

NB / T 35004 — 2013
代替 DL / T 5081 — 1997

ICS 27.140
P 59
备案号: J1619—2013

NB

中华人民共和国能源行业标准

P

NB / T 35004 — 2013

代替 DL / T 5081 — 1997

水力发电厂自动化设计技术规范

Code for design of automation of hydropower plants

2013-06-08 发布

2013-10-01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国能源行业标准

水力发电厂自动化设计技术规范

Code for design of automation of hydropower plants

NB / T 35004 — 2013

代替 DL / T 5081 — 1997

主编部门：水电水利规划设计总院

批准部门：国 家 能 源 局

施行日期：2013 年 10 月 1 日

中国电力出版社

2013 北 京

前 言

本规范是根据《国家发展改革委办公厅关于印发2008年行业标准计划的通知》(发改办工业〔2008〕1242号),对DL/T 5081—1997《水力发电厂自动化设计技术规范》进行的修订。

DL/T 5081—1997由中国水电顾问集团北京勘测设计研究院于1997年编写完成,由原电力工业部于1998年发布实施。上述规范颁布至今已经10年以上。在此期间,随着“无人值班”(少人值守)的推广,水力发电厂自动化技术已取得了长足的发展;在引进国外设备和技术的过程中,一些在国际上通用的设计原则已经被我国采用。此外,近年来国内外各种电站的运行经验的总结积累也促进了自动化技术的进步。为了使规范能够对水力发电厂自动化设计起到应有的指导作用,对上述规范的修编是十分必要的。

本次修订后的规范与DL/T 5081—1997相比,主要差别有:

- DL/T 5081—1997的“8 非电量测量”的内容已经反映在DL/T 5413—2009《水力发电厂测量装置配置设计规范》的“6 非电量测量”中,因此本规范修订后删去了此章。
- DL/T 5081—1997的“10 全厂综合自动化”的内容已经反映在DL/T 5065—2009《水力发电厂计算机监控系统设计规范》中,因此在本规范修订后删去了此章。
- 按照住房和城乡建设部2008年颁布的《工程建设标准编写规定》的要求,新增了“2 术语”,其他格式也按上述规定的要求作了修改。
- “4 水轮发电机组的自动控制”、“5 可逆式抽水蓄能

中华人民共和国能源行业标准
水力发电厂自动化设计技术规范
Code for design of automation of hydropower plants

NB/T 35004—2013

代替 DL/T 5081—1997

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京九天众诚印刷有限公司印刷

2013年12月第一版 2013年12月北京第一次印刷
850毫米×1168毫米 32开本 2.75印张 65千字
印数 0001—3000册

统一书号 155123·1671 定价 23.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

机组的自动控制”和“6 机组辅助设备、全厂公用设备的自动控制”，根据国家现行标准 GB/T 11805《水轮发电机组自动化元件（装置）及其系统基本技术条件》和我国水电厂的实际情况作了必要的修改与补充。

——根据电力系统对水电厂的要求，增加了“9 黑启动”。

——增加了三个附录，用流程图和接线图的方式，对开停机流程等内容做了较为准确的描述。

本规范由水电水利规划设计总院提出。

本规范由能源行业水电电气设计标准化技术委员会归口并负责解释。

本规范主编单位：中国水电顾问集团北京勘测设计研究院、水电水利规划设计总院。

本规范主要起草人：姜树德、刘书玉、梁国才、蒋一峰、张维力、雷旭、王润玲、武媛。

本规范主要审查人：王劲夫、陈家恒、陈寅其、宋远超、袁志鹏。

本规范自实施之日起代替 DL/T 5081—1997。

本规范在执行过程中的意见或建议反馈至水电水利规划设计总院（北京市西城区六铺炕北小街2号，100120）。

目 次

前言	I
1 总则	1
2 术语	2
3 机组事故闸门、蝶阀、球阀和圆筒阀	4
3.1 事故闸门的自动控制	4
3.2 蝶阀的自动控制	5
3.3 球阀的自动控制	6
3.4 圆筒阀的自动控制	7
4 水轮发电机组	9
4.1 调速器和自动化元件的选型、配置及功能	9
4.2 水轮发电机组的自动控制	14
5 可逆式抽水蓄能机组	22
5.1 可逆式抽水蓄能机组抽水工况的启动方式	22
5.2 可逆式抽水蓄能机组的工况转换	22
5.3 可逆式抽水蓄能机组抽水及抽水调相工况的启动控制	24
5.4 机组从抽水工况转静止及直接转发电的控制	27
6 机组辅助设备、全厂公用设备	28
6.1 一般规定	28
6.2 油压系统的自动控制	28
6.3 压缩空气系统的自动控制	30
6.4 机组技术供水系统的自动控制	30
6.5 排水系统的自动控制	31
6.6 防水淹厂房系统	32
6.7 变压器冷却系统的自动控制	32
7 励磁系统及电制动设备	34

Contents

7.1 励磁系统的选择	34
7.2 励磁系统主回路	34
7.3 励磁回路灭磁及保护设置	35
7.4 起励方式和起励电源	36
7.5 电制动	36
7.6 励磁系统控制接线	38
7.7 自动励磁调节器的选型	39
8 同步系统	40
8.1 同步方式和同步点的选择	40
8.2 手动准同步	41
8.3 自动准同步	41
9 黑启动	42
9.1 黑启动方式	42
9.2 黑启动流程	42
附录 A 机组开停机流程举例	43
附录 B 机组辅助设备、全厂公用设备的控制流程举例	50
附录 C 电制动的励磁电源	54
本规范用词说明	55
引用标准名录	56
附：条文说明	57

Preface	I
1 General Provisions	1
2 Terms	2
3 Emergency Gates, Butterfly Valves, Spherical Valves and Ring Gates of Units	4
3.1 Automatic Control of Emergency Gates	4
3.2 Automatic Control of Butterfly Valves	5
3.3 Automatic Control of Spherical Valves	6
3.4 Automatic Control of Ring Gates	7
4 Hydraulic Generating Units	9
4.1 Selection, Configuration and Functions of Governors and Automatic Components	9
4.2 Automatic Control of Water Turbine Generator Units	14
5 Reversible Pumped-Storage Units	22
5.1 Starting Methods for Reversible Pumped-Storage Units in Motor Mode	22
5.2 Changeover Between Different Operation Modes of Reversible Pumped-Storage Units	22
5.3 Automatic Control of Reversible Pumped-Storage Units for Pump Starting and Condenser Starting in Pump Direction	24
5.4 Automatic Control of Reversible Pumped-Storage Units from Pumping to Standstill and to Generating	27
6 Unit Ancillary Equipment and Plant Common Equipment	28
6.1 General Rules	28
6.2 Automatic Control of Oil Pressure System	28
6.3 Automatic Control of compressed air System	30

6.4	Automatic Control of Unit Technical Water Supply System	30
6.5	Automatic Control of Dewatering System	31
6.6	Powerhouse Anti-flooding System	32
6.7	Automatic Control of Transformer Cooling System	32
7	Excitation System and Electrical Braking Equipment	34
7.1	Selection of Excitation System	34
7.2	Main Circuits of Excitation System	34
7.3	Requirements to Deexcitation and Protection Equipment of Excitation Circuits	35
7.4	Flashing Methods and Flashing Sources	36
7.5	Electrical Braking	36
7.6	Requirements to Excitation Control Circuits	38
7.7	Selection of Automatic Excitation Regulators	39
8	Synchronization Systems	40
8.1	Selection of Synchronization Modes and Synchronization Points	40
8.2	Manual Synchronization	41
8.3	Automatic Synchronization	41
9	Black Start	42
9.1	Methods for Black Start	42
9.2	Black Start Sequences	42
Appendix A	Examples of Unit Start/Shutdown Flow Charts (Informative)	43
Appendix B	Examples of Control Flow Charts of Unit Ancillary Equipment and Plant Common Equipment (Informative)	50
Appendix C	Excitation Source Derivations for Electric Braking (Informative)	54
	Explanation of Wording in This Specification	55
	List of Quoted Standards	56
	Additions: Explanation of Provisions	57

1 总 则

1.0.1 为了实现大中型水力发电厂的自动化,提高发电质量、安全运行水平、经济运行及劳动生产率水平,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于按少人值班设计、机组的单机容量为10MW~800MW的新建或扩建、改建的大中型水力发电厂(含抽水蓄能电厂)的自动化设计。

1.0.3 本规范的主要内容有:

- 1 机组事故闸门、蝶阀、球阀、圆筒阀的自动控制。
- 2 水轮发电机组的自动控制。
- 3 可逆式抽水蓄能机组的自动控制。
- 4 机组辅助设备、全厂公用设备的自动控制。
- 5 励磁系统及电制动设备。
- 6 同步系统。
- 7 黑启动。

本规范不包括桥式起重机、门式起重机、泄洪闸门、升船机、船闸、过船设施、消防系统、通风系统等自动控制。

1.0.4 水电厂的自动化设计,应符合下列要求:

- 1 满足上级调度机构调度自动化系统对本电厂的要求。
- 2 适应水电厂电磁干扰严重和湿度高的工作环境。
- 3 与电厂规模及计算机监控系统的水平相协调。

1.0.5 水力发电厂自动化的设计,除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 事故 fault

由于非计划发生的事件或元件缺陷,而引起系统中的元件本身或其他相关设备失效。

2.0.2 故障 abnormality

超出系统正常条件以外的运行状况,如电压、电流、功率、压力、液位等超出正常范围的工况。

2.0.3 正常停机(程序停机) normal shutdown

正常减负荷将导水叶关至空载位置,然后跳闸、灭磁、停机的过程。

2.0.4 水力机械事故停机(快速停机) emergency shutdown due to mechanical faults

机组发生水力机械事故时,快速减负荷将导水叶关至空载位置,然后跳闸、灭磁、停机的过程。

2.0.5 电气事故停机 emergency shutdown due to electrical faults

机组发生电气事故时,同时跳闸、灭磁、停机的过程。

2.0.6 紧急事故停机(过速保护停机) emergency shutdown due to critical faults

机组发生过速等事故时,紧急停机的过程。转速升至第一上限且调速器主配压阀拒动时启动过速限制器(如果未设过速限制器,则直接关闭快速事故闸门或进水阀)。若转速升至第二上限,则关闭快速事故闸门或进水阀。在机组发出的功率减至接近零时,跳闸、灭磁、停机。

2.0.7 失电停机 de-energize-to-shutdown

机组的保护和控制回路电压消失时,相关保护和控制自动关

闭导水叶的控制方式,用以实现故障导向安全的设计原则。

2.0.8 黑启动 black start

电力系统因故障停运后,具有自启动能力的电厂,在失去正常厂用电的情况下启动本厂机组,并带动系统内其他机组,逐步恢复系统运行的过程。

2.0.9 中转状态 transfer stop

一种过渡工况,指启动过程中,技术供水、液压减载、轴承外循环冷却油泵等机组辅助设备已经投入,但机组尚未转动;或停机过程中机组已经静止但机组辅助设备还在运行的状态,常用于抽水蓄能机组的工况转换。

2.0.10 事故闸门 emergency gate

闸门的下游或上游发生事故时能在动水中关闭的闸门。能够快速关闭的事故闸门称为快速闸门。

3 机组事故闸门、蝶阀、球阀和圆筒阀

3.1 事故闸门的自动控制

3.1.1 事故闸门应既能在现地（启闭机室）控制，又能在远方（中控室和机旁现场控制单元，简称LCU）控制。现地控制方式下，应能开启和关闭闸门。在中控室和机旁应设置独立于监控系统的事事故闸门紧急关闭按钮及回路，并以硬接线（包括独立光缆）的形式接至闸门的控制回路。

对于有长尾水洞的抽水蓄能电站，需要远方紧急关闭的事事故闸门包括上水库侧和尾水侧的事事故闸门。

3.1.2 机组前的事事故闸门宜在静水中开启，其充水平压和开启操作应以下列方式之一进行：

1 当利用闸门开启一小开度进行充水或闸门节间充水时，闸门位置行程开关应设有闸门充水位置触头。到达充水开度时，闸门应暂停在充水位置开度。平压后，闸门应自动继续开启至全开。

2 当利用旁通阀或闸门上的充水阀（或小门）进行充水时，平压后，闸门应从全关自动开启至全开。

3.1.3 对闸门进行开启或关闭操作时，闸门到达全开、全关位置后，应能自动切断上升、下降机构的电源，使闸门停止上升或下降。

3.1.4 在闸门开启或关闭过程中，如果发出停止命令，闸门应能停在任何位置。

3.1.5 闸门全开以后，如果由于某种原因自行下滑到一定位置，应接通闸门自动提升回路，发信号并使闸门提至全开。如果继续下滑到事故位置，应停机并发报警信号。

3.1.6 宜在中控室显示闸门位置。闸门在全开、全关及充水平压开度时应发信号至电厂的计算机监控系统。

3.1.7 采用固定卷扬式启闭机控制的快速事故闸门，应在闸门电动机的轴上装设制动器。在制动器上应配置交/直流均可操作的电磁铁或电动液压推杆，正常启闭闸门时利用交流电源松开制动器；紧急关闭时，利用直流电源松开制动器，使闸门靠自重下落。在紧急关闭接线中还应采取保护门槽底槛的措施。

3.1.8 对于油压启闭机控制的快速事故闸门，当操作闸门下降时，油路电磁阀关闭线圈应通电，闸门在自重的作用下自行关闭。

3.1.9 控制系统宜根据闸门实际运行时间设置电动机运行超时报警。

3.2 蝶阀的自动控制

3.2.1 蝶阀应既能在现地控制又能在远方控制，并能与机组自动控制联动。

3.2.2 开启蝶阀必须具备以下条件：

- 1 机组事故停机元件未动作。
- 2 机组导水叶处在全关位置。

3.2.3 当开启蝶阀的命令发出后，满足开阀条件且无关阀命令时，应启动开阀流程。自动开启压力油源，拔出锁锭，打开旁通阀，对蝶阀前后进行平压。

1 对采用充气式围带密封的蝶阀，应当打开旁通阀，待蝶阀前后水压基本平衡后，空气围带自动排气。排气结束后，由反映围带气压接近于零的信号元件打开启闭蝶阀的电磁配压阀。

2 对采用实心密封圈的蝶阀，应当打开旁通阀，待蝶阀前后水压基本平衡后，打开启闭蝶阀的电磁配压阀。

3.2.4 蝶阀开至全开位置时，由其终端位置触头接通蝶阀全开位置信号显示，同时复归开阀元件，从而复归各油路，关闭旁通阀。

3.2.5 当关闭蝶阀的命令发出时,应启动关阀流程,自动开启压力油源,拔出锁锭,打开旁通阀,关闭启闭蝶阀的电磁配压阀。

3.2.6 蝶阀关闭之后,应接通空气围带充气回路和蝶阀全关位置信号显示,关闭压力油源,关闭旁通阀,投入锁锭,复归关阀流程。

3.2.7 蝶阀只能停留在全关、全开两个位置,不得在任何中间位置作调节流量之用。

3.2.8 蝶阀的正常启闭应采用液压操作,当控制电源消失时可紧急关阀。

3.2.9 机组运行期间,如果蝶阀意外关闭,应发出报警信号并立即停机。

3.3 球阀的自动控制

3.3.1 球阀应既能在现地控制又能在远方控制,并能与机组自动控制联动。

3.3.2 开启球阀必须具备以下条件:

- 1 机组事故停机元件未动作。
- 2 导水叶(或喷针)处在全关位置。

3.3.3 当开启球阀的命令发出后,满足开阀条件且无关阀命令时,应启动开阀流程,自动完成:

1 开启压力油源,由压力油打开卸荷阀,排掉密封盖内的压力水,打开油阀,向球阀控制系统供压力油。

2 开启旁通阀的电磁配压阀,由压力油打开旁通阀,对蜗壳(或配水环管)进行充水。充满水后,密封盖外部压力大于内部压力而自动缩回,与密封环脱离接触。

3 当球阀前后水压基本平衡后,自动开启启闭球阀的电磁配压阀。

3.3.4 球阀全开后,应接通球阀开启信号指示,关闭油阀、卸荷阀、旁通阀,复归球阀开启回路。

3.3.5 当关闭球阀的命令发出时,应启动关阀流程,自动完成:

1 开启压力油源,由压力油打开卸荷阀,排掉密封盖内的压力水,打开油阀,向球阀控制系统供压力油。

2 关闭启闭球阀的电磁配压阀。

3.3.6 球阀全关后,应接通球阀关闭信号显示,关闭卸荷阀、油阀,压力水进入密封盖内腔,实现止水,复归球阀关闭流程。

3.3.7 球阀只能停留在全关、全开两个位置,不得在任何中间位置作调节流量之用。

3.3.8 球阀的正常启闭应采用液压操作,当控制电源消失时可紧急关阀。

3.3.9 机组运行期间,如果球阀意外关闭,应发出报警信号并立即停机。

3.4 圆筒阀的自动控制

3.4.1 圆筒阀应既能在现地控制又能在远方控制,并能与机组自动控制联动。

3.4.2 开启圆筒阀需具备以下条件:

- 1 机组事故停机元件未动作。
- 2 导水叶处于全关位置。

3.4.3 当具备本规范第 3.4.2 条中各条件时,可手动或通过机组启动流程接通开启线圈,使接力器在压力油的作用下将圆筒阀开启。

3.4.4 正常关闭圆筒阀需具备下列条件:

- 1 圆筒阀无卡阻。
- 2 导水叶到达全关位置。

3.4.5 当具备本规范第 3.4.4 条中各条件时,可手动或通过机组停机流程接通关闭线圈,使接力器在压力油的作用下将圆筒阀关闭。

3.4.6 当机组超速或事故停机遇剪断销剪断时,无论导水叶处于何种位置,应均能立即自动关闭圆筒阀。

3.4.7 圆筒阀可由手动操作使其全开、全关或处于任何中间位置,应现地显示相应的位置并上送计算机监控系统。

3.4.8 当发生下列事故或故障时应发报警信号:

- 1 关闭圆筒阀时被障碍物卡阻。
- 2 圆筒阀油压设备油压、油位不正常。

3.4.9 机组运行期间, 如果圆筒阀下滑到事故位置, 应发出报警信号并立即停机。

4 水轮发电机组

4.1 调速器和自动化元件的选型、配置及功能

4.1.1 水轮发电机组应选用数字式电气液压调速器。调速器宜采用失电停机原则, 在控制回路电压消失时, 调速器宜自动动作关闭导水机构。容量为 40MW 及以上的机组调速器应具有一次调频功能。

4.1.2 调速器及油、气、水系统中的各类电磁阀 (包括电磁配压阀、电磁空气阀), 宜选用双稳态型电磁阀。对于采用失电停机逻辑的调速器, 启停电磁阀应选用单稳态型。

4.1.3 容量为 100MW 及以上的机组应采用电源冗余、调节器冗余、测频信号冗余的电气液压调速器。冗余的电源可以采用交/直流各一路或两路直流; 冗余的调节器应采用两套互为备用的自动调节器加手动调节方式; 冗余的测频信号应分别取自电压互感器和齿盘。

导叶位置反馈信号宜冗余设置。

正常情况下, 一套自动调节器运行, 另一套自动调节器热备用。运行的自动调节器发生故障时, 备用的自动调节器应无扰动地自动投入。

4.1.4 自动化元件技术性能应符合 GB/T 11805《水轮发电机组自动化元件 (装置) 及其系统基本技术条件》的有关规定, 且应满足与计算机监控系统接口的要求。

4.1.5 各轴承油槽应分别装设液位信号器, 每套液位信号器应有反映液面过高或过低的触头。

4.1.6 当机组冷却水有两路供水水源时, 应分别设置电气控制的

阀门。在每台机组冷却水总管及重要用水支路分管排水侧，宜设带流量指示的示流信号器或流量开关。

4.1.7 推力轴瓦、各导轴瓦、各油槽、空气冷却器、定子铁心及绕组和空气冷却器应设分度号为 Pt100 的测温电阻，三线制引出。推力轴瓦、各导轴瓦及定子的部分温度测点宜接至数字式温度信号器。

4.1.8 机组二级过速保护应装设机械和电气两种信号源的转速信号器。

4.1.9 机组电气转速信号器应具有电压互感器和齿盘两种测频方式冗余输入，具有可调整的多定值触头，分别满足事故停机、投过速限制器、投自动准同步装置、投入与切除液压减载装置、投入起励、调相解列停机、投入电制动、投入机械制动和检测蠕动的要求。

机组电气转速信号器及调速系统测速可以共用齿盘，但探头应各自独立。

4.1.10 机组压缩空气制动系统应设气源压力监视信号，当气压降低时发信号。为防止停机后制动闸不能落下，制动闸宜设反向给气装置及位置信号。

4.1.11 当做调相运行的机组，采用向转轮室通入压缩空气压水的措施时，反映转轮室水位的自动化元件，应具有抗震、防腐蚀、防浪涌、防泥沙阻塞等特性。

4.1.12 轴流转桨式水轮机做调相运行时，无论是否采取充气压水措施，都应将桨叶转角自动调至零度，以减小阻力。

4.1.13 在立式机组上，应安装抬机监控、保护装置，在旋转部分抬起时尽快停机。

4.1.14 为防止在机组甩负荷而调速器又失灵时发生飞逸事故，应装设过速限制器。过速限制器动作时启动紧急事故停机流程。

4.1.15 回油箱、漏油箱以及有油、水热交换装置的油槽，应装设油混水信号器，动作后发报警信号。

4.1.16 凡需要根据压力值实现自动控制或自动报警的油、气、水

系统，均需装设压力信号器。

4.1.17 水轮机导水叶应装设剪断销信号装置。采用摩擦连杆或其他装置的水轮机导水叶可装设其他类型的信号装置反映导水叶卡阻情况。

4.1.18 容量为 100MW 及以上的机组应设置监视大轴摆度和机架振动的检测装置。

4.1.19 机组拦污栅和滤水器应设置检测其阻塞状况的差压信号器。

4.1.20 接力器锁锭应能提供分别反映投入和退出的独立状态信号。

4.1.21 机组自动化元件的配置及性能要求见 GB/T 11805。表 4.1.21 列出了轴流式和混流式机组常用自动化监测元件的配置及与灯泡贯流式机组有关的部分内容。其他型式机组自动化监测元件的配置，应根据实际需要增减。表 4.1.21 中的参数定值应根据机组厂家建议和安全运行的要求确定，表中所列供参考。

表 4.1.21 轴流式和混流式机组常用自动化监测元件配置

元件名称	安装位置或接线	触头接通条件	用 途
机械转速信号器	主轴	最大瞬态转速的规定值加 5% n_r (二级过速)	启动紧急事故停机：关闭快速事故闸门或蝶阀、球阀、圆筒阀，并动作过速限制器。同时经事故停机电磁阀快速减负荷至空载，然后跳闸、灭磁、停机
电气转速信号器	接机端电压互感器和齿盘测频传感器	最大瞬态转速的规定值加 3% n_r (二级过速)	如同时遇主配压阀拒动，则经延时动作过速限制器。若未设过速限制器，则直接关闭快速事故闸门或蝶阀、球阀、圆筒阀。同时经事故停机电磁阀快速减负荷至空载，然后跳闸、灭磁、停机
		$n \geq 110\% \sim 115\% n_r$ (一级过速)	
		$n \geq 90\% n_r$	投入同步装置
		$n \geq 90\% n_r$	切除液压减载装置
		$n \leq 90\% n_r$	投入液压减载装置

表 4.1.21 (续)

元件名称	安装位置或接线	触头接通条件	用 途
电气转速 信号器	接机端电压 互感器和齿盘 测频传感器	$n \geq 90\% n_r$	投入起励
		$n \leq 80\% n_r$	机组调相运行时失去电源, 与 电网解列, 且转速下降至 80%, 停机
		$n \leq 50\% n_r \sim 60\% n_r$	投入电制动停机
		$n \leq 15\% n_r \sim 25\% n_r$ 或 $n \leq 5\% n_r \sim 10\% n_r$	投入机械制动停机 (见本规范 4.2.15 条~本规范 4.2.18 条)
		$n=0$ (或 $n \leq 5\% n_r$ 后经延时)	终止制动, 停止与机组运行有 关的各辅助设备
示流 信号器	冷却水主管	冷却水中断	投备用水源, 发信号
	各轴承油槽及 空气冷却器的 冷却水管	冷却水中断	发信号
	轴承外循环系统 的冷却水管	冷却水中断	发信号
	轴承外循环 系统的油管	油流中断	投备用油泵, 发信号
	轴承润滑油管 (灯泡贯流式 机组)	油流中断	发信号
液位 信号器	各轴承油槽	液位越上限或下限	发信号
	回油箱	液位越上限或下限	发信号
	压油罐	液位越上限	自动补气
		液位恢复正常	停止补气
		液位低	发信号
	漏油箱	液位越第一上限	启动漏油泵
		液位恢复正常	停止漏油泵
		液位越第二上限	发信号

表 4.1.21 (续)

元件名称	安装位置或接线	触头接通条件	用 途
液位 信号器	水轮机顶盖	液位越第一上限	启动排水泵
		液位恢复正常	停止排水泵
		液位越第二上限	发信号
	低位油箱 (灯泡 贯流式机组)	液位越上限	发信号
		液位越下限	
	重力油箱 (灯泡 贯流式机组)	液位越上限	发信号
		液位越下限	发信号
		液位越第二下限	发信号、停机
	灯泡头水位 (灯 泡贯流式机组)	液位越上限	发信号, 停机
压力 信号器	油压装置	油压越第一下限	启动工作油泵
		油压越第二下限	启动备用油泵, 发信号
		油压越第三下限	事故停机: 应输出两套独立触 头, 分别作用于机组 LCU 的水力 机械事故停机流程和后备水机保 护回路
		油压恢复正常	停油泵
	主轴密封 润滑油管	水压低于下限	发信号
	制动闸	气压低于下限	开机准备条件之一
	制动气源	气压低于下限	发信号
	技术供水总管	水压低于下限	投备用水源, 发信号
	油压减载油管路	油压减载过程中油压 低于下限	启备用油泵, 发信号, 延时停 机
	发电机通风 差压 (灯泡 贯流式机组)	压力异常	发信号, 延时停机
测温电阻	各轴承轴瓦	温度越第一上限	发信号
		温度越第二上限	水力机械事故停机

表 4.1.21 (续)

元件名称	安装位置或接线	触头接通条件	用途
测温电阻	定子铁心和绕组	温度越第一上限	发信号
		温度越第二上限	水力机械事故停机
	各轴承油槽	温度越上限	发信号
	空气冷却器 冷风、热风	温度越上限	发信号
	轴承外循环油管	温度越上限	发信号
剪断销 信号器	剪断销	剪断销剪断	发信号。事故停机中剪断销剪断则启动紧急事故停机；动作过速限制器，关进水阀或快速事故闸门等
油混水 信号器	漏油箱、回油箱 及有油、水热交 换的油槽	油中含水量越限	发信号
测振测 摆装置	各轴承附近	振动、摆度越限	发信号，延时停机
测轴向位 移装置	轴与机架	机组转动部分下沉或 上抬越限	发信号，延时停机

4.2 水轮发电机组的自动控制

4.2.1 水轮发电机组的自动控制系统，应能由现地或远方分别以一个命令使机组自动完成静止转发电、发电转静止、发电转调相、调相转发电、静止转调相、调相转静止等各种工况转换。

4.2.2 机组的自动控制应采用可编程控制器等数字设备组成的 LCU 来实现，宜配置电源、信号均独立于 LCU 的后备的水力机械事故自动停机回路或装置。在 LCU 失效或完全失去电源时以及发生水力机械事故，但 LCU 不能执行事故停机流程时，后备的水力机械事故自动停机回路或装置应能实现事故停机。参见图 A.6。现地控制盘应设正常开/停机按钮、事故停机按钮（执行电气事故

停机流程）和紧急事故停机按钮。

4.2.3 机组处于准备启动状态至少应具备以下条件：

- 1 机组及其辅助设备无事故或故障。
- 2 辅助设备的控制方式选为自动。
- 3 机组断路器在分闸位置。
- 4 接力器手动锁锭在退出位置。
- 5 制动气源压力正常，制动闸块已落下。
- 6 事故闸门或蝶阀、球阀在全开位置（与机组联动操作的进水阀无此要求）。
- 7 机端接地开关在分闸位置。

当上述条件具备时，启动开机准备信号。参见图 A.1。

4.2.4 轴流式和混流式机组，在机组启动条件具备，且接到开机或调相开机命令后，应按以下步骤进行：

- 1 启动技术供水系统。
- 2 有主轴密封围带时围带排气。
- 3 有轴承油外循环系统时，启动循环油泵，使油流达到正常。
- 4 有液压减载装置时，启动高压油泵向推力瓦供油，使推力瓦上的油压达到给定范围。
- 5 有油雾吸收器时，启动油雾吸收器。
- 6 切除机坑加热器。
- 7 完成上述操作后，向调速器发开机令。
- 8 机组启动后，当转速达到 90%额定转速时，切除液压减载油泵，向励磁系统发开机令。
- 9 当转速大于 90%额定转速、机端电压达到 90%额定电压后，根据同步方式，投入相应的同步装置。
- 10 同步装置检查同步条件，在条件满足时，合上发电机或发电机—变压器组出口断路器，根据给定值带负荷发电运行。

灯泡贯流式机组，除上述操作外，还应启动发电机风扇电

动机。

发电运行时，机组与系统并列后，应自动复归开机令，启动发电运行指示信号。

参见图 A.1。

调相运行时，机组与系统并列后，按照本规范 4.2.7 条所列的步骤进行。

4.2.5 轴流式和混流式机组宜采用压水方式调相，由调相运行元件和反映转轮室水位的信号元件控制充气阀。转轮室漏气严重时，利用补气阀持续进行补气。对于轴流转桨式机组，也可采用桨叶转角调至 0° 而不压水的调相运行方式。

4.2.6 冲击式机组的开机控制可参考本规范 4.2.4 条的规定，但应根据冲击式机组的特点加以修改。

4.2.7 对处于发电运行状态的轴流式和混流式机组，发出转调相命令后，应按以下步骤进行：

- 1 减有功负荷至空载。
- 2 开启迷宫环的技术供水系统。
- 3 关闭进水阀（如果有的话）。
- 4 给调速器发调相令，作用于导水叶全关。
- 5 开启转轮室充气阀和补气阀，关闭转轮室排气阀，向转轮室充气，直到转轮室水位下降到规定水位以下。
- 6 启动调相运行元件，接通调相运行指示信号。

冲击式水轮机在调相运行中应自动开启冷却喷嘴供给冷却水。

4.2.8 对处于调相运行状态的轴流式和混流式机组，发出转发发电的命令后，应按以下步骤进行：

- 1 关闭转轮室充气阀和补气阀，停止向转轮室充气。
- 2 开启转轮室排气阀，向转轮室注水，直到转轮室充满水。
- 3 关闭主轴密封和迷宫环的技术供水系统。
- 4 打开进水阀（如果有）。

5 给调速器发送发电令，由调速器打开导水叶，带上规定的负荷。

6 调相运行元件复归，接通发电运行指示信号。

4.2.9 对处于发电运行状态的轴流式和混流式机组，发出正常停机命令后，应按以下步骤进行：

- 1 向调速器和励磁系统发停机令，将有功负荷、无功负荷卸至空载。
- 2 有功负荷和无功负荷减至接近零时跳发电机断路器。
- 3 当机组转速下降至各整定值时，相继投入液压减载装置、电制动、机械制动。具体操作步骤按本规范 4.2.15 条～本规范 4.2.18 条执行。

4 机组全停后，停止技术供水系统、停止轴承外循环油泵、停止液压减载油泵，复归向调速器和励磁系统发的停机令，投入机坑加热器，机组重新处于准备启动状态。

参见图 A.2。

4.2.10 当运行中的机组发生以下事故时，应实现电气事故停机，即同时作用于跳闸、灭磁、停机、发事故信号，并启动正常停机流程：

- 1 机组调相运行时失去电源，与电网解列，当机组转速下降 80%。
- 2 电气事故保护动作。
- 3 机组火警。
- 4 按动事故停机按钮。

参见图 A.5。

4.2.11 当运行中的机组发生以下水力机械事故时，应实现水力机械事故停机，即作用于事故停机电磁阀卸负荷；发事故信号，并启动正常停机流程。负荷卸至空载后，再作用于跳闸、灭磁、停机：

- 1 机组各轴承过热。

- 2 发电机定子过热。
- 3 机组振动、摆度过大。
- 4 油压装置事故低油压或压力罐油位降低到事故低油位。
- 5 进水阀意外关闭。
- 6 安装有圆筒阀或进水口快速闸门的机组，圆筒阀或快速闸门下滑到事故位置。

参见图 A.4。

4.2.12 紧急事故停机按以下规定执行：

1 机组甩负荷时，机组转速上升到 110%~115%额定转速（一级超速），又遇调速器主配压阀拒动，应延时动作于超速限制器，并启动水力机械事故停机流程。对于不设超速限制器的机组，直接关闭快速事故闸门或蝶阀、球阀、圆筒阀，并启动水力机械事故停机流程。

2 当机组发生下列事故时，应关闭快速事故闸门或蝶阀、球阀、圆筒阀，并启动水力机械事故停机流程：

- 1) 机组超速到最大瞬态转速的规定值加 3%额定转速（二级超速）时，电气转速信号器动作。
- 2) 机组超速到最大瞬态转速的规定值加 5%额定转速（二级超速）时，机械液压超速保护装置或机械超速开关动作。
- 3) 事故停机时剪断销剪断。
- 4) 水淹厂房。
- 5) 按动紧急事故停机按钮。

参见图 A.3-1 和图 A.3-2。

4.2.13 开机过程中，如果有需要，应允许将开机流程转为停机流程。

开机过程中如果遇到阻滞使步骤超时，应自动转为停机流程。

4.2.14 当发生以下不正常情况时，应发报警信号：

- 1 机组各轴承油箱或油压装置回油箱油位异常。

- 2 各轴承油箱油温高报警。
- 3 油压装置备用油泵启动。
- 4 漏油箱油位过高、重力油箱及轴承回油箱油位过低，膨胀水箱水位异常。
- 5 水轮机顶盖内水位过高。
- 6 导水机构剪断销剪断。
- 7 机组各轴承、发电机定子、冷风及热风等温度上升至规定值。
- 8 机组冷却水管内水流中断或降到一定值。
- 9 主、备用润滑油压力降到一定值。
- 10 机组启动或停机在规定时间内未完成。
- 11 回油箱、漏油箱及各轴承油箱内油中积水或混水过多。
- 12 机组主轴密封水压力不正常。
- 13 机组振动、摆度大。
- 14 机组轴电流过大。
- 15 推力轴承高油压顶起系统故障。
- 16 压力罐压力高。
- 17 停机后机组蠕动。
- 18 滤水器或滤油器差压过高。
- 19 发电机定子与转子间隙过小。
- 20 发电机局部放电过大。
- 21 温度信号器断阻、断线、断电。
- 22 电气转速信号装置故障。
- 23 水轮机压力脉动过大。
- 24 大轴轴向位移过大。
- 25 采用纯水内冷的发电机组，在纯水电导率过高，纯水水箱水位低、循环纯水流量中断或降到一定值时；采用蒸发冷却的发电机组，冷却介质的温度、压力或液位异常时。
- 26 其他异常情况。

4.2.15 对于仅采用机械制动的混流式及轴流式机组,在停机过程中,当转速下降至额定转速的 15%~25%时,投入机械制动。机组全停后,将制动闸复归。

4.2.16 对于采用电气和机械制动的混流式及轴流式机组,宜设置制动方式选择开关,可选择电制动、机械制动或联合制动。

制动投入时的转速如下:

- 1 选择电制动时,投入制动的转速为额定值的 50%~60%。
- 2 选择机械制动时,投入制动的转速为额定值的 15%~25%。
- 3 选择联合制动时,正常停机或机械事故停机过程中,投入电制动的转速为额定值的 50%~60%,投入机械制动的转速为额定值的 5%~10%。

4 选择联合制动时,电气事故制动过程中,应闭锁电制动,当转速降为额定转速的 15%~25%时,自动投入机械制动。

4.2.17 设有液压减载装置的混流式及轴流式机组,当转速下降至约 90%额定转速时,应投入液压减载装置。

4.2.18 对装有弹性金属塑料瓦的混流式及轴流式机组,不设置液压减载装置,停机过程中,当转速下降至额定转速的 15%~25%时,应投入机械制动;如配置电制动装置,宜参照本规范 4.2.16 条进行联合制动。

4.2.19 无论是否装有电制动装置,都必须配置机械制动装置。

4.2.20 对处于发电运行状态的冲击式机组,发出停机命令后,应按以下步骤进行:

- 1 通过调速器负荷调整机构减机组有功负载至额定负载的约 10%,相应降低励磁电流。
- 2 当定子电流降至额定值的约 10%时,跳开发电机断路器,然后通过负荷调整机构使机组针阀全关。
- 3 当转速下降至额定转速的约 70%时,投入制动喷嘴。
- 4 当转速下降至额定转速的约 25%时,制动喷嘴切除,投入机械制动。

5 机组全停后,各部分恢复到准备启动状态,并关闭球阀,接通启动准备指示信号。

如果冲击式机组采用电气和机械联合制动,联合制动控制过程采用本规范 4.2.16 条相关规定。

4.2.21 对处于调相运行状态的混流式、轴流式常规机组,当发出停机命令后,应按本规范 4.2.8 条执行调相转发电、按本规范 4.2.9 条执行发电转静止的顺序停机。

5 可逆式抽水蓄能机组

5.1 可逆式抽水蓄能机组抽水工况的启动方式

5.1.1 可逆式抽水蓄能机组抽水工况的启动方式应根据机组、电厂及系统的具体情况，经过经济技术比较选择确定。

5.1.2 为了降低启动过程的水力阻力矩，应采用压缩空气压低转轮室的水位，使转轮在空气中旋转加速。

5.1.3 当设一套变频启动装置时，宜采用背靠背启动作为备用启动方式。当全厂设两套变频启动装置时，宜取消背靠背启动方式。

5.2 可逆式抽水蓄能机组的工况转换

5.2.1 应能以一个控制命令自动完成下列转换：

- 1 静止→中转状态→发电。
- 2 发电→中转状态→静止。
- 3 发电→发电调相。
- 4 发电调相→发电。
- 5 静止→中转状态→发电调相。
- 6 发电调相→中转状态→静止。
- 7 静止→中转状态→抽水。
- 8 抽水→中转状态→静止。
- 9 抽水→抽水调相。
- 10 抽水调相→抽水。
- 11 静止→中转状态→抽水调相。
- 12 抽水调相→中转状态→静止。

13 抽水→发电（紧急情况）。

5.2.2 除应能在中央控制室和机旁发出机组工况自动转换的操作命令外，还应能在现地控制盘对机组进行分步（或顺序组）操作，完成机组主要工况转换。

5.2.3 机组的自动控制应采用可编程控制器等数字设备组成的LCU来实现，并宜按照本规范4.2.2条的规定配置独立于LCU的后备水力机械事故自动停机回路或装置。

5.2.4 开机顺序操作中，在进行发电（包括发电调相）或抽水（包括抽水调相）开机之前，需将电动机主回路换相开关切换到相对应的发电或抽水的工况位置。

5.2.5 进水阀作为导水叶前的断水机构参与开/停机流程。在发电开机或抽水调相转为抽水时，应在开启导水叶前先开启进水阀；在发电或抽水停机时，关导水叶后应关闭进水阀。

5.2.6 机组开机时，在机组转动之前应投入液压减载装置，若液压减载不成功，则延时发出信号，并启动停机回路。

5.2.7 调相转静止时，发出操作命令后，应按以下步骤进行：

- 1 将无功负载减至零后跳开发电机断路器并灭磁。
- 2 切断调相气罐来的压水气源，打开排气阀将转轮室内压缩空气排除，使尾水进入转轮室。

3 当机组转速下降至各整定值时，相继投入液压减载装置、电制动、机械制动（详细操作步骤按本规范4.2.15条～本规范4.2.18条执行）。机组全停后，重新处于准备启动状态，接通启动准备指示信号。

5.2.8 在工况转换过程中，进水阀应与尾水事故闸门实现操作闭锁。尾水事故闸门关闭时，进水阀不得开启；进水阀开启时，尾水事故闸门不得关闭。

5.2.9 与抽水无关的工况转换的设计应根据抽水蓄能机组特点按照本规范4.2节相关规定执行。

5.2.10 当上水库的水位高于警戒值时，正在抽水的机组应当立即

停机；低于警戒值时，正在发电的机组应当立即停机。

当下水库的水位高于警戒值时，正在发电的机组应当立即停机；低于警戒值时，正在抽水的机组应当立即停机。

5.3 可逆式抽水蓄能机组抽水及抽水调相工况的启动控制

5.3.1 机组抽水工况和抽水调相工况启动的过程应为：

- 1 选定机组启动方式及待启动的机组。
- 2 机组具备抽水运行条件。
- 3 机组转为中转状态。
- 4 转轮室压水。
- 5 机组按选定的启动方式启动、并网。

至此，机组已进入抽水调相工况。由抽水调相工况进入抽水工况按照本规范 5.3.9 条的相关规定执行。

5.3.2 机组处于准备启动状态至少应具备以下条件：

- 1 机组及其辅助设备无事故或故障。
- 2 机端断路器在分闸位置。
- 3 接力器手动锁锭在退出位置。
- 4 制动气源压力正常，制动闸块已落下。
- 5 上、下水库水位适合机组抽水运行。
- 6 导水叶及进水阀全关。
- 7 水道系统所有闸门全开。

5.3.3 机组转动前至少应投入如下的机组辅助设备，机组进入中转状态：

- 1 启动技术供水系统。
- 2 启动轴承冷却外循环油泵。
- 3 启动液压减载油泵。
- 4 主轴密封空气围带排气。
- 5 启动油雾吸收器。

5.3.4 转轮室压水按以下步骤进行：

1 关闭转轮室的排气阀。

2 开启充气阀和补气阀，向转轮室充气。

3 当转轮室水位被压至转轮以下一定位置后，由装于尾水管的水位信号器关闭充气阀和补气阀。

4 当水位升高时，则补气阀再打开，将水压下，重复上述压水过程，维持转轮脱离水面。

5.3.5 处于中转状态的机组变频启动应按以下步骤进行：

- 1 投换相开关至抽水位置。
- 2 合机组被拖动隔离开关。
- 3 转轮室压水。
- 4 投变频启动用控制回路。
- 5 投变频装置辅助设备。
- 6 投变频装置输入断路器。
- 7 投励磁（由变频启动装置发令）。

8 投变频装置输出断路器，机组开始转动，当转速约为 90% 额定值时，投同步装置，同步装置的调速信号作用于变频装置，调压信号作用于励磁调节器。满足同步条件时，投入被拖动机组的断路器，被拖动机组进入抽水调相工况。

9 退出变频装置。

或在机组转速略高于额定值后，退出变频装置，在被拖动机组失去动力后转速下降过程中满足同步条件时，投入被拖动机组的断路器将其并入电网。

5.3.6 处于中转状态的机组背靠背启动应按以下步骤进行：

- 1 投被拖动机组换相开关至抽水位置。
- 2 合被拖动机组的被拖动隔离开关。
- 3 投背靠背启动控制回路。
- 4 投拖动机组的拖动隔离开关和断路器。
- 5 拖动机组和被拖动机组都投入励磁。
- 6 拖动机组按发电工况开机，导水叶按背靠背启动要求逐渐

开启, 两台机组同步启动。

7 当机组转速约为 90% 额定值时, 投入被拖动机组的同步装置, 同步装置的调速信号作用于拖动机组的调速器, 调压信号作用于被拖动机组的励磁调节器。满足同步条件时, 投入被拖动机组的断路器, 被拖动机组进入抽水调相工况。

8 跳开拖动机组断路器, 拖动机组停机。

或在机组转速略高于额定值后, 跳开拖动机组断路器, 在被拖动机组失去动力后转速下降过程中满足同步条件时, 投入被拖动机组的断路器将其并入电网。

5.3.7 背靠背启动过程中, 宜设置一套独立的跳闸回路, 在电气和水力机械事故时, 保证两台机组同时灭磁, 再跳机组断路器、停机。

5.3.8 背靠背启动过程中, 应打开拖动机组中性点的接地开关。

5.3.9 机组从抽水调相工况进入抽水工况应按以下步骤进行:

- 1 关闭转轮室充气阀和补气阀, 停止向转轮室充气。
- 2 开启转轮室排气阀, 尾水上升, 向转轮室注水, 监视水压信号或溅水功率信号, 直到其达到给定值。
- 3 关闭主轴密封和迷宫环的技术供水系统, 关闭转轮室排气阀。
- 4 开启进水阀至全开, 给调速器发抽水运行令, 由调速器实现导水叶开度与扬程最优协联, 机组进入抽水工况。
- 5 调相运行元件复归, 接通抽水工况运行指示信号。

5.3.10 机组从抽水工况进入抽水调相工况应按以下步骤进行:

- 1 给调速器发调相令, 作用于导水叶全关。
- 2 关进水阀。
- 3 开启迷宫环的技术供水系统。
- 4 进行转轮室压水。
- 5 调相运行元件启动并记忆, 接通抽水调相运行指示信号。

5.4 机组从抽水工况转静止及直接转发电的控制

5.4.1 机组由抽水工况转静止应按以下步骤进行:

- 1 给调速器发令, 关闭导水叶至最小抽水开度。
- 2 跳开发电机断路器、灭磁。
- 3 给调速器发停机令将导水叶全关。
- 4 当机组转速下降至各整定值时, 相继投入液压减载装置、电制动、机械制动 (采用本规范 4.2.15 条~本规范 4.2.18 条相关规定)。
- 5 机组处于中转状态。
- 6 经延时后, 机组的附属设备全部停止, 机组重新处于准备启动状态。

5.4.2 机组由抽水工况直接转为发电工况应按以下步骤进行。在此过程中, 进水阀始终保持开启状态:

- 1 给调速器发停机令, 调速器关闭导水叶至最小抽水开度时, 跳开发电机断路器。
- 2 给励磁系统发停机令, 灭磁。
- 3 将换相开关切换至发电工况位置。
- 4 当机组转速降至约 90% 额定转速时, 投入液压减载装置。
- 5 当机组转速降至约 5% 额定值时, 给调速器发送发电开机令, 导水叶重新开启至发电空载开度附近。
- 6 机组转速过零后变更为发电方向转动, 以后的过程与发电开机程序相同。

6 机组辅助设备、全厂公用设备

6.1 一般规定

6.1.1 机组辅助设备、全厂公用设备的每台被控设备（油泵、水泵、空气压缩机等）宜设“手动”、“自动”和“切除”三种运行方式。每台被控设备设一组启停按钮或启停控制开关，用于选为手动方式时的启停操作；选为自动方式时，被控设备的启停控制由可编程逻辑控制器（programmable logic controller, PLC）实现。如需在计算机监控系统启停上述被控设备，还应设置各组被控设备的远方/现地方式选择开关。

6.1.2 当一个系统中有互为备用的两台或两台以上电动机时，应按自动轮换优先启动顺序设计，并应避免两台或多台电动机同时启动。

6.1.3 如果有条件，应使电动机空载或轻载启动；电动机达到额定转速后，再切换油、水、气路，使电动机带负荷运行。

6.1.4 机组辅助设备、全厂公用设备的控制应保证受控参数（液位、液压、气压等）维持在正常范围内。如果受控参数偏离允许范围，应发报警信号。

6.1.5 控制、动力电源消失时，应发报警信号。

6.2 油压系统的自动控制

6.2.1 作为蝶阀、球阀、圆筒阀液压操作系统压力油源的油压装置，当每套设两台油泵时，自动方式下的启动应按互为备用、主备轮换设计。当压力油罐油压降至第一下限时，处于“工作”位置的油泵应自动启动；若油压继续下降至第二下限时，处于“备

用”位置的油泵应自动启动并发信号；当油压恢复至正常时，油泵自动停止。油压下降至第三下限（事故低油压）时，应发信号并关闭蝶阀或球阀。

6.2.2 作为调速器液压操作系统压力油源的油压装置，当每套设两台油泵时，应按互为备用、主备轮换设计。供选择的控制方式有两种：

1 连续运行。机组投入运行时，处于“工作”位置的油泵应启动并连续运转向压力油罐注油。当油压达到正常时，卸荷（旁通）阀切换油泵向回油箱排油，油泵空载运转。压力油罐油压降至第一下限时，油路的阀门再次切换，压力油被注入压力油罐；若油压继续降低至第二下限时，处于“备用”位置的油泵应自动启动并发信号。油压下降至第三下限（事故低油压）时，应启动水力机械事故停机并发信号，参见图 B.1。

2 断续运行。不论机组是否运行，当压力油罐油压降至第一下限时，处于“工作”位置的油泵自动启动；若油压继续下降至第二下限时，处于“备用”位置的油泵应自动启动并发信号；当油压恢复至正常时，油泵自动停止。油压下降至第三下限时，应启动水力机械事故停机并发信号，参见图 B.2。

6.2.3 油压装置应采用自动和手动补气。自动补气由液位信号器与压力信号器实现，当压力油罐油位上升至上限且油压低于额定值时，自动开启补气电磁阀向压力油罐补气；当油压上升至额定值以上或油位降至下限，则补气电磁阀应自动关闭，停止补气。

6.2.4 漏油泵的启停由漏油箱的油位信号自动控制。当油位升至第一上限时启动漏油泵，将漏油箱中的油注入回油箱；当油位降至正常时，停止漏油泵。当油位升至第二上限时发信号。

6.2.5 当轴承油外循环系统设两台油泵时，在机组启动和运行中，处于“工作”位置的油泵自动投入运行。如油流中断，经过一段延时后启动处于“备用”位置的油泵并发信号。

6.2.6 当每套液压减载装置设两台油泵时，则正常情况下投液压

减载装置,应启动处于“工作”位置的油泵,经过延时后,若油压仍过低,应启动处于“备用”位置的油泵并发信号。

6.2.7 在设有重力油箱的电站,重力油箱应设液位信号器,自动控制油泵从润滑油回油箱向重力油箱供油。当装有两台油泵,油位降至第一下限时,应启动处于“工作”位置的油泵;油位降至第二下限时,启动处于“备用”位置的油泵并发信号;油位恢复到正常时,停止油泵。

6.3 压缩空气系统的自动控制

6.3.1 当每套设多台空气压缩机时,应按互为备用、主备轮换设计。当储气罐气压降至第一下限时,处于“工作”位置的空气压缩机应自动启动;若气压继续下降至第二下限时,处于“备用”位置的空气压缩机应自动启动并发信号;当气压恢复至正常时,空气压缩机自动停止。气压下降至第三下限时,应发信号。

6.3.2 储气罐气压过高时,应停止空气压缩机,并发信号。控制电源消失时,应发信号。

6.3.3 空气压缩机启动时,应开启卸荷阀实现空载启动,经延时后关闭卸荷阀。有的空气压缩机在停机时,需打开卸荷阀以实现排污。

6.3.4 当空气压缩机出气管温度过高时,应发信号,并自动停止空气压缩机。

6.3.5 空气压缩机采用水冷却时,用空气压缩机电动机启动器的辅助触头投入或关闭冷却水。运行中,水流中断发信号。

6.4 机组技术供水系统的自动控制

6.4.1 当采用水泵单元(或二次循环)供水方式时,水泵的控制应满足如下要求:

1 工作水泵随着机组的启动而自动启动,并在机组运行期间保持运行。

2 当供水总管的水压下降至整定值时,自动启动备用水泵并发信号。

3 停机完成后,自动停止水泵。

6.4.2 当采用水泵集中供水方式时,水泵的控制应满足如下要求:

1 工作水泵随着供水范围内第一台机组的启动而自动启动,并在机组运行期间保持运行。

2 此后其他一台或多台机组继续启动或退出时,可以选取以下两种方式之一控制水泵的投退:

1) 根据运行机组的总台数投入相应台数的水泵。

2) 根据维持恒定供水压力的原则,投入相应台数的水泵。

6.4.3 当采用自流供水方式时,供水系统机组段的阀门应随机组的启停而自动开启和关闭。

6.4.4 当主供水源发生故障时,备用水源应能自动投入,并自动发信号。供水中断时也应发信号。

6.4.5 水轮机主轴密封润滑主供水系统,应随机组的启停而自动投入和退出。当主供水源发生故障时,备用水源应能自动投入,并自动发信号。供水中断时应停机。

6.4.6 滤水器采用现地手动/自动控制,根据差压信号启动自动排污。当滤水器堵塞时,发报警信号。

6.5 排水系统的自动控制

6.5.1 当厂房集水井水位升至第一上限时,自动启动工作水泵。若水位继续升至第二上限,则启动备用水泵并发信号。当水位降至正常时,停止水泵运行。水位升至第三上限发信号,水位低于停泵水位且水泵仍处于运行状态时延时发信号。

如果排水系统的水泵为3台或更多、水位上限超过4个,则应参考上述原则,按自动轮换的优先顺序启动水泵。

6.5.2 检修排水泵如果按自动控制设计,采用本规范6.5.1条中的

相关规定。

6.5.3 水轮机顶盖排水泵控制,采用本规范 6.5.1 条中的相关规定。

6.5.4 水泵启动前应自动充水或注润滑水(如果水泵有此要求的话),水泵启动结束转入正常运行后延时停止充水或注水。

6.5.5 宜设置两套不同原理的液位计或液位变送器。

6.6 防水淹厂房系统

6.6.1 厂房最低层(含操作廊道)设置不少于 3 套水位信号器。

6.6.2 每套水位信号器至少包括 2 对触头输出。当水位达到第一上限时报警,当同时有 2 套水位信号器第二上限信号动作时,作用于紧急事故停机(见本规范 4.2.12 条)并发水淹厂房报警信号,启动厂房事故广播系统,抽水蓄能机组还需关闭尾水闸门。

6.6.3 按照本规范 3.1.1 条的要求,设置能够远方紧急关闭上游侧事故闸门和尾水侧事故闸门(抽水蓄能电站)的按钮。

6.7 变压器冷却系统的自动控制

6.7.1 油浸强迫风冷变压器和干式强迫风冷变压器运行时,应投入风扇。风扇停止后,允许的负载和运行时间应符合制造厂的要求。

6.7.2 强迫油循环风冷变压器的自动控制应按以下原则设计:

1 每个冷却器设有一台潜油泵及数台风扇电动机,以切换开关位置来选择冷却器的工作状态(工作、断开、辅助、备用)。

2 投入变压器时,工作冷却器同时自动投入。

3 变压器在运行中,其冷却系统应按负载和温度情况自动投入或切除相应数量的冷却器。

4 运行中的工作冷却器或辅助冷却器发生故障时,备用冷却器自动投入,自动发报警信号。

5 冷却器系统由两个交流电源供电,当工作电源发生故障

时,自动投入备用电源并发信号。

6.7.3 强迫油循环水冷变压器自动控制除应按本规范第 6.7.2 条执行外,还应满足以下原则:

1 工作冷却器投入前必须先建立油压,反映已建立油压及油流的信号器动作后,自动打开工作冷却水电磁阀。

2 运行中油压应始终高于水压,若油压下降或水压升高,致使其差压小于整定值时,差压信号器作用于退出该工作冷却器,投入备用冷却器,同时发出信号。

7 励磁系统及电制动设备

7.1 励磁系统的选择

7.1.1 励磁系统应满足发电机及电力系统不同运行工况和事故情况下的要求。

7.1.2 励磁系统应优先选用自并励静止整流励磁方式。

7.1.3 静止整流励磁系统的有关参数及技术条件,应符合 DL/T 583《大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置技术条件》的有关规定。

7.2 励磁系统主回路

7.2.1 晶闸管整流单元应选用三相全控整流桥。

7.2.2 晶闸管桥交/直流侧可装设隔离开关。

7.2.3 自动励磁调节器宜配置专用的准确等级为 0.5 级的电压互感器绕组和电流互感器绕组。电压互感器二次侧宜装设带位置信号触头的微型断路器。

对于双通道励磁调节器,电压信号应取自不同的电压互感器。

7.2.4 晶闸管整流元件冷却方式宜选用强迫风冷。对于大型机组,可采用密闭强迫风冷系统。冷却风机的电源应设置两路,互为备用。

7.2.5 自并励励磁系统一般设以下电气测量项目:

- 1 励磁电流。
- 2 励磁电压。
- 3 定子电压。

4 机组无功功率。

5 功率柜直流电流。

7.2.6 晶闸管桥交流电缆应按下列原则选择:

1 晶闸管桥交流电缆工作电流按下式估算

$$I = (0.9 \sim 1.1) I_{\text{IR}} \quad (7.2.6)$$

式中: I_{IR} ——发电机额定励磁电流, A。

2 晶闸管桥交流电缆宜选用三芯电力电缆,并保证引至各晶闸管桥的电缆长度相等。

7.2.7 励磁主回路直流电缆的工作电流按发电机最大持续励磁电流考虑,电缆允许的最高工作电压应不低于发电机最大持续励磁电压。

7.2.8 励磁的正、负极回路严禁合用一根电缆。交/直流电缆的选择还应考虑敷设系数及谐波等因素。

7.2.9 励磁变压器宜选用防潮干式变压器,绝缘不低于 F 级,各相绕组的温升不应超过规定的限值;根据使用条件和容量要求,选用三相式或单相式变压器。励磁变压器的容量可按下列公式估算:

$$S = 1.41 \times U_p \times I_{\text{ER}} \quad (7.2.9)$$

式中: U_p ——励磁系统顶值电压, V;

I_{ER} ——励磁系统额定电流, A。

7.2.10 励磁变压器宜采用自冷方式,在自冷方式不能满足变压器冷却要求时,采用强迫风冷。

7.2.11 励磁变压器一次侧和二次侧之间宜设置接地屏蔽层。

7.2.12 如励磁变压器直接从主变压器低压侧引出,宜在励磁变压器低压侧设置可抽出式交流断路器。

7.3 励磁回路灭磁及保护设置

7.3.1 励磁系统应装设自动灭磁装置,正常停机和电气事故停机时,宜采用逆变方式灭磁。电气事故时,应采用线性电阻或非

线性电阻灭磁方式。采用线性电阻或非线性电阻灭磁方式时，可以是磁场断路器与灭磁电阻组合；也可以是整流器阳极交流断路器与灭磁电阻组合。

7.3.2 采用线性电阻放电的灭磁方式时，其灭磁电阻约为发电机转子绕组 75℃时电阻值的 2 倍~3 倍。

7.3.3 采用非线性电阻放电的灭磁方式时，非线性电阻的工作容量按机组内部三相短路和空载强励两种情况中较严重的考虑。最严重灭磁工况下，需要非线性电阻承受的耗能容量不超过其工作容量的 80%。

7.3.4 晶闸管整流元件应设以下类型的保护：

- 1 交/直流侧操作过电压保护。
- 2 晶闸管整流元件换相过电压保护。
- 3 过载及直流侧短路或元件本身短路的过电流保护。

7.3.5 励磁系统应装设转子回路过电压保护装置。过电压保护装置可采用非线性电阻、晶闸管跨接器等型式。

7.3.6 励磁系统应能配合转子接地保护，预留转子接地保护采样装置的安装位置。

7.4 起励方式和起励电源

7.4.1 水轮发电机组的起励方式可采用交流起励、直流起励、残压起励。可按照起励电流为发电机空载励磁电流的 10%设计起励回路。

7.4.2 有“黑启动”要求的机组，应具备直流起励方式。

7.5 电 制 动

7.5.1 发电机采用电制动宜选用三相直接短路方式。

7.5.2 电制动的励磁电源可采用以下两种方式获得：

1 当励磁变压器直接接于发电机机端时，电制动励磁电源取自厂用电。宜设置独立的电制动变压器，电制动的整流桥或独立

设置或利用正常运行的励磁整流桥。

2 当发电机机端设有断路器，且励磁变压器直接接于主变压器低压侧时，由励磁变压器和励磁整流桥兼做电制动变压器和整流桥。

参见图 C.1。

7.5.3 机组电制动的操作应纳入机组自动控制程序。根据获得电制动电源的方式，操作回路分别按以下各款的要求设计。

1 机组电制动与机组励磁系统共用励磁变压器，两者由同一电源供给，其操作步骤如下：

- 1) 机组出口断路器分闸与系统解列。
- 2) 转子绕组灭磁。
- 3) 机组电制动短路开关合闸。
- 4) 触发整流桥晶闸管导通，机组进入电制动状态。
- 5) 当机组的转速为零时，电制动解除（如采用联合制动，在转速达到 5%~10%的额定转速时，投入机械制动），由机组停机完成信号使机组恢复至开机准备状态。

2 机组电制动励磁电源取自厂用电，设置独立的变压器（或三绕组变压器独立的一次绕组），其操作步骤如下：

- 1) 机组出口断路器分闸与系统解列。
- 2) 转子绕组灭磁。
- 3) 励磁变压器二次侧的电源开关分闸。
- 4) 机组电制动短路开关合闸。
- 5) 电制动变压器二次侧的电源开关合闸。
- 6) 触发整流桥晶闸管导通，机组进入电制动状态。
- 7) 当机组的转速为零时，电制动解除（如采用联合制动，在转速达到 5%~10%的额定转速时，投入机械制动），由机组停机完成信号使机组恢复至开机准备状态。

7.6 励磁系统控制接线

7.6.1 机组起励建压应设自动和现地手动两种操作方式，现地手动方式仅用于调试。机组转速由静止升至90%~95%额定转速时，自动或手动投起励装置。当发电机建压至整定值时，起励装置自动复归。

7.6.2 晶闸管桥交/直流侧隔离开关（如果有的话）应采用现地手动分/合闸操作方式。

7.6.3 磁场断路器应设有自动和现地手动两种分/合闸控制方式，其自动控制应纳入机组自动控制程序之中：

- 1 磁场断路器的自动合闸操作由机组开机信号联动。
- 2 磁场断路器的自动分闸操作由电气事故引出信号触头或逆变失败引出信号触头联动。

7.6.4 晶闸管桥整流元件冷却风机应能实现自动和现地手动控制。机组开机时由开机信号联动投入，机组停机时由停机信号延时联动切除。

7.6.5 励磁系统一般应设置下列状态信号：

- 1 磁场断路器分/合闸位置信号。
- 2 起励开关或接触器分/合闸位置信号。
- 3 冷却风机运行状态信号。

7.6.6 励磁系统应设置下列报警信号：

- 1 调节器用稳压电源消失或故障。
- 2 励磁系统操作控制回路电源消失。
- 3 励磁绕组回路过电压保护动作。
- 4 功率整流器柜冷却系统和风机电源故障。
- 5 功率整流器熔断器熔断。
- 6 触发脉冲消失。
- 7 起励失败。
- 8 调节通道切换动作。

9 各种限制器动作。

10 电压互感器断线。

11 励磁变压器温度过高。

12 调节器故障信号。

报警信号一般应在现地有指示，同时还应发送到监控系统。

7.7 自动励磁调节器的选型

7.7.1 励磁系统应设置两套独立的调节通道。两套独立调节通道可以是双自动通道（至少一套含有手动调节功能），也可以是一个自动通道加一个手动通道。

7.7.2 励磁系统采用的两套调节通道应互为热备用、相互自动跟踪，应能手动切换，运行通道故障时和电压互感器断线时均能自动切换至备用通道。

励磁系统调节通道设有自动/手动运行方式时，应具有双向跟踪、切换功能。

7.7.3 自动励磁调节器应设有最大励磁电流限制器、强励反时限限制器、过励限制器、欠励限制器、 U/f 限制器和电力系统稳定器等辅助功能。根据需要，可以配置其他类型的辅助功能单元。

8 同步系统

8.1 同步方式和同步点的选择

8.1.1 所有发电机断路器以及发电机—变压器组高压侧断路器（当发电机出口无断路器时）均应作为同步点。

上述同步点应采用自动准同步作为正常的同步并列方式，手动准同步作为备用的同步并列方式。

8.1.2 升压三绕组变压器或具有三级电压的升压自耦变压器，与电源相连接的各侧断路器均作为同步点。

双绕组升压变压器或者联络变压器一般有一侧断路器作为同步点即可，但如有一侧或两侧接两台或两台以上断路器，则变压器两侧断路器均作为同步点。

8.1.3 母线分段断路器、联络断路器及旁路断路器均应作为同步点。

8.1.4 接在单母线上的对侧有电源的线路断路器均应作为同步点。

8.1.5 35kV及以上电压等级的系统主要联络线，其线路断路器应作为同步点。

8.1.6 多角形接线、桥形接线和一倍半接线的所有断路器均应作为同步点。

8.1.7 除发电机和发电机—变压器组以外的同步点采用捕捉同步为主、手动准同步为辅的同步方式外，这些同步点的同步装置还应当具备同频合环的功能。

8.1.8 待并两侧电源的二次电压有相角差时，应采用隔离变压器或转角变压器予以补偿，或采用带有相角补偿功能的同步装置。

8.1.9 自动和手动准同步装置应安装独立的同步鉴定闭锁继电器。

8.2 手动准同步

8.2.1 检查同步条件宜采用带频差、电压差、相角差显示的组合同步表。组合同步表通常装在现场控制盘的控制面板上，并应配投切开关。

8.2.2 各同步点断路器手动合闸回路，必须经过相应的同步切换开关触头（或继电器触头）加以闭锁。对于集中装设一套同步闭锁装置而出现全厂共用的同步闭锁小母线的情况，在接线中还应将同步闭锁小母线两侧均经同步切换开关的触头（或继电器触头）闭锁。

8.2.3 每台发电机或发电机—变压器组宜设置一套手动准同步装置，其他各同步点宜合用准同步装置。

8.3 自动准同步

8.3.1 应选用具有自动调频和调压功能的自动准同步装置，调频和调压功能可设置投退。

8.3.2 每台机组宜设置一套自动准同步装置。

8.3.3 抽水蓄能电厂的机组自动准同步装置的选型和参数设定，应与机组水泵工况的启动并网方式相适应，必要时应配置多套参数，以适应抽水、发电等不同工况并网的要求。

9 黑启动

9.1 黑启动方式

9.1.1 黑启动方式分为以下两种：

- 1 利用柴油发电机实现黑启动。
- 2 利用电厂直流系统实现黑启动。

9.2 黑启动流程

9.2.1 利用柴油发电机实现黑启动的流程如下：

- 1 断开主变压器高压侧断路器。
- 2 启动柴油发电机，将被启动机组自用电切换至由柴油发电机回路供电。
- 3 合发电机出口断路器，按机组黑启动顺控逻辑开机。
- 4 开机成功后，厂用电切换为由水轮发电机供电。
- 5 切除柴油发电机。
- 6 按调度要求向系统供电。

9.2.2 利用电厂直流系统实现黑启动的流程如下：

- 1 断开主变压器高压侧断路器。
- 2 合发电机出口断路器，按机组黑启动顺控逻辑开机（如机组推力轴承有液压减载要求，则启动直流油泵）。
- 3 开机成功后，恢复厂用电，启动机组辅助设备。
- 4 按调度要求向系统供电。

附录 A 机组开停机流程举例

混流式机组开机流程举例如图 A.1 所示。

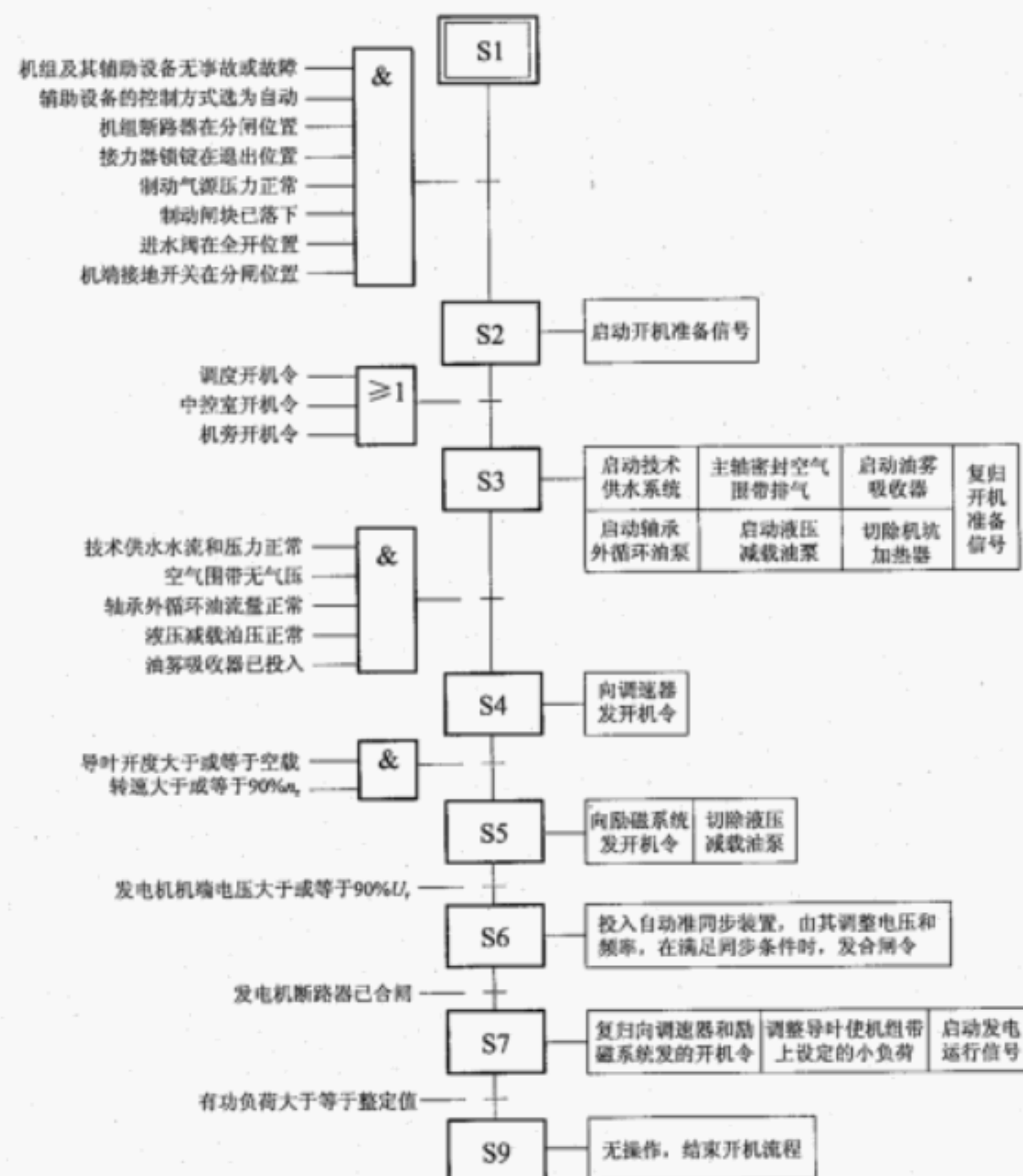


图 A.1 混流式机组开机流程举例

混流式机组正常停机流程举例如图 A.2 所示。

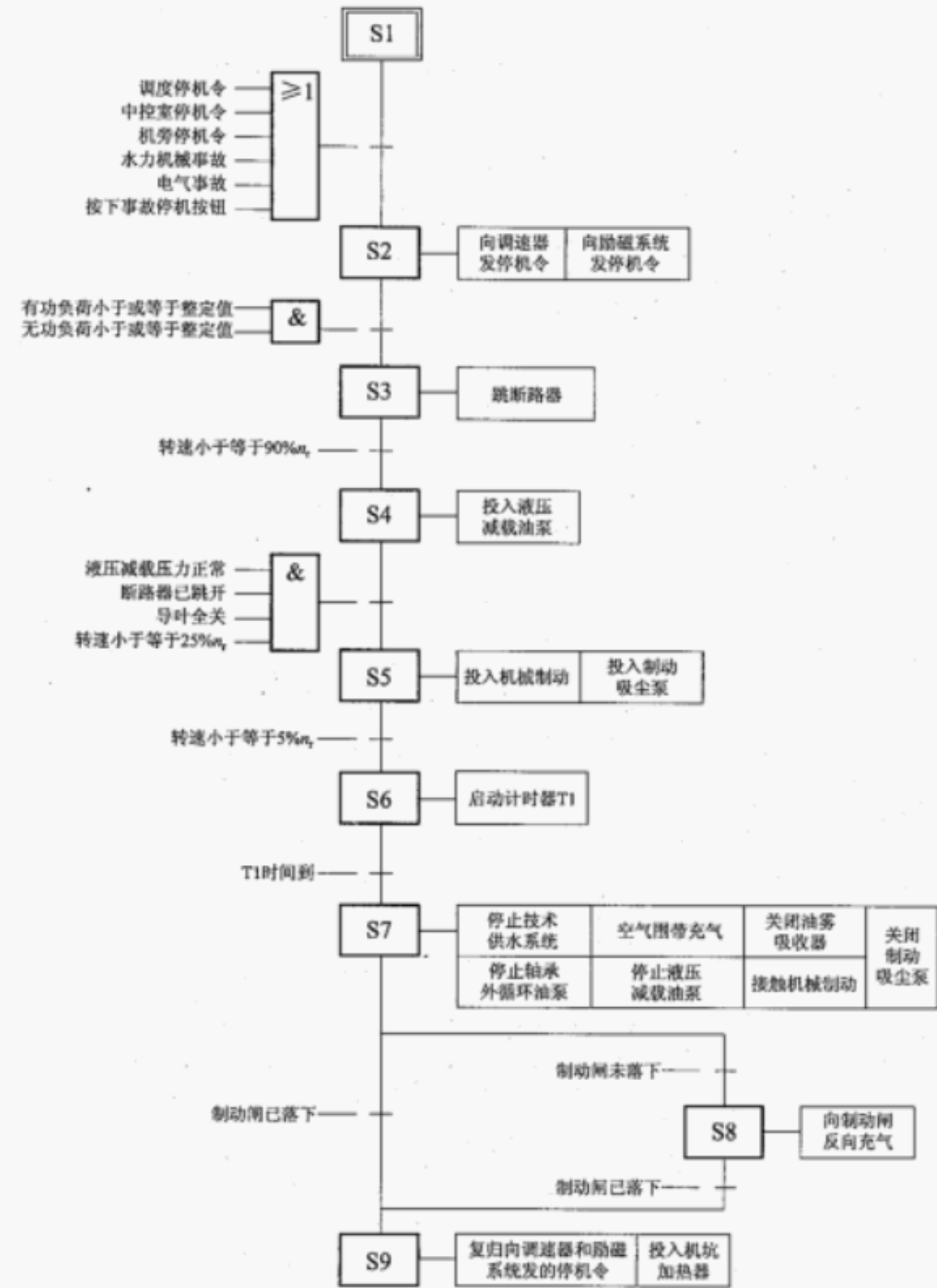


图 A.2 混流式机组正常停机流程举例

混流式机组水力机械事故保护和紧急事故停机启动条件（设超速限制器时）如图 A.3-1 所示。

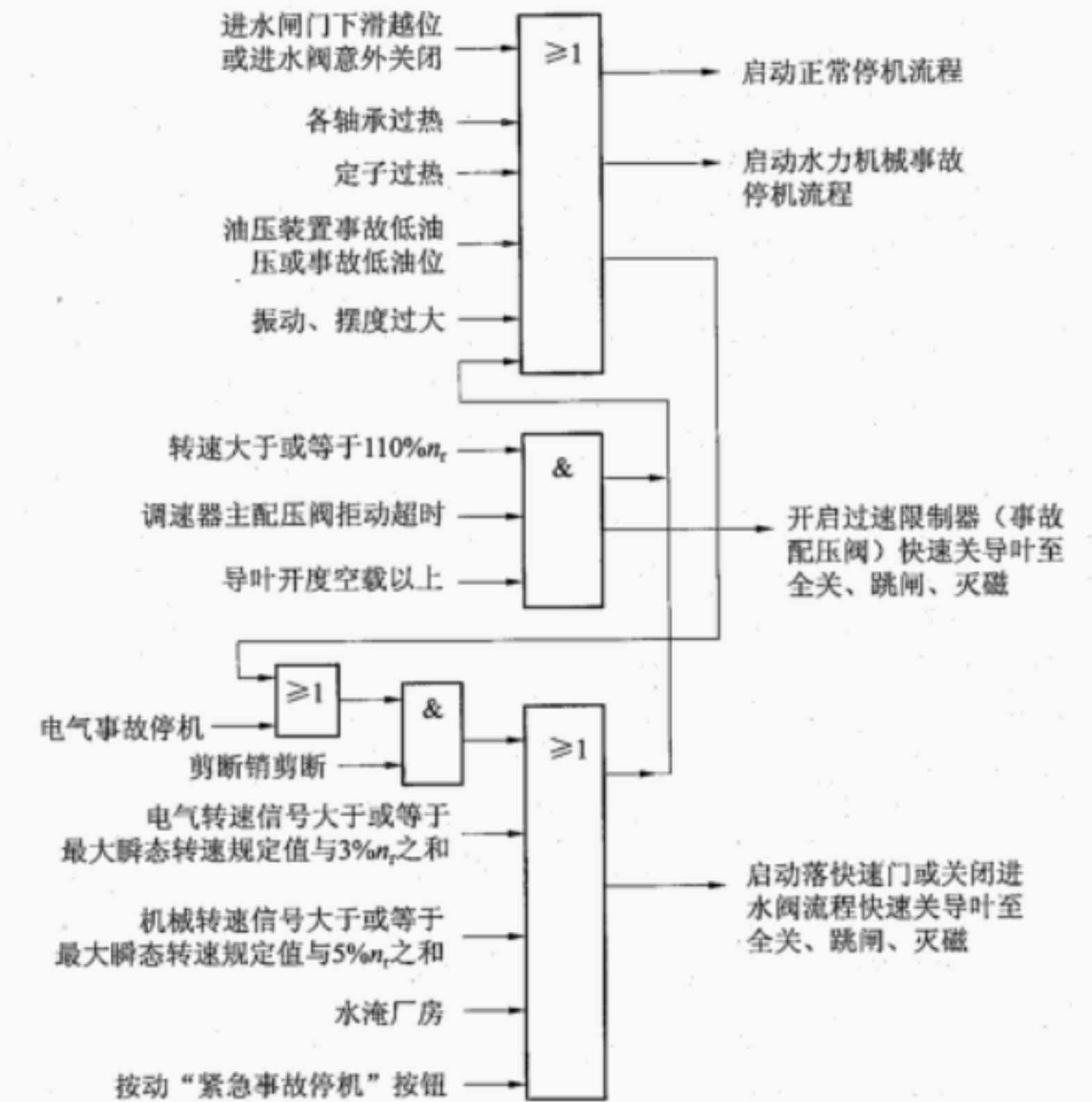


图 A.3-1 混流式机组水力机械事故保护和紧急事故停机启动条件（设超速限制器时）

混流式机组水力机械事故保护和紧急事故停机启动条件（不设超速限制器时）如图 A.3-2 所示。

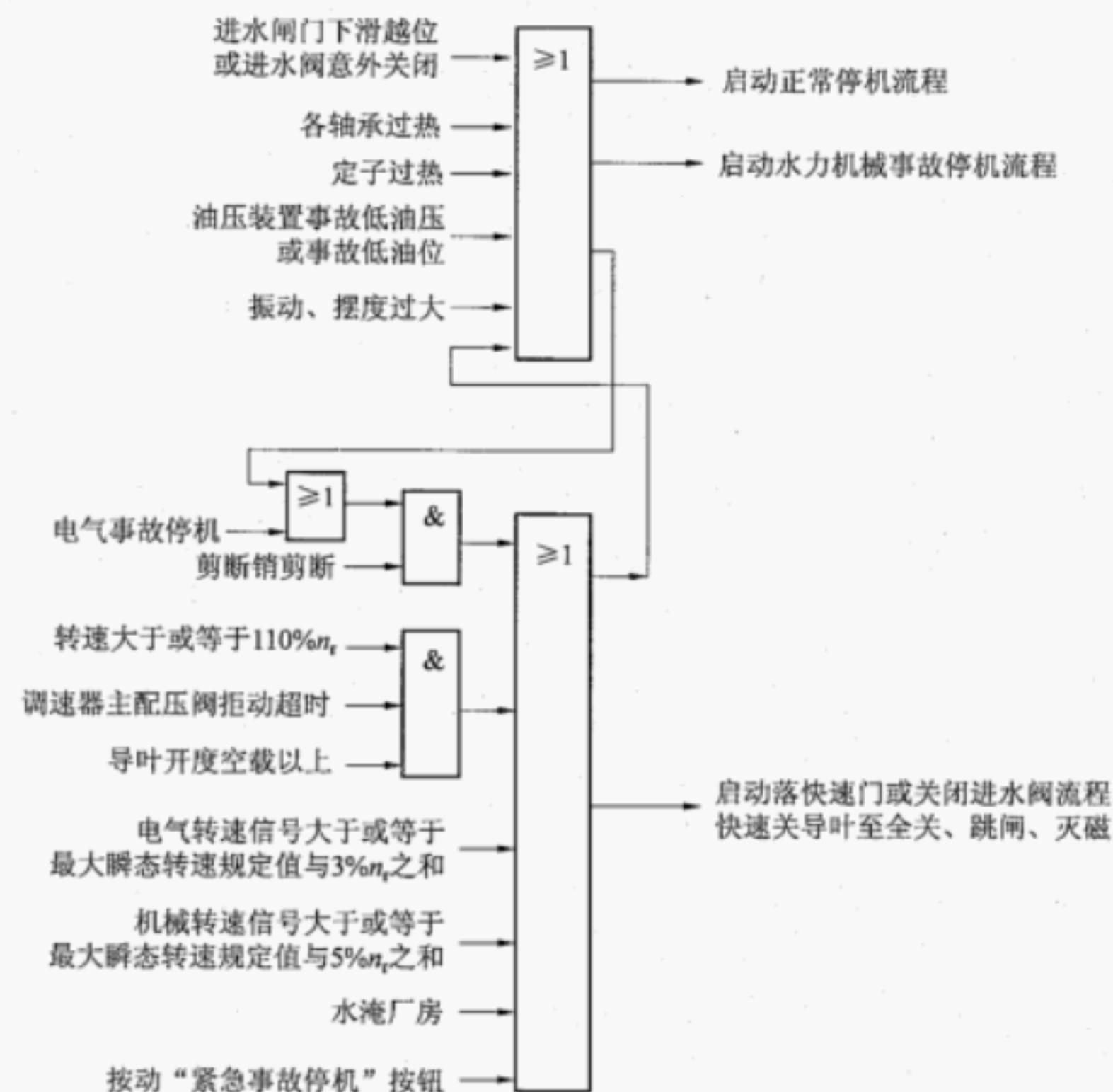


图 A.3-2 混流式机组水力机械事故保护和紧急事故停机

启动条件（不设过速限制器时）

混流式机组水力机械事故停机流程举例如图 A.4 所示。

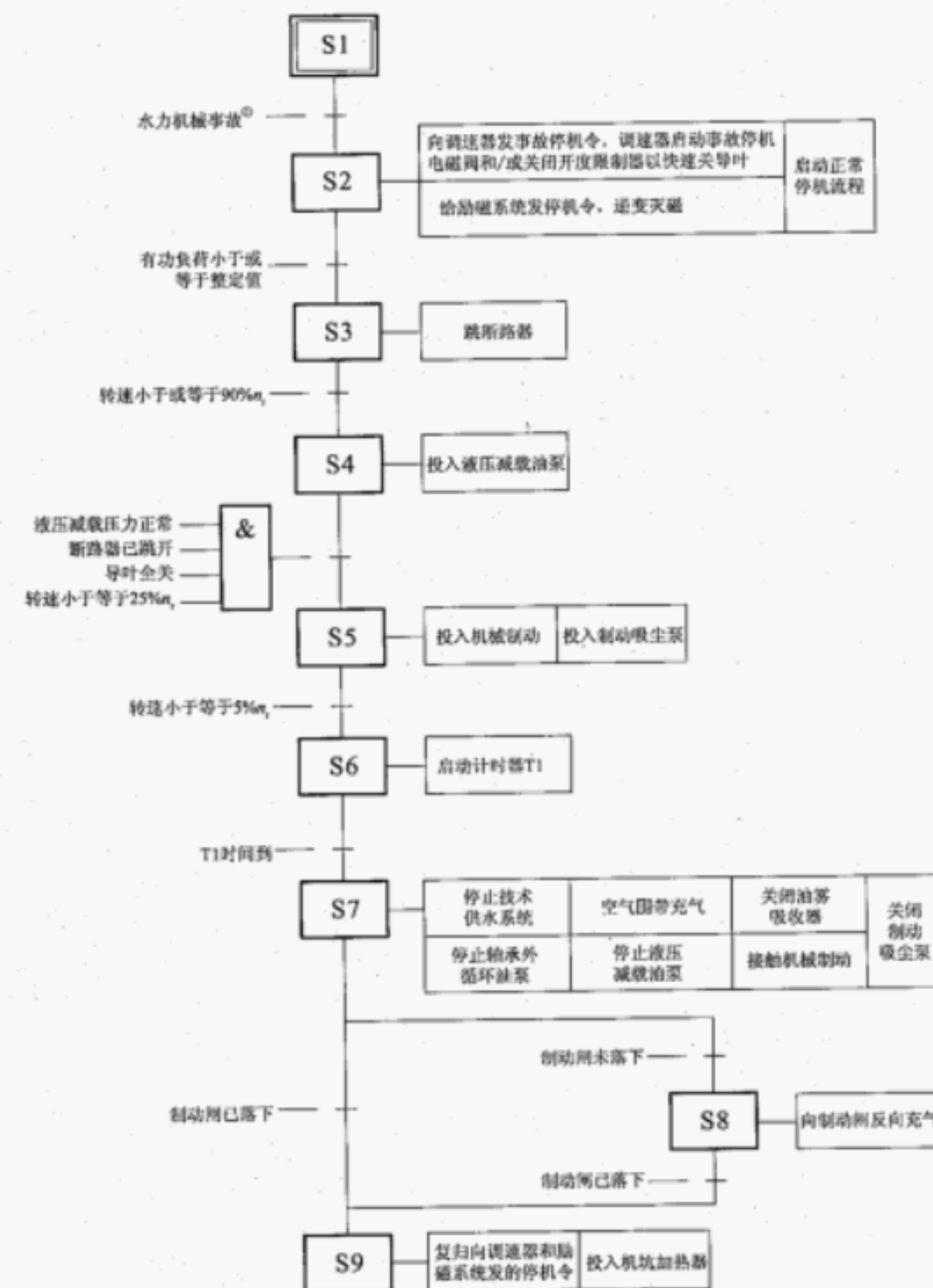


图 A.4 混流式机组水力机械事故停机流程举例

① 水力机械事故的定义同图 A.3-1 和图 A.3-2 的

“启动水力机械事故停机流程”的条件。

混流式机组电气事故停机流程举例如图 A.5 所示。

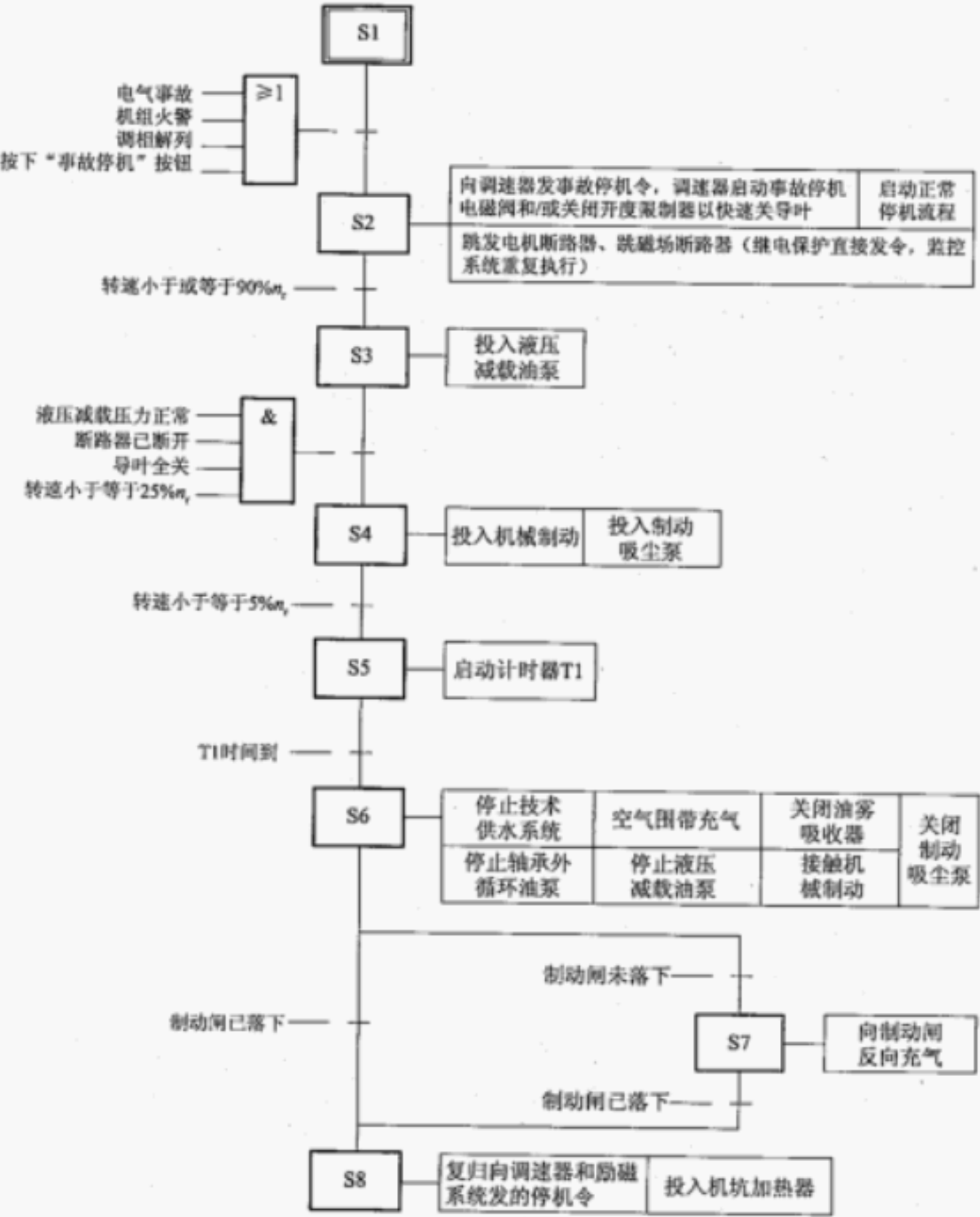


图 A.5 混流式机组电气事故停机流程举例

混流式机组后备 PLC 水力机械事故停机流程举例如图 A.6 所示。

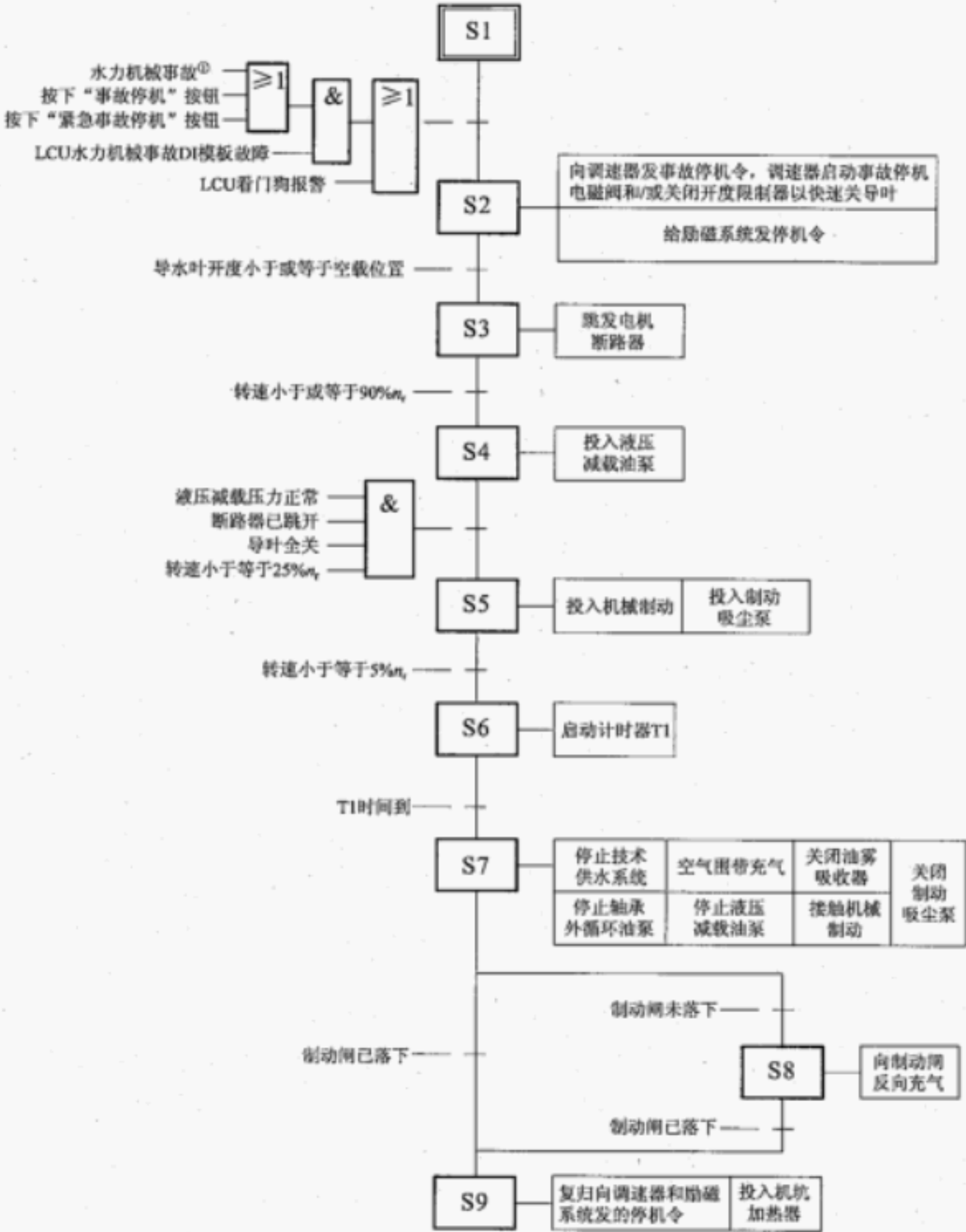


图 A.6 混流式机组后备 PLC 水力机械事故停机流程举例

① 水力机械事故的定义同图 A.3-1 和图 A.3-2 的“启动水力机械事故停机流程”的条件，但所有输入均为独立的触点。

附录 B 机组辅助设备、全厂公用设备的控制流程举例

油压装置连续运行方式流程举例如图 B.1 所示。

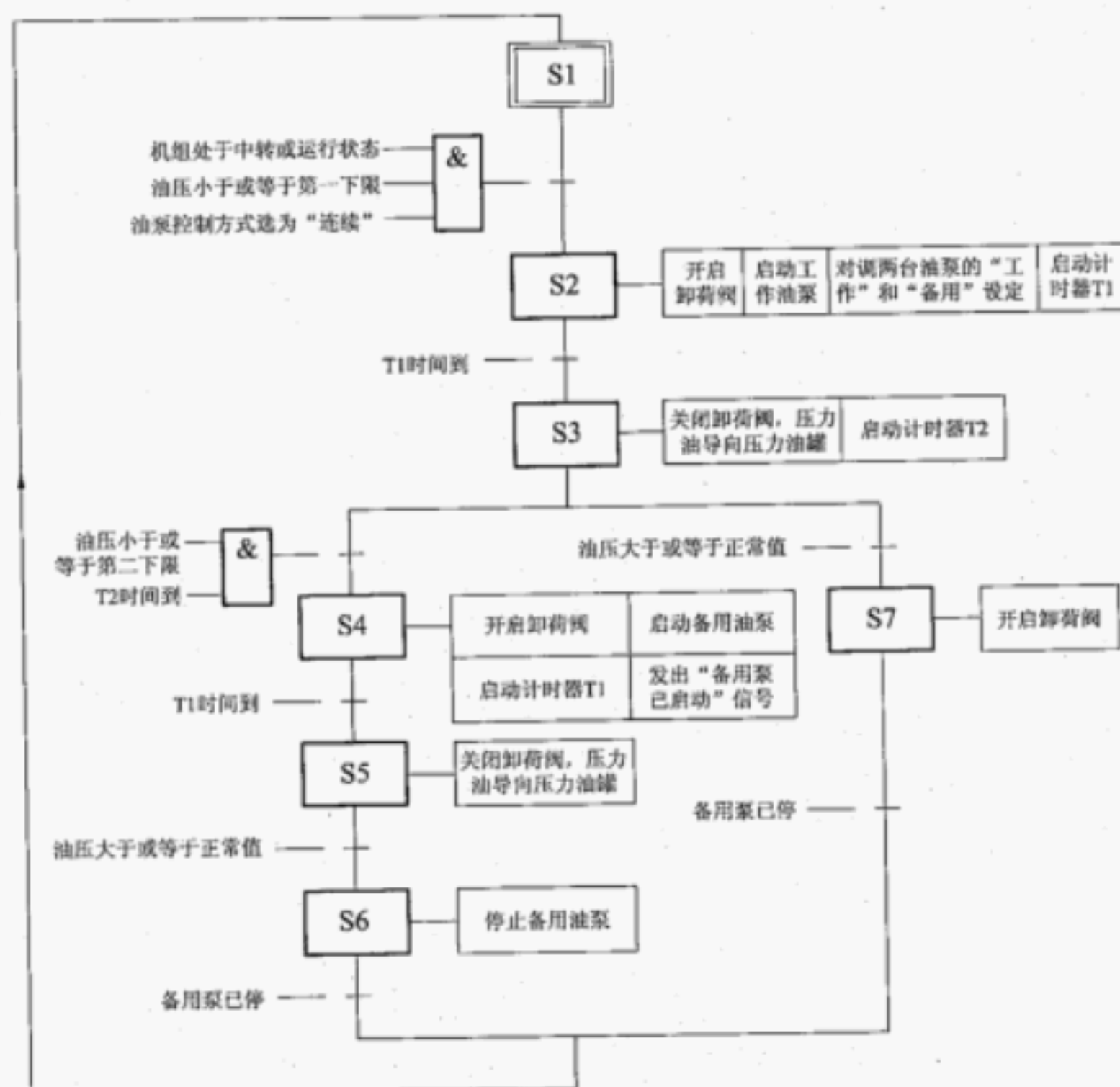


图 B.1 油压装置连续运行方式流程举例

油压装置断续运行方式流程举例如图 B.2 所示。

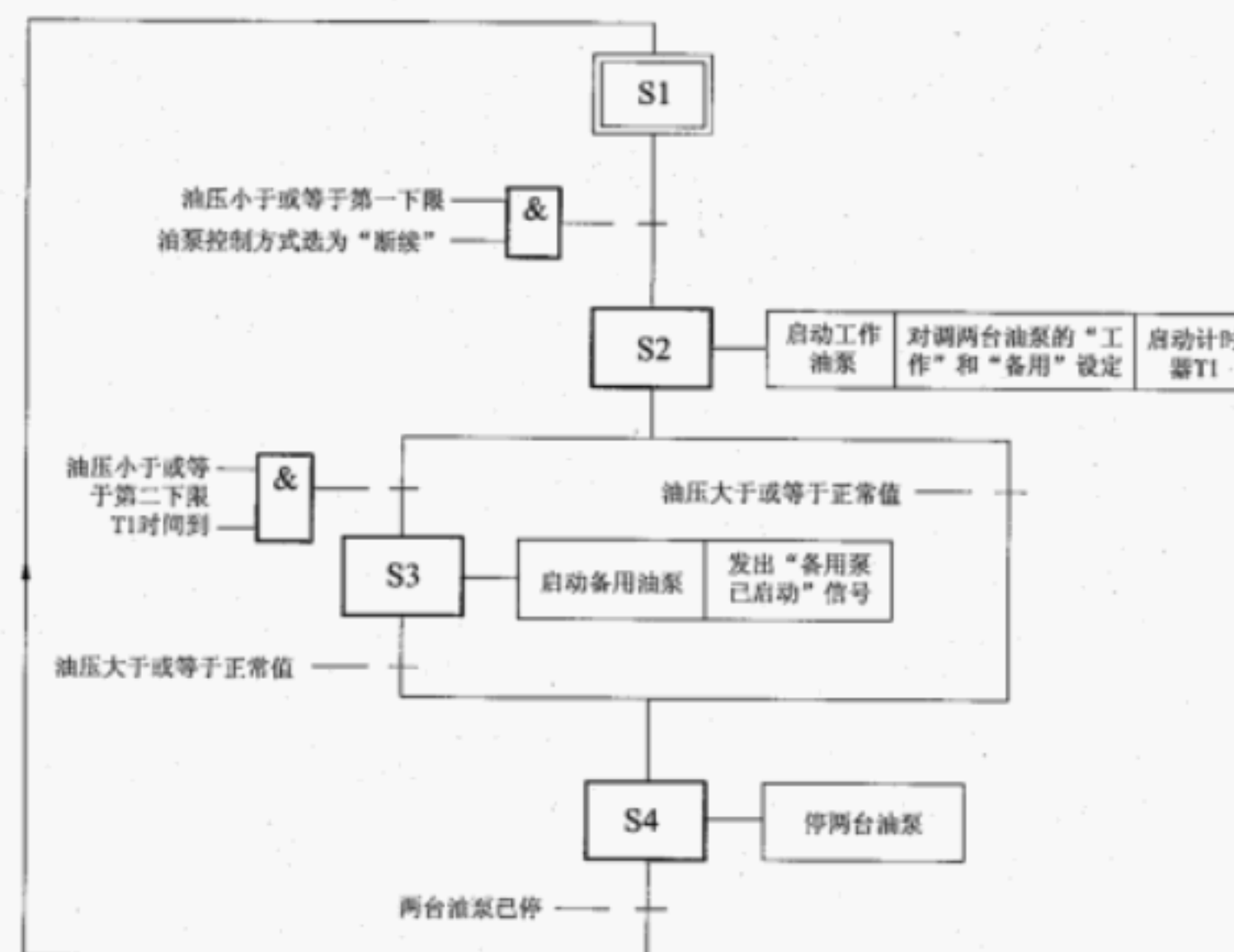


图 B.2 油压装置断续运行方式流程举例

空气压缩机控制流程举例如图 B.3 所示。

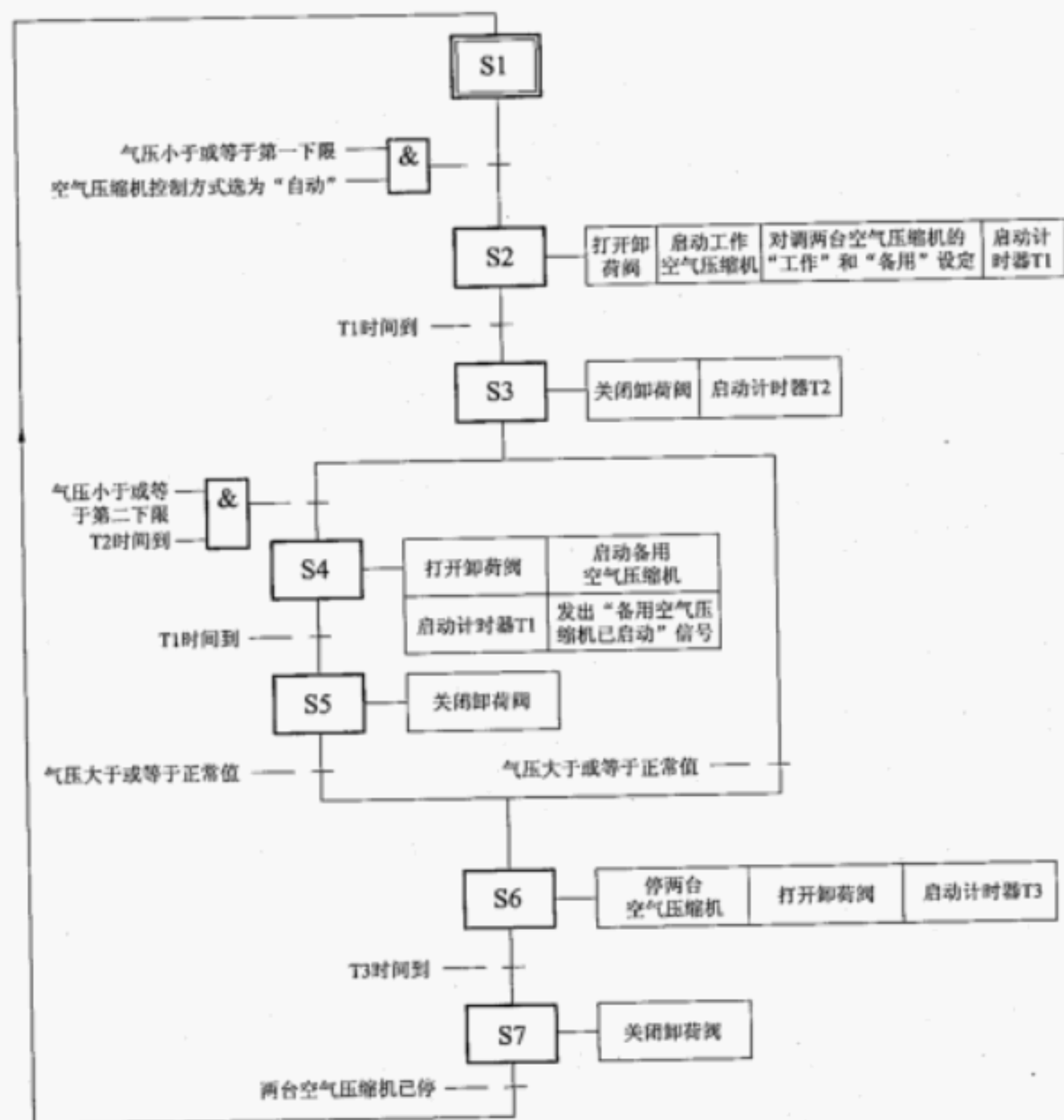


图 B.3 空气压缩机控制流程举例

渗漏排水装置控制流程举例如图 B.4 所示。

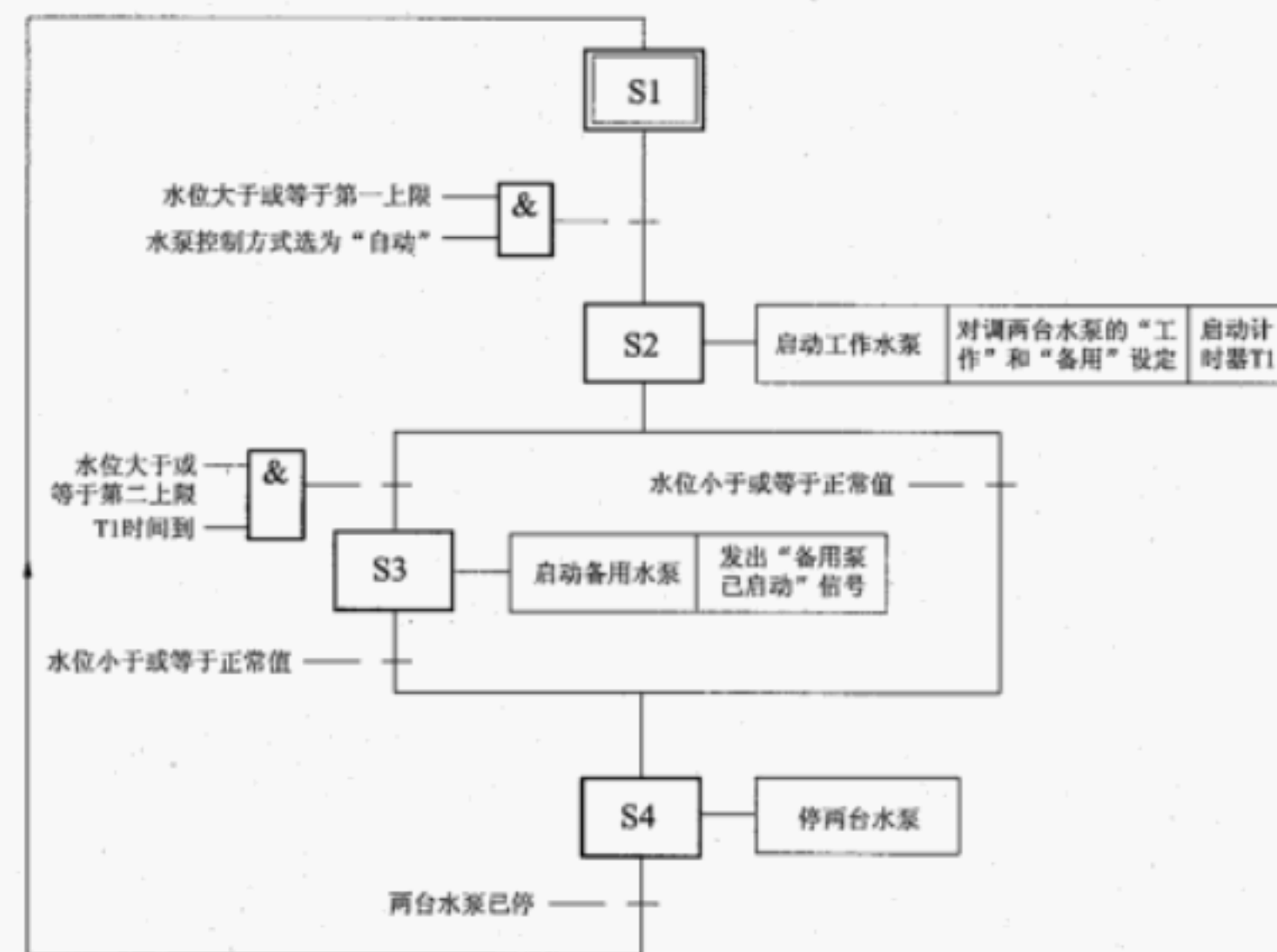


图 B.4 渗漏排水装置控制流程举例

附录C 电制动的励磁电源

电制动励磁电源的各种获取方式如图 C.1 所示。

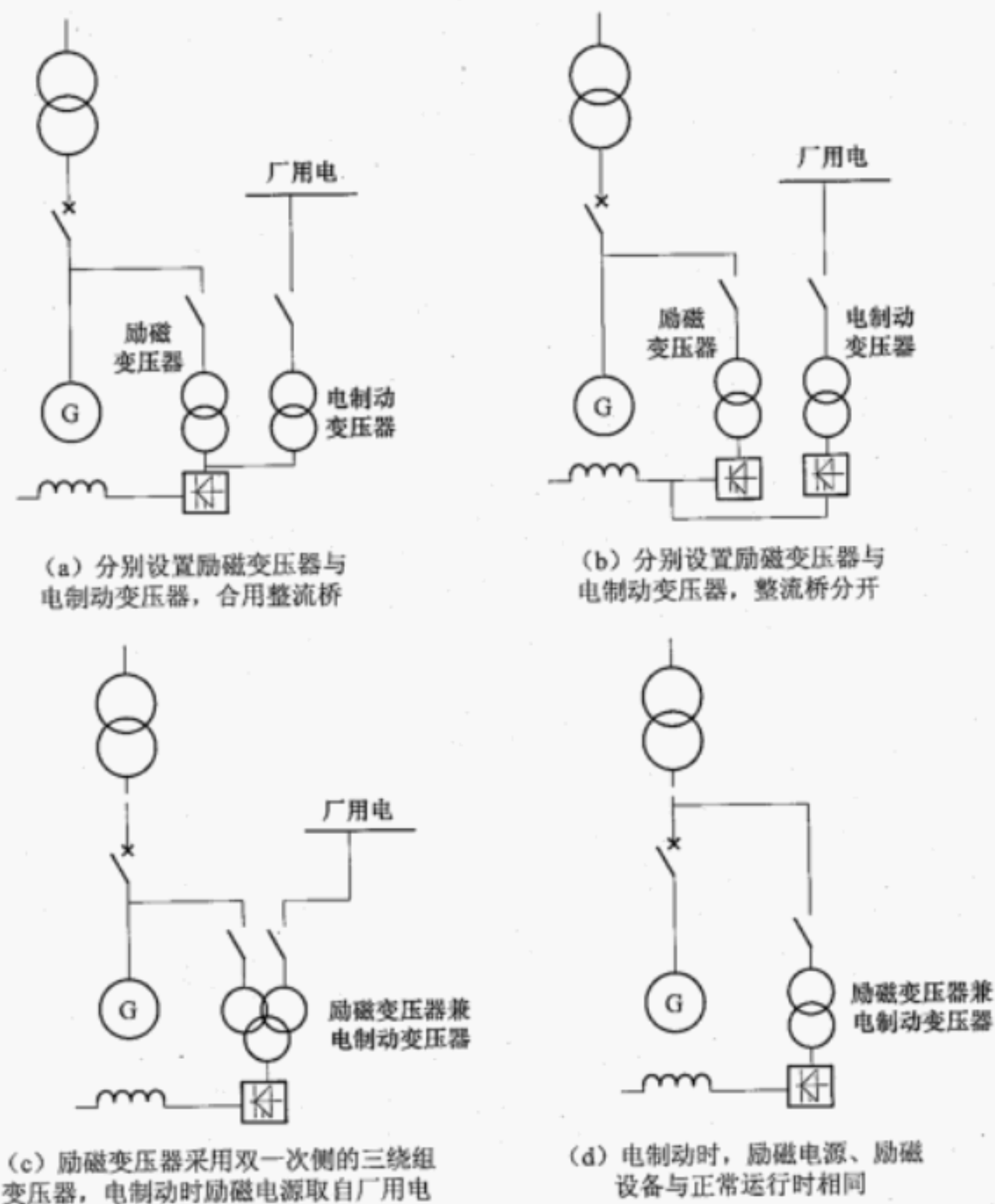


图 C.1 电制动励磁电源的各种获取方式

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

GB/T 2900.49 电工术语 电力系统保护

GB/T 11805 水轮发电机组自动化元件(装置)及其系统基本技术条件

DL/T 5039 水利水电工程钢闸门设计规范

DL/T 5065 水力发电厂计算机监控系统设计规范

DL/T 5186 水力发电厂机电设计规范

DL/T 5413 水力发电厂测量装置配置设计规范

DL/T 572 电力变压器运行规程

DL/T 583 大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置技术条件

DL/T 1040 电网运行准则

中华人民共和国能源行业标准

水力发电厂自动化设计技术规范

NB / T 35004 — 2013

代替 DL / T 5081 — 1997

条文说明

目 次

1 总则	60
2 术语	61
3 机组事故闸门、蝶阀、球阀和圆筒阀	63
3.1 事故闸门的自动控制	63
3.2 蝶阀的自动控制	63
3.3 球阀的自动控制	63
3.4 圆筒阀的自动控制	64
4 水轮发电机组	65
4.1 调速器和自动化元件的选型、配置及功能	65
4.2 水轮发电机组的自动控制	66
5 可逆式抽水蓄能机组	68
5.1 可逆式抽水蓄能机组抽水工况的启动方式	68
5.2 可逆式抽水蓄能机组的工况转换	68
5.3 可逆式抽水蓄能机组抽水及抽水调相工况的启动控制	69
5.4 机组从抽水工况转静止及直接转发电的控制	70
6 机组辅助设备、全厂公用设备	71
6.1 一般规定	71
6.2 油压系统的自动控制	71
6.3 压缩空气系统的自动控制	71
6.4 机组技术供水系统的自动控制	72
6.5 排水系统的自动控制	72
6.6 防水淹厂房系统	72
6.7 变压器冷却系统的自动控制	72
7 励磁系统及电制动设备	73
7.2 励磁系统主回路	73

7.3 励磁回路灭磁及保护设置	74
7.4 起励方式和起励电源	74
7.5 电制动	74
7.6 励磁系统控制接线	75
7.7 自动励磁调节器的选型	75
8 同步系统	76
8.1 同步方式和同步点的选择	76
8.2 手动准同步	76
8.3 自动准同步	76

1 总 则

1.0.2 考虑到大容量水电机组的大量投产,本规范适用的机组容量调整为 10MW~800MW。

1.0.3 DL/T 5081—1997 中,与本条第一项对应的内容为“机组快速(事故)闸门、蝶阀、球阀、筒形阀的自动控制”,含义不够清晰。本次修订为“事故闸门”,指所有动水可关闭的进水口闸门,包括快速闸门。

考虑到电力系统在黑启动过程中对水电厂快速反应的要求,增加了黑启动的内容。

1.0.4 第 3 款为新增,强调不同规模的电厂,自动化水平应当有所不同。

2 术 语

本章是根据住房和城乡建设部的《工程建设标准编写规定》的要求新增的。

2.0.1、2.0.2 在 GB/T 2900.49—2004 中,“故障”对应于英文的 fault,“异常”对应于英文的 abnormality。但是我国的设计、运行部门的习惯用语中,“事故”对应于英文的 fault,“故障”对应于英文的 abnormality。本规范仍按照我国的习惯,采用“事故”和“故障”的传统含义。

2.0.7 国家电力监管委员会(简称电监会)电监安全(2009)58 号文件《关于吸取俄罗斯萨扬事故教训,进一步加强安全监督管理的意见》要求:“应根据水电站的重要性及规模,考虑机组保护和控制装置采用‘失电动作’规则的必要性,在机组的保护和控制回路电压消失时,相关保护和控制能够自动动作关闭导水机构。”事实上,西方国家实现无人值班的水电厂,普遍采用“失电停机”的设计原则,以实现“故障导向安全”(fail-safe)。重新投产的萨扬水电厂 6 号机的重大改进之一就是在调速器失去电源时保证关闭导水叶。

2.0.8 黑启动的定义参考了 IEC 和 IEEE 标准及 DL/T 1040。

利用直流油泵液压减载启动机组是实现黑启动的方式之一,利用柴油发电机也是实现黑启动的方式之一,有时作为首选或默认方式。

2.0.9 国外有的厂家将中转状态称为 standstill,机组和辅助设备全部静止的状态称为 stop。有的厂家将此种工况称为 transfer stop,机组和辅助设备全部静止的状态称为 standstill。考虑到 standstill 是 stop 的同义词,不能反映“辅助设备已启动”,所以本规范

采用 transfer stop 作为“中转状态”的英译。我国传统的水电厂设计中，不把中转状态作为一个独立工况来处理，辅助设备的投退只是开停机流程的一步或几步。

2.0.10 本定义取自 DL/T 5039。列出的目的是澄清“事故闸门”和“快速闸门”的概念，强调后者是前者的子集。

3 机组事故闸门、蝶阀、球阀和圆筒阀

3.1 事故闸门的自动控制

3.1.1 根据电监安全〔2009〕58号《关于吸取俄罗斯萨扬水电站事故教训，进一步加强水电站安全监督管理的意见》中“水电站设计有快速事故闸门的，应当在中控室能够进行人工紧急关闭”的要求，增加了“在中控室和机旁设置独立于监控系统事故闸门紧急关闭按钮及回路”的规定，将设置紧急关闭按钮及回路的规定延伸到了普通事故闸门。普通事故闸门虽然不能快速关闭，但在事故情况下关闭仍可起到防止事故扩大化的作用。

引水式电站的引水渠或引水洞往往达数千米，甚至更长。其首端闸门的操作设备相对独立，关闭措施应视具体情况而定，不一定采用硬接线接至闸门的控制回路。

3.1.2 根据 DL/T 5039，充水平压方式增加了“节间充水”。

3.1.7 根据工程实际，在制动器类型中新增了“电动液压推杆”。

3.1.9 本条根据反馈意见新增。

3.2 蝶阀的自动控制

3.2.8 本条根据“失电停机”的原则新增。

3.2.9 本条根据工程实际情况新增。国内外都发生过蝶阀意外关闭的事故，有的还造成了严重后果。

3.3 球阀的自动控制

3.3.8 本条根据“失电停机”的原则新增。

3.4 圆筒阀的自动控制

3.4.1 本条根据反馈意见新增。根据 GB/T 11805, 将 DL/T 5081—1997 中的“筒形阀”改为“圆筒阀”。

3.4.9 本条根据 GB/T 11805 的要求新增。

4 水轮发电机组

4.1 调速器和自动化元件的选型、配置及功能

4.1.1 考虑到数字式电气液压调速器的广泛采用, 本次修订将 DL/T 5081—1997 中的“优先选用数字式电气液压调速器”改为“应选用数字式电气液压调速器”。“调速器宜采用失电停机原则”系根据电监会电监安全〔2009〕58 号文件要求增加。

4.1.3 “容量为 100MW 及以上的机组应采用电源冗余、调节器冗余、测频信号冗余的电气液压调速器”系根据当前实际配置情况修订。

4.1.7 推力轴瓦、各导轴瓦、各油槽、空气冷却器、定子铁心及绕组和空气冷却器均应设测温电阻, 至于测温电阻信号接到何处, 以下两种做法都是可行的。

1 所有的测温电阻信号都接到计算机监控系统的 LCU, LCU 只发温度报警信号, 不启动停机。推力轴瓦、各导轴瓦及定子的部分温度测点另有冗余的测温电阻接到温度保护盘上的数字式温度信号器, 该信号器除现地显示外, 尚有触头输出至 LCU, 在被测温度超越第二上限时经适当的逻辑组合启动水力机械事故停机流程。

2 取消温度保护盘, 不设温度信号器, 所有的测温电阻信号都接到计算机监控系统的 LCU, LCU 除了发温度报警信号外, 在推力轴瓦、各导轴瓦及定子的温度超越第二上限时经适当的逻辑组合启动水力机械事故停机。

4.1.8 DL/T 5081—1997 中只规定“装设两种不同信号源的转速信号器”, 本次修订明确“机组二级过速保护应装设机械和电气两

种信号源的转速信号器”。

4.1.17 “采用摩擦连杆或其他装置的水轮机导水叶可装设其他类型的信号装置反映导水叶卡阻情况”系新补充内容，以适应当前技术发展的实际情况。

4.1.20 本条为新增，为避免接力器锁锭只有一个投入或退出信号、采用取反来反映两个位置的不恰当做法。

4.1.21 自动化元件配置的类型及数量，根据 GB/T 11805 中的要求做了修订。

4.2 水轮发电机组的自动控制

4.2.2 本条为新增。自动控制采用可编程控制器等数字设备组成的 LCU 来实现及配置独立的后备水力机械事故自动停机装置或回路的要求为新补充内容，DL/T 5081—1997 中以上内容仅出现在“可逆式抽水蓄能机组”一章，现在补充到常规机组控制要求中。DL/T 5081—1997 的第 5.2.2 条的内容合并到了本规范第 4.2.13 条。

4.2.4 对应 DL/T 5081—1997 第 5.2.4 条做了修订。“灯泡贯流式机组，除上述操作外，还应启动发电机风扇电动机。”在 DL/T 5081—1997 中为第 5.2.6 条，为行文简洁，将其并入本条。

4.2.7 发电转调相在 DL/T 5081—1997 中第 5.2.9 条简单提及，现移至本条详述。“冲击式水轮机在调相运行中应自动开启冷却喷嘴供给冷却水。”在 DL/T 5081—1997 中为第 5.2.10 条，为行文简洁，将其并入本条。

4.2.8 DL/T 5081—1997 中的第 5.2.8 条是关于双转轮冲击式机组的规定，考虑到现在这种机组应用很少，修订时将其删去。

4.2.9 在 DL/T 5081—1997 中第 5.2.11 的基础上，进行了修订。

4.2.10 自本条起的三条对应于 DL/T 5081—1997 中的第 5.2.14 条～第 5.2.16 条，分别为电气事故停机、水力机械事故停机和紧急事故停机。具体内容参考 GB/T 11805 作了修订。本条对应电气事故停机。DL/T 5081—1997 中第 5.2.12 条为调相解列保护，属

于电气事故停机，现合并到本条。

4.2.12 本条对应过速保护停机。本条在修订时遵照了 GB/T 11805，但 GB/T 11805 中将“油压装置事故低油压或压力罐油位降低到事故低油位”也用于动作过速限制器，与工程实际明显不符，所以本规范仍保留 DL/T 5081—1997 的处理方式，将其归为启动水力机械事故停机的事故，列在本规范第 4.1.11 条中。对于过速保护停机，传统的做法是：如果转速达到 110%～115% 额定转速（一级过速）、又遇主配压阀拒动，则启动过速限制器；如果机组过速达到最大瞬态转速的规定值某裕度以上（二级过速），则关闭进水闸阀。GB/T 11805 将以上两种情况的处理方式合并，均为动作过速限制器、延时关闭进水阀；若无过速限制器，则直接关闭进水阀。本规范未采用 GB/T 11805 的处理方式，而是采用了传统做法，对一级过速和二级过速采用不同的处理方式。事故停机启动条件见本规范附录 A 的图 A.3-1 和图 A.3-2。

4.2.13 将 DL/T 5081—1997 中第 5.2.2 条的内容合并到了本条。DL/T 5081—1997 中允许正常停机过程中转开机，本次修订从安全的角度考虑取消了此规定。

4.2.14 本条对应 DL/T 5081—1997 中第 5.2.18 条，DL/T 5081—1997 中只有 12 项，具体内容参考 GB/T 11805 补充到了 26 项。

4.2.15 自本条起至本规范第 4.2.18 条对应 DL/T 5081—1997 的第 5.2.19 条～第 5.2.23 条。DL/T 5081—1997 对设置液压减载与不设液压减载机组投入机械制动的转速做了不同的规定，过于繁琐。本次修订将上述情况进行了合并，投入机械制动的转速统一为 15%～25% 额定转速。

4.2.20 本条对应于 DL/T 5081—1997 中的第 5.2.25 条作了修订，分步叙述。

4.2.21 DL/T 5081—1997 中，本节最后一条为“剪断销、调相压水等交流控制回路，需经隔离变压器隔离并降至安全电压”。反馈意见指出，这一条已经与当前自动化元件现状脱节，故删去。

5 可逆式抽水蓄能机组

5.1 可逆式抽水蓄能机组抽水工况的启动方式

本次修订本节只保留了第 5.1.1 条、第 5.1.2 条和第 5.1.3 条共三条，分别对应 DL/T 5081—1997 中的第 6.1.1 条、第 6.1.6 条和第 6.1.9 条，其余各条均删去。

删去的各条多涉及国内极少采用的异步启动和从来不用的小电机启动等方式，保留了与变频启动和背靠背等主流启动方式有关的内容。

DL/T 5081—1997 中的第 6.1.7 条“为了减少启动瞬间的摩擦转矩，一般采用液压减载措施。”是对电动机的要求，且不是抽水蓄能机组特有，在常规机组控制流程中已经述及（见本规范第 4.2.4 条），放在本章不合适，故删去。

5.2 可逆式抽水蓄能机组的工况转换

5.2.1 增加了“中转状态”。

5.2.3 删去了 DL/T 5081—1997 中的“或工业微机”的内容，因现在抽水蓄能电站监控系统 LCU 构成的主流方式是采用专用或通用的可编程控制器，工业微机基本不用。删去了 DL/T 5081—1997 中的“独立的硬布线紧急自动停机回路”中的“硬布线”。因实际上紧急自动停机回路有采用继电器硬布线的，也有采用独立 PLC 的。详细要求见本规范第 4.2.2 条。

5.2.5 将 DL/T 5081—1997 中的“球阀”改为“进水阀”，以符合工程实际。DL/T 5081—1997 中只提及发电开机应联动开球阀，本次修订改为“在发电开机或抽水调相转为抽水时，应在开启导

水叶前先开启进水阀；在发电或抽水停机时，关导水叶后应关闭进水阀。”

5.2.7 DL/T 5081—1997 中关于调相转静止操作叙述过于简单，本次修订进行了细化，适用于抽水调相转静止和发电调相转静止。

5.2.8 本条系根据工程实际新增，进水阀与尾水闸门的操作闭锁在有的工程中采用液压系统实现，有的通过电气接线闭锁实现。

5.2.10 本条系新增。2005 年美国托姆索克抽水蓄能电站因上水库水位信号装置的失效导致了向上水库的过度抽水，引起了溃坝事故。此后，国内外对蓄能电站漫坝预防给予特别重视。

5.3 可逆式抽水蓄能机组抽水及抽水调相工况的启动控制

DL/T 5081—1997 中的第 6.3.7 条～第 6.3.9 条分别为现已基本淘汰或极少采用的异步全压启动、异步降压启动和同轴小电动机启动方式的流程要求，全部删去。

5.3.2 启动条件的第 6 款和第 7 款系根据工程实际新补充内容。

5.3.5 DL/T 5081—1997 中有“投机组启动用的励磁”、“由启动励磁切换到主励磁”等描述，与当前的工程实际脱节，均删去。本条是根据目前变频启动装置的实际操作程序修改的，两种并网方式均有工程实例。

5.3.6 本条是根据目前背靠背启动的实际操作程序修改的。两种并网方式均有工程实例，第二种方式的优点是，如果并网瞬间恰巧发生短路，可以避免三个电源同时供给短路电流的严重后果。

5.3.7 本条系新增。背靠背启动过程中，当启动母线或其中任一发电机组发生事故时，两台机应同时先行灭磁，再跳开断路器，以避免使断路器低频下切断大电流。为此，宜设一套独立的逻辑回路，对参与背靠背启动的两台机组进行同时灭磁，继而跳开机组断路器。

5.3.8 本条系新增，在背靠背启动过程中，若两台机的中性点接地开关均合闸，容易引起注入式定子接地保护误动作。因为拖动

机在被拖动机并网后即停机，故打开拖动机的接地开关为妥。

5.3.9 本条补充了水压信号和溅水功率信号两种监视方式，两种方式均有工程实例。

5.3.10 本条为新增。

5.4 机组从抽水工况转静止及直接转发电的控制

5.4.1 本条根据当前几个工程的实际情况做了修改。

5.4.2 本条根据当前几个工程的实际情况做了修改。

6 机组辅助设备、全厂公用设备

6.1 一般规定

6.1.1 本条根据工程实际新增。

6.1.2 “应避免两台或多台电动机同时启动”为新补充内容，目的是减小对厂用电系统的冲击。

6.1.3~6.1.5 根据工程实际新增。

6.2 油压系统的自动控制

6.2.1 删去了 DL/T 5081—1997 中的“快速闸门”，因为快速闸门油压装置的控制原则与蝶阀、球阀、圆筒阀油压装置的不同。

6.2.2 DL/T 5081—1997 中只规定了断续运行方式，本次修订根据工程实际，增加了连续运行方式。

6.2.5 删去了 DL/T 5081—1997 中的“推力轴承外循环油中断和各轴承冷却水中断后延时停机的时间应在机组技术协议中规定”，因按照 GB/T 11805，这类故障应发报警信号，但不作用于停机。

删去了 DL/T 5081—1997 中的第 7.2.8 条：“对要求‘黑启动’的机组，与机组启动有关的关键设备（如液压减载装置至少有一台油泵电动机）应能由电厂直流电源驱动”。根据本次修订对“黑启动”的定义，直流电源驱动液压减载装置不是黑启动的唯一方式。

6.3 压缩空气系统的自动控制

DL/T 5081—1997 中本节对低压和高压（按 DL/T 5186—2004 的第 4.6.2 的规定，原高压压缩空气系统应改称为中压压缩空气系

统)压缩空气系统的控制要求分别叙述。考虑到二者的控制原则基本相同,本次修订将二者的要求合并。

6.4 机组技术供水系统的自动控制

本节标题在 DL/T 5081—1997 中为“机组水泵供水系统的自动控制”,内容过于局限。根据反馈意见新补充内容后,改为现标题。

6.4.4~6.4.6 根据工程实际新增。

6.5 排水系统的自动控制

6.5.1 根据反馈意见增加了“如果排水系统的水泵为 3 台或更多、水位上限超过 4 个,则应参考上述原则,按自动轮换的优先顺序启动水泵。”

6.5.5 本条根据反馈意见新增。

6.6 防水淹厂房系统

本节前两条根据原电力工业部电安生〔1996〕484 号文《关于颁发水电厂“无人值班”(少人值守)的若干规定(试行)的通知》、原国家电力公司国电发〔2002〕685 号文《关于颁发水电厂无人值班的若干规定的通知》、电监会电监安全〔2009〕58 号文《关于吸取俄罗斯萨扬事故教训,进一步加强安全监督管理的意见》新增。

6.7 变压器冷却系统的自动控制

6.7.1 根据 DL/T 572,增加“风扇停止时,允许的负载和运行时间,应符合制造厂的要求”。

7 励磁系统及电制动设备

7.2 励磁系统主回路

7.2.1 DL/T 5081—1997 中为“晶闸管整流单元宜选用三相全控整流桥”,因当时还有一部分励磁设备采用三相半控整流桥。本次修订改“宜”为“应”,以适应当前工程实际。

7.2.2 DL/T 5081—1997 中为“晶闸管桥交流侧宜装设负荷开关,其直流侧宜装设隔离开关”,现根据实际情况统一为“隔离开关”,且改“宜”为“可”。

7.2.3 DL/T 5081—1997 中为“电压互感器应装设断线保护装置,其二次侧不应装设熔断器”,出发点是避免励磁调节器失去电压信号。考虑到现在的励磁调节器在失去电压信号后,可以转为励磁电流调节方式,不应为保证电压信号的连续性而取消电压互感器的保护。所以本次修订为电压互感器二次侧“宜装设带位置信号触头的微型断路器”。

7.2.5 根据 DL/T 583,修订了测量项目。

7.2.6 DL/T 5081—1997 中公式为: $I = (0.85 \sim 1.0) I_f$, I_f 为发电机额定励磁电流。在有的工程中发现裕度不够,本次修订改为 $I = (0.9 \sim 1.1) I_{fN}$, 增大了裕度。

7.2.9 DL/T 5081—1997 中公式为: $S = 1.35 \times U_p \times I_{f, \max}$, $I_{f, \max}$ 为发电机最大持续励磁电流,在有的工程中发现上述系数裕度不够。根据工程经验及厂家调研结果,本次修订改为 $S = 1.41 \times U_p \times I_{fN}$, 增大了裕度。此外,“发电机最大持续励磁电流 $I_{f, \max}$ ”是不规范术语,现改用 DL/T 583 规定的术语“励磁系统额定电流 I_{fN} ”含义与“发电机最大持续励磁电流 $I_{f, \max}$ ”相同,大于发电机额定励

磁电流的 1.1 倍。

7.2.12 本条为新增。若励磁系统电源取自主变压器低压侧，为了安全隔离，在励磁变压器低压侧设一台交流断路器，作为励磁系统检修、维护时的明显断开点。

7.3 励磁回路灭磁及保护设置

7.3.1 DL/T 5081—1997 中还有“消弧栅灭磁方式”，考虑到现在这种方式极少采用，故删去。

7.3.2 DL/T 5081—1997 中为“采用线性电阻放电的灭磁方式时，其灭磁电阻约为发电机转子绕组热态电阻值的 4 倍~5 倍”，本次修订根据 DL/T 583 改为 2 倍~3 倍。

7.3.4 DL/T 5081—1997 中的该条的内容仅与消弧栅灭磁方式有关，删去该条。

7.3.6 本条根据工程实际新增。

7.4 起励方式和起励电源

7.4.1 DL/T 5081—1997 中为“水轮发电机组宜采用他励起励方式。起励电流为发电机空载励磁电流的 10%~20%”，欠妥。本次修订根据工程实际改为当前的条文。

7.4.2 删去了 DL/T 5081—1997 中的“起励电源可以采用蓄电池，也可以采用厂用交流电经整流后供给”，因起励方式已在本规范第 9.4.1 条中详列。

7.5 电 制 动

7.5.2 DL/T 5081—1997 中列出了获得电制动励磁电源的三种方式，本次修订按励磁电源是否取自厂用电归结为两大类，控制方式也按照这两类划分。参见图 C.1。

7.5.3 删去了 DL/T 5081—1997 中此条对应的第 9.5.3 条：“机组采用电气停机制动且电气停机制动的励磁装置与机组正常励磁装

置合一时，自动调节励磁装置应设有电气停机制动晶闸管导通角控制回路”。因为现在普遍采用数字化的自动调节励磁装置，不可能也不必要专设电气停机制动晶闸管导通角控制回路。将 DL/T 5081—1997 中第 9.6.5 条有关电制动控制的内容移至此条。电制动的操作步骤按照本规范第 7.5.2 条的电制动接线分类归纳为两大类。

7.6 励磁系统控制接线

7.6.1 DL/T 5081—1997 中为“机组转速由静止升至 85%~90% 额定转速时，自动或手动投起励装置。”本次修订根据工程实际将“85%~90%”改为“90%~95%”。

7.6.6 报警信号根据 DL/T 583 做了修订。

7.7 自动励磁调节器的选型

本规范第 7.7.1 条~第 7.7.3 条根据 DL/T 583 做了修改。

8 同步系统

8.1 同步方式和同步点的选择

8.1.5 删去了 DL/T 5081—1997 中该条的第一句：“接于双母线的对侧有电源的线路，可只考虑利用旁路断路器或母线联络断路器进行并列，线路断路器不作为同步点。”因为如果硬性规定只能采用旁路断路器和母联断路器作为并列点，将会降低运行操作的灵活性。

8.1.7 “同频合环的功能”要求是根据工程实际新补充的。

8.1.8 “采用带有相角补偿功能的同步装置”是根据当前产品条件和工程实际新补充的内容。

8.1.9 本条实际内容与 DL/T 5081—1997 中相同，但采用了国家电网公司“发电厂重大反事故措施（试行）”的措辞。

8.2 手动准同步

8.2.3 本条根据工程实际新增。传统做法是全厂合用一套手动准同步装置，接线复杂，近年来各工程多采用每台机设一套手动准同步装置的做法。

8.3 自动准同步

8.3.1 DL/T 5081—1997 中为：“在机组调速器和励磁装置不具备频率跟踪和电压跟踪的情况下，应选用具有自动调频和调压功能的自动准同步装置；在机组调速器和励磁装置具备频率跟踪和电压跟踪的情况下，可选用没有自动调频和调压环节的自动准同步装置。”

实际上，自动准同步装置为定型产品。本次修订根据工程实际做了修改。

8.3.2 DL/T 5081—1997 中为：“自动准同步装置可全厂共用一至二套，也可每台机设置一套。对于单机容量为 100MW 及以上的机组，宜每台机设置一套。”随着水电厂“无人值班”（少人值守）的普及，大中型水电厂的自动准同步装置均为每台机组一套，不再采用共用方式。

8.3.3 如果抽水蓄能机组抽水工况启动采用“机组转速略高于额定值后，跳开拖动机组断路器，在被拖动机组失去动力后转速下降过程中捕捉同步时刻”的方式，则会出现发电同步、变频器同步、背靠背同步 3 种方式的越前时间各不相同的情况。本条系针对这种情况增设的。