

ICS 27.120.20
F 65
备案号: 54656-2016

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB / T 25050 — 2016

压水堆核电厂给水泵选型技术条件

Technical specification for selection of feedwater pump for PWR nuclear power plant

2016-01-07 发布

2016-06-01 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 术语和符号 1

4 给水泵选型 3

5 性能设计 3

6 结构设计 4

7 材料要求 6

8 检查和试验 6

9 涂漆、包装、运输和储存 7

附录 A（资料性附录） 给水泵通用数据表..... 8

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。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准主要起草单位：中广核工程有限公司。

本标准主要参与单位：中科华核电技术研究院有限公司。

本标准主要起草人：苏秀丽、杨洪波、王雪、黄新年、杨鹏、赵亮、满若岩、王志明、江添明。

本标准为首次制定。

本标准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）。

压水堆核电厂给水泵选型技术条件

1 范围

本标准规定了压水堆核电厂给水泵的系统、性能、结构、材料、试验和包装等方面的基本技术要求。
本标准适用于百万千瓦级压水堆核电厂常规岛向蒸汽发生器输送给水的给水泵选型。

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/T 3216 回转动力泵 水力性能验收试验 1级和2级
GB/T 5656—2008 离心泵 技术条件（II类）
GB/T 9239.1 机械振动恒态（刚性）转子平衡品质要求 第1部分：规范与平衡允差的检验
GB/T 12339 防护用内包装材料
GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
GB/T 16907—1997 离心泵 技术条件（I类）
GB 19762—2007 清水离心泵能效限定值及节能评价值
GB/T 29529 泵的噪声测量与评价方法
GB/T 29531 泵的振动测量与评价方法
GB/T 50958—2013 核电厂常规岛设计规范
JB/T 4297 泵产品涂漆技术条件
JB/T 4711 压力容器涂敷与包装运输
JB/T 6880.2 泵用铸钢件
NB/T 20193—2012 核电厂常规岛汽水管设计技术规范

3 术语和符号

3.1 术语

3.1.1

给水泵 feedwater pump

将除氧器中符合水质要求的给水升压后输送至蒸汽发生器的设备，包括前置泵和压力级泵。

3.1.2

前置泵 booster pump

将除氧器中的给水升压以满足压力级泵入口压力要求的设备。

3.1.3

压力级泵 pressure stage pump

将前置泵输出的给水，提升压力后输送至蒸汽发生器的设备。

3.1.4

正常条件 normal condition

给水泵在汽轮发电机组最大连续出力工况下的运行条件。

3.1.5

额定条件 **rated condition**

规定的给水泵性能保证点工作条件。

3.1.6

允许工作范围 **allowable operating range**

制造厂确定的在规定工作条件下给水泵的允许工作流量范围。它受到汽蚀、发热、振动、噪声、轴的弯曲和其他类似条件的限制，该范围的下限和上限分别用最小连续工作流量和最大连续工作流量表示。

3.1.7

关闭点 **shut-off point**

给水泵性能曲线上的零流量点。

3.1.8

腐蚀裕量 **corrosion allowance**

被给水浸蚀的零件，其壁厚超出理论壁厚的部分。理论壁厚是为经受住最恶劣工作条件下的压力极限所需要的壁厚。

3.1.9

承压泵壳 **pressure casing**

泵上所有静止承压零件的组合物，包括所有管口、密封压盖、密封室和装接在泵壳上的其他零件，但不包括机械密封静止元件和旋转元件。

3.1.10

汽蚀余量 **net positive suction head**

从基准标高算起的泵吸入口总绝对吸入压力减去该处液体的汽化压力。

3.1.11

必需汽蚀余量 **required net positive suction head**

对于给定的给水温度和流量，给水泵的内部结构、尺寸和转速确定的，达到规定性能所需的最小汽蚀余量。

3.1.12

有效汽蚀余量 **available net positive suction head**

对于给定的给水温度和流量，由给水泵的安装条件所确定的可利用的汽蚀余量。

3.1.13

允许工作区 **allowable operating region**

泵被允许的工作区域，这一区域是根据振动处在本标准上限之内，或根据温升，或根据其他限制而划定，允许工作区由制造厂规定。

3.1.14

优先工作区 **preferred operating region**

在该区域内，泵的振动处在本标准的基准限度之内。

3.2 符号

TMCR——汽轮机最大连续功率工况，也称汽轮机额定功率工况。

NPSH——汽蚀余量，m。

NPSHR——必需汽蚀余量，m。

NPSHA——有效汽蚀余量，m。

4 给水泵选型

4.1 一般原则

4.1.1 驱动装置宜选用电动机。

4.1.2 前置泵和压力级泵的最大出口工作压力应分别取其最大入口工作压力加上允许工作范围内各自叶轮产生的最大差压之和。

4.1.3 前置泵和压力级泵的最大允许工作压力应大于其最大出口工作压力，并留有安全裕度。

4.1.4 前置泵入口应设置临时过滤装置。

4.1.5 压力级泵入口宜设置永久过滤装置。

4.1.6 给水泵应设置最小流量系统，最小流量系统的设计应保证给水泵的连续稳定运行流量大于最小连续工作流量。

4.1.7 供货方宜参照附录 A 的格式提供给水泵的通用数据。

4.2 技术要求

4.2.1 运行给水泵的总流量应符合 GB/T 50958—2013 8.4.3 的规定。

4.2.2 给水泵的扬程计算应符合 GB/T 50958—2013 8.4.4 的规定。

5 性能设计

5.1 一般原则

5.1.1 给水泵的性能参数选择应按设计寿命期内磨损腐蚀引起的流量、扬程下降确定，流量和扬程的计算应分别符合 4.2.1 和 4.2.2 的规定。

5.1.2 给水泵主要部件的设计寿命宜与机组的设计寿命相匹配。

5.1.3 机械密封等易损件的设计寿命不应低于核电厂的换料周期。

5.1.4 给水泵应满足核岛瞬态要求。

5.2 性能曲线

5.2.1 给水泵应具有连续的性能曲线，包括扬程、效率、NPSHR（3%）、NPSHR（0%）和功率对流量的曲线。

5.2.2 给水泵效率应符合 GB 19762—2007 的规定，宜满足节能评价价值要求。

5.2.3 最大连续工作流量不应低于额定流量的 1.2 倍。

5.2.4 最小连续工作流量不宜高于额定流量的 40%。

5.2.5 性能曲线至少应延伸到最大连续工作流量点，并应标明额定条件点、最小连续工作流量点、最大连续工作流量点、优先工作区和允许工作区以及运转限制条件。

5.2.6 给水泵应能单独运行和并联运行。从零流量升到最大连续工作流量范围内，给水泵产生的扬程应连续平缓下降，流量—扬程性能曲线应没有驼峰。

5.2.7 给水泵的最佳效率点应位于正常流量点和额定流量点之间。

5.2.8 额定工况点的流量、扬程、效率不得有负偏差，扬程正偏差不应大于 3%；从最小连续工作流量点到最大连续工作流量点，流量、扬程与保证值相比不应有负偏差。NPSHR 不得有正偏差。

5.3 水力

5.3.1 给水泵在额定条件下，更换一个或几个较大直径的叶轮或不同液力设计、调速能力时，泵的扬程

应至少能够提高 5%。

5.3.2 调速给水泵应能在 105%额定转速下连续运行，在 110%额定转速短暂运行。

5.3.3 调速给水泵应具有运转到液力耦合器脱扣转速而不损坏的能力。

5.3.4 给水泵宜能承受 5min 反转，并应允许在 200r/min 反转条件下启动。

5.3.5 给水泵转子干态第一临界转速不应小于 1.2 倍额定转速。

5.4 汽蚀余量

5.4.1 前置泵和压力级泵的必需汽蚀余量应由供货方通过试验给出，汽蚀余量试验应按 GB/T 3216 的规定进行。前置泵的有效汽蚀余量应由购买方给出。

5.4.2 在额定条件下，前置泵和压力级泵各自入口的 NPSHA 应比其相应的 NPSHR (3%) 大 0.5m 或为 NPSHR (3%) 的 1.2 倍，取两者的大值。

5.4.3 给水泵在允许工作范围内稳态或瞬态运行时，NPSHA 均大于 NPSHR (0%)。

5.5 振动

5.5.1 叶轮、平衡鼓等主要转动部件应做动平衡，组装好的转子应按标准 GB/T 9239.1 做动平衡，动平衡精度不应低于 G2.5 级。

5.5.2 给水泵工作振动值应满足 GB/T 29531 的 A 级要求。

5.6 噪声

5.6.1 给水泵运行期间的噪声水平不应超过 85dB (A)。如果设备噪声水平大于保证值，应采取措施降低到保证值内。

5.6.2 噪声测量应符合 GB/T 29529 的规定。

6 结构设计

6.1 一般原则

前置泵和压力级泵的结构设计除了应满足本标准的要求外，还应满足 GB/T 16907—1997 的各项相关要求。

6.2 承压泵壳

6.2.1 在同时承受最大允许工作压力和按 GB/T 5656—2008 附录 B 的方法确定的作用到每个管口上两倍的允许管口负荷的情况下，承压泵壳设计应做到运转无泄漏且转动部件和静止部件之间无接触。

6.2.2 承压泵壳应能承受水压试验压力。

6.2.3 承压泵壳的腐蚀裕量应根据设计寿命要求，按选用材料的腐蚀速度确定，且不应小于 3mm。

6.3 叶轮

6.3.1 给水泵叶轮应采取整体铸造或焊接结构，叶轮型式应为闭式。

6.3.2 叶轮轮毂应是实心的。

6.3.3 叶轮应用键可靠地固定在轴上，不应采用销钉固定。

6.4 密封环

6.4.1 密封环应可更换并应牢固地锁紧。

6.4.2 密封环的两个配合耐磨表面的布氏硬度差不应小于 HB50，除非静止的和旋转的两个耐磨表面的布氏硬度都超过 HB400。

6.4.3 密封环应定位可靠且避免转动。备用密封环应以最小内径提供。

6.4.4 确定密封环之间以及其他运动部件之间的运转间隙时，应考虑给水温度、材料的膨胀和咬合特性。运行间隙应保证工作的可靠性和在允许工作范围内不发生卡涩。

6.5 轴与轴套

6.5.1 给水泵轴应进行强度计算和应力计算，选用的材料除应保证强度外，还要适应交变载荷和热冲击。

6.5.2 轴表面上的退刀槽、键槽、轴台肩等处的倒圆角应防止应力集中。

6.5.3 轴应锻制，并应进行力学性能、化学成分及缺陷检验。

6.5.4 轴套应可更换并应有足够的刚性。

6.6 轴承和润滑

6.6.1 径向轴承和推力轴承应采用强制润滑。

6.6.2 径向轴承应为便于装配的剖分式巴氏合金轴承。推力轴承应为多块式巴氏合金轴承，并应设计成在两个方向能承载同样推力和对每侧都能进行强制润滑。

6.6.3 轴承应能消除流体动力的不稳定性，并满足轴系振动的要求。

6.6.4 径向和推力轴承应设置温度监测仪表。

6.6.5 轴承箱设计应保证扰起泡沫的程度最低。

6.6.6 润滑油系统应配有必需的控制装置和仪表，包括低油压报警和停机装置。

6.6.7 油箱内的油温应满足给水泵启动的要求。

6.7 轴封

6.7.1 给水泵宜采用机械密封，并便于检修和更换。

6.7.2 机械密封应满足以下要求：

- a) 进入密封部位的密封水宜采用泵本体输送的介质；
- b) 机械密封应能承受最大密封压力；
- c) 机械密封水冷却系统应配备温度、压差等监控设备；
- d) 机械密封宜带冷却夹套；
- e) 机械密封室内的水温应低于室内水压下的饱和温度，并留有裕量。

6.8 联轴器

6.8.1 给水泵宜采用挠性联轴器与驱动装置相连接。

6.8.2 联轴器应能传递驱动装置的最大扭矩和轴向力，并留有安全裕量。

6.8.3 联轴器的转速应与预定的泵驱动装置的所有可能转速相一致。

6.8.4 联轴器应做动平衡。

6.8.5 联轴器应设置防护罩，防护罩的设计应符合国家安全规程的有关规定。

6.9 辅助管路

6.9.1 管路应设计和配置成允许拆卸以进行维修和清洗，并应有足够好的支撑，防止在正常运行和维修过程中因振动而破坏。

6.9.2 介质为给水的辅助管路的温度和压力等级不应低于泵体的温度和压力等级。管路材料应能承受给水和环境条件变化引起的腐蚀。

7 材料要求

7.1 一般原则

7.1.1 材料应满足使用性能、工艺性能和经济性的要求。

7.1.2 与给水相接触的部件不应选用铜及铜基合金材料，材料中不应添加铅、汞、砷、锌、镉、锑、铋和硫等低熔点元素，并应控制其杂质含量。

7.1.3 铸件应满足 JB/T 6880.2 或其他国家和行业标准的要求，其缺陷不应超过相关国家标准或同等标准的要求。

7.1.4 对铸件采用焊接或其他方法进行修补时，应满足 JB/T 6880.2 或其他行业和国家标准的要求。不得用堵塞、锤击、涂漆或浸渍修补裂纹和缺陷。

7.1.5 给水泵部件材料选择应与运行条件相符，还应计及以下因素：

- a) 给水腐蚀的影响；
- b) 给水冲蚀的影响；
- c) 瞬态工况下短暂汽蚀的影响。

7.1.6 给水泵的材料选用除了应满足本标准的要求，还应满足 GB/T 16907—1997 第 5 章的各项相关要求。

7.2 主要部件

7.2.1 给水泵叶轮应采用高铬不锈钢或同等材质。

7.2.2 采用机械密封的给水泵，与给水相接触的的金属元件，其机械性能和耐腐蚀性能不应低于泵体材料。

7.2.3 密封环应采用耐冲蚀、耐磨损材料。

7.3 辅助管道

轴封冲洗水、轴承冷却水等辅助管道的材料选用应满足 NB/T 20193—2012 中 5.1 的要求。

8 检查和试验

8.1 一般原则

工厂检查和试验的实施项目除了应满足本标准的要求外，还应满足 GB/T 16907—1997 中第 6 章的相关要求。

8.2 试验

8.2.1 给水泵应进行水压试验、性能试验、汽蚀试验、振动试验和噪声试验。

8.2.2 水压试验压力应能承受 GB/T 3216 规定的水压试验压力，且不应小于最大允许工作压力的 1.5 倍。

8.2.3 性能试验点宜采集 9 个~13 个性能点，至少应包括以下 6 个性能点的完整试验数据：

- a) 零流量点；
- b) 最小连续工作流量点；
- c) 介于最小连续工作流量和正常条件流量之间的点；
- d) 正常条件流量点
- e) 额定条件流量点；
- f) 120%额定流量点。

8.2.4 在进行性能试验时，还应附加进行振动测量。

8.2.5 汽蚀试验至少应采集 6 个流量点的 NPSHR 数据，汽蚀试验点宜包括以下各点：

- a) 最小连续工作流量点;
- b) 介于最小连续工作流量和正常条件流量之间的点;
- c) 正常条件流量点;
- d) 额定条件流量点;
- e) 120%额定流量点。

8.3 最终检查

给水泵出厂前应进行最终检查。按照供货订单查对供货范围应正确齐全,包括查对零部件标识、涂漆、防护和文件交付情况。

9 涂漆、包装、运输和储存

9.1 防腐、涂漆和标记

9.1.1 给水泵叶轮、泵轴、联轴器、轴套等加工表面应用油脂或其他涂料进行防腐处理。

9.1.2 给水泵在装配前和装配过程中应做如下防腐处理:

- a) 流道和铸件的非加工表面去除铁锈和油污后涂防锈漆;
- b) 加工过水面涂以防锈油脂;
- c) 轴承体储油室内表面应清理干净后涂耐油磁漆;
- d) 轴、联轴器、轴套等外露加工表面应涂油脂或其他涂料进行防腐。

9.1.3 前置泵和压力级泵试验合格后应重新做防腐处理。

9.1.4 给水泵出厂前,应对裸露在大气中的机械加工表面涂以油脂防腐,应对裸露在大气中的非机械加工表面喷涂两层底漆三层面漆。涂漆应能适应高盐雾、高湿度的环境要求。

9.1.5 涂漆表面处理与涂漆技术要求应符合 JB/T 4297 的规定。

9.1.6 设备的金属铭牌应采用耐腐蚀材料,金属铭牌应至少包括下列内容:设备名称、设备型号、主要技术参数、设备制造厂名称、制造日期、产品编码、制造许可证编号等。标志应醒目、整齐、美观。

9.2 包装

9.2.1 每个设备包装箱内应包括两份详细的装箱单和一份质量检验证明。

9.2.2 设备部件的包装应符合 GB/T 12339 的规定,并应能防止电器电子设备受潮和浸水。备品备件、专用工具应单独包装。

9.2.3 所有的孔、管接头、法兰、螺纹和末端焊接的连接件,都应加以保护。

9.2.4 设备包装设计除应符合 GB/T 13384 和 JB/T 4711 的规定外,还应满足如下要求:

- a) 设备的防护用内包装材料应选用 GB/T 12339 规定的镀铝塑料薄膜或其他同等材料;
- b) 对易锈蚀的小尺寸部件应采取真空包装。

9.2.5 设备的包装应标明合同号、主要设备名称的标签。对装箱供给的设备,应在箱子的两面注明如下内容:合同号、装运标志、目的港、收货人代码、设备名称和项目号、箱号、毛/净重、外形尺寸。对于 2t 或更重的包装箱,应在两侧用箭头突出标出重心和起吊点的位置。

9.2.6 设备包装应适合于运输,所有拆散件均用板条箱或其他包装箱包装,并标上相应的符号后再发运。对采用临时支撑的货件,应在醒目位置标上诸如“在安装完成后或运行前必须拆去内部支撑”之类的标记。

9.2.7 包装箱应有足够刚度。

9.2.8 包装箱的重量和体积限值应满足运输方式的要求。

9.2.9 设备包装应能满足设备自交货之日起在室外露天条件下储存至少 12 个月的要求。

9.2.10 设备到达安装现场后,应对照装箱单逐件清点,进行检查和验收。

附 录 A
(资料性附录)
给 水 泵 通 用 数 据 表

给水泵参数见表 A.1, 给水泵结构尺寸见表 A.2, 给水泵材料清单见表 A.3, 额定条件下给水泵接管附加位移见表 A.4, 给水泵接管允许载荷见表 A.5。

表 A.1 给 水 泵 参 数

序 号	参 数 描 述	单 位	参 数 值
1	泵型式		
2	型号		
3	额定流量 (单台)	kg/s	
4	额定扬程	m	
5	额定转速	r/min	
6	额定轴功率	kW	
7	额定出口压力	MPa (a)	
8	额定条件下 NPSHA	m	
9	额定条件下 NPSHR (3%)	m	
10	额定条件下泵效率	%	
11	正常流量 (单台)	kg/s	
12	正常扬程	m	
13	正常转速	r/min	
14	正常轴功率	kW	
15	正常条件下泵效率	%	
16	正常条件下轴功率	kW	
17	正常条件下 NPSHA	m	
18	正常条件下 NPSHR (3%)	m	
19	正常条件下出口压力	MPa (a)	
20	最小流量	kg/s	
21	工作水温范围	℃	
22	额定工况给水温度	℃	
23	泵体设计压力/试验压力	MPa (a)	
24	设计关闭扬程	m	
25	正常运行振动值 (振动速度)	mm/s	
26	振动报警值 (振动速度)	mm/s	
27	正常运行振动值 (振幅峰—峰值)	mm	
28	振动报警值 (振幅峰—峰值)	mm	
29	接管尺寸 (外径×壁厚)	进口	mm
		出口	mm

表 A.1 (续)

序 号	参 数 描 述	单 位	参 数 值
30	转向		
31	径向轴承型式/数量		
32	叶轮级数		
33	推力轴承型式/数量		
34	密封型式/密封水流量		
35	前置泵入口滤网精度	目	
36	压力级泵入口滤网精度	目	

表 A.2 给水泵结构尺寸表

序 号	结构/构造		单 位	参 数 值
1	泵体尺寸		m	
2	泵坑尺寸		m	
3	泵轴长度		m	
4	第一级叶轮吸入口型式			
5	第一级叶轮尺寸		mm	
6	叶轮尺寸 (最大/最小)		mm	
7	轴径		mm	
8	额定推力载荷/最大推力值		kN	
9	联轴器传递功率		kW	
10	联轴器型式			
11	密封漏水量		kg/s	
12	泵临界转速 (1/2 级)		r/min	
13	连接法兰处压力	进口	MPa (a)	
		出口	MPa (a)	
14	接管尺寸 (外径×壁厚)	进口	mm	
		出口	mm	
15	泵重 (空重/满水重)		kg	

表 A.3 给水泵材料清单

序 号	部 件	材 料	备 注
1	泵体		
2	泵轴		
3	叶轮		
4	密封环		
5	联轴器		
6	轴封		

表 A.3 (续)

序 号	部 件		材 料	备 注
7	耐磨板/衬层			
8	轴承箱连接体			
9	基座			
10	轴承箱			
11	轴承			
12	轴套			
13	机械密封	密封端盖		
		截流衬套		
		动环		
		静环		
		其他金属零件		
14	联轴器	联轴器体		
		弹性元件		
		防护罩		
15	底座			
16	油漆			

表 A.4 额定条件下给水泵接管附加位移

单位: mm

泵的名称	进 口	出 口
给水泵		

表 A.5 给水泵接管允许载荷

泵的名称	接管力 N		接管力矩 N·m	
	进 口	出 口	进 口	出 口
给水泵				

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
压水堆核电厂给水泵选型技术条件
NB/T 25050 — 2016

*

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>)
北京传奇佳彩数码印刷有限公司印刷

*

2016年9月第一版 2016年9月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 22千字
印数 001—200册

*

统一书号 155123·3139 定价 9.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

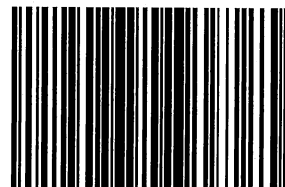
版 权 专 有 翻 印 必 究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.3139