ICS 27.120.20

CCS F 65

中国核学会团体标准

T/CNS XXXXX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

高温气冷堆核动力厂一回路压力容器主螺栓拉伸机及辅助操作设备设计及制造要求

Technical code for design and manufacture requirement of main-bolt tensioning machine and its auxiliary operating equipment of primary circuit pressure vessels for high-temperature gas-cooled reactor nuclear power plants

|  |
| --- |
| （征求意见稿） |
| 本稿完成日期：2025年7月 |

T/CNS

XXXX - XX - XX发布

中国核学会   发布

XXXX - XX – XX 实施

目  次

[前  言 II](#_Toc666889794)

[1 范围 3](#_Toc699614065)

[2 规范性引用文件 3](#_Toc940623130)

[3 术语和定义 3](#_Toc1425820343)

[4 拉伸机及配套设备的设计范围 3](#_Toc2139971575)

[5 螺栓拉伸机及其标定台架的技术要求 4](#_Toc446141069)

[6 螺栓拉伸机配套设备的技术要求 6](#_Toc1427535006)

前  言

本文件按照GB/T 1.1－2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国核学会提出。

本文件由核工业标准化研究所归口。

本文件起草单位：清华大学核能与新能源技术研究院、中核能源科技有限公司。

本文件主要起草人员：张征明、张易阳、傅激扬。

高温气冷堆核动力厂一回路压力容器主螺栓拉伸机及辅助操作设备设计及制造要求

1. 范围

高温气冷堆一回路压力容器由反应堆压力容器、蒸汽发生器壳体、热气导管壳体三个承压容器组成，它们的主法兰连接螺栓及支承结构紧固螺栓均采用拉伸机进行预紧和拆卸操作。拉伸机的种类、使用环境、基本操作要求等，均与压水堆有很大的不同。

本文件规定了一回路压力容器主螺栓拉伸机及辅助操作设备的设计与制造的最低要求，提供了拉伸机及辅助操作设备供货商所需的基本的设计输入条件、设计要求、设备供货要求。

1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

无。

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。



螺栓拉伸机 bolt stretching machine

借助液力升压泵提供的拉伸力，使被施加拉伸力的螺栓在其弹性变形范围内被拉长，从而使螺母易于旋紧或松动的装置。



标定 calibration

指用标准的计量仪器所使用的装置的准确度（精度）进行检测。

1. 拉伸机及配套设备的设计范围
   1. 高温气冷堆一回路压力容器共有6种规格的主螺栓需采用拉伸机进行操作：M140、M130、M110、M90、M72和M56。每种规格有若干种不同的长度，部分规格的螺栓还带有一个伸长量测量细杆，具体情况如下：
2. M140规格：1种长度，带伸长量测量杆
3. M130规格：1种长度，带伸长量测量杆
4. M110规格：1种长度，不带伸长量测量杆
5. M90规格：3种长度，其中2种带伸长量测量杆
6. M72规格：2种长度，不带伸长量测量杆
7. M56规格：5种长度，不带伸长量测量杆
   1. 螺栓拉伸机及其配套设备至少应包括但不限于：
8. 螺栓拉伸机；
9. 进行拉伸操作时使用的拉伸螺母及垫圈；
10. 转动主螺母、拉伸螺母等使用的工具；
11. 拉伸机的标定台架；
12. 适用的油压机；
13. 拉伸机活塞回位操作使用的设备（如压气机或油压机，或其他相应设备，以及配套的气管或油管等）；
14. 静态电阻应变仪或其它螺栓拉力测量仪器；
15. 油管与接头；
16. 螺栓伸长量测量仪器；
17. 用于现场的螺栓和拉伸机的贮存、转运、安装定位设备。
    1. 拉伸机及其配套设备全部为非安全级、非核级质保、非抗震类设备。
18. 螺栓拉伸机及其标定台架的技术要求

对于需采用拉伸机进行操作的螺栓，上游设计院应给出详细的尺寸、公差要求、应用部位、结构空间等设计信息，作为拉伸机及标定台架的设计输入条件。

* 1. 标定台架的技术要求

标定台架应满足下述技术要求：

每种螺栓都需要一个螺栓拉伸机的标定台架。

标定台架用以标定出以下两组关系曲线：

1. 油压机油压力P、螺栓拉力F与螺栓伸长量L0之间的关系；
2. 在主螺母上紧并油压机卸压至0后的螺栓上的拉力U与螺栓伸长量L之间的关系。给出P、F与L0以及P、U与L之间的关系式和关系曲线。

M110、M72和M56的拉伸机标定时，不测伸长量L，只要求给出P、F与U之间的关系式和关系曲线。

当螺栓拉力超过设计拉力的1/2时，同种螺栓所使用的不同拉伸机的关系曲线的相互偏差不应超过2％。

每台拉伸机都要进行标定。

对每一种规格、每一种长度的螺栓，都要对其适用的每台拉伸机分别给出5.1.1中规定的关系式和关系曲线。

对每一种规格、每一种长度的螺栓，还应给出适用的各台拉伸机平均的关系式和关系曲线。

对每一种规格、每一种长度的螺栓，需至少采用两根产品螺栓进行标定。

标定台架的需具备足够的强度和刚度，在标定试验过程中应，标定台架本身产生的变形应足够小，不会对测量结果产生明显的影响。

* 1. 螺栓拉伸机的技术要求

螺栓拉伸机的拉力要求

1. 每种规格的螺栓在预紧后（卸去螺栓拉伸机后），要求达到的最大螺栓拉力为：

M140螺栓：4500kN

M130螺栓：3500kN

M110螺栓：2400kN

M90螺栓：1800kN

M72螺栓：1300kN

M56螺栓：1000kN

1. 螺栓拉伸机的拉力要求：

螺栓拉伸机的拉力应足够大，保证在对螺栓进行拉伸和预紧操作完成后，使螺栓上的拉力达到5.2.1 a）中的要求。螺栓拉伸机的最大拉力应不小于5.2.1 a）中最大螺栓力的1.2倍，以保证能够顺利进行螺栓卸载（放松）的操作。同时，螺栓拉伸机的最大拉力应不超过以下规定：

M140螺栓：6000kN

M130螺栓：4900kN

M110螺栓：3200kN

M90螺栓：2300kN

M72螺栓：1800KN

M56螺栓：1500kN

需要的螺栓拉伸机台数

在对压力边界部件中的某个法兰或支承部位进行螺栓加载（预紧）或卸载（放松）操作时，需要数台拉伸机同时工作。考虑到压紧法兰密封环所需要的最小螺栓力，需要同时使用的各型拉伸机的数量为：

* 1. M140拉伸机：4台
  2. M130拉伸机：6台
  3. M110拉伸机：4台
  4. M90拉伸机：6台
  5. M72拉伸机：2台
  6. M56拉伸机：4台

螺栓拉伸机技术要求

1. 原材料采购书应经过买方认可；使用的原材料符合国家标准或ASME标准，有完整、合法的原材料的拉伸、冲击性能测试数据；试验件的取样方位应使试验件能代表这些部件最大应力区的性能。性能测试的数据应满足国家标准或ASME标准的要求。
2. 原材料及加工完成后的主要零部件要进行UT与PT检验并应满足国家标准或ASME标准的要求，检验记录完整、合法。
3. 螺栓拉伸机的主要部件如油缸、活塞及拉伸螺母，应采用强度好、韧性好的钢锻件。
4. 原材料的性能测试及无损检验要有拉伸机承包方代表的现场见证，否则要在原材料采购后，由拉伸机承包方进行原材料拉伸及冲击性能复验和无损检验。
5. 结构紧凑、可靠，操作简便，装配和分解操作简便易行。
6. 满足上述的拉力要求。
7. 在要求的拉力下，拉伸机的最大工作行程为：
   1. M140拉伸机：16mm
   2. M130拉伸机：16mm
   3. M110拉伸机：14mm
   4. M90拉伸机：12mm
   5. M72拉伸机：12mm
   6. M56拉伸机：8mm
8. 回位功能要求：

拉伸机在每次操作完成后，要使其活塞或活动缸回复到原始位置，即活塞或活动缸回到油缸的最底部位。

1. 使用寿命要求

以最大拉力和最大行程循环使用，无检修使用寿命2000次；总使用寿命10000次以上。

1. 应提供拉伸机使用寿命的分析报告。
2. 对于较重的螺栓拉伸机，机上应备有吊环，以便于搬运和使用。
   1. 备品与备件

供货方应为每种规格的拉伸机及其相应的标定台架留出足够的备品与备件，以保证拉伸机的标定能够正常进行、拉伸机在规定的使用条件下能够连续不间断地进行使用。

1. 螺栓拉伸机配套设备的技术要求
   1. 油压机

油压机的最大油压应根据拉伸机的拉力要求来确定。

油压机应具有压力定值和在定值压力下保持压力的功能，压力定值可靠，重复性好，在2分钟的保压时间内的压降不超过定值压力的1％。

压力表精度应达到0.5级或更高。

运行平稳可靠，噪音小，操作简便。

油压机的数量应能保证在规定的使用条件下油压机不间断地进行使用。

* 1. 油管与接头

与油压机配套使用的耐高压油管、用于油管与油压机和拉伸机之间相互连接的接头，应具备质量可靠、连接操作方便、接头尺寸小、油管较柔软等特性。

油管、接头的长度和数量应能满足在最大的工作空间内多台拉伸机同时使用的要求，应考虑油管可拼接成不同的长度。

接头应种类齐全，如用于油管相互连接的接头，油管与拉伸机、与油压机相互连接的接头，多根油管同时与油压机连接的接头等。

* 1. 活塞或活动缸回位设备

活塞或活动缸回位设备应可使活塞或活动缸能够简单、方便地回位。可用手动方式回位。对于大吨位拉伸机，应采用气压、油压或机械复位等方式使活塞回位。

回位设备应可使同时使用的多台拉伸机的活塞或活动缸同时进行回位操作，并按此要求确定回位设备的数量。

* 1. 拉伸螺母与拉伸垫圈

对于需采用拉伸机进行操作的螺栓，每种规格螺栓的端部都有一段专门用于螺栓拉伸操作的螺纹，拉伸操作时，这段螺纹上装有拉伸螺母和拉伸垫圈。供货商应根据上游设计信息提供配套的拉伸螺母和拉伸垫圈，数量应能保证多台拉伸机同时工作的需要。

* 1. 操作手柄等小工具

例如上紧和松开主螺母时使用的手柄等，每套拉伸机配备的数量应能满足多台拉伸机同时使用的要求。

* 1. 螺栓伸长量测量用深度表及配套件

1. 深度表用以测量螺栓的伸长量。
2. M140、M130、M90的主螺栓中心有一个贯穿的圆孔，孔内插有一根贯穿螺栓全长的伸长量测量杆。测量杆的上端面与螺栓上端面齐平。当螺栓被拉伸后，螺栓将伸长；测量杆不受拉伸，长度不变，使得测量杆的上端面与螺栓上端面产生相互错位。用深度表可以测量这一错位量的大小，也就是螺栓的伸长量。
3. 螺栓伸长量的测量精度要求为0.005mm。
4. 为了伸长量测量的方便和准确，在螺栓的顶部装有一个拉伸测量基块。供货方应给出具体测量方法，提供测量有关的工具和配套件。
5. 深度表可以是机械表或数显电子表。
6. 数量：深度表及其配套件3套。

M110、M72和M56的螺栓不测量螺栓伸长量。

* 1. 静态电阻应变仪

用以测量螺栓伸长的应变量。在对每一个拉伸机进行标定时，螺栓力的大小用螺栓的拉伸应变量e、螺栓材料的弹性模量E和螺栓截面积S的乘积来确定。

供货方可以选择其它方式来测量螺栓伸长的应变量及螺栓力的大小。

* 1. 螺栓贮存、转运、安装定位设备

以下与主螺栓在现场进行拉伸操作的相关设备也应包含在供货范围之内：

贮存设备

用于主螺栓、主螺母、拉伸机等重要部件在现场的暂时存放。这些设备应保证主螺栓、主螺母、拉伸机等重要部件在暂存期间不会受到腐蚀、机械损伤等破坏，并应考虑能将贮存设备放置在相应的法兰附近，以便于就近取出和放入主螺栓等相关部件。

转运设备

用于主螺栓、主螺母、拉伸机等重要部件在现场的转运。这些设备应保证主螺栓、主螺母、拉伸机等重要部件在转运期间不会受到腐蚀、机械损伤等破坏，并应考虑一回路舱室的具体空间条件，沿一定的路径实现重要部件的转运。

安装定位设备

用于主螺栓、主螺母、拉伸机等重要部件在现场的安装和定位。这些设备应保证主螺栓、主螺母、拉伸机等重要部件在安装期间不会受到腐蚀、机械损伤等破坏。这些设备应能将主螺栓、主螺母、拉伸机等重要部件从贮存设备中取出并移送至安装位置，并实现较为精确的定位。除此之外，主螺栓的安装定位设备还应保证操作人员能够方便地将主螺栓旋入或旋出对应的主螺纹孔；拉伸机的安装定位设备应保证操作人员能够方便地将拉伸机从一个安装位置转移到下一个安装位置。

* 1. 备品与备件

供货方应为每种配套设备都留出足够的备品与备件，以保证多台拉伸机在规定的使用条件下能够连续不间断地进行使用。