ICS 27.140
CCS F23

DL

# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 2154—2020

# 大中型水电工程运行风险管理规范

Specification of operation risk management for large and medium hydropower projects

2020-10-23 发布　　2021-02-01 实施

国家能源局　发布

# 目　　次

前言 ..... II
1　范围 ..... 1
2　规范性引用文件 ..... 1
3　术语和定义 ..... 1
4　基本规定 ..... 2
5　风险管理目标与准则 ..... 4
6　风险评估 ..... 6
7　风险应对 ..... 8
8　风险监督与沟通 ..... 8
附录 A（资料性附录）水工建筑物及其附属设施运行风险清单及应对措施 ..... 10
附录 B（资料性附录）机电设备运行风险清单及应对措施 ..... 14
附录 C（资料性附录）水库运行风险清单及应对措施 ..... 24
附录 D（资料性附录）专项风险清单及应对措施 ..... 27

# 前　言

本标准按照GB/T 1.1—2009《标准化工作导则　第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准起草单位：中国长江三峡集团有限公司、中国长江电力股份有限公司、雅砻江流域水电开发有限公司、华能澜沧江水电股份有限公司、国电大渡河流域水电开发有限公司、黄河上游水电开发有限责任公司、贵州乌江水电开发有限责任公司、龙滩水电开发有限公司龙滩水力发电厂、五凌电力有限公司。

本标准主要起草人：关杰林、刘海波、姜德政、李香华、毛延翩、宋晶辉、谢秋华、唐绪锋、李剑波、席前伟、徐涛、易琳、洪心、贺秀儒、吴礼贵、尹显俊、张学礼、周胜伟、成建军、简振远、梅增荣、杨春明、潘宏、邓方雄、张毅、田毛、刘小标、李平、张继承、朱振军、钟永。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

# 大中型水电工程运行风险管理规范

## 1 范围

本标准规定了大中型水电工程运行期的风险管理目标与准则、评估、应对、监督与沟通等要求。

本标准适用于大中型水电工程运行期的风险管理，小型水电工程可参照执行。

## 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（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 6441 企业职工伤亡事故分类标准

GB/T 23694 风险管理 术语

GB/T 24353 风险管理 原则与实施指南

GB/T 27921 风险管理 风险评估技术

## 3 术语和定义

GB/T 23694界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

**风险** risk

不确定性对目标的影响。

注 1：影响是指偏离预期，可以是正面的和/或负面的。

注 2：目标可以是不同方面(如财务、健康与安全、环境等)和层面(如战略、组织、项目 、产品和过程等)的目标。

注 3：通常用潜在事件、后果或者两者的组合来区分风险。

注 4：通常用事件后果(包括情形的变化) 和事件发生可能性的组合来表示风险。

注 5：不确定性是指对事件及其后果或可能性的信息缺失或了解片面的状态。

3.2

**风险评估** risk assessment

包括风险识别、风险分析和风险评价等在内的全过程。

3.3

**风险识别** risk identification

发现、确认和描述风险的过程。

注 1：风险识别应包括对风险源、事件及其原因和潜在后果的识别。

注 2：风险识别可能涉及历史数据、理论分析、专家意见以及利益相关者的需求。

3.4

**风险分析** risk analysis

理解风险性质、确定风险等级的过程。

注 1：风险分析是风险评价和风险应对决策的基础。

注 2：风险分析包括风险估计。

3.5

**风险评价 risk evaluation**

对比风险分析结果和风险准则，以确定风险和/或其大小是否可以接受或容忍的过程。

注：风险评价有助于风险应对决策。

3.6

**风险应对 risk response**

处理风险的过程。

注 1：风险应对可以包括：不开始或不再继续导致风险的行动，以规避风险；为寻求机会而承担或增加风险；消除风险源；改变可能性；改变后果；与其他各方分担风险；慎重考虑后决定保留风险。

注 2：针对负面后果的风险应对有时指“风险缓解”“风险消除”“风险预防”“风险降低”等。

注 3：风险应对可能产生新的风险或改变现有风险。

## 4 基本规定

4.1 水电工程运行风险管理，应确定风险管理目标，建立风险管理体系，包括风险管理方针、组织机构、工作程序、资源配置、信息沟通机制等，并进行监督和检查。

4.2 水电工程运行风险主要包括水电工程设备设施在运行、维护、检修及试验等过程中可能造成的人身、设备、环境风险。风险管理应充分考虑人员、设备、制度、环境等要素，做到系统、全面，并持续更新完善。

4.3 水电工程运行风险管理应符合 GB/T 24353 的相关要求。

4.4 水电工程运行风险管理应在确定风险管理目标与准则的基础上，开展相关风险识别、风险分析和风险评价，选择和实施最佳风险应对措施，并进行风险信息沟通、监督和检查，管理流程见图 1。

4.5 水电工程运行风险管理应构建运行风险分级管控机制，对风险分级、分层、分类、分专业管理，并建立风险数据库。风险应填写清单、汇总造册。

4.6 水电工程运行风险管理应充分考虑水电工程类型、功能定位、周边环境和流域梯级水电工程间影响等因素，并根据相关要素的变化，动态评估、调整风险等级和应对措施，持续改进。

4.7 水电工程运行风险管理宜利用在线监测系统和现代信息技术，提高运行风险管理水平。

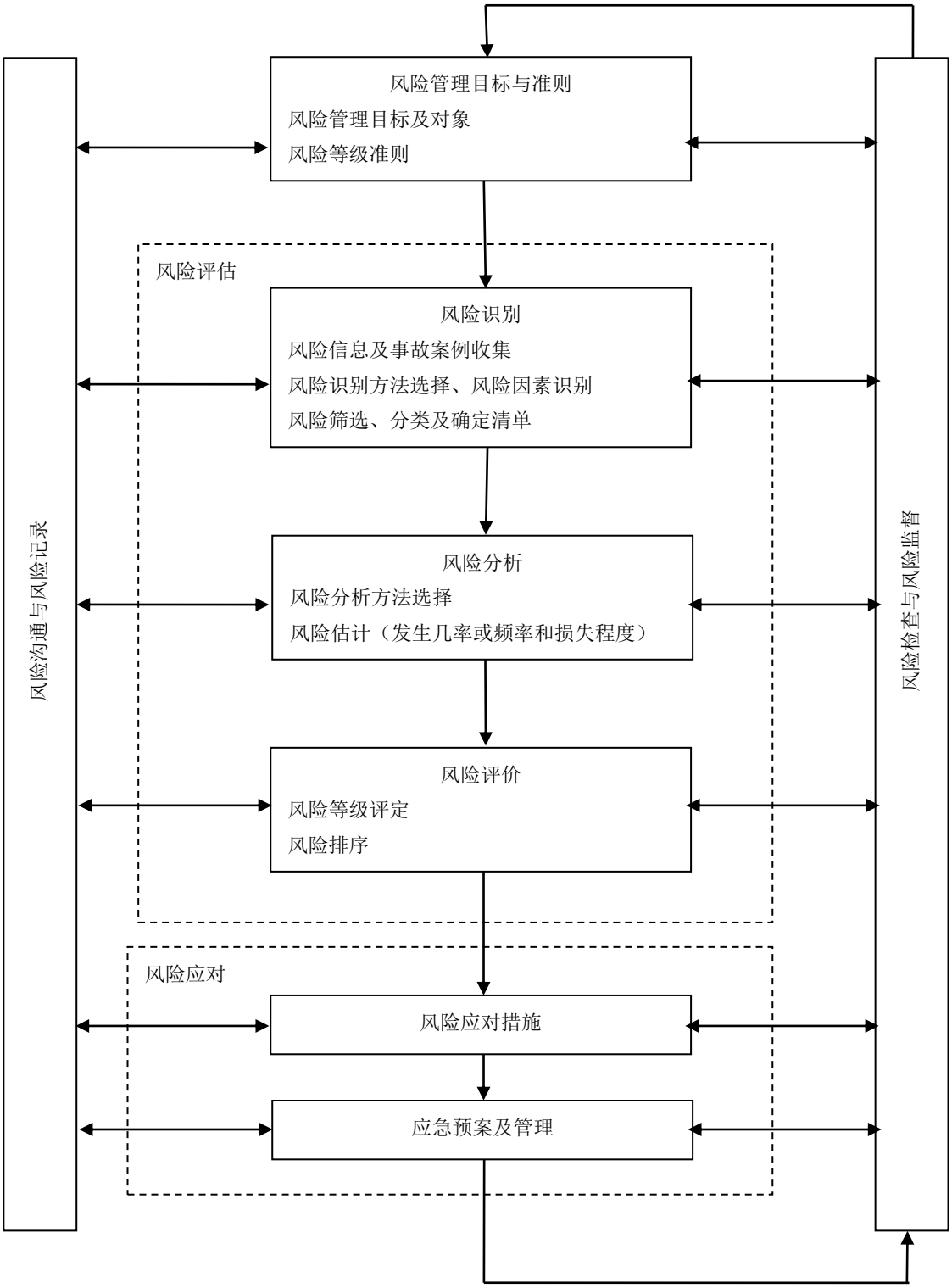

风险管理目标与准则
风险管理目标及对象
风险等级准则
风险评估
风险识别
风险信息及事故案例收集
风险识别方法选择、风险因素识别
风险筛选、分类及确定清单
风险分析
风险分析方法选择
风险估计（发生几率或频率和损失程度）
风险评价
风险等级评定
风险排序
风险应对
风险应对措施
应急预案及管理
风险沟通与风险记录
风险检查与风险监督

**图 1　风险管理程序流程**

# 5 风险管理目标与准则

## 5.1 风险管理目标及对象

5.1.1 运行风险管理的目标是降低风险发生的几率，减少造成的损失和影响，实现水电工程安全运行。

5.1.2 运行风险管理对象包括水工建筑物及其附属设施、机电设备等运行、维护、检修全过程存在的风险，水库调度风险以及人员、环境等专项风险；根据水电工程所处环境和自身实际情况宜按照水工建筑物及其附属设施、机电设备、水库等分类划分。

5.1.3 水工建筑物及其附属设施运行风险管理对象主要包括：

a） 挡水建筑物，主要包括建筑物本体、地基；
b） 泄水消能建筑物，主要包括泄水设施、消能设施及配套的金属结构；
c） 取水建筑物，主要包括建筑物本体、地基、引水压力管道及配套的金属结构；
d） 厂房，主要包括主厂房、副厂房、尾调室、主变室、开关站室及周边临近的区域、设施和设备；
e） 通航建筑物，主要包括通航建筑物本体、地基、上下游引航道、通航机电设备及过闸船舶；
f） 边坡，包括近坝库岸和工程边坡；
g） 其他建筑物。

5.1.4 机电设备运行风险管理对象主要包括：

a） 水轮发电机组；
b） 高压电气设备，包括变压器（电抗器）、互感器、开关设备、避雷器、电容器、母线、套管、绝缘子、消弧线圈、电力电缆、输电线路、接地装置等；
c） 水电站保护与控制设备，包括水电站计算机监控系统、继电保护、水轮机控制系统、发电机励磁控制系统、直流系统、通信与调度自动化设备以及电力监控系统安全防护设备等；
d） 厂用电及公用辅助系统，包括厂用电、水系统、气系统、油系统等。

5.1.5 水库调度风险管理对象主要包括：

a） 上下游地区；
b） 水库库容；
c） 航道及航运条件；
d） 电站机组运行；
e） 下游地区供水；
f） 水生态与环境。

5.1.6 专项风险管理对象主要包括：

a） 人身伤害；
b） 自然灾害；
c） 环境影响；
d） 安全保卫。

## 5.2 风险等级

5.2.1 水电工程运行风险管理应根据风险目标和风险承受度设定风险等级准则，应按风险发生几率与损失的严重程度确定风险等级，风险发生几率、损失及影响等级标准见表 1、表 2。

5.2.2 水电工程运行风险等级从高到低划分为重大风险（Ⅳ级）、较大风险（Ⅲ级）、一般风险（Ⅱ级）和低风险（Ⅰ级），风险等级见表 3。

**表 1　风险发生几率等级标准**

| 发生几率 | 发生情况 |
|---|---|
| 不可能 | 极不易发生，以至于可以认为不会发生 |
| 可能性极少 | 不易发生，但在意外的、特殊的情况下也可能发生 |
| 偶发 | 在寿命期内可能偶尔发生；或曾经发生过，但再未发生 |
| 有可能 | 直接观察有可能发生，且无适当的控制措施 |
| 经常 | 发生过若干次，且无有效的控制措施 |

**表 2　风险损失及影响等级标准**

| 严重程度等级 | | 轻微 | 一般 | 较大 | 重大 | 特别重大 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 人员伤亡 | | 重伤 3 人以下 | 死亡（含失踪）3 人以下或重伤 3 人～9 人 | 死亡（含失踪）3 人～9 人或重伤 10 人～49 人 | 死亡（含失踪）10 人～29 人或重伤 50 人～99 人 | 死亡（含失踪）30 人及以上或者 100 人以上重伤 |
| 经济损失 | | 100 万以下 | 100 万元～1000 万元（不含） | 1000 万元～5000 万元（不含） | 5000 万元～1 亿元（不含） | 1 亿元以上 |
| 安全故障影响 | 发电厂因安全故障造成全厂对外停电的影响和持续时间 | – | 发电厂因安全故障造成全厂对外停电，导致周边电压监视控制点电压低于调度机构规定的电压曲线值 5%以上 10%以下并且持续时间 2 小时以上 | 全厂对外停电，导致周边电压监视控制点电压低于调度机构规定的电压曲线值 20%并且持续时间 30 分钟以上，或者导致周边电压监视控制点电压低于调度机构规定的电压曲线值 10%并且持续时间 1 小时以上 | – | – |
| | 发电机组因安全故障停运的时间和后果 | – | 发电机组因安全故障停止运行超过行业标准规定的小修时间两周，并导致电网减供负荷 | 发电机组因安全故障停止运行超过行业标准规定的大修时间两周，并导致电网减供负荷 | – | – |
| 环境影响 | | 涉及范围很小的自然灾害及次生灾害 | 涉及范围较小的自然灾害及次生灾害 | 涉及范围大的自然灾害及次生灾害 | 涉及范围很大的自然灾害及次生灾害 | 涉及范围非常大的自然灾害及次生灾害 |
| 社会影响 | | 轻微的，或需紧急转移安置 50 人以下 | 较严重的，或需紧急转移安置 50～99 人 | 严重的，或需紧急转移安置 100～499 人 | 很严重的，或需紧急转移安置 500～999 人 | 恶劣的，或需紧急转移安置 1000 人及以上 |

表 3　风险等级

| 发生几率 | 损失及影响 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 轻微 | 一般 | 较大 | 重大 | 特别重大 |
| 不可能 | Ⅰ级 | Ⅰ级 | Ⅰ级 | Ⅱ级 | Ⅱ级 |
| 可能性极少 | Ⅰ级 | Ⅰ级 | Ⅱ级 | Ⅱ级 | Ⅲ级 |
| 偶尔 | Ⅰ级 | Ⅱ级 | Ⅱ级 | Ⅲ级 | Ⅳ级 |
| 有可能 | Ⅰ级 | Ⅱ级 | Ⅲ级 | Ⅲ级 | Ⅳ级 |
| 经常 | Ⅱ级 | Ⅲ级 | Ⅲ级 | Ⅳ级 | Ⅳ级 |

## 6　风险评估

### 6.1　一般规定

风险评估应按以下步骤开展：

a）　风险识别；

b）　风险分析；

c）　风险评价。

### 6.2　风险识别

#### 6.2.1　资料收集

水电工程运行风险识别前应收集下列资料：

a）　水电工程勘测设计、施工、安装、验收、运行、检修等相关资料；

b）　水电工程枢纽区域、库区及相关上下游的水文气象，工程地质、自然环境、动植物、交通航运以及城镇建设、文物古迹及人文、社会区域情况等资料；

c）　本流域及区域已建水电工程的相关风险及事故资料；

d）　有业务联系或影响的相关部门与第三方信息；

e）　风险管理相关法律法规、制度、标准等；

f）　其他相关资料。

#### 6.2.2　识别方法

水电工程运行风险识别方法应按 GB/T 27921 的规定执行。

#### 6.2.3　水工建筑物及其附属设施运行风险识别

6.2.3.1　水工建筑物及金属结构运行风险清单参照附录 A，还应根据水电工程具体坝型、厂房布置型式、泄洪消能型式、水文地质等情况进行适当增补调整。

6.2.3.2　水工建筑物运行过程中的风险可通过仪器监测、现场检查、监测资料分析等技术手段进行识别。金属结构在运行中存在的风险可通过动态监测闸门开度、启闭机荷载、振动等指标进行识别。

6.2.3.3　水工建筑物维修过程中的风险可通过施工组织设计、工艺评定、专项方案设计等手段进行初期识别。金属结构在维修过程中的风险可通过设备状态评估、专项检修和调试方案审查、焊接工艺评定、

关键工序验收等手段进行识别。

### 6.2.4 机电设备运行风险识别

6.2.4.1 机电设备运行风险主要包括运行、检修、试验等生产过程中可能发生的风险，风险清单参照附录 B，并可根据水电工程具体情况进行适当增补调整。

6.2.4.2 机电设备运行过程中的风险可通过监测运行数据、定期开展设备巡视检查和诊断分析等手段进行识别。可运用实时监视、在线监测、离线监测、趋势分析等技术手段，动态监测机电设备运行时的振动、摆度、噪声、温度、局放量等指标，识别机电设备运行中存在的风险。

6.2.4.3 机电设备检修的风险可通过检修设备状态评估、检修操作规范性评价、设备部件检查、检测、检验和诊断性试验等手段进行识别。

6.2.4.4 机电设备试验过程中的风险可通过验证试验方案、安全措施、操作规范性等符合性进行识别。

### 6.2.5 水库调度运行风险识别

6.2.5.1 水库调度运行风险主要包括水库上、下游淹没，有效库容损失，通航及海损事故等；水库调度运行风险清单参照附录 C，并可根据水电工程具体情况进行适当增补调整。

6.2.5.2 水库调度运行过程中的风险可基于水库调度运行经验和水库实际调度中的风险事故，通过水雨情收集、水文气象预测预报、水库及发电运行指标监测等手段识别。

### 6.2.6 专项风险识别

6.2.6.1 专项风险清单参照附录 D，并可根据水电工程具体情况进行适当增补调整。

6.2.6.2 人身伤害风险主要包括员工个人能力、劳动保护或职业健康防护措施不满足安全要求，现场作业环境不符合规范要求，人员存在违章作业行为等，可按照 GB 6441 进行识别。

6.2.6.3 自然灾害风险主要包括暴雨、洪水、雷电、大风、地震、冰冻等造成人员伤亡或设备设施损坏，可通过综合评估、隐患排查、灾害预警和趋势分析等方式进行识别。

6.2.6.4 环境影响风险主要包括油品泄漏、污水超标排放、危险化学品违规存储和使用，危险固废违规处置等，可通过环保指标定期检测、环境管理体系运行评审等方式进行识别。

6.2.6.5 安全保卫风险主要包括人防责任未建立和落实，物防和技防不满足要求等，可通过考虑水电工程管理范围、枢纽布置、地形地貌、交通设施、旅游开发等因素，对水域、陆域、空域的安全风险进行识别。

## 6.3 风险分析

6.3.1 风险分析应考虑导致风险的原因，风险源、风险事件的正面和负面的后果及其发生的可能性、影响后果和可能性的因素、不同因素及其风险的相互关系以及风险的其他特性，风险控制措施是否存在及其有效性。

6.3.2 根据水电工程特点，风险分析可采用定性、定量或综合化方法。水电工程运行风险分析方法应按 GB/T 27921 的规定执行。

6.3.3 水电工程应从风险发生几率与风险后果严重程度进行运行风险分析。风险发生几率分析，可利用相关历史数据来识别过去发生的事件或情况，推断其发生的可能性，也可利用故障树和事件树等技术预测其可能性。风险后果分析，应综合考虑人员伤亡、经济损失、安全故障影响、环境影响和社会影响

等因素，宜通过对事件的结果建模确定。

### 6.4 风险评价

6.4.1 结合风险分析的结果和 5.2 规定的风险等级标准，确定风险等级，以便做出风险应对的决策。

6.4.2 水电工程运行风险应按 6.2 识别出的风险逐一进行评价，对于明确为一般风险的可定性评价，对于重要风险应定性、定量评价。

## 7 风险应对

7.1 水电工程运行风险宜按风险等级进行排序，基于不同等级的风险采用不同的风险控制措施，各等级风险的应对策略应符合表 4 的规定。

**表 4 风险应对策略**

| 等级 | 应对策略 | 控制方案 |
|---|---|---|
| Ⅰ级 | 宜进行风险状态监控 | 宜开展日常审核检查 |
| Ⅱ级 | 宜加强风险状态监控 | 宜加强日常审核检查 |
| Ⅲ级 | 应实施风险管理降低风险 | 应实施风险防范与监测，制定风险处置措施 |
| Ⅳ级 | 应采取风险控制措施降低风险，应至少将其风险等级降低至可接受或有条件可接受的水平 | 应制定风险处置措施，编制风险预警与应急处置方案，或进行有关方案修正或调整，或规避风险 |

7.2 水电工程运行风险应从组织、制度、技术、应急等方面进行管控，通过隔离危险源、采取技术手段、实施个体防护、设置监控设施等措施回避、降低和监测风险。水电工程运行风险应对可采用风险规避、风险转移、风险缓解、风险自留等方法。

7.3 水电工程运行风险应对应符合下列要求：

a） 损失大、概率大的重大风险，采取风险规避；

b） 损失大、概率小的风险，采用风险缓解和风险转移相结合；

c） 损失小、概率大的风险，采取风险缓解；

d） 损失小、概率小的风险，采用风险自留。

7.4 对于不可抗力造成的风险，可采取保险或合同条款等方法转移剩余风险，但保险和合同条款不应被作为唯一减轻或降低风险的应对措施。

7.5 水电工程运行风险应对措施可参见附录 A～附录 D，并可根据水电工程具体情况进行适当调整。

7.6 水电工程风险应对应建立安全预警机制，加强风险预控；针对自然灾害、突发事件等可能导致的重大风险，应编制应急预案并保障应急物资。

## 8 风险监督与沟通

8.1 水电工程运行风险管理全过程应进行检查与监督，包括常规检查、监控已知风险、定期或不定期检查。

8.2 水电工程应建立完善的风险公告制度，应在醒目位置和重点区域设置明显警示标志，并强化风险因素监测和预警。

8.3　水电工程运行风险管理的全过程均应建立相关记录。

# 附 录 A
（资料性附录）
## 水工建筑物及其附属设施运行风险清单及应对措施

水工建筑物及其附属设施运行风险清单及应对措施参见表 A.1，可根据水电工程具体情况进行适当调整。

**表 A.1 水工建筑物及其附属设施运行风险清单及应对措施**

| 序号 | 分类 | 类型 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 挡水建筑物 | 混凝土坝 | 挡水安全 | 强烈地震、超标洪水、局地暴雨 | 1、应建立水库调度、防洪度汛及大坝安全管理责任体系；<br>2、严格按调度规程和防汛指挥机构批复的调度运用计划执行；<br>3、应按规范开展大坝安全监测与巡视检查，实时掌握大坝工作性态；<br>4、加强库区地震预报、监测与分析；<br>5、应建立流域梯级水电工程联合调度和预警机制，与地方人民政府建立应急联动机制；<br>6、在遭遇超标准自然灾害后，及时开展特种检查，研判大坝工作性态；<br>7、应建立防洪抢险应急预案、大坝运行安全应急预案、各类自然灾害应急预案 |
| | | | | 上游水电站非常泄水或上游水电站发生溃坝 | |
| | | | | 调度不当或水电站运行、维修不当 | |
| | | | | 近坝滑坡体失稳 | |
| | | | | 闸门挡水异常 | 1、按规程开展巡视检查和维护检修；<br>2、定期开展闸门安全检测和闸门挡水安全性评价；<br>3、制定闸门失事处置方案 |
| 2 | | | 结构受损 | 强烈地震、超标洪水 | 1、运行期应建立工程规划、设计、建设阶段大坝隐患排查治理及风险管控措施清单；<br>2、应按规范开展大坝安全监测与巡视检查，实时掌握大坝工作性态；<br>3、应组织原设计单位或行业专家对缺陷进行评估，评估缺陷对挡水建筑物的安全影响，必要时采取运行控制措施；<br>4、采取人防、物防和技防措施，严格枢纽区管控 |
| | | | | 近坝边坡地质灾害 | |
| | | | | 水库大体积漂浮物或失控船舶撞击大坝 | |
| | | | | 大坝结构、坝基、坝肩或挡水堵头的缺陷、隐患突然恶化 | |
| | | | | 战争、恐怖袭击、人为破坏 | |
| 3 | | | 坝基基础沉降不均或抗滑失稳 | 坝基基础地质存在缺陷 | 1、应按规范开展大坝安全监测与巡视检查；<br>2、应定期开展坝基设计指标符合性和运行性态的评价，复核大坝坝基变形稳定性和抗滑稳定性 |
| | | | | 建筑材料选用或结构选型不当 | |
| | | | | 长期运行中地质参数发生衍变 | |

| 序号 | 分类 | 类型 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | | | 渗压和渗流异常 | 软弱地基软化、泥化，覆盖层地基发生液化或渗透破坏 | 1、应按规范开展大坝安全监测与巡视检查；<br>2、应定期开展设计指标的符合性和运行性态的评价，复核对坝基渗透稳定性；<br>委托设计院开展补强加固方案设计并组织实施 |
| 5 | | 土石坝 | 挡水安全 | 同混凝土坝 | 同混凝土坝 |
| 6 | | | 结构受损 | 同混凝土坝 | 同混凝土坝 |
| 7 | | | 渗压和渗流异常 | 强烈地震、水位陡涨陡落速度及幅度超过设计要求<br>筑坝材料（垫层料、过滤料或反滤料）的细料和细粒含量不满足设计层间渗透稳定要求<br>坝体与地基接触面处理施工质量缺陷；<br>结构受损或接缝变形超标、防渗系统破坏、沉降超标等 | 1、应按规范开展大坝安全监测与巡视检查，实时掌握大坝工作性态；<br>2、防渗体系损坏或大坝渗流量逐年增大，或渗流量远大于工程经验值，应分析合理性，复查防渗体系，必要时降低库水位或放空检查；<br>3、复查防渗体及坝坡的变形对坝体结构安全影响、评估分析面板混凝土挤压破坏时渗流量变化 |
| 8 | | | 上下游坝坡及其覆盖层失稳 | 上下游坝坡出现塌滑或裂缝、不均匀沉降、坝坡和地基抗滑稳定性不足 | 1、定期复核坝坡和覆盖层稳定性，开展专项治理；<br>2、在遭遇暴雨、地震等自然灾害后，应开展专项巡查 |
| 9 | 泄水及消能建筑物 | 各种形式 | 泄水失控 | 超标洪水、暴雨、凌汛<br>水库漂浮物或失控船舶堵塞泄洪口<br>河道淤塞，行洪不畅<br>水库调度不当<br>泄洪设施和相关设备不能正常运行 | 1、定期复核库容和下游河道淤积情况，实际洪水调度中需依据实测水位-库容曲线、水位-泄洪曲线；<br>2、对泄洪设施、供电电源开展巡视检查、状态评估、检修、试验和技术改造；<br>3、严格按调度规程和防汛指挥机构批复的调度运用计划执行；<br>4、落实首次蓄水后原型观测，发现问题及时采取合理的措施 |
| 10 | | | 泄水及消能建筑物过流面、结构本体破坏 | 遭遇超标洪水<br>地震导致泄水建筑物结构损坏或变形<br>流道抗冲磨材料选型不当<br>维修不当<br>战争、恐怖袭击、人为破坏 | 1、在首次蓄水、竣工验收和大坝安全鉴定时，应做全面的资料分析，开展泄水及消能建筑物工程设计评价；<br>2、应按规范开展安全监测与巡视检查，实时掌握泄水及消能建筑物的运行状态；<br>3、泄洪期间做好巡视检查，必要时开展抢修；<br>4、采取人防、物防和技防措施，严格枢纽区管控 |
| 11 | 取水建 | 坝式、岸式 | 结构受损 | 强烈地震 | 1、运行期应建立工程规划、设计、建设阶段 |

| 序号 | 分类 | 类型 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 筑物 | （岸塔式）和地下竖井式等取水口 | | 水库大体积漂浮物或失控船舶撞击 | 隐患排查治理及风险管控措施清单；<br>2、应按规范开展安全监测与巡视检查，实时掌握大坝工作性态；<br>3、应组织原设计单位或行业专家对缺陷进行评估，评估缺陷对取水建筑物的安全影响，必要时采取运行控制措施 |
| | | | | 基础不均匀沉降 | |
| 12 | | | 取水能力受限 | 水库漂浮物、凌汛或失控船舶堵塞泄洪口 | 应按规范开展压差监视、安全监测与现场检查，及时发现异常情况并处置 |
| | | | | 泥沙淤塞 | |
| | | | | 拦污栅前杂物清理不及时，压差超标 | |
| | | | | 运行操作或维护不当 | |
| | | | | 管道失稳、未衬砌段崩塌 | |
| 13 | 厂房 | 各种形式 | 水淹厂房 | 超标洪水导致尾水位超高或河床淤积导致尾水位过高 | 1、按规范设置水淹厂房预警系统；<br>2、做好厂房排水系统维护，排水畅通；<br>3、定期开展地质灾害评估，必要时开展治理；<br>4、定期开展尾水河床水下地形测量；<br>5、应建立流域梯级水电工程联合调度和预警机制；<br>6、应制定水淹厂房应急预案 |
| | | | | 与厂房相连的挡水堵头渗漏异常 | |
| | | | | 暴雨导致雨水、尾水或泥石流倒灌厂房 | |
| | | | | 厂房周边截排水设施堵塞或失效 | |
| | | | | 压力钢管伸缩节损坏 | |
| | | | | 厂房内及附近区域供水管路破损 | |
| | | | | 上游大坝或堰塞体溃决 | |
| | | | | 下游地质灾害造成堰塞体堵塞 | |
| 14 | | | 结构损坏 | 地震、机组或泄洪设施运行引起的异常振动 | 按规范开展安全监测与现场检查，实时掌握建筑物和洞室的工作状态 |
| 15 | | 地面式厂房 | 泄洪雾化倒灌厂房 | 泄洪雾化导致局部强降雨 | 1、采取正坡、挡水坎和截水沟等工程措施；<br>2、在厂房入口及沿途设置合理配置挡水沙袋、挡水板等应急措施 |
| 16 | | 地下式厂房 | 围岩失稳 | 洞室岩体应力应变异常、围岩局部松动掉块或坍塌、洞室岩体渗压超出设计规定 | 1、按规范开展安全监测与巡视检查，实时掌握建筑物和洞室的工作状态；<br>2、及时清撬松动块体 |
| 17 | 通航设备设施 | / | 通航设施停止运行 | 超标洪水、大风 | 做好水情气象预测预报，及时告知过闸船舶，减少船舶积压和社会影响 |
| | | | | 通航机电设备故障 | 按规程开展巡视检查和维护检修，定期开展设备状态评估 |

| 序号 | 分类 | 类型 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 建筑物结构损坏或变形 | 地震、边坡失稳、混凝土自身缺陷导致结构损坏 | 1、按规范开展安全监测与巡视检查，实时掌握通航建筑物的工作状态；<br>2、委托有资质的设计单位开展除险加固方案设计，及时组织实施 |
| 18 | | | 过闸船舶失事 | 船舶撞坝、搁浅、碰撞、沉船等海损事故 | 1、严格船舶过闸前的安全检查，防止事故的发生；<br>2、制定应急预案，配置救援资源 |
| | | | | 引航道淤（堵）塞 | 1、日常监测数据的收集和整理；<br>2、定期开展航道水下地形检测，及时开展清淤 |
| 19 | 近坝库岸及工程边坡 | / | 边坡失稳、局部崩塌或支护结构损坏 | 强烈地震、特大暴雨 | 1、按规范开展安全监测与巡视检查，实时掌握边坡的工作状态；<br>2、应建立地质灾害应急预案和近坝滑坡体滑塌等专项处置方案 |
| | | | | 天然地质缺陷 | |
| | | | | 人为扰动 | |
| | | | | 水库调度不当 | |
| | | | | 边坡工程措施维护不当 | |
| 20 | 其他附属建筑物 | / | 结构损坏 | 强烈地震 | 1、按规范开展安全监测与巡视检查，实时掌握建筑物的工作状态；<br>2、建立的应急预案或处置方案有自然灾害应急预案、地震应急预案，出现预警时，及时开展处置 |
| | | | | 基础沉降不均 | |

# 附 录 B
（资料性附录）
# 机电设备运行风险清单及应对措施

机电设备运行风险清单及应对措施参见表 B.1，可根据水电工程具体情况进行适当增补调整。

**表 B.1 机电设备运行风险清单及应对措施**

| 序号 | 分类 | 设备类型 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 水轮发电机组及其附属设备 | 各种机型 | 水淹厂房 | 机组流道人孔门螺栓松动或断裂引起大量漏水 | 1、加强人孔门螺栓巡视，确保螺栓紧固无异常、人孔门密封良好；<br>2、定期对螺栓进行检测，按标准和规程要求及时更换螺栓；<br>3、加强新采购螺栓的检验，确保螺栓合格；<br>4、关注机组振动，防止顶盖等关键部位螺栓因振动过大疲劳断裂 |
| 2 | | | 水轮机振动、压力脉动、运行噪声异常 | 水轮机在不稳定工况区运行、水流流态或振动异常导致部件脱落或疲劳损坏 | 1、水轮机应长期在稳定区运行，在线监视水轮机振动、压力脉动、噪声，满足标准要求；<br>2、定期对转轮止漏环、泄水锥、座环导流板等水轮机水下部件进行检查，确保连接可靠 |
| 3 | | | 机组重要部位连接螺栓松动或断裂 | 机组运行时振动异常、螺栓预紧力不足或松动、螺栓缺陷等因素导致重要连接件松动或断裂 | 1、水轮机运行时各部振动指标满足标准要求，各部无异响；<br>2、定期对顶盖连接螺栓、定子铁芯压紧螺栓等重要螺栓进行力矩检查、无损检测，确保无异常；<br>3、加强设备巡视，及时消除缺陷；<br>4、新采购螺栓要抽样进行力学性能及无损检测，确保合格 |
| 4 | | | 发电机旋转部件损坏 | 发电机旋转部件松动脱落、疲劳断裂、过热烧损，发电机内部有检修遗留物等 | 1、定期检查发电机各部紧固件，确保无松动、脱落等异常；<br>2、机组检修期间，严格执行风洞进出管理规定，对进出发电机风洞的人员和物资进行详细的登记；<br>3、检修工作结束后，要对发电机内部进行全面检查，确保各紧固件无异常、无遗留物 |

| 序号 | 分类 | 设备类型 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | | | 轴承瓦温过高或烧瓦 | 轴瓦间隙偏小、润滑油颗粒度超标、高压油顶起系统故障等 | 1、加强轴承运行瓦温、油位及外循环冷却系统的监视，确保在合格范围内运行；<br>2、定期进行油质化验，确保轴承油质合格；<br>3、针对瓦温或温差异常情况，及时对轴瓦间隙、外循环系统等进行检查处理；<br>4、定期对高压油顶起系统进行试验，确保各项参数在设计范围内运行。机组连续15天未运行，启机前要进行高压油顶起或顶转子操作 |
| 6 | | | 转轮损伤 | 水轮机长期在涡带区域或不稳定区域运行、材料或焊接缺陷等因素引起转轮空化气蚀、严重磨损或裂纹等 | 1、水轮机应长期在稳定区域运行；<br>2、定期对转轮叶片及焊缝进行检测和处理，确保转轮状态良好；<br>3、监测水轮机运行时的噪声和压力脉动，确保在合格范围内运行 |
| 7 | | | 油品泄漏 | 油管路密封失效、液压系统阀件故障、阀门状态异常等 | 1、加强巡视和消缺工作，确保油系统运行正常；<br>2、采购优质液压阀件和密封件，预控油品泄漏缺陷；<br>3、检查油系统各阀门状态正确 |
| 8 | | | 机组飞逸 | 调保计算不满足要求、调速器关闭规律异常、过速保护整定值选取错误或过速保护功能异常、快速门（进水阀）关闭功能异常等 | 1、机组调保计算和导叶关闭规律满足设计要求；<br>2、调速器投运前要进行静态试验、动态试验、导叶关闭规律、机械过速和甩负荷试验等，确保机组转速上升和蜗壳水压上升满足设计要求；<br>3、定期对过速保护系统进行检查，确保电气回路、液压系统、机械过速装置功能正常；<br>4、定期进行快速门（进水阀）闭门试验，确保关闭功能正常 |

| 序号 | 分类 | 设备类型 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|---|
| 9 | | | 定子绝缘损坏 | 1、定子绕组端部松动磨损；<br>2、定子绝缘老化放电；<br>3、定子过热；<br>4、发电机消防管路漏水；<br>5、定子水内冷纯水管路及接头漏水 | 1、机组检修时，应对定子绕组端部松动和磨损情况进行检查，出现松动、磨损情况应进行绑扎和绝缘处理；检查线棒端部绝缘无损伤、脱漆、电晕、油污严重等现象，发现定子绕组端部缺陷应及时处理；定期进行发电机定子直流耐压、电晕检测等试验；<br>2、对定子线棒层间各测点及引水管出水间的温差监视，根据温差的大小，采取降低负荷或立即停机处理等措施，以避免事故的发生；定期测量水内冷发电机水支路流量，发现堵塞应及时进行处理；定期对空冷发电机空冷器进行清洗，确保风路畅通 |
| 10 | | | 转子绝缘损坏 | 1、转子匝间短路；<br>2、转子绕组接地故障 | 运行时间达到20年的发电机，或者运行中出现转子绕组匝间短路迹象的发电机，或者在常规检修试验中认为可能有匝间短路的发电机，应在检修时通过探测线圈波形法或RSO脉冲测试法等试验方法进行动态及静态匝间短路检查试验，经确认存在较严重转子绕组匝间短路的发电机应尽快消缺，防止转子、轴瓦等部件磁化 |
| 11 | 高压电气设备 | 各种高压电气设备 | 运行、试验过程中的设备烧损、爆炸 | 1、操作过电压、雷电过电压、工频过电压等系统冲击；<br>2、设备密封失效、接头过热、内部放电、外绝缘击穿等设备缺陷；<br>3、高压试验时高电压、大电流等冲击；<br>4、设备检修程序、工艺控制不到位；<br>5、解体检修或进人检查时异物遗留在设备内部等 | 1、根据绝缘配合要求，做好高压电气设备过电压防护措施；<br>2、采取有效的运行监视方法，及时发现设备故障，发现异常时，应予以消除；对于高电压、大容量、设备价值高、事故后果严重的设备，应积极开展带电检测和在线监测工作；<br>3、依据高压电气设备实际运行情况、绝缘状况和相关规程、规范、反事故措施等，定期开展高压电气设备试验、评估和检修工作，确保系统可靠性；<br>4、高压电气设备检修、试验时，应做好技术保护措施和现场安全措施，加强施工过程控制，确保检修施工安全、质量 |
| 12 | | | 检修、试验过程中的人身伤亡 | 1、检修、试验时安全措施不到位；<br>2、试验时出现试验标准采用不当、错接线、误加压、发生感应电压和放电反击现象等 | 高压电气设备检修、试验时，应做好技术保护措施和现场安全措施，做好风险预控 |

| 序号 | 分类 | 设备类型 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|---|
| 13 | | 变压器（电抗器） | 内部过热 | 1、内部铁芯及夹件非接地点绝缘处理不当、隔离措施不充分等原因产生环流；<br>2、电气连接部位过热，油道堵塞、冷却器失效等 | 1、关注设备油温、绕组温度等变化趋势，定期进行红外温度监测；<br>2、应采取有效的运行监视方法，及时发现冷却系统故障 |
| 14 | | | 内部放电 | 内部电场畸变、绝缘质变、电流进入电介质（气体或油）等 | 严格按照试验周期进行油色谱检验，必要时应装设在线油色谱监测装置，可装设局部放电在线监测装置 |
| 15 | | | 部件变形或位移 | 1、出口短路、绕组过电流等电磁力；<br>2、重瓦斯、压力释放阀误动等机械力超过其实际能够承受机械力 | 在遭受近区突发短路后，应做低电压短路阻抗测试或绕组变形试验，并与原始记录比较，判断变压器无故障 |
| 16 | | | 爆炸火灾 | 设备严重过载、短路、绝缘损坏等产生的高温、电弧等 | 1、加强电站变压器运行维护管理，采取有效的运行监视方法和在线监测手段，及时发现设备异常；<br>2、密切关注套管运行状况，加强套管末屏接地检测和内部油位监测，发现异常及时进行检查处理；<br>3、按照有关规定完善变压器的消防设施，并加强管理，重点防治变压器着火时的事故扩大；<br>4、应编制变压器火灾事故现场处置方案，并定期进行演练 |
| 17 | | | 变压器油泄漏 | 1、油箱焊缝缺陷、密封垫安装不合适、密封失效；<br>2、变压器严重内部故障，引发变压器油箱破裂或防爆管破裂 | 1、加强电站变压器运行维护管理，采取有效的运行监视方法和在线监测手段，及时发现设备异常；<br>2、及时发现变压器漏油现象，采取补焊、堵漏、更换密封等方式，防止变压器油泄漏扩大 |
| 18 | | GIS、GIL、开关设备 | 内部放电 | 设备内部电场畸变、绝缘老化、接头接触不良、$SF_6$气体泄漏、受潮等 | 1、做好$SF_6$气体压力监测工作，及时消除漏泄点，定期进行$SF_6$气体微水测试和$SF_6$气体分解物测试；<br>2、加强运行中设备带电局部放电检测工作 |

| 序号 | 分类 | 设备类型 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|---|
| 19 | | | 开关设备误动、拒动 | 1、操动机构故障、控制回路异常、绝缘拉杆断裂；<br>2、误带地刀合闸或误拉隔离开关，隔离开关、接地开关机械联动失效引起隔离开关、接地开关非全相操作 | 1、加强操作机构的检查维护，保证断路器操作的同期性；<br>2、应密切关注隔离开关相间连杆的连接可靠性，保证设备运行过程中不发生连杆脱落而引起的非全相操作 |
| 20 | | | $SF_6$ 气体严重泄漏 | 1、气室焊缝缺陷、密封失效；<br>2、设备严重内部故障，引发设备外壳或部件严重损坏 | 1、做好 $SF_6$ 气体压力监测工作，及时消除漏泄点，定期进行 $SF_6$ 气体微水测试和 $SF_6$ 气体分解物测试；<br>2、加强运行中设备带电局放检测及 $SF_6$ 气体泄漏监测工作；<br>3、编制$SF_6$气体严重泄漏现场处置方案，并定期进行演练 |
| 21 | | 架空输电线路 | 倒塔 | 不良地质条件，极端恶劣气象环境影响，杆塔锈蚀，基础裂纹损伤，防护设施损坏等 | 1、加强铁塔基础的检查和维护，并制定防止倒塌事故预案；<br>2、定期对电站出线场杆、塔、龙门架等基础、本体及接地情况进行巡视检查，必要时进行杆塔倾斜度测量、构架锈蚀检测评估及加固防腐处理等<br>3、遭受恶劣天气后，应进行杆塔螺栓松动、金具磨损等专项检查及处理 |
| 22 | | | 架空导地线断裂，掉串、掉线 | 1、遭受雷击；<br>2、导地线锈蚀，金具断裂，绝缘子串劣化闪络炸裂等设备缺陷 | 1、加强铁塔构件、金具、导地线腐蚀状况的观测，必要时进行防腐处理，对于运行年限较长、出现腐蚀严重、有效截面积损失较多、强度下降严重的，应及时更换；<br>2、加强瓷、玻璃绝缘子的检查，及时更换零值、低值破损绝缘子 |
| 23 | | | 外绝缘污秽闪络 | 1、外绝缘配置不满足现场污秽度要求；<br>2、绝缘子脏污、绝缘子劣化等设备缺陷 | 根据环境变化情况，及时修订污区分布图，并在不同污秽地区设立污秽度测试点，当盐密值超过规定时，应根据情况采取调爬、清扫、涂料等措施进行处理 |
| 24 | | 接地系统 | 接地电阻超标 | 1、原接地系统不满足电网发展的要求；<br>2、接地引下线严重腐蚀造成截面减小或者非可靠连接等 | 1、电站短路容量变化时，应校核接地装置（包括设备接地引下线）的热稳定容量，并结合短路容量变化情况、接地装置的腐蚀程度有针对性地对接地装置进行改造；<br>2、定期进行接地装置导通情况检测，定期（时间间隔应不大于5年）通过开挖抽查等手段确定接地网的腐蚀情况，如发现接地网腐蚀较为严重，应及时进行处理 |

| 序号 | 分类 | 设备类型 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|---|
| 25 | | 电力电缆 | 电缆通道火灾 | 1、电缆长期过载运行；<br>2、接头故障、绝缘损坏等设备缺陷 | 1、应加强电力电缆巡视，定期进行预防性试验，及时发现电力电缆过热、放电、绝缘降低等缺陷，并进行处理；<br>2、做好电缆廊道防火、报警等各项措施；<br>3、应编制电缆廊道火灾事故现场处置方案，并定期进行演练 |
| 26 | | | 电缆接头爆炸 | 电缆超负荷运行、接头制作工艺不良、导体连接不良、绝缘受潮、绝缘击穿等 | 1、安装时严格按照操作工艺要求施工，保证密封良好，以防止潮气侵入；<br>2、加强设备巡查，发现电缆终端头漏油时，采取措施及时修好 |
| 27 | 保护及控制设备 | 保护及控制设备 | 保护及控制设备误动、拒动 | 1、系统配置不完善、应用程序逻辑问题、检修调试质量问题导致保护控制功能失效，造成设备误动或拒动；<br>2、系统定值不合理、重要参数误整定或模型与控制参数不合理导致开关误动或拒动及机组误开机或误停机；<br>3、控制回路缺陷、重要元器件质量缺陷造成设备误动或拒动；<br>4、运行操作不当造成设备拒动或误动 | 1、应定期对保护及控制系统进行评估，梳理出系统中可靠性、冗余度不满足要求的设备或部件；制定完善的试验方案，充分验证检修或技改对设备的影响。对排查出的风险点进行风险监控，并采取技术改造或者更换等措施最终实现风险规避；<br>2、应与设备厂家、系统开发商等做好风险沟通，实现系统全生命周期的版本控制，及时升级相关设备程序。系统应使用经过充分试验验证的软件版本，系统升级改造中涉及版本变更时应做好异常情况下的预控措施；<br>3、应在新设备接管后全面排查二次回路可能存在的寄生回路；应在系统采购阶段把好重要元器件的选型关。涉及回路改造的工作应经过充分试验，易损元器件应定期进行更换；<br>4、应定期进行定值复核工作，做好定值审批、执行、回执等过程管理，保护系统定值应根据运行工况投退；<br>5、运行规程应根据设备异动及时更新，操作过程严格按操作票进行，操作后应进行状态检查 |

| 序号 | 分类 | 设备类型 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|---|
| 28 | | | 电力系统振荡 | 1、非同期并网；<br>2、继电保护及安全稳定装置误动或拒动，事故扩大导致系统振荡；<br>3、PSS参数不合理或存在缺陷无法抑制系统低频振荡；<br>4、调速器PID参数不合理或采集、控制回路缺陷导致功率波动；<br>5、机组未能避开振动区运行 | 1、加强同期装置检修和维护，严格按照反措要求执行，设置非同期闭锁回路。加强同期回路维护，排查寄生回路、端子松脱等缺陷；<br>2、加强继电保护和安全稳定装置及控制回路维护和检修，缺陷及时消除。加强设备巡检，确保设备状态正确；<br>3、励磁、调速系统应使用经过参数建模试验验证的模型与控制参数，严格按照定值管理流程进行规范管理。保护定值应与励磁系统进行配合校验；<br>4、应建立完善的机组振动区资料库并及时更新，机组进入振动区后应采取措施避开振动区运行；<br>5、应制定系统振荡事故处理应急预案，加强系统振荡应急处理能力 |
| 29 | | | 电力监控系统网络安全事件 | 1、系统软硬件产品存在漏洞或逻辑后门；<br>2、网络、通信和监控设备分区不当、安全防护产品设置不完善或安防配置未及时更新；<br>3、服务器、工作站或交换机设备空闲端口被利用，造成非法入侵；<br>4、权限管理不当造成非法入侵或他人擅自登入 | 1、应根据《电力监控系统安全防护管理规定》（国家发展和改革委员会令第14号）、《电力监控系统安全防护总体方案》（国能安全〔2015〕36号）以及网络安全管理相关要求做好电力监控系统总体防护工作；<br>2、应动态跟踪水电站电力监控及控制系统相关产品可能有的软硬件产品逻辑后门或漏洞，做好漏洞修补、设备升级等防护措施；<br>3、应用入侵检测装置、防病毒网关、安全审计平台等及时发现网络安全事件，通过事前预控、事后分析，控制网络安全风险；<br>4、应制订网络安全事件应急预案，定期开展应急演练，加强网络安全应急处置能力；<br>5、应定期对网络安全相关设备进行检查，及时发现设备防护措施不到位、补丁升级不及时、密码修改不及时、软件安装不规范、文件存放不符合要求等问题，促进网络设备规范管理 |

| 序号 | 分类 | 设备类型 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|---|
| 30 | | | 电厂大面积停电 | 1、直流系统故障导致二次设备无法正常运行导致大面积停电；<br>2、安全稳定装置故障导致多台机组误切机；<br>3、电缆通道火灾导致二次设备功能失效 | 1、设置可靠的水电站直流系统，直流系统各级负荷开关应满足级差配合要求并定期开展断路器安秒特性测试；<br>2、定期检查直流系统充电机、蓄电池、母线电压运行状态，定期检查蓄电池室运行环境，确保温度及通风等情况满足要求，不满足要求应及时采取措施，蓄电池组按规定进行放电和容量检查；<br>3、直流一点接地故障应及时（2小时以内）处理。直流母线两点接地时，应立即消除；<br>4、安全稳定装置按规定检修和联调试验，安全策略与定值单严格按调度要求执行，缺陷及时消除；<br>5、应加强电缆通道巡检，发现问题及时处理，定期检查廊道消防系统，电缆廊道防火、报警等各项保障措施完好 |

| 序号 | 分类 | 设备类型 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 厂用电系统 | 水电站厂用电设备 | 厂用电全停风险 | 1、主送出单回线路运行时发生故障，导致电站与系统解列，厂用电消失；<br>2、厂用电源配置及运行方式不合理，全厂单路电源供电或厂用变过载运行时电源故障导致全站厂用电停电；<br>3、厂用电配电设备故障及保护定值配合不当导致越级跳闸断开厂用电供电电源；<br>4、厂用电压严重偏离额定值导致设备损坏或不能正常工作，造成主设备运行事故；<br>5、厂用电源电缆沟着火或电源柜故障退出导致全站厂用电停电；<br>6、多路非同期电源供电操作方式不当发生短路故障致全站厂用电停电；<br>7、厂用电备自投或电源切换装置不正确动作导致厂用电全停 | 1、尽量避免水电站主系统单回输电线路运行，单回输电线路运行时应做好线路故障与系统解网的相应保厂用电措施；<br>2、厂用电源应采用双路电源供电方式，备自投应正确动作，备自投装置应定期进行检查；<br>3、厂用电容量应满足不同运行方式需要，厂用配电设备选型应合理可靠，各级厂用电保护及自动装置定值应合理配置，防止厂用设备故障越级切除厂用系统电源；<br>4、适当调节厂用变压器分接头保证厂用电压在允许偏差内；<br>5、水电站多路厂用电避免过载运行，电缆应尽量布置在不同的电缆沟，尽量避免多路电源设置在同一配电柜内；<br>6、多路非同期电源供电时，应设计硬闭锁回路及制定有效措施防止非同期电源联络运行 |
| 32 | | 水电站泄水设施厂用电 | 漫坝、垮坝风险 | 泄水设施厂用电中断，泄洪建筑物闸门不能开启，影响水电站泄洪导致漫坝、垮坝 | 水电站泄水设施应至少保证双路电源供电，设备检修时，应合理安排厂用电运行方式，水电站泄水闸应配置应急电源，防止系统故障全站厂用电消失 |
| 33 | 公用辅助系统 | 水电站清洁水设备 | 水淹厂房、水淹廊道 | 水电站清洁水系统故障导致大量跑水，机组水封供水中断或水压不足导致大量反水，造成机组水淹水导、水淹厂房 | 1、机组主轴密封供水应设置防止清洁水中断的备用水源；<br>2、新投产及改造后的供水管路必须进行水压试验并合格后方可投入运行 |
| 34 | | 水电站排水设备 | 水淹厂房、水淹廊道；机组设备检修工期延误 | 排水系统故障 | 1、确保排水系统处于良好的运行及备用状态，至少满足电站所需的最低排水的功能，否则需要及时处理；<br>2、在对机组开启盘型阀排水时确保排水系统满足要求 |

| 序号 | 分类 | 设备类型 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|---|
| 35 | | 水电站高、低压气设备 | 不能开停机 | 1、水电站机组低压气系统管路故障，气压降低导致机组不能正常停机；<br>2、机组高压气（或中压气）系统气压降低导致机组液压系统压力低不能开停机 | 水电站高、低压气系统应保证其正常运行，发现设备缺陷及时消除，对部分不影响主设备运行及检修的设备，可采取故障检修 |
| 36 | | | 压力设备爆破风险 | 压力油罐、压力气罐等压力容器不满足技术要求或超压力运行，导致设备爆破事故 | 压力油罐、压力气罐等压力容器投入使用前必须注册登记，在允许的压力内运行，并定期对罐体、安全阀、压力表计等进行检验 |

# 附 录 C
（资料性附录）
水库运行风险清单及应对措施

水库运行风险清单及应对措施参见表 C.1，可根据水电工程具体情况进行适当调整。

**表 C.1 水库运行风险清单及应对措施**

| 序号 | 分类 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 防洪（凌）调度 | 水库上、下游淹没 | 信息采集错误 | 实时调度中应对采集的数据，如雨量、水位、流量以及水库运行数据进行实时监视与检查，如发现错误应立即记录并修正数据 |
| | | | 气象、水文预报预测误差 | 1、应加强气象、水文预测预报及会商工作，对于复杂过程应及时滚动更新预报。洪水过程结束后及时总结、固化成果、提高预报精度；<br>2、及时总结洪水过程，编制汛期水库调度总结；定期修编预报方案，提高气象、水文预报预测精度 |
| | | | 下泄流量超过安全泄量 | 1、汛前应根据度汛要求制定超标准洪水应急预案，成立防汛领导小组，明确职责分工；<br>2、应制订水电站水库运用与电站运行调度规程，编制年度、月度和实时水库调度方案，严格执行调度指令；<br>3、汛前应对泄水建筑物的各类设备进行检查，保证汛期安全运行。汛后可根据需要对消能区内建筑物的磨损情况、泄洪设施进行检修与维护；<br>4、汛期应对枢纽过流设施及其控制系统、动力电源等进行巡检，保证正常使用；汛后可根据需要对上述设施进行检修与维护 |
| | | | 违规建筑阻碍洪水下泄 | 汛前做好流域检查，定期清理涉河违规建筑设施 |
| | | | 洪水资源化利用不当 | 1、汛期应加强水、雨情及气象的预测预报，及时滚动更新；<br>2、应编制洪水资源化利用调度方案，报相关单位审批；<br>3、实时调度中由防汛部门根据防洪形势、实际来水以及预测预报情况进行机动控制；<br>4、实时监视水库上、下游及流域的防洪形势，严格执行防汛部门的调度令 |

| 序号 | 分类 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|
| 2 | | 有效库容损失 | 多泥沙河流淤积造成防洪库容减少 | 对于多泥沙河流，汛期应监测泥沙入库情况，结合洪水过程，通过水库调度提高排沙比 |
| | | | 库岸滑坡，崩塌引起防洪库容损失 | 对于地质不稳定的库岸，应加强观察；如滑坡、崩塌方量影响库容或形成堰塞湖，应通过工程措施解决 |
| | | | 凌汛阻塞河道 | 应加强凌情观测，结合冰情预报，采取以水库调节水量为主、破冰为辅的措施 |
| 3 | 航运调度 | 碍航、停航、海损事故风险 | 自然灾害阻塞航道，如滑坡、崩塌、结冰等 | 1、应加强近坝区航运设施的管理与维护，定期进行航道的清淤与维护；<br>2、在近坝区发生海损事故的船舶，有条件的情况下可采用拖轮进行施救 |
| | | | 水流条件不满足航运要求 | 1、若水位或水位日变幅、小时变幅超出正常范围，应立即通知相关航运部门，由航运部门发布航行预警信息；<br>2、船舶应按坝区航行规定行驶，若误入禁航区，应在指导下及时驶出；<br>3、在近坝区河段，当船舶发生海损、机损、搁浅、火灾事故，打捞沉船，航道水深不足影响通航，以及其他特殊水面、水下作业时，如果水电站有能力调整流量和水位，须先提出需求，相关调度单位商定后，水电站运行管理单位尽可能予以配合；<br>4、对承担航运任务且通航的水库，当下泄流量不满足下游通航条件时,应及时增加水库出库流量 |
| | | | 水库泥沙淤积 | 对承担航运任务且通航的水库，应对水库上游一定范围内的河道进行观测、分析，采取水库调度手段提高水库排沙比 |
| | | | 信息沟通不畅，未及时通知、报送 | 对承担航运任务且通航的水库，应与航运部门及相关单位建立沟通联系机制，在水力条件变化较大时，提前通知，由航运部分发布航行通（警）告 |
| 4 | 发电调度 | 机组设备损害 | 机组长期运行在振动区，运行水头超出允许范围 | 1、按照规程规范及时开展机组稳定性试验，测定振动区范围；<br>2、合理控制机组运行水头，避免长时间运行在振动区；<br>3、当水头越限时，及时调整水库水位及下泄流量，密切监测机组振动、摆度，必要时紧急停机 |

| 序号 | 分类 | 风险 | 风险原因 | 应对措施 |
|---|---|---|---|---|
| 5 | | 电站出力大幅波动 | 水库水位或下泄流量剧烈变化 | 1、依据调度规程规范，合理控制水库水位或下泄流量变幅；<br>2、应制定专项应急预案，当电站出力大幅波动时要及时响应，降低出力 |
| 6 | 水资源调度 | 供水（居民、工业、农业）不足风险 | 水库蓄水导致下泄流量减少 | 应协调蓄水与下游用水需求，蓄水期间水库下泄流量要尽可能兼顾下游生活、生产、生态用水要求。根据来水特性，蓄水期间下泄流量宜逐步减少 |
| | | | 旱情导致水库蓄水量不足 | 1、针对涝旱急转的情况，结合预报充分利用汛末洪水资源蓄满水库；<br>2、当下游河段水位可能低于枯水预警水位或旱限水位时，且无法通过当地水资源调度或限制用水等措施缓解时，上游水库应在应急指挥机构调度下加大下泄流量 |
| 7 | | 水质污染风险 | 河道长期处于静水状态 | 1、对于库区水华严重的，应适时开展“潮汐式”调度，避免水库在某一水位长期运行；<br>2、对于水库下游水华严重区域，可采取短时加大下泄方式抑制水华繁衍 |
| 8 | | 水生物生境恶化风险 | 水坝阻断鱼类回游产卵通道 | 1、应在工程建设时，规划过鱼设施；运行后定期开展监测工作；<br>2、对于没有过鱼设施的水库，应定期开展增殖放流工作 |
| | | | 改变天然流量和流态 | 对下游鱼类产卵地有影响的电站，可适时开展生态调度试验，通过水库调度措施改变水文、水温等参数模拟鱼类、水生态所需的环境 |

# 附 录 D
（资料性附录）
专项风险清单及应对措施

专项风险清单及应对措施参见表 D.1，可根据水电工程具体情况进行适当调整。

**表 D.1 专项风险清单及应对措施**

| 序号 | 分类 | 风险 | 应对措施 |
|---|---|---|---|
| 1 | 人身伤害 | 高处坠落、物体打击、起重伤害、触电、淹溺、机械伤害、火灾、车辆伤害、爆炸和中毒窒息 | 1、签订劳动合同时要履行告知义务，告知存在的职业病危害；定期组织开展职业病危害因素检测、评价，设置职业危害安全警示标识和中文警示说明；<br>2、建立并执行工作票、操作票制度；<br>3、定期组织作业人员开展专业技能和安全管理知识培训考核；特种作业人员进行专项培训，定期复审，持证上岗；<br>4、外包项目开展安全技术交底，进行入场安全教育和考试，项目开工实行开工审批制度，安全技术措施实行验收制度；<br>5、严格执行班前会管理制度，全面观察了解全体工作人员精神及健康状态，根据当日生产任务、现场情况以及天气环境情况合理安排工作任务；<br>6、工作负责人组织工作班成员结合作业现场、作业特点进行风险辨识，并结合现场实际情况制定相应的防控措施；<br>7、现场作业前检查确认现场安全隔离、防护措施，作业人员做好个体防护；<br>8、作业过程中按照作业指导书、检修规程执行，履行作业监护制度；<br>9、编制人身伤亡事故应急预案，定期开展演练；<br>10、可参照《防止电力生产事故的二十五项重点要求》（国能安全〔2014〕161 号）落实具体应对措施 |

| 序号 | 分类 | 风险 | 应对措施 |
| --- | --- | --- | --- |
| 2 | 环境影响 | 设备漏油污染、污水超标排放、危化品违规存储和使用、危险固废违规处置 | 1、明确环境保护管理责任，建立环境保护制度；<br>2、污水处理设施应经国家环保检测认证，施工安装满足环保技术标准要求；<br>3、制定污水处理设施检修计划，定期检修；<br>4、定期开展环境监测和排污检测，保证监测设施和污染治理设施正常运行；<br>5、按照设备检修管理导则进行设备检修，开展油设备运行状态巡查监视及日常维护；<br>6、建立满足安全要求的危化品存储设施或仓库，编制危化品管理制度，做好入库和领用台账记录，开展危化品使用管理人员培训；<br>7、对危险固废集中回收和存储，定期委托外部有资质企业合规运输和处置；<br>8、每年开展环境因素辨识，建立重要环境因素清单，确定重要环境因素管理方案 |
| 3 | 安全保卫 | 非法侵入 | 1、明确安全保卫管理部门，建立安全保卫制度，配备专职或兼职安全保卫人员；<br>2、建立安防系统监控中心，配置视频安防监控系统，周界设置防护墙或防护网，建立出入口控制系统和重点部位红外（雷达）报警系统等安防设施；<br>3、在人员、车辆、物资等主要进出口设置警戒标识、隔离栏、机动车阻拦装置等，实行 24 小时值守；<br>4、检查人员配备防护服、通讯工具、盾牌等必要装备，具备条件时电站重要保卫部位实行门禁授权出入管理；<br>5、安全保卫技术防范措施要满足国家信息系统安全保护要求，并定期进行设备的检测、维护、保养；<br>6、定期对重点部门和重要岗位员工进行教育培训 |

| 序号 | 分类 | 风险 | 应对措施 |
| --- | --- | --- | --- |
| 4 | 自然灾害 | 暴雨、洪水、雷电、暴风、冰冻和地震 | 1、明晰防灾减灾工作责任和部门；<br>2、开展电站周边区域地质灾害风险辨识及隐患排查，对于发现的地质灾害进行勘测分析、并采取人员避险、设置警戒标志、防护治理等处置措施；<br>3、建立同气象、水利等部门联系会商制度，开展同国土资源、地震等部门的沟通信息机制，及时掌握自然灾害预警信息，建立水电工程内部预警发布机制；<br>4、编制自然灾害预警响应行动清单，明确人员责任，确定物资、车辆、设备防护管理措施；<br>5、定期分析水库、大坝、水工建筑物、闸门、启闭机、应急电源运行情况和存在风险，加强监测，及时整治；<br>6、编制防汛工作手册，执行水库调度方案及调度命令，密切关注上下游水位，全面检查状况，开展廊道、孔洞、排水管路、逆止阀、真空破坏阀的返水情况检查，清理水电工程排水沟渠；<br>7、定期开展防雷接地检测；<br>8、确定不同区域应急疏散点，设置应急疏散标志 |