



水轮发电机组检修工艺

丰满水电技术学校 白家骥

电力工业出版社

科技新书目：12-160
书 号：15036·4250

定 价： 1.30 元

水轮发电机组检修工艺

丰满水电技术学校 白家骢

电力工业出版社

内 容 提 要

本书共十四章。主要讲述大、中型水轮发电机组及其附属部件（包括主阀）的机械检修工艺，并对一些水电厂检修工作的具体实例作了较详细的介绍。

本书可作为水电生产类技工学校“水动”专业的教材和水电厂机械检修工人技术培训用书，也可供水电厂检修技术人员参考。

水 轮 发 电 机 组 检 修 工 艺

丰满水电技术学校 白家驹

*

电力工业出版社出版

（北京德胜门外大街）

新华书店北京发行所发行，各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 15.25印张 311千字 1插图

1982年1月第一版 1982年1月北京第一次印刷

印数 0001—5620册 定价 1.30元

书号 15036·4250

前 言

本书是根据电力工业部1979年召开的《技工学校教材编写工作会议》的决定编写的，是技工学校“水动”专业的教材。

全书共分十四章。第一章概述水轮发电机组的检修工作。第二章至第五章以混流式水轮机为重点，讲述转轮、导水机构、水轮机导轴承和水轮机附属部件的检修工艺。第六章为主阀的检修工艺。第七章讲述轴流式、斜流可逆式和水斗式水轮机检修工艺的特点。第八章为机组的中心测定。第九章至第十三章讲述发电机转子和定子机械部分、推力轴承、发电机附属设备的检修工艺和机组轴线调整。第十四章为水轮机组的平衡试验。为了结合实际，书中还引用了一些水电厂检修工作的具体实例。

本书由丰满水电技术学校白家骢编写。富春江水电厂寿长生和蔡同华对全书进行了审阅。

在编写过程中，曾得到许华田和张莉云的指导和帮助，丰满水电厂的技术人员和工人同志们的热情支持。此外，恒仁水电厂、大伙房水电厂、百丈瀑水电厂以及有关科研、设计、制造和运行等单位供给了不少资料并提出了宝贵意见。在此一并表示衷心感谢。

限于编者的水平和经验，书中的缺点和错误在所难免，希望读者批评指正。

编 者
1981年4月

目 录

前 言

第一章 概论	1
第一节 水力机组的类型	1
第二节 水力机组的检修内容及施工组织	2
第三节 安全技术的基本条例	14
第四节 一般检修工艺	16
第二章 混流式水轮机转轮的检修工艺	19
第一节 止漏环测圆及圆度处理	19
第二节 叶片裂纹检查及其处理	21
第三节 汽蚀补焊与泥沙磨损处理	27
第四节 叶片开口度测量和整形处理	32
第五节 水轮机大轴拆装及轴颈处理	34
第三章 导水机构的检修工艺	41
第一节 导水机构在检修前后的几项测量工作	41
第二节 接力器解体及检修	46
第三节 导水机构的拆装	48
第四节 导叶轴承及轴颈的处理	52
第五节 导叶间隙调整	57
第六节 导叶锈蚀处理及开度测量	60
第四章 水轮机导轴承的检修工艺	63
第一节 橡胶瓦水润滑导轴承的检修	67
第二节 分块式导轴承的检修	69
第三节 整体筒式瓦导轴承的检修	72
第四节 轴承水封装置的检修	74
第五章 水轮机附属部件和埋设部件的检修工艺	85
第一节 滤水器清扫	85
第二节 补气阀清扫	86
第三节 真空破坏阀检修	88
第四节 电磁配压阀与液压阀的检修	89
第五节 蜗壳与钢管的检修	91

第六节 尾水管的检修	93
第六章 主阀的检修工艺	96
第一节 蝶阀动作试验及围带处理	101
第二节 蝶阀轴承的检修	103
第三节 蝶阀轴承的改进措施	107
第四节 旁通阀和空气阀的检修	108
第七章 其它类型水轮机的检修工艺	110
第一节 轴流式水轮机的检修	110
第二节 斜流可逆式水轮机的检修	127
第三节 水斗式水轮机的检修	131
第八章 机组中心测定	142
第一节 机组中心测定前的准备工作和工具	142
第二节 机组中心的测定方法	144
第三节 机组中心测定和分析处理的实例	146
第九章 发电机转子检修工艺	153
第一节 发电机空气间隙测定	154
第二节 发电机转子吊出与吊入	156
第三节 转子测圆	158
第四节 磁极拆装	159
第五节 检查转子各部, 热打紧磁轭键	162
第十章 发电机机架拆装及定子检修工艺	165
第一节 机架水平测量及拆装	167
第二节 定子铁芯松动处理、穿心螺栓应力检查	169
第三节 冷态振动处理、定子调圆	171
第十一章 发电机轴承的检修工艺	173
第一节 推力轴承的拆装	175
第二节 镜板处理和推力瓦的刮削	177
第三节 推力瓦与导轴瓦的挂瓦	180
第四节 发电机轴承甩油的改进措施	182
第五节 镜板水平与推力瓦受力调整	185
第十二章 机组轴线调整	190
第一节 概述	190
第二节 机组轴线的测量	191
第三节 轴线处理	199
第四节 轴线调整	205
第十三章 发电机附属设备的检修工艺	210

第一节	风闸的检修.....	210
第二节	膨胀型温度计的校验.....	213
第三节	油槽的清洗和冷却器清扫与检修.....	213
第十四章	机组的平衡试验.....	216
第一节	转轮的静平衡.....	216
第二节	机组的动平衡.....	222

第一章 概 论

第一节 水力机组的型式

水力机组是由水轮机、发电机、调速器及相应的附属设备等组成的。

水轮机是将水能转换为机械能的机械。发电机是将水轮机的机械能变成电能的机械。调速器是把水力机组所发出的有功能量与系统对机组的要求相平衡的机器（此外，它能起开机、停机、自动成组运行的作用）。

根据水轮机中能量发生转换的方式不同，可以把大中型水轮机分成反击式和冲击式两大类，如表 1-1。

表 1-1 大 中 型 水 轮 机 分 类

分 类	名 称	适 用 水 头 (米)	单 位 转 速 (转 分)	单 位 流 量 (升 分)	比 转 速 (转 分)	代 号
反 击 式	混 流 式	20 ~ 150	60 ~ 90	250 ~ 1500	100 ~ 400	HL
	轴 流	定 桨				ZD
		转 桨	3 ~ 55	100 ~ 150	1300 ~ 2000	ZZ
	贯 流	定 桨				GD
		转 桨				GZ
	斜 混 流 可 逆	~ 620				XL HLN
	斜 混 流 可 逆	~ 150				XLN
冲 击 式	● 轴 流 可 逆	~ 66				ZLN
	水 斗 式					CJ

根据机组轴线的位置，水力机组又可分为立式和卧式两种机组。大型反击式水轮机均为立式，因而发电机也是立式。冲击式水轮机则有立式和卧式两种。图 1-1、1-2 和 1-3 是各式水力机组的布置图。

立式水力机组通常由四个部分组成。即引水部分，从进口闸门、钢管到蜗壳；导水机构，接力器、控制环、导叶操作机构、导叶、顶盖和底环等；工作部分，水轮机转轮、发电机；排水部分，尾水管。

发电机由转子、定子、上机架、下机架、推力轴承、导轴承以及励磁系统等部件组成。根据推力轴承在发电机转子的上方或下方，可将发电机分为悬吊型和伞型两种。图 1-1 所示为悬吊型发电机，其推力轴承在转子的上方，整个机组旋转部分的重量由它通过上机架、定子外壳传至基础。发电机的下导轴承位于下机架内，上导轴承装在上机架内或与推力头装在一起。图 1-2 所示为伞型发电机。其推力轴承在发电机转子的下方，直接装在水轮机的顶盖上。

调速器的类型较多，早期使用机械液压式（如 T、ST、CT、XT），后来使用电气

液压式(如DST、JDT、JST),最近又出现了集成电路式的(如JCT、JCST等)。

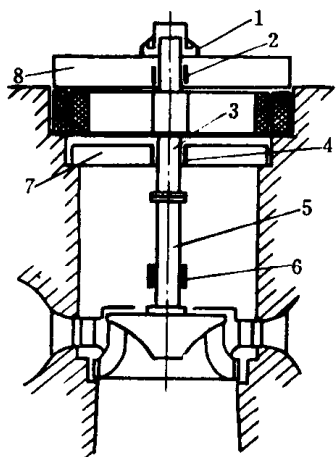


图 1-1 混流式机组

1—发电机推力轴承; 2—发电机上导轴承;
3—发电机轴; 4—发电机下导轴承; 5—水
轮机轴; 6—水轮机导轴承; 7—发电机下机
架; 8—发电机上机架

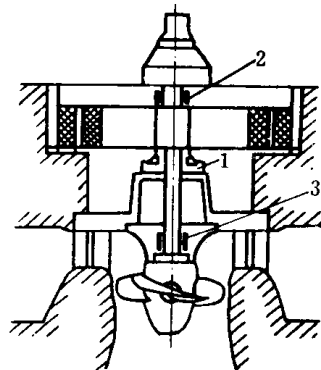


图 1-2 轴流式机组

1—发电机推力轴承; 2—发电机上导轴
承; 3—水轮机导轴承

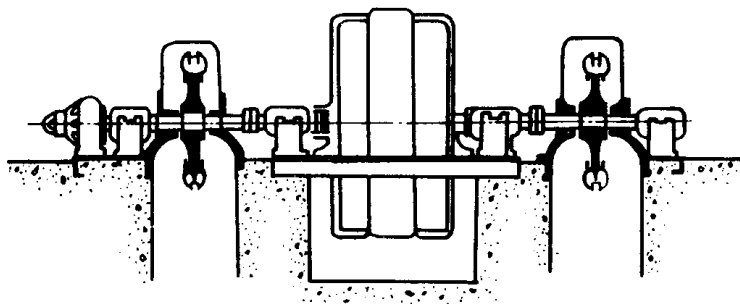


图 1-3 水斗式机组

第二节 水力机组的检修内容及施工组织

为了保证安全供电,保持机组长期高质量运转,检修工作是很重要的。

检修工作要贯彻预防为主方针。做到有目的、有计划、有组织的安排检修工作。坚持该修必修、修必修好的原则。严格按照规章制度办事。只有高水平、高质量的检修工作,才能保证水轮发电机组的安全运行。

一般将检修工作分为如下四类。

维护检查:这是在运行机组不停机的情况下,每周一次的维护工作。

小修:大部分是发生了设备故障或事故需立即处理的项目,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设备使用情况,为编排大修项目提供了依据。小修要在停机状态下进行。

大修：全面地检查机组各组成部分的结构及其技术数值，并按照规定数值进行调整工作。这步工作往往在不吊出水轮机转轮的情况下进行。

扩大性大修：全面、彻底地检查机组每一部件(包括埋设部件)的结构及其技术数值并按规定数值进行处理。扩大性大修要吊出水轮机转轮。有时还要进行较大的技术改革工作。

一、水轮机的检修项目及质量标准

以混流式水轮机为例，掌握了它的检修内容，就可以相应地了解轴流式、水斗式水轮机的一些近似的检修项目。

根据适用水头的不同，水轮机转轮结构会有所区别；因润滑方式的差异，又使得不同类型的导轴承各有自己的特点。在导水机构中，也会因导叶采用不同的轴承润滑方式、导叶传动方式和接力器型式等原因，使得各电站的水轮机结构不同。

图1-4是中水头混流式水轮机的结构图。它采用橡胶水润滑的导轴承，黄油润滑的导叶轴承和双叉头传动方式的导水机构。这是常见的典型设备。

图1-5是中低水头的混流式水轮机结构图。它采用了分块瓦油润滑的导轴承，导叶轴承采用工程塑料自润滑方式，导水机构用耳柄式传动机构。

图1-6是高水头混流式水轮机结构图，它的转轮采用梳齿式止漏装置，用筒式瓦油润滑水导，其轴承采用了有空气围带检修水封和带泵叶的端面自调整的水封装置。

某电厂水轮机的工作参数为： $H_p = 69$ 米， $Q_p = 135$ 米³/秒， $n_H = 125$ 转/分， $N_H = 72500$ 千瓦，其检修项目及质量标准如表1-2~表1-5所示。

二、发电机的检修项目及质量标准

大型水轮发电机多采用立式。图1-7是悬吊型水轮发电机的结构图。推力油槽位于上机架上，上导在上机架内，下导在转子下方的下机架内。这是常见的典型的水轮发电机。

图1-8是伞型水轮发电机的结构图。它的推力轴承位于发电机转子之下的水轮机顶盖上。它减少了机组的高度，又取消了下导，能节省一些材料，适用于低转速机组。

水轮发电机的检修周期与类别同水轮机相似。其检修项目及质量标准见表1-6~表1-8。

这里我们只介绍发电机机械部分的检修内容，涉及线圈、仪表等内容未编入。

三、施工组织计划工作

施工组织计划是整个检修工作的基础。这个工作做得好坏直接影响大修的工期和质量，因此必须力争做得周密、准确。

1. 大修前的调查研究和检查工作

为了在大修工作中正确处理缺陷、少走弯路、节省时间、提高质量，在检修前必须了解设备的设计和加工工艺方面的问题。如本机转轮的设计参数与运行工况是否一致；叶型设计对能量特性、汽蚀特性的影响，转轮制造时采用整体铸造，还是铸焊结构，结构是否合理，有无缺陷；叶片材料、精度、光洁度，表面复盖层情况如何；导水机构设计参数及技术数据；导轴承结构是否合理；发电机的安装质量如何，轴线好坏和机架振动大小。

了解运行方面的问题，如开、停机是否顺利，能量特性如何，漏水量大小，振动、摆度、温升等情况。

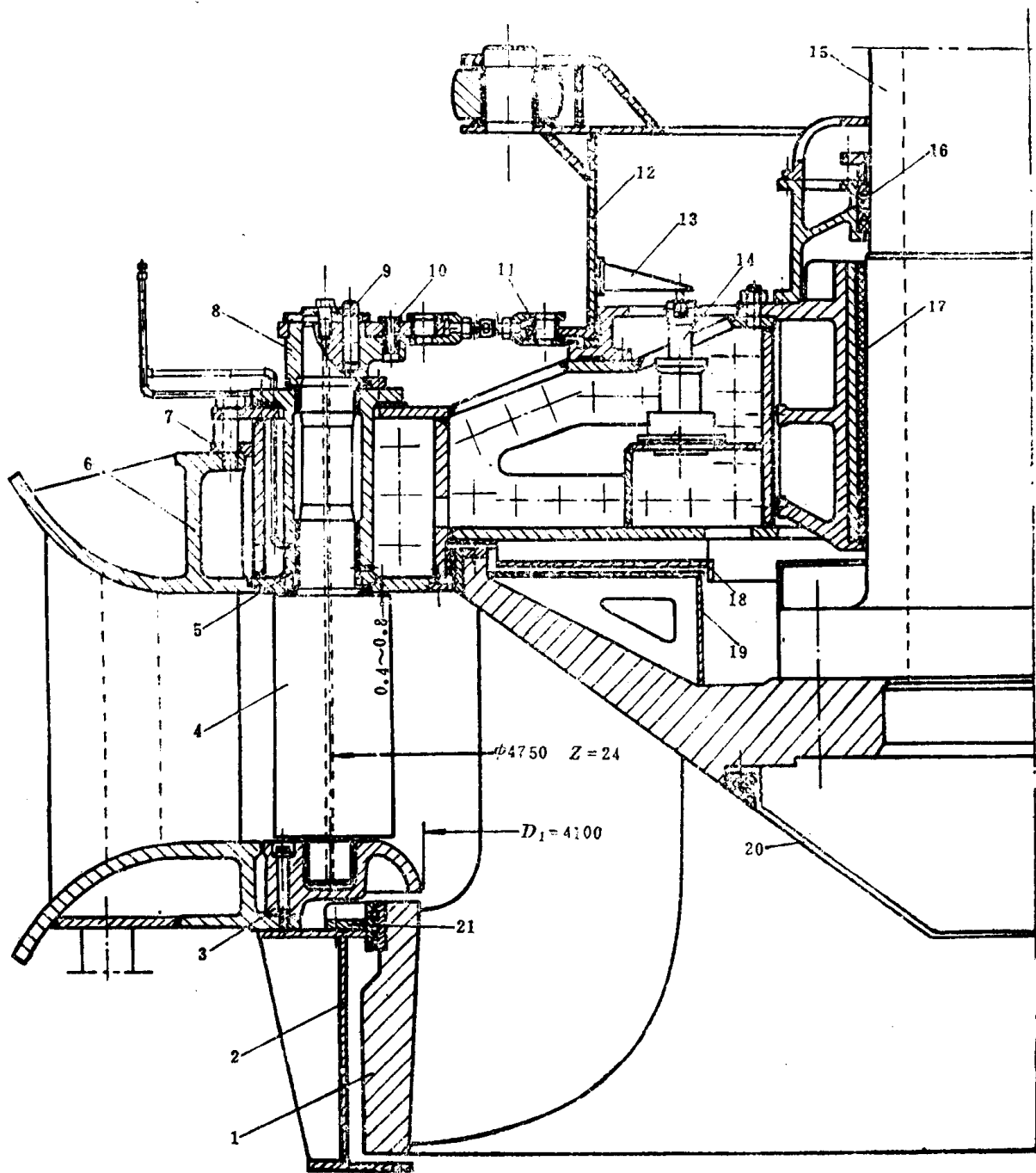


图 1-4 HL180-LJ 410水轮机 (单位: 毫米)

$H_p = 73$ 米; $n_{II} = 150$ 转/分; $N_s = 78500$ 千瓦

- 1—转轮; 2—基础环; 3—底环; 4—导叶; 5—套筒; 6—座环; 7—顶盖; 8—拐臂; 9—分半键;
10—剪断销; 11—连杆; 12—控制环; 13—斜铁; 14—紧急真空破坏阀; 15—主轴; 16—橡皮石棉盘根水封;
17—橡胶轴瓦轴承; 18—减压板; 19—减压环; 20—泄水锥; 21—下部固定止漏环

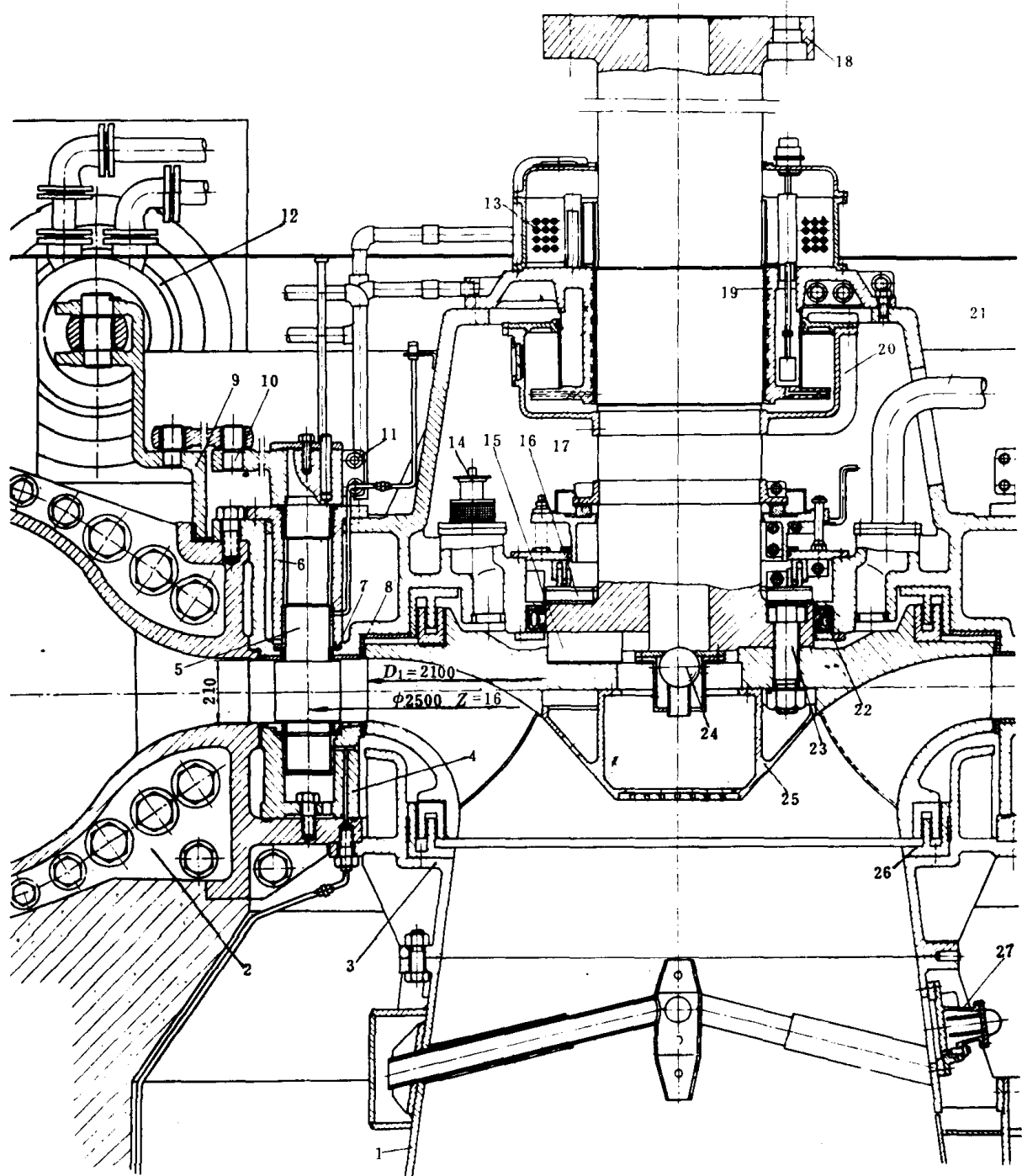


图 1-6 HL100 LJ 210高水头水轮机 (单位: 毫米)

$H_p = 270$ 米; $n_H = 500$ 转/分; $N_s = 38500$ 千瓦

1—上锥管; 2—分瓣铸造的蜗壳与座环; 3—基础环; 4—底环; 5—导叶; 6—套筒; 7—L型橡皮密封; 8—抗磨板; 9—控制环; 10—剪断销; 11—拐臂; 12—接力器; 13—冷却器; 14—真空破坏阀; 15—径向键; 16—轮叶装置; 17—水封装置; 18—主轴; 19—筒式轴承; 20—转动油盆; 21—调相进气管兼作均压排水管道; 22—空气围带; 23—连接螺栓; 24—吸力空气阀; 25—泄水锥; 26—下部固定梳齿止漏环; 27—水位信号器

表 1-2

检 修 类 别 及 周 期

检 修 类 别	周 期	工 期
维 护 检 查	每周一次	半 天
小 修	每年 2 ~ 3 次	2 ~ 7 天
大 修	2 ~ 3 年一次	20 ~ 30 天
扩 大 性 大 修	10 年左右一次	45 ~ 75 天

表 1-3

维 护 检 查 项 目 及 质 量 标 准

项 目	质 量 标 准
1. 各部轴承检查	凡是滑动轴承应润滑良好, 具有合格油质, 正常油色及足够油量。滚动轴承应润滑良好, 转动时无异音, 无振动及其它异常现象
2. 水导处摆度测定	符合技术规定
3. 油、气、水系统管路及阀门检查	管路各接头严密无渗漏, 阀门动作灵活, 关闭严密, 盘根止漏良好
4. 机组外观检查	振动、响声无异常
5. 剪断销 (或破断螺丝) 及水导法兰结合螺丝检查	无破损、无松动
6. 表计检查	指示准确
7. 缺陷处理	在可以不停机的条件下能处理的缺陷, 应及时处理
8. 导水叶轴承注油	每月一次, 每次注足

表 1-4

小 修 项 目 及 质 量 标 准

项 目	质 量 标 准
1. 各部轴承检查及注油	滑动轴承的油量应足够, 油质合格; 滚动轴承应转动灵活, 无杂音、无振动及其它异常现象
2. 橡胶水导止水密封装置检查	胶板无严重磨损及老化现象。各部间隙合适无严重漏水
3. 导叶传动机构的安全装置水导的抗重螺栓及法兰结合螺栓检查	无破损、无松动
4. 油、水过滤器清扫及阀门分解检查	滤过网清洁, 无破损。阀门动作灵活, 止口严密不漏、盘根止漏良好
5. 接力器及推拉杆检查	接力器各部盘根及各管接头不漏油。推拉杆两背帽不松扣。滑台清洁
6. 表计检查	指示应正确
7. 水轮机室清扫	整齐清洁
8. 缺陷处理	日常维护中不能处理而又可以在小修期间处理的某些较大的缺陷, 应按该项目的质量标准进行处理

表 1-5

大修或扩大性大修项目及质量标准

项 目	质 量 标 准	验收单位
一、转轮及主轴		
1. 止漏环测圆及处理	测量误差不超过0.05毫米, 不圆度不超过止漏环设计间隙的 $\pm(10\sim15)\%$	厂
2. 裂纹检查及处理	正确测量裂纹部位及尺寸, 不得遗漏。清除全部裂纹, 堆焊后经探伤合格	厂
3. 汽蚀检查及补焊	堆焊后无夹渣、气孔及裂纹, 焊后无明显变形, 磨后叶片型线应基本保持原型	厂
4. 叶片开口度及处理	开口度的测量误差不超过0.50毫米, 相邻叶片开口偏差为 $\pm 0.05a_0$, 开均开口偏差为 $\begin{matrix} +0.03 \\ -0.01 \end{matrix} a_0$	
5. 静平衡	测量转轮实际倾斜值 H' 小于允许不平衡重量所产生的倾斜值 H , $H' < H$	厂
6. 主轴拆装	联轴螺栓及螺孔清除干净, 无研磨、无毛刺。上、下法兰面平整, 无毛刺, 螺栓伸长值合格 $\Delta l = \frac{\sigma \cdot l}{E}$ 螺栓上、下点焊牢固。组装后水轮机转轮倾斜度不超过0.02毫米/米, 两法兰面无间隙	厂
7. 轴颈检查及处理	表面无毛刺, 单侧磨损及偏磨值不大于规定数值, 若修圆, 用土法车削时, 要求法兰外圆及轴颈摆度不大于0.04毫米, 法兰端面及止口摆度不大于0.02毫米, 光洁度 $\nabla 7$	厂
二、导水机构		
1. 压紧行程测定及调整	压紧行程在规定值之内	班 组
2. 导叶间隙测量及调整	端面间隙及立面间隙均在规定的范围之内	厂
3. 导叶汽蚀破坏处理	堆焊无夹渣、气孔及裂纹, 磨后应保持立面间隙及开口度合格	厂
4. 破断螺丝或剪断销检查	不松动, 不破损	班 组
5. 止推装置检查	无严重锈蚀, 润滑良好	班 组
6. 轴套、导叶上、下轴承处理	间隙合格	班 组
7. 导叶开度测量及处理	在各种规定开度下, 如从0, 10%, 20%……100%递增, 反过来递减, 测量互成90°的4对导叶开度, 并在开度50%, 100%两种情况下, 测全部导叶开度, 其开度最大偏差 $\leq \pm 3\% a_{max}$	分 场
8. 各部轴承注油		
9. 接力器分解检查	盘根良好, 不漏油。活塞与活塞缸无严重磨损, 间隙和在规定范围内, 接力器活塞套筒不平度不超过0.02毫米/米, 各接头不漏油	分 场
10. 控制环跳动检查		
三、水轮机导轴承		
1. 止水密封装置检查	符合规定范围	分 场
2. 轴承间隙	去锈、刷干净, 刷漆	分 场
3. 保护罩、保护架	管路通畅, 接头不漏, 过滤器清洁, 各阀门动作灵活, 不漏	班 组
4. 管路及附件分解检查	指示准确	班 组
5. 表计校正		分 场
四、压力钢管		
1. 钢板检查	焊缝无裂纹钢板无严重锈蚀	分 场
2. 排水阀	操纵灵活, 阀口不漏, 各处盘根不漏	班 组
3. 伸缩节	压紧螺栓不缺不坏	分 场
4. 进入孔	人孔门处不漏水, 紧固螺栓不缺不坏	班 组
五、蜗壳		
1. 焊缝及铆钉	焊缝无裂纹, 铆钉无松动, 不缺	班 组
2. 排水阀检查	操作灵活, 阀口不漏, 盘根不漏	班 组
3. 逸气阀	盘根无破损, 无漏水, 操作灵活	班 组
4. 进入孔	不漏水, 紧固螺栓不坏不缺	班 组
六、尾水管		
1. 钢板检查, 里衬补修	补修后基本保持原形, 焊后无裂纹, 汽蚀补焊无夹渣、汽泡和裂纹	厂
2. 排水阀检查	操作灵活, 阀口不漏水, 盘根不漏	班 组
3. 伸缩节	压紧螺栓不少不坏, 盘根处不漏水	班 组
4. 补气装置检修或改进	补气装置汽蚀破坏已修理完好, 补气效果好	厂
5. 进入孔	人孔门不漏水, 紧固螺栓不少不坏	班 组

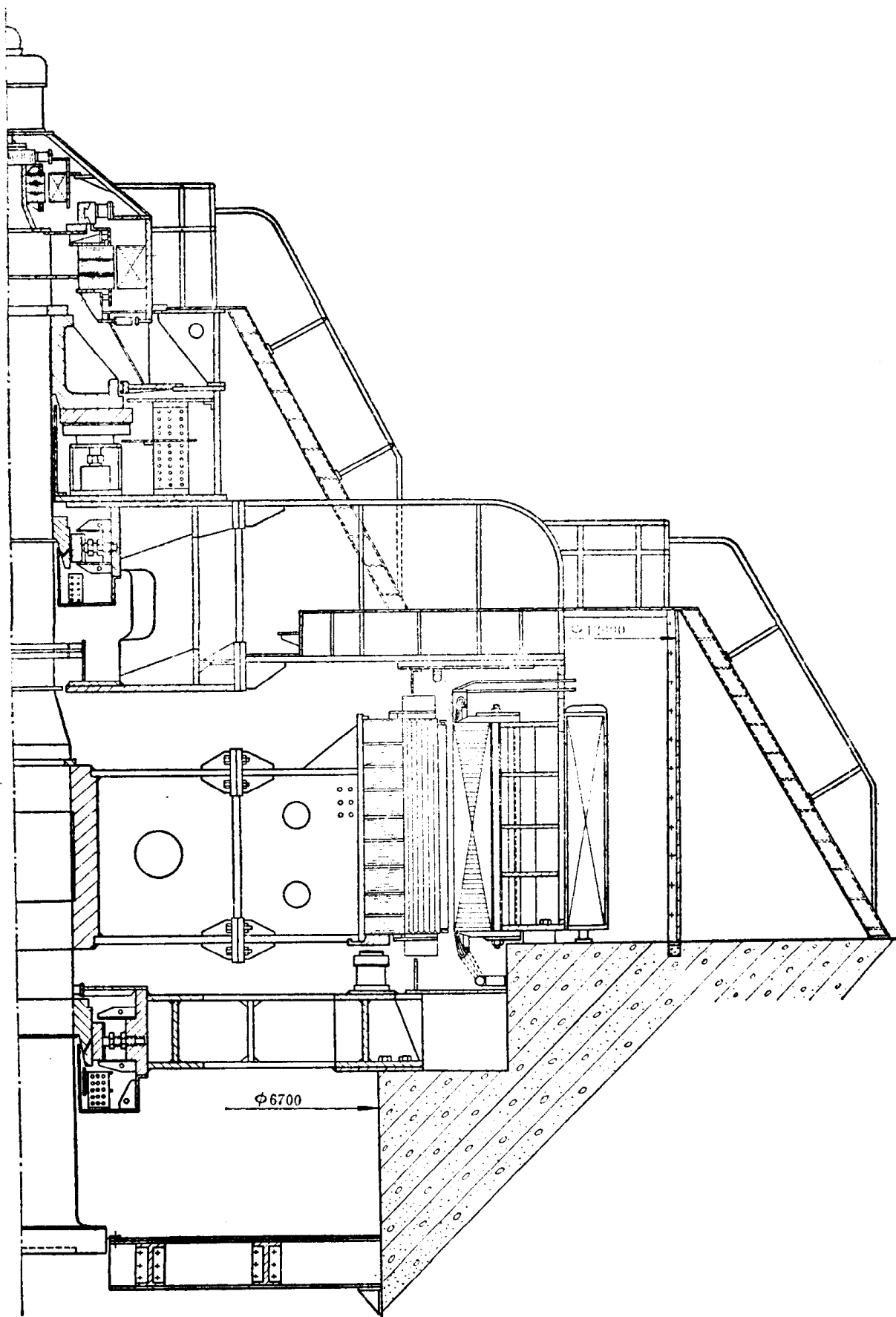


图 1 7 T S 854/190 18悬吊型水轮发电机结构图

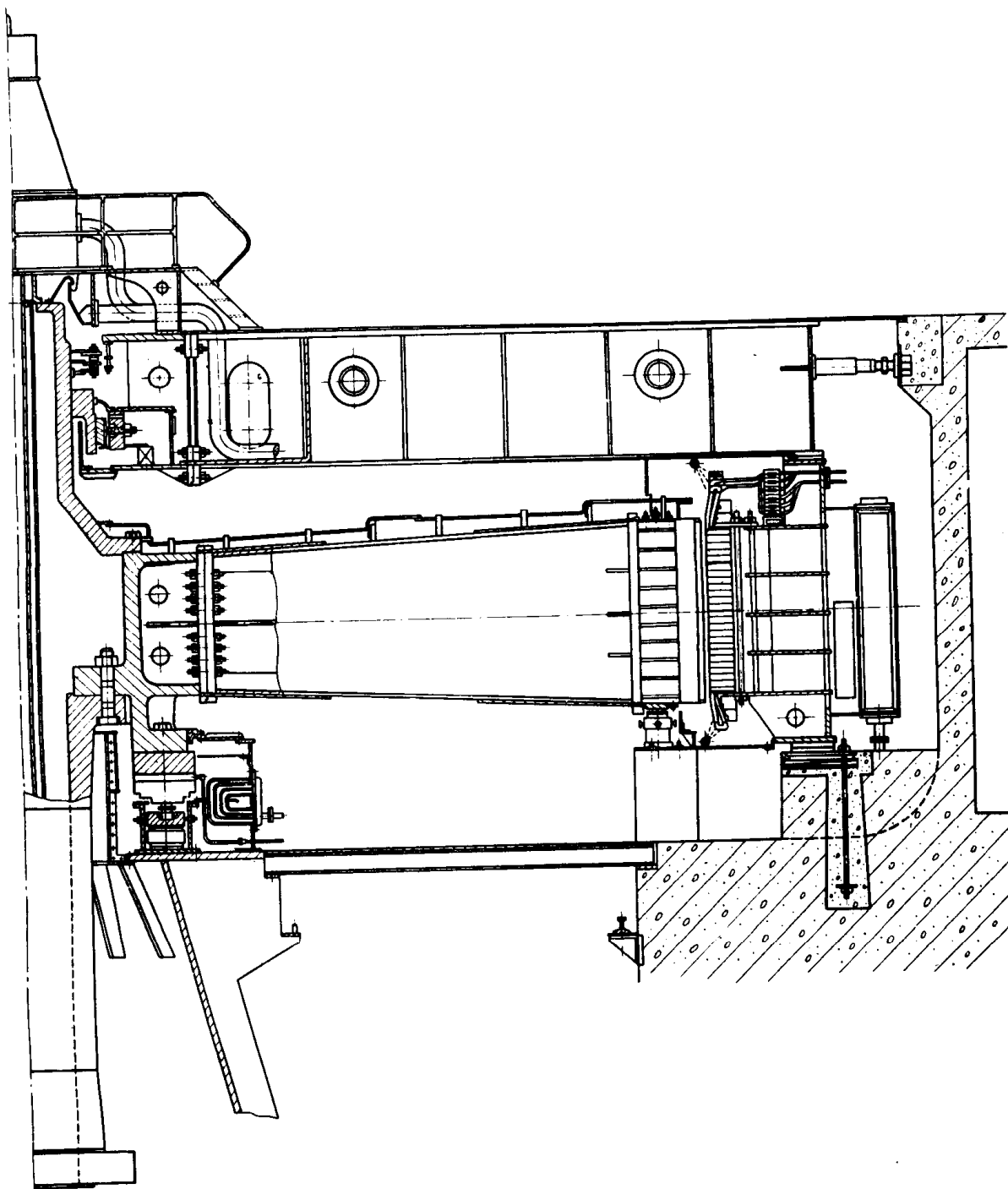


图 1-8 T S1760/200-110伞型水轮发电机