



水电厂检修技术丛书

水轮发电机组检修

张 诚 陈国庆 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

水电厂检修技术丛书

水轮发电机组检修

张 诚 陈国庆 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为《水电厂检修技术丛书》的一个分册。书中详细讲解了水轮发电机组的检修与调试技术,并介绍了一些常见故障的诊断及处理方法。编写特点是以水电厂 A 级检修为主线,围绕设备(设施)的检修、调试工艺,介绍每项检修应具备的条件、所需要的工时、材料、工具、仪器、安全措施、检修流程、工艺和质量标准等。为了帮助读者更好地理解书中内容,本书还辅以大量的图片,力求直观、易懂。

本书共分四篇。第一篇介绍混流式水轮机和轴流转桨式水轮机检修工艺,第二篇介绍水轮发电机主要部件和辅助设备的检修技术,第三篇介绍水轮机调速系统的检修及调整与试验技术,第四篇介绍水轮发电机组现场机械试验的内容与方法。

本书重点在于现场实际操作介绍,对基本理论和工作原理不作过多阐述,可供水电厂生产及其管理人员现场培训参考,也可作为大中专及职业技术学院教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

水轮发电机组检修/张诚,陈国庆主编. —北京:中国电力出版社,2011.10

(水电厂检修技术丛书)

ISBN 978-7-5123-2253-0

I. ①水… II. ①张… ②陈… III. ①水轮发电机-发电机组-检修 IV. ①TM312.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 216081 号

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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 4 月第一版 2012 年 4 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 40.25 印张 754 千字

印数 0001—3000 册 定价 105.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

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

《水电厂检修技术丛书》编委会

编委会主任 张 诚

编委会副主任 陈国庆

编委会成员 王 宏 杨兴斌 罗仁彩 鲁结根
肖 荣 卢进玉 周江余 张亚明
吴丹清

《水轮发电机组检修》 编 写 人 员

统 稿 人 卢进玉

编 写 人 员 邓国庆 江晓林 马 明 蔡 伟
吴 江 张良颖 文 宇 秦岩平
李香华 陆 明 刘德新 朱俊杰
胡学军 凌伟华 陈中志 余志强
张 辉 胡孝山 杨明伟 井玄伟
徐 波 马 龙 付带娣 覃国茂
罗 曼 付海涛 谢秋华 李利华

审 查 人 刘庚辛 许承庆

前 言

近年来,我国水电开发迎来了历史性的发展机遇,水电机组单机容量和装机规模不断扩大,水电工程机电设计、制造和安装技术已赶上和达到世界一流水平。随着全球低碳经济的发展,作为大规模可再生清洁能源的水力发电必将得到越来越充分的开发和应用。

水电工程的性能和效益的发挥最终都要通过运行来实现。在水电工程全生命周期管理过程中,优质的建设、优化的运行和优良的检修维护对于充分发挥水电工程的效益都十分重要。得益于计算机、自动化、信息化、网络技术,新材料、新工艺的高速发展,以及现代管理理念和方法的应用,水电厂检修技术也得到不断更新和提高。但一直以来,鲜有全面、完整地介绍水电厂检修技术的书籍面市,使水电厂检修技术的学习、交流和推广受到限制。为了与水电厂同行进行技术交流,探讨推广标准化、规范化的水电厂检修方法,推动水电厂检修技术的不断进步,为从事水电厂检修工作的技术和管理人员提供参考和借鉴,中国长江电力股份有限公司在认真总结三峡水电厂和葛洲坝水电厂多年的检修经验的基础上,精心组织编写了一套《水电厂检修技术丛书》。

《水电厂检修技术丛书》由《水轮发电机组检修》、《水电厂辅助设备及公用系统检修》、《水电厂电气一次设备检修》、《水电厂电气二次设备检修》、《水工建筑物与闸坝机电设备检修》五个分册组成。

本丛书是国内第一套专门针对大中型水电厂的检修技术丛书,力求全面、系统、实用,强调指导性和可操作性。

由于不同形式水轮发电机组的检修方法与工艺有很大差别,因此本丛书检修实例均以国内大型混流式和轴流转桨式水轮发电机组及常见的大型输变电、自动控制和保护设备为主。

《水电厂检修技术丛书》凝聚着中国长江电力股份有限公司广大生产技术人员智慧和心血,丛书编写历时两年,先后有 100 余人参与其中。公司成立了编写组,总经理张诚亲自组织编写工作,总工程师陈国庆组织了多次编审会议,公司所

属三峡水电厂、葛洲坝水电厂和检修厂组织了一大批技术骨干，利用业余时间编写，为《水电厂检修技术丛书》的顺利完成作出了宝贵的贡献。

本书为《水轮发电机组检修》分册，全书详细讲解了水轮发电机组的检修与调试技术，并介绍了一些常见故障的诊断及处理方法。编写特点是以水电厂 A 级检修为主线，围绕设备（设施）的检修、调试工艺，介绍每项检修应具备的条件、所需要的工时、材料、工具、仪器、安全措施、检修流程、工艺和质量标准等。为了帮助读者更好地理解书中内容，本书还辅以大量的图形和图片，力求直观、易懂。本书共分四篇二十五章，第一篇介绍混流式水轮机和轴流转桨式水轮机检修工艺，第二篇介绍水轮发电机主要部件和辅助设备的检修技术，第三篇介绍水轮机调速系统的检修及调整与试验技术，第四篇介绍水轮发电机组现场机械试验内容与方法。

本书绪论由邓国庆执笔；第一篇水轮机检修由江晓林、马明、蔡伟、吴江、张良颖、文字执笔；第二篇水轮发电机检修由秦岩平、李香华、陆明、刘德新、朱俊杰、胡学军执笔；第三篇水轮机调速系统机械检修由凌伟华、陈中志、余志强、张辉执笔；第四篇水轮发电机组现场机械试验由胡孝山、杨明伟、井玄伟、徐波、马龙、付带娣、覃国茂、罗曼、付海涛执笔。全书由卢进玉负责统稿，教授级高级工程师刘庚辛、许承庆负责审稿。薛福文、熊浩、鲁结根、邓键提出了宝贵的指导意见。

该书是大中型水电厂检修技术人员几十年经验的积累与总结，内容丰富、易懂、实用，可作为我国水电厂检修维护人员、管理者以及高校相关专业师生的参考书。

由于水电厂检修技术创新日新月异，加之编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见。

编者

2011 年 5 月

目 录

前言

绪论	1
第一篇 水轮机检修	9
第一章 水轮机转轮的检修	9
第一节 概述	9
第二节 混流式水轮机转轮的检修	10
第三节 轴流式水轮机转轮的检修	25
第二章 导水机构的检修	55
第一节 导水机构在检修前后的测量	55
第二节 导水机构的拆卸与安装	62
第三节 活动导叶的检修	74
第四节 环形部件和导叶附件的检修	80
第三章 水导轴承的检修	89
第一节 水导轴承的种类	89
第二节 水导轴承的结构	90
第三节 分块瓦式水导轴承的检修	93
第四节 筒式瓦水导轴承的检修	99
第五节 水导轴承的常见故障	100
第四章 主轴密封的检修	102
第一节 主轴密封的概述	102
第二节 主轴密封的结构	102
第三节 橡胶平板密封的检修	105
第四节 端面密封的检修	113
第五章 水轮机主轴的检修	116

第一节	主轴的工作原理与检修	116
第二节	主轴的检修工艺	117
第六章	引水部件及尾水管的检修	120
第一节	引水部件的检修	120
第二节	尾水管的检修	127
第七章	水轮机辅助装置的检修	131
第一节	补气装置的检修	131
第二节	真空破坏阀的检修	134
第三节	轴流转桨式水轮机受油器的检修	136
第八章	水轮机常见故障诊断及处理	144
第一节	水轮机故障原因及分类	144
第二节	水轮机常见故障处理	145
第三节	水轮机的空蚀、泥沙磨损和振动的防止措施	151
第二篇	水轮发电机检修	169
第九章	水轮发电机定子的检修	169
第一节	概述	169
第二节	定子机座的检修	170
第三节	定子铁芯的检修	172
第四节	定子绕组及引出线的检修	175
第十章	水轮发电机转子的检修	213
第一节	转子中心体及支臂的检修	213
第二节	转子磁轭的检修	219
第三节	转子磁极及引出线的检修	222
第四节	水轮发电机滑环装置的检修	244
第十一章	发电机轴承的检修	258
第一节	上导轴承的检修及调整	258
第二节	推力轴承的检修及调整	268
第十二章	水轮发电机辅助设备的检修	292
第一节	制动系统的检修	292
第二节	冷却系统的检修	295
第三节	永磁机的检修	310
第十三章	发电机故障诊断及处理	322

第一节	发电机振动危害的诊断处理	322
第二节	发电机轴承的常见故障诊断及处理	327
第三篇	水轮机调速系统机械检修	334
第十四章	概述	334
第十五章	调速器机械部分的检修	336
第一节	调速器机械部分检修项目	336
第二节	调速器机械部分检修	338
第十六章	调速器电气部分的检修 (微机调速器的检修)	377
第一节	概述	377
第二节	微机调速器检修的类别	378
第三节	微机调速器检修流程及工艺要求	379
第十七章	油压装置的检修	395
第一节	油压装置的组成	395
第二节	压油泵及附件	396
第三节	回油箱的附属设备	404
第四节	压力油罐的附属设备	406
第五节	油压装置电气部分的检修	409
第六节	压力油罐的试验与检验	418
第十八章	调速器的调整与试验	421
第一节	调速器的调整和静态特性试验	421
第二节	水轮机调节系统的动态特性试验	428
第十九章	调速系统的故障诊断与处理	432
第一节	机械液压调速器的故障诊断与处理	432
第二节	电液调速器的故障诊断与处理	437
第四篇	水轮发电机组现场机械试验	445
第二十章	水力机组的稳定性试验	445
第一节	概述	445
第二节	振动、摆度、压力脉动测试技术	448
第三节	现场稳定性试验	458
第四节	试验结果的整理、分析	464
第五节	静平衡和动平衡	483
第二十一章	水轮机调速器调整试验及过渡过程试验	492

第一节	水轮机调速器调整试验概述	492
第二节	调速器的静特性及试验	492
第三节	调节系统静特性及试验	496
第四节	调节系统的动态特性	498
第五节	机组过渡过程试验	501
第六节	过渡过程中的常见故障及处理措施	516
第二十二章	水轮机效率试验	520
第一节	概述	520
第二节	试验原理及方法	521
第三节	水轮机工作水头的测定	524
第四节	水轮发电机有功功率的测定	527
第五节	水轮机流量测量	530
第六节	相对效率试验	542
第二十三章	机组应力特性试验	560
第一节	概述	560
第二节	实验应力分析方法及测量原理	561
第三节	电测法在水力机组力特性试验中的应用	563
第四节	电阻应变片的选择	564
第五节	应变片及应变花的防冲、防潮处理	567
第六节	测试接线方法及其应力计算	568
第七节	动态应变测试中测试量的标定	573
第八节	测试量的修正	574
第九节	力学测量的计算机数据处理简述	576
第十节	水力机组主要应力特性测试应用	578
第二十四章	水轮发电机通风试验	588
第一节	概述	588
第二节	水轮发电机通风试验的意义和目的	590
第三节	水轮发电机通风试验项目、原理、试验方法	591
第四节	试验工况、条件、注意事项及试验程序	597
第五节	试验结果处理	604
第二十五章	空蚀、磨损的观测	607
第一节	概论	607
第二节	空化现象的观测方法	608

第三节	空化在线监测在葛洲坝水电厂的应用	619
第四节	空蚀的检查评定	626
第五节	磨损的观测、磨损量的测量和评定	627
参考文献.....		630



绪 论

人类早在三四千年前就开始利用水力磨面、舂米、提水灌溉。利用水力发电大约是从 19 世纪 80 年代开始的。1878 年,法国巴黎附近建造的塞尔曼兹水电厂是世界上最早的水电厂。1905 年,日本人在我国台湾省台北附近的新店溪支流上兴建了龟山水电厂。我国自己兴建的第一座水电厂,是位于云南昆明滇池出口——海口上的石龙坝水电厂,该电厂于 1910 年动工,1912 年建成发电,装机 5 台,容量 480kW。

新中国成立后,我国水力发电建设发展迅速。1952 年先后试制成功了 800kW 和 3000kW 水轮发电机组,1959 年新安江水电厂 72.5MW 水轮发电机组制造成功,标志着我国水力发电建设达到了较高水平。

葛洲坝水电厂的建成,标志着我国水电建设已步入一个新的阶段。葛洲坝水电厂 170MW 水轮发电机组至今仍是世界上水轮机直径最大的低水头转桨式机组。随着改革开放的不断深入,我国水电事业的发展更加迅速。1998 年为李家峡水电厂成功研制了单机容量为 400MW 的水轮发电机组,为二滩水电厂成功研制了单机容量为 550MW 的水轮发电机组。举世瞩目的三峡水电厂,单机容量为 700MW 的水轮发电机组已研制成功,并正式运行发电。

第一节 水轮发电机组检修类别、周期和工期

一、机组检修类别

按照设备性能恢复的程度和检修工作范围的大小、更换零部件的数量、检修间隔期的长短、检修费用的多少来进行检修级别的分类。DL/T 838—2003《发电企业设备检修导则》中规定了 A 级检修、B 级检修、C 级检修、D 级检修四种级别的检修。不同的机组,因结构、性能的差异,四种级别的检修内容、要求也不尽相同。

(一) A 级检修(扩大性大修)

A 级检修是指对发电机组进行全面的解体检查和修理,彻底地检查机组每一部件(包括埋设部件)的结构及其技术参数,并按规定数值进行调整处理,以保持、恢复或提高水轮发电机组设备性能。

A 级检修是一种为消除运行过程中由于零部件的严重磨蚀、损坏导致整个机



组性能和技术经济指标严重下降而进行的机组修复工作。机组进行 A 级检修时,通常要将机组全部分解、拆卸,将转子和转轮吊出,检修更换所有被损坏的零部件,更换密封件,协调机组各部件和各机构间的相互联系,有时还要进行较大的技术改造工作。

(二) B 级检修 (大修)

B 级检修是指针对机组某些设备存在的问题,对机组部分设备进行解体检查和修理。B 级检修可根据机组设备状态评估结果,有针对性地实施部分 A 级检修项目或定期滚动检修项目。

B 级检修工作一般在不吊出转子和转轮的情况下进行。

(三) C 级检修 (小修)

C 级检修主要是针对发生了设备故障或事故需要立即处理的项目进行的检修,或有目的地检查和修理机组的某一重要部件。通过小修能掌握被修部件的使用情况,为编排大修项目提供依据。小修要在停机状态下进行。

C 级检修是指根据设备的磨损、老化规律,有重点地对机组进行检查、评估、修理、清扫。C 级检修可进行少量零件的更换、设备的消缺、调整、预防性试验等作业,以及实施部分 B 级检修项目或定期滚动检修项目。

(四) D 级检修 (消缺)

D 级检修是指机组总体运行状况良好,而对主要设备的附属系统和设备进行消缺。D 级检修也是在停机状态下进行。

D 级检修除进行附属系统和设备的消缺外,还可根据设备状态的评估结果,安排部分 C 级检修项目。

二、检修间隔和停用时间

(一) 检修间隔

水轮发电机组 A 级检修间隔和检修等级组合方式可按表 0-1 的规定执行。水电企业可根据机组的技术性能或实际运行小时数,适当调整 A 级检修间隔和采用不同的检修等级组合方式,但应进行技术论证,并经其上级主管机构批准。

新机组的第一次 A/B 级检修,可根据制造厂要求、合同规定和机组的具体情况确定。若制造厂无明确规定,一般安排在正式投产后 1 年左右进行。但主变压器的第一次 A 级检修可根据试验结果确定,一般为投产后 5 年左右进行。

主要设备的附属设备和辅助设备,宜根据设备状态监测及评估结果和制造厂的要求,并参照表 0-1 的规定,合理确定其检修等级和检修间隔。

检修间隔(周期)是计划检修的重要内容,是编制检修计划的依据。在同一设备的一个检修周期中,各检修间隔期相等。因此,检修周期是检修间隔期的倍数。



表 0-1

水轮发电机组 A 级检修间隔和检修等级组合方式

机组类型	A 级检修间隔 (年)	检修等级组合方式
多泥沙水电厂水轮发电机组	4~6	组合原则：在两次 A 级检修之间，安排一次机组 B 级检修；除有 A、B 级检修年外，每年安排一次机组 C 级检修，并可视情况，每年增加一次 D 级检修。如 A 级检修间隔为 6 年时，检修等级组合方式为 A—C (D)—C (D)—B—C (D)—C (D)—A (即第一年可安排 A 级检修一次，第二年可安排 C 级检修一次，并可视情况增加 D 级检修一次，以此类推)
非多泥沙水电厂水轮发电机组	8~10	
主变压器	根据运行情况和试验结果确定，一般为 10 年	C 级检修：每年安排一次

运行实践表明，不同机组的检修间隔（周期）差别较大。影响检修间隔（周期）的因素很多，通常低水头水电厂的检修周期较长，高水头水电厂或水流中含泥沙量较多的水电厂的检修周期较短。具体的检修周期，应根据设备的构造、工艺特性、使用条件、环境和生产性质确定，主要取决于使用期间零件的磨损和腐蚀程度。

（二）停用时间

水轮发电机组检修标准项目停用时间，可参照表 0-2。

表 0-2

水轮发电机组检修标准项目停用时间

机型及检修等级 转轮直径 (mm)	混流式或轴流定桨式			轴流转桨式			冲击式		
	A 级	B 级	C 级	A 级	B 级	C 级	A 级	B 级	C 级
<1200	30~40	20~25	3~5				15~20	10~15	3
1200~2500	35~45	25~30	3~5				25(30)~30(35)	20(25)~25(30)	4
2500~3300	40~50	30~35	5~7				30(35)~35(40)	25(30)~30(35)	6
3300~4100	45~55	35~40	7~9	60~70	35~40	7~9			
4100~5500	50~60	40~45	7~9	65~75	40~45	7~9			
5500~6000	55~65	45~50	8~10	70~80	45~50	8~10			
6000~8000	60~70	50~55	10~12	75~85	50~55	10~12			
8000~10 000	65~75	55~60	10~12	80~90	55~60	10~12			
≥10 000	75~85	60~65	12~14	85~95	60~65	12~14			

注 1. 括号中的数值表示竖轴冲击式机组的停用时间。

2. 转轮叶片材质为不锈钢的机组，停用时间按下限执行。

3. 检修停用时间已包括带负荷试验所需的时间。

4. D 级检修的机组停用时间约为其 C 级检修机组停用时间的一半。



第二节 水轮发电机组检修策略与检修项目的制定

一、机组检修策略

水轮发电机组在运行过程中，必然会产生不同程度的磨损、疲劳、变形或损伤，随着时间的延长，它们的技术状态会逐渐变差，使用性能下降。设备检修作为设备管理的重要环节，是延长设备寿命，保证生产正常运行，防止事故发生的重要措施。

目前，国内外水电企业普遍采用的检修方式主要有故障检修（也称事故抢修）、预防检修（又称计划检修或定期检修）、预知检修（又称状态检修）、主动检修（又称更新改造）四种。各水电企业依据设备的运行状态、检修费用、人员素质等因素在四种检修方式中选择相适应的检修策略。

（一）设备检修模式

目前，水电企业中关于检修模式的命名很多，归纳起来有：事后维修、故障检修、修正性检修、定期检修、预防检修、计划检修、周期性检修、预知检修、状态检修、主动检修、以可靠性为中心的检修、全面生产检修、点检定修、优化检修，具体分类如图 0-1 所示。

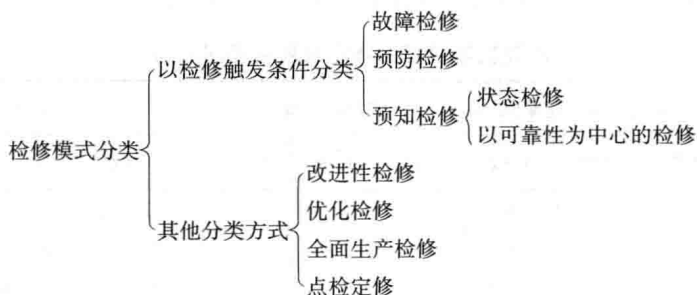


图 0-1 检修模式的分类

以上各种检修模式有的是从检修触发条件上定义，有的是从检修手段上区分，有的则是从检修组织管理角度来命名。探讨水电厂机组检修策略前，应先明确各类检修模式的含义，而后选择制定符合自身实际情况的检修策略。

1. 故障检修

故障检修，也称事后检修或修正性检修，是最原始、最基本的一种检修方式，一般在设备发生故障乃至事故后才进行。通常，这种检修方式只适用于造价较低、事故停机带来的直接或间接损失不大的设备（如电力用户或配电线路中的熔断器



等),或在关键部位具有备份装置的贵重设备。因此,对水电厂主设备采用故障检修方式会造成相当大的经济损失。

2. 预防检修

预防检修也称定期检修、计划检修和周期性检修。这种检修模式是以时间为依据的定期检修方式,即根据经验和统计资料,为保障设备完好率处于一定水平而进行的检修。它是参考设备两次故障之间的平均间隔确定检修间隔,在设备损坏前安排的检修,以进一步利用设备能继续使用的潜力,并尽可能地将设备故障减至最少。

预防检修是以时间为基础的定期检修,它要求设备到期必修,修必修好。也就是说,不管设备运行状态、设备制造和安装的质量如何,设备是否有缺陷,均必须按规定的检修周期和检修项目进行检修。该检修模式盲目性大:一是不该修也修,造成人力、物力、财力的极大浪费;二是该修没修,只能通过事后检修来弥补。目前我国水电企业主要采用这种维修制度。

不可否认,这种传统的检修制度在以往的定期检修中也确实发现了设备缺陷和故障,并及时进行了消除,曾起到一定的积极作用。但随着电力设备装备水平的提高、电力市场化改革的深入及电力用户对供电可靠性的要求越来越高,这种检修制度已不适应现有设备的运行需要。

有些原本没有故障的正常设备,经检修人员拆卸进行预试复装后,因为个人素质或工作责任心等原因,反而引入了新的事故隐患,造成设备的连接不良、密封不良、渗油、受潮、从而严重影响设备的安全运行。尤其是一些高精尖设备,零件装配精度很高,每次拆装都会使零件受到外力冲击,而且重装时的精度可能达不到原有的精度,所以在一定的盲目性拆检后,反而破坏了设备原有的良好状态,甚至造成事故,人为缩短设备的总体寿命,这是不经济的。实践经验表明,在相当多的情况下,频繁拆卸设备更换零件,不但不能改善设备性能,反而在每次的预试复装后都会引入新的故障。

3. 预知检修

自1996年状态检修在我国电力行业起步以来,原始的“状态检修”定义在电力行业已成为一切先进检修方式和方法的代名词,它被赋予了广泛的含义和内容,包含了目前国际上所有的先进检修方式,如状态检修、以可靠性为中心的检修(RCM)等预知检修。

(1) 状态检修。状态检修是以机械设备当前的实际工作状况为依据,通过高科技状态监测手段,识别故障的早期征兆,对故障部位、严重程度和发展趋势作出判断,从而确定各机件的最佳维修时机。实施状态检修方式的核心是要收集各种监测



数据和信息，并以此进行决策。因此，状态检修必须以设备的状态监测原理和技术为基础，结合设备的历史和现状，参考同类设备的运行情况，应用系统工程的方法进行综合分析和判断，查明设备内部的状态，确定设备的实际运行状态，掌握缺陷的性质，预测隐患的发展趋势，并提出防范措施和治理意见。状态检修方式不再以时间为依据进行常规的定期检测试验和检修，而是着眼于密切追踪监测每台设备具体运行技术状态的发展、变化情况，并根据规范化的状态监测结果，掌握设备运行状态演变的情形和恶化的程度，对设备故障的检修做到心中有数，实现“无病不修，有病才修，修必修好”。

(2) 以可靠性为中心的检修。以可靠性为中心的检修是采用基于可靠性理论的故障模式和影响分析方法对设施的维修需求（包括检修方式）进行决策。通过一套特殊的程序来为设备和零件确定有效的、经济的预防检修任务，并规定检修或监测间隔的一种系统方法。“特殊的程序”是指一套工作方法或分析方法：先选择要进行分析的系统，明确系统的边界、功能，进行故障模式和后果分析、逻辑树分析，最后选择合适的检修方式。

4. 其他检修模式

其他检修模式，一类是从检修的组织管理角度来命名，另一类是从检修内容的角度来命名，而不是以检修的触发条件作为标准来划分。

(1) 改进性检修。当设备性能不能满足要求或设备老化而失去维护的价值时，就需要对设备进行改进性检修。利用先进工艺方法和技术，对设备进行改造，以改正设备的某些缺陷和先天不足，提高其先进性、可靠性及维修性，提高设备利用率。对设备进行更新改造时，应从技术性、经济性等方面综合分析，从中选择最佳方案，水电设备的改进性检修一般结合机组的定期检修来安排。

(2) 优化检修。优化检修是以可靠性为中心，综合运用定期检修、状态检修、故障检修、改进性检修等各种检修方式为一体的检修模式，它根据设备的重要性和发生故障的特性，科学地进行检修决策，从而在保证机组安全、稳定和可靠发电的基础上，降低发电设备的检修成本。优化检修是一个动态的过程，要对检修策略进行持续的调整和优化。同时，优化检修是一个系统工程，涉及面广而深，主要包括优化检修前期评估、检修策略调整、检修策略有效实施三大部分。

以可靠性为中心的检修是整个优化检修的基础，也称检修基础优化分析。通过检修基础优化分析，确定对哪些设备采取纠正性维修策略，对哪些设备采取定期维修策略，对哪些设备采取状态维修策略，通过这些必需的维修活动，确保系统设备满足其用户需求。

(3) 全面生产检修。全面生产检修于 20 世纪 60 年代起源于美国的预防检修，