

In this timeline we publish key events in the construction of the Chinese first HTR with pebble bed technology when and as it reaches us.

Hier zeigen wir wichtige Ereignisse beim Errichten des Chinesischen Hochtemperaturreaktors mit Kugelbett-Technik, wann immer und in welcher Form sie uns erreichen.

21. März 2020

<https://mp.weixin.qq.com/s/4awp7Bn7vbioCzsb7cOfYA>

Ein weiterer Meilenstein beim HTR-PM, siehe unten



3月18日16时56分，随着热气导管壳体法兰与蒸汽发生器壳体法兰最后一组螺栓拉伸结束，国家科技重大专项——高温气冷堆示范工程2号反应堆压力容器、蒸汽发生器、热气导管“三壳组对”重大节点比计划目标提前2.5天顺利实现，为后续蒸汽发生器低温氦气上升管回装、主蒸汽可拆管段安装、主氦风机安装等工作创造了必要先决条件。

“三壳组对”是指将反应堆压力容器、蒸汽发生器和热气导管三个主要设备

Am 18. März um 1656 Uhr, mit dem Ende des letzten Satzes der Bolzenstreckung des Heißgas-kanalmantelflansches und des Dampferzeuger-Mantelflansches, wurden die "drei Mantelpaare" aus Reaktordruckbehälter, Dampferzeuger und Heißgaskanal, ein großes Sonderprojekt der nationalen Wissenschaft und Technik, 2,5 Tage vor dem geplanten Termin erfolgreich realisiert. Damit wurden die notwendigen Voraussetzungen für die anschließende Installation des Niedertemperatur-Helium-Steigrohres des Dampferzeugers, die Installation des abnehmbaren Hauptdampfrohrabschnittes, die Installation des Hauptheliumgebläses und andere Arbeiten geschaffen.

Die "Dreischalenpaarung" bezieht sich auf die genaue Paarung der drei Hauptausrüstungen Reaktordruckbehälter, Dampferzeuger und Heißgasleitung, die mit Flanschen starr miteinander verbunden sind, um ein Schlaufensystem für die Übertragung der vom Reaktor erzeugten Wärmeenergie zu bilden. Das bildet eine zweite Barriere gegen

进行精确组对，并以法兰形式进行刚性连接，组成反应堆产生热能输送的一回路系统，构成了防止放射性物质外泄的第二道屏障。“三壳组对”施工对设备连接的精度要求极其苛刻，组对过程采用了中核二三高温堆项目部自主研发的主设备自动找正调平装置进行微调组合，确保了组对精度。

die Freisetzung radioaktiver Stoffe. Die Konstruktion der "Drei-Schalen-Gruppierung" ist äußerst anspruchsvoll in Bezug auf die Genauigkeit des Geräteanschlusses. Der Gruppierungsprozess wird durch die automatische Nivellierungsvorrichtung der Hauptausrüstung, die von der Projektteilung des Er-San-Hochtemperaturreaktors CNNC unabhängig entwickelt wurde, verfeinert, was die Genauigkeit der Gruppierung gewährleistet.

2号堆三壳组对是一回路安装主线上的关键节点，该工作的推进实施又正值疫情期间。为顺利完成工作目标，中核能源项目部在春节期间便提前对主设备人力进行了动员和部署，优先保证了复工后三壳组对的人力投入。

Das Dreischalenpaar des Reaktors Nr. 2 ist ein wichtiger Meilenstein auf der Hauptstrecke der Schleifenanlage. Der Fortschritt dieser Arbeit fällt mit der Zeit der Epidemie zusammen. Um die Arbeitsziele erfolgreich abzuschließen, mobilisierte die Energieprojektteilung des CNNC die Arbeitskräfte für die Hauptausrüstung während des Frühlingsfestes im Voraus und setzte sie ein. Sie gab der Sicherstellung des Personaleinsatzes Vorrang für die drei Schalen nach der Wiederaufnahme der Arbeiten.

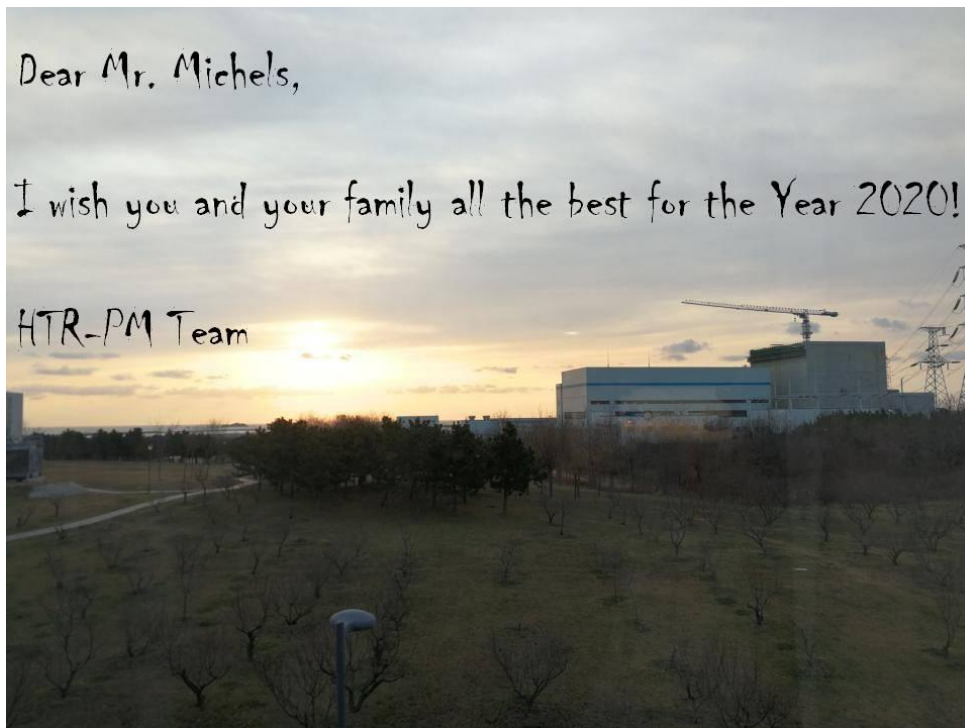
3月10日，核安全局检查点释放后，中核能源项目部组织协调，并安排工程技术人员全天候现场监督、检查和协调解决遇到的问题，通过组织技术方案优化、风险充分识别、提前预判并解决相关问题，并确保目标完成为导向，保证了此次三壳组对的提前顺利完成，为后续主氦风机安装与调试提供了条件，赢得了时间。

Am 10. März, nach der Freigabe des NSA (Nuclear Safety Administration) -Inspektionpunktes, organisierte die Projektteilung von CNNC Energy die Koordination und veranlasste die Ingenieure und Techniker, die am Standort auftretenden Probleme rund um die Uhr zu überwachen, zu inspizieren und zu lösen. Durch die Organisation der technischen Programmoptimierung, die angemessene Risikoermittlung, die Vorabbeurteilung und die Lösung der damit verbundenen Probleme wurde das dreischalige Paar im Vorfeld erfolgreich abgeschlossen, was die Voraussetzungen für die anschließende Installation und Inbetriebnahme des Hauptheliumgebläses schuf und Zeit gewann.



1. Januar 2020

Ein Gruss aus China, privat gemachtes Bild von einem Team-Mitglied im Dez 2019



Man sieht das Gebäude des Doppel-Reaktors in Shidaowan, Kanton, China

29. Okt 2019

..... very busy recently with the demonstration project and a lot of additional work. Currently we are assembling the primary circuits of HTR-PM.

5. Mai 2019

As the project is nearing success, it is getting more and more attention from all parties. The second Steam Generator has arrived at the site, so all components are ready. Next, we will focus on the installation of components and system commissioning.

26. Februar 2019

<https://www.neimagazine.com/features/featurehtr-pm-making-dreams-come-true-7009889/>

HTR-PM: Making dreams come true

China has been developing high-temperature gas-cooled reactor technology since the 1970s, and a commercial demonstration unit is now being commissioned. Zuoyi Zhang, Yujie Dong, Weiwei Qi, and Jun Sun reflect on the design process.

China entwickelt seit den 1970er Jahren gasgekühlte Hochtemperaturreakorttechnologie. Derzeit wird eine kommerzielle Demonstrationsanlage in Betrieb genommen. Zuoyi Zhang, Yujie Dong, Weiwei Qi und Jun Sun reflektieren den Designprozess.

CHINA HAS BEEN DEVELOPING HTGR technologies for more than 40 years, mainly at the Institute of Nuclear and New Energy Technology (INET) of Tsinghua University in Beijing. INET began research and development of HTGRs in the mid-1970s, with fundamental research into reactor design and fuel fabrication.

Starting in the late 1980s, the National High-tech R&D Programme designed, constructed, commissioned and operated a 10MW thermal power test reactor (HTR-10). HTR-10 reached its first criticality in December 2000 and was connected to the grid in January 2003. Between April 2003 and September 2006, the inherent safety features of the modular HTGR was proven in four experiments that imposed extreme scenarios on the HTR-10 without counter-measures, supervised by the Chinese National Nuclear Safety Administration (NNSA).

During this period significant objectives were achieved, including manufacture of the spherical coated-particle fuel element, technologies for fuel handling and transport, helium process technologies, domestic manufacture of key equipment for HTGRs and successful development of fully digital reactor-protection systems.

Based on the HTR-10 achievements, INET began development of a commercial nuclear power plant comprising modular HTGRs. A demonstration project, the high-temperature gas-cooled reactor pebble-bed module (HTR-PM), was launched in 2001. As well as demonstrating inherent safety, this plant was also a demonstration of economic competitiveness, confirmed and proven technologies, standardisation and modularisation.

In January 2006, the HTR-PM project (see main design parameters in Table 1) became one of 16 National Science and Technology 'major projects', given top priority and stronger support. After a construction licence was issued by the NNSA and all government approval procedures were completed, first concrete was poured for the HTR-PM on 9 December 2012 in Shidao Bay, Rongcheng,

CHINA ENTWICKELT seit mehr als 40 Jahren HTGR-Technologien, hauptsächlich am Institut für Nukleare und Neue Energietechnologie (INET) der Tsinghua-Universität in Peking. Das INET begann Mitte der 1970er Jahre mit der Erforschung und Entwicklung von HTGRs.

Ab Ende der 1980er Jahre entwarf, baute, beauftragte und betrieb das nationale High-Tech-Forschungs- und Entwicklungsprogramm einen 10-MW-Testreaktor (HTR-10). HTR-10 erreichte seine erste Kritikalität im Dezember 2000 und ging im Januar 2003 ans Netz. Zwischen April 2003 und September 2006 wurden die inhärenten Sicherheitsmerkmale des modularen HTGR in vier Experimenten unter extremen Szenarien nachgewiesen. Dabei gab es keine Sicherheitsmaßnahmen. Alles wurde von der chinesischen National Nuclear Safety Administration (NNSA) überwacht.

Während dieses Zeitraums wurden wichtige Ziele erreicht,

- darunter die Herstellung der kugelförmigen Brennelemente mit beschichteten Partikeln,
- Technologien für die Handhabung und den Transport von Brennelementen,
- Helium-Prozesstechnologien,
- Lokale Herstellung von Schlüsselausrüstungen für HTGRs und
- die erfolgreiche Entwicklung vollständig digitaler Reaktorschutzsysteme.

Basierend auf den Erkenntnissen beim HTR-10 begann INET mit der Entwicklung eines kommerziellen Kernkraftwerks mit modularen HTGRs. Ein Demonstrationsprojekt, der gasgekühlte modulare Hochtemperatur-Reaktor mit Kugelbett-Technik (HTR-PM), wurde 2001 gestartet. Diese Anlage demonstrierte nicht nur die inhärente Sicherheit, sondern auch die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit, bestätigte und bewährte Technologien und die Standardisierung und Modularisierung.

Im Januar 2006 erhielt das HTR-PM-Projekt (siehe die wichtigsten Entwurfsparameter in Tabelle 1) als eines von 16 „Großprojekten“ für Wissenschaft und Technologie, höchste Priorität und Unterstützung. Nach einer Baugenehmigung durch die NNSA und Abschluss aller

Shandong. Civil work on the nuclear island was finished by June 2015. Main component installation started with the first reactor pressure vessel on 20 March 2016, followed by the metallic internals, water cooling panels for the reactor cavity cooling systems, ceramic internals, graphite pebbles, etc. The upper head of the first RPV was installed on 27 December 2017, marking completion of the first reactor. Steam generators will be delivered soon and enough fuel pebbles have been fabricated for the initial core loading. HTR-PM is now in the commissioning phase and it is planned to connect to the electric grid in the late 2019.

In 2014, INET began commercial design for a modular HTGR with higher power levels, (HTR-PM600). To improve economic competitiveness six reactor modules with the same reactor module design and safety features will be connected to one steam turbine. Feasibility studies for the HTR-PM600 have been undertaken for several domestic sites and it has attracted international attention.

In accordance with the development roadmap, the modular HTGR in China is planned to be used for cogeneration of electricity and process heat. The aim is to replace coal-fired power plants, reduce carbon emissions and to be a high quality thermal source for large-scale hydrogen production.

Equipment

The HTR-PM takes the HTR-10 as a prototype and scales up the power level and component sizes. In January 2008, the State Council of China approved an implementation plan for the HTR-PM project with a detailed R&D technology roadmap. In these innovative designs, new phenomena were identified, and some key equipment required full scale demonstration tests.

Since 2009, INET has built the advanced nuclear power engineering laboratory and carried out full scale verification experiments in hot states and the helium environment.

behördlichen Genehmigungsverfahren wurde am 9. Dezember 2012 in Shidao Bay, Rongcheng, Shandong, erster Beton für die HTR-PM gegossen. Die Bauarbeiten auf der Nuclearinsel wurden bis Juni 2015 abgeschlossen. Die Installation der Hauptkomponenten begann mit dem ersten Reaktordruckbehälter am 20. März 2016, gefolgt von den metallischen Einbauten, Wasserkühlpaneelen für die Reaktorkühlsysteme, keramischen Einbauten, Graphitkugeln usw. Der Deckel des ersten RPV wurde am 27. Dezember 2017 installiert und markiert die Fertigstellung des ersten Reaktors. Dampferzeuger werden in Kürze geliefert und es wurden genügend Brennelemente für die anfängliche Beladung des Core erzeugt. HTR-PM befindet sich derzeit in der Inbetriebnahme und soll Ende 2019 ans Stromnetz angeschlossen werden.

2014 begann INET mit dem kommerziellen Design eines modularen HTGR mit höheren Leistungsstufen (HTR-PM 600). Zur Verbesserung der wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit werden sechs Reaktormodule mit dem gleichen Modulaufbau und den gleichen Sicherheitsmerkmalen an eine Dampfturbine angeschlossen. Machbarkeitsstudien für die HTR-PM600 wurden für mehrere inländische Standorte durchgeführt und wurden international beachtet.

Gemäß der Entwicklungs-Roadmap soll der modulare HTGR in China zur Kraft-Wärme-Kopplung von Strom und Prozesswärme eingesetzt werden. Ziel ist es, Kohlekraftwerke zu ersetzen, Kohlenstoffemissionen zu reduzieren und eine hochwertige Wärmequelle für die großtechnische Wasserstoffproduktion zu bieten.

Die Ausrüstung

Die HTR-PM bildet den Prototyp HTR-10 nach bei höherer Leistung und größeren Komponenten. Im Januar 2008 genehmigte der chinesische Staatsrat einen Umsetzungsplan für das HTR-PM-Projekt mit einer detaillierten Roadmap für F & E-Technologien. Bei diesen innovativen Designs wurden neue Phänomene beobachtet und einige wichtige Geräte erforderten umfassende Demonstrationstests.

INET hat seit 2009 ein hochmodernes kerntechnisches Labor aufge-

Verified equipment and systems included the main helium blower, steam generator, fuel handling system, control rod drives, small absorber sphere shutdown systems, helium purification system and the spent fuel storage system. In addition, the distributed control system, reactor protection system, and the design of the main control room were also verified in full-scale test facilities. All tests are complete and they provided strong support for the HTR-PM project.

The helium circulator is the main force driving helium coolant flow in the primary circuit and it is within the reactor primary circuit pressure boundary. In engineering tests the electric-magnetic bearings developed by INET were employed in the full-scale prototype of the helium circulator. In 2014 the prototype was operated at full-power, full-speed tests in a hot state and under a nitrogen environment for 100 hours and 500 hours. It performed well in 2015 and 2016, in helium environment tests identical to HTR-PM operating conditions, including 50 hours' full power operation, 50 life cycles, and 500 transients in six extreme conditions. After successful tests, the helium circulators were manufactured and delivered.

The fuel handling system allows for on-load loading and unloading of the fuel pebbles. Fuel pebbles can be discharged one by one, with their burnup measured, and broken ones can be recognised and separated. Two full-scale test facilities have been established for air flow and helium flow conditions, respectively. The movement of fuel pebbles was tested in the air flow under standard conditions. A full-scale prototype of the full handling system was tested under 7.0MPa helium condition and successfully completed 500 hours automatic operations in October 2016. The fuel handling system is now being commissioned on site.

baut und umfassende Verifikationsexperimente in heißen und Helium-Umgebungen durchgeführt. Zu den geprüften Geräten und Systemen gehörten das Helium-Hauptgebläse, der Dampferzeuger, das Brennelement - handlingssystem, Steuerstabantriebe, Abschaltssysteme für kleine Absorberkugeln, das Helium-Reinigungssystem und das System zur Lagerung abgebrannter Brennelemente. Darüber hinaus wurden das dezentrale Steuersystem, das Reaktorschutzsystem und das Design des Hauptkontrollraums in umfangreichen Testverläufen verifiziert. Alle Tests sind abgeschlossen und haben das HTR-PM-Projekt nachdrücklich unterstützt. Der Helium-Zirkulator ist die Hauptkraft, die den Helium-Kühlmittelstrom im Primärkreis antreibt, und befindet sich innerhalb der Druckraumes des Reaktor-Primärkreises. In technischen Tests wurden die von INET entwickelten elektro-magnetischen Lager im großtechnischen Prototyp des Helium-Zirkulators eingesetzt. Im Jahr 2014 wurde der Prototyp bei Volleistungstests mit voller Geschwindigkeit in heißem Zustand und unter Stickstoff für 100 Stunden und 500 Stunden betrieben. In den Jahren 2015 und 2016 zeigte sich eine gute Leistung bei Helium-Umgebungstests. Diese sind mit den HTR-PM-Betriebsbedingungen identisch. Ebenso verliefen ein 50-stündiger Volllastbetrieb, 50 Lebenszyklen und 500 Transienten unter sechs extremen Bedingungen. Nach erfolgreichen Tests wurden die Helium-Zirkulatoren produziert und ausgeliefert. Das Brennelemente Handlingssystem ermöglicht Be- und Entladen der Brennkugeln unter Last. Brennkugeln können nach individuell gemessenem Abbrand ausgeschleust und zerbrochene erkannt und repariert werden. Für die Luftströmung und die Heliumströmung wurden zwei vollständige Testanlagen eingerichtet. Die Bewegung von Brennkugeln wurde im Luftstrom unter Standardbedingungen getestet. Ein vollwertiger Prototyp des kompletten Handlingsystems wurde unter Heliumbedingungen bei 7,0 MPa getestet und hat im Oktober 2016 einen 500 Stunden Automatikbetrieb erfolgreich abgeschlossen. Das Brennkugel- Handlingssystem wird nun vor Ort in Betrieb genommen.

The steam generator is the key component to transport nuclear heat from the primary circuit to the secondary circuit. It contains 19 helical heat transfer tube assemblies, each with a heat transfer capability of 13MWt. A prototype assembly was tested and verified in the helium engineering test facility and the steam generator engineering test facility. Conditions up to 80% full power at full scale were tested in 2017, and the hot helium flow in the primary loop reached 7MPa/750°C and the steam flow in the secondary loop reached 13.25MPa/570°C. On 31 October 2018, the steam generator passed factory acceptance tests.

The full scope simulator

As a commercial-scale demonstration nuclear power plant, HTR-PM requires a full scope simulator to train and certify the operators.

An engineering simulator was built with most of the HTR-PM subsystems for key reactor models to analyse the operational characteristics of the HTR-PM. Tests compared well with the design data.

The functions of the engineering simulator were also extended to include validating control systems, simulating startup and shutdown processes, and simulating commissioning programs.

R&D experience in developing key models and the engineering simulator fully supported developing the full scope simulator of the HTR-PM, which was delivered in December 2015. From then on, the full scope simulator was used to train operators in full time operation.

In 2016 and 2017, the operators and senior operators for the HTR-PM passed all the training, practices, and examination aspects on the full scope simulator, and were awarded operator licences. In addition to training and certification, the full scope simulator is now being used to validate operational procedures and support the HTR-PM project in the commissioning phase.

Der Dampferzeuger ist die Schlüsselkomponente für den Transport der Kernwärme vom Primärkreis zum Sekundärkreis. Es enthält 19 spiralförmige Wärmeübertragungsrohrbaugruppen mit einer Wärmeübertragungskapazität von jeweils 13 MWt. Eine Prototypenbaugruppe wurde in der Testanlage für Heliumtechnik und in der Testanlage für Dampferzeugertechnik getestet und bestätigt. Im Jahr 2017 wurden Bedingungen bis zu 80% voller Leistung im vollen Maßstab getestet, und der heiße Heliumstrom im Primärkreislauf erreichte 7 MPa / 750 ° C und der Dampfstrom im Sekundärkreislauf erreichte 13,25 MPa / 570 ° C. Am 31. Oktober 2018 bestand der Dampferzeuger die Werksabnahmeprüfungen.

Der 1 zu 1 Simulator

Als kommerzielles Demonstrations-Kernkraftwerk benötigt HTR-PM einen vollständigen Simulator, um die Bediener zu schulen und zu zertifizieren.

Mit den meisten HTR-PM-Subsystemen wurde ein technischer Simulator für wichtige Reaktormodelle erstellt, um die Betriebseigenschaften des HTR-PM zu analysieren. Tests im Vergleich zu den Designdaten verliefen gut.

Die Funktionen des Engineering-Simulators wurden auch um die Validierung von Steuerungssystemen, die Simulation von Anlauf- und Abschaltvorgängen und die Simulation von Inbetriebnahmeprogrammen erweitert.

Die Forschungs- und Entwicklungserfahrung bei der Entwicklung von Schlüsselmodellen und der Engineering-Simulator haben die Entwicklung des im Dezember 2015 ausgelieferten 1 zu 1 Simulators des HTR-PM voll unterstützt. Von da an wurde der Simulator zur Schulung von Bedienern im Vollzeitbetrieb verwendet.

In den Jahren 2016 und 2017 haben die Bediener und Führungskräfte des HTR-PM alle Schulungen, Praktiken und Prüfungsaspekte am 1 zu 1 Simulator bestanden und erhielten Betreiberlizenzen. Neben Schulungen und Zertifizierungen wird der 1 zu 1-Simulator jetzt zur Validierung von Betriebsabläufen und

Author information: *Zuoyi, Director of the Institute of Nuclear and New Energy Technology at Tsinghua University; Yujie Dong, Deputy director & deputy chief engineer at the Institute of Nuclear and New Energy Technology; Weiwei Qi, Head of HTR Major Project Office at the Institute of Nuclear and New Energy Technology; Jun Sun, Associate Professor & Head of Reactor Physics, Thermal Hydraulics, and Simulation at INET*

zur Unterstützung des HTR-PM-Projekts in der Inbetriebnahmephase eingesetzt.

Autoren: Zuoyi, Direktor des Instituts für Nukleare und Neue Energietechnologie an der Tsinghua-Universität; Yujie Dong, stellvertretender Direktor und stellvertretender Chefingenieur am Institut für Nukleare und Neue Energietechnologie; Weiwei Qi, Leiter des HTR-Hauptprojektbüros am Institut für Nukleare und Neue Energietechnologie; Jun Sun, außerordentlicher Professor und Leiter für Reaktorphysik, Thermohydraulik und Simulation am INET

25.März 2019

Based on the current status, our estimate is:

- 1) first criticality will be reached in the first half of next year (2020).
- 2) grid connection is not realistic this year (2019).
- 3) Interested people can follow this website: <http://www.hsnpc.com.cn/> does not respond (JKM)

4. Feb

In China, the nuclear energy is also facing big challenge. However we believe nuclear energy can help chinese energy supply and carbon emission reduction. We will continue our effort for this goal.