

中華人民共和國水利电力部水工建設总局

水电站成套設備启动 試驗程序

(試 行)

水利电力出版社

PDG

序 言

为了做好水电站成套设备启动试转工作，由本局組織有关机电人員編制了本程序，作为今后各水电站设备安装竣工后进行启动试转的基本依据，今頒发試行。

一、本程序是参考苏联电站部水电設計总局所批准的“水电站电气部分启动試驗典型程序”，列宁格勒金屬工厂制訂的“水輪机启动試驗程序”，列宁格勒电力工厂制訂的“水輪发电机安裝規程”，并結合我国国家建設委员会頒布的“建筑安裝工程施工及驗收暫行技术規范”第十三篇“电气安裝工程”，“水力发电设备安装及驗收暫行技术規程”以及目前各水电站試运转实际情况而編制的。

二、本程序不包括水輪发电机组、电力变压器、送电綫路、配电设备和保护裝置等在安裝过程中的檢查和試驗。

三、水电站成套设备在启动試驗前均应根据本程序編写适合于現場具体情况的工作程序。

四、各單位在执行过程中对本程序的意見，請寄交北京和平門水利电力部水工建設总局技术处，以便研究改进。

水利电力部水工建設总局

一九五八年十月一日

目 录

第一章	水輪发电機組启动前和启动时的試驗程序	4
第二章	双卷綫或三卷綫电力变压器启动前和启动时的試驗程序	11
第三章	35~220千伏架空送电綫及配电裝置的电气保护和控制設備启动前和启动时的試驗程序	13
第四章	3~15千伏饋电綫路包括3~15千伏配电設備和厂用变压器电气保护和控制設備启动前和启动时的試驗程序	14
附录一	电气设备絕緣耐压試驗标准	15
附录二	机組各部溫升及振动限制与启动試驗記錄格式	18
附录三	成套設備启动試驗工作程序实例	20

第一章 水輪發電機組起動前和 起動時的試驗程序

第一節 引水設備充水前的試驗與檢查

第1條 在成套設備起動試驗前，應按照“建築安裝工程施工及驗收暫行技術規範”第十三篇“電氣安裝工程”，“水力發電設備安裝及驗收暫行技術規程”及“水電站水工建築物的金屬結構製造、安裝及驗收暫行技術規程”等所規定的各項安裝、試驗記錄及施工技術文件進行檢查，驗明各項工程安裝質量符合規程規範的程度。

第2條 進行調速機油壓裝置的試運轉。

第3條 進行調速系統各機械裝置的動作檢查。

第4條 錄制導水翼開度與作用筒行程的關係曲線及回轉翼角度與導水翼開度的關係曲線。

第5條 在導水翼緊閉的情形下，用去掉作用筒油壓的方法檢查導水翼的壓緊行程。

第6條 檢查帶有手動及自動操作的漏油裝置動作的正確性。

第7條 檢查調相機運行方式用的管路及供給壓縮空氣用空氣閥的動作情況。

第8條 檢查發電機制動閘的動作。

第9條 進行蝴蝶閘的手動操作試驗，並記錄開啟和關閉的時間。

第10條 檢查機組各控制機構、導水機構和主軸承，均應使其有足夠的潤滑油。

第11条 检查各仪表管路、引水钢管、水轮机进水部分及吸出管各处均无杂物，封闭各人孔。

第12条 检查发电机旋转部分连接件及内部的清洁程度。

第13条 测量调速系统的调整时间，即在额定工作压力下，事故关闭时导水翼自100%开度关到零所需的时间。

第14条 测量发电机静子线卷的绝缘电阻，并确定其吸收系数。

第15条 进行发电机静子线卷的主绝缘交流耐压试验和整流耐压试验，试验时间为一分钟。同时测量漏泄电流（试验电压值列于附录一）（注一）。

第16条 进行转子线卷对外壳的交流耐压试验，持续时间一分钟（试验电压值列于附录一）（注二）。

第17条 测量励磁机（副励磁机）线卷的绝缘电阻。

第18条 进行励磁机（副励磁机）线卷对外壳及绑线的交流耐压试验，持续时间一分钟（试验电压值列于附录一）（注二）。

第19条 测量发电机和励磁机励磁回路的绝缘电阻。

第20条 进行发电机和励磁机励磁回路及全部所联器具的绝缘耐压试验，试验电压工频交流1,000伏，持续时间一分钟。

第21条 检查励磁机（副励磁机）线卷结线的正确性，确定励磁机（副励磁机）电刷的中性位置。

第22条 测量下列二次回路的绝缘电阻：

（1）电流回路。

（2）电压回路。

（3）操作、保护和自动回路。

第23条 用工频交流1,000伏电压进行下列二次回路耐压试验一分钟：

（1）电流回路。

(2) 电压回路。

(3) 操作、保护和自动回路。

第24条 测量电流回路各相或各臂路的直流电阻。

第25条 检查所有继电器、保护装置以及开关传动机构和自动灭磁开关机械部分的状况，并以额定工作电压进行保护、操作、自动、信号和温度监视的回路动作试验。

第26条 进行蝴蝶阀及机组的自动操作模拟试验，并重复两次。

第27条 以80%额定操作电压检验保护装置和自动装置继电器之间的相互动作。

第28条 当静子线卷绝缘潮湿时(吸收系数低于1.3)，应进行干燥。

注一：如在安装过程中已经进行，则在投入运行前应以交流额定线电压或整流电压(峰值)1.5倍额定线电压进行复试，试验电压持续时间为一分钟。

注二：如在安装过程中已经进行，则不必再试。

第二节 引水设备充水时和充水后的试验与检查

第29条 仔细检查进水口各闸门及起门机设备，在利用检修闸门堵住进水口的情形下进行闸门的启闭操作试验，并记录启闭时间。

第30条 利用进水口的侧路阀进行隧洞或压力钢管的充水试验。如无侧路阀时，则利用闸门进行隧洞或压力钢管的充水试验。闸门提升高度不得超过设计规定值或闸门开度的5%。此时检查蝴蝶阀及伸缩节的漏水情况。

第31条 在静水中进行闸门的升降试验，并记录升、降时间。当闸门与拦污栅共用同一门槽时，吊出闸门换上拦污栅。

第32条 由閘門間操作櫃进行在靜水中紧急事故关闭閘門的試驗，檢查离心制動閘的工作情况，并測定关闭時間。

第33条 由中央控制室进行远方紧急事故关闭閘門的操作試驗。

第34条 利用蝴蝶閘上的側路閘进行蝸壳充水試驗，檢查水輪机上盖、引水設備各人孔、各連接处及各管路的漏水情况。檢查蝸壳排气閘的动作情况，以及水泵和控制信号設備的动作。

第35条 进行蝴蝶閘的启閉試驗，測定在靜水中蝴蝶閘的开启与关闭時間。

第36条 測定蝸壳充水的時間及关闭蝴蝶閘后自排水管排出积水的放空時間。

第37条 向水潤滑的軸承及軸承冷却水系統給水，檢查止水盤根漏水情形。檢查当潤滑水切断后示流繼电器的动作及投入备用水源的动作情形。

第三节 机組第一次起動及空載运行时的起動試驗和檢查

第38条 在机組全面檢查后，用手动操作的方法进行机組第一次起動，并檢查和測量下列各項：

- (1) 按作用筒行程記錄机組的起動开度。
- (2) 按作用筒行程記錄机組在正常轉速时空載运行开度。
- (3) 檢查水輪机与发电机各导軸承与推力軸承的溫度升高，并記錄其穩定溫度。机組空运行時間一般不少于5小时。
- (4) 檢查軸承冷却水系統供水情形，并記錄給水与排水溫度。

(5) 檢查水輪机上盖的漏水情形与排水情形，檢查主軸各导水翼水封盤根的严密性。

(6) 檢查发电机回轉部分是否有摩擦、冲击及不正常音响。研磨整流子，并檢查电刷的接触。

(7) 測定在正常轉速时（在可疑情况下应在降低轉速和升高轉速时）机組的軸摆度与各部振动，測量的位置及标准見附录二表1。

第39条 在机組正常轉速空載运行时，檢查試驗調速系統的下列各項：

(1) 檢查調速系統中各潤滑系統的工作情况。

(2) 檢查由手动操作切换自动操作或自动操作切换手动操作时的可能性和工作稳定性，并檢查各液压閥的动作。

(3) 手动操作轉速变更机构改变机組的轉速，檢查調整机构的动作，并記錄轉速变更的最高和最低范围。

(4) 在发电机升压后，根据发电机的頻率校正轉速表的指示数值。

(5) 檢查調速系統調整过程的稳定性，即在正常轉速空載运行时記錄作用筒活塞的摆动数值与机組轉速变动的周期。

(6) 在正常轉速下記錄油压裝置的油泵向压油槽送油及油泵空載运行的時間。

第40条 当机組第一次試驗性回轉时，在自动灭磁开关断开的情况下，測量发电机的残余电压并确定相序。

第41条 手动停机，檢查机組停机时各部的动作情况，并檢查自动加開繼电器动作的正确性。停机以后調整自动操作系统中各端点。同时并消除机組第一次起动运行中发现的所有缺陷。

第42条 机組自动起动，檢查自动操作系統的动作情况，然后檢查过速度繼电器的动作。

第43条 机組自动停机，停机后进行机組的全面檢查。

第44条 录制副励磁机空载特性曲线达顶点励磁。

第45条 录制励磁机空载特性曲线达顶点励磁及副励磁机外部特性曲线。

第46条 录制发电机三相短路特性曲线，以一次电流试验电流保护装置，并检查复式励磁装置。

第47条 当静子额定电流时，摄制灭磁示波图，并检查自动灭磁开关的灭弧情况。

第48条 用电气保护进行事故停机试验。

第49条 录制发电机空载特性曲线、励磁机负载特性曲线。并以相当于额定励磁电流的电压（不得低于静子额定电压的130%）进行静子线卷层间的绝缘耐压试验五分钟。

第50条 对过电压保护、过电流保护、低电压闭锁、强行励磁及强行减磁等电压继电器进行电压检查。

第51条 在额定电压下检查发电机电容电流的补偿。

第52条 当发电机额定电压时，摄制灭磁示波图，并检查自动灭磁开关的灭弧情况。

第53条 测量发电机轴电压。

第54条 进行电磁型电压校正器的试验：

(1) 录制校正器特性。

(2) 检查校正器调整的稳定性，并带校正器自动开车。

(3) 确定校正器调整的范围。

第55条 进行机组的同期试验。

(1) 检查并列装置。

(2) 录制机组起动特性。

(3) 用自同期法和手动准同期法进行发电机与系统并列。

第四节 机組負載运行时的檢查与試驗

第56条 当机組逐漸增加負載时，檢查和記錄在各种負載下机組的軸擺度、各部震動、軸承溫度(标准見附录二表1)，作用筒活塞的摆动与机組轉速的变化，油泵的运行情况。

第57条 录制机組的出力与导水翼开度的关系曲綫，并記錄当时上下游水位的标高。

第58条 分別在額定有功功率的25%、50%、75%、100%負載下进行用負荷試驗。按照附录二表2的格式記錄各項数值，并計算法組的轉速升高率、蜗壳內压力升高率以及机組的殘留不平衡度。如用系統負荷时，則同时檢查校正器的工作情况。

第59条 当机組帶滿負荷时不动作导水翼，用在全水压下直接关闭水輪机蝴蝶閥或閘門的方法进行停机。該項試驗仅当設計具有該項要求和制造厂同意的情况下才可以进行。

第60条 发电机帶負荷下檢查复励裝置和电压校正器的工作情况：

- (1) 投入并調整复励裝置。
- (2) 將校正器投入运行，并录制发电机的外部特性。
- (3) 投入校正器的电流补偿裝置，并重新录制发电机外部特性。
- (4) 檢查并列运行的发电机之間无功功率分配的稳定性。

第61条 操作机組作为調相机，并檢查記錄各部运行情况(如設計規定作調相机用时)。

第62条 于滿負荷下根据制造厂的整定值进行低油压关闭导水翼試驗。

第63条 測量发电机的軸电压。

第64条 檢驗电度表和电力表的接綫。

第65条 選擇靜子各相綫卷及鉄心的測溫点。

第66条 机組帶滿負荷連續运行七十二小时（如无条件时，帶可能最大負荷）。

第二章 双卷綫或三卷綫电力变压器 起动前和起动時的試驗程序

第一节 起动前的試驗

第67条 測量綫卷对外壳和綫卷之間的絕緣电阻。

第68条 进行变压器綫卷主絕緣交流耐压試驗（試驗电压值列于附录一）。

試驗电压持續時間为一分鐘。

第69条 測量二次回路絕緣电阻：

（1）电压回路。

（2）电流回路。

（3）操作、保护和信号回路。

第70条 用工頻交流 1,000 伏电压进行二次回路耐压試驗一分鐘。

（1）电压回路。

（2）电流回路。

（3）操作、保护和信号回路。

第71条 檢查所有保护裝置的繼电器以及开关傳动機構的机械部分狀況。以額定工作电压进行保护和操作以及音响和照明信号各回路相互动作的試驗。

第72条 以80%額定操作电压檢驗保护裝置和自动裝置繼电器之間的相互动作。

第73条 用測量欧姆电阻的方法檢驗保护裝置和測量表計电流回路的狀況。

第74条 用空气压入瓦斯繼电器的方法檢查瓦斯保护的動作。

第75条 进行冷却裝置、分接头切换开关的动作試驗。

第76条 以外部三相电源对三相短路綫进行保护裝置的試驗，对單相短路綫进行單相接地保护試驗。

第77条 在向变压器加电压以前，檢查一次回路結綫和器具的接地。

第二节 起 动 試 驗

第78条 由发电机向短路綫（三相及單相）递升电流，进行保护裝置的試驗（如未按第76条試驗时）。

第79条 空載时变压器从每一电源側进行額定电压冲击合閘五次，此时檢查差动保护裝置的性能。

第80条 于額定电压时測量空載电流，同时檢查电压繼电器上有没有电压。

第81条 于高压側和中压側进行变压器定相。

第82条 变压器帶滿負荷运行二十四小时（如无条件时，帶可能最大負荷）。

第83条 于負荷下檢查方向、保护电力方向繼电器和电度表接綫的正确性。

第三章 35~220 千伏架空送电綫 及配电裝置的电气保护和控制設備 起動前和起動時的試驗程序

第一节 起動前的試驗

第84条 測量二次回路的絕緣电阻。

第85条 用工頻交流 1,000 伏电压进行二次回路耐压試驗一分鐘。

第86条 檢查保护裝置所有繼电器、自动重合 閘 (AHB) 和开关傳动機構机械部分的狀況。以額定工作电压进行保护和操作自动重合閘以及音响和照明信号各回路相互动作的校驗。

第87条 以80%額定操作电压檢驗證保护裝置繼电器之間的相互动作。

第88条 用測量欧姆电阻的方法檢查保护裝置和測量表計电流回路的狀況。

第89条 从外部电源以一次电流进行保护裝置电流回路的檢查。

第90条 測量綫路对地及相間的絕緣电阻。

第91条 从兩端檢查綫路的相位。

第92条 檢查一次回路結綫器具的接地。

第二节 起動試驗

第93条 檢查綫路及母綫的相位。

第94条 檢查同期監視繼电器及自动重合閘裝置的无电压監視繼电器上有没有电压。

第95条 綫路投入帶負荷运行。

第96条 檢查方向保护电力方向繼电器和电度表接綫的正确性。

第97条 按照專門的程序进行复杂綫路保护例如，Ⅱ3—151，Ⅱ3—156，Ⅱ3—157，Ⅱ3—164，Ⅱ3—2等的試驗。

第四章 3~15千伏饋电綫路包括 3~15千伏配电設備和厂用变压器电气保护和 控制設備起動前和起動时的試驗程序

第一节 起動前的試驗

第98条 測量饋电綫電纜对地和相間的絕緣电阻。

第99条 进行饋电綫電纜直流耐压試驗，并測量漏泄电流。試驗時間为20分鐘（試驗电压值列于附录一）。

第100条 測量厂用变压器綫卷对外壳和綫卷間的絕緣电阻。

第101条 进行容量为560千伏安及以上的变压器綫卷主絕緣耐压試驗。試驗時間为一分鐘（試驗电压值列于附录一）。

第102条 进行檢查配电設備开关和断路器傳动機構的机械部分和一次回路結綫，以及全部器具的接地。

第103条 測量配电裝置母綫对地和相間的絕緣电阻（不帶动力变压器、仪表变压器和饋电綫动力電纜）。

第104条 进行配电裝置的耐压試驗（試驗电压值列于附录一）。試驗時間10~15分鐘。

第105条 測量二次回路（电流、电压、操作、保护和信号）的絕緣电阻。

第106条 用工頻交流 1,000 伏电压进行二次回路耐压試驗一分鐘。

第107条 檢查保护裝置所有繼电器机械部分和备用电源自动合閘裝置 (ABP) 的狀況。以額定工作电压进行保护、操作、备用电源自动合閘以及音响和照明信号回路相互动作試驗。

第108条 以 80% 額定操作电压檢驗證保护裝置和自动裝置繼电器之間的相互动作。

第109条 用測量欧姆电阻的方法檢查保护裝置和測量表計电流回路的狀況。

第110条 从外部电源用一次电流进行保护裝置电流回路的試驗。

第111条 用空气压入瓦斯繼电器的方法檢查瓦斯保护的動作。

第二节 起动时的試驗

第112条 以額定电压进行配电裝置冲击合閘三次。

第113条 投入厂用变压器，于低压側进行定相。

第114条 进行备用电源自动合閘結綫的动作試驗。

第115条 于負荷下檢查电度表接綫的正确性。

附录一 电气設備絕緣耐压試驗标准

1. 靜子每相綫卷絕緣对外壳和其他兩相接地的交流耐压試驗。

(1) 当新机接交驗收試驗时。

(2) 已运行过的机器接交驗收試驗时为 $1.5U_H$ 。

(3) 大修时，不換綫卷的預防性試驗电压值为 $1.5U_H$ 。

出力(千伏安)	額定綫电压 (伏)	試驗电压值 (伏)
小于10,000	所有电压	$0.75(2U_H+1,000)$
10,000以上	3,300以下(包括3,300在內)	$0.75(2U_H+1,000)$
(包括10,000在內)	3,300以上至6,600(包括6,600在內)	$0.75 \times 2.5U_H$
	6,600以上	$0.75(2U_H+3,000)$

(1)、(2)、(3)項試驗电压持續時間均为一分鐘 (U_H 为額定电压)。

2. 靜子綫卷直流耐压試驗并測量漏泄电流。試驗电压值为 $2 \sim 2.5U_H$ 。持續時間为一分鐘。

3. 凸板轉子綫卷对外壳的絕緣耐压試驗。

交流試驗电压值应等于7.5倍額定励磁电压,但不得低于1,200伏。試驗电压持續時間为一分鐘。

4. 励磁机(副励磁机)綫卷絕緣对外壳及綫綫的耐压試驗。

(1)当接交驗收試驗时为 $0.75(2U_H+1,000)$,但不得低于1,000伏。

(2)当預防性試驗时为1,000伏。

試驗电压持續時間均为一分鐘。

5. 容量为560千伏安及其以上的变压器綫卷交流耐压試驗。

(1)苏联制造的变压器。

綫卷額定电压 (千伏)	3	6	10	15	20	35	110 ⁽²⁾	154 ⁽³⁾	220 ⁽⁴⁾
試驗电压 (千伏)	13	19	26	34	41	64	173	240	345

(2)国内及苏联以外各厂制造的变压器。

为制造厂出厂試驗电压的0.75倍,但不应低于下列(3)的标准。

(3)国内及苏联以外各厂制造的变压器,其出厂試驗电压数值不詳者按下表。