



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



# 小水电技术导则 机组

## 第4部分：励磁系统

SHP/TG 003-4: 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 机组

## 第 4 部分：励磁系统

## 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 Xiaolei, 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 Zaraso 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 使用条件 .....	1
4.1 环境条件 .....	1
4.2 供电电源条件 .....	2
4.3 其他条件 .....	2
5 技术要求 .....	2
5.1 性能要求 .....	2
5.2 系统功能要求 .....	3
5.3 其他技术要求 .....	4
6 供货范围和备品备件 .....	5
6.1 供货范围 .....	5
6.2 备品备件 .....	5
7 技术文件 .....	5
8 试验 .....	5
8.1 出厂试验 .....	5
8.2 现场试验 .....	5
8.3 型式试验 .....	5
9 铭牌、包装、运输和保管 .....	6
9.1 铭牌 .....	6
9.2 包装 .....	6
9.3 运输 .....	6
9.4 保管 .....	6
10 安装、运行和维护 .....	7
10.1 安装 .....	7
10.2 运行和维护 .....	7
11 质量保证(保修)期 .....	7
附录 A (资料性附录) 工厂检验和现场验收试验项目 .....	8

## 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](http://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 机组

## 第 4 部分:励磁系统

### 1 范围

本部分规定了小型水轮发电机组励磁系统产品的技术要求、供货范围、备品备件、技术文件、检验与验收、包装、运输、贮存、安装、运行与维护的基本要求。

本文件适用于同步电机励磁系统。

### 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。

- IEEE Std 421.1 同步电机励磁系统定义
- IEEE Std 421.2 励磁控制系统动态性能定义、试验和评价导则
- IEEE 421.3 同步电机励磁系统高压测试要求
- IEEE 421.4 励磁系统规范编制指南
- IEEE Std 421.5 电力系统稳定研究用励磁系统模型
- IEC 60034-16 同步电机励磁系统
- IEC 60529 外壳防护等级的分类
- SHP/TG 001 小水电技术导则 术语和定义

### 3 术语和定义

IEEE Std 421.1、IEEE Std 421.2、IEEE Std 421.5、IEC 60034-16、IEC 60529 和 SHP/TG 001 界定的术语和定义适用于本文件。

### 4 使用条件

#### 4.1 环境条件

4.1.1 设备应安装在室内或有气候防护的场所,应在空气清洁及无爆炸危险的环境中使用,并且周围空气中无足以腐蚀金属和破坏绝缘的气体及导电尘埃。

4.1.2 海拔不超过 2 500 m。在海拔超过 2 500 m 的地方使用时,应考虑介电性能的降低和空气冷却效果的减弱,需方应与供方协商。

4.1.3 励磁设备的环境温度为:

- a) 户内环境温度为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 储存温度为 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- c) 环境温度的日平均值不超过 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

注:如用于户内环境温度超过以上范围,需方应向供方申明或协商。

4.1.4 使用地点最湿月的月平均最高相对湿度不大于 90%(无凝结),同时该月的月平均最低温度不高于 25℃。

4.1.5 系统设备应根据不同的安装场地采取防尘措施,特别是在施工初期和现地控制单元分期投运时应采取临时保护措施。设备使用场地尘埃参数的参考值应为:尘埃粒度大于 0.5  $\mu$  的个数小于 18 000 粒/L。

4.1.6 系统设备承受的振动应满足下列要求:

- a) 振动频率在 10 Hz~500 Hz 范围内,加速度不大于 10 m/s<sup>2</sup>;
- b) 用于地震多发地区时,设备的结构应有相应的特殊考虑。

## 4.2 供电电源条件

静止整流励磁系统及装置在下述供电电源电压及频率范围内,应能保证发电机在额定工况下长期连续稳定运行:

- a) 交流 380(415)/220 V 系统,电压允许偏差为额定值的 -15%~+10%,频率允许偏差为  $\pm 10\%$ ;
- b) 直流 220/110 V 系统,电压允许偏差为额定值的 -15%~+10%。

## 4.3 其他条件

其他特殊使用条件由供需双方协商确定。

# 5 技术要求

## 5.1 性能要求

5.1.1 当水轮发电机的励磁电压和电流不超过其水轮发电机额定励磁电压和电流的 110%时,励磁系统应保证连续运行。

5.1.2 励磁系统的强励电压、电流倍数应满足下列要求:

- a) 5 MW 以下机组或无刷励磁系统不宜小于 1.5;
- b) 5 MW~10 MW 之间机组励磁系统不宜小于 1.8;
- c) 有特殊要求时,由供需双方商定。

5.1.3 允许强励时间应不小于 10 s,但不大于 50 s。

5.1.4 励磁系统电压响应时间,上升时间应不大于 0.1 s,下降时间应不大于 0.15 s。

5.1.5 励磁系统应保证发动机端电压调节精度优于  $\pm 1\%$ (5 MW 以上机组), $\pm 2.5\%$ (0.5 MW~5 MW 机组), $\pm 5\%$ (小于 0.5 MW 机组)。

5.1.6 励磁系统应保证发动机端电压调差率整定范围为  $\pm 10\%$ ,级差不大于 1%,调差特性应有较好的线性度。

5.1.7 励磁系统应保证在水轮发电机空载运行情况下,频率值每变化 1%时,水轮发电机电压的允许变化值为额定值的  $\pm 0.5\%$ 。

5.1.8 励磁调节器应保证在 30%~110%空载电压范围内稳定平滑调节。

5.1.9 励磁电压给定值的变化速度应不大于  $(1\%U_N)/s$ ,不小于  $(0.3\%U_N)/s$ 。

5.1.10 励磁系统的瞬态电压调整率及电压恢复时间应符合下列要求(低压机组:发电机端电压  $\leq 690$  V,高压机组:发电机端电压  $> 690$  V):

- a) 突甩负荷:在额定功率因数下,水轮发电机在突甩额定负载时的瞬态电压增加(超调)应符合下列要求:
  - 1) 低压机组不超过额定值的 20%;

- 2) 高压机组不超过额定值的 15%，
  - 3) 振荡次数不超过 3 次，
  - 4) 调节时间不大于 5 s；
  - b) 突增负荷：水轮发电机在突加额定无功负载时瞬态电压降应满足下列要求：
    - 1) 低压机组不超过额定值的 -20%；
    - 2) 高压机组不超过额定值的 -15%；
  - c) 负载突变后的电压恢复时间与 a)、b) 两项所规定的二种瞬态电压增加或降低相对应，应不大于 1.5 s、2.5 s；
  - d) 阶跃响应：高压水轮发电机在空载情况下且阶跃响应为 ±10% 时，电压超调量不应大于阶跃量的 50%，振荡次数不应超过 2 次，调节时间不应大于 3 s；
  - e) 零起建压：水轮发电机空载运行，转速在 (0.95~1.05) 额定转速范围内，突然投入励磁系统，使水轮发电机端电压从零上升至额定值时，电压超调量不应大于额定电压的 10%，振荡次数不应超过 3 次，调节时间不应大于 5 s。
- 5.1.11 励磁系统在下列供电电源条件下应能正常工作：
- a) 电压范围：励磁系统交流工作电源电压在短时间（不大于强行励磁持续时间）内，波动范围为 70%~130% 额定值的情况下，励磁系统应能维持正常工作；当工作电压波动超过上述范围时，应采用备用工作电源保证上述要求；
  - b) 频率范围：励磁系统应能在机端频率为 45 Hz~70 Hz 范围内维持正常工作。
- 5.1.12 励磁系统应考虑可能发生的水轮发电机转子励磁回路过电压，并应保证在任何可能的工况下，励磁绕组出线端的电压瞬时值不大于 5.1.16 所规定试验电压峰值的 65%。
- 5.1.13 起励可残压起励和他励起励，应满足下列规定：
- a) 残压起励：当机端电压大于 2% 的额定值时，应能可靠起励；
  - b) 他励起励：静止整流励磁的起励电源配置，应不大于水轮发电机空载励磁电流的 10%。
- 5.1.14 除采用停机灭磁的小型水轮发电机励磁系统外，其他励磁系统应具有灭磁能力，并保证能可靠地灭磁。
- 5.1.15 强迫冷却的励磁设备（不包括旋转励磁机），单柜的噪声值（距离 1 m 处的声功率级）应不大于 80 dB(A)。
- 5.1.16 耐电压试验应满足下列规定：
- a) 励磁系统各电气回路应能承受耐电压试验而绝缘不受损坏。
  - b) 与励磁绕组直接或经整流器相连的电气回路（旋转电机除外），当水轮发电机额定励磁电压为 500 V 及以下时，试验电压应为 10 倍额定励磁电压，但不小于 1 500 V。不与励磁绕组直接相连的电气回路，当额定电压为 60 V 及以下时，试验电压应为 1 000 V；大于 60 V 时，试验电压应为 2 倍额定电压加 1 000 V，但不小于 1 500 V。
  - c) 水电站现场验收试验电压应为规定试验电压的 75%；允许重复的及维修后的试验电压为规定试验电压的 65%。
  - d) 试验电压为工频交流正弦波有效值，其波形宜接近正弦波，试验时间为 60 s。
- 5.1.17 自成一体的励磁系统的金属体应设有接地端子，并用符号  $\oplus$  做出明显的标志。接地端子不得做其他用途。

## 5.2 系统功能要求

### 5.2.1 励磁调节器应具备以下基本功能：

- a) 对于单机容量在 5 MW 以上机组，作为设备冗余可设置两个调节通道，两个通道可为双自动通道，也可为一个自动通道加一个手动通道；两个调节通道应互为备用、相互跟踪，应能自动和

手动切换。切换时水轮发电机机端电压或无功功率应无明显波动；

- b) 与上位机通信功能。微机型励磁调节器应具有与上位机通信的功能,通信可采用点对点的方式；
- c) 近地和远方操作功能；
- d) 过励限制功能；
- e) 欠励限制功能；
- f) V/F 限制功能(可选项)；
- g) 调差功能；
- h) 手动、自动投励功能；
- i) 电网电压跟踪功能；
- j) 能满足监控系统的基本要求；
- k) PSS 功能(可选项)；
- l) 对微机型励磁调节器,应具有恒无功和恒功率因素调节功能(可选项)。

5.2.2 励磁系统的功率整流器应具备以下功能：

- a) 冷却风机自动投切及停风报警功能；
- b) 快速熔断器熔断报警功能；
- c) 脉冲消失检测和报警功能。

5.2.3 灭磁装置应满足下列要求：

- a) 5 MW 或励磁电流在 500 A 以下机组,宜采用线性方式灭磁；
- b) 在并网运行过程中,当误跳灭磁开关时,励磁应提供联跳水轮发电机出口断路器的接点。

5.2.4 转子过电压保护器应满足下列要求：

- a) 5 MW 或励磁电流在 300 A 以上机组,应装设励磁绕组过电压保护器；
- b) 单支路的电子跨接器过电压保护装置,不得串接熔断器。

5.2.5 检测功能主要应包括:触发脉冲检测、励磁调节器同步回路检测、TV 断线检测、功率整流器快熔断检测、调节通道故障检测。

5.2.6 励磁系统应能输出下列信号：

- a) 调节器用稳压电源消失或故障；
- b) 调节器通道故障；
- c) 励磁系统操作控制回路电源消失；
- d) 功率整流柜故障；
- e) 励磁限制器动作；
- f) TV 断线。

5.2.7 励磁系统应具备励磁电流、励磁电压、机端电压指示功能。

5.3 其他技术要求

5.3.1 励磁变压器应满足：

- a) 励磁变压器高压侧不应安装自动开关或快速熔断器；
- b) 励磁变压器三相电压不对称度不应大于 5%；
- c) 一、二次绕组间应有屏蔽并接地；
- d) 励磁变压器短路阻抗宜在 4%~8% 范围内；
- e) 三相励磁变压器的接线组别宜用 Y/d 方式。

5.3.2 电压互感器及电流互感器应能满足励磁系统的使用要求,准确等级不得低于 0.5 级。

5.3.3 励磁设备的防护等级应满足下列规定：

- a) 励磁调节器柜防护等级应在 IP30 以上；
- b) 励磁功率整流器柜防护等级应在 IP20 以上；
- c) 励磁变压器(室内安装)外罩的防护等级应在 IP20 以上。

## 6 供货范围和备品备件

### 6.1 供货范围

6.1.1 励磁装置应包括:调节控制、功率整流、灭磁保护等单元或回路。

6.1.2 其他与需方商定的设备:根据订货要求由供需双方确定的供货范围内的设备。

### 6.2 备品备件

供方应提供必要的易损坏的元器件作为备品备件,其中功率整流元件、快速熔断器不得少于使用量的 30%,其他备品备件的供货范围和数量由供需双方协商。

## 7 技术文件

供方应向需方提交必要的技术文件,主要包括:

- a) 技术说明书;
- b) 使用说明书;
- c) 出厂试验报告和合格证;
- d) 单元和整体调试大纲;
- e) 系统原理及操作原理图;
- f) 主要零部件明细表及屏柜配线图;
- g) 设备外形图及安装图;
- h) 交货明细表;
- i) 分包产品的技术资料;
- g) 其他安装、运行、维护所必需的技术资料。

## 8 试验

### 8.1 出厂试验

应进行如下出厂试验,合格后方可出厂。

- a) 标准试验项目,应符合附表 A.1 规定。
- b) 其他试验项目,应由供方与需方商定。

### 8.2 现场试验

应包括以下内容:

- a) 标准试验项目,应符合附表 A.1 规定。
- b) 其他试验项目,应由供方与需方商定。

### 8.3 型式试验

对于新试制的励磁设备或已定型的励磁设备,当工艺或关键元器件(或材料)更改有可能影响产品

性能时励磁系统应进行型式试验。型式试验项目包括：

- a) 励磁系统顶值电压倍数、响应比及响应时间的测定；
- b) 同步发电机端电压整定范围的测定；
- c) 稳态电压调整率的测定；
- d) 电压调差率的测定；
- e) 手动控制单元调整范围的测定；
- f) 突加和突甩负载试验；
- g) 自动/手动切换试验；
- h) 建立额定电压试验；
- i) 控制用直流、交流电压、频率在规定范围内变化时,励磁系统操作及运行可靠性的检验；
- j) 灭磁试验；
- k) 整流设备额定电流试验；
- l) 励磁设备噪声的测定；
- m) 最高和最低环境温度试验；
- n) 试运行试验；
- o) 全部出厂试验项目。

## 9 铭牌、包装、运输和保管

### 9.1 铭牌

铭牌的材料及刻划方法应能保证其字迹在设备的整个使用时期内不易磨灭,应标明的项目如下：  
供方名称、设备名称、设备型号；额定输出电压、额定输出电流；操作控制电源；出厂编号、出厂时间。

### 9.2 包装

9.2.1 包装由供需双方商定,设备有特殊要求的应在包装箱上注明。

9.2.2 产品应有内包装和外包装箱,插件插箱应锁紧扎牢,包装箱应有防尘、防雨、防振措施,并有吊装设施及标志。

9.2.3 产品包装前的检查主要包括：

- a) 产品的附件、备品、合格证和有关技术文件是否齐全；
- b) 产品外观有无损坏。

9.2.4 出口产品的包装应符合相关国家检验检疫的规定。

9.2.5 包装保证时间为从出厂之日起不超过 12 个月。

### 9.3 运输

供需双方应指明设备适用的运输工具和运输时的要求。运输及装卸按包装箱上的标记进行。

### 9.4 保管

9.4.1 产品应放在环境温度为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度不大于 85%,室内无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体和强电磁场作用,无灰尘、防雨的库房内。

9.4.2 自供方发货之日起,在符合 4.1 和 9.4.1 的储存条件下,供方应保证在 12 个月内不致因包装不善而引起产品的锈蚀、精度降低等。

## 10 安装、运行和维护

### 10.1 安装

设备的安装应按照供方提供的产品使用、维护说明书的规定进行。

### 10.2 运行和维护

10.2.1 投入正式运行前应进行相关试验,并达到其规定的要求。

10.2.2 运行和维护应符合规范性引用文件、供方提供的安装、使用、维护说明书和水电站相关运行规程的规定。

10.2.3 供方应对设备在安装、使用和维护过程出现的问题提供技术支持,并对需方进行设备安装、使用和维护等方面的培训。

## 11 质量保证(保修)期

在正确地保管、安装和使用条件下,产品的质量保证期为自投入 72 小时试运行之日起 1 年,或从最后一批货物交货之日起 2 年,以先到期为准。质量保证期内如因制造质量引起的设备损坏或不能正常工作,供方应无偿修理或更换。

附 录 A  
(资料性附录)

工厂检验和现场验收试验项目

表 A.1 工厂检验和现场验收试验项目

序号	试验项目	工厂检验	现场验收
1	励磁变压器试验	√	√
2	磁场断路器试验	√	√
3	功率整流器试验	√	√
4	非线性电阻试验	√	
5	可控硅跨接器试验	√	√
6	励磁系统各部件的绝缘测定及介电强度试验	√	√
7	自动励磁调节器各基本单元、辅助单元试验	√	
8	自动励磁调节器总体静态特性试验	√	√
9	励磁系统操作、保护、监测、信号及接口等回路试验	√	√
10	起励、升压、降压及逆变灭磁特性试验		√
11	测量自动励磁调节器各调节通道的电压整定范围及给定电压变化速度		√
12	带自动励磁调节器测录发电机电压频率特性		√
13	自动/手动以及两套自动调节通道的相互切换试验	√	√
14	手动控制单元调节范围试验	√	√
15	发电机空载状态下 5% 或 10% 阶跃响应试验		√
16	整流功率柜冷却系统的检测	√	√
17	噪声试验	√	√
18	励磁系统功率单元的均流测试	√	√
19	带自动励磁调节器的发电机电压调差率的测定		√
20	发电机无功负荷调整及甩负荷试验		√
21	发电机在空载和额定工况下的灭磁试验		√
22	励磁系统各部分的温升检测		√
23	各辅助功能单元及保护、检测单元的整定与动作正确性试验	√	√
24	励磁装置的低压大电流下 12 h 连续通电试验	√	
25	励磁系统在额定工况下的 72 h 连续试运行		√



**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](mailto:info@unido.org)  
[www.unido.org](http://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](mailto:secretariat@inshp.org)  
[www.inshp.org](http://www.inshp.org)