

水力發電站建築物的 自動裝置

苏联С.П.克拉西夫斯基著

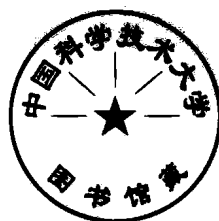


電力工業出版社

水力發電站建築物的 自動裝置

苏联 С.П. 克拉西夫斯基著

傅 敬 熙譯



電力工業出版社

內 容 提 要

本書綜合了大中型水电站建筑物的自动裝置的运行經驗和論証了广泛采用按流量自动控制閘門，自动調节功率及其他自动裝置的合理性。書中說明了自动化水电站的主要类型及每一类型的自动化程度和自动化水电站在技术結構上的优点。

本書可供从事自动化水电站的运行和設計的工程技術人員之用，同时也可供水力發電專業的学生在研究水电站自动化的課程时参考。

С. П. КРАСИВСКИЙ

АВТОМАТИКА НА СООРУЖЕНИЯХ
ГИДРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1954

水力發電站建筑物的自动裝置

根据苏联国立动力出版社1954年莫斯科版翻譯

傅 敬 熙 譯

*

540\$80

電力工業出版社出版(北京市右街26號)

北京市書刊出版營業許可証出字第082號

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 5 $\frac{1}{2}$ 印張 * 118千字 * 定价(第10类)0.85元

1957年4月北京第1版

1957年4月北京第1次印刷(0001—3,800册)

序 言

在水电站自动化方面到现在为止主要仍只注意于水轮机組及与其运行直接有关的附屬設備上。在現在的技术文献中，例如在 1949 年国立动力出版社出版的 B.Φ. 巴拉基烈夫的“水电站自动化”一書中，自动化水电站的分类还只按控制主机組的方法来进行分类的，而对于水工建筑物及其附屬設備方面則几乎完全沒有談到，即使在該書第三章內也只稍微談了一点閘門自动化的問題，而这又是与电站自动化程度無关的。其实后者是非常复杂的建筑物、机器及机械裝置的合成物，要想有效地解决其全部自动化的問題而沒有整个水工建筑樞紐的全盤自动化是不可能的。

在自动化的范疇內尚有很多不能解決的問題。对于具有复杂的及距离厂房相当远的各种各样水工建筑物的堤坝式或引水道式水电站而言，尚不能制訂出控制閘門的方法。

不能解決的問題有：在自动化的水电站上遇有需要多少能准确地維持上游水位的情况下应采用何种閘門，在这些水电站的水工建筑物上，和在能遙控的电站上控制閘門一样，应采用何种控制信号裝置及仪表。

目前尚無公認的選擇閘門的方法：对于各种具体的建筑物而言，解决選擇閘門型式的問題往往决定于設計人員的經驗和能力，以及設計人員本人的見解和該設計機構的一貫傳統。

在現有运行中的、可以改变为自动控制的水电站上，需要徹底改造閘門的卷揚設備，甚至有时还需改变閘門本身。

設計人員常常不得不使自动裝置来适合開門，在实行水电站的自动控制时这样作未必是最好的。

在水工建筑物上早已熟悉采用浮冰信号器，攔污栅跌水值的信号器和测量水位的裝置。采用按流量調节功率則还是开始。

还有，例如在水压鋼管及其他水管破裂时，要采用新的保护裝置的建議也未能实现。

應該制造并广泛地采用类似的裝置和仪器，因为它们們在自动控制及調节水运行条件方面具有重大的意义。

有关这些問題的著作是很少的。在“水电站的自动化及遙控”的論文集(国立动力出版社，1950年)和上面提到过的B.Ф.巴拉基烈夫的書中只說明了一些个別的問題。在克拉西夫斯基，沙拉特热夫及斯比臣所合著的“水电站的自动化”(国立动力出版社，1940年)一書則內容很多已經是过时了的，但該書第二章有些自动控制開門的結綫圖直到現在仍未失去其重要性。

作者利用了这些資料，綜合了現有的实际經驗，以及設計和著作中有关水工建筑物自动化問題的材料，并根据以上材料加以分析批判提出了一些建議。

由于水工建筑物的自动化問題不能脱离整个水电站的自动化来討論，作者用不多的篇幅說明了自动化水电站的主要类型及每一类型的自动化程度和自动化水电站在技术經濟上的优点，而且还談到了这些水电站的运行和管理機構的問題。

单独有一章是介紹苏联制造厂生产的現代化水輪机組的一些典型的自动化結綫圖，这些結綫圖主要是以成套供应的自动裝置为依据的。

作者

目 录

序言

第 一 章

水电站自动化的一般問題

1. 生产过程自动化的本質和意义5
2. 自动化水电站的类型(一般的特点)8
3. 当地遥控的自动化水电站.....10
4. 远距离控制的自动化水电站.....12
5. 全部自动化的水电站.....13
6. 自动化水电站的运行及管理機構.....14
7. 自动化水电站在技术經濟上的优点.....22

第 二 章

水工建筑物閘門的自动化

8. 閘門概述及对閘門的要求.....23
9. 平板閘門(閘板).....27
10. 自动水力操作的閘門.....28
 - (1) 扇形及鼓形閘門29
 - (2) 屋頂形閘門(双門扉式活瓣閘門)37
11. 弧形閘門.....42
12. 單門扉式活瓣閘門.....45

13. 圓錐閘門.....	49
14. 洩孔式(底洩)閘門.....	50
15. 虹吸.....	52
16. 閘門的起重設備.....	55
17. 自动及远方控制閘門的方法和結綫圖.....	63
(1) 堤坝及进水建筑物	63
(2) 压力前池及輸水管	68

第 三 章

水工建筑物的自动控制

18. 远方遙測水位及閘門的位置.....	77
19. 攔污栅被堵塞的自动監視	107
20. 出現浮冰的信号裝置	111
21. 压力水管破裂时的自动保护裝置	120

第 四 章

按水流量自动調节水电站的功率。自动操作器

22. 按水流調节功率	131
23. 自动操作器	137

第 五 章

水輪机組自动化的标准結綫

24. 水力机械系統	160
25. 电气結綫	166
結束語	186

第一章 水电站自动化的一般問題

1. 生产过程自动化的本質和意义

按照列宁的公式“共产主义是苏維埃政权加全国电气化”，我們的党过去和現在始終是給予發展苏維埃的动力工業以最大的关怀。

党的第十九次代表大会規定在發展苏联国民經济的第五个五年計劃中要大規模地向前發展我国的电气化。代表大会作出决定，要在这五年內增加电站总容量約一倍，而其中水电站的总容量要增加二倍，發電量提高80%。計劃投入运行的大型水电站計有：古比雪夫水电站210万瓩，以及卡馬，戈爾科夫，敏格查烏尔，石山口等水电站总容量191.6万瓩；扩大斯大林格勒及卡霍夫水电站的建設工程；开始建設的新的大型水电站有：伏尔加河的契波克薩尔水电站，卡馬河的伏特金水电站，依尔蒂士河的布赫塔爾敏水电站及其他許多水电站；开始进行利用安加拉河水力資源的工作；要在發電站內实现广泛地采用生产过程自动化；要使全部地区水电站实现自动化，以及在动力系統中着手运用远方控制。

石山口及敏格查烏尔水电站已經建成并为国民經济的需要生产电能。

正如И. В. 斯大林所指示的，社会主义基本經济法則的主要特点和要求是：“用在高度技术基础上使社会主义生产不断增長和不断完善的办法，来保証最大限度地滿足

整个社会經常增長的物質和文化的需要”。

在国民經济各部門要坚定不移地采用新的，先进的技术，有系統地提高生产技术水平，發展生产可为共产主义社会創造物質基础方面發揮主要和决定性的作用。

由于国民經济的全面發展和技术的进步，由于利用我們的工業而胜利地掌握了大多数的自动机器、工作母机和仪器，以及由于加紧發展电力的結果，才有可能在国民經济中广泛地采用自动裝置。

苏联的动力工作者胜利地执行着党的第十九次代表大会关于第五个五年計劃內完成地区水电站全部自动化的決議。

到 1952 年底，电站部系統已經完成了改变全部运行中的水电站机組为自动控制的工作，以及改变为远方操作的水电站已佔水电站总容量 50% 以上。

到 1954 年，此百分数还会增加更多。

所有新設計和新建設的地区水电站則全是自动化的。

正在建設中的伏尔加河及德聶泊河的大型水电站的控制設備，極大部分是設計为自动化及远方控制的。为了完成此項工作，苏联的很多科学工作者，工程师及工人們在进行工作，研究并創造了新的自动裝置及遙控裝置的結綫和仪器。

生产过程自动化所規定的任务不只是簡單的人的“解放”，減輕人的負担，而是在采用了这种自动化的机械和机器之后，在迅速、准确、可靠、参变数的不变性、質量、經濟及其他等方面所能达到的效果，如由人来直接参予工作是不可能保証的。

在那些能达到机械化及集中生产的程度愈高的工業部

門，对于广泛采用自动化而言，便有更优越的条件。

在电力工業中生产过程自动化和采用遙控裝置具有广大的可能性。由于生产过程及輸送电能的高速度，要不断地提高对設備运行的准确性及保証最大限度的可靠性，發电厂及变电站設備的所有主要操作过程，調整和控制，如不广泛采用自动裝置和遙控裝置是不可能达到的。

在位于某工業(發电厂，工厂，矿井)地区範圍内的控制所来集中地控制自动化的机器和机械裝置称为远方控制，它在苏联的工業中已被广泛采用。

远方操作的自动化裝置(遙控裝置)愈来愈广泛地得到推行，这是具有特別重大意义的，因为將遙控的自动裝置，远距离信号裝置及远距离測量結合在一起使生产的控制方式更臻完善。

在电力系统里，除水电站外，变电站也要改变为遙控。由电力系統的中央調度所进行远距离控制全部系統及个别电站的功率，电压和电流的週波，水电站水庫的水位及其他等。

自动化和远方控制与国民經济各部門的广泛电气化結合起来便成为新的技术基础，根据此基础將过渡到共产主义。

生产过程自动化和远方控制不但能大大地减少及減輕人的体力劳动，并且能使劳动本身的特点及其性質發生变化，以及提高工作人員的技术水平。

管理自动化裝置的工人的文化技术水平提高并接近于工程技术人員的水平，这样便消除了体力劳动与腦力劳动之間的重大区别。这也就解决了卡尔、馬克思所写的：特点是……“只当作一个社会部分机能負担者的部分个人，

要由一个完全發展的，把不同社会机能当作互相替换的活动方法来做的个人去补充。”^①的問題。

2. 自动化水电站的类型（一般的特点）

水电站自动化的程度决定于电站技术程序自手动操作改变为自动操作的作業数量。

根据这个，以及根据水电站自动操作的总和可以分为：1)在当地遙控的自动化水电站；2)远方控制的自动化水电站；3)全部自动化的水电站（由自动操作器及其他設備来操作的）。

不管水电站的自动化程度如何，照例，首先应使自动化有下列主要的操作程序及設備：

1) 水輪机組的启动及停机并包括發电机投入系統（最好是用自同期的方法），發电机改变为調相机运行及反之調相机改变为發电机运行，并且这些操作程序的每一次操作都由一能保証連續进行一系列操作程序直到最后完成操作过程的命令按鈕来实现。

2) 由中央控制室来遙控高压开关的搞閘作業，發电机的自动灭磁裝置及电压調整設備。

3) 当压油槽內油压有不正常的下降时，用自动投入备用油泵的方法来保持油压裝置(MHY)压油槽內油压在一定的范围。

4) 調节發电机的励磁（目前采用有电磁校正器的复式励磁裝置）。

5) 当以下保护裝置动作时發出警報信号的裝置：發電

① 卡尔·馬克斯，資本論，第一卷第493頁。——原作者註。譯文引自人民出版社，資本論，第一卷，第597頁。——譯者註

机軸承及軸瓦温度升高；軸承油槽的油温升高；封閉式气循环的發电机冷却空气温度升高；發电机軸承及导軸承油槽及油压裝置的集油槽油面不正常；冷却水中断；發电机过負荷；变压器瓦斯繼电器信号接点动作；变压器油温升高；变压器油循环及冷却水循环系統破坏以及其他保护装置动作等。

6)当以下保护装置动作时机組停机并自系統切除：發电机及变压器內部电气故障及因外在原因而引起过电流；过电压及丧失励磁；机組推力軸承及金屬軸承过热超过容許值；水輪机軸承失却潤滑(用水潤滑时)；油压裝置的油压發生事故性下降；机組过速。

7)压縮空气系統的控制(起动， 停机及压縮空气系統的保护)； 当儲气桶空气压力下降超过容許值时發出警报警信号的裝置。

8)为了保持水管內正常水压的技术供水的控制系统(起动， 停机， 水泵设备的保护及备用泵投入)。

9)控制排水井的水位， 排水泵的起动和停机。

10)控制水工建筑物的实际操作的閘門， 將遙控的閘門开度及自动动作的調节(实际操作的)閘門开度連續傳送(測量)到电站的控制室去， 有时用閘門的極限位置和中間位置的信号来代替； 从水电站控制室来測量上下游水位； 水輪机进水口之前的攔污柵被堵塞时在控制室發出警报警信号， 以及上下游最高及最低水位的信号裝置。

11)用自动監視厂用电主电源及备用电源母綫上有無电压的方法接入水电站厂用电的备用电源。

自动裝置操作电流的主要电源是經常在浮充情况下运行的蓄電池組。

遙控裝置系由电气上与独立的电站操作电流系統不相連的單獨电源來供給。

水輪机前面的閘門事故性緊急關閉裝置的电气回路，通常系由电站总的直流操作电源來供給的。

其他閘門的远方及自动控制回路的供电建議自交流电源取得。

供給自动裝置結綫的直流操作电源应按放射形綫路佈置。結綫的連接應該使得由直流供电的起動及停机裝置只在需要操作的时候才接通。

任何保护动作都应该直接或間接地發出灯光或音响信号，同时警报及事故信号則一定要分別以灯光及音响信号來区别。

3. 当地遙控的自动化水电站

此类电站之主要特点是：集中在某一处所——中央控制室(ЦНП)來控制及監視电站的电气和机械設備的情况，只有在中央控制室才有經常的值班人員。此控制室通常就在电站本身的厂房內或設在距电站不远的地方。

厂房內沒有經常的值班人員，机組之起動及停机可由裝在中央控制室的命令按鈕來进行。

水輪机前面或压力水管前面的閘門可以在中央控制室遙控，此外，当机組發生事故需要立刻截断通往水輪机的进水路时(例如，当机組超速时)，还备有自动的事故關閉(緊急關閉)裝置。众所周知，当有压力隧洞及長的輸水管时，在輸水管內裝有兩道閘門。此时裝在輸水管下游靠近水輪机处的閘門(球形閘，蝴蝶閘，針閘)，其控制的結綫与机組起動及停机的控制結綫連在一起。

压力前池的空放裝置可以遙控，但是最好在空放裝置內裝有自動的閘門，尤其是梯級開發的水电站。

有了能迅速反应于压力前池中各种水位变化的自动閘門便可保證防止建築物損壞，并借此保持預定的過水，也就是說，使梯級水电站有最好的运行条件以便得到最大的功率及發出最多的电能。

在填后式(河床式)水电站，堤壩的閘門操作照例應該在电站的中央控制室来进行遙控。

在填后式水电站上，有时采用自动的閘門也是合适的，例如，当水庫容量比較小而要求上游水位保持不变时。

应当將所有能远方控制的实际操作及自动的閘門位置，以及填后式水电站的上下游水位，亦即相当于引水道式水电站的压力前池和尾水道內的水位等送到中央控制室去。

对在当地遙控的引水道式水电站而言，應該單獨地处理距电站中央控制室有几公里的首部樞紐的控制機構問題。因为在中央控制室不能控制，也不能監視，因此可以有就地的控制所(MTY)。对通常位于洪水漲落極快的山区河流上的引水道式水电站的堤壩，最好采用自动的閘門。

有时可以采用自中央控制室来远方遙控首部樞紐的机械設備，但在此情況下，應該預防聯絡綫折斷或当地控制所的设备發生故障。

首部樞紐的控制機構不論采用何种形式，都應該將堤壩上游水位及最重要的閘門操作位置以遙測的方式傳送到中央控制室去。在某些情況下，最好能有自中央控制室来遙控關閉进水口閘門的裝置(例如当引水道損壞并需迅速停止其进水时)。

当地的控制室，在个别情况下可以建在河床式水电站的拦河坝上，如果控制室的建筑物及机械装置多而复杂时，也可以建在引水道式水电站的压力前池处。

4. 远距离控制的自动化水电站

远距离控制的水电站数目在苏联每年都在不断地增加着。当水电站要在相当远的距离，如几十及几百公里以外来控制时使用无线电遥控（远距离控制）。

当自控制室对被控制的对象传送及反之自被控制的对象取得信号和度量的命令次数较多时，可采用导线数目不多（两根以内）即能满足要求的有选择性的装置。可利用电话线以及高压输电线的高频率载波线作为联络通路。

远距离控制水电站（通常是控制担任系统过波调整的水电站及根据水电站容量为系统中最重要的水电站）可自电力系统的中央调度所（ЦДП）来进行，或可自相邻的水电站（如梯级开发的水电站）来进行。对于此类水电站，其遥控装置应包括能完成以下操作：

- 1) 直接或借远距离调节功率及自动操作器（参看第四章）来控制水轮机组的起动和停机；
- 2) 调节电站的有功和无功负荷；
- 3) 合闸，掉闸及改变自动过波及功率调整器的整定值；
- 4) 改变发电机自同期调相机的运行方式为带有功负荷的运行方式，或反之自带有功负荷的运行方式改变为同期调相机的运行方式；
- 5) 控制线路和变压器的主要开关，以及母线联络和母线分段开关；

6) 控制梯級中运行的水电站水工建筑物实际操作的開門，以及根据水电站运行方式連續地或以傳呼的方式測量上下游水位；

7) 完成水輪机組和开关的遙控作業及运行情况的 远距离信号；

8) 改变水电站为当地控制的远距离信号；

9) 远距离傳送警报和事故信号至控制所及給在家的值班人員(当水电站在無值班人員下运行时)；

10) 远距离測量总的有功負荷(連續地測量)及無功負荷(以傳呼方式測量)；

11) 根据水电站的大小及其在系統中的地位来远距离測量电压(連續地或以傳呼方式測量)及週波(以傳呼方式)。

在遙控的梯級中运行的水电站上，通常沒有經常的值班人員，而在設備故障时發出信号給住在附近的工作人員，給系統的看管此电站的人員(技術員或工程師)，他来到电站后，或可自己来消除故障，或可召喚檢修队前来檢修。

在有复杂的及各式各样的电气和机械設備的巨型远距离控制的水电站中，有时無論在电站本身或在水工建筑物上都仍有值班人員(主要是起監視的功用)。

5. 全部自动化的水电站

此类水电站的特点是：机組的起动和停机、調整、所有运行过程中所必需的变化及事故时的保护裝置都是在此水电站自动地进行，不需要任何管理人員参加工作。

在这种水电站內，当下列参变数变化时自动地进行机組的起动和停机：

1) 电厂上游水位变化——即电站运行方式变化，在此情况下电站的运行方式决定于水量并借浮子装置来调节；

2) 系统负荷改变；

3) 晝夜的时间变化——电站借定时接点及其他装置在规定的时间内投入及撤出运行。

将各种不同的指示装置联合起来也是可能的，例如，若电站系根据系统负荷运行，但上游工作水位不容许低于某规定的标高，那么当上游水位到达最低标高时，浮子装置应能使电站撤出运行。

用于此类水电站水工建筑物的空放装置，或在水轮机发生事故时截断水轮机进水路的闸门应该是自动的。

上面所讨论的水电站自动化程度到目前为止大多是用于容量不甚大的，机组为1—2组而其可靠性很大的水电站。在机组很多的水电站，水电站全部机组的控制及调节系借浮子装置来动作的自动操作器来进行机组的起动，停机和调节水电站的功率。

监视全部自动化的水电站设备的运行情况通常系由定期检查的工作人员来进行的，他们是“在家的值班人员”，当水电站设备发生事故及不正常时，在自己的寓所得到信号后，去电站进行检查。

6. 自动化水电站的运行及管理机构

自动化水电站运行人员的总数是大大地减少了，但同时却出现了检查人员，他们往往人数不多但是要有更高的技术水平。

在自动化的水电站仍留有值班的运行人员，这是由于