

288992

高等学校交流讲义

水力发电厂水力机组 辅助设备

上册

华中工学院 北京水利水电学院 武汉水利电力学院合编

只限学校内部使用



中国工业出版社

2
7

高等学校交流讲义



水力发电厂水力机组 辅助设备

上册

华中工学院 北京水利水电学院 武汉水利电力学院合编

中国工业出版社

本书介绍了水电厂水力机组辅助设备的类型、组成、作用及其相互关系，以及它们围绕主体设备构成一个有机整体的基本概念；其中着重阐述有关运行和设计的基本理论、实际生产知识和工作步骤方法等；此外还提供了若干边缘性知识如自动化和量测技术等；为读者从事辅助设备工作打下一定的基础。

本书可作为有关高等工业学校讲授“水力发电厂水力机组辅助设备”课程用的教材；也可以供有关辅助设备的设计、制造、安装、运行的工程技术人员参考。

水力发电厂水力机组 辅助设备 上册

华中工学院 北京水利水电学院 武汉水利电力学院合编

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙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
新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $13^{3/8}$ ·插页1·字数304,000

1961年10月北京第一版·1961年10月北京第一次印刷

印数0001—1,037·定价(10-6)1.65元

统一书号: 15165·991(水电-152)

前 言

本书是以华中工学院1957年所編同名讲义为基础，经过試用，补充和修改而成的。其中华中工学院負責起草大綱，編写第一、二、三、四、五、六、七、八、十一、十二章和教材使用說明等及全部审查工作，北京水利水电学院負責編写第九、十两章及全部校核修改工作；武汉水利电力学院参加編写第三、五、六、七、八章和全部整理工作。

作为高等学校的教材，本书的編写是一种新的尝试，此外，編写期限十分紧迫，由于这两个原因，决定了編写工作必須分为两阶段，第一阶段(即本阶段)集中力量只解决一个问题，即初步建立教材体系的问题。通过了明确課程設置目的，肯定課程核心所在，初步选择課程內容总的广度和深度，加强基础等等，基本上将体系建立起来。至于书中所有具体細节的取材、組織、表达、措詞、前后联系等问题均来不及作細致的推敲。第二阶段是修改提高阶段，准备经过試用、征求意见、进一步收集資料、总结，然后进行彻底的、細致的修改。因此，謹向讀者提出恳切的要求，希望同志們能在百忙中对本书的缺点和存在问题(不論大小，不論多少)提出宝贵意見，以便据以修改。

意見請寄湖北武昌华中工学院 304 教研室。

水力发电厂水力机組輔助設備編写小組

一九六一年六月十五日

目 录

前言

第一章 緒論	4
--------	---

第二章 自动装置簡論	7
------------	---

§2-1 輔助设备自动系統及远动系統的类型	7
-----------------------	---

§2-2 自动化元件	10
------------	----

§2-3 自动技术系統	21
-------------	----

第三章 油供应维护设备	26
-------------	----

§3-1 油供应维护设备的概念	26
-----------------	----

§3-2 油的化学成分和炼制	27
----------------	----

§3-3 油的基本性质及其对运行的影响	28
---------------------	----

§3-4 油的劣化	34
-----------	----

§3-5 油的淨化和再生	37
--------------	----

§3-6 油的监督与维护	44
--------------	----

§3-7 油系統的类型和任务	48
----------------	----

§3-8 油系統图示例	49
-------------	----

§3-9 油供应维护设备設計	52
----------------	----

第四章 压缩空气设备	58
------------	----

§4-1 压缩空气设备概念	58
---------------	----

§4-2 往复式空气压缩机的工作原理和分类	59
-----------------------	----

§4-3 单級往复式空气压缩机的工作过程	60
----------------------	----

§4-4 空气压缩机的压缩极限	63
-----------------	----

§4-5 空气压缩机的多級压缩	64
-----------------	----

§4-6 空气压缩机的供气量、功率和效率	66
----------------------	----

§4-7 往复式空气压缩机的构造及主要零件	68
-----------------------	----

§4-8 空气压缩机供气量的調整	71
------------------	----

§4-9 压缩空气设备的輔助设备	72
------------------	----

§4-10 空气压缩机的冷却水量	75
------------------	----

§4-11 空气压缩机的潤滑	77
----------------	----

§4-12 油压装置压油槽充气用空气压缩装置	77
------------------------	----

§4-13 机組制動系統用气	78
----------------	----

§4-14 水輪机工作輪室充气压水的空气压缩装置	80
--------------------------	----

§4-15 风动工具及其他技术用气	86
-------------------	----

§4-16 变电站配电装置的空气压缩装置	89
----------------------	----

§4-17 閘門前或泄污閘前防凍的空气压缩装置	95
-------------------------	----

§4-18 設計水电厂空气压缩装置系統的基本要求	98
--------------------------	----

§4-19 空气压缩装置的运行和维护	101
--------------------	-----

第五章 技术給水设备	104
------------	-----

§5-1 技术給水设备的概念	104
----------------	-----

§5-2 用水設備及其對水的技術要求	105
§5-3 水源及其設備	111
§5-4 管網	119
§5-5 給水設備系統	121
§5-6 給水設備的運行	124
§5-7 給水設備設計	124
第六章 排水設備	127
§6-1 水力發電廠水力機組排水設備概念	127
§6-2 排水方式及其設備	129
§6-3 排水設備的設計	133
第七章 消防設備	136
§7-1 消防設備概念	136
§7-2 主廠房一般消防設備	136
§7-3 油處理室消防設備	139
§7-4 發電機消防設備	140
第八章 主閘	142
§8-1 主閘的概述	142
§8-2 主閘的型式及其主要構件	143
§8-3 主閘的操作方式和操作系統	149
§8-4 主閘的水頭損失計算	154
第九章 機組飛逸的預防	156
§9-1 機組飛逸所引起的現象、危害性及其原因分析	156
§9-2 防止機組飛逸的方法	158
§9-3 各種預防措施的分析	159
第十章 水電廠的水力監測設備	162
§10-1 概述	162
§10-2 上下游水位及水頭測量	163
§10-3 對機組輸水系統的監測	177
§10-4 水輪機流量測量	179
§10-5 水電廠水力測量設備的設計有關問題	189
第十一章 水電廠主廠房內機組輔助設備的布置	194
§11-1 布置原則	194
§11-2 布置方案	195
第十二章 輔助設備總論	204
§12-1 各種設備間運行參數的配合	205
§12-2 各種設備間操作程序的配合	205
§12-3 各種設備間的空間位置配合	206
§12-4 輔助設備的同一性	207
§12-5 輔助設備的總成	207
§12-6 結束語	210
附錄：教材使用說明	210
參考書目	212

第一章 緒 論

“水力发电厂水力机組輔助設備”是这样的一門課程，即从“保證水电厂水力机組安全經濟运行，保證机組出力，保證机組生产电能质量优良”的观点来研究有关輔助設備运行和設計的基础知識的一門課程。

水力发电厂是将水能轉化为电能的一种工厂。水力机組是水电厂中的主体設備，包括水輪机和发电机，其中水輪机将水能轉化为机械能，而发电机则将机械能轉化为电能。但是仅有主体設備，水电厂仍然是不能運轉的，还需要机組輔助設備和全厂共用設備(以下簡称为輔助設備)，包括調速調压設備、油供应維護設備、技术供水設備、排水設備、壓縮空气設備、主閘、机組飞逸預防設備、消防設備、水电厂和机組运行情况監測設備、起重設備，及机修設備(車、刨、钻床等)。这些輔助設備，既直接为机組主体設備服务，也为水电厂其他設備服务。簡要地說，机組需要控制，即机組要启动，并入系統、带負荷、保持轉速稳定，以保證电能质量、改作調相机运行、停車等，因此需要調速設備；机組一旦运行，轉动部分需要潤滑，因而需要透平油供应維護設備；机組运行时产生热量，需要发散，以保證出力，則需要技术供水設備；机組停車时需要制动，改作調相运行时須将水从水渦輪室內压出，因此需要壓縮空气設備；为了保證机組运行、停車、檢修时安全，减少停車时导水翼漏水损失，就需要主閘；为了防止火災就需要消防設備；此外水电厂其他設備如变压器需要絕緣油供应維護設備，电气設備操作、拦污柵吹扫、防冰等需要壓縮空气設備，为了保證厂房干燥需要排水設備。由此可见，輔助設備虽不直接生产电能，但对保證水电厂、水力机組安全經濟运行、保證机組出力、保證机組生产电能质量优良等方面起着决定性的作用。当水电厂缺乏必要的輔助設備或虽有輔助設備但其設計、施工和运行质量不良，不仅直接影响水电厂和机組运行，且間接影响整个电力系统电能质量、系統運轉时的可靠性及經濟性。水电厂的容量愈大，所投入的系統愈大，則輔助設備的作用愈重要。由于我国自然条件决定了水力发电厂，在我国电力系統中将占相当重要的地位，而确保电力系统安全經濟运行对国民經济又具有重大意义。因此，研究輔助設備对水力机組、水电厂及电力系统的影响，探討如何使其發揮最大作用，对于我国水电事业和社会主义建設來說是一件有积极意义的工作。

在解放前，我国几乎没有开展过有关水电厂輔助設備的技术工作。解放后，由于国民經济发展的需要，在苏联的援助下，我国才开辟了这块新园地。自苏联帮助我国改建扩建解放前遺留下来的一些殘破水电厂开始，我国才有了一支全新的、但人数很少的輔助設備安装、运行的队伍，以后通过一批水电厂的設計、施工和投入运行，技术队伍也由小到大而逐渐遍布全国。水电厂輔助設備的設計、制造、安装、調整試驗，直到运行和维护檢修等全面地成长起来，基本上形成了体系，按苏联的规范进行全套工作。1958年我国开始大跃进，机組方面出現了一些重大改革，迫切要求創造新的輔助設備及时配合；另方面由于在水电厂运行方面也积累了一定的实践經驗，逐渐認識到我国輔助設備技术工作中的特点，例如我国許多河流的水质不适宜作导軸承潤滑之用等等。因此，从

1958年起，我国輔助設備技術工作进入了第二阶段，即从模仿为主的阶段轉入創立适合我国需要的輔助設備的阶段。

为了满足水电建設事業的需要，自1956年起，我国有关高等工业学校开始开出“水力发电厂水力机組輔助設備”这门課程。几年来課程設置的目的和内容也随着生产发展而变化，当前生产所处的阶段，要求学生經過学习后不仅能按照現有规范进行工作，还要能根据中国实际情况，解决有关輔助設備工程技術問題，因此在教学安排上，不仅使学生受到专业訓練，还要保證得到較广闊的基础訓練。根据这样的要求，規定了本課程設置目的是：

(一)帮助学生获得有关輔助設備的完整概念，其中包括：1.認識水电厂中所有各种輔助設備的类型、組成及其作用。2.認識在輔助設備範圍內，各种設備間的关系，它們各具特点自成系統，又合成一个整体。3.認識輔助設備与水电厂其他設備之間的关系，主要是与主体設備間的关系，与水电厂自动化回路間的关系，与水电厂水工建築物間的关系等，通过这些关系看到輔助設備是水电厂內将水能轉化为电能生产过程中的一个有机組成部分，以后在工作中，能从整体出发来处理局部問題，并善于配合有关方面进行工作。

(二)帮助学生初步掌握有关輔助設備运行和选择設計的基本观点、基础理論，实际生产知識和工作步驟方法等基础知識。

(三)启发学生努力在輔助設備的具体业务工作中貫徹党的方針政策，不断提高思想水平，注意工作方法，使之具有一定的独立工作能力和扩大加深有关輔助設備方面的知識技能的能力。

課程設置的目的决定了課程内容。本书内容包括：緒論、自动裝置簡論、油供应維護設備、壓縮空气設備、技術給水設備、排水設備、消防設備、主閘、机組飞逸的預防、水电厂的水力監測設備、水电厂主厂房內輔助設備的布置、輔助設備總論共十二章（調速、調压設備因内容較多，另作“水輪机調节”一冊出版，起重設備和机修設備分別划入机械零件和金属工艺学課程內）。整个課程的总体布署是从整体到局部，又从局部返回整体，力求忠实全面地将輔助設備客观实际反映出来。現将各章内容和編写目的簡要說明如下：

在自动裝置簡論一章中，介紹自动技术和远动技术系統的入門概念，以及輔助設備自动化所必需的共同知識，包括：在輔助設備中經常应用的几种自动技术系統、基本元件和自动裝置的組成等初步知識。目的是为以后各章的学习預作准备；并使學生遇到簡單的自动化問題時，能自行試探解决；对較复杂的自动化問題，也能与自动化、电气設備制造等方面的工程技術人員緊密配合，协助他們共同解决。

在油供应維護設備一章中，根据机組及变压器等設備运行所提出的技術經濟要求，研究油的性質对运行的影响，探討油劣化原因、防止方法及劣化后的处理，所需設備及其运行、設計問題。

在壓縮空气設備一章中，研究如何有效地利用壓縮空气进行机組制動、調相、防冻、吹扫等問題，探討壓縮空气的生产、輸送及其節約，所需設備及运行、設計問題。

在技術給水設備一章中，研究最經濟可靠地滿足用水設備所需的水量、水压、水质、水温及操作上的要求等問題，探討所需設備及其运行、設計問題。

在排水設備一章中，研究最适当的排水方式，如何在一定時間內排除機組內積水以便檢修，如何避免厂房潮濕，并探討所需設備及其運行、設計問題。

在消防設備一章中，研究有關消防的法規，機組消防方式及其選擇，消防設備的設計及使用問題。

在主閘一章中，研究主閘類型、特點及其操作系統、主閘的選擇，以及探討主閘是否可以省去的有關問題。

在機組飛逸預防一章中，研究其產生原因，引起的不良後果；從而探討對策，分析比較各種預防措施的優缺點及其應用場合。

在水电厂水力監測設備一章中，說明監測設備是為水电厂安全經濟運行收集原始資料的一種重要設備，并研究這些設備的工作原理、選擇和布置等問題。

在厂房布置一章中，探討各種設備在主厂房內最合理布置的問題。

在輔助設備總論一章中，主要是研究有關各種輔助設備間設計、運行施工時的關聯性及共同性問題。各種輔助設備一方面雖獨立自成系統；但另一方面圍繞在為水电厂和水利機組服務的中心下，又構成一個整體，成為水电厂將水能轉化為電能的生產過程中不可缺少的一環，各種輔助設備的設計、安裝、運行工作存在着一定的關聯性及其共同性，因此在處理輔助設備問題時，既要作局部深入的考慮，又要作整體全面的考慮，在以上各章中介紹了各種輔助設備各自特有的問題，而其間關聯共同問題都放在本章中探討，使學生在最後對輔助設備得到一個完整的概念，以便在工作中能全面處理問題。

通過以上內容，希望學生能獲得一定的獨立工作能力和擴大加深知識的能力，其中要特別一提有關獨立工作能力的問題。

我們試將輔助設備的設計、安裝、運行工作加以分析，不難看出這些工作的本質，實際是在輔助設備的工程技術問題上，主觀要求與客觀條件間存在矛盾，或者說是需要與可能間存在距離，需要工程技術人員進行調查研究，從實際情況出發，根據政策，運用理論、實際生產經驗及羣眾智慧來尋覓措施，使能在客觀存在的條件下，發揮其有利方面，避免其不利方面，以滿足主觀提出的要求。試以給水設備的設計為例，機組對給水設備在技術上經濟上提出一系列的要求，例如要保證一定的水量、水壓、水溫、水質、操作自動化等，而水电厂所在地區的自然條件（河流及水庫的水質、水溫情況），等客觀條件不能滿足主觀要求，形成矛盾，需要工程技術人員全面考慮，尋覓措施以解決矛盾，如採用水處理措施或選用地下水來解決水質不良問題，採用降溫措施來解決夏季水溫過高問題，採用升壓措施來解決水壓不足問題，從而設計出一個對當時當地來說是最適當的給水技術方案，來滿足主觀上提出的技術經濟要求。設計工作的本質是如此，安裝及運行工作的本質亦如此。由此可見，在正確的思想指導下，依靠羣眾，從實際出發，根據政策，運用理論及實際生產經驗來解決工程問題的能力，是每個工程技術人員應具備的能力。有了此項能力，對一般日常工作可以勝任之外，即使遇到以前尚未接觸過的新問題，也能設法加以解決。因此本課程除了介紹具體技術知識而外，還嘗試幫助學生培養獨立工作能力，在本書中組織材料時，都依上述精神處理。一般是对每一問題一方面研究分析其主觀要求，及其客觀條件，尋覓其矛盾；另一方面提供解決矛盾所必需的理論、實際生產知識及基本觀點；最後再研究矛盾統一的辦法，使學生反復遇到而逐漸熟悉它，能運用它。

第二章 自动装置簡論

为了根本改变水电厂工作的运转指标，更有效地利用水力资源，增快设备操作速度，提高供电质量及可靠性，减少运转人员，降低发电成本，压缩基建投资，满足动力系统运行要求，水力发电厂日益向自动化方面发展。作为水电厂组成部分之一的辅助设备，也必须使之自动化，才能实现水电厂全厂自动化的目标。目前，辅助设备自动化已达到相当高的水平，设备的结构和自动装置有机地结合成为一体，很难分开；因此在水电厂水力机械运转岗位上实际需要解决的问题，大部分是自动装置的运行维修问题；在辅助设备设计工作岗位上，也不断地要设计自动装置；因此从事辅助设备的工作人员（设计、制造、安装、运行、维护岗位上）必须知道有关自动装置元件，自动技术系统的基本知识。对于一些较简单的自动化装置的设计、安装、运行、调整、试验、维护、检修工作，应自行设法解决；至于较复杂的自动装置的问题，需要和自动化、电气、设备制造各方面的工程技术人员密切配合，才能获得解决。而这类问题正日益增多，因为水力发电机组、水电厂厂房型式、水力发电生产过程正在迅速地改造，迫切需要新的辅助设备和相应的自动装置及时配合，否则将不能满足形势要求。

在辅助设备中，不论是那一种设备，所涉及的自动化问题不外乎是自动监测、自动讯号、自动保护、自动控制 and 自动调节等方面的問題，其基础知识是相同的。所以在未开始研究辅助设备本身问题以前，应先行学习这方面的一般知识，以便在以后各章中接触到自动化问题时，可以直接使用。

§2-1 辅助设备自动系统及远动系统的类型

自动技术和远动技术是研究用自动装置代替人们体力劳动和部分较简单脑力劳动以控制生产过程的一门科学技术。

自动技术包括自动监测、自动讯号、自动保护、自动控制和自动调节技术。

远动技术包括远距离监测、远距离讯号、远距离控制、远距离调节等技术。

为了说明这些自动和远动系统的类型、结构和在辅助设备中的应用，首先从水电厂集水井液面控制谈起。

水电厂厂房内所有工业排水、厂房渗漏水等，一般是先使之汇集在厂房最低处的集水井内，然后用电动机带动水泵将水排到厂房以外。当集水井水满将要溢出井外时，也就是水面升高到一定高度时，就将泵开动排水；当集水井中水将排尽，也就是水面降低到一定高度时，水泵就应停止运行。这一项工作可以由水电厂值班人员直接操作，也可以用自动装置来代人工作。用人工操作时，值班人员的工作是：1) 观察任一瞬间集水井内水面的高度；2) 将观察所得的数值与预先规定水面不得超过的最高最低限度作比较；3) 经过比较发觉水面高了，就开动水泵排水；水面低了，就停止水泵运行。这样集水井内水面始终被限制在一定范围内，完成了排水工作应有的技术和经济要求。其中，集水井称为“调节对象”，水面称为“被调节参数”，预先规定水面的最高最低限度称为“参数”，排出的水量称为“调节值”。以上的工作可以利用自动装置来进行自动操作。所谓

自动装置，就是按人工调节所需进行工作的内容，配备了所谓量测元件、计算决策元件（或称为控制元件）、执行元件等基本元件，组成自动调节装置，便可以代替人工进行自动操作。

仍以集水井液面控制为例。图 2-1 在液面安装一个浮筒、联上绳子、滑轮、重锤和指针，便构成所谓量测元件，浮筒能感觉并反映出液面高低的变化，通过绳索、滑轮将此变化传送到指针，就完成了对水面（被调节参数）的监测，并将水面变化的情况以适当的形式传送出来。所以量测元件一般包含敏感部分（如浮筒）和发送器（如绳索）两部分。

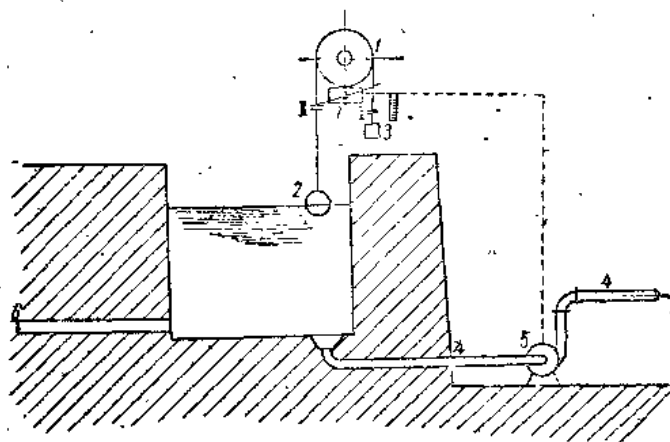


图 2-1 集水井液面自动调节示意图

1—滑轮；2—浮筒；3—指针；4—绳索；5—电动机和水泵；6—进水管；7—开关。

当水面上涨，浮筒上升到一定高度，指针Ⅱ将开关左臂抬起，就启动了电动机带动水泵排水。

当水面下降，浮筒也下落，指针Ⅰ上升到一定高度，接触到开关的右臂并将之抬起，电动机和泵就停止运行。从图上可以看到，调整指针Ⅰ和Ⅱ在绳索上的位置可以任意调整液面变化到所需要的高度时开动或停止水泵。指针Ⅰ和Ⅱ在绳索上的位置形成所谓“参据”，因为它规定了液面最高和最低的限度。而指针Ⅰ和Ⅱ（能反映出任何时间水面高度的零件）加上固定在一定位置的开关，就合成所谓计算决策元件，它能将被调节参数瞬间值与参据进行比较，计算出其偏差的方向和大小，据以作出决策并发布操作命令（推动开关）。

电动机和水泵由于开关将电流接通或切断而启动或停車，称为执行元件。它们正确地按照计算决策元件发出的操作命令完成排水任务。

上述不需要人直接参与的，用来维持调节对象中被调节参数在预定范围内的闭合动态系统，称为自动调节系统，其原理图（又称方框图），如图 2-2。

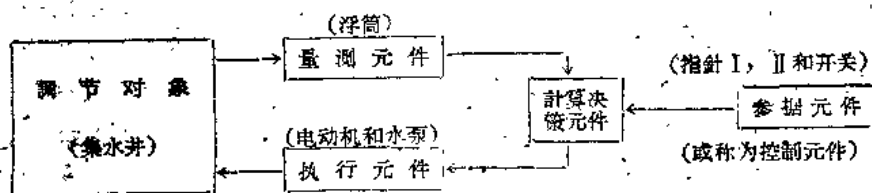


图 2-2 自动调节系统原理图

自动调节系统是个闭合的作用环路，调节对象由于受到外扰(例如井内来了许多水，水面上升)对量测元件发生影响，量测元件就对计算决策元件发生作用，而计算决策元件就指挥执行元件去改变调节对象的状态。调节对象状态改变了重新作用于量测元件，周而复始，循环不绝，直至平衡。

在自动调节系统中，可以看到闭合的作用环路实际上由两个基本部分组成，第一部分(调节对象→量测元件→)担任监测被调节参数，并将其变化传递出来的职能，称为自动监测系统。第二部分(控制元件→执行元件→调节对象)担任控制被调节参数的职能，称为自动控制系统。

自动监测系统实际是一种指示器或记录仪器，被调节参数经量测元件感觉并发送出来，在复现元件(例如上例中的指针和标尺)中指示或被记录下来，使值班人员根据它的读数进行操作，保持生产应有的状态，其原理如图 2-3。



图 2-3 自动监测系统原理图

如果复现元件不是一种表计，而当被调节参数发生不能容许的变化即到达极限值时，复现元件能发出光亮(如指示灯)、音响(如电铃或蜂鸣器)，或其他信号(如掉牌)以引起值班人员的注意，则此种自动系统称为自动讯号系统。

自动控制系统中没有监测该过程的作用，控制元件遵照预先安排好的程序使执行元件对设备进行操作，例如旋转一个凸轮使其从动件按特定的运动规律来操作设备，其原理图如图 2-4。

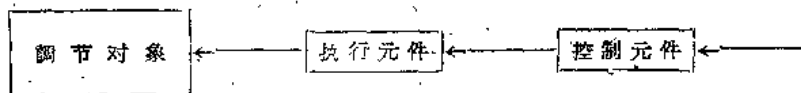


图 2-4 自动控制系统原理图

自动保护系统是介乎自动控制系统与自动调节系统之间的一种派生型式，它由调节对象、监视元件、控制元件和执行元件组成，其原理图如图 2-5。

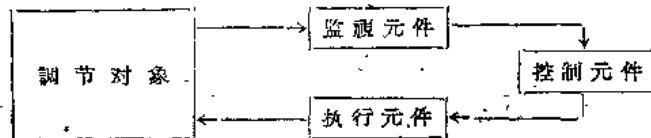


图 2-5 自动保护系统原理图

当监视元件发现运行不正常情况，被调节参数超过极限值时，就通过控制元件将调节对象的工作全部停止或局部停止，以保证设备的安全。这种系统当运行正常时，监视元件不断量测运行情况，这和自动控制系统不同；一旦设备运行不正常，系统即投入动作将调节对象工作停止，随之整个系统作用也停止。它不是一个闭合的、相互影响循环不绝的系统，这又与自动调节系统不同。

属于自动化一类的还有自动运算系统，这类装置叫做自动计算机，它们不需要人直接参与，能够进行加、乘、微分、积分等运算。

上面我們所研究的各种自动技术系统是当调节对象、量测元件、控制元件、执行元件的空间位置距离较近（在几十至几百米以内）的情况而言的。若它们之间距离很远（超过几十或几百公里），必须附加所谓讯号发送器，讯路、讯号接受器等一套设备。将被调节参数转换成容易在讯路中远距离传递的某种物理量（如电脉冲、无线电讯号等），接受器用来把从讯路中得来的量转换成容易作用于执行元件或复现元件上的量。

图 2-6, a 表示远距离调节系统。与前述自动调节系统不同之处是增加了两套远距离发讯和接受讯号的装置。

图 2-6, b 表示远距离监测系统或远距离讯号系统。

图 2-6, c 表示远距离控制系统。

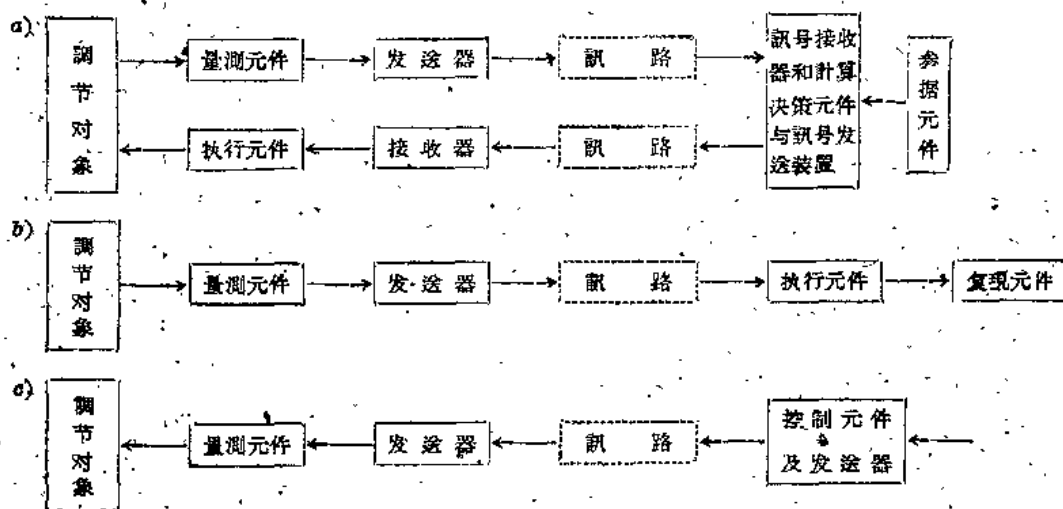


图 2-6 远距离监测调节和控制系统原理图

以上三种系统即远动技术系统。

综合自动技术和远动技术两大系统，按照生产过程的需要，把监测、调节、控制、保护、计算等各局部自动化、远距离化联合起来，使预定的复杂的生产过程在没有人直接参与下正确地进行，称为综合自动化。对生产起着特别重大的作用。

在水电厂水力机组辅助设备中，经常采用自动监测、自动讯号、自动保护、自动控制 and 自动调节等分别解决各种不同设备，不同自动化问题。至于远距离技术则很少采用，以后在水电厂的水力监测设备一章中将再提到。本章主要是介绍自动技术有关知识。

§2-2 自动化元件

自动装置是由各个相互联系着的元件所组成的。要研究自动装置，必须先研究自动化元件。在本节中将介绍三种基本元件。

一、量测元件和控制元件

量测元件多半由一次发讯器（即前面提到的敏感部分和发送器）及二次发讯器两部分所组成。一次发讯器用来感觉设备运行过程中所需监测的物理量和化学量，将之转变为

机械位移或其它便于传递的量并输送出来。二次发讯器用来将一次发讯器输出的非电量变换成电学量，并将之输送出来。如果不采用电测方法或在一次发讯器中就已直接变换成电量，则量测元件可以没有二次发讯器部分。

当辅助设备所需监测的量，计有：压力、液体的流动、液面、温度、速度、设备的工作位置等。

1. 压力的量测 在辅助设备中，需要经常监测其中的油压、气压和水压。压力一次发讯器的工作方式都是将流体压力转变为机械位移，常用型式计有如下三种：

(1) 弹簧管式（或布尔顿管型）压力计 弹簧管式压力表是一根中空椭圆截面的弯成圆形的小金属管，将被监测的流体引入管内，由于管的内外侧面积不相等，在流体的压力差作用下使管张伸，管子的自由端遂依曲线形的轨迹移动，通过联杆7带动指针3将压力指示出来。

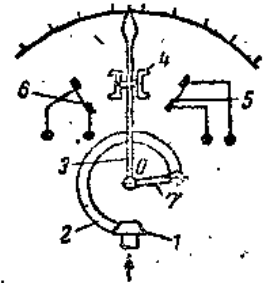


图 2-7 弹簧管型压力发讯器

1-接头；2-管子；3-指针；4-可动接点桥；5和6-固定接点。

在指针两旁装上一对或两对接点，当指针碰到接点使接点所控制的电路电流接通，则此时的压力值便变为电气讯号传递了出去，这就是二次发讯器。调节接点位置到所规定的最低和最高压力值，就能把压力极限值变为电气讯号传递出去，使元件具有控制元件的作用。这种元件很简单，一般用以监测气压或水压。在水电厂中此种元件的应用范围为 $1 \sim 45$ 公斤/厘米²，由于弹簧管的体积较大，及自由端的移程不够大的缘故，使它不能具有较高的灵敏度。

(2) 薄膜型 用以量测压力变化的零件是很简单的一片皱纹板或是较复杂的伸缩箱。

单片皱纹板的压力一次发讯器如图 2-8。

两个法兰盘之间的中空处安装有被造成波浪形皱纹的薄金属片或其它材料的薄片，如橡胶等，作用在薄片下方的是所测量流体的压力，而上方

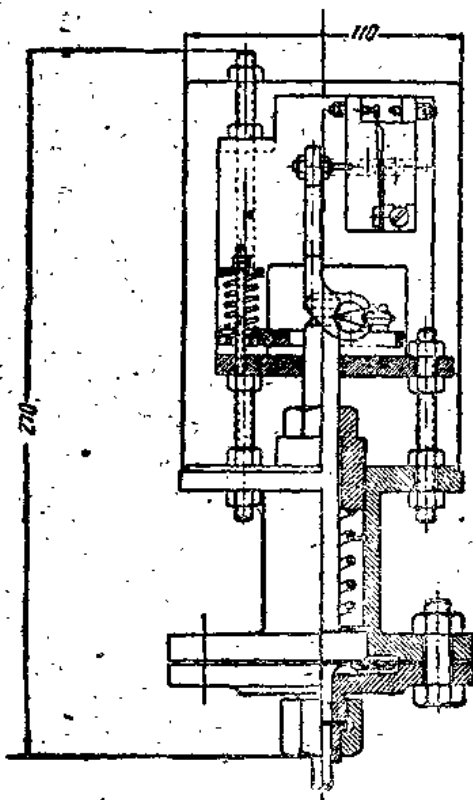


图 2-8 薄膜型压力发讯器。

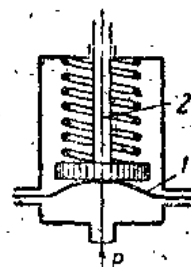


图 2-9 伸缩箱式压力发讯器

則是彈簧力。當所測壓力變動，薄片亦發生位移，通過薄片中心上的聯杆將壓力變化情況傳遞出去。

伸縮箱的壓力一次發訊器如圖 2-9，是用兩塊薄片聯結起來在其間形成了密閉的空腔，此空腔用小管與被監測的流体相聯，當壓力變動，小室體積也隨之膨脹或收縮，通過其上的聯杆將其位移表示出來。

這種元件用以監測氣壓，現有產品的應用範圍在 2~10 大氣壓間，靈敏度很好。

當在中心聯杆頂端裝上電氣接點，就使這元件具有二次發訊器，也可以當作控制元件用。

(3) 活塞型 圖 2-10, a 這種類型的元件以活塞為敏感部分，活塞一側承受所監測流体壓力，而另一側承受彈簧或其它壓力。一般用來監測油壓，也可以裝上電氣接點，如圖 2-10, b，採用水銀接點，當活塞受液壓動作，杠杆傾斜，水銀管中兩接點連通起來，發出訊號。應用範圍約在 20 大氣壓左右。

這種元件同樣可以兼有控制元件作用。

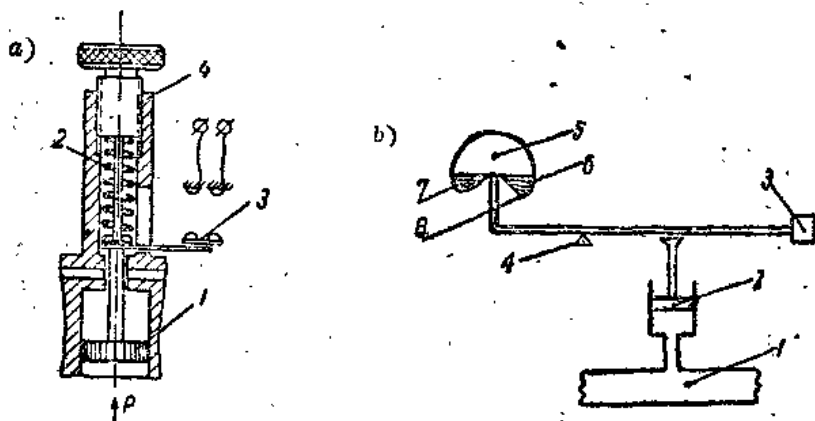


圖 2-10 活塞型壓力發訊器

1—有壓介質；2—活塞；3—重物；4—支座；5—玻璃包；6—水銀；7、8—接點。

(4) 機械浮標式差壓儀 (Ⅱ型) 圖 2-11 為這種裝置的原理示意圖；在它的高壓腔內安有浮子，浮子與儀器的指示或記錄機構的杠杆系統相連，當備有電氣發訊器時，可用作遠距離測量，常用於水力測量之中。

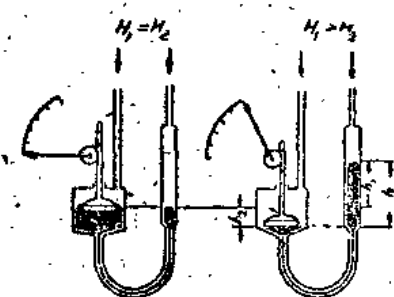


圖 2-11 機械浮標式差壓儀原理示意圖

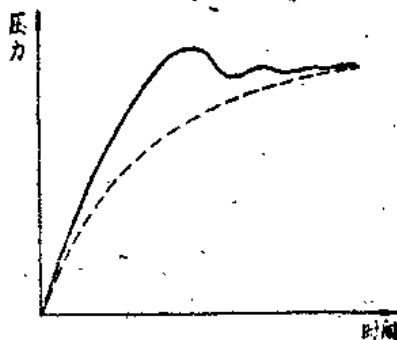


圖 2-12 壓力反映過程曲綫圖

其量程与两容器的断面面积差的大小有关，断面差愈大，则量程也愈大。

由测量点经过管子到反应元件的压力传递非常快，事实上是突然的，上述各种反应元件都具有很高反映速度。当压力突然变化时，由于元件可动部分质量惰性的影响，使元件可能发生振荡，图2-12为了避免这种现象，可以在元件前装置一个振荡吸收装置，例如装置一个不完全关闭的针状阀，就可以控制压力反映过程。

2. 温度的量测 机组导轴承、推力轴承的摩擦表面，发电机线圈等处的温度升高超过一定限度时将造成烧毁设备的事故，所以温度必须严加监视。按一次发讯器的工作原理分为以下几种：

(1) 胀压式(图2-13) 其敏感部分为感温包，感温包是一个密闭圆筒，内有液体或液体的饱和蒸气(例如水银)，感温包被放置在须监测温度之处，例如放在轴承的轴瓦中，液体或液体的饱和蒸气在一定温度下具有一定压力，当温度上升时，充满在感温包中的液体或液体饱和蒸气产生压力，这个压力用一根毛细管传出，送到中空螺旋弹簧管内，使弹簧管随压力变化而伸缩，并带动温度表计指针转动。这是一种将温度转变为流体的压力的一次发讯器，测温范围为 $70 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 。它的毛细管不能过长，超过16米就会引起很大误差。它不耐震动，有的曾在自同期时被震坏。其优点是较便宜。螺旋弹簧管对其周围温度反应很灵敏，当轴瓦的温度不一定起很大的变化，而管的周围温度变化时，弹簧管也自行伸缩，会发出不真实的指示。由于感温包较重，吸热较多，故在反应时间上有一定的延迟。此外毛细管及弹簧管漏气也会引起错误动作。

在它的指针及表计盘面上，可以象图2-7那样，加装上一或二对接点，使之具有控制元件的功用。

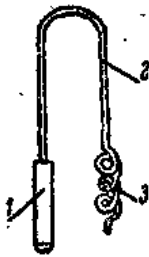


图 2-13 胀压式温度计

1—测温管；2—毛细管；3—中空弹簧。

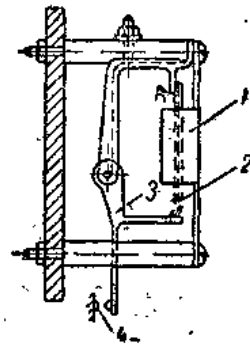


图 2-14 双金属片式温度发讯器

(2) 双金属片式 图2-14将两种温度膨胀系数不同的金属片支撑在支架上，当被测量的流体温度变化时，双金属片变形，长度也发生变化，通过杠杆将变形所引起的机械位移传递出来，这是一种将温度转变为机械位移的一次发讯器。金属片的自由端带动接点的接点桥成为二次发讯器。

(3) 电阻测温计 利用热电阻使温度变为电量的量测仪器称为电阻测温计，可以测量 500°C 以下的温度，通常用来监测发电机线圈的发热。

热电阻必须用具有大的电阻温度系数的材料制成，最常用的是铂和铜。

发电机线圈温度决定铂的温度，而铂的电阻在 $0 \sim 660^{\circ}\text{C}$ 范围内与温度的关系：

$$r_t = r_0(1 + \alpha_n t + \beta_n t^2).$$

式中 t ——被测温度；

r_0 —— 0°C 时的电阻；

r_t —— $t^{\circ}\text{C}$ 时的电阻；

α_n —— $=3.94 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ ，系数；

β_n —— $=-5.8 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ，系数。

将铂的电阻量测出来，就可以知道线圈的温度。

(4) 热电偶温度计 热电偶温度计以热电偶为一次发讯器，与磁电式仪表相联而成，如图2-15。

热电偶工作端加热时，产生热电势，它的值决定于热电偶工作端与自由端的温度差。如果自由端的温度维持不变，热电势就只与工作端的温度有关。热电势使测量仪表的电路内产生电流，因而使测量仪表的可动部分发生偏转，仪表盘上按温度值来刻度，根据指针指示可以决定热电偶的工作端温度。热电偶所用材料有：铜——铜镍合金(600°C 以下)；铁——铜镍合金(800°C 以下)；镍铬合金——镍铬锰合金(1300°C 以下)。将热电偶装在黄铜、铜等制成保护管中，安装在发电机线圈内，可以监测线圈发热。

3. 液面一次发讯器 水电厂上下游水位、集水井水面、机组轴承油面通常用浮子来监视。浮子是用薄金属片做成圆球状或圆柱形的空筒，浮在液面上随液面升降，利用悬索或连杆将液面的变化以机械位移的形式传送出来。

液面一次发讯器通常分为两类，第一种用以监视液面变化范围较大的设备，如集水井水面和上下游水位；第二种用以监视液面变化范围较小的设备，如机组轴承油槽。

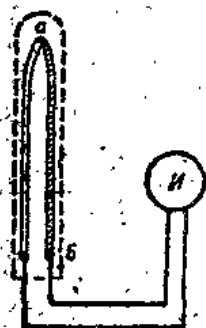


图 2-15 热电偶高温计略图

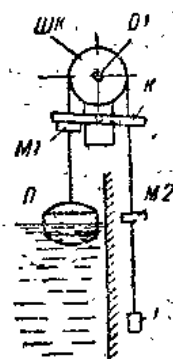


图 2-16 液面一次发讯器

图2-16所示是第一种液面一次发讯器，它由三部分所组成：切换开关 K 、浮子 II 和平衡锤 Γ 。后两者彼此间以链条绕过滑轮相联接。将液面变化情况传送出来。

第二种液面一次发讯器的浮子可以直接放在油槽内，也可以从油槽中接出一个连通管，而将浮子放在连通管液面上。图2-17所示是连通管中浮子装置，便于从外面直接观察。

4. 示流一次发讯器 机组冷却用水及润滑用水在运行中是不能间断的，其水流情况必须加以监视。