

942303

TV735
0013A

北

高等学校教材

水电站辅助设备与监测习题集



武汉水利电力学院 高武 主编

735
13A



高等学校教材

水电站辅助设备与监测习题集

武汉水利电力学院 高武 主编

水利电力出版社

(京)新登字115号

高等学校教材

水电站辅助设备与监测习题集

武汉水利电力学院 高武 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 6.5印张 140千字

1992年6月第一版 1992年6月北京第一次印刷

印数 0001— 1990 册

ISBN7-120-01535-4/TV·559

定价1.90元

内 容 提 要

本习题集是高等学校水电站动力设备专业第一部专业课习题集,是编者配合《水电站辅助设备与监测》课程教学,在多年教学实践和资料积累的基础上编写而成的。

本书与同课程的体系一致,各章一般包括概述、例题解析、思考题与习题、计算题及部分习题答案。全书有例题解析47道,思考题与习题328道,答案40道,计算实例4个。

本书用作《水电站辅助设备与监测》(即《水力机组辅助设备》)课程的配套教材,也可供该专业中专教师和工程技术人员参考。

前 言

《水电站辅助设备与监测习题集》是高等院校水电站动力设备专业第一部专业课习题集,是作者为配合《水电站辅助设备与监测》课程教学,在多年教学实践和资料积累的基础上根据1990~1995年高等学校水利水电类专业本科教材编审出版规划编写而成的。

本书主要用作高等院校水电站动力设备专业本科、专科、函授开设《水电站辅助设备与监测》(即《水力机组辅助设备》)课程的配套教材,也可供该专业中专教师和工程技术人员参考。

本书与同课程的体系一致。各章一般包括概述、例题解析、思考题与习题、计算题及部分习题答案。全书有例题解析47道,思考题与习题328道,计算题及部分习题答案40道,辅助设备分系统设计计算实例4个,并附有水力机械系统图常用图形符号。

本书第一、二、三、四、六、七、九章,第十一章第一、二、三节由武汉水利电力学院高武编写;第五、八、十章,第十一章第四节,附录由华北水利水电学院陈长生编写。全书由高武主编,由云南工学院王难贵副教授主审。

本书的出版得到了武汉水利电力学院冯尚友教授,刘炳文、范华秀副教授,陕西机械学院袁清阁副教授,华北水利水电学院陈德新副教授等同志的大力支持,谨向他们表示衷心感谢。

由于水平有限,时间仓促,加之资料不足,缺点、错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

1991年6月

2011/11/5

目 录

前 言

第一章 水轮机进水阀及其操作系统	1
第一节 概述	1
第二节 例题解析	2
第三节 思考题与习题	4
第二章 油 系 统	5
第一节 概述	5
第二节 例题解析	6
第三节 思考题与习题	9
第三章 压缩空气系统	11
第一节 概述	11
第二节 例题解析	14
第三节 思考题与习题	23
第四节 部分习题答案	27
第四章 技术供水系统	28
第一节 概述	28
第二节 例题解析	30
第三节 思考题与习题	35
第四节 部分习题答案	35
第五章 排水系统	36
第一节 概述	36
第二节 例题解析	37
第三节 思考题与习题	41
第四节 部分习题答案	43
第六章 辅助设备系统的设计	44
第一节 思考题与习题	44
第七章 非电量电测原理与仪表装置	46
第一节 概述	45
第二节 例题解析	46
第三节 思考题与习题	48
第四节 部分习题答案	50
第八章 机组水力参数的测量	51
第一节 概述	51
第二节 例题解析	53

第三节	思考题与习题	57
第四节	部分习题答案	58
第九章	水轮机流量的测量	59
第一节	概述	59
第二节	例题解析	61
第三节	思考题与习题	64
第四节	部分习题答案	65
第十章	水力量测系统的设计	66
第一节	思考题与习题	66
第十一章	辅助设备系统设计计算实例	67
第一节	透平油系统设计计算实例	67
第二节	压缩空气系统设计计算实例	70
第三节	技术供水系统设计计算实例	75
第四节	排水系统设计计算实例	82
附录		89
参考文献		96

第一章 水轮机进水阀及其操作系统

第一节 概 述

在水轮机引水、排水系统中，设置有各种闸门，如在引水系统进口设置检修闸门和工作闸门，在尾水管出口设置尾水闸门；此外，还常在水轮机蜗壳进口前设置阀门，称为水轮机进水阀，习惯上叫主阀。

一、进水阀的作用及设置条件

进水阀的作用有三：

- (1) 岔管引水的水电站，关闭进水阀，构成检修机组的安全工作条件；
- (2) 停机时减少机组漏水量和缩短重新启动时间；
- (3) 防止飞逸事故扩大。

设置进水阀是必要的。但是，因其投资昂贵，安装工作量大，所以，设置进水阀应符合下列条件：

- (1) 岔管引水的水电站，每台水轮机前设置进水阀；
- (2) 水头大于120m的单元输水管，可考虑设置进水阀；
- (3) 最大水头小于120m、长度较短的单元输水管，设置进水阀应有充分论证。

进水阀通常只有全开或全关两种情况，不宜作部分开启来调节流量。进水阀不允许在动水情况下开启。进水阀是机组和水电站的重要安全保护设备，因此，对其结构和性能有较高的要求。

二、进水阀的型式及主要构件

进水阀的型式主要有蝴蝶阀和球阀两种。此外，还有闸阀。蝴蝶阀简称蝶阀，用于水头在200m以下的水电站；球阀用于水头200m以上的水电站；闸阀用于高水头、小管径的水电站。

蝶阀有横轴和竖轴两种，主要构件有阀体、活门、阀轴、轴承、密封装置、锁锭装置，以及旁通管、旁通阀、空气阀和伸缩节等附属部件。球阀通常采用横式结构，主要构件有阀体、活门、阀轴、轴承、密封装置，以及旁通管、旁通阀、空气阀和伸缩节等。闸阀主要由阀体、阀盖和闸板等组成。

三、进水阀的操作方式和操作系统

进水阀的操作方式有手动、电动、液压操作三种。对于大中型机组的进水阀，通常采用液压操作方式。液压操作有油压和水压两种，通常采用油压操作，压力油源应根据电站的具体情况慎重选择；当电站水头大于120~150m时，可考虑水压操作。

采用油压操作的进水阀，其控制机构有导管式接力器、摇摆式接力器、刮板式接力器、环形接力器四种，应根据阀门的作用、直径大小和制造厂的设计制造经验，采用不同

型式的接力器。

在选择接力器时，要计算出水流对活门的作用力和力矩、阀轴与轴瓦间的摩擦力和摩擦力矩；进而求出活门的操作力矩；再根据操作力矩的大小、接力器的型式和数量，计算出接力器的直径。

大中型水电站的进水阀，其操作系统一般均为自动控制，当接受外界动作讯号后，即按照一定程序进行开启或关闭的自动操作，读者应熟悉蝶阀和球阀的操作系统及操作程序。

第二节 例题解析

1.按教材中蝶阀机械液压操作系统图，说明处于关闭状态的蝶阀得到开启信号后，引起其机械液压系统哪些动作？

答：处于关闭状态的蝶阀得到开启信号后，其机械液压系统按照开启程序自动操作如下：

(1) 开启信号→DP13吸上，活塞上移，引起三个动作：开油阀、开旁通阀、拔出锁锭。即油阀12上腔回油，下腔压力油使油阀开启，压力油→四通滑阀11，待用；压力油→液动配压阀YP9上腔，活塞下移，压力油→旁通阀下腔，上腔回油，旁通阀活塞上移，旁通阀开启；压力油→锁锭1右腔，左腔回油，拔出锁锭，压力油经锁锭→DP14，待用。开油阀、开旁通阀、拔出锁锭是同步进行的。

(2) 旁通阀开启，蜗壳充水，当压力上升到压力信号器YX4的整定值时，电磁空气阀DKF6动作，其活塞上移，空气围带排气；排气完毕，压力信号器YX7动作，使DP14吸上，活塞上移，压力油→四通滑阀11右腔，左腔回油，活塞左移，切换油路，压力油→蝶阀接力器开启侧，其关闭侧回油，蝶阀开启。旁通阀开启以后的动作是连续进行的。

(3) 蝶阀全开，行程开关1HX动作，蝶阀开启继电器释放，DP13复归，活塞下移，引起三个动作：关油阀、关旁通阀、投入锁锭。即压力油→油阀12上腔，关油阀；YP9上腔回油，下腔压力油使活塞上移，压力油→旁通阀上腔，关旁通阀；压力油→锁锭左腔，右腔回油，投入锁锭。关油阀、关旁通阀、投入锁锭是同步进行的。

在蝶阀开启过程中，其机械液压系统自动操作程序如图1-1所示。

2.按教材中蝶阀机械液压操作系统图，说明处于开启状态的蝶阀得到关闭信号后，引起其机械液压系统哪些动作？

答：处于开启状态的蝶阀得到关闭信号后，其机械液压系统按照关闭程序自动操作如下：

(1) 关闭信号→DP13吸上，活塞上移，如例题1所述，开油阀、开旁通阀、拔出锁锭，压力油→DP14待用。

(2) 锁锭拔出后，由蝶阀关闭控制回路，使DP14复归，活塞下移，压力油→四通滑阀11左腔，右腔回油，活塞右移，切换油路，压力油→蝶阀接力器关闭侧，蝶阀关闭。

(3) 蝶阀全关，行程开关2HX动作，关闭继电器释放，引起两个动作：电磁空气

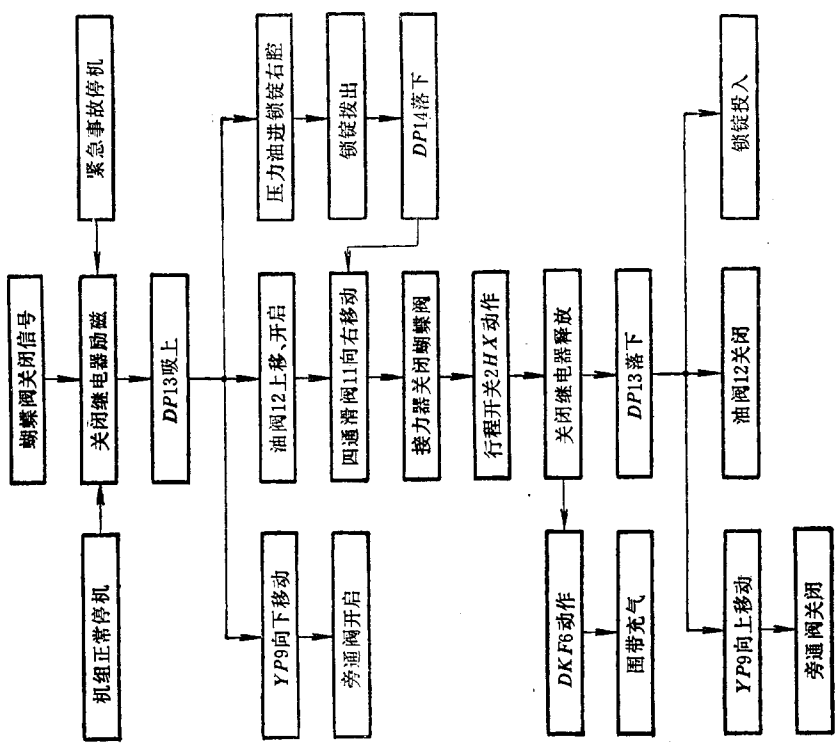


图 1-2 蝶阀关闭过程机械液压系统操作程序框图

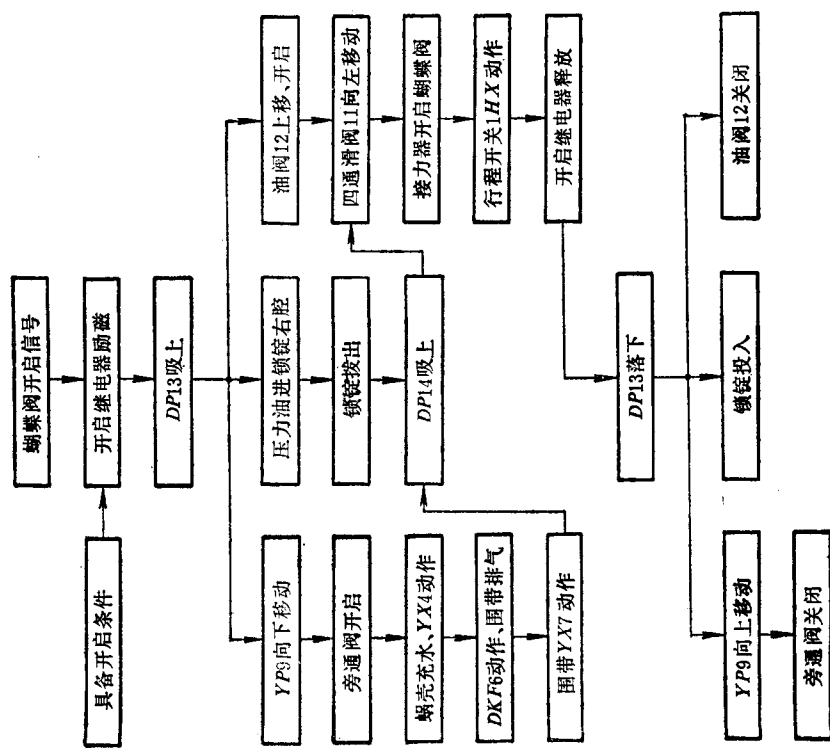


图 1-1 蝶阀开启过程机械液压系统操作程序框图

阀DKF复归，活塞下移，围带充气；DP13复归，活塞下移，如例题1所述，关油阀、关旁通阀、投入锁锭。

3. 蝶阀开启或关闭前为什么要开旁通阀？

答：蝶阀在开启时，为了减少作用在活门上的水力矩，以减少开启过程中所需要的力矩，以及消除蝶阀在动水开启所发生的振动，要求在活门两侧的压力相等（平压）后才能开启；所以，开启蝶阀前，先开旁通阀，向阀后充水，然后在静水中开启蝶阀。蝶阀在关闭前，先开旁通阀，可减少水流突然减少所带来的影响，避免压力钢管水压力增加过高，保证电站和机组安全运行。

第三节 思考题与习题

1. 为什么要设置水轮机进水阀？
2. 设置进水阀应符合哪些条件？
3. 水轮机进水阀在技术上有哪些要求？
4. 蝶阀、球阀和闸阀各适用于什么范围？
5. 蝴蝶阀的活门有哪四种形状？各有什么特点？各适用在什么情况下？
6. 大中型蝴蝶阀和小型蝴蝶阀分别采用什么方法止漏？
7. 球阀的止漏是如何实现的？
8. 蝴蝶阀为什么要设置锁锭装置？
9. 蝴蝶阀和球阀设置旁通阀、空气阀及伸缩节有什么作用？
10. 进水阀的操作方式和操作能源有哪些？
11. 进水阀的控制机构有哪些型式？各有什么特点？
12. 蝶阀开启或关闭后为什么要投入锁锭？
13. 试述球阀机械液压系统的自动操作过程？
14. 在进水阀的操作中为什么只考虑动水关闭而不考虑动水开启？

第二章 油 系 统

第一节 概 述

油系统是水电站辅助设备中最基本的系统之一。

一、水电站用油的种类及其作用

水电站用油主要有润滑油和绝缘油两大类。润滑油包括透平油、压缩机油、机械油和润滑脂；绝缘油包括变压器油、开关油和电缆油。其中透平油和变压器油（又称绝缘油）用量最大。

透平油的作用有润滑、散热和液压操作。绝缘油的作用有绝缘、散热和消弧。

二、油的基本性质和分析化验

油的14个基本性质可归纳为：物理性质，有粘度、闪点、凝固点、透明度、水分、机械杂质、灰分；化学性质，有酸值、水溶性酸或碱、苛性钠抽出物酸化测定；电气性质，有绝缘强度、油的介质损失角正切 $\tan\delta$ ；安定性，有抗氧化性、抗乳化度。对油的基本性质及其对运行的影响，着重于理解和正确应用。

新油或运行油都必须符合国家标准。水电站一般应设置油分析化验设备，在规定的时间内取样试验。按部颁标准，一般电站按简化分析项目配置油化验设备，对中心油务所及地处偏僻的大型水电站按全分析项目配置油化验设备。

三、油的劣化和净化处理

油在运行或贮存过程中，经过一段时间后，由于各种原因，改变了油的各种性质，以致不能保证设备的安全、经济运行，这种变化称为油的劣化。油劣化的根本原因是油和空气中的氧起了作用，油被氧化了。影响油劣化的因素有水分、温度、空气、天然光线、电流及其它不良因素。为了防止油劣化，应针对这些因素采取相应措施。

油的净化处理，常用方法有沉清、压力过滤和真空过滤。这三种方法都是机械净化方法。其中，压力过滤能彻底清除机械杂质，但清除水分不彻底；真空过滤能彻底清除水分，但不能清除机械杂质，因此采用真空过滤时，常同时采用压力过滤。根据水电站的运行经验，透平油常采用压力过滤，绝缘油常采用真空过滤。

国内已建电站一般只设置运行油再生装置，而不设置废油再生装置。运行油再生常用吸附剂法。透平油和绝缘油采用吸附器再生时，有连续再生和非连续再生两种方法。

齿轮油泵是油系统的输油设备，也是压力滤油机和真空滤油机的组成部分。齿轮油泵有内啮合和外啮合两种，水电站一般采用外啮合齿轮油泵。

四、油系统的作用、组成和油系统图

油系统是用管网把用油、贮油、油处理设备连接起来所组成的油务系统。油系统的任务是：接受新油；贮备净油；给设备充油；给运行设备添油；从设备中排出污油；污油的

净化处理；油的监督与维护；收集和保存废油。油系统由油库、油处理室、油化验室、油再生设备、管网和测量及控制元件所组成。

水电站的油系统有两种类型，即厂用油系统和梯级中心油系统。厂用油系统为本电站而设置，完成本电站油系统的8项任务。梯级中心油系统，除了完成所在电站油系统的8项任务外，还为相邻电站担负部分任务，适用于梯级水电站群。

在水电站辅助设备与监测的各分系统中，一般有系统图。系统图是把主机与辅机、或辅机与辅机之间的关系及其连接管道和元件，用规定的符号绘制的示意图。系统图只表示设备、管网之间的关系，不表示设备、管网的尺寸和高程。

油系统图是把油系统按规定的符号绘制的示意图。

根据系统图的概念，仿照油系统和油系统图的定义，读者在学习后面的章节时，不难给出相应的系统及系统图的定义。

系统图是《水电站辅助设备与监测》课程十分重要的环节，是毕业设计和课程设计的重要内容，是设计、安装、运行的重要图纸。读者对各系统图要做到“三能”，即能看懂、能分析、能设计，这也是检验读者掌握本课程知识技能的一个重要标志。

五、油系统的计算和设备选择

油系统的计算和设备选择是设计油系统图的重要内容，主要包括用油量的估算，贮油设备的选择，油泵和油净化设备的选择，管道的选择，管路阻力损失计算，油泵的扬程和吸程的校核等。读者对其计算公式和选择方法要弄懂，做到会查会用。

六、油系统的布置及防火要求

读者在学习本课程时，对这部分内容只作一般了解。但是，这部分内容对设计、安装、运行都是很重要的，对其中的各项规定在具体工作中要严格遵守。

第二节 例题解析

1. 为什么透平油的闪点用开口式仪器测定，绝缘油的闪点用闭口式仪器测定？

答：这与透平油和绝缘油的工作状态有关。通常，透平油（箱）处于不密封或不完全密封的工作状态，而绝缘油（变压器油箱、油开关）处于密封的工作状态。所以，透平油的闪点用开口式仪器测定，绝缘油的闪点用闭口式仪器测定。

2. 试分析绝缘油为什么存在介质损失角正切 $\tan\delta$ ？ $\tan\delta$ 的物理意义是什么？

答：因为绝缘油中有极性分子和非极性分子，在交流电场中，极性分子不断运动，消耗电能，造成电能损失，如图2-1中电阻电容电流 $\dot{I}_c$ 。另外，电流穿过介质，也造成损失，如图示电阻电流 $\dot{I}_R$ 。

如果没有上述损失，即没有 $\dot{I}_c$ 和 $\dot{I}_R$ ，则通过绝缘油的电流为纯电容电流 $\dot{I}_c$ ，其相位将准确地超前所施加电压相位 90° 角。但是，绝缘油中存在极性分子，在交流电场作用下造成电能损失，还有电阻电流 $\dot{I}_R$ 所造成的损失，使得通过绝缘油的电流 $\dot{I}$ 与所施加电压 $\dot{U}$ 的相角总小于 90° 。我们把 90° 减去 $\dot{I}$ 与 $\dot{U}$ 的相位差角，用 δ 表示，叫介质损失角，把 $\tan\delta$ 叫介质损失角正切。

$\tan \delta$ 的物理意义：由图2-1可知， $\tan \delta = \dot{I}'_R / \dot{I}'_C$ ，即 $\tan \delta$ 是通过绝缘油电流 $\dot{I}$ 的有功分量与其无功分量之比。绝缘油绝缘的实质，就是因为虽然上述无功分量很小，但是有功分量相对于无功分量来说就更小，小到可以忽略不计。

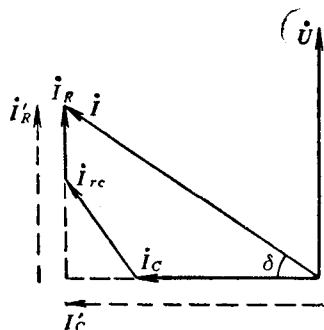


图 2-1 通过绝缘油的电流向量图

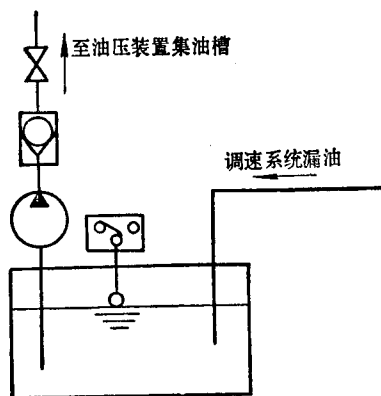


图 2-2 漏油箱示意图

3. 压力过滤和真空过滤有何区别和共同点？应如何选用？

答：压力过滤与真空过滤有如下区别：

(1) 工作原理不同。压力过滤是把油加压，使其通过能够阻止水分和机械杂质通过的过滤层，除掉油中的大部分水分和机械杂质；真空过滤是根据在相同压力下水的汽化温度低于油的汽化温度和汽化温度随压力降低而降低的原理，在真空罐内将污油通过喷嘴扩散成雾状，使油中的水分和气体在不高的温度和一定的真空下汽化，再用真空泵将水蒸汽和气体抽出来，达到油中除水脱气的目的。

(2) 作用不一样。压力过滤除机械杂质彻底，除水不彻底；真空过滤，除水彻底，不能清除机械杂质。

(3) 压力过滤简单、较慢，有油耗、纸耗；真空过滤速度快，质量好，无油耗、纸耗。

压力过滤与真空过滤的共同点：都是简单的机械净化方法，只能净化污油，不能净化废油。

根据许多水电站和设计院的实践经验，通常选用压力过滤来净化透平油，选用真空过滤来净化绝缘油。

4. 油系统图中漏油箱的作用是什么？它是怎样实现的？

答：油系统图中漏油箱如图2-2所示。

漏油箱在机组透平油系统的最低位置，机组调速系统操作的漏油都流到此箱。当箱内油位上升到油泵启动油位时，液位信号器控制油泵启动，向油压装置集油槽输油。当箱内油位下降到停泵油位时，液位信号器控制油泵停泵。

所以，漏油箱的作用是收集机组调速系统操作的漏油，并向油压装置集油槽输送。调速系统操作的漏油，是通过管道流入漏油箱的，通过漏油箱中的液位信号器控制油泵的启停来实现上述作用。

5. 试编写图2-3所示混流式机组油系统图操作程序表。

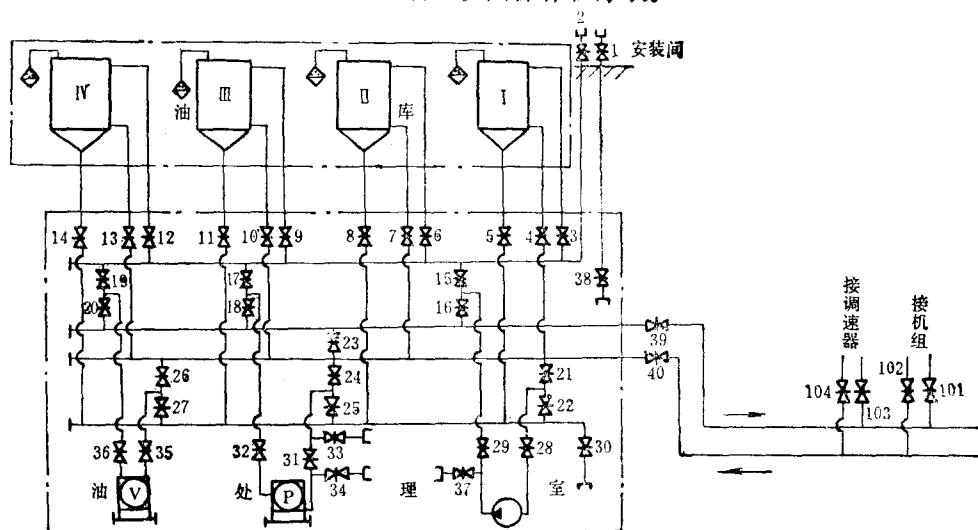


图 2-3 混流式机组油系统图
I、II—运行油槽；III—添油槽；IV—净油槽

表 2-1

混流式机组透平油系统操作程序

工 作 名 称	使 用 设 备	开启阀门、使用设备的操作程序
新油注入IV(III)	自流(油泵)	油槽车、(CB)、2、12(9)、IV(III)
净油槽自循环过滤	压滤机(真空滤油机)	IV、14、25(27)、31(35)、LY(ZLY)、32(36)、17(19)、12、IV
运行油槽接受新油	自流(油泵)	油槽车、(CB)、2、3(6)、I(II)
I(II)新油送入IV(III)	压 滤 机	I(II)、4(7)、24、31、LY、32、17、12(9)、IV(III)
向机组充油	油泵(压滤机)	IV、13、21(24)、28(31)、CB(LY)、29(32)、16(18)、39、101(103)
向机组添油	油泵(压滤机)	III、10、21(24)、28(31)、CB(LY)、29(32)、16(18)、39、101(103)
机组检修排油入I(II)	油泵(压滤机)	102、104、40、21(24)、28(31)、CB(LY)、29(32)、15(17)、3(6)、I(II)
运行油过滤	压滤机(真空滤油机)	I(II)、5(8)、25(27)、31(35)、LY(ZLY)、32(36)、17(19)、12(9)、IV(III)
污油自循环过滤	压滤机(真空滤油机)	I(II)、5(8)、25(27)、31(35)、LY、(ZLY)、32(36)、17(19)、3(6)、I(II)
运行油再生	吸附滤油器、压滤机	I(II)、5(8)、25、33、吸、34、LY、32、17、12(9)、IV(III)
机组废油排油	油 泵	102、104、40、21、28、CB、37、软管、38、1、油槽车

续表

工 作 名 称	使 用 设 备	开启阀门、使用设备的操作程序
运行油槽废油排油	油 泵	I(II)、5(8)、22、28、CB、37、软管、38、1、油槽车
清洗排污油	油 泵	IV(III)、14(11)、22、28、CB、37、软管、38、1、油槽车
事故排油	自 流	5、8、11、14、30、软管、至事故油池或下游

注 CB—齿轮油泵；LY—压滤机；ZLY—真空滤油机。

答：将图 2-3 混流式机组油系统图中的阀门编号，如图所示。根据运行需要，编写其操作程序，如表 2-1 所示。

6. 在进行油系统管网计算时，油的流态（层流或紊流）应怎样考虑？为什么？

答：在进行油系统管网计算时，油的流态应按层流考虑。因为管路系统的阻力损失 ΔP 包括沿程阻力损失 ΔP_1 和管件局部阻力损失 ΔP_2 ，即 $\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2$ 。而 $\Delta P_1 = 72 \frac{v}{d^5} L \times 10^5 \text{ (Pa)}$ ，即 ΔP_1 与油的流速成正比； $\Delta P_2 = \Sigma \zeta \frac{v^2}{2g} \times \gamma_m \text{ (Pa)}$ ，即 ΔP_2 与油的流速的平方成正比。又因 $v_{\text{紊}} > v_{\text{层}}$ ，所以 $\Delta P_{1\text{紊}} > \Delta P_{1\text{层}}$ ， $\Delta P_{2\text{紊}} \gg \Delta P_{2\text{层}}$ 。因此，油的流态应按层流考虑。

第三节 思考题与习题

1. 水电站用油有哪些种类？
2. 透平油和绝缘油的主要作用是什么？
3. 透平油和绝缘油有哪些基本性质？它们对设备的运行有何影响？
4. 什么叫粘度、动力粘度、运动粘度？什么叫绝对粘度、相对粘度？
5. 什么叫恩氏粘度？什么叫“水值”？
6. 油的粘度与其所处的温度和所受的压力有什么关系？
7. 什么叫油的劣化？
8. 油劣化的根本原因是什么？加速油劣化的因素有哪些？
9. 压力滤油机、真空滤油机的工作原理是什么？
10. 什么叫油的再生？透平油和绝缘油常用什么方法再生？
11. 内啮合齿轮油泵的工作原理是什么？
12. 油系统的任务是什么？它由哪些部分组成？油系统有哪两种类型？
13. 何谓系统图？何谓油系统图？
14. 试述教材中转桨式机组油系统图、混流式机组油系统图和卧式机组油系统图的特点？它们有哪些相同点和不同点？
15. 试解释公式 $V = ZV_1 + V_2 + ZV_3$ 和 $W = nW_1 + W_2 + nW_3$ 的含义。

16. 油系统的管道为什么通常不选用镀锌钢管？确定管径应注意什么？
17. 油系统设计计算的步骤有哪些？应如何考虑设备的配置？
18. 在设计油系统时，如何选择贮油设备的各油槽？
19. 为什么要校验油泵的扬程和吸程？
20. 辅助设备布置的一般原则和具体要求是什么？
21. 如何考虑油系统设备的合理布置？
22. 油系统防火有哪些要求？
23. 在图2-4油系统局部位置改错图中，有15个错误，请改正。

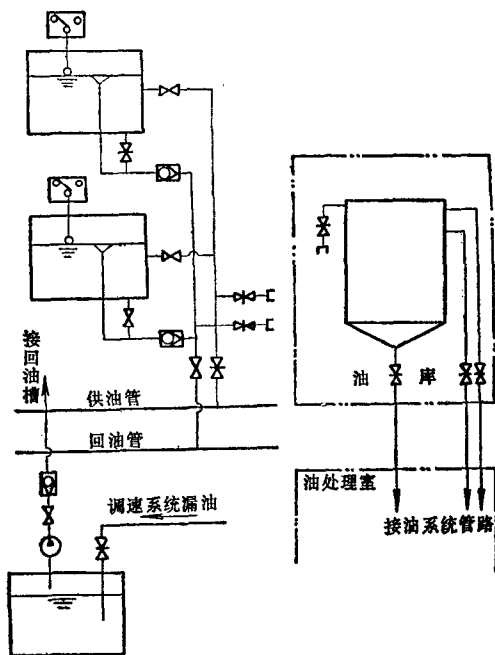


图 2-4 油系统局部位置改错图