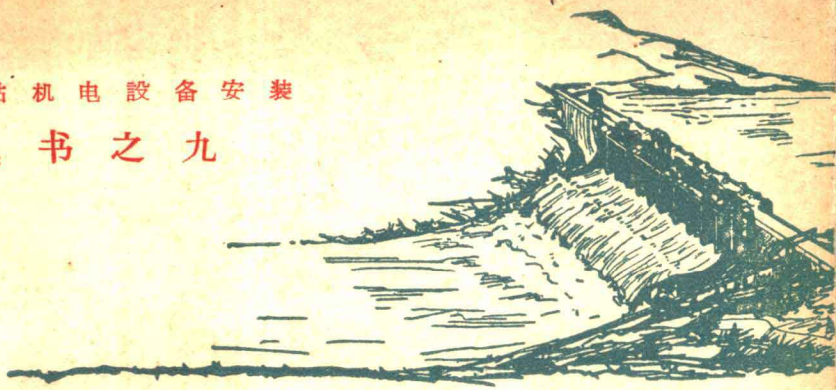


水 电 站 机 电 設 备 安 装

丛 书 之 九



机 电 設 备 的 起 动 試 运 轉

水利电力部水利水电建設总局

144

中 国 工 业 出 版 社

本书为水电站机电设备安装丛书之九。

书中首先介绍了起动试运转的组织机构和机组起动试验程序的编制方法。接着分专题叙述了二次回路安装后的检查与模拟试验，机组第一次起动与空运转，机组投入系统后的试验具体方法等；关于试运转操作中的注意事项及事故处理，也作了详细介绍。最后，还叙述了机电设备的各项移交工作。

本书可供从事水电站机电设备安装工作的同志阅读，也可供有关院校师生参考。

机电设备的起动试运转

水利电力部水利水电建设总局

*

水利电力部办公厅图书编辑部编辑（北京阜外月坛南街）

中国工业出版社出版（北京东单德胜门内大街10号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第110号）

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店经售

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ ·印张 $5 \frac{3}{16}$ ·字数134,000

1964年1月北京第一版·1964年1月北京第一次印刷

印数0001—3,880·定价(10-6)0.84元

*

统一书号：15165·2771(水电-355)

前 言

电力工业是实现工农业机械化和电气化的技术基础。我們偉大祖国的水力資源非常丰富，开发条件极其优越，但有計劃地开发水力資源还是在解放后才开始的。建国十二年来，在党的领导下，在水利水电建設方面取得了巨大的成就。

为了适应水电建設的需要，我局組織有关人員編写了这套“水电站机电设备安装丛书”，以供从事水电安装工作的同志們参考。在編写这套丛书时，我們尽量使其文字通俗、說理簡明扼要。同时为了使从事具体安装工作的同志們少走弯路，还将我們过去在安装过程中經常遇到的一些事故、預防措施及事故发生后的处理方法作了簡單的叙述。

全套丛书共有十本：

1. 机电设备安装的施工組織；
2. 閘門及起重设备的安装；
3. 压力鋼管的制作与安装；
4. 水輪机及其附属设备的安装；
5. 水輪发电机的安装；
6. 电气设备的安装；
7. 机电设备的起重和运输；
8. 机电设备的試驗和調整；
9. 机电设备的起动試运转；
10. 机电安装工程的管理。

虽然編写这套丛书的同志們在主观上尽了努力，但由于工作經驗不足、水平不高，且缺乏写作經驗，加上時間仓促，不完善或錯誤的地方在所难免，我們恳切地希望讀者提出意見和批評。

水利电力部水利水电建設总局

1961年12月

目 录

第一章 起动試运转的組織工作	1
第一节 概述.....	1
第二节 組織机构的建立.....	1
第三节 职责范围.....	3
第二章 机組起动試驗程序的編制	5
第一节 概述.....	5
第二节 安装竣工后及起动前的設備試驗和檢查項目.....	5
第三节 引水設備充水时和充水后的試驗檢查項目.....	7
第四节 机組第一次起动和空运转中的試驗.....	8
第五节 机組投入系統的試驗.....	11
第六节 电力变压器投入运行試驗程序.....	12
第七节 35~220千伏送电綫及配电装置(包括二次設備)投入 运行的試驗程序.....	13
第八节 3~15千伏饋电綫路及其配电装置、厂用变压器(包 括二次設備)投入运行的試驗程序.....	14
第三章 試运转前的設備檢查	15
第一节 概述.....	15
第二节 引水系統的檢查.....	17
第三节 水輪机及調速裝置的檢查試驗.....	19
第四节 油、水、风系統管路檢查.....	20
第五节 水輪发电机的檢查.....	22
第六节 电气设备的檢查.....	23
第四章 二次回路安装完毕后的檢查与模拟試驗	27
第一节 概述.....	27
第二节 回路对綫及器具安装正确性的檢查.....	28
第三节 电气絕緣强度試驗.....	30
第四节 回路模拟动作試驗.....	33
第五节 电流回路一次电流試驗及电压回路通电.....	43

第五章 引水设备充水时的检查与试验步骤	55
第一节 引水设备充水前必须具备的条件	55
第二节 充水操作及检查	56
第六章 机组第一次启动及空运转中的试验	59
第一节 机组第一次启动、空载运转及停机	59
第二节 机组第一次启动时的电气部分的试验	64
第三节 发电机三相短路干燥	66
第四节 发电机在三相短路干燥中的试验	68
第五节 发电机直流耐压试验	71
第六节 发电机空载特性、层间耐压及主励磁机负荷特性	72
第七节 空载电压下检查电压继电器及调整电压校正器	73
第八节 机组过速度试验	74
第九节 同期回路检查试验	76
第十节 配电装置的试验	77
第十一节 主变压器升压及冲击合闸	78
第七章 机组投入系统的试验	78
第一节 概述	78
第二节 甩负荷试验	79
第三节 自同期并列试验, 及其与甩负荷试验联合试验程序	84
第四节 低油压关闭导水叶试验	87
第五节 发电机以调相机方式运转的试验	89
第六节 七十二小时试运行和复励、校正器负荷下的试验	91
第八章 启动试运行期间的运转工作	94
第一节 概述	94
第二节 运转准备工作	94
第三节 运转制度	108
第四节 试运行期间的运转操作注意事项	110
第五节 事故处理	112
第九章 机电设备的移交工作	121
第一节 概述	121
第二节 竣工移交报告书的编制	121
第三节 移交工作注意事项	128
附录 水电站电气设备试运行程序编写实例	130

第一节	試運轉範圍.....	130
第二节	水輪发电机变压器組試運轉程序.....	132
附件一	电压校正器和复励裝置的試驗程序	142
附件二	同期裝置的試驗程序	143
第三节	試運轉工作措施.....	148

第一章 起動試運轉的組織工作

第一节 概 述

当水电站的水工建筑、土建工程以及主要的机电设备安装已基本完成后，在投入正式生产之前，必須对水电站进行一次綜合性的起動試運轉。這項工作是对整个水电站建筑和安装工程进行全面的、整体的质量檢查和鉴定，并对机电设备进行起動試運轉，以及进行一系列的調整試驗。

起動試運轉工作的范围比較广，为了全面地搞好工作，應該成立一个起動驗收委员会（以后简称起委会），来領導起動試運轉，并对电站进行驗收工作。起委会由有关单位共同組成，小型电站也可成立起動驗收小組。

試運轉期限一般从机組模拟試驗、引水道充水开始，經過机組運轉中的各項試驗，一直到机組帶工业負荷72小时試运行終了为止。一般，第一台机組試運轉時間較长，因第一台机組試運轉的内容比較广泛，如水工建筑物、引水道、电站的动力、照明及信号系统、通訊設備以及水輪发电机組起動試驗等。大型电站第一台机組起動試運轉時間約为15天左右，而以后几台机組試運轉仅限于机組本身及相应的电气設備，試運轉時間可以短一些。

起動試運轉的大部分工作在机电方面，故本书以机电设备安装竣工后的起動試驗为主。

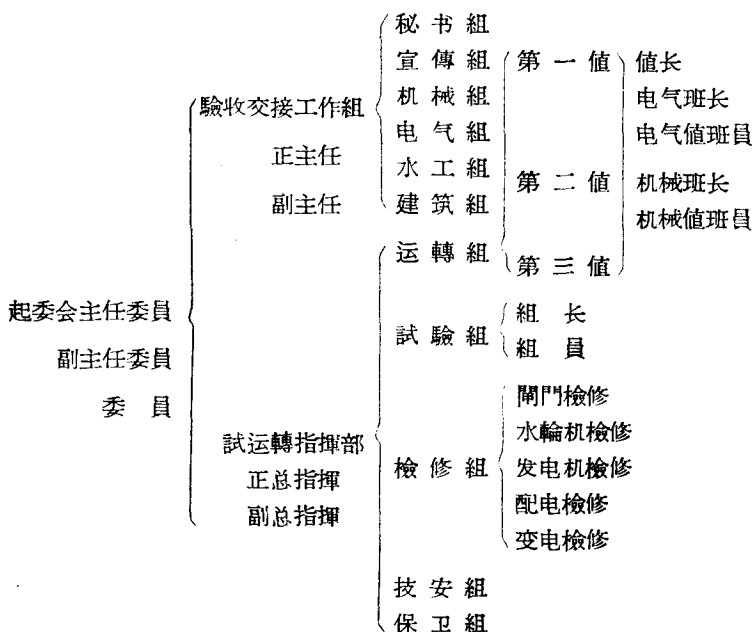
第二节 組織机构的建立

新建水电站第一台机組安装竣工前的1个月，由电站建設单位向省水利电力厅或中央水利电力部呈报預定的水电站成套設備起動試運轉日期，以便上級机关在电站起動試運轉前20~30天任命起委会正副主任委員組織起動委员会。并由上級机关或委托下一級机关邀請工程所在地人委、地方水利水电机关，建設单位或

施工單位的主管機關、設計單位、製造單位、建設銀行、生產單位及其他有關單位的代表擔任委員，必要時可邀請有關專家參加起動驗收委員會工作。

上級機關任命起委會主任委員後，應在第一台機組起動試運轉前20天左右召集委員會會議，正式宣布起委會成立，着手組織驗收交接工作和試運轉指揮部，並听取建設單位、施工單位匯報工程施工情況。

起委會的組織形式應按電站的規模大小及其重要性而定。以下是比較完善的組織形式，可供參考。



起委會下設驗收交接工作組及試運轉指揮部。驗收交接工作組可設正、副主任各一人，由起委會任命（一般由電站建設單位擔任）。驗收交接工作組下設：秘書組，宣傳組，機械組，電氣組，水工組，建築組。中型電站水工組和建築組可合為一組，各正副組長最好由建設單位、施工單位、生產單位共同擔任。試運

轉指揮部有正總指揮一人，副總指揮二或三人，由起委會任命。一般由施工領導人（或技術領導人）和生產單位領導人（或技術領導人）擔任。試運轉指揮部下設：運轉組，試驗組，檢修組，技安組和保衛組。運轉組由施工單位和電站生產單位共同派人組成，分成三值或四值輪流值班。試驗組主要由施工單位的試驗人員或專門的調整試驗單位人員組成，電站生產單位的試驗人員亦可參加。檢修組主要由安裝工段的安裝人員組成。技安組和保衛組由專責人員組成。

第三節 職責範圍

1. 起動驗收委員會 負責研究并解決施工和起動試運轉中的重大問題；檢查水電站起動試運轉的起動條件；決定水電站起動日期；審查和批准起動試驗程序和運行規程；鑑定水電站水工建築和機電設備的設計、製造、安裝質量；辦理電站移交生產的手續；監督建設、施工單位對財務、材料、工器具及備品的移交；以及其他有關的問題。并向上級報告起動試運轉工作。

2. 驗收交接工作組 協助主任委員掌握起動試運轉具體事宜，領導和督促各專業組進行工作，掌握起委會財務供應及負責起委會會議文件的復印、分發工作，草擬竣工移交報告，召集有關方面研究解決驗收交接中所發生的問題。

（1）秘書組：辦理起委會的一些具體事務，如會議記錄、資料文件的複製及分發、資料保管以及起委會其他秘書性事務。

（2）宣傳組：編寫水電站建設宣傳性材料，進行廣泛的宣傳工作。

（3）機械、電氣、水工及建築等組：分別負責本專業範圍內全部工程的质量檢查工作，并对竣工設備作全面的质量鑑定；審查施工單位的安裝、測定和試驗記錄，審查竣工圖紙資料等，向起委會提出報告。電氣和機械兩組，可以協助審查與補充運行規程和試驗程序的有關部分。

3. 試運轉指揮部 負責起動試運轉時的領導指揮事宜，直接

掌握机組起動、停机、試驗或檢修等工作。总指揮三人輪流值班亲臨現場指揮。

(1) 運轉組：分为三值或四值，輪流值班，进行机組起動試驗的操作以及机电設備的安全运行和維護。起動試驗前拟出机組起動及停机操作順序，以及机电設備試驗所必需的運轉操作順序。事先做好保證安全試驗的有效措施。

(2) 試驗組：負責編写起動試驗程序，并負責进行起動運轉中机电設備的試驗及調整工作，协助運轉人員掌握設備性能。

(3) 技安組：監督各单位执行安全工作規定，并准备必要的安全操作工器具，維護試驗工地安全秩序，并对参加試驗工作的人員进行安全教育和安全操作規程的考試。

(4) 保卫組：負責編制和督促执行試驗工地制度，印发参加試驗人員的工作証，以及負責电站保卫事宜。

起委会成立后，驗收交接工作組、試驗指揮部及各专业組应立即开展工作，各专业組进行工作时，有关工程問題可先在小組內进行討論取得一致意見。对設備安装上的缺陷問題，小組討論取得一致意見后，即可用书面方式直接通知施工单位进行处理。意見不一致的問題，可汇报起委会加以解决。除重大問題外，其他問題最好是在专业小組中討論解决。

各专业組成員应深入現場，在不妨碍現場施工的条件下进行实物观察与檢查，使檢查工作能从圖紙資料和工程施工两方面进行。

試驗組編写起動試驗程序时，应考虑尽快的完成試驗中的試驗工作，爭取机組早日投入生产。因此試驗組的人員事先应学习試驗程序和成套設備的起動試驗方法。

運轉組的成員应事先熟悉和掌握电站中的設備情况，并在試驗前做好運轉的准备工作。運轉組的成員都需进行“电业安全工作規程”及操作規程的学习和考試。

施工单位在工程安装結束时，应积极組織人員繪制竣工圖紙，并将設計圖紙、制造厂設備規範书、出厂驗証书等技术資

料，已完工程項目一覽表，安裝過程的質量檢查和測定記錄，電氣設備試驗記錄和材料、備品及工器具等移交清冊準備好，在起動試驗運轉時盡可能先移交生產單位一部分，其它未完部分可在整個電站結尾時全部移交。

建設單位應把自行施工部分的竣工圖紙資料準備好，並及時移交給生產單位。同時，協助生產單位進行生產準備，為生產單位解決一些困難問題。

第二章 機組起動試驗程序的編制

第一節 概 述

機組起動運轉前要編制起動試驗程序，一般可由試驗人員負責擬訂，經有關人員討論和起委會批准後執行。

試驗程序包括下列四個部分：（1）安裝竣工後及起動前的設備試驗與檢查；（2）引水設備充水時的試驗與檢查；（3）機組第一次起動及空運轉時的試驗；（4）機組投入系統的試驗。

本章主要敘述機組起動試驗的一般程序，並包括主變壓器和3~10千伏饋電綫路及配電裝置和廠用電變壓器投入運行的試驗程序。其中試驗項目及順序可根據實際情況增加或減少。

第二節 安裝竣工後及起動前的設備試驗和檢查項目

在成套設備起動試驗前，應參照設計、施工、安裝等有關規程、規範及施工技术文件進行檢查，驗明各項工程的安裝質量是否符合規程。

安裝竣工後及起動前的設備檢查項目，按設備具體情況確定，一般可以包括下列各項：

一、引水系統的檢查項目

引水系統根據電站型式有所不同，因此檢查項目也隨具體情況而異，一般項目有：

1. 压力前池檢查。
2. 进水口檢查及进水口閘門操作試驗。
3. 压力輸水管道檢查。
4. 蝴蝶閘操作試驗。
5. 尾水閘門或尾水渠檢查。

二、水輪机及調速系統的检查項目

1. 压油裝置檢查及油泵和压力继电器的动作試驗。
2. 調速机檢查及操作試驗。
3. 手动操作調速机，檢查导水叶启閉情况。
4. 檢查水輪机軸承間隙。
5. 蝸壳、水渦輪、尾水管等处的外觀檢查。
6. 漏油裝置动作情况檢查。

三、油、水、风系統的检查項目

1. 根据系統图檢查試運轉机組的管路装配情况。
2. 各管路以实际的油、水、风进行試驗，檢查渗漏情况。
3. 压縮空气机運轉試驗。
4. 排水泵運轉情况檢查。

四、发电机检查項目

1. 各部清洁情况的檢查。
2. 各部間隙及可动部分的檢查。
3. 油槽檢查。
4. 制動閘动作檢查。
5. 密封情况的檢查。

五、电气設備的检查項目

1. 发电机引出母綫、出口电压互感器、电流互感器的檢查。
2. 机旁盘及励磁盘檢查。

3. 机組动力盘及附属动力設備檢查。
4. 水力机械自动化器具檢查。
5. 发电机出口油开关檢查。
6. 母綫設備檢查。
7. 动力变压器檢查。
8. 高压开关及隔离开关檢查。
9. 避雷器及高压电压互感器檢查。
10. 动力电纜及操作电纜檢查。
11. 蓄電池直流設備檢查。

六、表計、继电保护及自动装置和二次回路的模拟試驗

模拟試驗是引水設備充水前的重要試驗項目之一，其目的是檢查电气回路的正确性和可靠性。模拟試驗項目根据設備情况可分：

1. 进水口閘門自动操作回路。
2. 蝴蝶閥自动操作回路。
3. 机組水力机械自动操作回路。
4. 发电机交流二次回路。
5. 发电机继电保护回路。
6. 发电机励磁操作回路。
7. 发电机油开关操作回路。
8. 变压器保护及操作回路。
9. 送电綫路保护及操作回路。
10. 直流及中央音响信号回路。
11. 全厂共用設備交流回路。
12. 发电机自同期回路。
13. 其他专门裝置。

第三节 引水設備充水时和充水后的試驗檢查項目

引水設備随着引水系統的不同而异，一般有进水口閘門、压

力鋼管和蝴蝶閥。充水过程的試驗檢查項目如下：

一、鋼管充水检查

1. 利用进水口閘門的旁通閥向鋼管充水。
2. 記錄鋼管充滿水所需的时间。
3. 鋼管充水后应檢查蝴蝶閥及人孔等有无漏水情况。
4. 鋼管充滿水后，在靜水中进行进水口閘門的升降試驗，并記錄升降时间。
5. 由閘門操作柜进行在靜水中紧急事故关闭閘門試驗，檢查卷揚式起閉机或液压起閉机的离心制動閘的工作情况，并測定和調整关闭时间。
6. 由中央控制室进行远方紧急事故关闭閘門的操作試驗。

二、蝸壳充水检查

1. 利用蝴蝶閥上的旁通閥向蝸壳充水。
2. 檢查水輪机上盖，蝸壳人孔及各連接处等的漏水情况，并檢查蝸壳排气閥的動作情况。
3. 在靜水中进行蝴蝶閥启閉試驗，并記錄开启与关闭时间。
4. 測定蝸壳充滿水的時間及关闭蝴蝶閥后自排水管排出积水的時間。

三、机組水管路系統的检查

1. 打开总水閥，向水潤滑軸承及冷却器給水。
2. 檢查水潤滑軸承止水盘根的漏水情况。
3. 檢查当軸承潤滑水切断后，示流继电器的動作情况。
4. 檢查各冷却器的閘門打开后管路各处是否有漏水情况。
5. 檢查各水压表計的指示是否正确，并調整水压至規定值。

第四节 机組第一次启动和空运转中的試驗

引水設備經過充水檢查后，电气回路也作完模拟動作試驗，

調速系統均已調整試驗完畢，機組本体亦經過檢查，此時機組即可按下述進行第一次起動及空運轉中的試驗。

一、機組第一次起動

1. 以手動操作調速機手輪第一次起動機組。

2. 起動過程中要注意下列問題：

(1) 水輪機及發電機轉動部分與固定部分有無摩擦或碰撞聲。

(2) 調速機上同期電動機轉動方向是否正確。

(3) 水輪機水(油)潤滑軸承的供水(油)情況是否正常。

(4) 發電機軸承油面高度是否正常。

3. 在起動時記錄起動開度。

4. 機組轉速達到額定值後，用機械轉速表校核調速機上的電氣轉速表。

5. 轉速達到額定值後，記錄導水葉空載開度和作用筒行程。

6. 機組運轉過程中要注意下列問題：

(1) 定時監視和記錄各軸瓦溫度上升情況，並記錄其穩定溫度。一般，空運轉經5小時左右，溫度開始穩定。

(2) 檢查冷卻水系統供水情況，並記錄給水與排水溫度。

(3) 檢查水輪機上蓋的漏水情況和排水情況，檢查導軸承水封盤根的嚴密性。

(4) 測量機組主軸各軸承處擺度及各部振動。

7. 機組正常轉速空載運行下調速系統的檢查項目：

(1) 如調速機有單獨的一套手動操作機構，則檢查由手動操作切換到自動操作，或由自動操作切換到手動操作的可能性及工作穩定性，並檢查各液壓閥的動作情況。

(2) 操作“轉速變更機構”改變機組轉速，檢查調整機構的動作，並記錄轉速變更的最高和最低範圍。

(3) 檢查調速系統調整過程的穩定性，即在正常轉速時記錄作用筒活塞的擺動數值和轉速變動周期。

(4)在正常轉速下，記錄油壓裝置的油泵向壓油槽送油的時間及油泵空載運行時間。

8.機組在第一次試驗性運轉時，在自動滅磁開關斷開情況下，測量發電機殘余電壓，並確定相序。

二、手動停機

- 1.以手動方式停機。
- 2.在停機過程中檢查速度繼電器(用於制動閘回路)動作的正確性。
- 3.停機後進行全面檢查並處理所發現的缺陷。
- 4.停機後調整自動操作回路中各端接點。

三、自動開機和試驗

- 1.機組以自動方式起動，並記錄開機至額定轉速的時間。
- 2.录制副勵磁機空載特性曲綫，達頂點勵磁。
- 3.录制主勵磁機空載特性曲綫，達頂點勵磁。同時录制副勵磁機外部特性曲綫。
- 4.如發電機絕緣不良，則進行三相短路干燥。
- 5.录制發電機三相短路特性曲綫。
- 6.以一次電流檢查發電機電流保護裝置。
- 7.檢查和初步整定復式勵磁裝置。
- 8.在定子額定電流的情況下攝制滅磁波形圖。

四、自動停機和耐壓試驗

- 1.以自動方式停機。停機過程應檢查制動閘動作情況，同時記錄自動停機時間。
- 2.如安裝過程中未進行耐壓試驗，則此時可作發電機主絕緣耐壓試驗。

五、機組起動後進行下列試驗

- 1.录制發電機空載特性曲綫，勵磁機負荷特性曲綫。並以相

当于額定励磁电流的空载电压(不得低于定子額定电压的130%)进行定子綫卷层間耐压試驗。

2.对过电压保护、过电流保护低压起动、强行励磁及强行减磁等电压继电器,进行加电压的动作檢查。

3.在发电机空载額定电压时,摄制灭磁示波图,檢查自动灭磁开关的灭弧情况。

4.測量发电机軸电压。

5.进行空载时电磁式电压校正器的調整試驗:

(1)調整和录制校正器特性。

(2)檢查校正器工作的稳定性。

(3)測定校正器的电压調整范围。

六、同期回路檢查

1.手动同期回路定相檢查。

2.录制机組起动特性。

3.周波差继电器及自同期回路模拟动作試驗。

七、机組过速度試驗

1.以手动操作調速机,使机組过速运转,檢查超速继电器动作情况。过速的数值根据制造厂設計要求整定,一般应保証在甩額定負荷时超速继电器不动作。

2.过速时測定机組各部摆度和振动。

第五节 机組投入系統的試驗

1.自同期并列試驗:

(1)在恆定的轉差率时以手动或半自动方式进行自同期并列試驗。

(2)降低机組轉速再擰动開車操作开关,以自动方式进行自同期并列試驗。

(3)机組在停止状态下自动開車,进行自同期并列試驗。