



国家电网
STATE GRID

(2011年版)

水力发电厂 安全性评价查评依据

国家电网公司 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



国家电网
STATE GRID

水力发电厂 安全性评价查评依据

国家电网公司 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

近年来,随着抽水蓄能电站逐渐增多以及新设备、新技术大量采用,国家电网公司 2003 年发布的《水力发电厂安全性评价》已不能满足实际需要。为此,国家电网公司组织对 2003 年出版的《水力发电厂安全性评价》进行了修订,并同步修订了查评依据,形成了《水力发电厂安全性评价(2011 年版)》及《水力发电厂安全性评价查评依据(2011 年版)》。

本书为《水力发电厂安全性评价查评依据(2011 年版)》。本书内容按《水力发电厂安全性评价(2011 年版)》中评价项目的顺序分专业编排,分别给出查评依据的出处和具体条款,以方便广大读者在使用时查阅。本书主要内容包括与水力发电厂安全生产及安全管理有关的法令、法规、条例、规范、规定、文件等,为水力发电厂安全性评价提供了较翔实的依据。

本书可供水力发电厂各级安全、生产、管理岗位的领导干部和专业技术人员在安全性评价中阅读使用,也可作为开展安全检查和车间、班组技术培训的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

水力发电厂安全性评价查评依据:2011 年版/国家电网公司编. —北京:中国电力出版社,2011.4

ISBN 978-7-5123-1619-5

I. ①水… II. ①国… III. ①水力发电站-安全评价-研究-中国 IV. ①TV737

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 074630 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 5 月第一版 2011 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 39 25 印张 964 千字

印数 0001—5000 册 定价 98.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

序

电网安全与经济社会发展、人民群众切身利益休戚相关，是国家电网公司（简称公司）和电网发展的生命线。近年来，公司全面贯彻落实科学发展观，始终坚持“安全第一、预防为主、综合治理”方针，强化“全面、全员、全过程、全方位”安全管理，扎实开展系列专项安全活动，大力推进安全管理标准化，深入开展安全风险管理，全力夺取了抗冰抢险、抗震救灾等重大胜利，有效保障了电网安全稳定运行，为经济社会发展和人民群众生活提供了安全可靠的电力供应。

公司在电网安全管理实践中，积极借鉴和吸收现代风险管理理念和方法，持续深入地开展安全性评价工作，认真制订并落实整改治理方案和措施，不断夯实电网安全生产基础。随着电网规模不断扩大，新技术、新设备广泛应用，特别是直接承担供电任务的城市电网，网架结构密集，负荷增长快速，供电影响面广，社会舆论高度关注，公司原有的安全性评价标准已不能完全适应形势变化要求。为此，公司在总结多年来电网安全性评价经验的基础上，结合电网发展实际和公司安全管理需求，依据国家有关法律法规、公司有关制度标准和电网反事故措施等，组织修（制）订了《输电网安全性评价（2011年版）》、《城市电网安全性评价（2011年版）》和《水力发电厂安全性评价（2011年版）》及其查评依据，并通过试评价进行了验证，具备在公司系统正式发布实施的条件。

本次修（制）订注重评价标准的适应性、针对性和可操作性，其中《输电网安全性评价（2011年版）》、《城市电网安全性评价（2011年版）》简化了对调度运行等各专业管理的评价，更加关注电网安全基础和物理因素的评价，以对现存的安全隐患和薄弱环节进行系统梳理，有计划地落实规划发展、建设改造、调度运行、生产维护等整改治理和预防预警措施，实现超前防范大面积停电、重大设备损坏等事故风险；《水力发电厂安全性评价（2011年版）》新增了对抽水蓄能电站的评价，补充了水电厂公用系统、消防安全、应急管理等内容，有利于强化公司所属发电企业安全管理，提高发电厂规范化管理水平。新修（制）订的安全性评价标准体系结构完整，评价项目全面，评价依据准确，评分方法明确，相信它们的发布实施，对于公司各单位进一步深化和拓展安全性评价工作，加快推进安全风险管理体系建设，持续提升电网安全风险防范水平，具有重要的作用和指导意义。

刘中军

二〇一一年四月

编 制 说 明

1. 本书按照国家电网公司《水力发电厂安全性评价（2011 年版）》（简称《评价》）中评价项目的序号编排。为方便使用者查阅，本书“1 生产设备”的相关内容按《评价》的一般专业划分习惯，分为 4 个部分。其中，电气二次部分内容的查评依据集中在一起，与《评价》的编排顺序有所不同，请查阅时注意。

2. 同一评价项目的依据，按各有关标准和反措内容分别集中编排，且同一标准或反措的有关内容仍按原条文序号编排（但可能有因未选而造成空号的）。

3. 部分条文需要参考的标准是专业使用的技术规范，内容涉及全文，这部分技术规范就没有摘录，只是将标准号和标准名称列出。

4. 查评时，若本书引用的标准或反措已经修订或作废，请以新的标准或反措为准。标准之间有矛盾时，一般以颁发日期较后者为准。

5. 引用的标准内容中又提出参见其他标准的，一般不再编入本书。

6. 同一标准或反措的有关内容的先后顺序可能与依据不同，且个别评价项目的有关内容在依据的不同部分中会有重复。使用时，请注意对同一评价项目的依据进行全面浏览，以免遗漏。

7. 安全性评价标准中，项目“1.5.6.4 蓄电池”和“1.5.7 静止变频装置（SFC）”的评价方法依照国家电网公司相关管理规定执行，依据中不再给出具体查评标准或文件。

8. 依据中“总则”略。

编写人员名单

主 编 尹昌新

副 主 编 路寿山 赫玉国 刘宝升 刘亨铭

游仁敏 曾季弟

编写组成员 聂宇本 鲍泰奎 黄光斌 陈其灿

吴昌旺 蒋昌兴 张瑞清 游光华



目 录

序 编制说明

1 生产设备	1
第一部分 水轮机、发电机及公用机械	1
1.1 水轮机（含水泵水轮机、蓄能泵）及其附属设备	1
1.1.1 转轮	1
1.1.2 导水机构	8
1.1.3 主轴密封（含检修密封）	10
1.1.4 水轮机导轴承	11
1.1.5 压力钢管、蜗壳、座环及尾水管	14
1.1.6 顶盖与底环	14
1.1.7 主轴	15
1.1.8 受油器	15
1.1.9 补气装置	16
1.1.10 调相压水系统	16
1.1.11 顶盖排水装置	16
1.1.12 测压装置	16
1.1.13 调速器系统及油压装置	16
1.1.14 进口阀（含快速闸门）及油压装置	19
1.1.15 尾水闸门	23
1.1.16 上、下库进出口闸门系统	43
1.2 发电机及其附属设备	43
1.2.1 定子	43
1.2.2 转子	44
1.2.3 机架	46
1.2.4 发电机导轴承	47
1.2.5 推力轴承	50
1.2.6 空气冷却装置	55
1.2.7 制动系统	55

1.2.8	发电机灭火装置	57
1.2.11	水轮机发电机组整体性能	58
1.5	公用系统	77
1.5.1	油系统	77
1.5.2	气系统	78
1.5.3	技术供水、排水系统	79
1.5.4	通风及采暖	80
1.5.5	消防设备	81
第二部分	电气一次	84
1.2	发电机及其附属设备	84
1.2.1	定子	84
1.2.2	转子	84
1.2.10	发电机出线及中性点设备	85
1.2.11	水轮机发电机组整体性能	89
1.3	主变压器（含电抗器）及其附属设备	90
1.3.1	主变压器（含电抗器）本体	90
1.3.2	套管	91
1.3.3	气体继电器与集气通道	92
1.3.4	压力释放阀及导向装置	93
1.3.5	分接开关	93
1.3.6	冷却装置及控制系统	93
1.3.7	储油柜及吸湿器	94
1.3.8	灭火装置	95
1.3.9	测温装置	95
1.3.10	净油器	95
1.3.11	变压器（含电抗器）整体性能	95
1.4	高、低压配电设备	96
1.4.1	系统接线和运行方式	96
1.4.2	母线（含引线）、架构及绝缘子	100
1.4.3	气体绝缘金属密封开关设备（GIS）	107
1.4.4	高压断路器	114
1.4.5	隔离开关（含抽水蓄能电站拖动开关、被拖动开关和换相开关）及接地开关	119
1.4.6	电流互感器	122
1.4.7	电压互感器	128
1.4.8	避雷器	134
1.4.9	过电压保护装置和接地装置	139
1.4.10	厂用变压器（含抽水蓄能电站静止变频装置 SFC 输入、 输出变压器）及配电设备	143

1.4.11 防误操作装置	146
1.5.8 电缆（含控制电缆）及电缆用构筑物	153
1.9 设备技术资料、台账管理	155
1.9.2 电气一次专业	155
第三部分 电气二次	155
1.1.13 调速器系统及油压装置	155
1.2.9 励磁系统（含电气制动）	163
1.5.6 直流系统及 UPS 设备	171
1.6 继电保护、自动装置及通信	176
1.6.1 继电保护	176
1.6.2 自动装置	199
1.6.3 通信	207
1.7 计算机监控系统及信息安全	215
1.7.1 计算机监控系统	215
1.7.2 AGC、AVC 功能	231
1.7.3 二次系统防护	233
第四部分 水工及水务	235
1.8 水工及水务	235
1.8.1 水库运行管理	235
1.8.2 大坝安全管理	239
1.8.3 防汛工作管理	252
1.8.4 水库	278
1.8.5 大坝	283
1.8.6 泄水建筑物	288
1.8.7 引水建筑物	291
1.8.8 厂房及其附属洞室	294
1.8.9 尾水建筑物	295
1.8.10 水工建筑物安全监测系统	295
1.8.11 水情自动测报及水库调度系统	305

2 劳动安全与作业环境	315
2.1 劳动安全	315
2.1.1 电气安全	315
2.1.2 高处作业	360
2.1.3 起重作业安全	389
2.1.4 焊接与切割安全	414
2.1.5 机械安全	431

2.1.6	小型锅炉、空气压缩机及气动工具	448
2.1.7	劳动防护及防毒	451
2.1.8	职业健康	463
2.2	作业环境	464
2.2.1	生产区域照明	464
2.2.2	安全设施及标志	465
2.2.3	设备编号	477
2.2.4	生产区域通道	478
2.2.5	生产区域梯、台	479
2.2.6	工作现场防护	486
2.3	交通安全	487
2.3.1	机动车辆安全性能	487
2.3.2	交通安全机制建设	487
2.3.3	“准驾证”制度执行	487
2.3.4	库区码头管理	490
2.3.5	船员及船舶管理	490
2.4	防火、防爆	492
2.4.1	消防组织建设	492
2.4.2	防火责任制落实	492
2.4.3	明确重点防火部位及责任人	492
2.4.4	消防队伍建设	492
2.4.5	消防器材管理	492
2.4.6	禁火区动火作业管理	494
2.4.7	易燃、易爆品管理制度建设	496
2.4.8	易燃、易爆品存放管理	496
2.4.9	高压气瓶运输、使用、存放	501
2.4.10	常用化学气体安全防护	501
2.4.11	重点防火部位预案建设	501
2.5	安全保卫	501
2.5.1	安全保卫人员培训	501
2.5.2	安全保卫机构建设	501
2.5.3	生产区域保卫措施建设	501

3	安全生产管理	503
3.1	安全生产目标责任制	503
3.2	安全生产监督	516
3.3	规程制度	518

3.4	两票三制.....	519
3.5	“两措”及防误管理	519
3.6	技术监督管理	578
3.7	标准化作业	580
3.8	应急管理	585
3.9	安全生产教育培训	592
3.10	安全生产例行管理工作	602
3.11	外包工程、劳务用工及承出租安全管理	603
3.12	事故调查处理及安全奖惩	605

1 生产设备

第一部分 水轮机、发电机及公用机械

1.1 水轮机（含水泵水轮机、蓄能泵）及其附属设备

1.1.1 转轮

1.1.1.1 本项目的查评依据如下。

【依据 1】GB/T 15469.1—2008《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》。

4.1 保证期限

除非协议中另有说明，空蚀保证期或空蚀保证运行时间应与合同中协议规定的水轮机的保证期一致。

4.2 空蚀量的定义

在合同文件中应规定：

在按 4.3.2 中定义的双方同意的参考运行时间，由空蚀引起的金属损失量应不大于的数值；

空蚀损失量是否满足保证值应按照 5.2（略）规定的检查方法进行测量与计算。

空蚀保证涉及的内容有：

——转轮材料的体积损失“ V ”（见 3.1.29，略）或质量损失“ M ”（见 3.1.32，略）；

——转轮材料的深度损失“ S ”（见 3.1.27，略）；

——固定部件材料的体积损失“ V ”或质量损失“ M ”；

——固定部件材料的深度损失“ S ”；

——空蚀保证值可以由最大深度 S 、剥落体积 V 或质量损失 M 来限定。

对于整个转轮的保证方面，一个叶片的空蚀体积 V 或质量损失 M 不应超出整个转轮空蚀保证体积或质量的 Y 倍。对于轴流式、贯流式水轮机， $Y=0.4$ ；对于混流式和斜流式水轮机， $Y=0.3$ 。

对于轴流式、贯流式、斜流式水轮机的固定部件，空蚀深度 S 和体积 V 或质量 M 的值与转轮空蚀保证值一致。对于混流式水轮机的固定部件，空蚀体积 V 或质量 M 为转轮空蚀保证值的一半，而空蚀深度 S 与转轮空蚀保证值相等。

4.3 运行范围和运行时间

4.3.1 运行范围

为了确定空蚀保证值，以及评估空蚀是否满足保证，应根据水力比能（水头）、功率和净正吸出比能（吸出高度），明确规定水轮机在相应的基准运行时间内的运行范围（参见图 2，略）。

合同应规定以下参数：

P_{TU} 和 P_{CU}

P_{TL} 和 P_{CL}

E_{TU} 和 E_{CU}

E_{TL} 和 E_{CL}

如果机组要求在无空蚀（见附录 A，略）条件下运行，推荐采用 $E_{TL}=E_{CL}$ 、 $E_{TU}=E_{CU}$ 以及 $P_{TU}=P_{CU}$ 。

除非另有协议，如果合同只规定了连续正常运行范围，可采用以下参数：

$$P_{TU}=1.05P_{CU}$$

P_{CL} 随机型不同而异，混流式为各相应水力比能 45%功率保证值，转桨式为各相应水力比能 35%功率保证值，定桨式为各相应水力比能 75%功率保证值。

$$P_{TL}=0$$

$$E_{TU}=E_{CU}$$

$$E_{TL}=E_{CL}$$

在保证期内，应准确记录每一台机组的功率、水力比能（或水头）、上游水位、净正吸出比能（吸出高度）或尾水位及运行小时。应为供方提供方便来检查运行条件是否与合同一致。

4.3.2 基准运行时间

除非另有协议，下列基准运行时间（不考虑保证期）应作为确定和评估空蚀保证的基础。

对于每天运行时间较多的机组（例如带基荷运行的水轮机）运行 8000h

对于每天运行时间较少的机组（例如调峰运行的水轮机）运行 3000h

当上述两种情况兼有时，基准运行时间可由供需双方协商进行折算。

4.3.3 实际运行时间

至空蚀检查时为止，从电站运行记录中计算出的全部运行时间，并区分出在正常连续运行范围内和在低、高水力比能下，以及高、低负荷短时运行范围内的运行时间。

除非另有协议，如果实际运行时间超出下列运行时间中的任何一项，空蚀保证无效：

——按照 3.1.9（略）定义的高负荷短时运行范围（见图 2，略）100h

——按照 3.1.10（略）定义的低负荷短时运行范围（见图 2，略）500h

——按照 3.1.11（略）定义的低水力比能短时运行范围（见图 2，略）50h

——按照 3.1.12（略）定义的高水力比能短时运行范围（见图 2，略）50h

上述 50h、100h 和 500h 对应的基准运行时间为 8000h 或 3000h，如果实际运行时间与 8000h 或 3000h 不同，应按比例进行调整。

4.3.4 特殊工况

机组的启动和停机运行时间应计入实际运行时间，但此过渡过程不作为 3.1.10 水轮机低负荷短时运行范围和 3.1.12 高水力比能短时运行范围的运行时间。机组转轮在空气中旋转的时间不应计入实际运行时间。

为了确保空蚀保证有数，双调水轮机（例如转桨式水轮机）应在协联工况下运行。供方应在双方协议的适当时间内，采用合适的方法对导叶开度和桨叶转角的协联关系进行试验和调整。这些调整应在机组投运后尽快进行，以减少对机组潜在的损害。

【依据 2】GB/T 15469.2—2007《水轮机、蓄能泵和水泵水轮机空蚀评定 第 2 部分：蓄能泵和水泵水轮机的空蚀评定》。

4.1 保证期限

除非协议中有说明，空蚀保证期或空蚀保证运行小时数应与合同中协议规定的水力机械的保证期一致。

4.2 空蚀保证值的确定

在合同文件中应规定：

在按 4.3.2 中定义商定的基准运行小时数期间，按照 5.2（略）描述的保证值的检查方法进行测量与计算得出的且不得超过的金属损失量。

空蚀保证涉及的内容有：

- 转轮/叶轮材料的体积损失“ V ”（见 3.1.28，略）或质量损失“ M ”（见 3.1.31，略）；
- 转轮/叶轮材料的深度损失“ S ”（见 3.1.26，略）；
- 固定部件材料的体积损失“ V ”或质量损失“ M ”；
- 固定部件材料的深度损失“ S ”；
- 空蚀保证值可以由最大深度 S 、剥落体积 V 或质量损失 M 来限定。

对于整个转轮/叶轮的保证方面，一个叶片的空蚀量体积 V 或质量损失 M 不应超出整个转轮/叶轮空蚀保证体积或质量的 Y 倍。对于轴流式蓄能泵和水泵水轮机而言， $Y=0.4$ ；对于离心式蓄能泵和混流式水泵水轮机来说， $Y=0.3$ ；对于斜流式水泵水轮机，也可取 $Y=0.3$ ；对于轴流式蓄能泵和水泵水轮机、斜流式蓄能泵和水泵水轮机的固定部件，空蚀深度 S 和体积 V 或质量 M 的值与转轮/叶轮空蚀保证数值一致。对于离心式蓄能泵和混流式水泵水轮机的固定部件，空蚀量体积 V 或质量 M 为转轮/叶轮空蚀保证值的一半，而空蚀深度 S 与转轮/叶轮空蚀保证值相等。

4.3 运行范围和运行时间

4.3.1 运行范围

为了确定空蚀保证值，以及评估空蚀是否满足保证，必须根据水的比能、功率和净正吸入比能（参见图 2 和图 3，略），明确规定设备在相应的基准运行时间内的运行范围。

合同应规定以下参数：

P_{TU} 和 P_{CU} （水轮机工况）

P_{TL} 和 P_{CL} （水轮机工况）

E_{TU} 和 E_{CU}

E_{TL} 和 E_{CL}

如果机组要求在无空蚀（见附录 A，略）条件下运行，推荐采用 $E_{TL}=E_{CL}$ 、 $E_{TU}=E_{CU}$ 以及 $P_{TU}=P_{CU}$ 。

除非另有协议，如果合同只规定了连续正常运行范围，应采用以下参数：

$P_{TU}=1.05P_{CU}$

$P_{TL}=0$

$E_{TU}=E_{CU}$

$E_{TL}=E_{CL}$

在保证期内，应准确记录每一台机组的功率、水的比能（或水头/扬程）、上游水位、尾水位或吸入比能及运行小时。应为供方提供时机来检查运行条件是否与合同一致。

4.3.2 基准运行时间

除非另有协议，下列基准运行时间（不考虑保证期）应作为确定和评估空蚀保证的基础。

水泵工况运行 3000h，水轮机工况在非连续正常运行范围 [包括 4.3.3a) 中描述的内容] 的时间应计入在此运行时间内。

4.3.3 实际运行时间

至空蚀检查时为止，从电站运行记录中计算出的全部运行时间，并区分出在连续正常运行范围内和在低水头下，以及高、低负荷短时运行范围内的运行时间。

除非另有协议，如果实际运行时间超出下列运行时间中的任何一项，空蚀保证无效：

a) 对于水泵水轮机在水轮机工况运行

——按照 3.1.9（略）定义的高负荷短时运行范围（见图 2，略） 100h

——按照 3.1.10（略）定义的低负荷短时运行范围（见图 2，略） 500h

——按照 3.1.11（略）定义的低水力比能短时运行范围（见图 2，略） 50h

——按照 3.1.12（略）定义的高水力比能短时运行范围（见图 2，略） 50h

b) 对于蓄能泵或水泵水轮机在水泵工况运行

——按照 3.1.11（略）定义的低水力比能短时运行范围（见图 3，略） 100h

——按照 3.1.12（略）定义的高水力比能短时运行范围（见图 3，略） 100h

上述 50h、100h 和 500h 对应的基准运行时间为 3000h，如果实际运行时间与 3000h 不同，应按比例进行调整。

4.3.4 特殊工况

机组的起动和停机运行时间应计入实际运行时间，但此过渡过程不作为 3.1.10 水轮机低负荷短时运行范围和 3.1.12 高水力比能短时运行范围的运行时间。机组转轮/叶轮在空气中旋转的时间不应计入实际运行时间。

为了确保空蚀有效，水泵水轮机在水泵工况运行时，应在规定的扬程与导叶开度关系下运行。轴流或斜流转桨式水泵水轮机应在协联工况下运行。供方应在双方协议的适当时间内，采用合适的方法对导叶开度和扬程的关系以及导叶开度和桨叶转角的协联关系进行试验和调整。这些调整应在机组投运后尽快进行，以减少对机组潜在的损害。

5 程序

5.1 在保证期内的空蚀修理

在供需双方商定的一个合适的运行时间后，供方应有机会检查水力机械和进行供方认为在协议期内必须做的任何工作。早期检查对双方都有利，在保证期的开始阶段，应安排短期停机检查，进行消缺处理。

在保证期结束之前，如果供方通过铲磨或焊接的方法对空蚀做了实质性的修理，或对具有产生空蚀风险的部件进行了较大的修型，那么按 3.1.5（略）定义的空蚀保证运行时间，应从该次维修后并再次投入运行时重新计算。如果上述维修和修型比较轻微，经双方协商一致，空蚀保证期可以认为不间断。

5.2 空蚀量的测量与计算

除非另有协议，如果测量空蚀的目的是检查履行保证，供需双方应在协议规定时间的 80%~120% 的范围内共同进行空蚀测量。应采用本节所描述的方法确定空蚀量的大小。在合同文件中，应规定所选择的测量方法。除非不进行铲磨就不能准确测量出最大空蚀深度，否则在测量之前不应进行铲磨。

5.2.1 最大深度 S_i

所有空蚀区域的最大深度可采用深度量尺和样板或其他合适的方法测得。

测量的不确定度不应超过最大深度的 $\pm 10\%$ 或者 1mm，两者中取较大值。

5.2.2 单个的空蚀面积 A_i

如果空蚀区域轮廓不规则和其面积曲线呈三维时,最好采用合适的涂料或者墨水描绘后,用接触的方法转印到合适的纸上,然后用求积仪的方法确定纸上所反映出来的面积。如果采用的是坐标纸,数方格就可以确定空蚀面积。

测量的不确定度不应超过 $\pm 10\%$ 。

只有空蚀深度大于 0.5mm 才应计算保证面积。然而,即使是一些不应包括在保证值内的轻微空蚀,也应该全部记录下来,这样做是有益的。

5.2.3 空蚀剥落体积

可采用以下方法之一测量空蚀剥落体积:

a) 直接测量法:采用一种合适的临时性的填充物去填充被空蚀的表面,使之恢复到原始未被损坏的表面形状。如果被测量的区域是三维,则需要采用样板或者其他合理的装置使之能够确定基准来进行测量。

测量的不确定度不应超过 $\pm 15\%$ 。

b) 近似算法:通过所测得的每个空蚀区的空蚀深度和面积,用计算方法确定空蚀量。除非有协议,否则可以采用以下公式之一进行近似计算:

$$V = \sum (k_1 S_1 A_1 + k_2 S_2 A_2 + \dots) \quad (1)$$

$$V = k \sum (S_1 A_1 + S_2 A_2 + \dots) \quad (2)$$

除非双方协议按照空蚀面的形状选定式中的 k 值,否则取 k_1 、 $k_2 \dots$ 或 $k \approx 0.5$ 。

6 结果的计算和保证的实施

如果在 4.3 和 5.2 (略) 规定的运行范围和时间内运行一段时间后,测量出的水力机械相关部件的空蚀量(已考虑了测量的不确定度),采用以下公式换算后的值不超过 4.2 中规定的保证值,则认为空蚀保证满足了要求:

$$C_A = C_R t_A / t_R \quad (3)$$

式中 C_A ——空蚀检查时的空蚀量(深度 S 、体积 V 或质量 M) 保证值;

C_R ——基准运行时间内的空蚀量(深度 S 、体积 V 或质量 M) 保证值;

t_A ——3.1.7 (略) 定义的实际运行时间;

t_R ——3.1.6 (略) 定义的基准运行时间。

如果没有满足保证值,可根据合同文件的相关规定进行处理。

若设有抗空蚀保护层,应根据合同中规定的专门条款进行处理。

在任何情况下,空蚀保证都应在 $NPSE \geq NPSE_L$ 的条件下有效。

1.1.1.2 本项目的查评依据如下。

【依据 1】GB/T 8564—2003《水轮发电机组安装技术规范》。

5.2 转轮装配

5.2.1 混流式水轮机分瓣转轮应按专门制定的组焊工艺进行组装、焊接及热处理,并符合下列要求:

a) 转轮下环的焊缝不允许有咬边现象,按制造厂规定进行探伤检查,应符合要求。

b) 上冠组合缝间隙符合 4.7 (略) 的要求。

c) 上冠法兰下凹值不大于 0.07mm/m,上凸值不应大于 0.03mm/m,最大不得超过

0.06mm；对于主轴采用摩擦传递力矩的结构，一般不允许上凸。

d) 下环焊缝处错牙不应大于 0.5mm。

e) 分瓣叶片及叶片填补块安装焊接后，叶型应符合设计要求。

5.2.2 止漏环在工地装焊前，安装止漏环处的转轮圆度应符合 5.2.8（略）的要求；装焊后，止漏环应贴合严密，焊缝质量符合设计要求。止漏环需热套时，应符合设计要求。

5.2.3 分瓣转轮止漏环磨圆时，测点不应少于 32 点，尺寸应符合设计要求，圆度应符合 5.2.8（略）的要求。

5.2.4 分瓣转轮应在磨圆后按 5.2.5（略）的要求做静平衡试验。试验时应带引水板，配重块应焊在引水板下面的上冠顶面上，焊接应牢固。

【依据 2】 GB/T 10969—2008《水轮机、蓄能泵和水泵水轮机通流部件技术条件》。

4.7.1.5 间隙

应对转轮/叶轮密封间隙、叶片端部间隙及反击式水轮机的活动导叶间隙进行检查。

原型的间隙一般应不超过按模型比例换算的间隙，但也不应小于满足结构和刚度要求的最小值。高水头混流式止漏环间隙的配比和间隙值应满足防止密封引起自激振动的要求。

无论是模型还是原型，都应该考虑压力对活动导叶端面间隙可能造成的影响。

原型转轮/叶轮密封的长度不应小于按模型比例换算的相应的尺寸。

【依据 3】 GB/T 15468—2006《水轮机基本技术条件》。

4.2.3 材料和制造要求

4.2.3.1 水轮机主要结构部件的铸锻件应符合 CCH-70-3 及 JB/T 1270 标准或合同规定的相应标准。重要铸锻件应有需方代表参加验收。上述标准中认为是重大缺陷的缺陷处理应征得需方同意。

4.2.3.2 经过考试合格的并持有证书的焊接人员才能担任主要部件的焊接工作。主要部件的主要受力焊缝应进行 100% 的无损探伤。应符合 GB/T 3323—2005、GB/T 11345—1989、GB/T 12469—1990、JB 4730—1994、JB/T 6061—1992、JB/T 6062—1992 标准或合同规定的相应标准。

5.10 转轮裂纹保证

供方应在设计制造过程中采取措施，保证产品质量。在合同规定的保证期和稳定运行范围内保证转轮不产生裂纹。

1.1.1.3 本项目的查评依据如下。

【依据 1】 GB/T 8564—2003《水轮发电机组安装技术规范》。

5.2.6 转桨式水轮机转轮叶片操作试验和严密性耐压试验应符合下列要求：

a) 试验用油的油质应合格，油温不应低于 5℃；

b) 在最大试验压力下，保持 16h；

c) 在试验过程中，每小时操作叶片全行程开关 2 次～3 次；

d) 各组合缝不应有渗漏现象，单个叶片密封装置在加与未加试验压力情况下的漏油限量，不超过表 10 的规定，且不大于出厂试验时的漏油量；