

Reactores avanzados en países en desarrollo: Perspectivas de China

En muchos países la demanda de energía sirve de incentivo para desarrollar la energía nuclear

por Qian Jihui

Tras investigar el estado actual de la energía nucleoelectrónica en el mundo y sus futuras tendencias de desarrollo, incluida la estrategia de desarrollo de la energía nucleoelectrónica fomentada por el OIEA en favor de los países en desarrollo, se ha llegado a la conclusión de que ha surgido una tendencia manifiesta hacia una nueva generación de centrales nucleares más económicas, más simples y que hacen un uso más eficaz de la seguridad pasiva. El incentivo parece ser no sólo la competencia por el mercado de electricidad nuclear entre los países industrializados y la necesidad de lograr un mayor grado de aceptación pública de la energía nuclear, sino también el deseo de facilitar la instalación de centrales nucleares en los países en desarrollo en el próximo siglo.

Las estadísticas indican que la tasa de crecimiento de la demanda de energía de los países en desarrollo es mucho mayor que la de los países desarrollados. En vista de sus escasos recursos energéticos, muchos países en desarrollo han emprendido programas para introducir y explotar la energía nuclear y experimentan la apremiante necesidad de ponerlos en práctica. El OIEA, fiel a su objetivo de ampliar los usos de la tecnología nuclear con fines pacíficos, no ha escatimado esfuerzos para hallar vías que permitan a los países en desarrollo hacer uso de la energía nuclear. Uno de esos esfuerzos fue el proyecto de reactores de pequeña y mediana potencia (RPMP) iniciado en 1983.

El proyecto RPMP incluía una amplia investigación destinada a delinear explícitamente las necesidades de los países en desarrollo que habían introducido la tecnología nucleoelectrónica y el vasto mercado potencial que se abría para esta fuente de energía. En el estudio también se indicaban las principales dificultades y limitaciones de esos países.

El OIEA también ha estado procurando persuadir a los proveedores de los países desarrollados para que se decidan a explotar este nuevo mercado. Sin embargo, hasta principios de los años ochenta, las industrias nucleares de los países industrializados mostraron poco interés en esta posibilidad, toda vez que se sentían más atraídos por la demanda y los pedidos en curso de su mercado interno. Esa competencia comercial nacional hizo que cada vez se acrecentara más la capacidad de cada una de las centrales de reactores. Con el aumento del volumen de producción hasta 1000 megavatios eléctricos (MWe) y el surgimiento de centrales nucleares de mayores dimensiones, a muchos países en desarrollo les fue muy difícil prever la construcción de instalaciones de esa índole simplemente a causa de la capacidad limitada

de sus redes eléctricas. La necesidad de reactores de pequeña y mediana potencia era evidente. Pero las necesidades de los países en desarrollo de contar con reactores de esas características con determinados precios y plazos de construcción eran desatendidas.

Admitamos que, por razones lógicas, los proveedores dudaran del mercado de los países en desarrollo. A duras penas los países en desarrollo podrían afrontar la inversión en una central nuclear, incluso en el caso de que sus gastos de capital se basaran en los mismos gastos específicos de capital de las grandes centrales que, desde el punto de vista de los países industrializados, son relativamente bajos. Pero lo cierto es que aun cuando los RPMP constituyeran simplemente una versión reducida de reactores de mayor tamaño, según la ley de la proporcionalidad, esos reactores resultarían mucho más caros y, por supuesto, inaceptables.

Con el reciente descenso del mercado de energía nuclear de los países industrializados a causa de la reducción de su tasa de crecimiento en el consumo interno de energía y del problema de la aceptación pública de la energía nuclear, los proveedores han comenzado a prestar más atención a los países en desarrollo. En 1985, el OIEA reunió información acerca de 23 conceptos diferentes de diseño de RPMP con varios niveles de disposición y fiabilidad. Aunque en aquel momento varios países desarrollados mostraron interés y ofrecieron un apoyo alentador, el problema esencial no se resolvió.

No son pocos los motivos que tienen los países en desarrollo para considerar la introducción de reactores avanzados:

- Los reactores avanzados de mayor interés para los países en desarrollo son los que se basan en una tecnología comprobada y que pese a que adoptan nuevos conceptos de diseño —principios de seguridad pasiva, construcción modular pequeña, y otros— no necesitan una tecnología nueva o más compleja. Las características principales de estos reactores avanzados serían la simplicidad y la facilidad de su construcción, explotación y mantenimiento.

- Al basarse en nuevos conceptos de diseño, estos reactores avanzados quizás no se registrarían por las leyes de proporcionalidad normalmente asociadas a los gastos específicos de capital. El costo de inversión de las unidades pequeñas y medianas posiblemente no rebasaría el de unidades mayores. Si el costo específico de inversión de una central nuclear de 600 MWe pudiera ser casi el mismo del de una central de 1000 MWe, entonces existiría una relación lineal entre los gastos totales de capital de la central y su tamaño. La consecución de este objetivo representaría un punto de viraje histórico en la esfera de la energía nuclear y constituiría una noticia halagüeña para los países en desarrollo.

El señor Qian Jihui, Presidente del Centro Sudoccidental de Ingeniería, Investigación y Diseño de Reactores (SWCR) de la República Popular de China, prestó servicios como consultor científico en la Misión Permanente de China ante el OIEA durante el período 1984-1987.

● El aumento de la seguridad de los reactores avanzados con especial atención a los elementos de seguridad pasiva podría convertirse en una cuestión clave para ayudar a mitigar el problema de la aceptación pública en los países industrializados. Ese aumento de la seguridad quizás resulte más importante aun para los países en desarrollo por ser su infraestructura relativamente más deficiente. Es lógico que exista preocupación por la actual generación de centrales nucleares y por las estrictas condiciones que se establecen para su construcción, explotación y mantenimiento. Incluso podría ser mayor la probabilidad de que ocurriera un accidente grave si este tipo de central nuclear se construyera y utilizara de manera generalizada en los países en desarrollo. Si ocurriera un accidente, el continuo desarrollo de la seguridad nuclear correría peligro en todo el mundo. Con la energía nuclear "un accidente en cualquier parte equivale a un accidente en todas partes".

Sin dudas los países en desarrollo aguardan con interés el surgimiento y la comercialización lo antes posible de nuevos tipos de reactores avanzados. Es lógico esperar que en el próximo siglo se acepten en un gran número de países en desarrollo los RPMP con reactores avanzados.

La industria de energía eléctrica de China se ha desarrollado rápidamente en los últimos decenios. La capacidad de generación aumentó en más de 60 veces en un período de 34 años (1952-1986), lo que equivale a una tasa de crecimiento medio anual de 12,9%. Con todo, el déficit de suministro de electricidad ha oscilado entre 45×10^9 y 50×10^9 kWh anuales y el déficit de capacidad ha sido de más de 12 gigavatios eléctricos (GWe). Según las proyecciones, la capacidad de generación de electricidad deberá incrementarse por lo menos en 9 GWe anuales y la capacidad total deberá alcanzar los 230 GWe para fines de siglo. De esta capacidad total, más de 140 GWe provendrá de centrales eléctricas alimentadas con carbón, de manera que el consumo de carbón para la generación de energía eléctrica sobrepasará las 4×10^8 t anuales. Se prevé que la producción de carbón rebasará los 13×10^8 t anuales hasta el año 2000, pero para esa fecha sólo se dispondrá de 3×10^8 t anuales para la generación de electricidad. Aun considerando la posibilidad de que aumente la capacidad de energía hidroeléctrica, al final de este siglo China afrontará un notable déficit de electricidad.

Hasta principios de los años ochenta el pueblo y las autoridades de China ponían en duda la necesidad de desarrollar la energía nucleoelectrica en el país. Ahora la realidad los ha llevado a opinar lo contrario. La distribución desigual de los recursos hídricos, la contaminación causada por centrales alimentadas con carbón, los graves problemas del transporte, los grandes déficits en la producción de carbón, y la imposibilidad de satisfacer la creciente demanda de energía en las zonas industrializadas de la costa sudoriental, han obligado a los círculos encargados de la esfera energética y a las autoridades de China a reconocer que la energía nuclear es imprescindible para el país. Ahora bien, la esperanza de poder desarrollar aceleradamente la energía nuclear depende de la utilización de los reactores avanzados.

El programa de energía nuclear de China exige que hacia fines de este siglo se ponga en explotación una capacidad de energía nuclear de 6 a 7 GWe.

Se ha tomado la decisión de que los PWR sean el principal tipo de reactores nucleares que se instalen y, como primera medida, se prevé la construcción de un lote de PWR de 600 MWe con un diseño normalizado y un incremento gradual de la participación nacional para reducir los gastos de capital de la construcción de las centrales. Por razones económicas, las autoridades chinas esperan que se realice en el futuro la transición hacia PWR de 1000 MWe. Con todo, el tema sigue siendo objeto de debate.

Pese a los graves accidentes ocurridos en Three Mile Island y Chernobyl, las autoridades chinas han declarado abiertamente que se mantiene su determinación de llevar adelante su programa de energía nuclear. En China, pocos ponen en duda la seguridad de la energía nucleoelectrica basada en la moderna tecnología nuclear, y no hay tantos sentimientos en contra de esta forma de energía como en los países occidentales. Sin embargo, un análisis más cauteloso del asunto lleva a la conclusión de que la seguridad nuclear significará una pesada carga para el desarrollo de la energía nucleoelectrica en China. Los dirigentes chinos comprenden plenamente la importancia de la seguridad nuclear y reconocen que esta responsabilidad incumbe tanto al pueblo chino como a la comunidad internacional. Se ha destacado la importancia de la acumulación de experiencia, la necesidad de cooperar con otros países y la gestión centralizada y unificada por parte del gobierno central. En esencia, se ha adoptado la decisión de que la energía nucleoelectrica no se puede desarrollar con la misma audacia que otras industrias que China necesita con urgencia, política que se considera comprensible y atinada.

El factor más importante que se derivará de este interés en la seguridad nuclear será el efecto global que ésta tendrá para la economía de la energía nucleoelectrica. Como quiera que los aspectos técnicos de los dispositivos de seguridad y los sistemas de protección adoptados en las centrales modernas son cada vez más complicados, los requisitos para la construcción, la explotación, el mantenimiento y la gestión de las centrales nucleares se han hecho cada vez más rigurosos y complejos. Además, como es preciso realizar una planificación y preparación detalladas para casos de emergencia con vistas a un accidente grave, por muy remotas que sean sus posibilidades de ocurrencia, el costo de las centrales nucleares actuales se ha elevado considerablemente. Si bien los gastos de capital de las centrales alimentadas con carbón construidas en China son bastante reducidos, los gastos de inversión de las centrales nucleares parecen elevarse a niveles inaceptables. Esta es la cuestión fundamental que desconcierta a las autoridades al tratar de continuar aplicando la energía nucleoelectrica de manera más resuelta. Algunos economistas han manifestado que en China se podría desarrollar rápidamente la energía nuclear si los gastos de capital de una central nuclear se pudieran controlar y mantenerse a menos del doble del costo de una central alimentada con carbón de tamaño equivalente (todo ello atendiendo a las condiciones del país).

En 1986, el Centro Sudoccidental de Ingeniería, Investigación y Diseño de Reactores (SWRC) de China dio a conocer en detalle un programa de desarrollo de PWR con reactores avanzados, y estableció un grupo especial de investigaciones encargado de estudiar el

estado y las tendencias de la tecnología avanzada de este tipo de reactores y de comenzar a elaborar el diseño conceptual de una central nuclear de PWR con reactores avanzados de 600 MWe para China (AC-600). Los siete requisitos fundamentales del AC-600 son los siguientes:

- El gasto de capital del AC-600 será aproximadamente un 20% inferior al de la central PWR estándar de 600 MWe (ST-600) que se construirá en Quinshan, China.
- El factor de disponibilidad deberá ser superior al 85%.
- El plazo de construcción de la central deberá ser de 4 a 5 años.
- El diseño de vida útil de la central deberá ser de 60 años.
- El período del ciclo del combustible deberá ser de 18 meses.
- La dosis de exposición profesional por persona de la central será de 50 a 100 rem por año.
- La frecuencia de fusión del núcleo deberá ser inferior a $1,5 \times 10^{-6}$ por año-reactor.

Para alcanzar los objetivos antes expuestos, se prevé realizar investigaciones en tres direcciones principales: el núcleo del reactor avanzado, los sistemas pasivos de seguridad y la simplificación. El diseño del AC-600 presentará las siguientes características fundamentales:

- Se empleará un control neutrónico de desplazamiento espectral para prolongar el período del ciclo del combustible por lo menos en un 13%, con lo que se reducirá el exceso de reactividad máxima del núcleo y se aumentará la seguridad del reactor.
- La densidad de potencia lineal de los elementos combustibles del núcleo será de 12,26 kilovatios por metro, cifra inferior en un 25% a la del núcleo del ST-600.
- El núcleo estará dotado de veneno consumible de gadolinio para reducir aún más el exceso de reactividad máxima del núcleo y la concentración crítica de boro, en que se hará mayor el coeficiente negativo de temperatura del núcleo. Con ello aumentará la seguridad inherente del reactor y se simplificarán los sistemas y componentes.
- Se utilizará un reflector radial de neutrones de 80% de acero y 20% de agua y una vasija de presión del reactor de mayor tamaño, de 4,3 metros de diámetro, para reducir la fluencia neutrónica en la pared de la vasija y prolongar la vida útil nominal hasta 60 años.
- A cada cabezal de los canales del generador de vapor se añadirán dos bombas principales de refrigeración del reactor con motor blindado. Se podrá eliminar el 25% de la potencia nominal del núcleo mediante la refrigeración por circulación natural debido a la reducción de la resistencia del circuito primario y a una mayor distancia vertical entre el generador de vapor y el núcleo del reactor.
- Un tanque de agua de alimentación de emergencia con un volumen de 25 m^3 y un refrigerador de aire de emergencia con un área de termotransferencia de 750 m^2 se conectan al sector secundario del generador de vapor de manera que cada circuito forme un subsistema pasivo de emergencia de eliminación de calor residual. De producirse un corte en el suministro eléctrico de la central, la refrigeración por circulación natural con una tasa de flujo nominal del 50% para el

circuito primario y del 3,5% para el circuito secundario permitirá eliminar el calor de desintegración del reactor.

- En caso de accidente por pérdida de refrigerante, dos tanques de agua de relleno de un volumen de $2 \times 40 \text{ m}^3$ y dos acumuladores de un volumen de agua de $2 \times 40 \text{ m}^3$ suministrarán agua borada, que se inyectará automáticamente al reactor sin necesidad de accionar las bombas. El AC-600 seguirá utilizando un sistema activo de seguridad de inyección y recirculación de baja presión para garantizar la función de seguridad del sistema de refrigeración por emergencia del núcleo.

- Se empleará un sistema pasivo de refrigeración de contención con objeto de disponer de un medio eficaz para eliminar el calor a largo plazo en el blindaje de contención.

La puesta en práctica de las medidas técnicas antes dichas deberá simplificar considerablemente los sistemas y componentes. Así, por ejemplo, en los sistemas técnicos de seguridad del AC-600, el número de válvulas se reduce en un 70%, la instrumentación en un 50% y las bombas en un 80%, cifras todas inferiores a las correspondientes a los sistemas comparables del ST-600. De ahí que se prevea que los gastos de capital del AC-600 disminuyan al menos en un 15%.

Del análisis preliminar se infiere que el costo total del AC-600 podría reducirse en un 25% en comparación con el ST-600. El AC-600 es un ejemplo fehaciente de que la simplificación de los sistemas, la reducción del número de componentes, y la aplicación de las leyes naturales pueden facilitar la construcción, simplificar la explotación y hacer más fiables los sistemas. Se calcula que la frecuencia de fusión del núcleo del AC-600 es unas 100 veces inferior a la del ST-600, de modo que también se ha elevado considerablemente el margen de seguridad del AC-600.

Los resultados preliminares del diseño conceptual del AC-600 son muy alentadores. Las autoridades han brindado amplio respaldo al programa y continuarán desarrollándolo durante el próximo plan quinquenal del Estado para el fomento de la energía nucleoelectrónica. Si el gasto de capital específico del AC-600 pudiera reducirse a una cifra inferior o cercana al costo de los actuales PWR de 1000 MWe, cabe esperar que, por un período bastante largo, el AC-600 sea uno de los principales tipos de reactores que se construirán en China.

China cifra grandes esperanzas en los reactores avanzados. La adopción de reactores avanzados con principios pasivos de seguridad no sólo daría mayor seguridad a la explotación de la energía nuclear, sino que simplificaría los sistemas, acortaría los calendarios de construcción y, por ende, reduciría considerablemente los gastos de capital. El mejoramiento de este tipo de tecnología avanzada tendría enormes repercusiones para el desarrollo de la energía nucleoelectrónica de China. Teniendo esto presente, los expertos chinos en energía nucleoelectrónica siguen atentamente las tendencias de desarrollo de los reactores avanzados a nivel mundial, en especial de los AP-600 de los Estados Unidos y de los reactores modulares de alta temperatura refrigerados por gas. Se han establecido programas y grupos de investigación con el apoyo del Gobierno. China ha participado, y continuará participando, en diversas actividades internacionales de cooperación e intercambio relacionadas con estos esfuerzos.