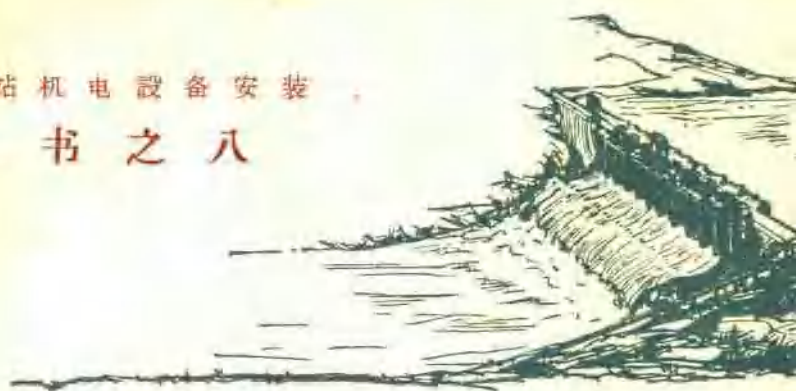


水电站机电设备安装

丛书之八



机电设备的 試驗和調整

上册

水利电力部水利水电建設总局

中国工业出版社

水 电 站 机 电 設 备 安 装

丛 书 之 八

机 电 設 备 的 試 驗 和 調 整

上 册

水利电力部水利水电建設总局

中 国 工 业 出 版 社

本书分上、下两册出版，可供从事水电站水轮发电机组机电设备的安装、运行工作人员阅读，也可供有关中技、技工学校的师生教学参考。

上册内容有：水轮发电机和水力机械自动化设备在自动试运行过程中的各种检查和试验；水电站自动励磁调整装置（包括新旧型号的复励及校正器）、炭阻式电压调整器、自同期装置、自动自同期重合闸装置和绝缘监视装置等电气自动装置的试验和调整。

机电设备的试验和调整

上册

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10号）

中国工业出版社出版（北京东便门大街10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第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·各地新华书店经营

*

开本 850×1168 毫米·印张 $12\frac{1}{16}$ ·字数318,000

1962年8月北京第一版·1963年4月北京第二次印刷

印数1,641—3,180·定价(10-6)1.95元

*

统一书号：15165·1645(水电-283)

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，在苏联的援助下，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. 机电设备的試驗和调整;
9. 机电设备的启动試运转;
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

概述	1
----------	---

第一篇 水輪发电機組和水利机械自动化設備

第一章 水輪发电機組	14
------------------	----

第一节 直流电机概述	14
第二节 測量励磁机直流电阻	15
第三节 檢查励磁机各綫卷的极性和結綫	19
第四节 調整励磁机电刷的中性位置	32
第五节 測量励磁机各綫卷的絕緣电阻和进行綫卷的絕緣耐压試驗	33
第六节 录制励磁机的特性曲綫	34
第七节 同期发电机概述	39
第八节 单个定子綫卷和单个磁极綫卷的試驗	41
第九节 測量定子和轉子綫卷整体的直流电阻	43
第十节 測量定子綫卷和轉子綫卷的絕緣电阻, 并进行絕緣耐压試驗	44
第十一节 檢查发电机定子綫卷的极性和相序	55
第十二节 自动灭磁开关的檢查	59
第十三节 录制发电机三相短路特性曲綫	61
第十四节 录制发电机空載特性曲綫和励磁机的負荷特性曲綫, 并对定子綫卷进行层間絕緣耐压試驗	68
第十五节 檢查发电机軸承絕緣	68
第十六节 定子鉄心試驗	70
第十七节 发电机参数測定	74

第二章 水利机械自动化設備	85
---------------------	----

第一节 液气型溫度信号器	86
--------------------	----

第二节	浮子继电器	89
第三节	电磁操作閘	91
第四节	磁力起动器	95
第五节	自整角机	105
第六节	低压感应电动机	113
第七节	测速系统和轉速继电器	129
第八节	压力差继电器	133

第二篇 水电站电气自动装置

第一章	自动励磁调整装置	139
-----	----------	-----

第一节	概述	139
第二节	构造和原理	141
第三节	器具和元件試驗	163
第四节	校正器特性調整	181
第五节	校正器的电流补偿装置	190
第六节	用非工业負荷整定复励装置的方法	199
第七节	校正器于发电机空載时的調整試驗	201
第八节	发电机帶負荷时复励和校正器的試驗	204
第九节	确定校正器調整的調差系数	207
第十节	校正器的电流补偿装置投入試驗	209
第十一节	校驗并列运行机組間无效負荷分配的稳定性	211
第十二节	校驗电压校正器所消耗的电力	212

第二章	单系統电压校正器	212
-----	----------	-----

第一节	单系統校正器特性曲綫的調整要求	212
第二节	单系統电压校正器的穩定措施	214

第三章	改良型复式励磁装置和电压校正器	217
-----	-----------------	-----

第一节	概述	217
第二节	YK-Y型复式励磁装置的結綫和技术数据	219
第三节	ΘMK-Y型电压校正器的結綫、构造和原理	230
第四节	ΘMK-Y型校正器技术数据	237
第五节	ΘMK-Y型电压校正器各元件的技术数据	239

第六节	YK-Y 型和 9MK-Y 型的試驗程序	244
第七节	9MK-Y 型校正器各元件的試驗	247
第八节	选择 9MK-Y 型校正器的結綫方案和試驗前的准备	258
第九节	复励及校正器整定計算	260
第十节	9MK-Y 型电压校正器的特性調整	269
第四章	炭阻式电压調整器	284
第一节	PYH-100 系列炭阻式电压調整器簡單介紹	284
第二节	炭阻式电压調整器的电流补偿装置	287
第三节	炭阻式电压調整器的选择	289
第四节	檢查与調整	291
第五章	水輪发电机的自同期	295
第一节	概述	295
第二节	水輪发电机自同期的过程	297
第三节	各种因素对自同期过程的影响	306
第四节	水輪发电机自同期的条件	325
第五节	水輪发电机自同期的結綫	326
第六节	試驗	330
第六章	自动自同期重合閘装置	343
第一节	概述	343
第二节	自动自同期重合閘的結綫和动作过程	344
第三节	自动自同期重合閘装置的有关問題	352
第四节	自同期重合閘装置的特性試驗和結綫試驗	356
第七章	直流系統及发电机轉子的絕緣監視装置	361
第一节	直流絕緣監視装置	361
第二节	轉子絕緣測量装置	369

概 述

一、試驗調整的工作範圍

水电站机电設備安裝的試驗調整工作的主要目的：使用科學的試驗方法，檢查所安裝的設備的電氣性能是否良好，安裝結綫是否正確，并調整各部件使其符合于運行的要求，以保證機組能安全地投入運行。具體任務有以下几方面：

1. 对水电站的主要設備，如水輪發電機、變壓器、油開關、空氣開關等，及其附屬設備如繼電保護、自動裝置等進行電氣試驗。

2. 对自動化器具和繼電器進行調整和整定。

3. 对測量儀表進行校驗、調整和檢修。

4. 进行水电站成套設備電氣部分的起動試運轉。

5. 根据試驗結果与現場的實際情況，对設計、制造与安裝提出技術上改進意見，对于不能滿足安全運行的部分可在現場与有关单位研究後進行修改。

二、試驗調整工作的組織

对于大型或巨型水电站及变电站，安裝時的試驗調整工作可以由專門的組織負責進行。該組織可以附屬於設計部門，如蘇聯在水電設計院內設立自動化遙控起動調整分院(OATH)，但也可以附屬於安裝單位。我國一開始是在一些電站中設立了電工試驗室。

電工試驗室可以按專業分成三個組進行工作：

1. 繼電保護与測量表計組，負責進行各種儀表、記錄表計的檢查及校驗，繼電器的試驗及整定，整個保護系統的試驗，并負責保管和檢修試驗室用的精密儀表。

2. 高压設備組，負責進行各種高压設備的絕緣保安試驗和勵磁機、同期發電機、變壓器等電氣設備的各項試驗以及自動勵磁調整裝置的試驗。

3. 自動化組，負責全部自動裝置及廠用交流與直流系統的試驗調整。

以上的分組一方面是為了使新參加工作的人員便於掌握業務，可以有明確的專業化方向，另一方面是使試驗工作分工專職，工作能夠順利開展。但試驗調整工作是一個整體，必須互相配合，不可能截然分開。因此，上述分工形式並不是絕對的，應該根據任務的多少，工作人員的熟練程度等具體條件隨時進行調整。

試驗人員在熟悉某一組工作以後，領導上應在不妨礙工作進行的前提下，有意識地給他們一定的機會熟悉其他組的工作，使每一個試驗人員能在最短時期內掌握整個水電站的試驗調整工作。不僅如此，試驗人員還應該儘可能了解和掌握主要機電設備的安裝和運行工作。中型電站由於工作量較少，一般可以不設分組，而採取全組分工協作的方法。分工是指每一項試驗工作有專人負責；協作是指當試驗工作進行時應統一調配，協同進行。小型電站一般可以不設專人而由安裝人員負責試驗調整工作。

三、試驗調整的准备工作

在水輪發電機正式開始安裝時就應着手進行試驗室的准备工作。為便於進行工作，試驗室最好設置在電站的廠房內部，如因副廠房建設得較遲，廠內又沒有適當地點可供使用，則可以在廠外離安裝工地最近的地方找一、二間房屋，作為試驗調整工作和辦公的場所。巨、大型電站安裝時，試驗室房屋的面积一般需100米²，以供試驗人員辦公與作業。中、小型電站約需30~60米²。室內應該保持乾燥，不漏雨，不落灰塵，使精密儀器和被試設備不會受潮和弄髒，以保證儀表的精密度和試驗調整的質量。

試驗室應備有儀表櫃、試驗台、材料櫃、資料櫃。室內並應

試驗儀器

表 1

名 称	規 格	单 位	数 量			备 注
			巨	大	中	
交直流电流表	0.5級 5~10安	个	3	3	3	
	0.5級 2.5~5安	个	6	3	3	
	0.5級 0.5~1安	个	3	2	1	
	0.5級 50~100毫安	个	3	2	1	
交直流电压表	0.5級 15~300伏	个	6	3	3	
	0.5級 75~150~300~600伏	个	3	3	3	
	0.5級 7.5~15~30~60伏	个	1	1	1	
直流电流电压表	0.5級 1~3~10~30~100~300毫安	个	3	2	2	
	1~3~10~30安					
	50毫伏, 3~10~30~100~300~1000伏					
交流电流电压表	0.5級 30~75~150~300~750毫安, 1.5~3~7.5~15~30安, 75~150~300~750伏	个	3	2	2	
单相电力表	0.5級 150~300伏	个	3	3	3	
	2.5~5安					
	0.5級 150~300伏	个	3	2	1	
	0.5~1安					
标准交直流电流表	0.2級 2.5~5安	个	1	1	1	双量程
标准交直流电压表	0.2級 150~300伏	个	1	1	1	
标准单相电力表	0.2級 150~300伏	个	1	1	1	
	2.5~5安					
高电阻直流电位差计	2級 IIHTB型 0~2.1伏	个	1	1	1	一套共同使用
电位差计用分压箱		个	1	1	1	
指零微电计	电流常数小于 2×10^{-9} 安/格	个	1	1	1	
标准电池	I級或II級	个	2	1	1	一套
标准电阻	0.001, 0.01, 0.1, 1, 10, 100, 1000, 10000, 100000欧	1套	1	1	1	
		9个				
直流电压表	0.5級 0~60~75毫安	个	2	1	1	一套
直流电压表	0.5級 0~10毫安	个	2	1	1	
直流微安表	0.5級 75~150~300微安	个	1	1	1	
惠斯登电桥	$\pm 0.15\%$ 0.001~ 10^3 欧	个	2	1	1	
精密惠斯登电桥	准确度 大于1欧 $\pm 0.05\%$	个	1	1	1	
	小于1欧 $\pm 0.1\%$ $10^{-5} \sim 10^6$ 欧					
光点反射式微电计	8×10^{-9} 安/毫米 临界电阻约1000欧	个	1	1	1	

續表

名 称	規 格	单 位	数 量			备 注
			巨	大	中	
凯尔文电桥	最大誤差 小于 $\pm 2\%$ 0.0001~10欧	个	1	1		附电动传动 装置 巨型电站可 加一个 250伏的
标准电阻箱	$\pm 0.2\% \sim \pm 1\%$, 0.1~11111欧	个	1	1	1	
	$\pm 0.2\% \sim \pm 1\%$, 1~11111欧	个	1			
搖 表	2500伏 $\pm 1.0\%$, 0~10000兆欧	个	2	1	1	
	1000伏 $\pm 1.0\%$, 0~1000兆欧	个	4	3	2	
	500伏 $\pm 1.0\%$, 0~500兆欧	个	2	1	1	
接地电阻测定器	$\pm 10\%$ 測限 0~10, 0~100, 0~1000欧	个	1	1	1	
周率表	0.5級, 指針式 100~127~220伏, 45~55周	个	2	1	1	
单相功率因教表	1.5級 100~2.0伏, 5~10安 $\cos \varphi = 1 \sim 0 \sim 1$	个	1	1	1	
相序指示器	50~500伏, 40~60周	个	2	1	1	
周率計算器 (电气秒表)	110~220伏, 25~60周	个	3	3	2	
标准电度表	0.5級 110~220伏, 1~5~10安	个	1	1	1	
小电桥	0~50千欧	个	2	1	1	
欧姆表	$\pm 0.5\%$ 0.2欧~50兆欧	个	2	1	1	
分流器	0.2級 30安/75毫伏	个	2	1	1	
	0.2級 100安/75毫伏	个	2	1	1	
	0.2級 300安/75毫伏	个	2	1	1	
	0.2級 500安/75毫伏	个	1	1	1	
标准电流互感器	0.2級 15~50~100~150~200~ 300~600/5安	个	3	3	2	
	0.2級 100~2000/5安	个	1	1		
万用表	交直流电流 0.01/0.1/1/10安, 电压 1/10/100/400/1000伏, 电阻 10000欧/100000欧/1兆欧	个	4	2	2	
钳形电流表	2.5級 500伏, 15~30~60~150 ~300~1000安	个	2	1	1	
自耦变压器	三相 0~250伏, 3×1千伏安	个	1	1	1	
	单相 0~250伏, 8安	个	3	1	1	
	单相 0~250伏, 4安	个	3	2	2	
	单相 0~250伏, 2安	个	3	2	2	

續表

名 称	規 格	单 位	数 量			备 注
			巨	大	中	
可变电阻	6000欧, 0.2安	个	2	1	1	
	700欧, 0.6安	个	3	2	2	
	400欧, 0.6安、	个	4	3	3	
	300欧, 1 安	个	2	1	1	
	100欧, 1 安	个	2	1	1	
	30欧, 5 安	个	2	2	2	
	20欧, 10安	个	3	3	3	
大电流发生器	220/12伏, 600瓦	个	3	2	2	
	220/0.75~1.5伏, 1千伏安	个	2	1	1	
电压稳定器	输入 110/220伏, 220 伏, 150 伏安	个	3	1	1	
移相器	三相 50伏安, $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$	个	1	1	1	
	输入 110/220/380伏					
	输出 110/220/380伏					
	同上, 容量 1 千伏安	个	1	1		
油耐压試驗器	0~60000伏/220伏, 5千伏安	台	1	1	1	带調压設備
漏泄試驗器	0~60千伏/127~220伏, 2 千伏安	台	1	1	1	
試驗变压器	100000/500伏, 100千伏安 測量繞卷100伏	台	1	1	1	无35千伏电压級設備 可不要
西林电桥	仿苏MД/16	套	1	1	1	附标准电容器
湿度測定器	C ₂ /C ₅₀ , 电源电压110/220伏	台	1	1	1	
介質損失角測定器	2500伏, 电源电压110/220伏	台	1	1	1	
高压整流管	110千伏	个	1	1	1	
电磁示波器	八綫 110/220伏, 仿苏МНО-2	套	1	1	1	附电阻箱, 振動子等
阴极示波器	220伏	个	1			
真空管电压表	0.03~0.1~0.3~1~3~10~30~100伏	个	1	1	1	
压力表校驗器	100公斤	套	1	1	1	
标准压力表	双測限, 0~5公斤/厘米 ²	个	1	1	1	
	0~50公斤/厘米 ²	个	1	1	1	
轉速表	100~300~1000~3000轉/分	个	1	1	1	
机械秒表	跑表	个	2	1	1	
天 平	普通型, 感量0.01克	套	1	1	1	

續表

名 称	規 格	单 位	数 量			备 注
			巨	大	中	
直流电动机-同期发电机组	直流 230伏, 1.75瓩, 1500轉/分 交流 3相, 220/380伏, 1.25千伏安, $\cos \varphi 0.8$	套	1	1		
变压器校验器	ATT	套	1	1		
高压整流管	200千伏	个	1			

中型电站安装时用的試驗仪器最低限额

表 2

名 称	規 格	单 位	数 量	备 注
直流电流电压表	0.5級 1~3~10~30~100~300毫安 1~3~10~30安, 50毫伏~3~10~30~100~300~1000伏	个	2	
交流电流电压表	0.5級 30~75~150~300~750毫安, 1.5~3~7.5~15~30安, 75~150~300~750伏	个	3	
单相电力表	0.5級 150~300伏, 2.5~5安	个	2	
惠斯登电桥	$\pm 0.15\%$ 0.001~10 ⁷ 欧	个	1	
搖 表	1.0級 1000 伏 1000兆欧	个	1	
周率表	0.5級指針式 100~127~220伏 45~55周	个	1	
相序指示器	50~500伏, 40~60周	个	1	
电气秒表 (周率积算器)	110/220伏, 25/60周	个	1	
万用表	交直流电压 0.01/0.1/1/10安 电压 1/10/100/400/1000伏 电阻 10000/100000欧/1兆欧	个	2	
分流器	0.2級 100安/75兆欧	个	1	
自耦变压器	单相 0~250伏, 4安	个	1	
可变电阻	300欧, 1安	个	1	
	100欧, 2安	个	2	
	20欧, 6安	个	2	
油耐压試驗器	0~60000/220伏, 5千伏安	台	1	附調压设备
轉速表	100/300/1000/3000轉/分	个	1	

設有380/220伏三相及单相交流电源和220伏直流电源。除此以外，如有可能也可以附設洗象的暗室和高压試驗室（对中型以上电站应能保証进行油耐压試驗的需要），这些设备应尽可能利用电站的永久设备，当电站安装完毕后即可移交給生产单位以节省国家投資。

安装时进行设备的电气試驗和調整所需用的仪器，絕大部分国内均已能够制造，个别的如西林电桥、示波器也已試制成功。现将巨、大、中型水电站安装时所需用的整套仪器列于表1。目前国内仪器的生产还不能完全滿足需要，特别是精密級較高(0.5級以上)和特殊的仪器，如西林电桥、电磁型示波器等还不能大量生产，但电站建設又非常急迫，为了不影响电站的建設速度，在保証安装质量和安全运行的前提下，提出安装中型电站时試驗和調整最必需的仪表数量見表2，可作参考。巨、大型水电站也可以根据实际情况按表1适当的減少一些。

除了准备試驗仪器以外，还应准备試驗調整和修理表計用的工器具和材料。工器具的規格和数量列于表3，材料列于表4，表內所列比較齐全，对于中、小型电站可以根据具体情况酌量減少。試驗調整用的材料一般用量較少，但規格較多，特别是当临时需要修理或改装表計、继电器及其他設備时，事先很难考虑周全，因此在可能的条件下，有必要准备各种直徑的电阻綫，漆包綫，各种厚度的胶木板，絕緣板和各种規格的游絲等以備急需。但儲备数量不必太多，以免积压。表4中所列的材料只是提出比較常用的一些規格。

試驗調整和修理表計用的工器具

表 3

名 称	規 格	单 位	数 量	备 注
(一) 設 备				
關刀开关	三板单投250伏, 100安	个	1	
	250伏, 50安	个	2	
	250伏, 30安	个	3	
	二板单投250伏, 50安	个	2	
	250伏, 30安	个	3	
	250伏, 20安	个	4	
	250伏, 5安	个	4	
	二板双投250伏, 20安	个	2	
	100安	片	10	
	50安	片	10	
保險片	30安	片	10	
	20安	片	10	
	10安	片	10	
	5安	卷	1	
保險絲	3安	卷	1	
	1安	卷	1	
(二) 鉗旋用工具				
0.2公斤手錘		个	1	
0.1公斤手錘		个	1	
40毫米老虎鉗		个	1	
鉋 钻		个	1	
平刮刀		个	1	
三棱刮刀		个	1	
350毫米粗平面銼刀		个	1	
250毫米粗半圓銼刀		个	1	
200毫米粗圓形銼刀		个	1	
250毫米粗三棱銼刀		个	1	
150毫米細平面銼刀		个	1	
150毫米半圓細銼刀		个	1	
150毫米三棱細銼刀		个	1	
0.5~10毫米(各相差0.1毫米)		套	1	
短直头麻花钻头				
1号、2号和3号扳子		套	1	

續表

名 称	規 格	单 位	数 量	备 注
0.7~10毫米右螺旋錐 (三号組成一套)		套	1	
0.7~10毫米圓扳牙		套	1	
2~10毫米細絲扣米制手式絲錐		套	1	
2~10毫米細絲扣米制手式扳牙		套	1	
(三)修表用工具				
五个一副表工用螺絲刀		套	1	
50毫米表工用手錘		个	1	
木 錘		个	1	
五个一副镊子		副	1	
表工用手式老虎鉗		个	1	
表工用弯角脚規		个	1	
冲 子		套	1	
凿 刀		个	1	
表工用钻子		个	1	
表工用直嘴鉗子		个	1	
表工用側口鉗子		个	1	
表工用平嘴鉗子		个	1	
表工用手鋸		个	1	
銅 条		条	3	
磨石(油石)		块	1	
表工用刷子		个	1	
表工用放大鏡		个	1	
錐形手式表工用鉸刀		个	1	
扣 盒		个	1	
四 瓣		个	2	
(四)測量器具				
游標卡尺附深度尺125毫米		个	1	
0~25毫米滑動式千分尺		个	1	
0.5~300毫米板尺		个	1	
1500毫米鋼卷尺		个	1	
米制弧規		个	1	
100×160毫米錐工角尺		个	1	