±500	1500 1500	386 891	南方电网
6	宜华直流输电系统	极 I 极 II	2006-12-1 2006-12-1	±500	1500 1500	1049	国家电网
7	兴安直流输电系统	极 I 极 II	2007-12-3 2007-6-21	±500	1500 1500	1194	南方电网
8	德宝直流输电系统	极 I 极 II	2010-4-21 2010-4-21	±500	1500 1500	534	国家电网
9	伊穆直流输电系统	极 I 极 II	2010-9-30 2010-9-30	±500	1500 1500	906	国家电网
10	银东直流输电系统	极 I 极 II	2011-3-25 2011-3-25	±660	2000 2000	1334	国家电网
11	林枫直流输电系统	极 I 极 II	2011-5-2 2011-5-2	±500	1500 1500	978	国家电网

序号	系统名称	极（单元）	投运日期	额定电压（千伏）	额定输送容量（兆瓦）	线路长度（千米）	电网集团
12	柴拉直流输电系统	极 I 极 II	2012-6-10 2012-6-10	±400	300 300	1034	国家电网
13	牛从甲直流（溪洛渡 - 广东）	极 I 极 II	2014-4-11 2013-10-12	±500	1600 1600	1225	南方电网
14	牛从乙直流（溪洛渡 - 广东）	极 I 极 II	2014-6-29 2014-6-29	±500	1600 1600	1225	南方电网
15	金中直流输电系统	极 I 极 II	2016-6-18 2016-6-18	±500	1600 1600	1105	南方电网
16	永富直流输电系统	极 I 极 II	2016-6-30 2016-6-30	±500	1500 1500	577	南方电网
特高压直流输电系统							
17	楚穗直流输电系统	极 I 极 II	2010-6-18 2009-12-28	±800	2500 2500	1374	南方电网
18	复奉直流输电系统	极 I 极 II	2010-7-26 2010-7-26	±800	3200 3200	1891	国家电网
19	锦苏直流输电系统	极 I 极 II	2012-7-19 双极低端投运 2012-12-6 全面投运	±800	3600 3600	2058	国家电网
20	天中直流输电系统	极 I 极 II	2014-1-25 2014-1-25	±800	4000 4000	2210	国家电网
21	宾金直流输电系统	极 I 极 II	2014-7-3 2014-7-3	±800	4000 4000	1705	国家电网
22	普侨直流输电系统	极 I 极 II	2015-5-30 2014-1-29	±800	2500 2500	1412	南方电网
23	灵绍直流输电系统	极 I 极 II	2016-8-24 2016-8-24	±800	4000 4000	1720	国家电网
24	祁韶直流输电系统	极 I 极 II	2017-6-23 2017-6-23	±800	4000 4000	2383	国家电网
25	雁淮直流输电系统	极 I 极 II	2017-6-30 2017-6-30	±800	5000 5000	1119	国家电网
26	鲁固直流输电系统	极 I 极 II	2018-1-1 2018-1-1	±800	5000 5000	1234	国家电网
27	锡泰直流输电系统	极 I 极 II	2018-1-1 2018-1-1	±800	5000 5000	1620	国家电网
28	新东直流输电系统	极 I 极 II	2018-5-28 2018-5-28	±800	2500 2500	1958	南方电网
29	昭沂直流输电系统	极 I 极 II	2019-1-1 2019-1-1	±800	10000	1238	国家电网
30	吉泉直流输电系统	极 I 极 II	2019-7-1 2019-7-1	±1100	12000	3324	国家电网
31	昆柳龙直流输电系统	极 I 极 II	2020-8-30 （昆龙） 2020-12-27 （三端）	±800	8000	1489	南方电网

序号	系统名称	极（单元）	投运日期	额定电压（千伏）	额定输送容量（兆瓦）	线路长度（千米）	电网集团
背靠背直流输电系统							
32	灵宝背靠背换流站	单元Ⅰ 单元Ⅱ	2005-7-1 2009-12-15	120 167	360 750	0	国家电网
33	高岭背靠背换流站	单元Ⅰ 单元Ⅱ 单元Ⅲ 单元Ⅳ	2008-11-1 2008-11-1 2012-11-13 2012-11-13	±125	750 750 750 750	0	国家电网
34	黑河背靠背换流站	单元Ⅰ	2012-1-7	±125	750	0	国家电网
35	鲁西背靠背换流站	单元Ⅰ 单元Ⅱ 单元Ⅲ	2016-6-30 2016-8-29 2017-6-30	±160 ±160 ±350	1000 1000 1000	0	南方电网
36	宜昌柔性直流背靠背换流站 渝鄂直流北通道	单元Ⅰ 单元Ⅱ	2019-6-1 2019-6-1	±400	1250 1250	0	国家电网
37	施州柔性直流背靠背换流站 渝鄂直流南通道	单元Ⅰ 单元Ⅱ	2019-6-1 2019-6-1	±400	1250 1250	0	国家电网

第二节　可靠性指标总体情况

2020 年，全国直流输电系统运行情况平稳，35 个系统[5]合计能量可用率[6] 95.695%，同比上升 9.530 个百分点；合计能量利用率 47.35%，同比上升 0.91 个百分点；总计强迫停运 24 次，同比减少 8 次。

2019 年、2020 年全国纳入可靠性统计的直流输电系统可靠性指标见表 5-2。

表 5-2　2019 年、2020 年全国纳入可靠性统计的直流输电系统可靠性指标

可靠性指标	年份	直流系统类型			合计
		超高压系统	特高压系统	背靠背系统	
系统数量（个）	2019 年	16	13	4	33
	2020 年	15	14	6	35
额定输送容量（兆瓦）	2019 年	44164	98600	7860	150624
	2020 年	41164	110600	12860	164624

5　2020 年新投运直流系统（昆柳龙三端直流），运行时间不满一年，禄高肇直流输电系统 2020 年改造，未参与本报告中可靠性指标的计算和分析。

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

可靠性指标	年份	直流系统类型			合计
		超高压系统	特高压系统	背靠背系统	
能量可用率（%）	2019 年	93.589	82.083	95.662	86.165
	2020 年	96.837	95.344	95.067	95.695
强迫停运次数（次）	2019 年	17	13	2	32
	2020 年	12	8	4	24
强迫能量不可用率（%）	2019 年	0.180	0.239	0.039	0.211
	2020 年	0.057	0.020	0.097	0.035
计划能量不可用率（%）	2019 年	6.231	17.678	4.299	13.624
	2020 年	3.106	4.636	4.836	4.269
总输送电量（亿千瓦时）	2019 年	2148.08	3333.48	419.24	5900.79
	2020 年	2056.34	4337.35	453.95	6847.65
能量利用率（%）	2019 年	55.52	38.59	60.89	46.44
	2020 年	56.87	44.65	40.19	47.35

一、超高压直流输电系统可靠性指标

（一）能量可用率与强迫停运次数

2020 年，纳入可靠性统计的 15 个超高压直流输电系统合计能量可用率 96.837%，同比上升 3.248 个百分点；强迫能量不可用率 0.057%，同比下降 0.123 个百分点，计划能量不可用率 3.106%，同比下降 3.125 个百分点；强迫停运次数 12 次，同比减少 5 次。其中，兴安系统能量可用率最高，为 99.192%；牛从乙系统最低，为 94.420%。天广、江城、伊穆、银东、牛从乙、金中、永富系统的强迫能量不可用率最低，为 0%；龙政系统最高，为 0.264%。兴安系统的计划能量不可用率最低，为 0.590%；牛从乙系统最高，为 5.580%。

与 2019 年相比，牛从乙、金中、伊穆、天广系统的能量可用率分别下降 1.436、1.338、0.757、0.560 个百分点；江城、龙政、林枫、柴拉、宜华、德宝、葛南、银东、兴安、永富、牛从甲系统分别上升 22.802、5.924、5.408、5.078、5.016、4.655、3.933、3.755、2.886、0.363、0.096 个百分点。

2020 年，15 个超高压直流输电系统全年发生 1 次双极强迫停运，同比增加 1 次，发生单极强迫停运 11 次，同比减少 6 次。其中天广、江城、伊穆、银东、牛从乙、永富 6 个系统全年未发生强迫停运，兴安系统发生双极强迫停运 1 次。

2020 年超高压直流输电系统主要可靠性指标见表 5-3。

表 5-3　2020 年超高压直流输电系统主要可靠性指标

系统	能量可用率（%）	强迫能量不可用率（%）	计划能量不可用率（%）	单极强迫停运		双极强迫停运	
				次数	小时	次数	小时
葛南	95.752	0.097	4.152	1	16.97	0	0
天广	97.578	0	2.422	0	0	0	0
龙政	97.019	0.264	2.717	2	33.28	0	0
江城	97.021	0	2.979	0	0	0	0
宜华	97.204	0.014	2.782	1	2.53	0	0
兴安	99.192	0.218	0.590	1	0.68	1	18.80
德宝	95.496	0.170	4.334	1	29.90	0	0
伊穆	96.662	0	3.338	0	0	0	0
银东	98.684	0	1.316	0	0	0	0
林枫	97.126	0.068	2.805	1	6.02	0	0
柴拉	95.632	0.069	4.299	1	12.10	0	0
牛从甲	96.725	0.002	3.273	2	1.00	0	0
牛从乙	94.420	0	5.580	0	0	0	0
金中	96.452	0.005	3.499	1	0.44	0	0
永富	95.833	0	4.167	0	0	0	0
合计	96.837	0.057	3.106	11	102.92	1	18.80

（二）能量输送情况

2020 年，15 个超高压直流输电系统总输送电量 2056.34 亿千瓦时，同比减少 91.74 亿千瓦时；能量利用率 56.87%，同比上升 1.35 个百分点。其中银东系统能量利用率最高，为 87.68%；天广系统能量利用率最低，为 38.89%。

与 2019 年相比，伊穆、金中、天广、银东、牛从乙系统的能量利用率分别下降 16.54、7.41、5.49、1.08、0.77 个百分点；德宝、宜华、兴安、永富、柴拉、林枫、江城、牛从甲、葛南、龙政系统分别上升 10.91、9.80、8.98、5.18、4.86、4.74、3.03、2.99、1.52、0.35 个百分点。

2020 年超高压直流输电系统能量输送情况见表 5-4。

表 5-4　2020 年超高压直流输电系统能量输送情况

系统	额定输送容量（兆瓦）	总输送电量（亿千瓦时）	能量利用率（%）
葛南	1164	59.31	58.01
天广	1800	61.49	38.89

系统	额定输送容量（兆瓦）	总输送电量（亿千瓦时）	能量利用率（%）
龙政	3000	109.83	41.68
江城	3000	169.75	64.42
宜华	3000	123.33	46.80
兴安	3000	218.80	83.03
德宝	3000	181.18	68.75
伊穆	3000	103.79	39.39
银东	4000	308.08	87.68
林枫	3000	116.56	44.23
柴拉	600	21.79	41.35
牛从甲	3200	163.83	58.29
牛从乙	3200	151.51	53.90
金中	3200	147.25	52.39
永富	3000	119.84	45.48
合计	41164	2056.34	56.87

（三）换流站可靠性指标

2020 年，兴仁站的能量可用率最高，为 99.677%。牛寨乙站的能量可用率最低，为 94.660%，其计划能量不可用率最高，为 5.340%。政平站强迫能量不可用率最高，为 0.178%。

2020 年，超高压直流输电系统中各换流站发生强迫停运 5 次，均为单极强迫停运，同比减少 6 次。

2020 年超高压直流输电系统换流站指标见表 5-5。

表 5-5　2020 年超高压直流输电系统换流站指标

换流站	能量可用率（%）	强迫能量不可用率（%）	计划能量不可用率（%）	强迫停运次数		
				单极	双极	合计
葛洲坝换流站	95.893	0	4.107	0	0	0
南桥换流站	95.858	0.097	4.046	1	0	1
天生桥换流站	97.769	0	2.231	0	0	0
广州换流站	97.983	0	2.017	0	0	0
龙泉换流站	97.283	0	2.717	0	0	0
政平换流站	97.163	0.178	2.660	1	0	1
江陵换流站	97.021	0	2.979	0	0	0

换流站	能量可用率（%）	强迫能量不可用率（%）	计划能量不可用率（%）	强迫停运次数		
				单极	双极	合计
鹅城换流站	97.021	0	2.979	0	0	0
宜都换流站	97.352	0	2.648	0	0	0
华新换流站	97.570	0	2.430	0	0	0
兴仁换流站	99.677	0	0.323	0	0	0
宝安换流站	99.636	0	0.364	0	0	0
德阳换流站	95.662	0.170	4.168	1	0	1
宝鸡换流站	96.438	0	3.562	0	0	0
伊敏换流站	97.515	0	2.485	0	0	0
穆家换流站	96.662	0	3.338	0	0	0
银东换流站	98.725	0	1.275	0	0	0
胶东换流站	98.684	0	1.316	0	0	0
团林换流站	97.195	0	2.805	0	0	0
枫泾换流站	97.147	0.068	2.784	1	0	1
柴达木换流站	95.922	0	4.078	0	0	0
拉萨换流站	95.701	0	4.299	0	0	0
从西换流站（甲）	96.727	0	3.273	0	0	0
牛寨换流站（甲）	96.727	0	3.273	0	0	0
从西换流站（乙）	97.490	0.103	2.510	1	0	1
牛寨换流站（乙）	94.660	0	5.340	0	0	0
金官换流站	96.452	0	3.548	0	0	0
桂中换流站	96.458	0	3.542	0	0	0
永仁换流站	96.164	0	3.836	0	0	0
富宁换流站	96.164	0	3.836	0	0	0
合计强迫停运次数				5	0	5

二、特高压直流输电系统可靠性指标

（一）能量可用率与强迫停运次数

2020 年，纳入可靠性统计的 14 个特高压直流输电系统合计能量可用率 95.344%，同比上升 13.261 个百分点；强迫能量不可用率 0.020%，同比下降 0.219 个百分点；计划能量不可用率 4.636%，同比下降 13.042 个百分点；全年共发生强

迫停运 2 次，同比减少 11 次，其中单极强迫停运 2 次，未发生双极强迫停运。其中，楚穗系统的能量可用率最高，为 97.898%；吉泉系统最低，为 91.648%。复奉、锦苏、普侨、灵绍、雁淮、锡泰、新东、昭沂、吉泉系统的强迫能量不可用率最低，为 0%；楚穗系统最高，为 0.121%。楚穗系统的计划能量不可用率最低，为 1.981%；吉泉系统最高，为 8.352%。

与 2019 年相比，新东、天中系统的能量可用率分别下降 4.087、0.846 个百分点；昭沂、锡泰、鲁固、祁韶、宾金、锦苏、复奉、普侨、灵绍、雁淮、楚穗系统的能量可用率分别上升 36.684、36.380、28.673、15.382、7.735、6.631、5.350、4.997、4.831、2.664、1.972 个百分点。

2020 年，14 个特高压直流输电系统均未发生双极强迫停运；楚穗系统和宾金系统各发生 1 次单极强迫停运事件，其余特高压直流输电系统均未发生单极强迫停运。

2020 年特高压直流输电系统主要可靠性指标见表 5-6。

表 5-6　2020 年特高压直流输电系统主要可靠性指标

系统	能量可用率（%）	强迫能量不可用率（%）	计划能量不可用率（%）	单极强迫停运		双极强迫停运	
				次数	小时	次数	小时
楚穗	97.898	0.121	1.981	1	5.07	0	0
复奉	95.163	0	4.837	0	0	0	0
锦苏	95.239	0	4.761	0	0	0	0
天中	93.592	0.082	6.326	0	0	0	0
宾金	96.175	0.021	3.804	1	3.70	0	0
普侨	95.735	0	4.265	0	0	0	0
灵绍	96.170	0	3.830	0	0	0	0
祁韶	95.615	0.034	4.352	0	0	0	0
雁淮	96.947	0	3.053	0	0	0	0
鲁固	96.070	0.053	3.876	0	0	0	0
锡泰	96.921	0	3.079	0	0	0	0
新东	95.913	0	4.087	0	0	0	0
昭沂	94.486	0	5.514	0	0	0	0
吉泉	91.648	0	8.352	0	0	0	0
合计	95.344	0.020	4.636	2	8.77	0	0

（二）能量输送情况

2020 年，纳入可靠性统计的特高压直流输电系统有 14 个，同比增加 1 个；总

输送电量 4337.35 亿千瓦时，同比增加 777.28 亿千瓦时；能量利用率 44.65%，同比上升 3.43 个百分点；其中灵绍系统能量利用率最高，为 70.91%；锡泰系统能量利用率最低，为 19.49%。

与 2019 年相比，普桥、楚穗、新东、宾金、天中系统的能量利用率分别下降 5.61、5.58、3.73、1.49、1.07 个百分点；昭沂、灵绍、鲁固、祁韶、锡泰、锦苏、雁淮、复奉系统的能量利用率分别上升 13.61、11.71、10.79、6.36、5.93、1.16、0.94、0.76 个百分点。

2020 年特高压直流输电系统能量输送情况见表 5-7。

表 5-7　2020 年特高压直流输电系统能量输送情况

系统	额定输送容量（兆瓦）	总输送电量（亿千瓦时）	能量利用率（%）
楚穗	5000	259.01	58.97
复奉	6400	306.87	54.59
锦苏	7200	374.23	59.17
天中	8000	408.58	58.14
宾金	8000	330.84	47.08
普侨	5000	192.73	43.88
灵绍	8000	498.30	70.91
祁韶	8000	224.58	31.96
雁淮	8000	259.04	36.86
鲁固	10000	330.88	37.67
锡泰	10000	171.20	19.49
新东	5000	255.30	58.13
昭沂	10000	286.23	32.58
吉泉	12000	439.57	41.70
合计	110600	4337.35	44.65

（三）各换流站可靠性指标

2020 年，楚雄站的能量可用率最高，为 98.410%；吉泉站的能量可用率最低，为 93.140%；穗东站的强迫能量不可用率最高，为 0.121%；天山站的计划能量不可用率最高，为 5.820%；楚雄站计划能量不可用率最低，为 1.590%。

2020 年，特高压直流输电系统的换流站均未发生双极强迫停运；穗东站和金华站各发生 1 次单极强迫停运；穗东发生 2 次阀组强迫停运，天山站、中州站、韶山站和扎鲁特站各发生 1 次阀组强迫停运。

2020 年特高压直流输电系统换流站指标见表 5-8。

表 5-8　2020 年特高压直流输电系统换流站指标

换流站	能量可用率（%）	强迫能量不可用率（%）	计划能量不可用率（%）	强迫停运次数			
				阀组	单极	双极	合计
楚雄换流站	98.410	0.000	1.590	0	0	0	0
穗东换流站	97.898	0.121	1.981	2	1	0	3
复龙换流站	95.163	0.000	4.837	0	0	0	0
奉贤换流站	95.618	0.000	4.382	0	0	0	0
锦屏换流站	95.654	0.000	4.346	0	0	0	0
苏州换流站	95.419	0.000	4.581	0	0	0	0
天山换流站	94.133	0.047	5.820	1	0	0	1
中州换流站	96.047	0.036	3.918	1	0	0	1
宜宾换流站	96.196	0.000	3.804	0	0	0	0
金华换流站	96.295	0.021	3.684	0	1	0	1
普洱换流站	97.522	0.000	2.478	0	0	0	0
侨乡换流站	96.743	0.000	3.257	0	0	0	0
灵州换流站	96.170	0.000	3.830	0	0	0	0
绍兴换流站	96.404	0.000	3.596	0	0	0	0
祁连换流站	95.648	0.000	4.352	0	0	0	0
韶山换流站	95.616	0.034	4.351	1	0	0	1
雁门关换流站	97.057	0.000	2.943	0	0	0	0
淮安换流站	96.957	0.000	3.043	0	0	0	0
扎鲁特换流站	97.145	0.053	2.802	1	0	0	1
广固换流站	96.186	0.000	3.814	0	0	0	0
锡盟换流站	96.921	0.000	3.079	0	0	0	0
泰州换流站	97.090	0.000	2.910	0	0	0	0
新松换流站	95.961	0.000	4.039	0	0	0	0
东方换流站	95.913	0.000	4.087	0	0	0	0
伊克昭换流站	97.001	0.000	2.999	0	0	0	0
沂南换流站	94.486	0.000	5.514	0	0	0	0
昌吉换流站	94.949	0.000	5.051	0	0	0	0
吉泉换流站	93.140	0.000	6.860	0	0	0	0
合计强迫停运次数				6	2	0	8

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

2020 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 95.067%，同比下降 0.595 个百分点；强迫能量不可用率 0.097%，同比上升 0.058 个百分点；计划能量不可用率 4.836%，同比上升 0.537 个百分点。全年共发生单元强迫停运 4 次，同比减少 2 次。其中，黑河系统的能量可用率最高，为 97.428%；施州系统最低，为 91.993%。灵宝、高岭系统的强迫能量不可用率最低，为 0%；施州系统最高，为 0.254%。黑河系统的计划能量不可用率最低，为 2.572%；施州系统最高，为 7.753%。

与 2019 年相比，黑河、高岭、灵宝系统的能量可用率分别上升 2.864、2.114、0.670 个百分点；鲁西系统的能量可用率下降 1.409 个百分点；宜昌、施州换流站今年第一次纳入统计。

2020 年，6 个背靠背直流输电系统共发生 4 次单元强迫停运。其中，鲁西系统发生 2 次，宜昌和施州系统各发生 1 次。

2020 年背靠背直流输电系统主要可靠性指标见表 5-9。

表 5-9　2020 年背靠背直流输电系统主要可靠性指标

统计对象		能量可用率（%）	强迫能量不可用率（%）	计划能量不可用率（%）	单元强迫停运	
					次数	小时
灵宝	换流站	96.514	0	3.486	0	0
	单元 I	98.391	0	1.609	0	0
	单元 II	98.123	0	1.877	0	0
高岭	换流站	97.354	0	2.646	0	0
	单元 I、II	98.676	0	1.324	0	0
	单元 I	99.338	0	0.662	0	0
	单元 II	99.338	0	0.662	0	0
	单元 III、IV	98.678	0	1.322	0	0
	单元 III	99.339	0	0.661	0	0
	单元 IV	99.339	0	0.661	0	0
黑河	单元 I	97.428	0	2.572	0	0
鲁西	换流站	94.884	0.094	5.022	2	24.77
	单元 I	96.622	0	3.378	0	0
	单元 II	95.773	0	4.227	0	0
	单元 III	92.256	0.282	7.462	2	24.77

统计对象		能量可用率（%）	强迫能量不可用率（%）	计划能量不可用率（%）	单元强迫停运	
					次数	小时
宜昌	换流站	94.266	0.131	5.603	1	23.02
	单元 I	97.132	0	2.868	0	0
	单元 II	97.134	0.131	2.735	1	23.02
施州	换流站	91.993	0.254	7.753	1	44.70
	单元 I	96.258	0	3.742	0	0
	单元 II	95.734	0.254	4.011	1	44.70
背靠背换流站合计		95.067	0.097	4.836	4	92.48

（二）能量输送情况

2020 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 453.96 亿千瓦时，同比增加 34.72 亿千瓦时；能量利用率 40.19%，同比下降 20.70 个百分点。其中，灵宝换流站的能量利用率最高，为 91.62%；施州换流站能量利用率最低，为 18.30%。

与 2019 年相比，黑河、鲁西换流站的能量利用率分别上升 0.10、1.15 个百分点；灵宝、高岭换流站的能量利用率分别下降 3.26、17.88 个百分点；宜昌、施州换流站今年第一次纳入统计。

2020 年，背靠背直流输电系统共含有 14 个单元，其中，灵宝站单元 I 能量利用率最高，为 97.69%；施州站单元 II 能量利用率最低，为 18.11%。与 2019 年相比，有 4 个单元的能量利用率上升，其中鲁西单元 I、单元 II 上升幅度最大，上升 2.38 个百分点；有 6 个单元的能量利用率下降，其中高岭站单元 III 的下降幅度最大，下降 20.22 个百分点。

2020 年背靠背直流输电系统能量输送情况见表 5-10。

表 5-10　2020 年背靠背直流输电系统能量输送情况

统计对象		额定输送容量（兆瓦）	总输送电量（亿千瓦时）	能量利用率（%）
灵宝	换流站	1110	89.33	91.62
	单元 I	360	30.89	97.69
	单元 II	750	58.44	88.71
高岭	换流站	3000	170.49	64.70
	单元 I、II	1500	84.03	63.77
	单元 I	750	42.15	63.98
	单元 II	750	41.88	63.56
	单元 III、IV	1500	86.46	65.62

统计对象		额定输送容量（兆瓦）	总输送电量（亿千瓦时）	能量利用率（%）
	单元 III	750	43.15	65.50
	单元 IV	750	43.31	65.74
黑河	单元 I	750	27.04	41.04
鲁西	换流站	3000	86.33	32.76
	单元 I	1000	61.28	34.88
	单元 II	1000		
	单元 III	1000	25.05	28.51
宜昌	换流站	2500	40.59	18.49
	单元 I	1250	20.34	18.53
	单元 II	1250	20.25	18.45
施州	换流站	2500	40.18	18.30
	单元 I	1250	20.29	18.48
	单元 II	1250	19.89	18.11
背靠背换流站合计		12860	453.96	40.19

第三节　强迫停运及降额运行情况

一、强迫停运情况

2020 年，全国直流输电系统共发生 24 次强迫停运，其中双极强迫停运 1 次、单极强迫停运 13 次、阀组强迫停运 6 次、单元强迫停运 4 次。

2020 年，全国直流输电系统强迫停运等效停运小时累计 159.44 小时。其中等效停运时间最长的是鲁西系统，为 24.77 小时；天广、江城等 18 个系统未发生强迫停用，等效停运时间为 0 小时。

2020 年直流输电系统强迫停运情况见表 5-11。

表 5-11　2020 年直流输电系统强迫停运情况

系统	阀组强迫停运		单极强迫停运		双极强迫停运		单元强迫停运		强迫停运合计	
	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	等效停运小时
葛南	–	–	1	16.97	0	0	–	–	1	8.48
天广	–	–	0	0	0	0	–	–	0	0
龙政	–	–	2	33.28	0	0	–	–	2	16.64
江城	–	–	0	0	0	0	–	–	0	0

系统	阀组强迫停运		单极强迫停运		双极强迫停运		单元强迫停运		强迫停运合计	
	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	等效停运小时
宜华	–	–	1	2.53	0	0	–	–	1	1.27
兴安	–	–	1	0.68	1	18.80	–	–	2	19.14
德宝	–	–	1	29.90	0	0	–	–	1	14.95
伊穆	–	–	0	0	0	0	–	–	0	0
银东	–	–	0	0	0	0	–	–	0	0
林枫	–	–	1	6.02	0	0	–	–	1	6.02
柴拉	–	–	1	12.10	0	0	–	–	1	6.05
牛从甲	–	–	1	1.00	0	0	–	–	2	0.50
牛从乙	–	–	0	0	0	0	–	–	0	0
金中	–	–	1	0.44	0	0	–	–	1	0.44
永富	–	–	0	0	0	0			0	0
楚穗	2	32.32	1	5.07	0	0	–	–	3	10.61
复奉	0	0	0	0	0	0	–	–	0	0
锦苏	0	0	0	0	0	0	–	–	0	0
天中	2	28.95	0	0	0	0	–	–	2	7.2
宾金	0	0	1	3.70	0	0	–	–	1	1.85
普侨	0	0	0	0	0	0	–	–	0	0
灵绍	0	0	0	0	0	0	–	–	0	0
祁韶	1	11.80	0	0	0	0	–	–	1	2.95
雁淮	0	0	0	0	0	0	–	–	0	0
鲁固	1	18.73	0	0	0	0	–	–	1	4.68
锡泰	0	0	0	0	0	0	–	–	0	0
新东	0	0	0	0	0	0	–	–	0	0
昭沂	0	0	0	0	0	0	–	–	0	0
吉泉	0	0	0	0	0	0	–	–	0	0
灵宝	–	–	–	–	–	–	0	0	0	0
高岭	–	–	–	–	–	–	0	0	0	0
黑河	–	–	–	–	–	–	0	0	0	0
鲁西	–	–	–	–	–	–	2	24.77	2	24.77
宜昌	–	–	–	–	–	–	1	23.02	1	11.51
施州	–	–	–	–	–	–	1	44.70	1	22.35
全国累计	6	91.80	13	111.68	1	18.80	4	92.48	24	159.44

与 2019 年相比，2020 年双极强迫停运增加 1 次，单极强迫停运减少 9 次，总计强迫停运次数和累计各系统强迫停运等效停运小时均大幅下降。

2016-2020 年全国直流输电系统强迫停运情况见表 5-12。

表 5-12　2016-2020 年全国直流输电系统强迫停运情况

停运类型	指标类别	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
双极强迫停运	点对点双极数量（个）	20	22	26	29	29
	次数 (次)	1	4	3	0	1
	平均次数 (次 / 双极 · 年)	0. 050	0. 182	0. 115	0. 000	0. 034
单极强迫停运	点对点单极数量（个）	40	44	52	58	58
	次数 (次)	27	21	18	22	13
	平均 (次 / 极 · 年)	0. 675	0. 477	0. 346	0. 379	0. 224
单元强迫停运	背靠背单元数量（个）	7	7	10	10	14
	次数 (次)	6	3	4	2	4
	平均次数 (次 / 单元 · 年)	0. 857	0. 429	0. 400	0. 200	0. 286
阀组强迫停运	双阀组系统数量（个）	6	7	11	13	14
	次数 (次)	9	5	10	8	6
	平均次数 (次 / 系统 · 年)	1. 500	0. 714	0. 909	0. 615	0. 429

2016-2020 年全国直流输电系统平均强迫停运次数见图 5-1。

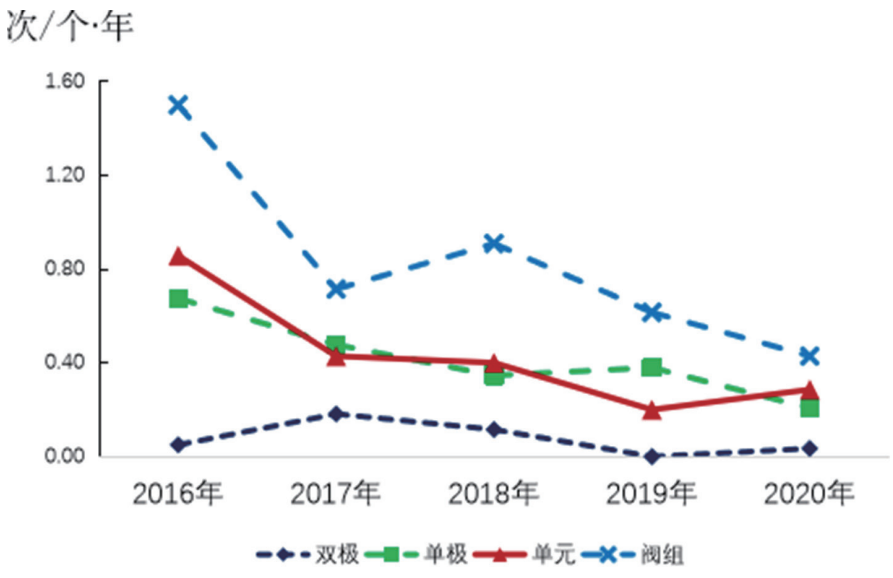


图 5-1　2016-2020 年全国直流输电系统平均强迫停运次数

二、强迫停运主要原因分析

2020 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 17.96%，换流站原因占 82.04%。

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。

2020 年全国直流输电系统强迫停运和降额运行的主要分类原因见表 5-13。

表 5-13　2020 年全国直流输电系统强迫停运和降额运行的主要分类原因

系统	AC-E		V		C&P		DC-E		O		TL	
	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间
葛南	1	8.48	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	1	15.59	0	0.	0	0	0	0	1	1.05
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	1	1.27
兴安	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	19.14
德宝	0	0	0	0	0	0	1	14.95	0	0	0	0
伊穆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
银东	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
林枫	1	6.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
柴拉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6.05
牛从甲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.20
牛从乙	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9.08
金中	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.44
永富	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
楚穗	0	0	1	3.41	0	0	0	0	2	3.167	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	2	7.24	0	0	0	0	0	0
宾金	0	0	0	0	0	0	1	1.85	0	0	0	0
普侨	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
灵绍	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
祁韶	0	0	0	0	0	0	1	2.95	0	0	0	0

系统	AC-E		V		C&P		DC-E		O		TL	
	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间	次数	等效时间
雁淮	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
鲁固	0	0	0	0	1	4.68	0	0	0	0	0	0
锡泰	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
新东	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
昭沂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
吉泉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
灵宝	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
高岭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黑河	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
鲁西	0	0	0	0	2	27.77	0	0	0	0	0	0
宜昌	0	0	0	0	1	11.51	0	0	0	0	0	0
施州	0	0	0	0	0	0	1	22.35	0	0	0	0
合计	2	14.50	2	19.00	6	51.20	4	42.10	2	3.17	8	28.44

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

2020 年，全国直流输电系统由于控制和保护系统导致的强迫停运比例最高，为 32.32%，同比上升 17.07 个百分点；其次为直流一次设备原因占 26.58%，同比上升 10.57 个百分点；直流输电线路原因占 17.96%，同比上升 1.67 个百分点。

2020 年三类直流输电系统累计等效强迫停运小时的原因分类见表 5-14。

表 5-14　2020 年三类直流输电系统累计等效强迫停运小时的原因分类

系统类型	指标	AC-E	V	C&P	DC-E	O	TL	合计
超高压系统	时间影响百分比	9.15	9.84	0	9.44	0	17.96	46.39
	等效停运小时	14.50	15.59	0	14.95	0	28.44	73.48
特高压系统	时间影响百分比	0	2.15	7.53	3.03	2.00	0	14.71
	等效停运小时	0	3.41	11.92	4.80	3.17	0	23.29
背靠背系统	时间影响百分比	0	0	24.79	14.11	0	0	38.90
	等效停运小时	0	0	39.27	22.35	0	0	61.62
全国累计	时间影响百分比	9.15	11.99	32.32	26.58	2.00	17.96	100
	等效停运小时	14.50	19.00	51.20	42.10	3.17	28.44	159.44

第四节　计划停运情况

2020 年，全国直流输电系统计划停运总计 170 次，其中双极计划停运 23 次、单极计划停运 29 次、阀组计划停运 67 次、单元计划停运 51 次。

2020 年，全国直流输电系统计划停运等效停运小时累计 12958.98 小时。其中等效停运时间最长的是鲁西系统，为 1323.48 小时；等效停运时间最短的是兴安系统，为 51.86 小时。

2020 年直流输电系统计划停运情况见表 5-15。

表 5-15　2020 年直流输电系统计划停运情况

系统	阀组计划停运		单极停运		双极计划停运		单元计划停运		计划停运合计	
	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	等效停运小时
葛南	--	--	3	21.53	1	353.92	--	--	4	364.68
天广	--	--	3	60.57	2	182.47	--	--	5	212.75
龙政	--	--	0	0	1	238.65	--	--	1	238.65
江城	--	--	0	0	1	261.72	--	--	1	261.72
宜华	--	--	2	10.17	1	239.28	--	--	3	244.37
兴安	--	--	7	103.72	0	0	--	--	7	51.86
德宝	--	--	4	164.05	1	298.66	--	--	5	380.68
伊穆	--	--	3	586.35	0	0	--	--	3	293.17
银东	--	--	0	0	1	115.59	--	--	1	115.59
林枫	--	--	0	0	1	246.43	--	--	1	246.43
柴拉	--	--	2	755.27	0	0	--	--	2	377.63
牛从甲	--	--	3	574.93	0	0	--	--	3	287.47
牛从乙	--	--	12	940.53	1	19.53	--	--	13	489.80
金中	--	--	3	623.30	0	0	--	--	3	311.65
永富	--	--	0	0	3	365.00	--	--	3	365.00
楚穗	8	660.52	0	0	1	8.87	--	--	9	174.00
复奉	4	910.77	1	394.42	0	0	--	--	5	424.90
锦苏	6	200.97	0	0	1	368.00	--	--	7	418.24
天中	6	893.63	0	0	1	332.24	--	--	7	555.65
宾金	0	0.00	0	0	1	334.12	--	--	1	334.12
普侨	5	475.13	0	0	3	255.88	--	--	8	374.67
灵绍	3	837.55	1	254.07	0	0	--	--	4	336.42

系统	阀组计划停运		单极停运		双极计划停运		单元计划停运		计划停运合计	
	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	小时	次数	等效停运小时
祁韶	0	0.00	2	764.52	0	0	--	--	2	382.26
雁淮	1	26.58	1	1.70	1	260.65	--	--	3	268.15
鲁固	9	1362.00	0	0	0	0	--	--	9	340.50
锡泰	0	0.00	2	540.83	0	0	--	--	2	270.42
新东	5	383.30	0	0	2	263.20	--	--	7	359.02
昭沂	10	1937.50	0	0	0	0	--	--	10	484.37
吉泉	10	1641.10	2	646.75	0	0	--	--	12	733.65
灵宝	--	--	--	--	--	--	3	612.42	3	306.21
高岭	--	--	--	--	--	--	4	929.73	4	232.43
黑河	--	--	--	--	--	--	1	225.88	1	225.88
鲁西	--	--	--	--	--	--	10	1323.48	10	1323.48
宜昌	--	--	--	--	--	--	5	984.32	5	492.16
施州	--	--	--	--	--	--	6	1361.98	6	680.99
全国累计	67	9329.05	51	6442.70	23	4144.21	29	5437.82	170	12958.98

2020 年，纳入可靠性统计的直流输电系统中，年度检修的等效停运小时最长的是宜昌系统，为 472.47 小时；其次是施州系统和复奉系统，分别为 448.52 小时和 416.46 小时；天广、兴安、楚穗、鲁西系统全年未安排年度检修，其他系统的年度检修计划停运等效停运小时都在 400 小时以内。

天广、兴安、牛从乙、金中、楚穗、普侨、新东、吉泉、鲁西系统年度检修等效停运小时占计划停运等效停运小时比例低于 50%，龙政、江城、银东、林枫、柴拉、宾金、灵绍、祁韶、锡泰、高岭、黑河系统的占比都为 100%。

除年度检修之外，其他计划停运的等效停运小时最长的是鲁西系统，为 1323.48 小时；其次是吉泉系统，为 410.27 小时；其他系统和背靠背换流单元的其他计划停运的等效停运小时都在 300 小时以内。

2020 年直流输电系统年度检修情况见表 5-16。

表 5-16　2020 年直流输电系统年度检修情况

统计对象	年度检修停运			其他计划停运		
	次数	系统等效停运小时（小时）	时间百分比（%）	次数	系统等效停运小时（小时）	时间百分比（%）
葛南	1	353.92	97.05	3	10.77	2.95
天广	0	0	0	5	212.75	100

统计对象	年度检修停运			其他计划停运		
	次数	系统等效停运小时（小时）	时间百分比（%）	次数	系统等效停运小时（小时）	时间百分比（%）
龙政	1	238.65	100	0	0	0
江城	1	261.72	100	0	0	0
宜华	1	239.28	97.92	2	5.08	2.08
兴安	0	0	0	7	51.86	100
德宝	1	298.66	78.45	4	82.02	21.55
伊穆	2	285.88	97.51	1	7.29	2.49
银东	1	115.59	100	0	0	0
林枫	1	246.43	100	0	0	0
柴拉	2	377.63	100	0	0	0
牛从甲	1	278.75	96.97	2	8.72	3.03
牛从乙	1	192.00	39.20	12	297.80	60.80
金中	1	155.58	49.92	2	156.07	50.08
永富	1	336.00	92.05	2	29.00	7.95
楚穗	0	0	0	9	174.00	100
复奉	3	416.46	98.01	2	8.44	1.99
锦苏	1	368.00	87.99	6	50.24	12.01
天中	4	341.63	61.48	3	214.02	38.52
宾金	1	334.12	100	0	0	0
普侨	1	132.48	35.36	7	242.19	64.64
灵绍	4	336.42	100	0	0	0
祁韶	2	382.26	100	0	0	0
雁淮	1	260.65	97.20	2	7.50	2.80
鲁固	4	246.13	72.29	5	94.37	27.71
锡泰	2	270.42	100	0	0	0
新东	1	123.96	34.53	6	235.06	65.47
昭沂	4	272.10	56.18	6	212.27	43.82
吉泉	2	323.37	44.08	10	410.27	55.92
灵宝	2	305.10	99.64	1	1.11	0.36
高岭	4	232.43	100	0	0	0
黑河	1	225.88	100	0	0	0
鲁西	0	0	0	10	1323.48	100
宜昌	2	472.47	96.00	3	19.68	4.00
施州	2	448.52	65.86	4	232.47	34.14
全国累计	56	8872.52	68.47	114	4086.46	31.53

第六章　2020 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

2020 年，全国供电系统用户平均供电可靠率 99.865%，同比上升 0.022 个百分点；用户平均停电时间 11.87 小时 / 户，同比减少 1.85 小时 / 户；用户平均停电频率 2.69 次 / 户，同比减少 0.29 次 / 户。其中，全国城市地区平均供电可靠率 99.945%，农村地区平均供电可靠率 99.835%，城市、农村地区平均供电可靠率相差 0.110 个百分点；全国城市地区用户平均停电时间 4.82 小时 / 户，农村地区用户平均停电时间 14.51 小时 / 户，城市、农村地区用户平均停电时间相差 9.69 小时 / 户；全国城市地区用户平均停电频率 1.17 次 / 户，农村地区用户平均停电频率 3.25 次 / 户，城市、农村地区用户平均停电频率相差 2.08 次 / 户。

2020 年全国供电系统用户供电可靠性指标汇总见表 6-1。

表 6-1　2020 年全国供电系统用户供电可靠性指标汇总

可靠性指标		全口径（1+2+3+4）	城市地区				农村地区（4）
			城市（1+2+3）	市中心（1）	市区（2）	城镇（3）	
等效总用户数（万户）		1087.61	296.29	25.27	122.74	148.27	791.32
用户总容量（亿千伏安）		41.34	20.19	2.55	9.29	8.35	21.15
线路总长度（万千米）		537.39	111.41	12.20	44.60	54.61	425.99
架空线路绝缘化率（%）		32.16	62.91	64.14	73.94	57.53	28.41
线路电缆化率（%）		18.62	57.23	76.76	67.54	44.45	8.52
平均供电可靠率 (%)	*	99.865	99.945	99.983	99.966	99.922	99.835
	**	99.872	99.947	99.983	99.967	99.925	99.844
平均停电时间（小时 / 户）	*	11.87	4.82	1.51	3.01	6.88	14.51
	**	11.26	4.66	1.47	2.94	6.63	13.73
平均停电频率（次 / 户）	*	2.69	1.17	0.41	0.79	1.61	3.25
	**	2.62	1.14	0.41	0.78	1.57	3.18

可靠性指标		全口径（1+2+3+4）	城市地区				农村地区（4）
			城市（1+2+3）	市中心（1）	市区（2）	城镇（3）	
故障平均停电时间（小时 / 户）	*	5.84	2.25	0.72	1.52	3.12	7.19
	**	5.24	2.09	0.68	1.45	2.86	6.41
预安排平均停电时间（小时 / 户）		6.02	2.57	0.79	1.49	3.77	7.32

注：1：市中心区；2：市区；3：城镇；4：农村；*：剔除重大事件日前指标；**：剔除重大事件日后指标

二、“十三五”期间供电可靠性趋势

“十三五”期间，全国供电系统用户平均供电可靠率由 2016 年的 99.805% 提升至 2020 年的 99.865%，提升了 0.060 个百分点，其中城市地区的平均供电可靠率由 2016 年的 99.941% 提升至 2020 年的 99.945%，提升了 0.004 个百分点；农村地区的平均供电可靠率由 2016 年的 99.758% 提升至 2020 年的 99.835%，提升了 0.077 个百分点。

2016-2020 年全国供电系统用户平均供电可靠率变化见图 6-1。

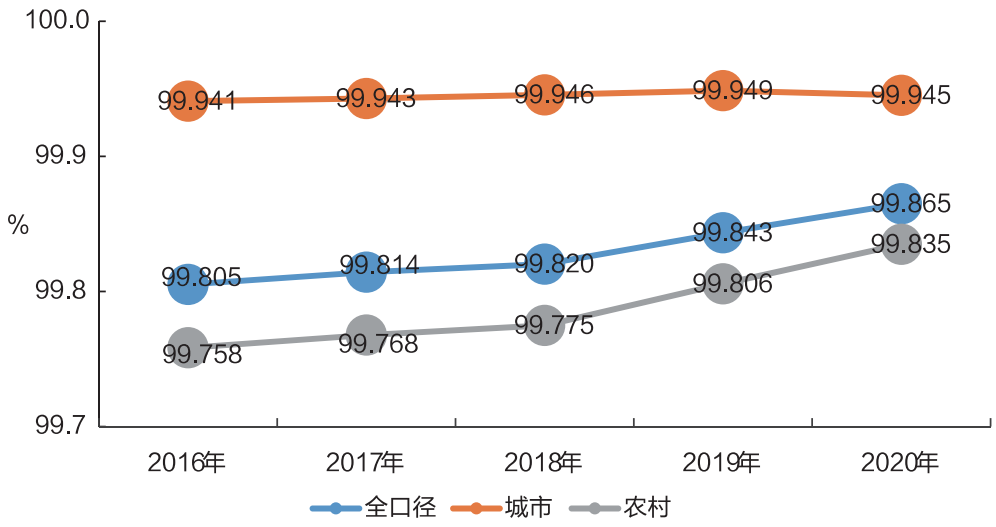


图 6-1　2016-2020 年全国供电系统用户平均供电可靠率变化

“十三五”期间，全国的用户平均停电时间由 2016 年的 17.11 小时 / 户下降至 2020 年的 11.87 小时 / 户，下降了 5.24 小时 / 户，其中城市地区的用户平均停电时间由 2016 年的 5.20 小时 / 户下降至 2020 年的 4.82 小时 / 户，下降了 0.38 小时 / 户；农村地区的用户平均停电时间由 2016 年的 21.23 小时 / 户下降至 2020 年的 14.51 小时 / 户，下降了 6.72 小时 / 户。

2016-2020 全国供电系统用户平均停电时间变化见图 6-2。

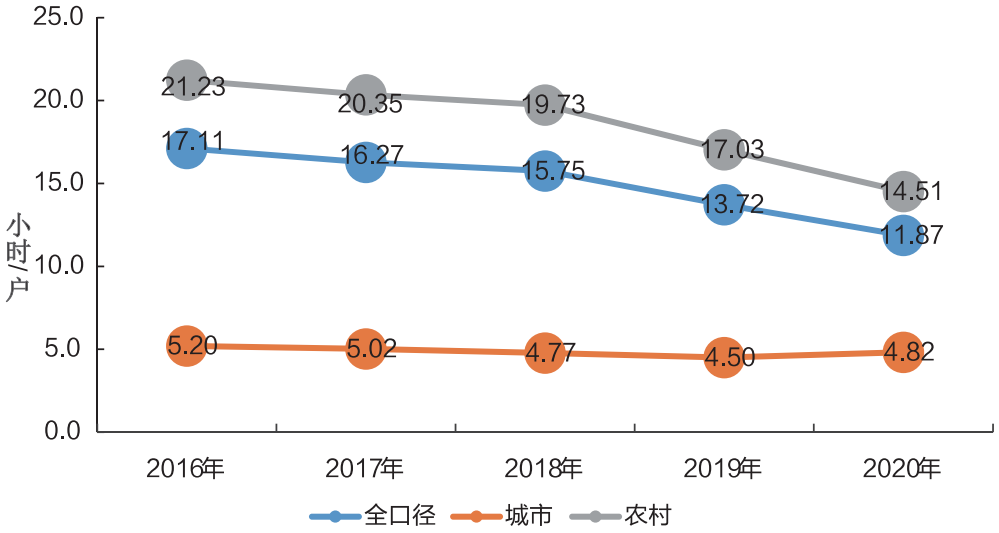


图 6-2　2016-2020 全国供电系统用户平均停电时间变化

“十三五”期间，全国的用户平均停电频率由 2016 年的 3.57 次 / 户下降至 2.69 次 / 户，下降了 0.88 次 / 户，其中城市地区的用户平均停电频率由 2016 年的 1.22 次 / 户下降至 1.17 次 / 户，下降了 0.05 次 / 户；农村地区的用户平均停电频率由 2016 年的 4.39 次 / 户下降至 3.25 次 / 户，下降了 1.14 次 / 户。

2016-2020 全国供电系统用户平均停电频率变化见图 6-3。

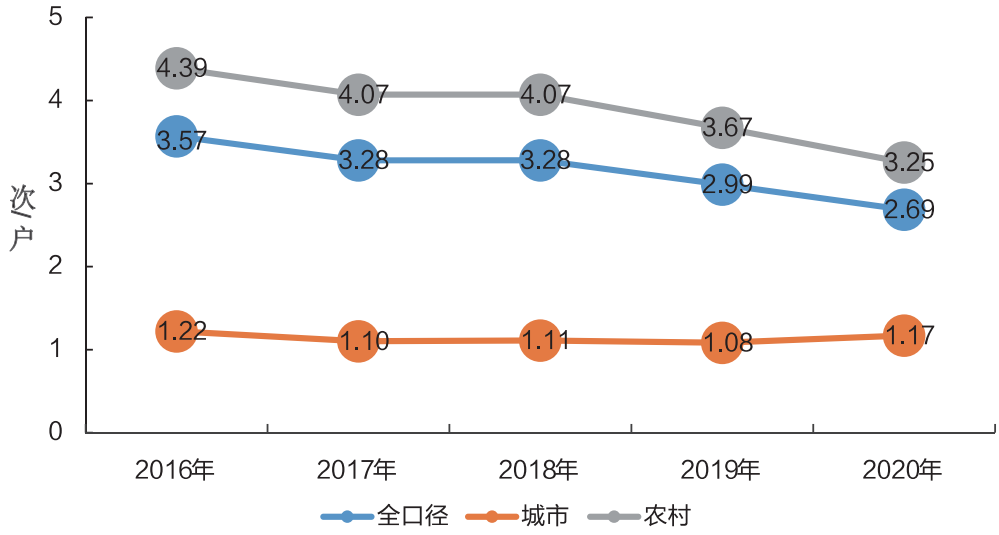


图 6-3　2016-2020 全国供电系统用户平均停电频率变化

第二节　区域供电可靠性

一、用户平均停电时间

2020 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，西北区域供电可靠性平均水平明显差于其他区域。

华东的全口径、城市地区和农村地区用户平均停电时间分别为 5.18 小时 / 户、2.64 小时 / 户、6.23 小时 / 户，华北分别为 10.42 小时 / 户、3.87 小时 / 户、12.85 小时 / 户，均优于全国平均值（全国平均值分别为 11.87 小时 / 户、4.82 小时 / 户和 14.51 小时 / 户）。华东区域内城市与农村地区用户平均停电时间相差最小，差值 3.60 小时 / 户；西北区域内城市与农村地区用户平均停电时间相差最大，差值 14.84 小时 / 户。

2020 年各区域全口径、城市地区和农村地区用户平均停电时间见图 6-4。

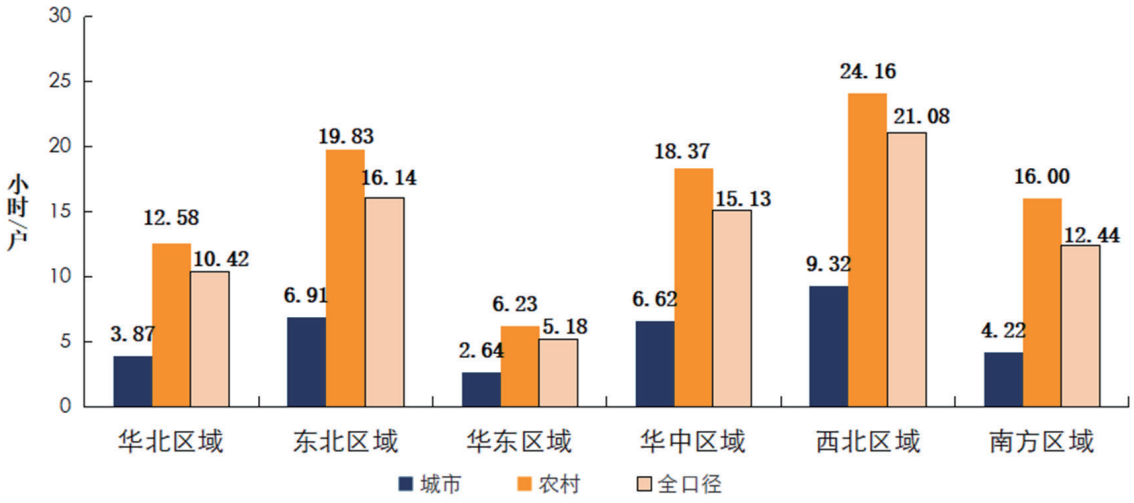


图 6-4　2020 年各区域全口径、城市地区和农村地区用户平均停电时间

二、用户平均停电频率

华东的全口径、城市地区和农村地区用户平均停电频率分别为 1.66 次 / 户、0.89 次 / 户、1.98 次 / 户，华北分别为 2.61 次 / 户、1.02 次 / 户、3.13 次 / 户，

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。

均优于全国平均值（全国平均值分别为 2.69 次 / 户、1.17 次 / 户和 3.25 次 / 户）。华东区域内城市与农村地区用户平均停电频率相差最小，差值 1.09 次 / 户；南方区域内城市与农村地区用户平均停电频率相差最大，差值 3.07 次 / 户。

2020 年各区域全口径、城市地区和农村地区用户平均停电频率见图 6-5。

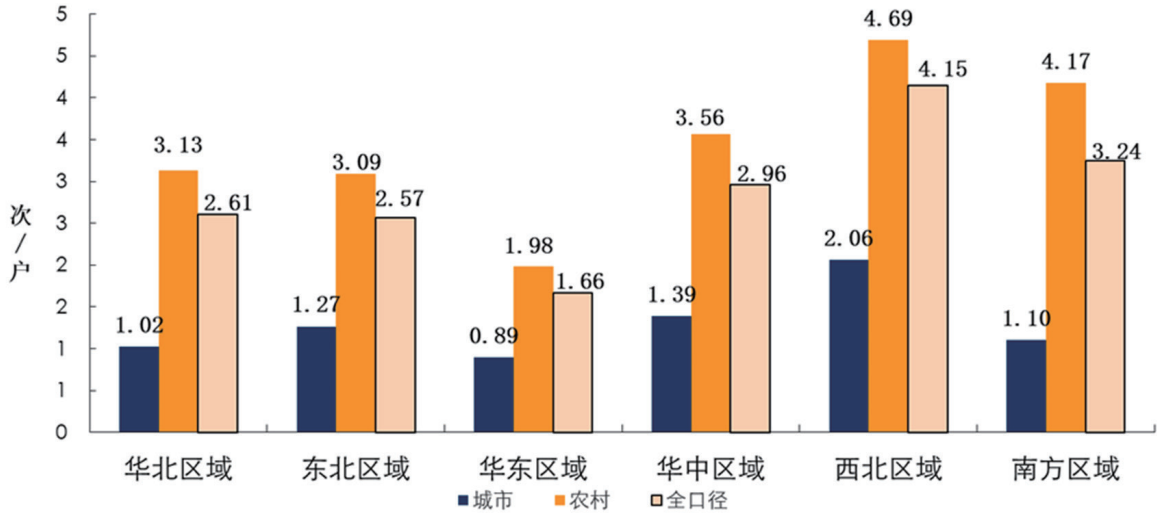


图 6-5　2020 年各区域全口径、城市地区和农村地区用户平均停电频率

第三节　省级行政区供电可靠性

一、用户平均停电时间

2020 年，31 个省级行政区中[8]，上海市、北京市、天津市、江苏省、浙江省、广东省、山东省、福建省的用户平均停电时间少于 10 小时 / 户，西藏自治区、新疆自治区、广西自治区、吉林省的用户平均停电时间超过 20 小时 / 户。其中，上海市、北京市、天津市的城市地区用户平均停电时间少于 1 小时 / 户，西藏自治区、新疆自治区、青海省的城市地区用户平均停电时间超过 10 小时 / 户，各省城市地区用户平均停电时间最大相差 40.55 小时 / 户；上海市、北京市、天津市、江苏省、浙江省、山东省、广东省的农村地区用户平均停电时间少于 10 小时 / 户，西藏自治区、新疆自治区、广西自治区的农村地区用户平均停电时间超过 30 小时 / 户，各省农村地区用户平均停电时间最大相差 70.25 小时 / 户。

31 个省级行政区中，28 个的用户平均停电时间同比减少，减少幅度超过 10%

8　本报告未含香港特别行政区、澳门特别行政区、台湾地区数据

的有 20 个，前两位的天津市和北京市减少幅度超过 50%，分别为 70.82% 和 52.11%（分别减少用户平均停电时间 3.95 小时 / 户和 1.08 小时 / 户）；吉林省、四川省和湖南省的用户平均停电时间同比增加，其中吉林省的增加幅度最大，同比增加了 28.95%（用户平均停电时间增加 5.38 小时 / 户），主要是由于吉林地区 2020 年 11 月遭受重大冰冻雨雪自然灾害，造成用户平均停电时间增加 7.87 小时 / 户。

2020 年各省级行政区及相关企业用户平均停电时间见表 6-2。

表 6-2　2020 年各省级行政区及相关企业用户平均停电时间

地区 / 公司	用户平均停电时间（小时 / 户）		
	全口径	城市地区	农村地区
北京市	0.99	0.52	1.69
国网北京市电力公司	0.99	0.52	1.69
天津市	1.63	0.92	2.29
国网天津市电力公司	1.63	0.92	2.29
河北省	15.35	6.80	16.95
国网冀北电力有限公司	16.13	6.34	18.24
国网河北省电力有限公司	15.02	7.04	16.42
山西省	15.08	7.03	17.00
国网山西省电力公司	15.42	6.83	17.39
山西地方电力有限公司	10.18	8.95	10.66
内蒙古自治区	17.10	8.02	19.30
内蒙古电力（集团）有限责任公司	16.94	7.70	19.87
国网内蒙古东部电力有限公司	17.29	8.68	18.71
辽宁省	11.59	5.31	13.97
国网辽宁省电力有限公司	11.59	5.31	13.97
吉林省	23.96	6.79	29.47
国网吉林省电力有限公司	23.96	6.79	29.47
黑龙江省	15.51	9.11	18.96
国网黑龙江省电力有限公司	15.51	9.11	18.96
上海市	0.68	0.33	0.94
国网上海市电力公司	0.68	0.33	0.94
江苏省	3.39	2.08	3.90
国网江苏省电力有限公司	3.39	2.08	3.90

地区 / 公司	用户平均停电时间（小时 / 户）		
	全口径	城市地区	农村地区
浙江省	3.49	2.14	4.03
国网浙江省电力有限公司	3.49	2.14	4.03
安徽省	11.09	5.88	13.31
国网安徽省电力有限公司	11.09	5.88	13.31
福建省	8.52	2.57	10.59
国网福建省电力有限公司	8.52	2.57	10.59
江西省	15.22	7.75	18.27
国网江西省电力有限公司	15.22	7.75	18.27
山东省	3.87	2.35	4.47
国网山东省电力公司	3.87	2.35	4.47
河南省	14.59	6.21	17.23
国网河南省电力公司	14.59	6.21	17.23
湖北省	13.24	4.81	16.68
国网湖北省电力有限公司	13.24	4.81	16.68
湖南省	14.90	5.35	18.91
国网湖南省电力有限公司	14.90	5.35	18.91
广东省	3.84	1.75	5.43
广东电网有限责任公司	4.26	2.07	5.65
深圳供电局有限公司	0.46	0.39	0.68
广西自治区	25.77	9.16	30.92
广西电网有限责任公司	10.78	3.64	13.54
广西新电力集团有限公司	55.06	28.69	59.86
海南省	11.82	6.43	14.54
海南电网有限责任公司	11.82	6.43	14.54
重庆市	12.17	5.03	15.88
国网重庆市电力公司	12.17	5.03	15.88
四川省	16.49	6.81	19.57
国网四川省电力公司	16.49	6.81	19.57
贵州省	15.63	6.31	18.07
贵州电网有限责任公司	15.63	6.31	18.07
云南省	15.57	7.81	17.23

地区 / 公司	用户平均停电时间（小时 / 户）		
	全口径	城市地区	农村地区
云南电网有限责任公司	15.88	7.88	17.56
云南保山电力股份有限公司	9.20	6.68	9.84
西藏自治区	58.67	40.88	71.19
国网西藏电力有限公司	58.67	40.88	71.19
陕西省	17.48	8.56	20.33
国网陕西省电力公司	13.15	6.47	18.52
陕西省地方电力（集团）公司	20.82	16.97	21.18
甘肃省	16.51	5.62	18.19
国网甘肃省电力公司	16.51	5.62	18.19
青海省	17.88	11.05	20.45
国网青海省电力公司	17.88	11.05	20.45
宁夏自治区	13.46	5.66	16.83
国网宁夏电力有限公司	13.46	5.66	16.83
新疆自治区	30.54	13.14	34.69
国网新疆电力有限公司	30.54	13.14	34.69

注：广西新电力集团有限公司（原广西水利电业集团有限公司）于 2019 年被广西电网有限责任公司控股，本报告仍单独统计

二、用户平均停电频率

2020 年，31 个省级行政区中，上海市、北京市、天津市、广东省、江苏省的用户平均停电频率少于 1 次 / 户，西藏自治区、广西自治区、新疆自治区、山西省的用户平均停电频率超过 5 次 / 户。其中，上海市、北京市、天津市、广东省、山东省、福建省、江苏省、重庆市、浙江省、辽宁省的城市地区用户平均停电频率少于 1 次 / 户，西藏自治区的城市地区用户平均停电频率超过 5 次 / 户；上海市、北京市、天津市、江苏省、山东省、广东省、浙江省、福建省的农村地区用户平均停电频率少于 2 次 / 户，西藏自治区、广西自治区、新疆自治区、山西省、贵州省、湖南省的农村地区用户平均停电频率超过 5 次 / 户。

31 个省级行政区中，24 个的用户平均停电频率同比减少，减少幅度超过 10% 的有 20 个，前两位的天津市和辽宁省减少幅度超过 40%，分别为 50.46% 和 48.12%（分别减少用户平均停电频率 0.78 次 / 户和 2.11 次 / 户）；湖南省、黑龙江省、江西省、吉林省、河北省、山西省、重庆市的用户平均停电频率同比增加，其中湖南省的增加幅度最大，达 65.74%（用户平均停电频率增加 1.67 次 / 户）。

2020 年各省级行政区及相关企业用户平均停电频率见表 6-3。

表 6-3　2020 年各省级行政区及相关企业用户平均停电频率

地区 / 公司	用户平均停电频率（次 / 户）		
	全口径	城市地区	农村地区
北京市	0.46	0.26	0.77
国网北京市电力公司	0.46	0.26	0.77
天津市	0.77	0.48	1.04
国网天津市电力公司	0.77	0.48	1.04
河北省	3.71	1.57	4.11
国网冀北电力有限公司	4.15	1.50	4.71
国网河北省电力有限公司	3.52	1.61	3.86
山西省	5.63	2.49	6.38
国网山西省电力公司	5.80	2.41	6.58
山西地方电力有限公司	3.12	3.26	3.07
内蒙古自治区	3.06	1.92	3.34
内蒙古电力（集团）有限责任公司	2.82	1.89	3.11
国网内蒙古东部电力有限公司	3.35	1.98	3.57
辽宁省	2.28	0.89	2.81
国网辽宁省电力有限公司	2.28	0.89	2.81
吉林省	3.08	1.32	3.64
国网吉林省电力有限公司	3.08	1.32	3.64
黑龙江省	2.51	1.72	2.93
国网黑龙江省电力有限公司	2.51	1.72	2.93
上海市	0.24	0.10	0.35
国网上海市电力公司	0.24	0.10	0.35
江苏省	0.99	0.62	1.13
国网江苏省电力有限公司	0.99	0.62	1.13
浙江省	1.49	0.85	1.74
国网浙江省电力有限公司	1.49	0.85	1.74
安徽省	4.07	2.19	4.88
国网安徽省电力有限公司	4.07	2.19	4.88
福建省	1.59	0.59	1.94
国网福建省电力有限公司	1.59	0.59	1.94
江西省	3.36	1.61	4.08
国网江西省电力有限公司	3.36	1.61	4.08

地区 / 公司	用户平均停电频率（次 / 户）		
	全口径	城市地区	农村地区
山东省	1.02	0.57	1.19
国网山东省电力公司	1.02	0.57	1.19
河南省	2.65	1.23	3.10
国网河南省电力公司	2.65	1.23	3.10
湖北省	2.57	1.00	3.20
国网湖北省电力有限公司	2.57	1.00	3.20
湖南省	4.21	1.58	5.32
国网湖南省电力有限公司	4.21	1.58	5.32
广东省	0.97	0.48	1.33
广东电网有限责任公司	1.06	0.55	1.38
深圳供电局有限公司	0.23	0.19	0.33
广西自治区	6.81	2.24	8.22
广西电网有限责任公司	2.38	0.93	2.94
广西新电力集团有限公司	15.46	6.86	17.02
海南省	3.80	1.93	4.75
海南电网有限责任公司	3.80	1.93	4.75
重庆市	1.79	0.72	2.35
国网重庆市电力公司	1.79	0.72	2.35
四川省	2.46	1.16	2.88
国网四川省电力公司	2.46	1.16	2.88
贵州省	4.71	1.94	5.44
贵州电网有限责任公司	4.71	1.94	5.44
云南省	3.33	1.66	3.69
云南电网有限责任公司	3.34	1.65	3.69
云南保山电力股份有限公司	3.26	2.02	3.57
西藏自治区	10.53	9.56	11.22
国网西藏电力有限公司	10.53	9.56	11.22
陕西省	3.44	1.77	3.98
国网陕西省电力公司	2.46	1.23	3.44
陕西省地方电力（集团）公司	4.20	3.94	4.23
甘肃省	3.38	1.38	3.69
国网甘肃省电力公司	3.38	1.38	3.69
青海省	3.37	2.35	3.75
国网青海省电力公司	3.37	2.35	3.75

地区 / 公司	用户平均停电频率（次 / 户）		
	全口径	城市地区	农村地区
宁夏自治区	2.23	1.00	2.76
国网宁夏电力有限公司	2.23	1.00	2.76
新疆自治区	6.04	3.11	6.74
国网新疆电力有限公司	6.04	3.11	6.74

第四节　地级行政区供电可靠性

一、用户平均停电时间

2020 年，全国 329 个地级行政区[9]的用户平均停电时间范围为 0.39-76.33 小时 / 户，其中，城市地区用户平均停电时间范围为 0.34-62.54 小时 / 户，农村地区用户平均停电时间范围为 0.40-84.72 小时 / 户。按四分位法将各地级行政区分为四个梯队（每个梯队各 82 个地级行政区），用户平均停电时间的梯队区间界限值分别为 8.49 小时 / 户、15.41 小时 / 户、17.85 小时 / 户和 76.33 小时 / 户，城市地区的用户平均停电时间的梯队区间界限值分别为 3.53 小时 / 户、6.35 小时 / 户、9.24 小时 / 户和 62.54 小时 / 户，农村地区的用户平均停电时间的梯队区间界限值分别为 10.66 小时 / 户、17.52 小时 / 户、20.41 小时 / 户和 84.72 小时 / 户。

2020 年，全国 329 个地级行政区中，16 个地级行政区（占 4.86%）的用户平均停电时间少于 2 小时 / 户，174 个地级行政区（占 52.89%）的用户平均停电时间超过 15 小时 / 户，213 个地级行政区（占 64.74%）的用户平均停电时间高于全国平均值（11.87 小时 / 户）；32 个地级行政区（占 9.73%）的城市地区用户平均停电时间少于 2 小时 / 户，24 个地级行政区（占 7.29%）的城市地区用户平均停电时间超过 15 小时 / 户，208 个地级行政区（占 63.22%）的城市地区用户平均停电时间高于全国平均值（4.82 小时 / 户）；14 个地级行政区（占 4.27%）的农村地区用户平均停电时间少于 2 小时 / 户，214 个地级行政区（占 65.24%）的农村地区用户平均停电时间超过 15 小时 / 户，216 个地级行政区（占 65.85%）的农村地区用户平均停电时间高于全国平均值（14.51 小时 / 户）。

2020 年全国地级行政区用户平均停电时间分布见图 6-6 至 6-8。

9　全国一共 333 个地级行政区。其中，广西贺州，四川阿坝、甘孜，新疆克拉玛依等 4 个地级行政区供电企业未报送 2020 年供电可靠性数据，海南三沙的供电可靠性数据单独计算。

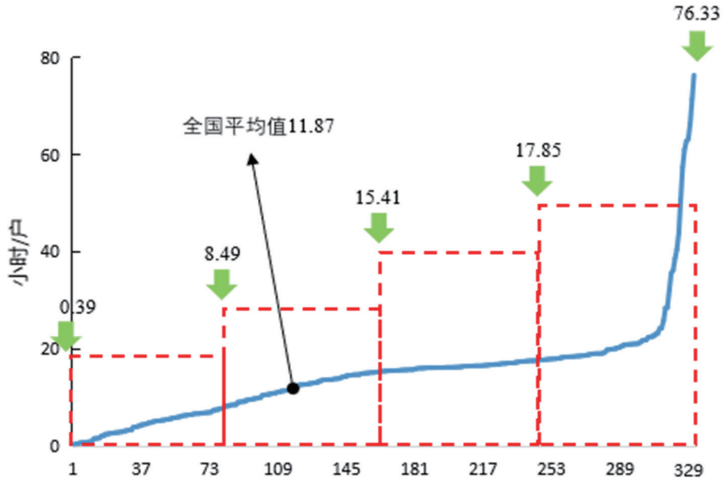


图 6-6　2020 年全国地级行政区用户平均停电时间分布（全口径）

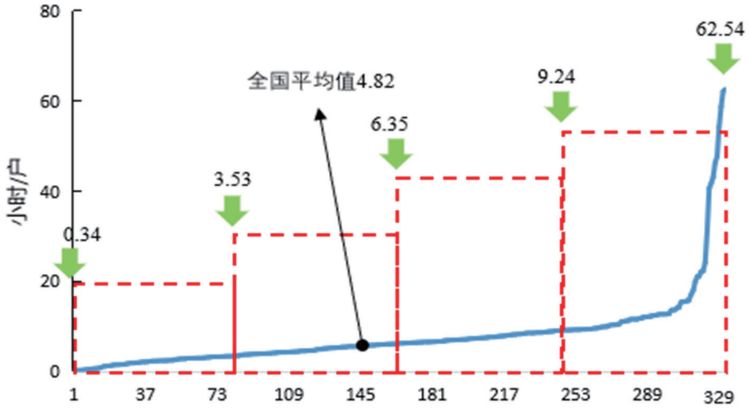


图 6-7　2020 年全国地级行政区用户平均停电时间分布（城市地区）

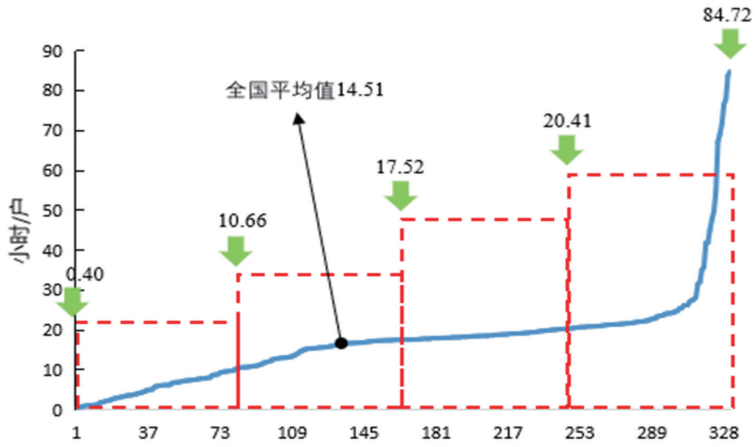


图 6-8　2020 年全国地级行政区用户平均停电时间分布（农村地区）

表 6-4　2020 年部分地级行政区用户平均停电时间分布情况

用户平均停电时间		地级行政区
全口径	小于 2 小时	江苏南京、苏州；浙江杭州、宁波、绍兴；福建福州、厦门；山东济南、青岛；广东广州、深圳、珠海、佛山、东莞、中山；海南三沙
	2-5 小时	辽宁大连；江苏无锡、徐州、常州、南通、盐城、扬州、镇江、泰州；浙江嘉兴、湖州、金华、衢州、舟山；山东淄博、枣庄、烟台、潍坊、威海、日照、聊城、滨州；湖北武汉；广东江门、肇庆；海南海口、三亚
	大于 30 小时	吉林四平；四川雅安；西藏拉萨、日喀则、昌都、林芝、山南、那曲、阿里；新疆巴州、阿克苏、克州、喀什、和田
城市地区	小于 2 小时	河北石家庄；辽宁大连；江苏南京、无锡、常州、苏州、扬州；浙江杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、金华、舟山；福建福州、厦门；山东济南、青岛、枣庄、烟台、潍坊；湖北武汉；广东广州、深圳、珠海、佛山、江门、东莞、中山；广西南宁；海南三亚、三沙
	大于 30 小时	西藏日喀则、昌都、林芝、山南、那曲、阿里；青海玉树；新疆克州；云南迪庆
农村地区	小于 2 小时	内蒙古乌海；山东济南、青岛；江苏南京、苏州；浙江杭州、宁波；福建厦门；广东广州、深圳、珠海、佛山、东莞、中山
	2-5 小时	江苏无锡、常州、南通、扬州、镇江；浙江嘉兴、湖州、绍兴、金华、舟山；福建福州；山东淄博、枣庄、烟台、潍坊、威海、日照、聊城、滨州；湖北武汉；广东江门；海南三亚
	大于 30 小时	内蒙古锡林郭勒；吉林四平、吉林；四川雅安；西藏拉萨、日喀则、昌都、林芝、山南、那曲、阿里；新疆巴州、阿克苏、克州、喀什、和田、伊犁

注：1. 表中所有指标范围向下包含；2. 表中地级行政区排名不分先后

二、用户平均停电频率

2020 年，全国 329 个地级行政区供电企业的用户平均停电频率范围为 0.23-20.29 次 / 户，其中，城市地区用户平均停电频率范围为 0.15-19.39 次 / 户，农村地区用户平均停电频率范围为 0.29-24.17 次 / 户。按四分位法将各地级行政区分为四个梯队（每个梯队各 82 个地级行政区），用户平均停电频率的梯队区间界限值分别为 2.04 次 / 户、2.80 次 / 户、4.06 次 / 户和 20.29 次 / 户，城市地区的用户平均停电频率的梯队区间界限值分别为 0.90 次 / 户、1.39 次 / 户、2.00 次 / 户和 19.39 次 / 户，农村地区的用户平均停电频率的梯队区间界限值分别为 2.39 次 / 户、3.34 次 / 户、4.44 次 / 户和 24.17 次 / 户。

2020 年，全国 329 个地级行政区中，25 个地级行政区（占 7.60%）的用户平均停电频率少于 1 次 / 户，39 个地级行政区（占 11.85%）的用户平均停电频率超过 5 次 / 户，176 个地级行政区（占 53.50%）的用户平均停电频率高于全国平均值（2.69

次 / 户）；98 个地级行政区（占 29.79%）的城市地区用户平均停电频率少于 1 次 / 户，13 个地级行政区（占 3.95%）的城市地区用户平均停电频率超过 5 次 / 户，203 个地级行政区（占 61.70%）的城市地区用户平均停电频率高于全国平均值（1.17 次 / 户）；19 个地级行政区（占 5.79%）的农村地区用户平均停电频率少于 1 次 / 户，55 个地级行政区（占 16.77%）的农村地区用户平均停电频率超过 5 次 / 户，167 个地级行政区（占 50.91%）的农村地区用户平均停电频率高于全国平均值（3.25 次 / 户）。

2020 年全国地级行政区用户平均停电频率分布见图 6-9 至 6-11。

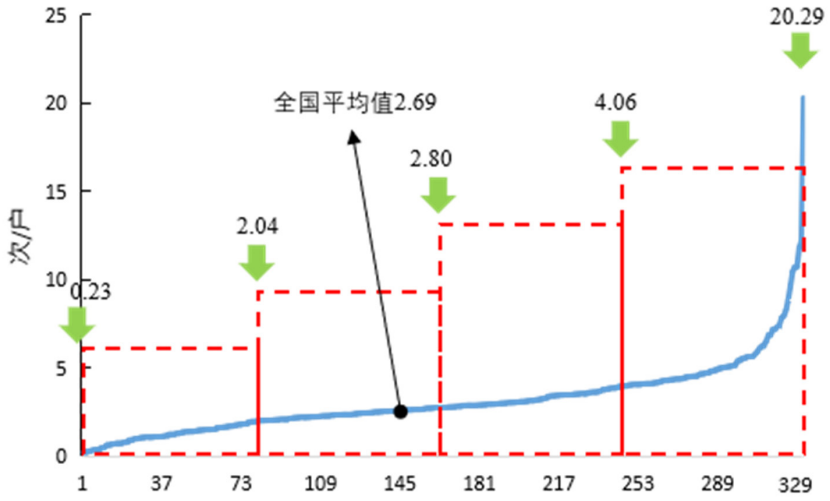


图 6-9　2020 年全国地级行政区用户平均停电频率分布（全口径）

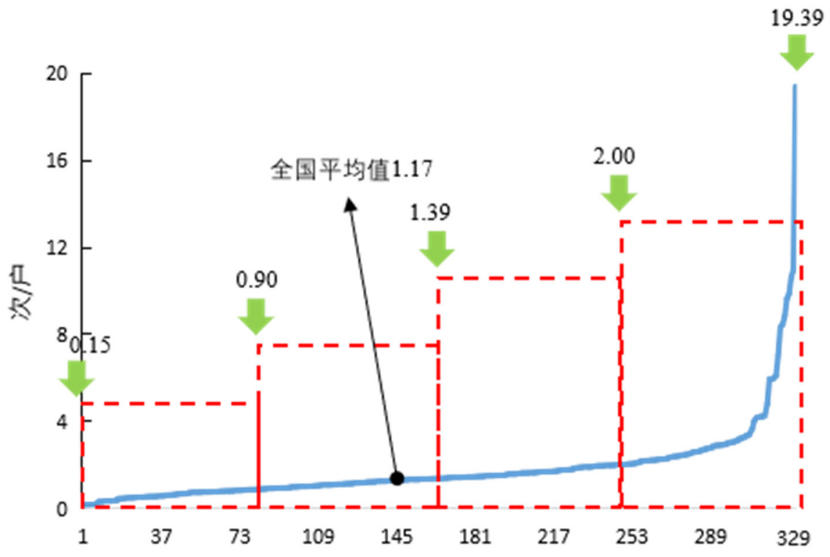


图 6-10　2020 年全国地级行政区用户平均停电频率分布（城市地区）

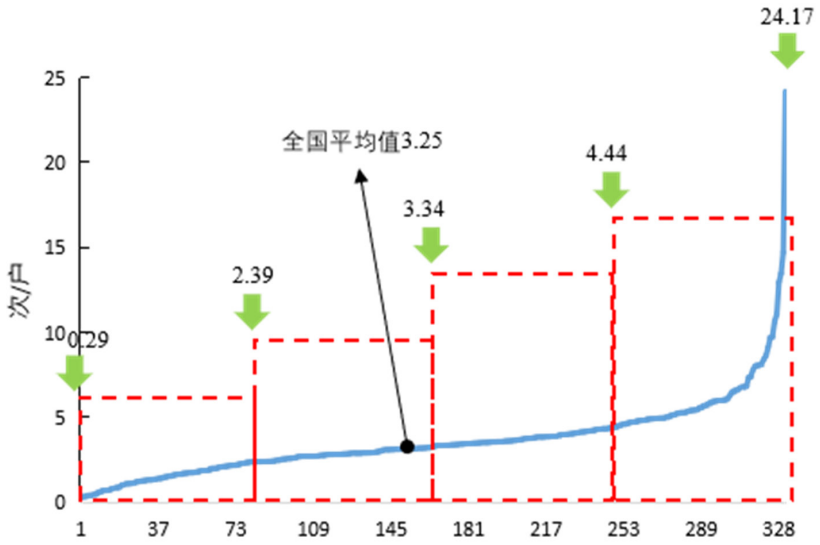


图 6-11　2020 年全国地级行政区用户平均停电频率分布（农村地区）

表 6-5　2020 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	内蒙古乌海；江苏南京、无锡、苏州、扬州；浙江杭州；福建福州、厦门；山东济南、青岛、淄博、枣庄、烟台、潍坊、威海、日照；湖北武汉；广东广州、深圳、珠海、佛山、江门、东莞、中山；海南三沙
	大于 5 次	河北张家口；山西大同、阳泉、朔州、晋中、运城、忻州、临汾、吕梁；内蒙古兴安、锡林郭勒；黑龙江大兴安岭；安徽淮南、亳州；湖南邵阳、常德、张家界、郴州、娄底、湘西；贵州遵义、毕节；云南文山、迪庆；西藏拉萨、日喀则、昌都、林芝、山南、那曲、阿里；甘肃陇南；新疆巴州、阿克苏、克州、喀什、和田、伊犁、塔城
城市地区	小于 1 次	河北石家庄、唐山；山西太原；辽宁沈阳、大连、鞍山、抚顺、辽阳、盘锦；吉林松原、白城；黑龙江哈尔滨；江苏南京、无锡、徐州、常州、苏州、南通、盐城、扬州、镇江、泰州、宿迁；浙江杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、金华、舟山；福建福州、厦门、三明、泉州、漳州、南平、龙岩、宁德；江西南昌；山东济南、青岛、淄博、枣庄、烟台、潍坊、济宁、泰安、威海、日照、临沂、德州、聊城、滨州；河南郑州、新乡；湖北武汉、宜昌、荆州；湖南湘潭；广东广州、深圳、珠海、汕头、韶关、佛山、江门、湛江、茂名、肇庆、惠州、梅州、清远、东莞、中山、揭阳、云浮；广西南宁、柳州、桂林、梧州、贵港、河池、来宾、崇左；海南三亚、三沙；四川成都、资阳；云南昆明、玉溪；陕西西安、宝鸡；甘肃嘉峪关、金昌、白银、武威；青海西宁；宁夏银川
	大于 5 次	内蒙古兴安；黑龙江大兴安岭；云南迪庆；西藏拉萨、日喀则、昌都、林芝、山南、那曲、阿里；青海玉树；新疆克州、和田；

用户平均停电频率		地级行政区
农村地区	小于 1 次	内蒙古乌海；江苏南京、无锡、苏州、扬州；福建福州、厦门；山东济南、青岛、淄博、潍坊、日照；广东广州、深圳、珠海、佛山、江门、东莞、中山
	大于 5 次	河北秦皇岛、张家口、廊坊、衡水；山西大同、阳泉、晋城、朔州、晋中、运城、忻州、临汾、吕梁；内蒙古锡林郭勒；吉林长春；安徽淮南、淮北、安庆、黄山、阜阳、亳州、宣城；江西新余、抚州；湖南株洲、邵阳、常德、张家界、郴州、永州、娄底、湘西；贵州六盘水、遵义、毕节、铜仁、黔东南；云南文山、迪庆；西藏拉萨、日喀则、昌都、林芝、山南、那曲、阿里；甘肃陇南、甘南；新疆巴州、阿克苏、克州、喀什、和田、伊犁、塔城

注：1. 表中所有指标范围向下包含；2. 表中地级行政区排名不分先后

第五节　全国 50 个主要城市供电可靠性

一、用户平均停电时间

全国 50 个主要城市（即 4 个直辖市、27 个省会城市、5 个计划单列市及其它 14 个 GDP 排名靠前的城市）用户数占全国总用户数的 32.08%，用户总容量占全国用户总容量的 47.37%。50 个主要城市用户平均停电时间 4.79 小时 / 户，比全国平均值少 7.08 小时 / 户。其中，城市地区用户平均停电时间 2.09 小时 / 户，比全国平均值少 2.73 小时 / 户；农村地区用户平均停电时间 6.46 小时 / 户，比全国平均值少 8.05 小时 / 户。

2020 年，北京、上海、广州、深圳、厦门、青岛、南京、杭州、济南、佛山的用户平均停电时间少于 1 小时 / 户，重庆、长春、呼和浩特、南昌、拉萨的用户平均停电时间超过 10 小时 / 户；北京、上海、广州、深圳、天津、厦门、宁波、青岛、南京、杭州、济南、福州、苏州、佛山、东莞的城市地区用户平均停电时间少于 1 小时 / 户，拉萨的城市地区用户平均停电时间超过 10 小时 / 户；上海、深圳、南京、青岛、佛山的农村地区用户平均停电时间少于 1 小时 / 户，重庆、长春、哈尔滨、成都、西安、石家庄、呼和浩特、南昌、长沙、南宁、昆明、拉萨、兰州、西宁、乌鲁木齐、唐山的农村地区用户平均停电时间超过 10 小时 / 户。

2020 年，50 个主要城市的用户平均停电时间总体上大幅减少。36 个城市的用户平均停电时间同比减少超过 10%，15 个城市的用户平均停电时间同比减少超过 50%，排在前两位的青岛、天津的用户平均停电时间同比减少超过 70%，分别为 74.32%、70.82%。8 个城市的用户平均停电时间同比增加，排在前三位的西宁、

南昌和太原的用户平均停电时间同比增加超过 40%，分别为 58.87%、47.66% 和 42.61%。

2020 年主要城市用户平均停电时间情况见表 6-6。

表 6-6　2020 年主要城市用户平均停电时间情况

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

注：1. 表中所有指标范围向下包含；2. 表中城市排名不分先后。

二、用户平均停电频率

2020 年，50 个主要城市的用户平均停电频率 1.24 次 / 户，比全国平均值少 1.45 次 / 户。其中，城市地区的用户平均停电频率 0.60 次 / 户，比全国平均值少 0.57 次 / 户；农村地区的用户平均停电频率 1.64 次 / 户，比全国平均值少 1.62 次 / 户。

北京、上海、广州、深圳、厦门、青岛、南京、济南、佛山、东莞的用户平均停电频率少于 0.5 次 / 户，长春、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、厦门、大连、青岛、南京、杭州、济南、武汉、石家庄、福州、郑州、苏州、烟台、佛山、东莞的城市地区用户平均停电频率少于 0.5 次 / 户，拉萨、乌鲁木齐的城市地区用户平均停电频率超过 2 次 / 户；上海、深圳、青岛、南京、佛山、东莞的农村地区用户平均停电频率少于 0.5 次 / 户，长春、太原、合肥、南昌、长沙、海口、贵阳、拉萨、乌鲁木齐的农村地区用户平均停电频率超过 3 次 / 户。

2020 年，50 个主要城市的用户平均停电频率总体上大幅减少。34 个城市的用户平均停电频率同比减少超过 10%，其中，27 个城市的用户平均停电频率同比减少超过 20%，沈阳、南京、青岛、大连、天津的用户平均停电频率同比减少超过 50%，分别为 69.19%、56.42%、55.55%、53.02%、50.46%。9 个城市的用户平均停电频率同比增加，其中，哈尔滨、太原、石家庄、南昌、长沙、长春的用户平均停电频率增加超过 20%，分别为 20.75%、26.10%、44.11%、71.07%、77.21%、122.87%。

2020 年主要城市用户平均停电频率情况见表 6-7。

表 6-7　2020 年主要城市用户平均停电频率情况

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

注：1. 表中所有指标范围向下包含；2. 表中城市排名不分先后

第六节　停电原因分析

2020 年，全国用户故障平均停电时间为 5.84 小时 / 户，预安排平均停电时间为 6.02 小时 / 户，分别占到总停电时间的 49.24%、50.76%；用户故障平均停电频率为 1.82 次 / 户，预安排平均停电频率为 0.86 次 / 户，分别占到总停电频率的 67.83%、32.17%。由于不停电作业技术的推广，预安排停电占停电时间的比例同比降低了 9.08 个百分点，较 2016 年降低了 11.95 个百分点。

2020 年故障、预安排停电指标见表 6-8。

表 6-8　2020 年故障、预安排停电指标

可靠性指标	全口径（1+2+3+4）	百分比	城市（1+2+3）	百分比	农村（4）	百分比
故障平均停电时间（小时 / 户）	5.84	49.24%	2.25	46.71%	7.19	49.55%
预安排平均停电时间（小时 / 户）	6.02	50.76%	2.57	53.29%	7.32	50.45%
故障平均停电频率（次 / 户）	1.82	67.83%	0.77	65.95%	2.22	68.09%
预安排平均停电频率（次 / 户）	0.86	32.17%	0.40	34.05%	1.04	31.91%
故障停电平均持续时间（小时 / 次）	3.59	—	3.26	—	3.68	—
预安排停电平均持续时间（小时 / 次）	6.54	—	5.86	—	6.75	—
故障停电平均用户数（户 / 次）	18.82	—	10.64	—	20.55	—
预安排停电平均用户数（户 / 次）	15.84	—	8.71	—	17.64	—

一、故障停电分析

（一）用户平均故障停电指标分析

2020 年，我国用户故障平均停电时间 5.84 小时 / 户，同比增加 5.99%；用户故障平均停电频率 1.82 次 / 户，同比减少 1.10%。其中城市、农村地区用户故障平均停电时间分别为 2.25 小时 / 户、7.19 小时 / 户，同比分别增加 32.35%、4.51%。城市地区用户故障平均停电频率 0.77 次 / 户，同比增加 20.31%；农村地区用户故障平均停电频率 2.22 次 / 户，同比减少 2.63%。

六个区域中，西北、华中、东北、南方区域的故障平均停电时间超过全国平均值，华东区域故障平均停电时间最短，为 2.87 小时 / 户。西北、南方、华中、华北区域故障平均停电频率均超过全国平均值，华东区域故障平均停电频率最低，为 1.21 次 / 户。南方、东北、华北、西北区域的故障平均停电用户数超过全国平均值；华东区域故障平均停电用户数最少，为 9.49 户 / 次。南方、东北、西北、华中区域的故障平均停电持续时间超过全国平均值；华东区域故障平均停电持续时间最短，为 2.45 小时 / 户。

2020 年全国、各区域故障停电指标见表 6-9。

表 6-9　2020 年全国、各区域故障停电指标

区域		全国	华北区域	东北区域	华东区域	华中区域	西北区域	南方区域
用户故障平均停电时间（小时 / 户）	全口径	5.84	5.43	7.15	2.87	7.38	7.56	7.14
	城市	2.25	1.90	2.93	1.46	3.09	3.48	1.99
	农村	7.19	6.59	8.85	3.45	9.01	8.63	9.38
用户故障平均停电频率（次 / 户）	全口径	1.82	1.89	1.38	1.21	1.89	2.48	2.43
	城市	0.77	0.71	0.72	0.64	0.86	1.24	0.78
	农村	2.22	2.28	1.65	1.44	2.28	2.81	3.15
故障平均停电持续时间（小时 / 户）	全口径	3.59	3.33	4.45	2.45	3.85	4.01	5.51
	城市	3.26	3.19	4.14	2.37	3.48	4.30	4.24
	农村	3.68	3.36	4.59	2.49	3.97	3.94	5.70
故障平均停电用户数 MIC-F（户 / 次）	全口径	18.82	25.98	28.79	9.49	15.71	24.50	30.46
	城市	10.64	14.86	14.19	6.84	8.63	13.39	18.51
	农村	20.55	27.73	34.42	10.06	17.48	26.69	31.84

（二）故障停电次数分析

2020 年，全国有 20.68% 的用户未发生过故障停电。在发生故障停电用户中，有近 41.58% 的用户故障停电 1 次，15.85% 的用户故障停电次数在 5 次及以上，2.98% 的用户故障停电次数超过 10 次。

2020 年用户故障停电次数分布见图 6-12。

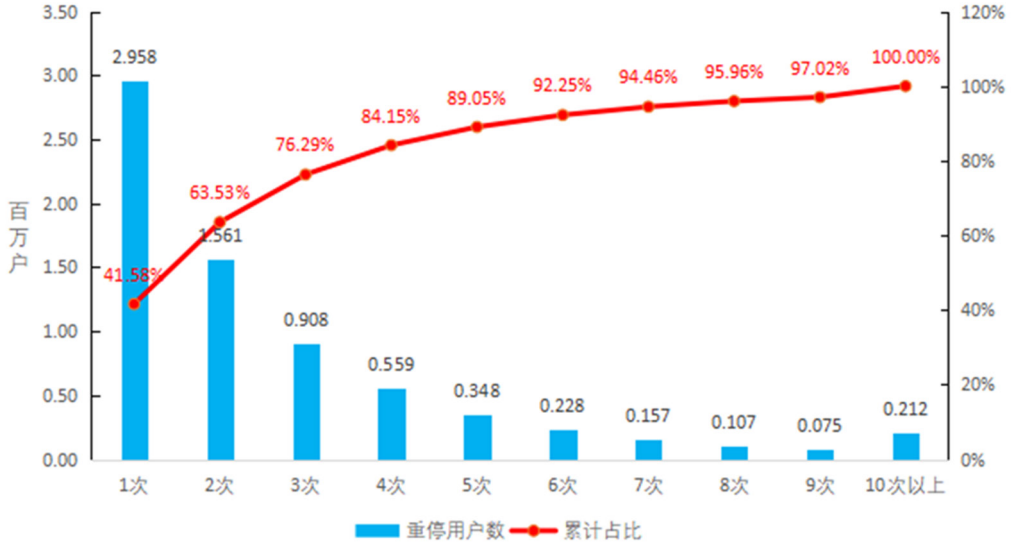


图 6-12　2020 年用户故障停电次数分布

（三）故障停电持续时间分析

2020 年，用户故障停电平均持续时间为 3.59 小时 / 次，同比增加 0.06 小时 / 次。其中，城市地区用户故障停电平均持续时间为 3.26 小时 / 次，同比增加 0.07 小时 / 次；农村地区用户故障停电平均持续时间为 3.68 小时 / 次，同比增加 0.09 小时 / 次。其中，29.56% 的故障停电能够在 1 小时以内排除并恢复供电；54.52% 的故障停电能够在 2 小时以内排除并恢复供电；5.77% 的故障停电恢复时间超过了 10 个小时。

2020 年故障停电持续时间占比见图 6-13。

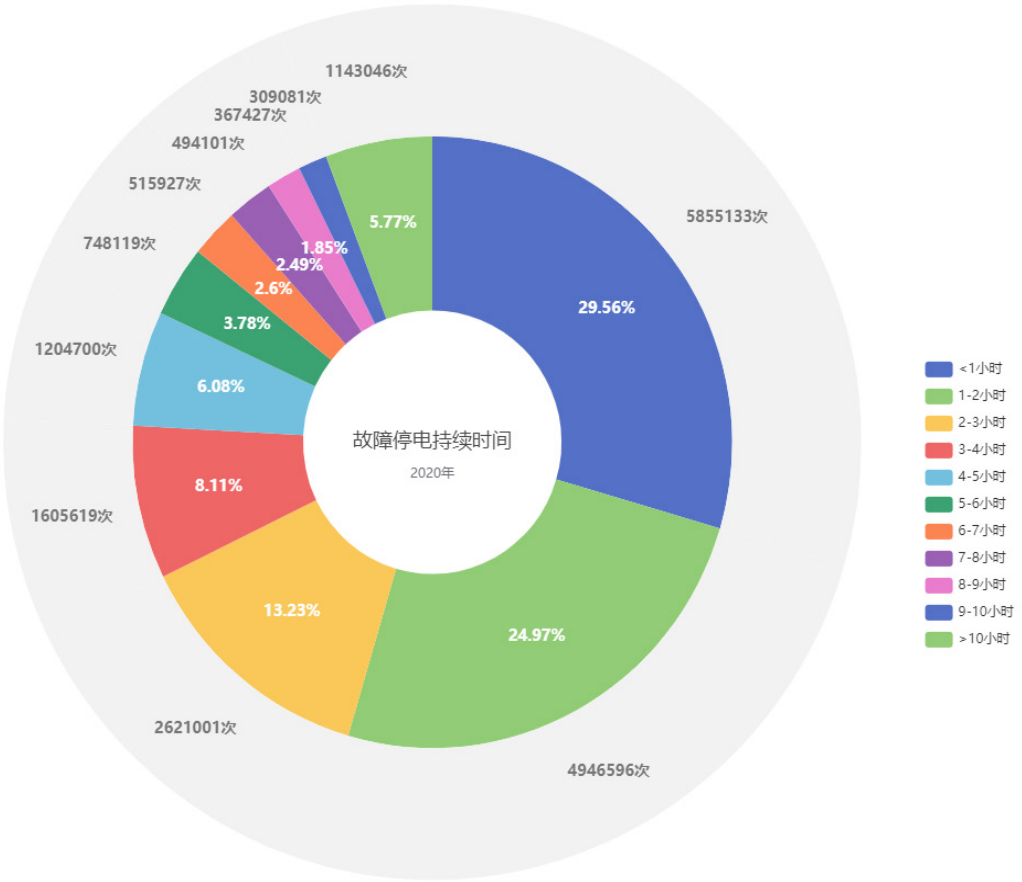


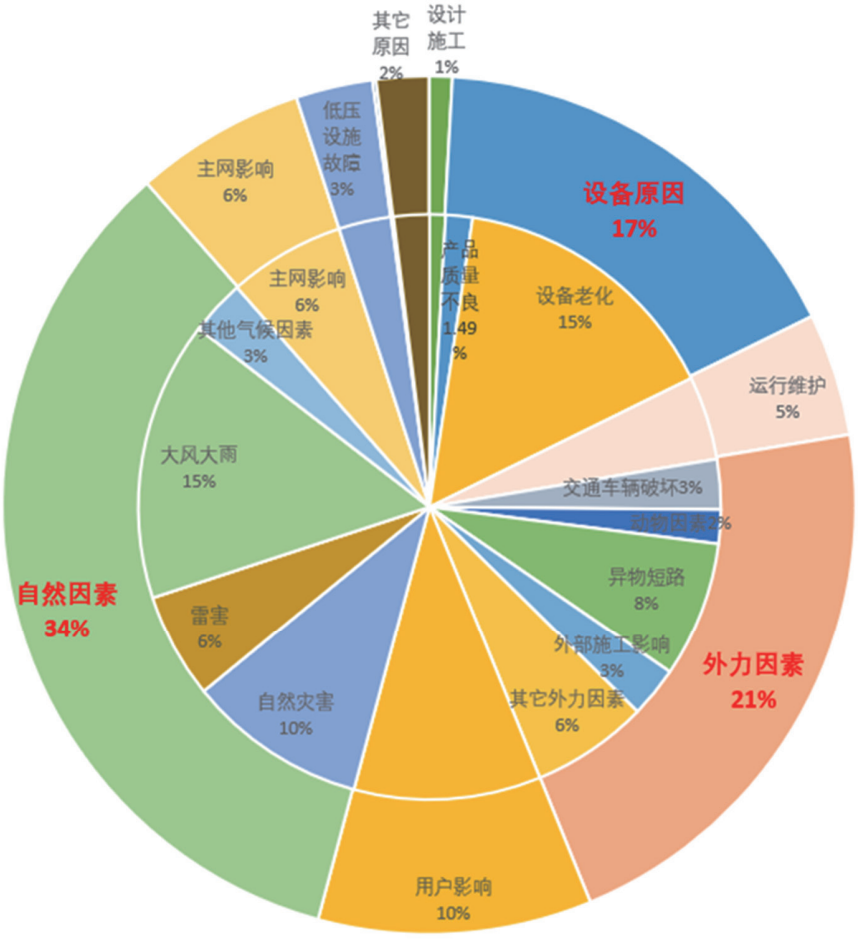
图 6-13　2020 年故障停电持续时间占比

（四）故障停电原因分析

2020 年，全国故障停电主要责任原因为：自然因素占 34.33%，引起用户故障平均停电时间为 2.01 小时 / 户，同比增加 0.36 小时 / 户；外力因素占 21.45%，引起用户故障平均停电时间为 1.25 小时 / 户，同比减少 0.1 小时 / 户，其中异物短路是主要原因；设备原因占 16.87%，引起用户故障平均停电时间为 0.99 小时 / 户，

同比增加 0.08 小时 / 户，其中设备老化是主要原因。

2020 年故障停电原因占比见图 6-14。



$

图 6-14　2020 年故障停电原因占比

（五）故障停电设施分析

2020 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 10.35 次 /100 千米 • 年，同比下降 0.87%；电缆线路故障率为 4.06 次 /100 千米 • 年，同比增加 21.56%；变压器故障率为 0.28 次 /100 台 • 年，同比增加 16.67%；断路器故障率为 0.34 次 /100 台 • 年，同比增加 21.43%。

2016-2020 年配网四类主要设施故障率变化见图 6-15。

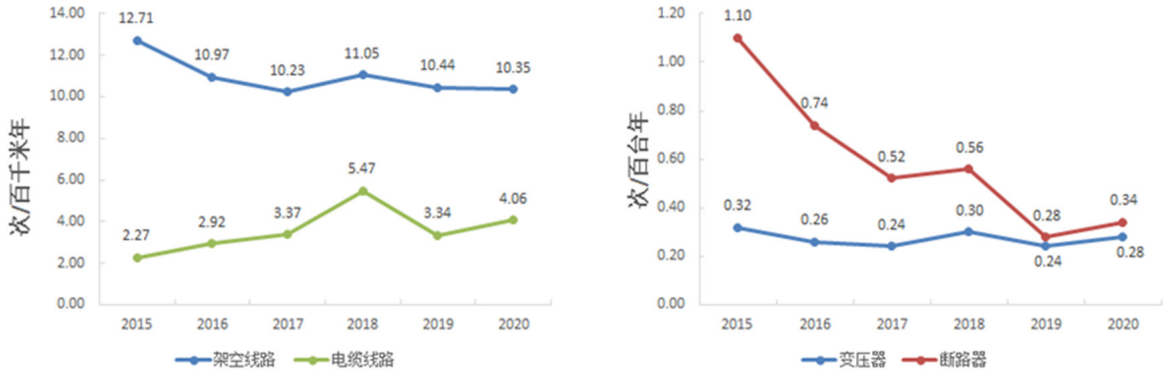


图 6-15　2016-2020 年配网四类主要设施故障率变化

二、预安排停电分析

（一）用户预安排平均停电指标分析

2020 年，我国用户预安排平均停电时间为 6.02 小时 / 户，同比减少 26.43%；用户预安排平均停电频率为 0.86 次 / 户，同比减少 24.56%。其中城市地区的用户预安排平均停电时间为 2.57 小时 / 户，同比减少 8.54%；农村地区用户预安排平均停电时间为 7.32 小时 / 户，同比增加 27.88%；城市、农村地区用户预安排平均停电频率分别为 0.40 次 / 户、1.04 次 / 户，同比分别减少 9.09%、25.18%。

六个区域中，西北、东北、华中区域的预安排平均停电时间超过全国平均值；华东区域预安排平均停电时间最短，为 2.32 小时 / 户。西北、东北、华中区域预安排平均停电频率超过全国平均值；华东区域预安排平均停电频率最低，为 0.46 次 / 户。东北、华北、西北区域的预安排平均停电用户数超过全国平均值；华东区域预安排平均停电用户数最少，为 6.57 户 / 次。西北、东北、南方、华中、华北区域的预安排平均停电持续时间超过全国平均值；华东区域的预安排平均停电持续时间优于全国平均值，为 4.89 小时 / 户。

2020 年全国、各区域预安排停电指标见表 6-10。

表 6-10　2020 年全国、各区域预安排停电指标

区域		全国	华北区域	东北区域	华东区域	华中区域	西北区域	南方区域
用户预安排平均停电时间（小时 / 户）	全口径	6.02	4.99	8.98	2.32	7.75	13.52	5.30
	城市	2.57	1.97	3.98	1.18	3.53	5.84	2.23
	农村	7.32	5.99	10.98	2.79	9.35	15.53	6.63

区域		全国	华北区域	东北区域	华东区域	华中区域	西北区域	南方区域
用户预安排平均停电频率（次 / 户）	全口径	0.86	0.72	1.19	0.46	1.07	1.66	0.81
	城市	0.40	0.32	0.55	0.25	0.53	0.82	0.32
	农村	1.04	0.86	1.44	0.54	1.28	1.88	1.02
预安排平均停电持续时间（小时 / 户）	全口径	6.54	6.69	7.56	4.89	6.91	7.94	7.55
	城市	5.86	6.03	6.90	4.43	6.21	7.05	7.01
	农村	6.75	6.90	7.78	5.05	7.14	8.14	7.72
预安排平均停电用户数（户 / 次）	全口径	15.84	26.04	30.17	6.57	15.79	24.59	14.44
	城市	8.71	12.77	16.71	4.35	8.81	13.91	8.23
	农村	17.64	29.38	33.53	7.19	17.65	26.51	15.72

（二）预安排停电次数分析

2020 年，全国有 40.64% 的用户未发生预安排停电。在发生预安排停电用户中，有近 59.65% 的用户预安排停电 1 次；4.12% 的用户预安排停电次数在 5 次及以上，0.42% 的用户预安排停电次数超过 10 次。

2020 年用户预安排停电次数分布见图 6-16。

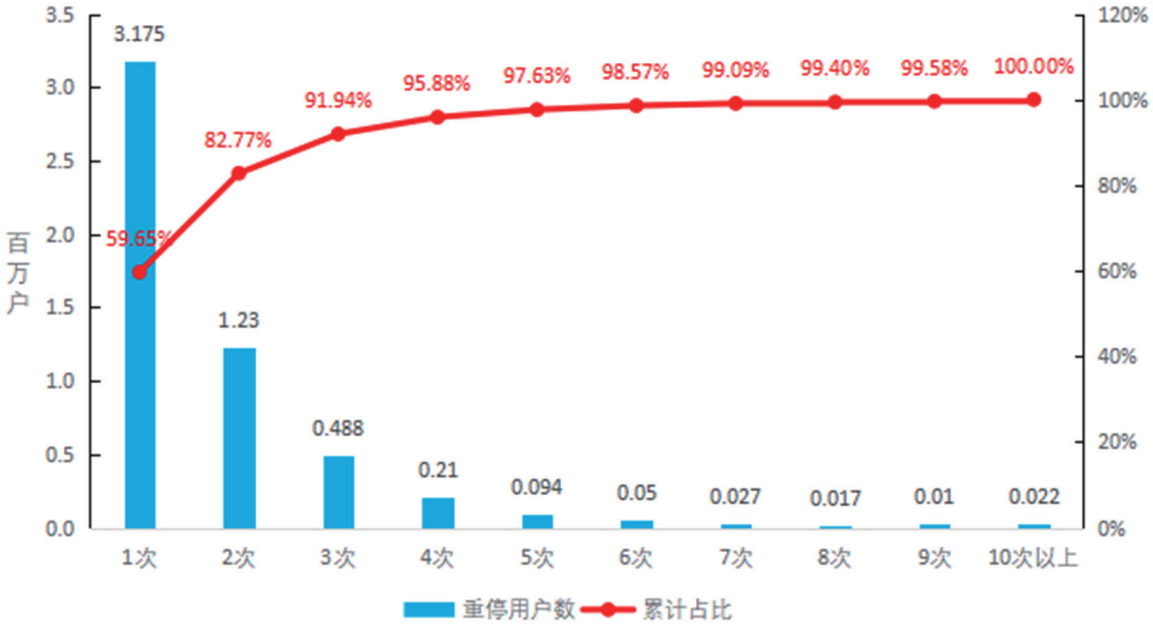


图 6-16　2020 年用户预安排停电次数分布

（三）预安排停电持续时间分析

2020 年，预安排停电平均持续时间 6.54 小时 / 次，同比增加 0.04 小时 / 次。其中，城市地区预安排停电平均持续时间 5.86 小时 / 次，同比减少 0.02 小时 / 次；农村地区预安排停电平均持续时间 6.75 小时 / 次，同比增加 0.01 小时 / 次。其中，11.12% 的预安排停电在 1 小时以内恢复供电；9.59% 的预安排停电在 2 小时以内恢复供电；29.12% 的预安排停电恢复时间超过 10 个小时。

2020 年预安排停电持续时间占比见图 6-17。

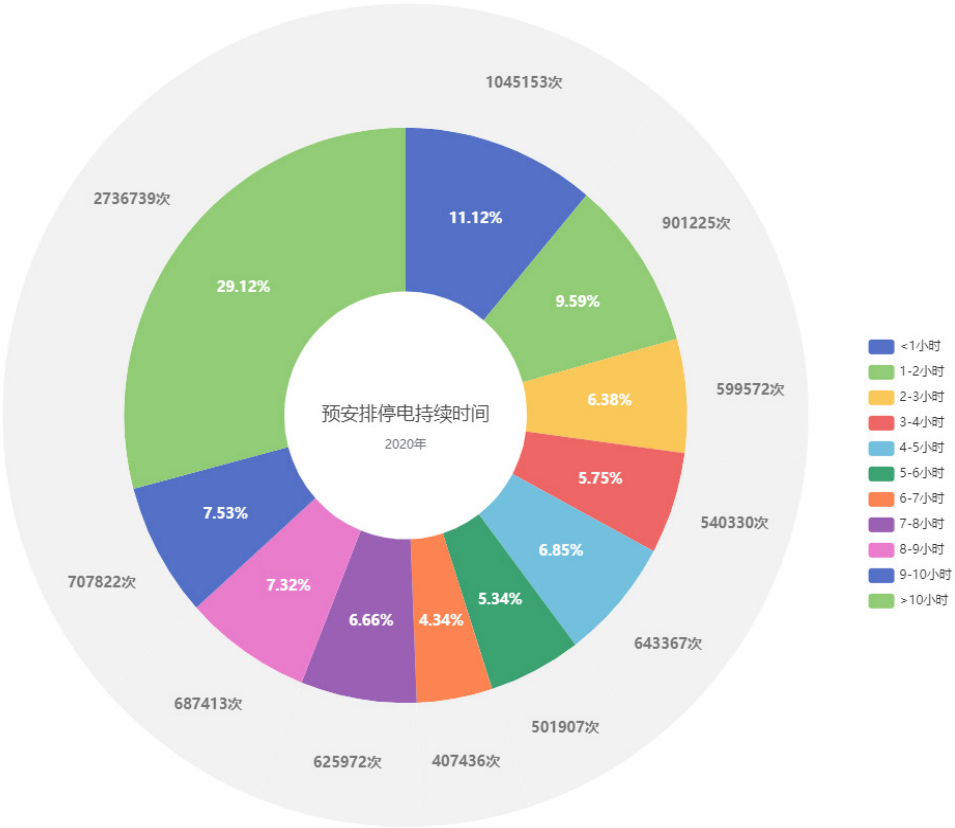


图 6-17　2020 年预安排停电持续时间占比

（四）预安排停电原因分析

2020 年，全国预安排停电主要原因为：电网工程占 45.61%，造成用户平均停电时间 2.94 小时 / 户，同比减少 1.3 小时 / 户；计划检修占 41.13%，造成用户平均停电时间 2.93 小时 / 户，同比减少 0.87 小时 / 户；用户申请、调电、限电及低压作业引起的停电占 2.82%，造成用户平均停电时间 10.2 分钟 / 户，同比增加 0.38 分钟 / 户。

2020 年预安排停电原因占比见图 6-18。

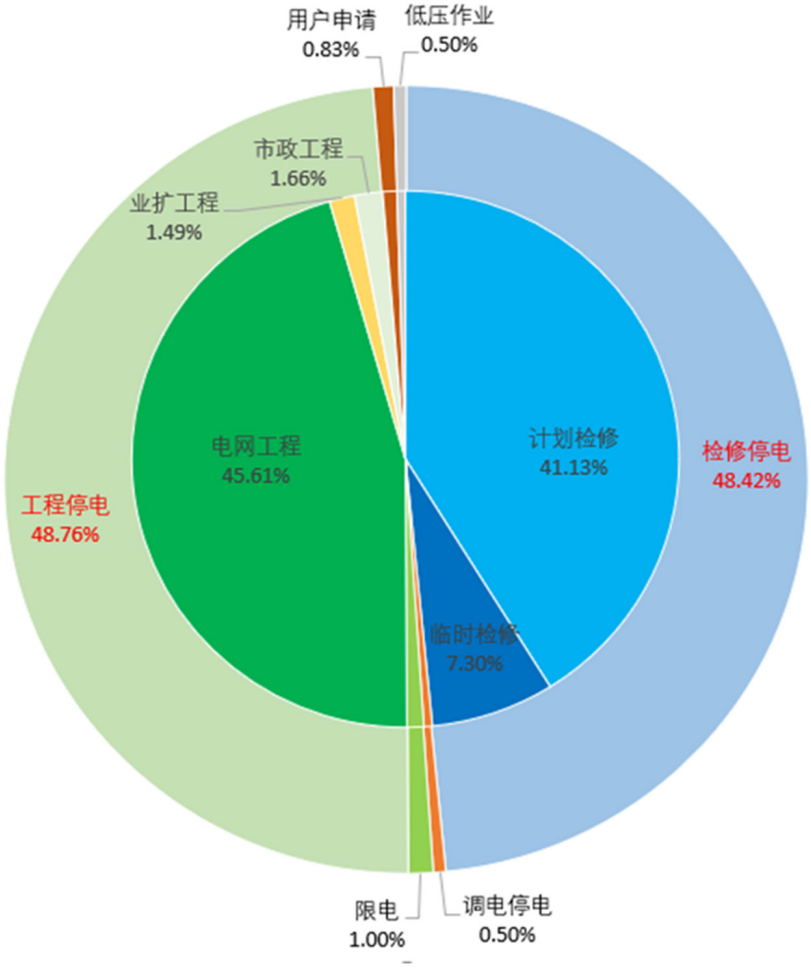


图 6-18　2020 年预安排停电原因占比

附表1

2020年火电100兆瓦及以上容量机组运行主要可靠性指标

机组分类	机组容量（MW）	台数	台年数	平均容量（MW/台）	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			
100-120MW	燃煤全部	10	10	102	4244.18	5749.49	2571.27	1	455.25	0.30	7.99	0.30	7.99	0	94.73	0.14
	燃煤国产	10	10	102	4244.18	5749.49	2571.27	1	455.25	0.30	7.99	0.30	7.99	0	94.73	0.14
125MW	燃煤全部	10	9.92	125	4164.68	6591.46	1677	1.11	471.08	1.01	44.47	0.30	10.26	0	94.13	0.16
	燃煤国产	8	7.92	125	4158.26	6559.36	1690.14	1.14	478.80	1.26	55.70	0.38	12.85	0	93.92	0.20
	燃煤进口	2	2	125	4190.09	6718.58	1624.93	1	440.50	0	0	0	0	0	94.99	0
130-138MW	燃煤全部	47	46.52	135.19	4215.55	6026.26	2310.57	0.84	320.02	0.95	127.15	0.86	98.25	1.57	94.89	1.63
	燃煤国产	47	46.52	135.19	4215.55	6026.26	2310.57	0.84	320.02	0.95	127.15	0.86	98.25	1.57	94.89	1.63
140-150MW	燃煤全部	62	61.31	147.03	3446.83	4978.06	3241.41	1.14	536.41	0.23	28.12	0.16	19.19	0.12	93.57	0.39
	燃煤国产	59	58.31	146.95	3364.97	4824.89	3410.15	1.10	519.38	0.24	29.58	0.17	20.19	0.12	93.75	0.42
	燃煤进口	3	3	148.64	5019.44	7920.42	0	2	863.58	0	0	0	0	0	90.17	0
160-185MW	燃煤全部	11	11	163.64	3099.88	4730.20	3630.90	0.64	410.67	0.27	12.23	0.09	0.68	0.03	95.19	0.01
	燃煤国产	7	7	162.86	4066.22	6201.21	2379.03	0.71	190.06	0.29	13.70	0.14	1.07	0	97.68	0.02
	燃煤进口	4	4	165	1430.76	2189.36	5793.22	0.50	791.72	0.25	9.70	0	0	0.07	90.88	0
100-199MW	燃煤全部	140	138.75	139.57	3752.26	5439.48	2839.75	0.99	445.97	0.53	58.80	0.41	41.99	0.56	94.25	0.78
	燃煤国产	131	129.75	138.81	3799.90	5479.42	2818.68	0.98	423.03	0.56	62.87	0.44	45.15	0.60	94.46	0.83
	燃煤进口	9	9	150.66	3119.72	4909.21	3119.47	1.11	750.60	0.11	4.72	0	0	0.03	91.40	0

附表1-续1

机组分类	机组容量（MW）	台数	台年数	平均容量（MW/台）	利用小时 UTH	可用小时		不可用小时及次数						降低出力等效停运小时	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			
200MW	燃煤全部	82	78.86	200	4393.47	6490.16	1773.68	1.10	483.06	0.72	37.10	0.68	34.41	0.43	94.07	0.53
	燃煤国产	81	77.86	200	4397.57	6507.69	1755.37	1.09	483.67	0.72	37.27	0.68	34.54	0.43	94.06	0.53
	燃煤进口	1	1	200	4074.37	5125.38	3198.98	2	435.45	1	24.18	1	24.18	0.69	94.76	0.48
205-250MW	燃煤全部	53	50.51	215.85	3253.38	5331.22	2862.41	0.89	572.94	0.22	17.42	0.18	10.14	2.59	93.25	0.19
	燃煤国产	51	48.51	215.69	3352.82	5510.87	2707.33	0.89	547.65	0.23	18.16	0.19	10.57	2.70	93.53	0.19
	燃煤进口	2	2	220	890.67	1062.45	6547.46	1	1174.09	0	0	0	0	0	86.63	0
200-299MW	燃煤全部	135	129.37	206.22	3927.69	6016.67	2218.48	1.02	519.78	0.53	29.06	0.49	24.49	1.31	93.74	0.41
	燃煤国产	132	126.37	206.06	3977.90	6107.28	2137.76	1.01	509.37	0.53	29.59	0.49	24.91	1.34	93.85	0.41
	燃煤进口	3	3	213.33	1885.58	2332.12	5501.06	1.33	943.27	0.33	7.56	0.33	7.56	0.22	89.17	0.33
300MW	燃煤全部	318	315.09	300.07	4238.91	6225.84	1996.54	0.85	516.96	0.47	44.66	0.39	30.53	0.83	93.60	0.49
	燃煤国产	312	309.09	300.07	4232.05	6212.39	2008.66	0.85	517.79	0.47	45.17	0.39	30.79	0.75	93.58	0.50
	燃煤进口	6	6	300	4592.22	6919.03	1372.10	0.83	474.19	0.67	18.68	0.50	17.21	4.96	94.33	0.25
310-329MW	燃煤全部	87	86.93	320.10	3724.35	5627.19	2665.63	0.66	474.26	0.28	16.92	0.21	7.09	0.26	94.41	0.13
	燃煤国产	83	82.93	320.11	3709.16	5595.46	2695.88	0.65	478.60	0.24	14.06	0.22	7.43	0.28	94.39	0.14
	燃煤进口	4	4	320	4039.42	6285.23	2038.12	0.75	384.30	1	76.35	0	0	0	94.76	0
330-340MW	燃煤全部	265	264.37	330.38	4293.43	6341.05	1808.52	0.88	564.90	0.58	69.54	0.47	48.45	5.41	92.72	0.79
	燃煤国产	264	263.37	330.38	4293.16	6341.51	1809.31	0.87	563.55	0.58	69.63	0.47	48.47	5.43	92.73	0.79
	燃煤进口	1	1	330	4365.36	6219.08	1600.93	2	918.45	1	45.53	1	45.53	0	89.03	0.73

附表1-续2

机组分类	机组容量（MW）	台数	台年数	平均容量（MW/台）	利用小时 UTH	可用小时		不可用小时及次数						降低出力等效停运小时	等效可用系数 EAF（%）	等效强迫停运率 EFOR（%）
						运行 SH	备用 RH	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			
350-352MW	燃煤全部	210	209.71	350	4405.54	6791.77	1392.46	0.92	558.54	0.51	41.23	0.47	26.50	19.24	92.95	0.43
	燃煤国产	188	187.89	350	4485.81	6895.63	1277.66	0.95	566.28	0.52	44.43	0.47	28.67	21.47	92.80	0.46
	燃煤进口	22	21.82	350	3714.35	5897.44	2380.98	0.69	491.95	0.50	13.63	0.46	7.77	0	94.24	0.13
360-399MW	燃煤全部	14	13.98	366.50	3908.85	6014.31	2262.18	0.64	447.34	0.72	60.17	0.43	27.63	4.64	94.17	0.52
	燃煤国产	6	5.98	363.33	4292.83	6278.20	1499.78	1.17	864.53	1.50	141.49	0.84	64.80	10.94	88.42	1.17
	燃煤进口	8	8	368.88	3625.90	5819.85	2823.99	0.25	139.92	0.13	0.25	0.13	0.25	0	98.40	0
300-399MW	燃煤全部	894	890.1	323.77	4242.32	6343.30	1855.06	0.85	536.71	0.50	48.92	0.42	32.62	6.92	93.25	0.53
	燃煤国产	853	849.28	322.85	4262.15	6357.99	1832.61	0.86	542.89	0.50	50.50	0.42	33.90	7.24	93.16	0.55
	燃煤进口	41	40.82	342.95	3853.66	6055.49	2294.90	0.66	415.67	0.51	17.94	0.37	7.58	0.64	95.06	0.13
500MW	燃煤全部	8	8	507.50	4496.96	6445.56	1569.56	1	720.83	0.75	48.04	0.63	39.17	0	91.25	0.60
	燃煤国产	6	6	510	4428.64	6362.93	1763.98	1	599.74	0.67	57.35	0.50	45.59	0	92.52	0.71
	燃煤进口	2	2	500	4706.03	6698.42	974.64	1	1091.38	1	19.56	1	19.56	0	87.35	0.29
600MW	燃煤全部	244	241.63	600	4185.76	6316.92	1812.86	0.85	606.73	0.57	47.49	0.48	35.16	2.86	92.52	0.58
	燃煤国产	233	230.78	600	4155.22	6291.89	1829.68	0.87	621.69	0.55	40.74	0.47	30.75	2.91	92.43	0.51
	燃煤进口	11	10.85	600	4835.27	6849.16	1454.98	0.37	288.70	0.83	191.17	0.55	128.91	1.64	94.52	1.87
630-650MW	燃煤全部	93	92.78	634.81	4250.96	6311.01	1854.83	0.70	606.68	0.28	11.48	0.22	2.84	1.23	92.95	0.05
	燃煤国产	91	90.78	634.92	4246.05	6324.42	1835.26	0.70	612.59	0.29	11.73	0.22	2.90	1.26	92.88	0.05
	燃煤进口	2	2	630	4475.54	5697.33	2750.35	0.50	336.32	0	0	0	0	0	96.17	0

附表1-续3

机组分类	机组容量（MW）	台数	台年数	平均容量（MW/台）	利用小时 UTH	可用小时		不可用小时及次数						降低出力等效停运小时	等效可用系数 EAF（%）	等效强迫停运率 EFOR（%）
						运行 SH	备用 RH	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			
660-680MW	燃煤全部	211	210.53	661.07	4273.81	6565.17	1692.95	0.73	494.78	0.48	31.10	0.42	25.73	7.27	93.93	0.41
	燃煤国产	206	205.53	661.09	4289.91	6580.30	1679.12	0.73	493.02	0.49	31.56	0.42	26.06	7.45	93.94	0.42
	燃煤进口	5	5	660	3610.85	5942.50	2262.28	0.40	567.12	0.20	12.11	0.20	12.11	0	93.41	0.20
600-699MW	燃煤全部	548	544.94	629.42	4232.67	6416.62	1771.42	0.78	561.30	0.49	34.66	0.41	25.79	4.37	93.17	0.42
	燃煤国产	530	527.09	629.74	4226.12	6415.58	1769.03	0.79	567.45	0.48	31.94	0.41	24	4.48	93.13	0.39
	燃煤进口	18	17.85	620	4429.32	6447.78	1843.08	0.39	377.12	0.56	116.03	0.39	79.42	0.96	94.37	1.23
700MW	燃煤全部	10	10	700	4270.89	6681.03	1287.57	1.30	760.33	0.90	55.06	0.80	51.72	6.46	90.64	0.85
	燃煤国产	6	6	700	4757.21	7481.63	369.52	1.67	872.08	0.83	60.77	0.67	55.19	0	89.38	0.73
	燃煤进口	4	4	700	3541.41	5480.14	2664.65	0.75	592.70	1	46.51	1	46.51	16.15	92.54	1.09
800MW	燃煤全部	2	1.84	880	4587.57	7300.64	1483.36	0	0	0	0	0	0	8.91	99.90	0.12
	燃煤国产	2	1.84	880	4587.57	7300.64	1483.36	0	0	0	0	0	0	8.91	99.90	0.12
900MW	燃煤全部	2	2	900	4411.46	6426.31	1887.83	0.5	469.87	0	0	0	0	0	94.65	0
	燃煤国产	2	2	900	4411.46	6426.31	1887.83	0.5	469.87	0	0	0	0	0	94.65	0
1000MW	燃煤全部	126	125.16	1010.71	4649.39	6652.34	1409.06	0.78	698.09	0.33	24.51	0.28	17.60	0.19	91.77	0.27
	燃煤国产	126	125.16	1010.71	4649.39	6652.34	1409.06	0.78	698.09	0.33	24.51	0.28	17.60	0.19	91.77	0.27
500-1000MW	燃煤全部	696	691.94	699.56	4346.17	6485.27	1667.52	0.78	599.04	0.46	32.17	0.39	23.95	3.27	92.78	0.38
	燃煤国产	672	668.09	702.28	4348.24	6491.70	1658.91	0.79	603.27	0.46	30.13	0.39	22.52	3.25	92.75	0.36
	燃煤进口	24	23.85	623.33	4280.74	6282.43	1939.38	0.50	465.75	0.67	96.45	0.55	69.20	3.76	93.56	1.14

附表1-续4

机组分类	机组容量（MW）	台数	台年数	平均容量（MW/台）	利用小时 UTH	可用小时		不可用小时及次数						降低出力等效停运小时	等效可用系数 EAF（%）	等效强迫停运率 EFOR（%）
						运行 SH	备用 RH	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			
100-1000MW	燃煤全部	1865	1850.16	441.68	4281.89	6395.24	1779.28	0.85	570.88	0.49	38.60	0.41	27.45	4.43	93.01	0.45
	燃煤国产	1788	1773.48	443.35	4293.48	6409.27	1761.76	0.86	575.01	0.49	37.96	0.41	27.08	4.52	92.97	0.44
	燃煤进口	77	76.67	402.82	3986.37	6037.26	2226.32	0.69	465.45	0.51	54.97	0.38	36.93	2.11	94.05	0.63
燃气轮机组		225	225	292.09	2562.33	3983.04	4200.10	1.06	579.25	0.30	21.62	0.24	8.68	0.01	93.16	0.22

附表2

2020年全国水电40MW及以上容量机组运行主要可靠性指标

机组分类	机组容量（MW）	台数	台年数	平均容量（MW/台）	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			
抽水蓄能机组	全部	113	113	257.65	2464.35	2918.76	5000.96	6.91	850.34	0.96	13.93	0.81	4.50	0	90.16	0.15
	40-99MW	11	11	63.55	3006.94	4945.44	3153.51	6.18	669.50	0.64	15.55	0.55	10.45	0	92.20	0.21
	100-199MW	6	6	150	2185.33	2085.05	5724.51	8.33	971.24	0.17	3.20	0.17	3.20	0	88.91	0.15
	200-299MW	29	29	237.93	2240.73	2511.65	5332.54	6.10	937.37	0.38	2.44	0.38	2.44	0	89.30	0.10
	300MW及以上	67	67	307.70	2532.98	3022.70	4921.04	7.25	822.07	1.33	18.19	1.09	5.04	0	90.43	0.17
水电轴流机组	全部	154	152.21	104.69	4594.11	5910.64	2251.25	1.34	620.74	0.15	1.37	0.06	0.61	0	92.92	0.01
	40-99MW	72	72	59.39	4045.74	5043.39	3047.54	1.49	690.36	0.25	2.71	0.07	0.67	0	92.11	0.01
	100-199MW	75	73.69	137.99	4982.94	6421.96	1763.20	1.13	598.14	0.05	0.70	0.04	0.38	0	93.18	0.01
	200-299MW	7	6.52	214	3421.17	4821.89	3388.17	2.15	571.79	0.15	2.15	0.15	2.15	0	93.47	0.04
水电混流机组	全部	786	780.54	234.59	4378.73	5453.13	2799.60	1.17	529.29	0.08	1.98	0.05	1.58	4.31	93.90	0.03
	40-99MW	326	324.01	60.51	3770.23	4980.33	3319.92	1.16	476.82	0.06	6.92	0.03	4.81	40.13	94.04	0.10
	100-199MW	133	132.78	136.20	3624.88	4669.91	3656.34	1.05	455.99	0.13	1.76	0.05	0.99	0	94.79	0.02
	200-299MW	101	100.08	232.87	4109.15	5085.79	3240.97	1.28	454.92	0.07	2.32	0.06	2.28	0	94.79	0.04
	300MW及以上	226	223.67	544.37	4640.41	5716.03	2503.94	1.22	562.88	0.08	1.15	0.05	1.01	0	93.58	0.02
全部机组		1053	1045.75	218.07	4148.94	5160.91	3042.92	1.82	576.70	0.18	3.47	0.13	1.88	3.46	93.36	0.04

附表3

2020年风电机组运行主要可靠性指标

机组容量（MW）	台数	台年数	平均容量（MW/台）	利用小时 UTH	可用小时		不可用小时及次数			
					运行 SH*	备用 RH	计划停运		非计划停运	
							次数	小时	次数	小时
0.60-0.99	3583	3535.64	0.81	1876.53	8689.78	39.92	1.59	24.64	1.24	29.66
1-1.49	594	594	1.23	1598.68	8613.89	46.49	3.36	90.65	1.87	32.97
1.50-1.99	17809	17490.76	1.50	2101.20	8674.21	47.94	2.73	31.58	1.47	30.27
2-2.49	7245	7170.74	2.01	2233.53	8675.85	35.13	2.46	28.81	2.19	44.21
2.50 及以上	989	942.29	2.86	2801.98	8722.31	12.65	2.43	28.33	0.98	20.71
全部	30220	29733.43	1.58	2160.62	8677.50	41.47	2.53	31.04	1.61	34

*：运行时间为风电机组处于运行状态的小时数，包括全出力运行小时、降出力运行小时、低风速或者超过切出风速时间

附表4

2020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）	计停时间 *3
架空线路	综合	8315.030	8111.225	0.055	99.462	490	0.698	5047	43.016
架空线路	220	4807.181	4731.684	0.061	99.745	326	0.379	3980	21.669
架空线路	330	435.913	380.934	0.011	99.659	5	0.026	134	29.894
架空线路	400	8.458	8.481	0	100	0	0	0	0
架空线路	500	2223.658	2201.999	0.068	99.296	154	1.577	832	57.362
架空线路	660	53.327	28.804	0	97.254	0	0	2	119.367
架空线路	750	243.414	230.823	0.017	99.411	4	0.028	48	50.597
架空线路	800	401.300	400.380	0	97.255	0	0	20	204.443
架空线路	1000	141.780	128.119	0	98.744	1	2.972	31	91.433
变压器	综合	20122	197.597	0.364	99.572	113	0.464	5142	36.757
变压器	220	13061	128.475	0.288	99.624	61	0.304	3554	32.343
变压器	330	558	5.424	0.922	99.337	5	0.191	130	57.709
变压器	500	5872	57.672	0.208	99.503	28	0.526	1259	42.803
变压器	660	6	0.060	0	100	0	0	0	0
变压器	750	407	3.826	3.920	99.484	16	5.518	61	39.797
变压器	800	33	0.331	0	100	0	0	0	0
变压器	1000	185	1.809	1.658	98.904	3	0.101	138	96.188

附表4- 续1

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）	计停时间 *3
电抗器	综合	4221	41.730	0.503	99.787	24	0.639	584	17.899
电抗器	220	222	2.260	0.442	99.885	1	0	30	10.067
电抗器	330	241	2.367	0	99.986	0	0	1	1.246
电抗器	400	7	0.070	0	100	0	0	0	0
电抗器	500	2826	28.202	0.461	99.835	14	0.363	307	13.911
电抗器	750	618	5.818	0.516	99.689	4	1.137	99	26.218
电抗器	800	48	0.481	0	100	0	0	0	0
电抗器	1000	259	2.532	1.580	99.162	5	3.876	147	69.666
断路器	综合	50512	502.437	0.145	99.845	110	0.043	6809	13.344
断路器	220	39637	394.055	0.112	99.867	73	0.029	4969	11.451
断路器	330	2106	20.935	0.048	99.903	2	0.128	160	8.201
断路器	400	2	0.020	0	100	0	0	0	0
断路器	500	8160	81.596	0.257	99.731	27	0.076	1549	23.198
断路器	750	525	4.893	1.431	99.747	8	0.301	122	21.842
断路器	800	43	0.419	0	100	0	0	0	0
断路器	1000	39	0.518	0	99.545	0	0	9	39.933
电流互感器	综合	146895	1463.398	0.017	99.960	61	0.022	7070	3.482
电流互感器	220	121446	1208.303	0.019	99.968	56	0.025	5539	2.787
电流互感器	330	4097	40.642	0	99.920	0	0	285	6.829
电流互感器	400	20	0.201	0	100	0	0	0	0
电流互感器	500	20976	210.725	0.009	99.922	5	0.007	1234	6.843

附表4-续2

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）	计停时间 *3
电流互感器	750	138	1.369	0	99.950	0	0	6	4.436
电流互感器	800	127	1.243	0	100	0	0	0	0
电流互感器	1000	91	0.917	0	99.976	0	0	6	2.136
电压互感器	综合	94533	932.745	0.036	99.948	46	0.015	5067	4.505
电压互感器	220	64001	632.242	0.013	99.975	18	0.011	2523	2.125
电压互感器	330	5581	54.386	0.221	99.920	12	0.001	319	6.882
电压互感器	400	1	0.010	0	100	0	0	0	0
电压互感器	500	22847	226.057	0.053	99.895	14	0.024	1892	9.172
电压互感器	750	1474	13.853	0.072	99.849	1	0.002	156	13.249
电压互感器	800	31	0.311	0	100	0	0	0	0
电压互感器	1000	598	5.887	0.170	99.557	1	0.265	177	38.657
隔离开关	综合	178025	1759.748	0.016	99.973	56	0.005	5193	2.332
隔离开关	220	150795	1489.446	0.014	99.982	46	0.006	3610	1.490
隔离开关	330	4733	46.986	0	99.963	0	0	144	3.058
隔离开关	400	9	0.090	0	100	0	0	0	0
隔离开关	500	20923	208.569	0.029	99.912	9	0.002	1264	7.645
隔离开关	750	1350	12.572	0.080	99.879	1	0.006	169	10.593
隔离开关	800	143	1.384	0	100	0	0	0	0
隔离开关	1000	72	0.701	0	99.773	0	0	6	19.920
避雷器	综合	160349	1578.448	0.019	99.962	52	0.015	6289	3.338
避雷器	220	125117	1231.761	0.004	99.974	25	0.009	4005	2.265

附表4- 续3

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）	计停时间 *3
避雷器	330	5430	52.987	0.057	99.949	3	0	222	4.417
避雷器	400	42	0.421	0	100	0	0	0	0
避雷器	500	26607	263.056	0.042	99.924	11	0.040	1663	6.592
避雷器	660	1	0.010	0	100	0	0	0	0
避雷器	750	2012	19.075	0.524	99.839	12	0.057	220	14.081
避雷器	800	448	4.298	0	100	0	0	0	0
避雷器	1000	692	6.840	0.146	99.595	1	0.228	179	35.306
耦合电容器	综合	7643	81.353	0.012	99.982	1	0	119	1.569
耦合电容器	220	7135	76.292	0.013	99.982	1	0	106	1.590
耦合电容器	330	126	1.248	0	99.963	0	0	10	3.289
耦合电容器	500	354	3.554	0	99.993	0	0	3	0.638
耦合电容器	750	6	0.045	0	100	0	0	0	0
耦合电容器	800	22	0.214	0	100	0	0	0	0
阻波器	综合	13247	141.752	0.007	99.968	1	0	205	2.726
阻波器	220	10438	112.600	0.009	99.993	1	0	89	0.561
阻波器	330	668	6.746	0	99.989	0	0	13	0.954
阻波器	500	2137	22.366	0	99.837	0	0	103	14.168
阻波器	750	4	0.040	0	100	0	0	0	0
电缆线路	综合	66.331	64.504	0.047	99.782	3	2.555	74	8.160
电缆线路	220	65.080	63.250	0.032	99.807	2	0.030	74	8.322
电缆线路	330	0	0	0	0	0	0	0	0

附表4-续4

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）	计停时间 *3
电缆线路	500	1.251	1.255	0.797	98.522	1	129.866	0	0
电缆线路	750	0	0	0	0	0	0	0	0
组合电器	综合	8217	65.164	0.044	99.972	107	0.028	8350	2.384
组合电器	220	5614	43.777	0.021	99.983	62	0.008	5222	1.468
组合电器	330	201	1.831	0.010	99.989	2	0	167	0.956
组合电器	500	2285	18.520	0.073	99.950	30	0.052	2328	4.216
组合电器	750	39	0.364	0.169	99.902	3	0.013	70	8.481
组合电器	1000	78	0.672	0.767	99.851	10	0.762	563	12.141
母线	综合	13833	137.637	0.378	99.951	52	0.548	733	3.755
母线	220	11418	113.769	0.422	99.961	48	0.657	487	2.777
母线	330	364	3.550	0	99.984	0	0	9	1.397
母线	500	1887	18.768	0.160	99.890	3	0.022	217	9.514
母线	750	100	0.928	1.077	99.850	1	0.250	18	12.929
母线	800	42	0.401	0	100	0	0	0	0
母线	1000	22	0.220	0	99.724	0	0	2	24.234

注：*1 架空线路、电缆线路单位为：百千米；其它设备单位为：台（套、段）。

*2 电缆线路单位为次/千米年，其它设备单位为次/百千米（台、套、段）年。

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

附表5

2020年全国直流输电系统运行主要可靠性指标

系统名称	额定电压（千伏）	额定输送容量(MW)	投运时间		能量可用率(%)	能量利用率(%)	强迫能量不可用率(%)	计划能量不可用率(%)	强迫停运次数	总输送电量(MWh)
葛南	±500	1164	极Ⅰ 极Ⅱ	1989-9-1 1990-8-1	95.752	58.01	0.097	4.152	1	5930894
天广	±500	1800	极Ⅰ 极Ⅱ	2000-12-26 2001-6-26	97.578	38.89	0	2.422	0	6149369
龙政	±500	3000	极Ⅰ 极Ⅱ	2003-6-1 2003-6-1	97.019	41.68	0.264	2.717	2	10982774
江城	±500	3000	极Ⅰ 极Ⅱ	2004-6-1 2004-6-1	97.021	64.42	0	2.979	0	16975184
宜华	±500	3000	极Ⅰ 极Ⅱ	2006-12-1 2006-12-1	97.204	46.80	0.014	2.782	1	12332676
兴安	±500	3000	极Ⅰ 极Ⅱ	2007-12-3 2007-6-21	99.192	83.03	0.218	0.590	2	21879739
德宝	±500	3000	极Ⅰ 极Ⅱ	2010-4-21 2010-4-21	95.496	68.75	0.170	4.334	1	18117935
伊穆	±500	3000	极Ⅰ 极Ⅱ	2010-9-30 2010-9-30	96.662	39.39	0	3.338	0	10379160
银东	±660	4000	极Ⅰ 极Ⅱ	2011-3-25 2011-3-25	98.684	87.68	0	1.316	0	30807530
林枫	±500	3000	极Ⅰ 极Ⅱ	2011-5-2 2011-5-2	97.126	44.23	0.068	2.805	1	11656110
柴拉	±400	600	极Ⅰ 极Ⅱ	2012-6-10 2012-6-10	95.632	41.35	0.069	4.299	1	2179319
牛从甲	±500	3200	极Ⅰ 极Ⅱ	2014-4-11 2013-10-12	96.725	58.29	0.002	3.273	2	16383480

附表5-续1

系统名称	额定电压（千伏）	额定输送容量（MW）	投运时间		能量可用率（%）	能量利用率（%）	强迫能量不可用率（%）	计划能量不可用率（%）	强迫停运次数	总输送电量（MWh）
牛从乙	±500	3200	极Ⅰ 极Ⅱ	2014-6-29 2014-6-29	94.420	53.90	0	5.580	0	15150788
金中	±500	3200	极Ⅰ 极Ⅱ	2016-6-18 2016-6-18	96.452	52.39	0	3.548	1	14724983
永富	±500	3000	极Ⅰ 极Ⅱ	2016-6-30 2016-6-30	95.833	45.48	0	4.167	0	11984128
楚穗	±800	5000	极Ⅰ 极Ⅱ	2010-6-18 2009-12-28	97.898	58.97	0.121	1.981	3	25901488
复奉	±800	6400	极Ⅰ 极Ⅱ	2010-7-26 2010-7-26	95.163	54.59	0	4.837	0	30687105
锦苏	±800	7200	极Ⅰ 极Ⅱ	2012-7-19 2012-12-6	95.239	59.17	0	4.761	0	37423154
天中	±800	8000	极Ⅰ 极Ⅱ	2014-1-25 2014-1-25	93.592	58.14	0.082	6.326	2	40857836
宾金	±800	8000	极Ⅰ 极Ⅱ	2014-7-3 2014-7-3	96.175	47.08	0.021	3.804	1	33084169
普侨	±800	5000	极Ⅰ 极Ⅱ	2015-5-30 2014-1-29	95.735	43.88	0	4.265	0	19272639
灵绍	±800	8000	极Ⅰ 极Ⅱ	2016-8-24 2016-8-24	96.170	70.91	0	3.830	0	49829952
祁韶	±800	8000	极Ⅰ 极Ⅱ	2017-6-23 2017-6-23	95.615	31.96	0.034	4.352	1	22458439
雁淮	±800	8000	极Ⅰ 极Ⅱ	2017-6-30 2017-6-30	96.947	36.86	0	3.053	0	25903922
鲁固	±800	10000	极Ⅰ 极Ⅱ	2018-1-1 2018-1-1	96.070	37.67	0.053	3.876	1	33087707
锡泰	±800	10000	极Ⅰ 极Ⅱ	2018-1-1 2018-1-1	96.921	19.49	0	3.079	0	17119678

附表5- 续2

系统名称	额定电压（千伏）	额定输送容量（MW）	投运时间		能量可用率（%）	能量利用率（%）	强迫能量不可用率（%）	计划能量不可用率（%）	强迫停运次数	总输送电量（MWh）
新东	±800	5000	极 I 极 II	2018-5-28 2018-5-28	95.913	58.13	0	4.087	0	25529897
昭沂	±800	10000	极 I 极 II	2019-1-1 2019-1-1	94.486	32.58	0	5.514	0	28622579
吉泉	±1100	12000	极 I 极 II	2019-7-1 2019-7-1	91.648	41.70	0	8.352	0	43956522

附表6

2020年全国背靠背直流输电系统运行主要可靠性指标

系统名称	换流站 / 单元	额定输送容量（MW）	投运时间	能量可用率（%）	能量利用率（%）	强迫能量不可用率（%）	计划能量不可用率（%）	强迫停运次数	总输送电量（MWh）
灵宝背靠背	接流站	1100	2005-7-1	96.514	91.62	0	3.486	0	8933216
	单元Ⅰ 120kV	360	2005-7-1	98.391	97.69	0	1.609	0	3089190
	单元Ⅱ 167kV	750	2009-12-15	98.123	88.71	0	1.877	0	5844026
高岭背靠背	换流站	3000	2008-11-1	97.354	64.70	0	2.646	0	17048660
	单元Ⅰ ± 125kV	750	2008-11-1	99.338	63.98	0	0.662	0	4215218
	单元Ⅱ ± 125kV	750	2008-11-1	99.338	63.56	0	0.662	0	4187520
	单元Ⅲ ± 125kV	750	2012-11-13	99.339	65.50	0	0.661	0	4314917
	单元Ⅳ ± 125kV	750	2012-11-13	99.339	65.74	0	0.661	0	4331006
黑河背靠背	接流站	750	2012-1-07	97.428	41.04	0	2.572	0	2703450
	单元Ⅰ 125kV	750	2012-1-07	97.428	41.04	0	2.572	0	2703450
鲁西背靠背	接流站	3000	2016-6-30	94.884	32.76	0.094	5.022	2	8632987
	单元Ⅰ ± 125kV	1000	2016-6-30	96.622	34.88	0	3.378	0	6128291
	单元Ⅱ ± 125kV	1000	2016-8-29	95.773		0	4.227	0	
	单元Ⅲ ± 125kV	1000	2017-6-30	92.256	28.51	0.282	7.462	2	2504695
宜昌背靠背	接流站	2500	2019-6-1	94.266	18.49	0.131	5.603	1	4059434
	单元Ⅰ ±400kV	1250	2019-6-1	97.132	18.53	0	2.868	0	2034052
	单元Ⅱ ±400kV	1250	2019-6-1	97.134	18.45	0.131	2.735	1	2025382
施州背靠背	接流站	2500	2019-6-1	91.993	18.30	0.254	7.753	1	4017714
	单元Ⅰ ±400kV	1250	2019-6-1	96.258	18.48	0	3.742	0	2029060
	单元Ⅱ ±400kV	1250	2019-6-1	95.734	18.11	0.254	4.011	1	1988654