

ZJSEE

3 浙 江 省 电 力 学 会 标 准

4 T/ZJSEE XXXX-YYYY

5

6 水电站一键黑启动技术规范

7 Technical specification for one-button black-start of hydropower
8 station

9

10 (征求意见稿)

11

2024-01-01 发布

2024-06-01 实施

浙江省电力学会 发布

目 次

12		
13		
14	前 言	II
15	引 言	III
16	1 范围	1
17	2 规范性引用文件	1
18	3 术语和定义	1
19	4 总则	2
20	5 基本技术要求	2
21	5.1 计算机监控系统	2
22	5.2 厂用电系统	3
23	5.3 直流系统	3
24	5.4 黑启动电源（B类黑启动）	3
25	5.5 继电保护及二次控制回路	3
26	5.6 励磁系统	3
27	5.7 调速系统	3
28	5.8 水轮发电机组及辅助设备	4
29	5.9 水轮机进水口工作闸门、主阀	4
30	6 一键黑启动基本自动控制流程	4
31	6.1 一键A类黑启动基本自动控制流程	4
32	6.2 一键B类黑启动基本自动控制流程	5
33	6.3 流程执行终止	6
34	7 一键黑启动试验	6
35	7.1 黑启动功能试验	6
36	7.2 顺控流程核对试验	6
37	7.3 一键黑启动试验	6
38	附 录 A（资料性）典型黑启动负荷统计表	8
39	附 录 B（规范性）黑启动机组功能试验	10
40	附 录 C（资料性）多机协同一键黑启动恢复厂用电及系统母线	12
41	参 考 文 献	13
42	索 引	14
43		

前 言

44

45

46 本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定
47 起草。

48 请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

49 本文件由浙江省电力学会提出。

50 本文件由浙江省电力学会电力系统专业专业委员会技术归口和解释。

51 本文件起草单位：国网浙江省电力有限公司紧水滩水力发电厂、国网浙江电力调度控制中心、国网
52 浙江省电力有限公司电力科学研究院、中国水利水电科学研究院、浙江浙能北海水力发电有限公司。

53 本文件主要起草人：吴华华、项兴华、何成章、束炳芳、段文华、罗俊、邱荣杰、姚琛、汤建勋、
54 汤宇超、甘倍荣、董承志、尹朱红、项中明、谷炜、张 锋、孙文多、郑翔、吴焯、黄立超、钱凯洋、
55 黄启航、黄弘扬、华文、张建承、李建辉、张捷、张立康、刘华良、周郎。

56 本文件首次发布。

57 本文件在执行过程中的意见或建议反馈至浙江省电力学会标准工作委员会（地址：浙江省杭州市南
58 复路1号，邮编：310008，网址：<http://www.zjsee.org/>，邮箱：zjseeorg_bz@163.com）。

59

60

水电站一键黑启动技术规范

61 1 范围

62 本文件规定了水电站一键黑启动功能的设计总则、基本技术要求、基本控制流程、试验项目等内容。
63 本文件适用于一键黑启动功能的设计、建设等。

64 2 规范性引用文件

65 下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，
66 仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本
67 文件。

- 68 GB/T 38334 水电站黑启动技术规范
- 69 DL/T 578 水电厂计算机监控系统基本技术条件
- 70 DL/T 583 大中型水轮发电机静止整流励磁系统技术条件
- 71 DL/T 724 电力系统用蓄电池直流电源装置运行与维护技术规程
- 72 DL/T 822 水电厂计算机监控系统试验验收规程
- 73 DL/T 1708 电力系统顺序控制技术规程
- 74 NB/T 10879 水力发电厂计算机监控系统设计规范
- 75 NB/T 35004 水力发电厂自动化设计技术规范
- 76 NB/T 35044 水力发电厂厂用电设计规程

77 3 术语和定义

78 下列术语和定义适用于本文件。

79 3.1

80 **水电站黑启动** black-start of hydropower station

81 当水电站失去厂用电工作电源及备用电源时，通过黑启动方式，恢复厂用电工作电源及机组设备运
82 行的过程。

83 3.2

84 **顺序控制** sequence control

85 一种系列相关控制指令的处理方式，即按照一定时序及闭锁逻辑，自动逐条发出、逐条确认被正确
86 执行，直至执行完成全部控制指令。

87 3.3

88 **水电站一键黑启动** one-button black-start of hydropower station

89 通过顺序控制程序一键操作，完成设备的自启动，实现水电站黑启动。

90 3.4

91 **A类黑启动** class A black-start

92 仅利用直流蓄电池存储的电能量、液压系统储存的液压能量，恢复厂用电工作电源的方式。

93 3.5

94 **B类黑启动** class B black-start

95 利用黑启动电源及直流蓄电池存储的电能量及液压系统储存的液压能量，恢复厂用电工作电源的
96 方式。

97 3.6

98 **黑启动电源** black-start power supply

99 当厂用电工作电源及备用电源消失时，用于启动机组及其附属设备的独立于电网的其他电源。

100 3.7

101 黑启动机组 black-start unit

102 从失去厂用电工作电源及备用电源至完成黑启动全过程所需的时间(t):包括黑启动准备时间(t1)、
103 机组启动时间 (t2)、厂用电工作电源恢复时间 (t3), 即 $t=t_1+t_2+t_3$ 。

104 3.8

105 黑启动时间 black-start time

106 从失去厂用电工作电源及备用电源至完成黑启动全过程所需的时间(t):包括黑启动准备时间(t1)、
107 机组启动时间 (t2)、厂用电工作电源恢复时间 (t3), 即 $t=t_1+t_2+t_3$ 。

108 3.9

109 多机协同一键黑启动 muti unit collaboration for one-button black-start

110 当有多台黑启动机组时, 首选机组黑启动开机条件不满足或黑启动开机失败, 一键黑启动顺序控制
111 程序能启动其他满足黑启动开机条件的机组协同完成水电站黑启动。

112

113 4 总则

114 4.1 水电站应具备黑启动功能, 应符合 GB/T 38334 的要求。

115 4.2 一键黑启动顺序控制的前提条件应同时满足一次设备、二次设备、厂站端监控系统、调度(调控)
116 主站以及相关安全防护措施的要求。

117 4.3 在保障自身发电机组安全的前提下, 水电站一键黑启动顺序控制程序应操作步骤少且简单、反应
118 速度快且可靠、便于集中监视与应急处理。

119 4.4 水电站一键黑启动顺序控制程序流程应能在厂用电工作电源及备用电源全部消失后, 自动操作黑
120 启动相关设备设施至恢复厂用电, 设计黑启动时间宜不大于 15min。

121 4.5 具有多台黑启动机组的水电站宜设计多机协同一键黑启动顺序控制程序, 避免单台机组故障或检
122 修时失去一键黑启动能力。

123 4.6 作为电网系统黑启动电源点的厂站, 宜根据调度需求设计一键黑启动顺序控制操作至恢复至系统
124 母线。

125 4.7 水电站应同步修改黑启动应急预案, 每年组织黑启动应急预案演练, 熟悉各项操作, 手动黑启动
126 和一键黑启动宜隔年交叉进行。

127 5 基本技术要求

128 5.1 计算机监控系统

129 5.1.1 计算机监控系统顺序控制程序是电站一键黑启动快速恢复厂用电、减少事故损失的关键环节,
130 需要将大量人为操作、检查的过程进行流程化。

131 5.1.2 计算机监控系统应采用不间断电源, 在厂用电全失时能正常供电不少于 2 小时。

132 5.1.3 一键黑启动顺序控制流程应在计算机监控系统电厂控制级和现地控制级部署。

133 a) 电厂控制级部署内容主要包括: 添加一键黑启动程序段, 添加一键黑启动流程画面, 黑启动控
134 制命令配置, 黑启动流程数据库配置。

135 b) 现地控制级部署对象主要为开关站现地控制单元、机组现地控制单元、厂用电现地控制单元、
136 公用现地控制单元, 其内容主要包括: 添加黑启动程序段, 添加下位机黑启动交互画面, 黑启
137 动控制命令配置。

138 c) 现地控制单元程序部署时应保证上、下位机数据采集正常。应具备多个现地控制单元的数据交
139 互功能, 同时应与正常的主辅设备控制流程实现相对隔离, 避免交叉影响。

140 5.1.4 计算机监控系统新增一键黑启动顺序控制程序应不影响机组正常开机流程、正常停机流程等控
141 制逻辑。

142 5.1.5 计算机监控系统一键黑启动画面宜包含条件画面、流程画面、监视(控制)画面。

143 a) 条件画面宜由黑启动判断条件等信息组成, 根据黑启动判断条配置监视画面数量及内容。

144 b) 流程画面宜包含流程控制操作命令弹出子菜单, 流程运行步信息及流程跳转信息, 每步均包含

- 145 单步运行动作时间及监控时间等信息。同时，画面包含黑启动流程操作状态信息等内容。
- 146 c) 监视画面宜由一键黑启动需要监控的各设备状态画面内容构成，用于监视机组黑启动流程中
- 147 各设备状态及机组运行工况。
- 148 5.1.6 新增一键黑启动画面应独立，不能与监控其他画面有交叉，不影响原监控系统正常运行。
- 149 5.1.7 厂用电工作电源及备用电源失电时，与一键黑启动顺序控制程序有关的采集、控制设备应能正
- 150 常工作，与一键黑启动顺序控制有关的通信功能应正常。
- 151 5.1.8 一键黑启动顺序控制程序设计实施应符合 DL/T 578、NB/T 10879 的要求。
- 152 5.2 厂用电系统
- 153 5.2.1 厂用电系统应在计算机监控系统实现厂用电系统各侧断路器的分合操作。
- 154 5.2.2 厂用电切换装置及厂用电系统各侧断路器操作电源均应设有直流电源，在厂用交流动力电源消
- 155 失时能够在计算机监控系统正常操作。
- 156 5.2.3 厂用电系统各负荷开关宜在计算机监控系统操作，在一键黑启动过程中切除一般负荷。
- 157 5.2.4 A 类黑启动电站厂用电恢复正常时，应由一键黑启动顺序控制程序根据当前设备工况自动调整
- 158 厂用电运行方式。
- 159 5.2.5 B 类黑启动电站厂用电恢复正常时，应由一键黑启动顺序控制程序将黑启动电源根据需要自动
- 160 切换为冷后备状态，并根据当前设备工况自动调整厂用电运行方式。
- 161 5.3 直流系统
- 162 5.3.1 A 类黑启动蓄电池组容量应满足黑启动负荷（参见附录 A）要求，持续供电时间不小于 2h。直
- 163 流负荷可划分黑启动负荷、一般负荷，在黑启动过程中，宜自动切除一般负荷。
- 164 5.3.2 A 类黑启动直流电源向黑启动负荷供电的同时，应满足直流起励、直流电磁阀动作等脉冲负载
- 165 的工作要求。
- 166 5.3.3 B 类黑启动蓄电池应能确保黑启动电源可靠启动。
- 167 5.4 黑启动电源（B 类黑启动）
- 168 5.4.1 黑启动电源宜选择柴油（汽油）发电机、小型水轮发电机组等作为黑启动电源。A 类黑启动直流
- 169 电源向黑启动负荷供电的同时，应满足直流起励、直流电磁阀动作等脉冲负载的工作要求。
- 170 5.4.2 柴油（汽油）发电机电源宜选用 400V 电压等级，当受到黑启动电站负荷容量、接线和布置等条
- 171 件限制时也可选用 10kV 或 6kV 电压等级。
- 172 5.4.3 黑启动电源容量应大于一台机组所必需的黑启动负荷（参见附录 A）。
- 173 5.4.4 黑启动电源应采用自动控制方式接入计算机监控系统，实现黑启动电源的远程控制功能。
- 174 5.4.5 在计算机监控系统应能检测到黑启动电源运行的相关数据，满足一键黑启动顺控流程的控制要
- 175 求。
- 176 5.4.6 当机组黑启动失败时，若黑启动电源未退出运行，应能自动重新提供厂用电。
- 177 5.5 继电保护及二次控制回路
- 178 5.5.1 厂用电工作电源及备用电源失电时，继电保护装置及二次控制回路应正常工作，与黑启动有关
- 179 的断路器应能正常分合闸。
- 180 5.5.2 黑启动机组发电机出口断路器应具备断路器两端无压远方合闸功能。
- 181 5.6 励磁系统
- 182 5.6.1 A 类黑启动机组应具备直流或残压起励能力。
- 183 5.6.2 A 类黑启动机组励磁系统控制电源应采用交直流供电配置。
- 184 5.6.3 A 类黑启动机组在励磁冷却风机停运时应能起励运行，风机电源宜有一路电源取自机端。
- 185 5.6.4 A 类黑启动机组断路器无压合闸后，一键黑启动顺序控制流程应能让机组正常建压。
- 186 5.6.5 B 类黑启动机组启动时，黑启动电源应能保证交流起励电源正常。
- 187 5.7 调速系统
- 188 5.7.1 调速系统控制电源应采用交直流双电源供电。

- 189 5.7.2 调速系统应具备孤网运行方式和能力。
- 190 5.7.3 A 类黑启动机组在正常工作油压下限且油泵不运行时，压力油罐可用油的体积至少能保证在油
- 191 压降至不低于最低操作油压条件下，应能提供不小于下列规定的各接力器行程数：
- 192 a) 混流式水轮机：3 个导叶接力器行程；
- 193 b) 转桨式水轮机：除 3 个导叶接力器行程外，还要求 1.5 个~2 个桨叶接力器行程；
- 194 c) 冲击式水轮机：除 3 个折向器接力器行程外，还要求 1.5 个~2 个喷针接力器行程。
- 195 5.7.4 事故低油压保护动作时，应能可靠关闭导水机构。
- 196 5.7.5 应配备机械超速保护装置。装置动作时直接停机、关闭导水机构。
- 197 5.8 水轮发电机组及辅助设备
- 198 5.8.1 一键黑启动流程执行过程中，电气和机械保护功能应能正确动作，停机过程与机组正常开机时
- 199 的事故停机一致，机组停机过程中的辅助设备电源由黑启动电源或直流电源提供。
- 200 5.8.2 A 类黑启动机组启动时，无交流电源，水轮发电机组及辅助设备需满足以下技术条件：
- 201 a) 技术供水及主轴密封供水阀门应使用直流电源，在厂用电全失时能正常投退。若无直流电源，
- 202 机组从开机到技术供水恢复正常前，机组推力瓦温、上导瓦温、下导瓦温、水导瓦温不应超过
- 203 报警值；
- 204 b) 制动装置应使用直流电源，若无直流电源，推力轴承、上导轴承、下导轴承、水导轴承在制动
- 205 装置不投入的情况应能正常停机；
- 206 c) 空气压缩机系统在失去厂用电工作电源后，制动气源应能保证机组制动完成；
- 207 d) 具有巴氏合金推力轴承在高压顶起不投入的情况下应能安全停机；
- 208 e) 开机过程中需要投入高压顶起的推力轴承，应设置直流备用泵；
- 209 f) 灯泡式机组的高位油箱在供油系统失电情况下，能自流供给发电机和水轮机各部轴承润滑油，
- 210 保持时间应不小于厂用电恢复时间；
- 211 g) 对于采用顶盖水泵排水的机组，应具有其他保证可靠排水的方式方法；
- 212 h) 机组黑启动开始至厂用电恢复前，渗漏集水井的有效容积应能满足厂房各部渗漏水要求。
- 213 5.8.3 B 类黑启动机组启动时，黑启动电源应能保证水轮发电机组及辅助设备的正常启动。
- 214 5.9 水轮机进水口工作闸门、主阀
- 215 5.9.1 水轮机进水口工作闸门、主阀应能动水关闭；
- 216 5.9.2 水轮机进水口工作闸门在失去厂用电工作电源及备用电源时应保持原状态，紧急情况下应能关
- 217 闭。
- 218 5.9.3 A 类黑启动机组主阀油压装置在失去厂用电工作电源及备用电源时应能正常开、闭一次。
- 219 6 一键黑启动基本自动控制流程
- 220 6.1 一键 A 类黑启动基本自动控制流程
- 221 6.1.1 系统隔离
- 222 执行一键黑启动顺序控制程序前应确认水电站厂用电全部失压超过 3min 且无可用电源点，执行一
- 223 键黑启动顺序控制程序时应先断开所有并网点和电源点断路器，避免系统突然来电或误送电。
- 224 基本自动控制流程如下：
- 225 a) 检测到全厂失电超过 3min 且无可用电源点，确认一键黑启动执行条件满足；
- 226 b) 断开系统母线、线路、主变各侧断路器；
- 227 c) 断开厂用电系统各侧断路器；
- 228 d) 具备条件的宜切除厂用一般负荷，保留重要的黑启动负荷。
- 229 6.1.2 启动黑启动机组
- 230 基本自动控制流程如下：
- 231 a) 确认黑启动机组满足开机条件。
- 232 b) 投入冷却水系统及其他辅助设备。

- 233 c) 向黑启动机组调速器下达开机令, 使机组开机至空转态。
 234 d) 合上黑启动机组断路器。
 235 e) 向黑启动机组励磁系统下达建压令, 使机组建压正常。
 236 f) 多机组协同一键黑启动当首选黑启动机组故障或黑启动失败时, 应能自动切换到备用黑启动
 237 机组, 重复上述流程。启动备用黑启动机组前, 应确认失败机组断路器断开。

238 6.1.3 恢复厂用电

239 基本自动控制流程如下:

- 240 a) 合上由黑启动机组供电的厂用变压器高压侧断路器。
 241 b) 确认由黑启动机组供电的厂用母线电压恢复正常。
 242 c) 合上由黑启动机组供电的厂用变压器低压侧断路器。
 243 d) 根据当前设备工况倒换厂用电运行方式, 采用逐步扩大供电范围的方式恢复全部厂用电。

244 6.1.4 恢复系统母线电压

245 恢复系统母线电压应以机组带主变及系统母线零起升压的方式。恢复系统母线电压机组应和黑启
 246 动恢复厂用电机组互相独立, 避免因系统故障造成厂用电再次消失。

247 基本自动控制流程如下:

- 248 a) 确认调度要求恢复系统母线电压。
 249 b) 确认机组带主变及系统母线零起升压开机条件满足。
 250 c) 无压合上主变断路器。
 251 d) 确认零升机组开机条件满足。
 252 e) 投入冷却水系统及其他辅助设备。
 253 f) 向零升机组调速器下达开机令, 使机组开机至空转态。
 254 g) 合上零升机组断路器。
 255 h) 向零升机组励磁系统下达建压令, 使机组建压正常。
 256 i) 确认系统母线电压正常。

257 6.2 一键 B 类黑启动基本自动控制流程

258 6.2.1 系统隔离

259 执行一键黑启动顺序控制程序前应确认水电站厂用电全部失压超过 3min 且无可用电源点, 执行一
 260 键黑启动顺序控制程序时应先断开所有并网点和电源点断路器, 避免系统突然来电或误送电。

261 基本自动控制流程如下:

- 262 a) 检测到全厂失电超过 3min 且无可用电源点, 确认一键黑启动执行条件满足;
 263 b) 断开系统母线、线路、主变各侧断路器;
 264 c) 断开厂用电系统各侧断路器;
 265 d) 具备条件的宜切除厂用一般负荷, 保留重要的黑启动负荷。

266 6.2.2 启动黑启动电源

267 基本自动控制流程如下:

- 268 a) 确认黑启动电源启动条件满足。
 269 b) 启动黑启动电源。
 270 c) 根据黑启动电源接入方式倒换厂用电运行方式。
 271 d) 确认厂用电电压正常。

272 6.2.3 启动黑启动机组

273 基本自动控制流程如下:

- 274 a) 确认黑启动机组开机条件满足。
 275 b) 投入冷却水系统及其他辅助设备。
 276 c) 向黑启动机组调速器下达开机令, 使机组开机至空转态。
 277 d) 向黑启动机组励磁系统下达建压令, 使机组建压正常至空载态。

278 e) 合黑启动机组断路器。

279 6.2.4 恢复厂用电

280 基本自动控制流程如下：

281 a) 切除黑启动电源至备用。

282 b) 确认黑启动机组供厂用电正常。

283 c) 根据当前设备工况倒换厂用电运行方式，采用逐步扩大供电范围的方式恢复全部厂用电。

284 6.2.5 恢复系统母线电压

285 恢复系统母线电压应以机组带主变及系统母线零起升压的方式。恢复系统母线电压机组应和黑启
286 动恢复厂用发电机组互相独立，避免因系统故障造成厂用电再次消失。

287 基本自动控制流程如下：

288 a) 确认调度要求恢复系统母线电压。

289 b) 确认机组带主变及系统母线零起升压开机条件满足。

290 c) 无压合上主变断路器。

291 d) 确认零升机组开机条件满足。

292 e) 投入冷却水系统及其他辅助设备。

293 f) 向零升机组调速器下达开机令，使机组开机至空转态。

294 g) 合上零升机组断路器。

295 h) 向零升机组励磁系统下达建压令，使机组建压正常。

296 i) 确认系统母线电压正常。

297 6.3 流程执行终止

298 6.3.1 当流程执行受阻时应自动终止，并提示故障原因。

299 6.3.2 流程设计时，应分析和研究黑启动失败后的停机方案，保证机组能可靠停机。

300 6.3.3 一键黑启动流程执行失败终止后，应现场确认相关设备状态，并恢复至流程开始执行时的初始
301 状态。

302 7 一键黑启动试验

303 7.1 黑启动功能试验

304 一键黑启动试验前，应进行黑启动功能试验（参见附录 B）。包括设备系统试验、黑启动电源试验、
305 分阶段试验、整体试验，检验一键黑启动机组具备黑启动能力，试验项目和方法参照 GB/T 38334 要求
306 进行。

307 7.2 顺控流程核对试验

308 7.2.1 应核对开关站断路器开出点，测试开关站一键黑启动顺控流程，在满足试验安措的前提下，测
309 试开关站一键黑启动相关断路器分、合闸继电器动作正确。

310 7.2.2 应核对厂用电系统、公用系统断路器开出点，测试公用一键黑启动顺控流程，在满足试验安措
311 的前提下，测试厂用电系统、公用系统一键黑启动相关断路器分、合闸继电器动作正确。

312 7.2.3 应模拟机组一键黑启动顺控流程正确。

313 7.2.4 B 类黑启动应模拟黑启动电源一键黑启动顺控流程正确。

314 7.2.5 应进行一键黑启动流程整体联调，检查各流程衔接正常。

315 7.3 一键黑启动试验

316 7.3.1 试验前条件和要求

317 7.3.1.1 水库水位满足机组启动要求。

318 7.3.1.2 输水系统检修闸门、工作闸门等处于开启状态。

319 7.3.1.3 A 类黑启动试验前应检查：

- 320 a) 蓄电池容量应满足黑启动试验要求；
- 321 b) 不间断电源在带正常运行负载时，断开交流主用输入电源，能自动切换至直流电源供电，负载
- 322 设备运行应正常，供电时间不少于 2h，恢复交流主用输入电源后，自动切换至交流主路电源
- 323 供电，负载设备应运行正常；
- 324 c) 确认集水井水位在安全水位以下；
- 325 d) 确认机组在交流供电消失时，高压直流注油泵自动投退功能正常；
- 326 e) 主阀油压装置在失去厂用电工作电源及备用电源时应能正常开、闭一次；
- 327 f) 空气压缩系统在失去厂用电工作电源及备用电源后，制动气源压力应能保证机组制动；
- 328 7.3.1.4 B 类黑启动试验前应检查确认柴油机容量应满足黑启动试验所需负荷的要求，柴油发电机启
- 329 动所需的蓄电池电压、燃料油位、润滑油油位正常，绝缘性能合格，柴油机发变组保护入运行，整定值
- 330 设置正确。
- 331 7.3.1.5 水电站一键黑启动试验应根据各试验阶段、试验范围、初始状态制定试验实施方案（包括厂
- 332 用动力电源投切实施方案）。
- 333 7.3.1.6 水电站一键黑启动试验应遵照电网黑启动预案，并结合电站设备实际情况进行。
- 334 7.3.1.7 试验前应联系调度，确认调度管辖设备运行方式变化。
- 335 7.3.1.8 试验前应提前通知厂用电负荷用户停电计划，并撤离工作现场除试验人员外所有工作人员。
- 336 7.3.1.9 厂用电备用电源应正常可靠，保证试验过程中黑启动不成功能迅速恢复厂用电。
- 337 7.3.2 试验步骤
- 338 7.3.2.1 “一键黑启动”功能试验
- 339 a) 进行黑启动设备、系统的隔离，倒换系统运行方式，拉开所有电源点断路器至厂用电全失。
- 340 b) 检查“一键黑启动”启动条件满足。
- 341 c) 在计算监控系统投入“一键黑启动”功能，执行一键黑启动顺序控制程序开启机组恢复厂用电。
- 342 d) 监视一键黑启动流程执行正确。
- 343 e) 监视厂用电恢复正常。
- 344 f) 功能具备恢复至系统母线电压的，执行一键黑启动顺序控制程序开启机组恢复系统母线。
- 345 g) 监视系统母线电压正常。
- 346 h) 试验过程中应记录各设备系统的动作时间、运行状态和主要运行指标，机组各运行指标不应超
- 347 过限值。
- 348 7.3.2.2 “一键黑启动”功能执行失败试验
- 349 “一键黑启动”功能试验成功后，宜模拟设置机组调速器故障、机组断路器操作电源断线、励磁建
- 350 压不成功等故障，检验“一键黑启动”功能执行过程中失败后续流程正确性。
- 351 7.3.3 试验过程中应急措施
- 352 7.3.3.1 试验过程中应派专人在调速器电气控制柜监视转速和导叶动作情况，出现机组转速超过 115%
- 353 N_e 而过速保护未动作时，应立即按下紧急停机按钮停机。
- 354 7.3.3.2 试验过程中应派专人监视机组各轴承温度，当轴承温度上升超过限值时，应立即按下紧急停
- 355 机按钮停机。
- 356 7.3.3.3 试验过程中应派专人在励磁调节柜监视机组励磁情况，发现励磁电压和机端电压异常波动情
- 357 况时，应立即按下紧急停机按钮停机。
- 358 7.3.3.4 试验过程中应派专人监视机组压油装置油压、油位变化情况，发现油压低于事故低油压未动
- 359 作或者油位越低低限情况，应立即按下紧急停机按钮停机。
- 360 7.3.3.5 试验过程中应派人监视水车室顶盖水位情况，若出现水位异常升高情况，应立即终止试验，
- 361 合上厂用电备用电源，启动机组顶盖排水泵。
- 362 7.3.3.6 试验过程中派人监视其他需要监视的设备，若出现异常情况，立即采取紧急处理措施或按调
- 363 速器紧急停机电磁阀停机。
- 364 7.3.3.7 若试验过程中出现流程无法继续执行的情况，应立即终止试验，下机组停机令，查明原因后
- 365 重新开始试验。

366

367

368

369

附 录 A
(资料性)
典型黑启动负荷统计表

370 A.1 典型黑启动负荷

371 典型黑启动负荷统计见表 A.1。

372

表 A.1 典型黑启动负荷统计表

序号	负荷名称	单台设备容量/kW	A 类黑负荷	B 类黑负荷
一	交流负荷			
1	导轴承、推力轴承润滑油泵、水泵			√
2	高压油顶起油泵			√
3	水轮机调节系统油泵、主阀（圆筒阀）液压油			√
4	顶盖排水泵			√
5	发电机、变压器、出口断路器冷却风机			√
6	机组交流起励电源			√
7	机组技术供水主用供水泵、冷却循环水泵			√
8	渗漏排水泵			√
9	应启动的其他交流负荷			√
二	直流负荷			
10	发电机、变压器等保护装置电源		√	√
11	断路器控制、操作电源		√	√
12	水轮机调节系统控制电源		√	√
13	水轮机、发电机附属设备控制电源		√	√
14	励磁系统控制电源、直流起励电源		√	√
15	监控系统		√	√

373

表 A.1 典型黑启动负荷统计表（续）

序号	负荷名称	单台设备容量/kW	A类黑负荷	B类黑负荷
16	排水系统、压缩空气系统控制电源		√	√
17	推力轴承直流油泵电源		√	√
18	黑启动区域内直流照明		√	√
19	交流不停电电源装置		√	√
20	应供电的其他直流负荷		√	√
交流黑启动负荷容量/kW:				
直流黑启动负荷容量/kW:				
<p>注 1: 黑启动时只考虑各部位一台泵运行。</p> <p>注 2: 部分设备、系统满足 A 类黑启动要求, 可不投入运行的附属、辅助设备的交流厂用电工作电源容量统计为“0”。</p> <p>注 3: 考虑不发生水淹厂房事故所需的最小排水用电负荷。</p> <p>注 4: B 类黑启动电站在黑启动过程中, 部分设备系统经判断满足 A 类黑启动要求, 这些设备系统的交流负荷可不计入黑启动电源容量计算。</p> <p>注 5: 根据黑启动机组的实际情况, 参照 NB/T 35044 对负荷类型进行增减。</p>				

374

375

376

377

378

379

附 录 B
(资料性)
黑启动机组功能试验

380

B.1 黑启动机组功能试验

381

黑启动机组功能试验项目见表 B.1。

382

表 B.1 黑启动机组功能试验

系统名称	试验名称	A 类黑启动方式	B 类黑启动方式
1 设备系统试验			
1.1 发电机组	1.1.1 高压油顶起装置不投入停机试	√	
	1.1.2 油冷却系统冷却水中断试	√	
	1.1.3 高位油箱供油时间试	√	
	1.1.4 轴承温升试验	√	
1.2 水轮机调节系统	1.2.1 液压储能试验	√	
	1.2.2 事故低油压试验	√	
	1.2.3 机械超速保护试验	√	√
	1.2.4 开机试验	√	
	1.2.5 孤立负荷试验	√	√
1.3 励磁系统	1.3.1 切除电源试验	√	
	1.3.2 起励试验	√	√
	1.3.3 励磁冷却风机试验	√	
1.4 继电保护及二次控制回路	1.4.1 断路器分合闸试验	√	√
	1.4.2 发电机出口断路器无压合闸试验	√	√
1.5 计算机监控系统	1.5.1 电源切换试验	√	
	1.5.2 采集、控制设备检查	√	

383

表 B.1 黑启动机组功能试验(续)

系统名称	试验名称	A类黑启动方式	B类黑启动方式
1.5 计算机监控系统	1.5.3 黑启动流程验证试验	√	
1.6 主阀低油压试验		√	√
1.7 直流系统	1.7.1 蓄电池组核对性充放电试验	√	√
	1.7.2 蓄电池组黑启动允许时间测试	√	√
1.8 附属及辅助设备	1.8.1 测定顶盖渗漏水黑启动允许时间	√	√
	1.8.2 测定渗漏集水井黑启动允许时间	√	√
2 应急照明切换试		√	√
3 黑启动电源试验		√	√
3.1 黑启动电源启动试验			√
3.2 黑启动电源供电试验			√
4 其他试验			√
5 阶段试验			
6 整体试验		√	√
注：B类黑启动电站在黑启动过程中，需要投入运行的设备系统初步判断满足A类黑启动要求且交流负荷未计入黑启动电源供电容量时，这些设备系统宜按A类黑启动要求进行试验。			

384

385

386

387

388

389

附录 C

(资料性)

多机协同一键黑启动恢复厂用电及系统母线流程示例

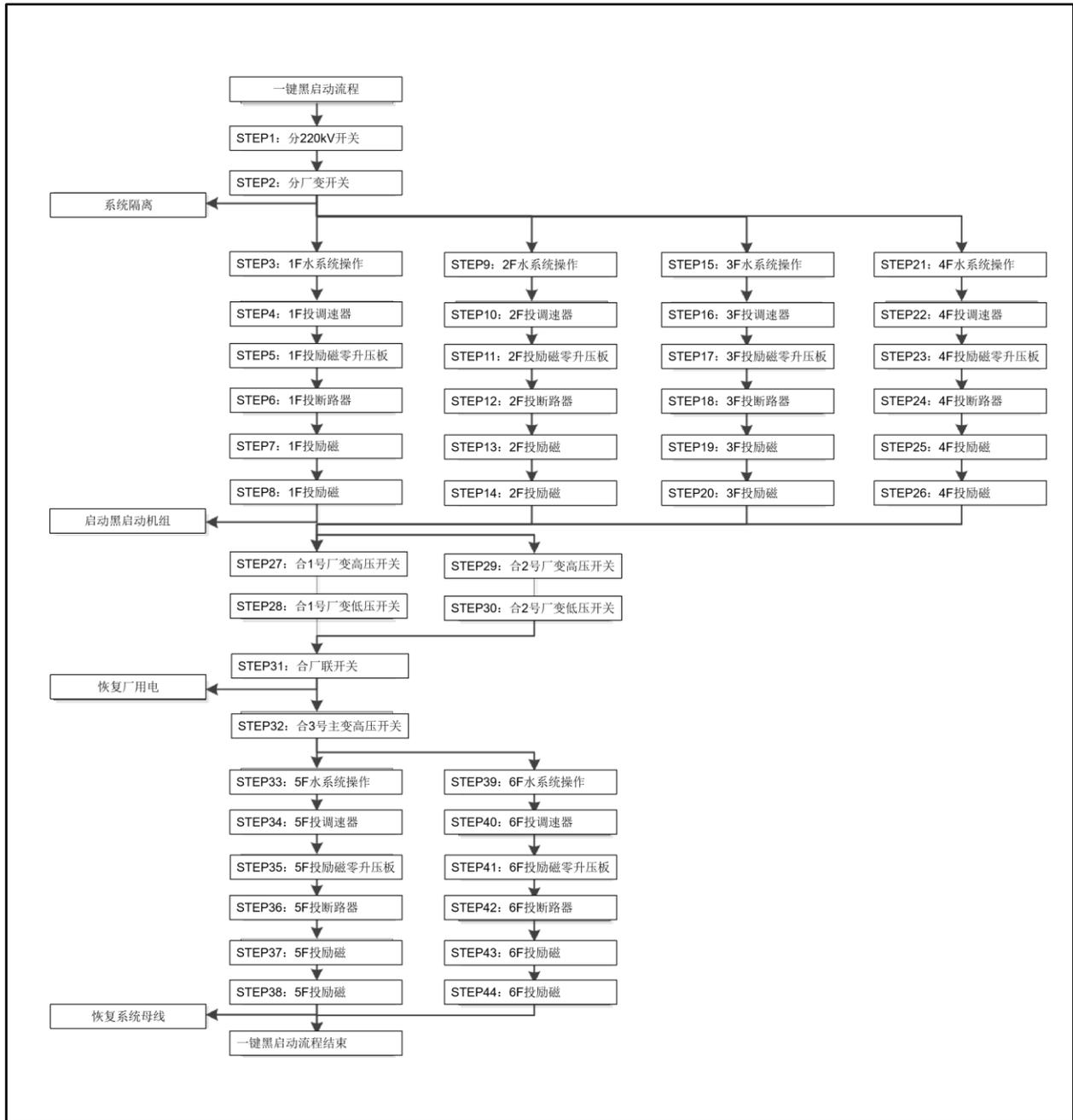
390

C.1 多机协同一键黑启动恢复厂用电及系统母线

391

多机协同一键黑启动恢复厂用电及系统母线流程示例见图 C.1。

392



393

394

395

图 C.1 多机协同一键黑启动恢复厂用电及系统母线流程图

