



中华人民共和国国家标准

GB/T 38334—2019

水电站黑启动技术规范

Technical specification for black-start of hydropower station

2019-12-10 发布

2020-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 2

5 基本技术条件 2

 5.1 A类黑启动 2

 5.2 B类黑启动 4

6 黑启动试验 5

 6.1 总体要求 5

 6.2 设备系统试验 5

 6.3 黑启动电源试验 8

 6.4 分阶段试验 8

 6.5 整体试验 9

 6.6 黑启动方式鉴别 10

7 黑启动程序及应急处置 10

 7.1 黑启动程序 10

 7.2 应急处置 10

附录 A（资料性附录） 典型黑启动负荷统计表 11

附录 B（规范性附录） 黑启动应进行的试验 12

附录 C（资料性附录） 蓄电池放电时间计算 14

附录 D（资料性附录） 黑启动整体试验数据记录 15

附录 E（资料性附录） 黑启动程序范例 17

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准起草单位：龙滩水力发电厂、陈村水力发电厂、国网新源控股有限公司。

本标准主要起草人：张强、王鹏宇、张继承、吴祖平、庞万禄、邓晓春、俸梅、韦江平、欧世强、李建光、江学奎、杨剑虹、季峰、李帅轩、王勇。

水电站黑启动技术规范

1 范围

本标准规定了水电站黑启动的总则、基本技术条件、黑启动试验、黑启动程序及应急处置。
本标准适用于具备黑启动能力的水电站。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 2820.5 往复式内燃机驱动的交流发电机组 第5部分：发电机组
- GB/T 9652.2 水轮机控制系统试验
- DL/T 583 大中型水轮发电机静止整流励磁系统技术条件
- 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
- NB/T 35044 水力发电厂厂用电设计规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

厂用电工作电源 normal service power supply

电厂在生产过程中确保主、辅设备正常运行的供电电源。

3.2

厂用电备用电源 standby service power supply

厂用电工作电源退出运行后，确保电厂生产过程中主、辅设备继续正常运行的供电电源。

3.3

黑启动电源 black-start power supply

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。

3.4

A类黑启动方式 class A black-start mode

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。

3.5

B类黑启动方式 class B black-start mode

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方式。

3.6

水电站黑启动 black-start of hydropower station

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行的过程。

3.7

黑启动负荷 black-start load

确保机组黑启动至空载,由黑启动电源或直流电源供电的轴承润滑系统油泵、高压油顶起油泵及二次控制系统等必要的负载。

3.8

黑启动允许(限制)时间 black-start permitted time

对电站安全和黑启动能力有潜在影响的设备(系统),从失去厂用电工作电源及备用电源至水电站丧失黑启动能力的最短时间。

3.9

黑启动时间 black-start time

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(t_1)、机组启动时间(t_2)、厂用电工作电源恢复时间(t_3),即 $t = t_1 + t_2 + t_3$ 。

3.10

黑启动机组 black start unit

水电站中具有黑启动能力的机组。

4 总则

4.1 水电站在设计阶段应根据电网和电站安全需要,确定该电站是否应具备黑启动能力,结合设备情况选择采用 A 或 B 类黑启动方式,并依据本标准提出对设备功能和性能的要求。

4.2 具备黑启动能力的水电站在投产后应进行黑启动试验和黑启动方式鉴别。

4.3 黑启动水电站应定期进行黑启动能力试验,与黑启动有关的设备在大修或技术改造后应重新进行试验。

4.4 黑启动电站可将具备黑启动能力的机组按照设备状态进行选择排序。

4.5 黑启动机组应具备孤网运行能力。

4.6 黑启动电站应结合自身情况,制定规范的黑启动应急预案。

4.7 黑启动电站应每年组织黑启动应急预案演练,熟悉各项操作,尽可能缩短黑启动时间,并根据演练结果修订预案。

5 基本技术条件

5.1 A 类黑启动

5.1.1 水轮发电机组

基本技术要求如下:

- a) 推力轴承、导轴承在制动装置不投入的情况下应能安全停机;
- b) 具有巴氏合金推力瓦轴承在高压油顶起装置不投入的情况下应能安全停机;
- c) 机组开机至轴承油冷却器系统恢复运行,轴承温度不应超过报警值;
- d) 灯泡式水轮发电机的高位油箱在供油系统失电时,能自流供给发电机和水轮机轴承的润滑油时间应不小于机组开机至供油系统电源恢复的时间;
- e) 开机过程中需要投入高压油顶起装置的推力轴承,应设置直流备用泵;
- f) 机组空气冷却器、轴承油冷却器的冷却水系统宜选用一次循环冷却方式,轴承油循环宜采用内循环冷却方式。

5.1.2 水轮机调节系统

基本技术要求如下：

- a) 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:
 - 1) 混流式水轮机:3个导叶接力器行程;
 - 2) 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;
 - 3) 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;
- b) 调速系统控制电源应采用交直流供电配置;
- c) 应具备孤网运行方式和能力;
- d) 补气装置应能手动操作,或在直流供电情况下能自动补气;
- e) 事故低油压保护动作时,应能可靠关闭导水机构;
- f) 应配备机械过速保护装置。装置动作时直接停机、关闭导水机构。

5.1.3 励磁系统

基本技术要求如下：

- a) 应具备直流或残压起励能力;
- b) 励磁系统控制电源应采用交直流供电配置;
- c) 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;
- d) 黑启动过程中,励磁系统各部分极限温升不应超过 DL/T 583 的规定。

5.1.4 继电保护及二次控制回路

基本技术要求如下：

- a) 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,与黑启动有关的断路器应能正常分合闸;
- b) 发电机出口断路器控制回路应具备断路器两端无电压合闸功能。

5.1.5 计算机监控系统

基本技术要求如下：

- a) 计算机监控系统应对黑启动机组及相关黑启动设备设置黑启动流程;
- b) 厂用电工作电源及备用电源失电时,与黑启动流程有关的采集、控制设备应能正常工作,与黑启动控制有关的通信应畅通;
- c) 不间断电源设备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供电,负载设备应运行正常。

5.1.6 水轮机进水口工作闸门、主阀

基本技术要求如下：

- a) 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;
- b) 水轮机进水口工作闸门、主阀应能动水关闭;
- c) 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,紧急情况下应能关闭。

5.1.7 直流系统

基本技术要求如下：

- a) 应划分直流供电的黑启动负荷及一般负荷，黑启动时应能够切除一般负荷。蓄电池组容量应满足黑启动要求，持续供电时间不小于 2 h。
- b) 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的工作要求。

5.1.8 附属及辅助设备

基本技术要求如下：

- a) 对于顶盖采用水泵排水的机组，在机组黑启动过程中由于排水泵电源失电影响机组安全的，应设置其他可靠的排水方式；
- b) 在机组黑启动开始至排水泵电源恢复前，集水井的有效容积应能满足厂房各部渗漏水的要求；
- c) 技术供水及主轴密封供水阀门应具备手动或电、手动一体的操作功能，操作电源宜使用直流；
- d) 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。

5.1.9 电力通信

基本技术要求如下：

- a) 应配置对讲机等应急通信设备；
- b) 大、中型水电站应配置便携式卫星通话设备，并定期试验维护正常。

5.1.10 照明

照明应能满足厂区黑启动机组区域照明要求。

5.1.11 黑启动允许时间

基本技术要求如下：

- a) 各设备、系统的厂用电工作电源及备用电源黑启动允许时间应大于黑启动时间(t_1)；
- b) 黑启动机组启动后，未启动的附属及辅助设备不能及时恢复运行且影响黑启动机组安全运行时，黑启动允许时间应大于机组黑启动时间(t_2)与厂用电工作电源恢复时间(t_3)之和。

5.2 B 类黑启动

5.2.1 黑启动电源选择

5.2.1.1 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。蓄电池应能确保黑启动电源可靠启动。

5.2.1.2 柴油(汽油)发电机电源宜选用 400 V 电压等级，当受到黑启动电站负荷容量、接线和布置等条件限制时也可选用 10 kV 或 6 kV 电压等级。

5.2.1.3 柴油(汽油)发电机组的电压、频率特性应满足 GB/T 2820.5 的要求。

5.2.1.4 黑启动电源接入宜采用自动控制方式，当采用手动方式操作时应选择倒闸操作少、送电时间短的接入点。

5.2.2 黑启动电源容量计算

5.2.2.1 容量应大于一台机组所必需的黑启动负荷(参见附录 A)，其计算方法应按照 NB/T 35044 执行。

5.2.2.2 容量还应按下列条件进行校核：

- a) 按带除最大单台电动机或成组电动机外的基本负荷后,启动最大的单台电动机或成组电动机的启动条件校核计算黑启动电源容量,校核应按照 NB/T 35044 进行。
- b) 按空载启动最大单台电动机时允许电压降校核黑启动电源容量。此时厂用电母线上的电压水平不宜低于额定电压的 75%。
- c) 输出功率复核方法按照 NB/T 35044 要求进行。

6 黑启动试验

6.1 总体要求

应对黑启动电站的黑启动机组及相关黑启动设备进行如下试验,以检查是否具备黑启动能力,并测定各设备系统黑启动允许时间和黑启动时间:

- a) 设备系统试验(见附录 B);
- b) 黑启动电源试验;
- c) 分阶段试验;
- d) 整体试验。

6.2 设备系统试验

6.2.1 水轮发电机组及附属设备

6.2.1.1 高压油顶起装置不投入停机试验

采用合金瓦推力轴承的,应具备在满负荷且推力瓦温稳定工况情况下,不投入高压油顶起装置安全停机功能。具备试验条件的水电站,可开展相关试验,记录停机过程中瓦温,至瓦温达到报警值时投入高压油顶起装置。利用推力瓦温升曲线计算最高值温度值,该值应满足推力轴承的设计要求。

6.2.1.2 轴承油冷却系统冷却水中断试验

试验要求如下:

- a) 采用合金瓦推力轴承和导轴承的,应具备在满负荷且瓦温稳定工况情况下,切断油冷却系统冷却水,瓦温至机组无损坏继续运行时间不小于 10 min,具备试验条件的水电站,可开展相关试验;
- b) 采用塑料瓦推力轴承和导轴承的,应具备在满负荷且瓦温稳定工况情况下,切断油冷却系统冷却水,瓦温至机组无损坏继续运行时间不小于 20 min,具备试验条件的水电站,可开展相关试验。

6.2.1.3 高位油箱供油时间测试

灯泡式水轮发电机正常运行时,切除供油系统油泵,记录高位油箱自流供给发电机和水轮机轴承润滑油时间,该时间为高位油箱供油黑启动允许时间。

6.2.1.4 轴承温升试验

6.2.1.4.1 油冷却系统外循环

机组在满负荷且瓦温稳定工况下停机后,切除轴承油冷却系统外循环油泵厂用电工作电源及备用

电源,机组由停机状态开机至空载状态,记录机组开机至轴承温度达到报警值的时间,该时间为各部轴承瓦温黑启动允许时间。

6.2.1.4.2 油冷却系统内循环

机组在满负荷且瓦温稳定工况下停机后,切除轴承油冷却系统冷却水,机组由停机状态开机至空载状态,记录机组开机至轴承温度达到报警值的时间,该时间为各部轴承瓦温黑启动允许时间。

6.2.2 水轮机调节系统

6.2.2.1 液压储能试验

在机组蜗壳(配水环管)无水压、压力罐油压处于正常工作油压下限,切除调速系统压油泵厂用电工作电源及备用电源,全开、全关3个导叶接力器行程,还应满足以下要求:

- a) 转桨式水轮机:除导叶接力器行程外,还要求完成1.5个~2个桨叶接力器行程;
- b) 冲击式水轮机:除3个折向器接力器行程外,还要求完成1.5个~2个喷针接力器行程;
- c) 完成试验后记录压力油罐油压,压力不应低于最低操作油压。

6.2.2.2 事故低油压试验

在机组停机状态下,同时闭锁机组监控系统落进水口工作门(或主阀)回路,切除水轮机进水口工作闸门(或主阀)控制装置厂用电工作电源及备用电源,降低调速系统压力至事故低油压,应能启动停机并关闭导水机构。

6.2.2.3 机械过速保护试验

在机组停机状态下,模拟机械过速动作,应能启动停机并关闭水轮机进水口工作闸门(或主阀),必要时结合机组检修对机械过速装置在试验平台上进行校验。

6.2.2.4 开机试验

机组停机态,断开水轮机调节系统交流控制电源,从计算机监控系统下发空转令,检查机组开机至空转黑启动程序是否正常。

6.2.2.5 孤立负荷试验

孤立负荷试验按照 GB/T 9652.2 进行。

6.2.3 励磁系统

6.2.3.1 切除电源试验

励磁控制装置采用交直流双电源供电,且交流电源取自厂用电的,机组正常运行时切除交流电源,励磁系统各控制、调节功能应正常。

6.2.3.2 起励试验

6.2.3.2.1 残压起励

机组空转,断开励磁系统交流控制电源,取消直流起励功能,进行残压起励操作,起励应正常。

6.2.3.2.2 直流起励

机组空转,断开励磁系统交流控制电源,取消残压起励功能,进行直流起励操作,起励应正常。

6.2.3.3 励磁温升及冷却风机启动试验

机组空转,断开励磁系统交流控制电源,零起升压正常,在升压过程中励磁系统温升正常。励磁系统冷却交流电源取自发电机机端的,冷却装置应启动正常。

6.2.4 继电保护及二次控制回路

6.2.4.1 断路器分合闸试验

试验要求如下:

- a) 在保护装置及断路器控制回路直流电源的 80%额定电压下,保护装置带断路器整组传动试验正常;
- b) 断开与黑启动相关断路器的交流电源,断路器能正常分合闸,有关闭锁回路和防止电气误操作系统正常。

6.2.4.2 发电机出口断路器无电压合闸试验

发电机出口断路器两侧隔离开关处于合闸状态,且一次回路无电压时,监控系统发合闸指令或手动操作合闸,发电机出口断路器能正常合闸。

6.2.5 计算机监控系统

6.2.5.1 电源切换试验

检查监控系统在交流、直流供电电源正常情况下,开关电源输入、输出正常。切除交流供电电源,开关电源输出正常;电源输出回路上的所有设备工作正常。

6.2.5.2 采集、控制设备检查

断开接入监控系统的厂用电工作电源及备用电源,检查与黑启动流程有关的数据点采集、处理、计算、控制、调节、通信正常,满足监控系统对数据点的要求。

6.2.5.3 黑启动流程验证试验

设置有黑启动流程的机组,模拟失去厂用电工作电源及备用电源,启动黑启动流程,机组应启动正常,上送信息正确,控制操作与现场设备要求一致。

6.2.6 主阀低油压试验

切断油压装置厂用电工作电源及备用电源,在主阀两侧平压、主阀全关、压力油罐压力处于正常工作油压下限,主阀正常全开、全关一次后压力油罐压力应不低于最低操作油压。

6.2.7 直流系统

6.2.7.1 蓄电池组核对性充放电试验

按照 DL/T 724 的要求进行蓄电池容量核对性充放电试验,蓄电池容量不低于额定容量的 80%。

6.2.7.2 蓄电池组黑启动允许时间测试

通过实测或计算与水电站黑启动有关的直流负荷容量,间接计算出直流负荷由蓄电池供电电压下降至 80%额定电压时的持续时间,具体方法参见附录 C。

6.2.8 附属及辅助设备

6.2.8.1 顶盖渗漏水黑启动允许时间测试

机组正常处于运行状态,当顶盖水位达到单台排水泵起泵水位时,切除顶盖排水泵电源,记录顶盖水位达到顶盖允许最高水位的时间,该时间为顶盖渗漏水黑启动允许时间。

6.2.8.2 渗漏集水井黑启动允许时间测试

单台机组处于正常运行状态,当渗漏集水井水位达到渗漏排水泵起泵水位时,切除渗漏排水泵电源,记录水位达到集水井允许最高水位的时间,该时间为渗漏集水井黑启动允许时间。

6.2.9 应急照明切换试验

断开黑启动现场区域内照明系统的厂用电工作电源及备用电源,应急照明设备应启动,并工作正常。记录应急照明工作电流。

6.2.10 其他试验

电站根据设备具体情况确定应进行的其他必要试验。

6.3 黑启动电源试验

6.3.1 启动试验

启动黑启动电源,记录从启动工作准备到黑启动电源空载的时间,该时间为黑启动电源启动时间。

6.3.2 供电试验

进行厂用电倒闸操作,恢复黑启动负荷供电,记录从黑启动电源空载至黑启动机组具备启动条件的黑启动电源试验数据参见附录 D 中的表 D.1。

6.4 分阶段试验

6.4.1 总体要求

水电站应结合设备实际情况制定各阶段试验项目和操作步骤,测量黑启动准备时间(t_1)、黑启动时间(t_2)、厂用电工作电源恢复时间(t_3)。

6.4.2 黑启动准备

切除黑启动所涉及设备的厂用电工作电源及备用电源。进行下列操作,直至黑启动机组具备启动条件:

- 进行黑启动设备、系统的隔离;
- 退出非黑启动负荷;
- 启动黑启动电源(B类黑启动);
- 向黑启动负荷供电(B类黑启动)。

6.4.3 黑启动准备时间

记录从厂用电工作电源及备用电源消失至机组具备启动条件的黑启动准备时间(t_1)。

6.4.4 机组黑启动

按照设备运行规程操作要求,启动机组至空载状态,记录机组启动指令发出至机组空载时间(t_2)。

6.4.5 厂用电恢复

进行厂用电倒闸操作,按照顺序恢复供电,记录时间(t_3)。

6.5 整体试验

6.5.1 试验方案



黑启动电站应根据机组性能参数、电气接线方式、各设备和系统的黑启动能力等编制整体试验方案。其内容包括:

- a) 黑启动应具备的条件;
- b) 试验应隔离的范围;
- c) 黑启动过程中辅助、附属设备操作顺序和状态转换要求;
- d) 机组启动操作流程;
- e) 厂用电工作电源倒闸操作顺序和状态转换要求;
- f) 黑启动过程中的异常处置措施;
- g) 其他必要的内容。

6.5.2 A类黑启动

A类黑启动整体试验按下列步骤进行:

- a) 按照试验方案检查应具备的试验条件;
- b) 隔离试验范围内黑启动机组、变压器、厂用电设备;
- c) 投入或退出必要的保护功能;
- d) 投入必要的自动控制装置;
- e) 操作厂用电至具备送电条件;
- f) 手动启动或自动启动黑启动机组至空载状态;
- g) 检查发电机组及其附属设备工作状态;
- h) 合上厂用电变压器送电电源开关,向厂用电供电;
- i) 试验过程中应记录(参见附录D中的表D.2)各设备系统的操作时间、运行状态和主要运行指标。

6.5.3 B类黑启动

B类黑启动整体试验按下列步骤进行:

- a) 按照试验方案检查具备试验条件;
- b) 隔离试验范围内黑启动机组、变压器、厂用电设备;
- c) 投入必要的保护功能;
- d) 投入必要的自动控制装置;
- e) 倒闸操作黑启动电源至具备送电条件;
- f) 倒闸操作黑启动机组自用电至具备送电条件;
- g) 启动黑启动电源,合闸向黑启动机组自用电送电;
- h) 手动启动或自动启动黑启动机组至空载状态;

- i) 检查发电机组及其附属设备工作状态；
- j) 合上厂用电变压器送电电源开关,向厂用电供电；
- k) 试验过程中应记录各设备系统的操作时间、运行状态和主要运行指标,试验记录(参见附录 D 中的表 D.2)。

6.6 黑启动方式鉴别

6.6.1 A 类黑启动电站

满足以下要求的电站为 A 类黑启动电站：

- a) 各设备系统满足 5.1 要求；
- b) 各设备系统完成 6.2、6.4 规定的试验,并符合黑启动要求；
- c) 各设备系统试验测得最小的黑启动允许时间均大于 6.4 测得的黑启动时间(t)；
- d) 电站能够顺利完成 6.5.2 规定的 A 类黑启动整体试验,且各设备系统工作正常。

6.6.2 B 类黑启动电站

满足以下要求的电站为 B 类黑启动电站：

- a) 需要黑启动电源启动,启动所涉及的各设备系统交流电源由黑启动电源提供;或需要黑启动电源启动,启动涉及的部分设备系统交流电源可不恢复,且这些设备系统满足 5.1 和 6.2 规定；
- b) 按附录 B 规定完成各设备系统试验,并符合黑启动要求；
- c) 各设备系统试验测得最小的黑启动允许时间均大于 6.4 测得的黑启动时间(t)；
- d) 电站能够顺利完成 6.5.3 规定的 B 类黑启动整体试验,且各设备系统工作正常。

7 黑启动程序及应急处置

7.1 黑启动程序

水电站在检查并确认厂用电工作电源及备用电源全部消失后,A 类黑启动电站和 B 类黑启动电站分别按 6.5.2、6.5.3 的步骤操作设备至恢复厂用电。黑启动的基本程序参见附录 E。

7.2 应急处置

7.2.1 黑启动机组开机过程中,电气或机械出现故障时应立即采取相应措施,危及人身和设备安全时立即停机。

7.2.2 黑启动机组启动正常运行后,应优先恢复机组自用电和直流系统交流电源等重要厂用电源。

附 录 A
(资料性附录)
典型黑启动负荷统计表

表 A.1 给出了典型黑启动负荷。

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)液压油泵			√
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		√	√
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>				

附 录 B
(规范性附录)
黑启动应进行的试验

黑启动应进行的试验见表 B.1。

表 B.1 黑启动应进行的试验

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验	✓	
	1.1.2 油冷却系统冷却水中断试验	✓	
	1.1.3 高位油箱供油时间试验	✓	
	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 机械过速保护试验	✓	✓
	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	✓	
	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 应急照明切换试验		✓	✓
3 黑启动电源试验			✓

表 B.1（续）

系统名称	试验名称	A 类黑启动方式	B 类黑启动方式
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	分阶段试验	√	√
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。			



附 录 C
(资料性附录)
蓄电池放电时间计算

蓄电池的放电时间按式(C.1)计算:

$$t_s = \frac{C_s - C_c}{I_s} \times \frac{1}{K_{rel}} \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

t_s —— 蓄电池组在水电站黑启动时的放电时间,单位为小时(h)。

C_s —— 蓄电池组核对性充放电试验实测容量,单位为安培小时(A·h)。

C_c —— 所有非持续供电负荷容量,单位为安培小时(A·h)。实测蓄电池组在交流电源失电时,直流系统的所有直流非持续负荷容量。通过测量仪器直接测量直流非持续负荷电流和持续时间,计算直流非持续负荷容量。若不能实测的,可通过负载性能参数计算直流非持续负荷容量。

I_s —— 所有持续供电负荷实测电流,单位为安培(A)。实测蓄电池在交流电源失电时,所有直流持续负荷电流。对只由直流供电的持续供电负荷,通过测量仪器直接测量负荷电流。对于交直流供电的持续供电负荷,断开交流电源后,测量负荷电流;两者负荷电流之和为实测直流系统的所有直流持续供电负荷电流。

K_{rel} —— 可靠系数,一般取 1.4。

蓄电池黑启动允许时间 t_s 应大于黑启动时间(t)。



附 录 D
(资料性附录)
黑启动整体试验数据记录

黑启动电源试验数据记录表见表 D.1。黑启动整体试验数据记录表见表 D.2。

表 D.1 黑启动电源试验数据记录表

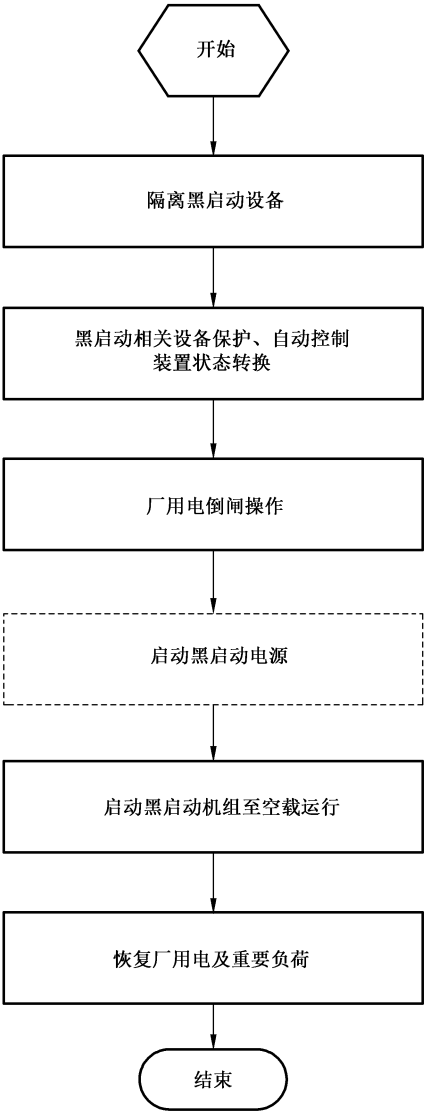
序号	名称	试验数据	备注
1	隔离操作开始时间		
2	隔离操作完成时间		
3	保护、自动控制装置状态转换开始时间		
4	保护、自动控制装置状态转换完成时间		
5	启动前厂用电倒闸操作开始时间		
6	启动前厂用电倒闸操作完成时间		
7	启动黑启动电源开始时间(B类)		
8	黑启动机组自用电送电完成时间(B类)		
9	黑启动机组开始启动时间(B类)		
10	黑启动机组开机至空载状态时间		
11	启动后厂用电倒闸操作开始时间		
12	启动后厂用电倒闸操作完成时间		
13	B类黑启动电源频率/Hz		
14	B类黑启动电源线电压/V		
15	B类黑启动电源电流/A		
16	黑启动机组机端频率/Hz		
17	黑启动机组机端线电压/V		
18	黑启动过程中厂用电母线线电压/V		
19	黑启动机组自用电母线线电压/V		
20	黑启动正常后厂用电母线线电压/V		

表 D.2 黑启动整体试验数据记录表

序号	名 称	试验前数据	试验后数据	断电时间	恢复时间
1	上导轴承温度				
2	推力轴承温度				
3	下导轴承温度				
4	水导轴承温度				
5	高位油箱油位				
6	水轮机调节系统油压装置压力				
7	水轮机调节系统油压装置油位				
8	水轮机调节系统漏油箱油位				
9	主阀油压装置压力				
10	主阀油压装置油位				
11	顶盖水位				
12	渗漏集水井水位				
13	变压器顶层油温				
14	通信直流电压				
15	机组直流电压				
16	公用直流电压				
17	励磁风机电源电压				

附录 E
(资料性附录)
黑启动程序范例

黑启动程序范例见图 E.1。



注：虚线框内工作适用于 B 类黑启动。

图 E.1 黑启动程序