



UNITED NATIONS
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



小水电技术导则 管理

第3部分：技术改造

SHP/TG 005-3: 2019



免责声明

本导则未经联合国正式编辑。本导则内采用的名称和资料并不代表联合国工业发展组织的秘书处关于各国、领土、城市、地区或其当局的合法地位，以及关于国土、边界的界定、或对经济体系及其发展程度等问题的任何意见和立场。例如“发达的”、“工业化的”和“发展中”等一类词汇只为方便统计，未必表示一个国家或者地区的真实发展程度。本导则中提及的公司名称或者商业产品并非联合国工业发展组织为其代言。本导则尽可能保持内容的准确性，但联合国工业发展组织及其成员国均不对使用本导则可能产生的结果承担任何责任。本导则可被自由引用或转载，但需注明出处。

© 2019 UNIDO/INSHP – 版权所有

小水电技术导则 管理

第 3 部分：技术改造

鸣 谢

本导则是联合国工业发展组织（UNIDO）和国际小水电联合会（INSHP）共同合作努力的成果，约 80 名国际专家和 40 家国际机构参与了导则的编制、同行审查，并提出了具体意见和建议，使导则更具实用性和专业性。

UNIDO 和 INSHP 非常感谢许多机构在制定本导则期间作出的贡献，特别是以下国际组织：

——东南部非洲共同市场（COMESA）

——全球区域可持续能源中心网（GN-SEC），特别是西非国家经济共同体可再生能源和能源效率中心（ECREEE）、东非可再生能源和能源效率中心（EACREE）、太平洋可再生能源和能源效率中心（PCREEE）和加勒比可再生能源和能源效率中心（CCREEE）。

中国政府推动了本导则的最终定稿，对其完成具有重要意义。

以下人士为编制本导则作出了贡献，包括有价值的投入、审查和提供建设性意见：Mr. Adnan Ahmed Shawky Atwa, Mr. Adoyi John Ochigbo, Mr. Arun Kumar, Mr. Atul Sarthak, Mr. Bassey Edet Nkposong, Mr. Bernardo Calzadilla-Sarmiento, Ms. Chang Fangyuan, Mr. Chen Changjun, Ms. Chen Hongying, Mr. Chen Xiaodong, Ms. Chen Yan, Ms. Chen Yueqing, Ms. Cheng Xialei, Ms. Chileshe Kapaya Matantilo, Ms. Chileshe Mpundu Kapwepwe, Mr. Deogratias Kamweya, Mr. Dolwin Khan, Mr. Dong Guofeng, Mr. Ejaz Hussain Butt, Ms. Eva Kremere, Ms. Fang Lin, Mr. Fu Liangliang, Mr. Garaio Donald Gafiye, Mr. Guei Guillaume Fulbert Kouhie, Mr. Guo Chenguang, Mr. Guo Hongyou, Mr. Harold John Annegam, Ms. Hou ling, Mr. Hu Jianwei, Ms. Hu Xiaobo, Mr. Hu Yunchu, Mr. Huang Haiyang, Mr. Huang Zhengmin, Ms. Januka Gyawali, Mr. Jiang Songkun, Mr. K. M. Dharesan Unnithan, Mr. Kipyego Cheluget, Mr. Kolade Esan, Mr. Lamyser Castellanos Rigoberto, Mr. Li Zhiwu, Ms. Li Hui, Mr. Li Xiaoyong, Ms. Li Jingjing, Ms. Li Sa, Mr. Li Zhenggui, Ms. Liang Hong, Mr. Liang Yong, Mr. Lin Xuxin, Mr. Liu Deyou, Mr. Liu Heng, Mr. Louis Philippe Jacques Tavernier, Ms. Lu Xiaoyan, Mr. Lv Jianping, Mr. Manuel Mattiat, Mr. Martin Lugmayr, Mr. Mohamedain Seif Elnasr, Mr. Mundia Simainga, Mr. Mukayi Musarurwa, Mr. Olumide TaiwoAlade, Mr. Ou Chuanqi, Ms. Pan Meiting, Mr. Pan Weiping, Mr. Ralf Steffen Kaeser, Mr. Rudolf Hüpfel, Mr. Rui Jun, Mr. Rao Dayi, Mr. Sandeep Kher, Mr. Sergio Armando Trelles Jasso, Mr. Sindiso Ngwenga, Mr. Sidney Kilmete, Ms. Sitraka Zarasoa Rakotomahefa, Mr. Shang Zhihong, Mr. Shen Cunke, Mr. Shi Rongqing, Ms. Sanja Komadina, Mr. Tareqemtairah, Mr. Tokihiko Fujimoto, Mr. Tovoniaina Ramanantsoa Andriampaniry, Mr. Tan Xiangqing, Mr. Tong Leyi, Mr. Wang Xinliang, Mr. Wang Fuyun, Mr. Wang Baoluo, Mr. Wei Jianghui, Mr. WU Cong, Ms. Xie Lihua, Mr. Xiong Jie, Ms. Xu Jie, Ms. Xu Xiaoyan, Mr. XuWei, Mr. Yohane Mukabe, Mr. Yan Wenjiao, Mr. Yang Weijun, Ms. Yan Li, Mr. Yao Shenghong, Mr. ZengJingnian, Mr. Zhao Guojun, Mr. Zhang Min, Mr. Zhang Liansheng, Mr. Zhang Zhenzhong, Mr. Zhang Xiaowen, Ms. Zhang Yingnan, Mr. Zheng Liang, Mr. Zheng Yu, Mr. Zhou Shuhua, Ms. Zhu Mingjuan.

使用中如有其他意见和建议，欢迎提供，以便再版更新。

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	1
5 现状分析与评价	2
6 检测与评价	2
7 改造内容与要求	2
7.1 一般规定	2
7.2 水工建筑物	3
7.3 水轮机及其附属设备	4
7.4 辅助设备	5
7.5 发电机及其他电气设备	5
7.6 自动化	6
7.7 暖通、消防与安全	7
7.8 生态流量泄放设施	7
8 技术性能指标	7

前 言

联合国工业发展组织(UNIDO)是旨在促进全球包容和可持续工业发展(ISID)的联合国专门机构。为联合国和各国未来 15 年可持续发展提供框架的《2030 年可持续发展议程》和联合国可持续发展目标,已将 ISID 列为其可持续发展的三大支柱之一。能源对经济、社会发展和提高生活质量不可或缺,UNIDO 的 ISID 任务明确将支持建立可持续能源体系。过去 20 年里,国际社会对能源的关注和讨论越来越多,扶贫、环境风险和气候变化等问题正成为焦点。

国际小水电联合会(INSHP)是一个协调和促进全球小水电发展的国际组织,各区域、次区域和国家对口单位、相关机构、公共单位和企业自愿加入,以社会效益为其主要目标。INSHP 旨在通过发达国家、发展中国家和国际组织间的三方经济技术合作促进全球小水电发展,为广大发展中国家的农村提供环保、负担得起、充足的能源,从而增加就业机会、改善生态环境、减少贫困、提高农村生活文化水平和经济发展水平。

UNIDO 和 INSHP 自 2010 年起合作编制的《世界小水电发展报告》显示,全球对小水电的需求和其发展程度并不匹配,技术缺乏是大多数国家发展小水电的主要障碍之一。UNIDO 和 INSHP 决定基于成功发展经验并通过全球专家合作,共同编制《小水电技术导则》(简称导则)以满足各成员国的需求。

本导则根据 ISO/IEC 指令第二部分(详见 www.iso.org/directives)的编制规则起草。

提请注意,本导则中的一些内容可能涉及专利权问题。UNIDO 和 INSHP 不负责识别任何此类专利权问题。

引 言

小水电是广泛认可的解决偏远农村地区电气化问题的重要可再生能源。尽管欧洲、北美、南美和中国等大多数国家都拥有很高的装机容量,但许多发展中国家受到许多因素的阻碍(包括缺乏全球认可的小水电好案例或标准),仍有大量小水电资源未得到开发。

本导则将通过应用全球现有的专门知识和最佳实践,解决目前缺乏适用于小型水电站的技术导则的问题,让各国利用这些达成共识的导则来支持他们目前的政策、技术和生态环境。对于机构和技术能力有限的国家,将夯实他们发展小水电的知识基础,从而制定鼓励小水电发展的优惠政策和吸引更多的小水电投资,以促进国家经济发展。本导则对所有国家都是有益的,特别是在技术知识比较缺乏的国家中分享经验和最佳实践。

本导则适用于装机容量 30 MW 及以下的小型水电站,可作为小型水电站规划、设计、建设和管理的技术性指导文件。

- 《小水电技术导则 术语》给出了小型水电站常用的专业技术术语和定义。
- 《小水电技术导则 设计》给出了小型水电站设计的基本技术要求、方法学和程序,专业涵盖了电站选址规划、水文、工程地质、工程布置、动能计算、水工、机电设备选型、施工、工程造价估算、经济评价、投资、社会与环境评价等。
- 《小水电技术导则 机组》对小型水电站水轮机、发电机、调速系统、励磁系统、主阀和监控保护及直流电源系统设备提出了具体的技术要求。
- 《小水电技术导则 施工》对小型水电站施工技术提出了规范性指导意见。
- 《小水电技术导则 管理》对小型水电站项目管理、运行维护、技术改造和工程验收等技术方面提出了规范性指导意见。

小水电技术导则 管理

第3部分:技术改造

1 范围

本部分规定了小型水电站技术改造的基本原则、改造内容、改造方法和技术要求。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改)适用于本文件。

SHP/TG 001 小水电技术导则 术语和定义
IEC 60060-3:2006 高压电力设备现场交接试验导则
IEC 61439 低压成套开关设备和控制设备
IEC 62006:2010 水力机械 小型水电站验收试验
IEC 62208 低压开关设备和控制设备外壳防护等级
IEC 60609-1 水轮机、蓄能泵和水泵水轮机空蚀评定 第1部分:反击式水轮机的空蚀评定
IEC 60609-2 水轮机、蓄能泵和水泵水轮机气蚀损坏的评定 第2部分:水斗式水轮机的评定
ISO/DIS 5208 工业用阀门 阀门的压力试验

3 术语和定义

SHP/TG 001 界定的术语和定义适用于本文件。

4 总则

- 4.1 小型水电站的技术改造应消除安全隐患,保障安全生产,提高发电效率,增加投资效益,改进运行维护条件。
- 4.2 技术改造应充分利用现有设施或设备,积极采用成熟的新技术、新工艺、新设备、新材料,提高水电站的技术水平和经济性,满足节能、环保要求,禁止使用淘汰的产品。
- 4.3 对设施或设备存在严重缺陷或多次维修仍不能消除安全隐患的或预计改造费用大于新设备价格60%的,宜报废更新。
- 4.4 改造实施前应先进行现状分析与评价,必要时对设施和设备进行安全检测,并进行可行性研究,确定技术改造方案。
- 4.5 在同一流域应注意上、下梯级电站的配合,电站之间流量和发电的相互影响。
- 4.6 应重视社会和环境的影响,生态流量泄放应满足下游环境保护要求;电站可视当地的实际情况增加过鱼设施。
- 4.7 改造方案应符合国家法律以及地方法律、法规的规定。

5 现状分析与评价

5.1 电站技术改造应收集下列资料：

- a) 工程设计、竣工和运行资料,包括多年来的运行资料和大修记录；
- b) 水文、泥沙资料；
- c) 安全检测和性能测试或评估资料；
- d) 其他有关资料。

5.2 电站技术改造前,应依据预防性试验报告、性能测试结果、安全检测结果、运行以及检修资料等,对水工建筑物、机电、金属结构等设施或设备进行性能与安全分析,从性能与安全角度对小型水电站的设施和设备作出改造与否的评价。

5.3 应对电站运行资料和检修资料进行分析,根据河流规划及最新水文资料,研究电站上、下游水位,水头,流量,泥沙含量等的变化规律,论证电站改造的必要性和可行性。对小型水电站是否进行增容或减容改造提出评价,应包括下列内容：

- a) 必要时对径流与洪水进行复核,如电站运行以来曾发生洪灾或技术改造方案中拟对水工建筑物改造如增加引水、坝加高等情况;还应复核气候变化对溢洪道安全容量的影响。
- b) 对电站增容或减容改造时应对径流进行复核；
- c) 可能增加或减少流量和可能提高或降低工作水头的条件；
- d) 可利用的弃水量；
- e) 减少水头损失和流量损失的条件；
- f) 生态流量复核。

5.4 应对电站改造可能产生的社会和环境的影响进行评价。

6 检测与评价

6.1 电站改造前应对水工建物进行现场检查,对外观状况、结构安全情况、运行管理条件等评估与工程质量评价,对现场检查或安全监测发现有异常情况的水工建物应进行必要的检测。

6.2 技术改造前后宜对机组进行性能对比测试,测试数据是考核小型水电站技术改造成效和经济指标的重要依据。宜采用用相同方法和仪器、仪表进行改造前后的性能测试。

6.3 水轮机性能试验应根据具体情况进行,可按照 IEC 62006:2010 有关规定执行。

6.4 主要机电设备超过设计使用年限或存在安全隐患并出现异常情况的电站,主要结构件应进行蚀损、变形、裂纹检查或检测,对其强度与刚度进行复核与评价。

6.5 压力钢管、钢闸门和启闭机应对主要结构件的变形、扭曲、裂纹、蚀损或磨损,对怀疑有缺陷的焊缝进行无损探伤,对其强度与刚度进行复核与评价。

6.6 小型水电站主要电气设备的性能测试,改造前可采用预防性试验成果或当前试验记录,改造后可按 IEC 60060-3:2006 进行测试。

6.7 检测与评价结果应作为确定小型水电站技术改造的必要性、改造方案以及考核技术改造成效的依据。

7 改造内容与要求

7.1 一般规定

7.1.1 有下列情况之一,应进行技术改造：

- a) 存在安全隐患；
- b) 上、下游水文特征参数发生较大变化；
- c) 水能资源利用不合理(例如水头、流量没有得到合理利用,以及与其他水能资源利用相冲突等)；
- d) 土建施工、设备制造或安装质量差,设备性能落后,技术状况差；
- e) 地质条件发生较大的变化；
- f) 生态环境受到严重负面影响；
- g) 其他需要改造的情况。

7.1.2 现有设施和设备的可利用部分,应经必要的复核计算,必要时应作相应技术处理。

7.1.3 弃水较多的小型水电站,可增容改造;年利用小时数低、水头降低或流量减少的电站可减容改造。

7.1.4 增容改造的水电站,应合理确定装机规模,对下列内容进行复核:

- a) 引水系统((包括进水口、引水隧洞、压力管道等))的引用流量、水头损失、结构强度、水力过渡过程等其他设备设施；
- b) 隧洞与渠道的过流能力；
- c) 工程等别、建筑物级别、洪水标准；
- d) 机组和输水系统的调节保证参数。

7.2 水工建筑物

7.2.1 水工建筑物技术改造应符合下列要求；

- a) 消除安全隐患；
- b) 淹没损失小；
- c) 便于施工。

7.2.2 水能资源科学利用可采取下列技术改造措施：

- a) 在满足生态流量的前提下,可采用开渠、修建隧洞等办法,将不同区间的水引入水库或前池；
- b) 在不影响或少影响淹没的前提下,采用加高大坝提高相应发电水头和调节库容,增加发电量；
- c) 在不影响防洪安全的前提下,在溢洪道上增设橡胶坝、翻板闸门或可控制的闸门等设施,结合水情预报,可在汛末下闸蓄水,提高水头与蓄水量,增加发电量；
- d) 清除河道淤积,在满足水轮机吸出高度的前提下降低机组尾水位。

7.2.3 引水系统技术改造可采取下列措施：

- a) 完善引水系统首部排沙、拦污设施:包括改善进水口布置,对不符合水流平顺流动规律的水工建筑物结构进行改造,尽可能使其成为流线形。
- b) 改进拦污栅结构、加装清污设备或增设拦污、排冰设施:包括调整拦污栅栅条间距,改进拦污栅结构和栅条形状。
- c) 增加过水断面,降低糙率；
- d) 对引水建筑物的前池、隧洞与渠道进行清淤、防渗处理；
- e) 尾水清障、清淤,改善尾水渠水流流态。

7.2.4 厂房技术改造应符合下列要求：

- a) 完善防洪设施,满足防洪要求；
- b) 增容改造电站应复核机墩、吊车梁及排架强度,荷载增加的楼板也应进行强度复核；
- c) 应满足机电设备安全运行、维护、检修的要求；
- d) 厂房外观与周边环境相适应。

7.2.5 寒冷地区应对水工建筑物和金属结构设备增设防冰冻设施,如拦冰栅、拦冰排等。

7.2.6 闸门及启闭机技术改造应满足下列要求：

- a) 对存在腐蚀、变形、振动和漏水严重等缺陷的各类闸门和运转不灵活的启闭设备,应进行技术改造消除缺陷;
- b) 因锈蚀、变形等引起启闭力增加过大的闸门,应优先采用新型支承材料,也可改进闸门的支承形式或启闭设备;
- c) 引水系统改造或大坝加高的小型水电站,应对现有的闸门和启闭设备进行复核或加固。

7.2.7 机组进水口事故检修闸门和尾水检修闸门,宜设充水平压设施,严禁尾水闸门采用上游高压水进行充水平压。

7.2.8 泄洪闸门启闭设备应有可靠的备用动力。

7.2.9 压力管道技术改造应满足下列要求：

- a) 漏水严重并已老化的伸缩节止水圈,应进行更换;
- b) 钢管锈蚀严重或损坏时,应进行更换;
- c) 不均匀沉降的镇墩、支墩应进行加固处理;
- d) 老化严重的钢筋混凝土管道应进行更换;
- e) 压力管道管径过小,应增加管道或增大管径。

7.2.10 应完善水库大坝安全监测系统。

7.3 水轮机及其附属设备

7.3.1 水轮机技术改造应满足下列原则：

- a) 先进性:应择优选用性能先进、技术成熟的高效转轮,选型设计时应向研制单位和制造厂尽可能多收集各种型号转轮(一般不少于3个)进行比较优选;
- b) 合理性:应紧密结合和妥善处理本电站的不可变更或不宜变更的制约条件;
- c) 经济性:应尽力增加年发电量,提高小型水电站的经济效益;
- d) 特殊性:应针对运行于多泥沙等特殊水质条件下的水轮机,既要改善其运行工况,又应采取抗泥沙磨蚀的综合治理措施。

7.3.2 水轮机技术改造应符合下列要求：

- a) 选定的水轮机转轮型号应能量指标先进、空化特性优良、运行稳定性好;
- b) 选定水轮机主要参数时,应考虑水电站的引水系统、水轮机流道尺寸和安装高程及发电机参数等限制条件,使水轮机处于稳定、高效区运行,且吸出高度满足要求;
- c) 应使水轮机适应水头和流量的变化,改善运行工况,提高运行稳定性和效率;
- d) 多泥沙的水电站,应对水轮机泥沙磨损进行评估分析,合理选择技术改造参数,并采取抗磨蚀措施。过机泥沙多的水电站,水轮机宜在无空化条件下运行。

7.3.3 水轮机技术改造应根据电站的具体条件,可采用下列方式：

- a) 采用性能优良的新转轮,新转轮应与水轮机流道相匹配,必要时通过技术论证可改进通流部件型线与结构;
- b) 水头、流量与原设计条件变化不大,而水轮机设备陈旧、性能落后的小型水电站,应改善水轮机性能,提高效率;
- c) 水头、流量比原设计条件增大的小型水电站,应提高额定水头,增加额定功率;
- d) 水头、流量比原设计条件减少的小型水电站,应降低额定水头,减少额定功率;
- e) 多泥沙小型水电站,根据过机含沙量的大小和泥沙特性,改进水轮机水力和结构设计,并采用抗磨蚀材料和保护层,必要时可适当降低水轮机转速;
- f) 机组存在严重安全隐患或损坏程度达到报废条件时,应进行报废更新。

7.3.4 水轮机转轮、导水叶宜采用数控机床加工。

7.3.5 推力轴承技术改造应符合下列要求：

- a) 对在发电过程中温度偏高的推力轴承,应改进结构形式或加强冷却效果,额定转速 1 000 r/min 及以下的机组宜采用弹性金属塑料推力瓦；
- b) 机组增容设计应对机组最大轴向推力和推力轴承的承载能力以及基础承载能力进行校核计算。

7.3.6 卧轴径向轴承可采用滚动轴承或滑动轴承。滑动轴承可采用巴氏合金瓦或其他合适的瓦。立轴水轮机导轴承宜采用抛物线形免刮瓦结构。

7.3.7 调速系统技术改造应符合下列要求：

- a) 水头、流量、转轮直径有变化时,应根据水轮机参数复核调速功等特性参数；
- b) 改造后的调速系统应满足开停机、快速并网、增减负荷、事故停机要求；
- c) 调速系统改造宜采用微机全自动调速器或带有蓄能装置的操作器；
- d) 技术改造的调速系统在满足操作功情况下,可为自动刹车装置提供压力油源；
- e) 机组有黑启动要求时,调速器应设置纯手动操作装置。

7.3.8 水轮机进水阀技术改造应符合下列要求：

- a) 漏水量过大时,应改进进水阀密封型式或更换为新型进水阀；
- b) 阀门应设机械限位保护装置；
- c) 阀门宜配置自动操作机构；
- d) 采用液压操作的阀门,宜配带蓄能装置的液压装置。

7.4 辅助设备

7.4.1 应根据机组设备技术改造的要求,对水力机械辅助设备作相应的校核或改造。

7.4.2 水系统技术改造应符合下列要求：

- a) 技术供水系统改造应满足小型水电站改造后的用水需要；
- b) 按无人值班(少人值守)设计的水电站,技术供水系统应配置自动滤水器、自动控制阀、示流信号装置；
- c) 渗漏排水系统的排水泵宜采用自吸泵,也可采用潜水泵或深井泵；
- d) 锈蚀严重或管径不符合要求的管路应更换。

7.4.3 供气系统技术改造应满足机组改造后的用气需要,对采用带囊式蓄能器的调速器油压装置,可取消相应的供气系统。

7.4.4 油系统技术改造应符合下列要求：

- a) 透平油系统应简化管路敷设,宜采用软管供排油方式；
- b) 宜取消绝缘油系统的油库(小水电绝缘油用于变压器,平时不需要充、排油,且可在线滤油)。

7.4.5 经检测不合格的起重设备,应改造或更新。

7.4.6 增容改造的电站设计,应按最重件的吊重加吊具重量对厂内起重设备及其支撑结构进行复核。起吊重量超过起重机额定起重量时,应对起重机及其支撑结构更新改造或采用其他安全措施。

7.5 发电机及其他电气设备

7.5.1 发电机技术改造应与水轮机及其他输变电设备的容量相匹配。

7.5.2 发电机技术改造可采用下列方式：

- a) 更换冷却系统,如改进、更换冷却系统,调换转子风扇,加强强迫通风,将管道通风改为密封空气冷却器方式等。
- b) 更换定子绕组和转子磁极线圈,若定子、转子绕组绝缘老化,应更换绕组或同时采用更高一级的绝缘材料,如 B 级绝缘换成 F 级绝缘;增容幅度大的发电机,可更换绕组与绝缘,还可以采

用增加定、转子的铁芯长度；对于立式发电机，若铁芯增长使定子超出主机室地面时，不应影响转子吊出机坑。

- c) 改造发电机轴承，可更换成摩阻小，承载能力大，不用刮瓦的弹性金属塑料推力瓦。
- d) 更新发电机，应充分利用原设备的基础及埋件，采用新型绝缘材料、优质高效硅钢片。

7.5.3 发电机应装设温度检测元件。

7.5.4 800 kW 及以下的高压发电机宜改为低压发电机。

7.5.5 停机后定子绕组绝缘电阻下降较多的发电机，可加装加热除湿装置。若加热除湿后，绝缘电阻仍然达不到要求时，应更换绝缘或采取其他措施。

7.5.6 励磁系统技术改造应采用具有自动调节功能的励磁装置，宜采用静止励磁或无刷励磁方式。

7.5.7 主变压器技术改造应符合下列要求：

- a) 主变压器额定容量应满足改造后的电站输出容量的需要；
- b) 高耗能主变压器应更换为节能、低耗变压器；
- c) 以配电变压器作主变压器的小型水电站，应将其更新为升压型变压器。

7.5.8 其他电气设备技术改造应符合下列要求：

- a) 电气设备应选择安全、节能、环保型产品，严禁使用高耗能和可能对环境产生污染的设备；
- b) 高压断路器应选择无油型；
- c) 高压开关柜应选择满足下列要求的轻型封闭式：
 - 1) 防止误分、误合断路器；
 - 2) 防止带负荷分、合隔离开关；
 - 3) 防止带电挂设接地线；
 - 4) 防止带地线合闸；
 - 5) 防止操作人员误入带电间隔。
- d) 低压开关柜应满足 IEC 61439 和 IEC 62208 的要求；
- e) 电缆宜采用电缆架敷设或穿管布置。

7.5.9 按无人值班(少人值守)设计的电站应配置可靠的操作电源，单机容量 800 kW 以下的低压机组操作电源可适当简化，可采用能满足开关跳闸和电气控制用的 UPS。

7.5.10 应完善防雷接地系统，满足接地电阻要求。

7.5.11 小型水电站技术改造应配备事故照明。照明灯具应按节能、环保型产品配置并易于维护。

7.6 自动化

7.6.1 小型水电站自动化技术改造应根据水电站的特点、运行方式和电力系统调度要求，确定控制方式，宜选择无人值班(少人值守)控制方式。

7.6.2 按无人值班(少人值守)设计的小型水电站，应符合下列要求：

- a) 应设置可靠的数字式保护装置。保护装置动作时，应能停机并发出遥传信号；
- b) 应具备一键开停机、自动调频、自动调压、有功无功自动调节功能；
- c) 应具有遥控操作功能；
- d) 宜装设视频监视系统并具有自动存储功能；
- e) 应装设防盗报警装置。

7.6.3 机组制动系统技术改造宜设置自动制动装置。

7.6.4 自动化改造采用微机监控系统后，应简单可靠。

7.6.5 小型水电站技术改造宜设置闸门监控系统，实现远程控制与监测，对于快速闸门还应具备一键落门功能。

7.6.6 有条件的电站，大坝安全监测系统、水文(情)自动测报系统可与电站微机监控系统数据共享。

7.6.7 采用低压机组的小型水电站,控制设备技术改造宜采用结构简单可靠的数字式监控、保护、励磁一体化屏。

7.6.8 电气二次屏柜的防护等级不得低于 IP42,柜内宜配置照明及除湿装置。

7.6.9 小型水电站改造应配备可靠的通信设备,可配置移动通信设备对电站运行情况进行监控。

7.6.10 小型水电站改造可采用小水电站群集中控制方式。

7.7 暖通、消防与安全

7.7.1 温度、湿度、噪声超标的小型水电站应进行技术改造。

7.7.2 消防技术改造应符合本国政府的有关规定,完备各项消防设施。

7.7.3 可能危及人身安全的场所必须设有明显的安全标志和防护设施。

7.7.4 对长度大于 7 m 且只有一个出口的配电装置室,必须增设安全疏散出口。

7.7.5 机组旋转部分应采取安全防护措施并设置明显的安全警示标志。

7.8 生态流量泄放设施

7.8.1 生态流量下泄不能满足要求的水电站,应对生态流量泄放设施进行改造或新建。

7.8.2 保障生态流量泄放的措施应遵循因地制宜、技术合理、经济适用的原则。

7.8.3 生态流量泄放设施改造可采取下列措施:

- a) 设置“生态小机组”并长期运行,承担生态流量泄放任务;
- b) 承担基荷发电任务的电站,可通过发电下泄满足生态流量;
- c) 新建或改造引水、泄水、冲沙、放空等设施;
- d) 增设电站梯级联合调度所必需的软硬件。

7.8.4 设置河道生态流量在线监测装置,一旦发现生态流量不足,可及时开启泄水闸(阀)或采取其他措施。

8 技术性能指标

8.1 小型水电站技术改造后机组功率和机组效率,应符合下列要求:

- a) 机组输出功率应达到或超过技术改造设计要求;
- b) 额定工况下机组效率不宜低于下列指标,并依据单机功率大小从高至低取值,冲击式水轮发电机组的综合效率可适当降低。

表 1 额定工况下机组效率指标表

序号	单机功率 P (kW)	效率指标
1	$P \leq 100$	60%
2	$100 < P \leq 250$	70%
3	$250 < P \leq 500$	75%
4	$500 < P \leq 3\ 000$	75%~85%,其中混流式机组效率为 77%~85%
5	$3\ 000 < P \leq 10\ 000$	81%~87%,其中混流式、灯泡贯流机组效率为 83%~87%
6	$> 10\ 000$	85%~88%,其中混流式、灯泡贯流机组效率为 88%

8.2 机电设备配套应合理,技术改造部分的设备完好率应达到 100%。

8.3 技术改造后,在正常运行时,水轮机、发电机的噪声应符合下列要求:

- a) 立轴水轮机在距机坑地板上方 1 m 处所测得的噪声不应超过 90 dB(A),在距尾水管进人门 1 m 处所测得的噪声不应超过 95 dB(A);
 - b) 卧轴水轮机在距主轴和尾水管 1 m 处所测得的噪声不应超过 90 dB(A)。
 - c) 立轴发电机在距盖板外缘上方 1 m 处所测得的噪声不应超过 85 dB(A),卧轴发电机在距定子外缘 1 m 处所测得的噪声不应超过 85 dB(A)。
- 8.4 水轮机主阀更新后的漏水量应符合 ISO/DIS 5208 的有关规定。
- 8.5 导水叶更新后全关时漏水量应符合下列要求:
- a) 在额定水头下,反击式水轮机锥形新导叶在全关时漏水量不应大于水轮机额定流量的 0.4%;非锥形新导叶在全关时漏水量不应大于水轮机额定流量的 0.3%。
 - b) 水斗式、斜击式和双击式水轮机新喷嘴在全关时不应漏水。
- 8.6 水轮机空蚀应符合 IEC 60609-1 或 IEC 60609-2 的有关要求。
-



**UNITED NATIONS
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION**

Vienna International Centre
P.O. Box 300 · 1400 Vienna · Austria
Tel.: (+43-1) 26026-0
E-mail: info@unido.org
www.unido.org



**INTERNATIONAL NETWORK
ON SMALL HYDROPOWER**

136 Nanshan Road
Hangzhou · 310002 · P.R.China
Tel.: (+86-571)87132793
E-mail: secretariat@inshp.org
www.inshp.org