

题目 48:

## **“水轮发电机组过流水质泥沙特性在线监测 技术研究” 比赛方案**

【东方电气集团东方电机有限公司、东方电气长三角（杭州）

创新研究院有限公司】

### **一、组织单位**

东方电气集团东方电机有限公司、东方电气长三角（杭州）  
创新研究院有限公司

### **二、题目名称**

水轮发电机组过流水质泥沙特性在线监测技术研究

### **三、题目介绍**

我国水能资源可开发装机容量越 6.6 亿千瓦,在西南地区的可开发装机容量约为 4.5 亿千瓦, 占全国的 68%, 开发潜力巨大, 其中高水头水力资源蕴藏丰富。但是目前其开发程度极低, 仅为技术可开发量的 1%左右。其面临的重要挑战主要是水头落差极大, 泥沙含量高。

这种高水头大容量河流中不可避免地将混入泥沙颗粒, 对水轮发电机组过流表面造成磨损破坏, 增加了过流部件结构表面的粗糙度, 降低了机组的性能。在机组效率性能方面, 泥沙磨损效应会增加机械部件的间隙, 增加容积损失, 在泥沙磨损和气蚀的联合作用下, 过流部件表面形状发生了改变, 叶轮型

线遭到改变，使其做工效率下降；在机组运行方面，泥沙磨损造成的材料破坏会导致过流部件破坏失效，严重时使其机组产生强烈振动和噪音，直接影响了水轮机的安全稳定性和服役寿命。中国水力发电工程学会发布的数据表明，水轮机磨蚀破坏会导致水轮机效率降低 5%~10%，使用寿命缩短 10%~20%。据国际水电协会统计，全球水电站每年因磨蚀造成的经济损失超过 100 亿美元。

通常，水轮发电机组过流水质泥沙特性对于机组的磨损特性影响较大，泥沙浓度、泥沙颗粒级配、泥沙硬度以及泥沙形状等都影响着水轮发电机组过流部件的磨损特性。目前，水体泥沙测量通常采用烘干法、过滤法等人工取样分析方法，对上游水体进行测量。但该方法具有明显的时滞，不能准确反映流域泥沙浓度的变化情况。同时，该方法无法真实反映对水轮机本体结构中水体泥沙情况，对机组磨损评估而言作用有限。而由于水轮机本体结构中水压高、流速快，且运行安全性要求极高，难以开展水轮机腔室内部的水体泥沙测量。总体而言，水轮机过流水体泥沙测量是国际上的普遍性难题，亟需一种有效的水体泥沙原位实时测量方法。因此水轮发电机组过流水质泥沙特性的在线监测至关重要，它是水电站发电调度、机组故障预测的重要依据。

请按照包含以下内容的技术路线来设制“水轮发电机组过流水质泥沙特性在线监测技术研究”技术方案：

1. 取样位置的确定。从水库上游、引水压力钢管、蜗壳门、尾水门、下库等其它可选择位置，选取一个或多个取样位置，同时应考虑不同类型机组（混流、抽蓄、冲击式）的通用性问题；调研泥沙沿水库深度方向的分布规律，比较库区取样和机组过流取样的差异。

2. 取样设备安装的可行性。方案在设计时应考虑取样点处的流量、压力、流速等信息，确保取样的科学性和在线监测硬件系统的可靠性，尽量减少对机组设备的加工改动，同时不能对机组正常运行造成影响，不能产生安全隐患。

3. 监测的频率与方式。需要确定测量是在动水或静水中进行、要求的水量大小、完成一次测量计算所需时间、所需的监测频率等信息。

4. 具体监测指标。需确定在线监测指标（泥沙含量、径粒分布等）与线下监测指标（矿物种类、形状等）的具体划分，以及线下监测指标的实现方式。

5. 确定取样的合理时间，综合考虑丰水期、枯水期、库容大小、机组运行初期等影响因素。

#### **四、参赛对象**

2024 年 6 月 1 日以前正式注册的全日制非成人教育的各类高等院校在校专科生、本科生、硕士研究生（不含在职研究生）均可申报作品参赛，以个人或团队形式参赛均可，每个团队不

超过 10 人（含作品申报者），每件作品可由不超过 3 名教师指导完成。可以跨专业、跨校、跨地域组队。

本校硕博连读生（直博生）若在 2024 年 6 月 1 日以前未通过博士资格考试的，可以按研究生学历申报作品。没有实行资格考试制度的学校，前两年可以按硕士学历申报作品。本硕博连读生，按照四年、两年分别对应本、硕申报，后续则不可申报。

毕业设计和课程设计（论文）、学年论文和学位论文、国际竞赛中获奖的作品、获国家级奖励成果（含本竞赛主办单位参与举办的其他全国性竞赛的获奖作品）等均不在申报范围之列。

每件作品仅可由 1 所高校推报，高校在推报前要对参赛团队成员及作品进行相关资格审查。

每所学校选送参加专项赛的作品数量不设限制，但同一作品不得同时参加第十九届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛主体赛事自然科学类学术论文、哲学社会科学类调查报告、科技发明制作作品评比。

## **五、答题要求**

根据选题情况作品主要涵盖以下要求：

1. 提出一种水轮发电机组过流水质泥沙特性的在线监测技术方案；

2. 提交技术方案书，包括技术原理、实现形式、工程样机设计方案等内容；

3. 根据大赛整体时间安排并结合科研攻关的科学规律，8月5日前，各参赛团队提交作品；

## **六、作品评选标准**

### **1. 基本要求**

- (1) 技术原理分析清晰，实现形式合理有据；
- (2) 该设计方案应具备良好的可行性；
- (3) 技术方案书、PPT等展示材料内容齐全、页面整洁、图标清晰、公式准确。

### **2. 优选要求**

- (1) 设计方案能够满足相关性能指标，详见附件2作品评分标准；
- (2) 设计方案清晰，技术路线可行，可拓展性强；
- (3) 研究成果有望投入工程应用。

## **七、作品提交时间**

2024年4月-2024年8月，各参赛团队选择榜单中的题目开展科研攻关。各高校“挑战杯”竞赛组织协调机构要积极组织学生参赛，安排有关老师给予指导，为参赛团队提供支持保障。2024年8月，组委会和出题方共同开展初审，确定入围终审的晋级作品和团队。

2024 年 9 月，每个选题晋级团队完善作品，各出题方安排专门团队提供帮助和指导，冲刺攻关参加终审和“擂台赛”。终审环节对榜单的每个选题原则上分别评出特等奖 5 个，一、二、三等奖若干。获得特等奖的团队晋级最终“擂台赛”，并进行现场展示和答辩，“擂台赛”环节对榜单的每个选题原则上评出 1 个“擂主”。出题方与“擂主”团队现场签约并给予奖励。

2024 年 8 月 5 日前，各参赛团队向组委会提交作品，具体提交要求详见作品提交方式。

## **八、参赛报名及作品提交方式**

### **1. 网上报名方式**

（1）请参赛同学通过 PC 电脑端登录报名网站（<https://fxyh-t.bocmartech.com/jbgs/#/login>），在线填写报名信息。

（2）报名信息提交后，请将系统生成报名表下载打印，根据提示，由申报人所在学校的学籍管理部门、院系、团委等部门分别进行审核（需严格按照要求在指定位置完成签字和盖章）。

（3）将审核通过的报名表扫描件上传系统，等待所在学校及发榜单位审核。

（4）请参赛同学注意查看审核状态，如审核不通过，需重新提交。具体操作流程详见报名网站《操作手册》。

## 2. 具体作品提交方式

提交具体作品时，务必一并提交 1 份报名系统中审核通过的参赛报名表（所有信息与系统中填报信息保持严格一致）。

请参赛团队分别提交电子版和纸质版技术方案至出题单位。

电子版提交方式：请将参赛报名表与作品文档以压缩包格式上发送至指定邮箱。压缩包名称格式：提报单位（学校全称）-选题名称-作品名称。（指定邮箱：[chenx2534@dongfang.com](mailto:chenx2534@dongfang.com)）

纸质版提交方式：请将打印下来的参赛报名表与纸质版技术方案扫描件通过邮寄方式提交至出题单位。技术方案封面名称格式：提报单位（学校全称）-选题名称-作品名称。（如有其他文件的可同时邮寄，地址：四川省德阳市黄河西路 188 号 陈老师 18046215382）

## 九、赛事保障

对于参加本项目的参赛团队，本单位可以根据团队的实际需求，在参观交流、专业指导以及其他项目必须条件等方面提供帮助。

本单位将为此次比赛组建专业指导团队，指导团队将由出题单位专家组成，同时为了保证在项目相关资料等问题方面给予团队及时的帮助，团队还将为参赛团队指定辅导老师，辅导老师由本单位专业技术人员组成，并在参赛团队完成报名后予以明确。

赛事办公室设在东方电气集团东方电机有限公司，参赛过程中，参赛团队如需本单位提供与项目相关的其他必须帮助，请提前与赛事办公室联系，我们将在许可范围内给予参赛团队帮助。

## **十、设奖情况及奖励措施**

### **1. 设奖情况**

根据评分规则，综合评定参赛队伍。设置特等奖 5 个（“擂主”在特等奖中产生 1 个），一等奖 5 个，二等奖 5 个，三等奖 5 个。

### **2. 奖励措施**

（1）本单位将结合项目实际，拟奖励特等奖每支队伍 1 万元；奖励一等奖每支队伍 0.5 万元；奖励二等奖每支队伍 0.3 万元；奖励三等奖每支队伍 0.2 万元。对于“擂主”方案，东方电机、东长研究院将额外进行签约并签订效益分享合同。

（2）工作成果如获本单位认可，投入工程应用，团队成员可以允许通过校企合作形式参与项目研发，同时根据项目成果给予额外奖励。

（3）东方电机、东长研究院为获奖学生团队提供实地参观、实践调研、产学研合作机会等。特等奖获奖团队成员如应聘东方电机、东长研究院相关岗位，同等条件下可优先录取；一等奖获奖团队成员如应聘东方电机、东长研究院相关实习岗



位，同等条件下可优先录取；二等奖获奖团队成员可获得东方电机、东长研究院参观实习机会。

### **3. 奖励发放方式**

所有现金奖励将在比赛结束后 1 个季度内，通过银行转账的方式，发放至各获奖团队指定的账号。

所有实地参观、实践调研、产学研合作需求请获奖团队赛后 1 个季度内联系出题单位工作人员进行备案以便后续安排。

## **十一、比赛专班联系方式**

### **1. 专家指导团队**

指导专家：陈老师，联系方式：18046215382

负责比赛进行期间技术指导保障。

### **2. 赛事服务团队**

联络专员：吕老师，联系方式：18521775789

负责比赛进行期间组织服务及后期相关赛务协调联络。

### **3. 联系时间**

比赛进行期间工作日（8:30-11:30，14:00-17:30）

东方电气集团东方电机有限公司  
东方电气长三角（杭州）创新研究院有限公司

## 附件 1：选题申报单位简介

东方电气集团东方电机有限公司（简称：东方电机）成立于 1958 年，是中国东方电气集团有限公司的全资核心子企业，是我国研究、设计、制造大型发电设备的重大技术装备制造骨干企业，是全球发电设备、清洁能源产品和服务的主要供应商。公司总部位于古蜀之源、重装之都的四川德阳；占地面积约 94.5 万平方米；资产总额 212 亿元。作为国家级高新技术企业，东方电机建成了四川省大型清洁发电技术工程实验室和院士专家工作站，具有多个国际先进水平的科研开发系统和检测中心，拥有专业技术人员 1738 人、工程院院士 2 人、享受政府特殊津贴专家 13 人。六十余年来，东方电机通过自主创新和科研攻关，形成了水、火、核、气、风、光“多电并举”的产业发展格局。

东方电气长三角（杭州）创新研究院有限公司（简称：东长研究院）打造面向国家战略、企业需求、行业共性难题的科技研发创新中心、科技成果转化中心及高端人才聚集高地，是新发展阶段央地共建的高水平创新型企业研究院，致力于践行国家能源战略，紧紧围绕东方电气战略发展规划及“浙江制造强省”要求，聚集研发资源，服务企业创新，引领产业发展，培养引进高端人才，推动光能技术、多能协同技术、节能环保技术、未来技术等研究，努力为浙江省及长三角地区的高端装备、新能源、新材料等产业高质量发展打造核心引擎。

## 附件 2：作品评分标准

初审根据下述评审内容对学生团队提交的方案，以 100 分制进行打分，根据各参赛作品得分情况决定进入终审的参赛团队名单。作品总分包括主观分、客观分，其中主观分 40 分，客观分 60 分。

### 1. 主观分（40 分）

评委主要从设计方案的完整性、研发思路、工程性等三个维度进行综合评价，各维度所占分值情况如下：

- （1）设计方案的完成程度（分值：10 分）；
- （2）研发思路的合理性（分值：15 分）；
- （3）工程可实现性（分值：15 分）。

### 2. 客观分（60 分）

从原理分析、案例佐证或实验验证等角度评估所设计的工程样机性能，设计的工程样机满足性能指标及分值情况：

- （1）泥沙含量监测（分值：20 分）

测量范围：0.001~150 kg/m<sup>3</sup>

分辨率：0.0001 kg/m<sup>3</sup>

测量范围越大，分辨精度越高，得分越高。

- （2）泥沙颗粒粒度检测（分值：20 分）

测量范围：1~1000 μm

准确性误差：< 1%

测量范围越大，准确性误差越小，得分越高。

### （3）泥沙成分分析（分值：20分）

应能对泥沙中的典型矿物质如石英、白云石、斜长石、高岭石、白云母、方解石、赤铁矿、绿泥石、蒙脱石等进行识别。对各种矿物质外形轮廓、粒径大小进行识别，应支持检测各种矿物质的粒径分布情况。

对泥沙成分能够鉴别的种类越多，成分分析越准确，鉴别精度越高，得分越高。