

Экономика и наука Китая сегодня

Академик Олег Фиговский

Китай завершил один из ключевых этапов строительства подземной лаборатории Бэйшань, закончив сооружение спирального подъездного тоннеля, ведущего к глубокой геологической установке. В подземной исследовательской лаборатории Бэйшань — одной из крупнейших в мире в своем роде, предназначенной для обращения с радиоактивными отходами, — была полностью построена сложная спиральная транспортная рампа. Проект реализуется Китайской национальной ядерной корпорацией (CNNC) и расположен глубоко под пустыней Гоби, вблизи города Цзюцюань в провинции Ганьсу. Его цель — решение одной из самых чувствительных проблем атомной энергетики: долговременного и безопасного захоронения радиоактивных материалов.

По мнению главного научного сотрудника CNNC и ведущего конструктора проекта Ван Цзюя, атомная энергетика остается высокоэффективным и низкоуглеродным источником энергии. При этом около 99 процентов образующихся радиоактивных отходов относятся к низко- и средне-активным и со временем естественным образом распадаются до безопасных уровней. Вместе с тем, отметил Ван, наиболее сложной задачей остается обращение с высокоактивными отходами. По его словам, примерно один процент ядерных отходов относится к этой категории и требует надежной изоляции на сотни тысяч лет. Он также подчеркнул, что разные страны по-разному подходят к проблеме утилизации ядерных отходов, а проект Бэйшань задуман как международная платформа сотрудничества — для обмена лучшими мировыми практиками и одновременного вклада Китая в глобальные исследования и накопление опыта.

Выбор подходящего места для глубинного геологического хранилища по сложности сопоставим с самим строительством: он требует обширных, устойчивых горных массивов, способных надежно изолировать подземное хранилище. После почти трех десятилетий исследований Китай остановился на удаленном районе Бэйшань в провинции Ганьсу, известном своей древней и прочной геологической структурой. Глубоко под поверхностью пустыни лаборатория Бэйшань постепенно приобретает форму. В ее основе — протяженный спиральный подъездной тоннель, три вертикальных шахты и два горизонтальных уровня, уходящих на глубину около 560 метров. Недавно заверченный спиральный тоннель имеет длину примерно 6,9 километра, диаметр около семи метров.

Строительство оказалось особенно трудным из-за исключительно твердых гранитных пород, сформировавшихся более 250 миллионов лет назад. Обычные методы выемки здесь оказались малоэффективными и могли повредить саму

породу. Дополнительные сложности создавали крутые повороты тоннеля, которые испытывали на пределе возможностей гигантскую проходческую машину длиной около 100 метров. Экстремальная глубина — почти 560 метров под землей — поставила перед строителями серьезные задачи в области безопасности. Для работы в таких условиях инженеры использовали проходческий комплекс «Бэйшань № 1» — уникальную машину, полностью разработанную в Китае для бурения твердых пород и прохождения крутых изогнутых тоннелей.

Китайская национальная сеть суперкомпьютеров представила на днях интеллектуального агента для научных вычислений. Как сообщила газета China Science Daily, этот агент способен понимать инструкции на естественном языке и автоматически выполнять ключевые этапы исследовательской работы. То, что раньше требовало целого дня работы, новый агент выполняет за один час. Система автоматизирует процесс научного исследования: разбивает задачи, распределяет вычислительные ресурсы, запускает необходимые симуляции, анализирует полученные результаты и даже формирует итоговые отчеты. Благодаря этому существенно повышается эффективность работы. Раньше выполнение подобных задач занимало целый день, но теперь интеллектуальный агент справляется с ними примерно за один час. На текущий момент система уже поддерживает около ста распространенных сценариев использования в области научных расчетов.

Агент опирается на доступные сообщества искусственного интеллекта и обширные базы знаний, сообщает China Daily. Он охватывает свыше 120 специализированных баз знаний по семи ключевым областям, таким как ИИ, научный интеллект, промышленное моделирование и материаловедение. Эта технология снижает порог входа для исследователей, желающих использовать суперкомпьютерные мощности, и значительно ускоряет научно-исследовательскую деятельность. Таким образом, она делает передовые вычисления более доступными. Как отмечает академик Цянь Дэпэй, современная наука переходит от этапа вычислительной науки к этапу интеллектуальной науки. Появление таких вычислительных агентов знаменует собой этот переход. Цянь подчеркнул, что подобные агенты объединяют ранее разрозненные вычислительные мощности, инструменты и знания. В результате они оказывают научному сообществу более быструю и удобную поддержку, открывая новые возможности для инноваций.

Главной проблемой квантовых вычислений считается неизбежное появление ошибок в процессе вычислений. С ними борются разными методами: аппаратными, программными или их сочетанием. Группа китайских ученых продемонстрировала новый подход к квантовой коррекции ошибок, основанный на микроволновом излучении. Он позволяет квантовым машинам выполнять

крупномасштабные вычисления. Новый метод превосходит по эффективности и практичности решение, предложенное специалистами Google.

Одна из стратегий коррекции ошибок в квантовых вычислениях подразумевает добавление дополнительных кубитов для распределения информации между несколькими кубитами. Правда, он приводит к тому, что вероятность внесения большего количества ошибок в вычисления парадоксальным образом увеличивается. Ученые пытаются определить и остановится на критической точке, или пороге коррекции ошибок. Только когда вычисления не превышают этот порог, коррекция ошибок приносит пользу, поскольку повышает стабильность системы. Выше него коррекция приносит больше ошибок, чем устраняет. Для масштабирования любого подхода к квантовым вычислениям коррекция ошибок должна оставаться ниже этого порога.

США и Китай, лидеры в области квантовых вычислений, применяют для коррекции ошибок наиболее распространенный подход — поверхностный код. В 2022 году исследователи из USTC под руководством квантового физика Пяня Цзяньвэя из Научно-технического университета Китая продемонстрировали принципиальную возможность создания минимального блока коррекции ошибок: логического кубита с расстоянием кода 3. В следующем году Google улучшила этот показатель, достигнув коррекции ошибок с расстоянием кода 5. В начале этого года квантовый процессор Google Willow достиг логического кубита с расстоянием кода 7, продемонстрировав, что добавление кубитов экспоненциально снижает частоту ошибок.

Однако подход Google требовал жестких ограничений на проектирование микросхем и все более сложной проводки в условиях сверхнизких температур, рассказывает SCMP со слов ученых из команды Пяня. Сами они применили вместо аппаратного управления полностью микроволновой метод подавления ошибок. И создали логический с расстоянием кода 7, аналогичный кубиту Google. Кроме того, коэффициент подавления ошибок составил 1,4. Отсюда следует, что увеличение размера коррекции ошибок действительно уменьшает количество ошибок и указывает на возможность создания крупномасштабных квантовых компьютеров. Более того, микроволновый подход не накладывает на квантовый чип ограничения, свойственные аппаратному методу. Поскольку микроволновые сигналы могут быть мультиплексированы и переданы по одному и тому же проводу, этот подход снижает аппаратные издержки и сложность проводки, что делает создание масштабируемых квантовых компьютеров более осуществимым. Другими словами, результаты показывают, что создание отказоустойчивых квантовых компьютеров с миллионами кубитов - в принципе, возможно.

Китайский регулятор подготовил проект правил для «человекоподобного» искусственного интеллекта — систем, имитирующих эмоции, мышление и общение. Документ предлагает многоуровневый надзор и запрещает контент, наносящий вред национальной безопасности, психическому здоровью или социальному порядку. От разработчиков также требуют явно предупреждать пользователей, что они общаются с машиной. Меры распространяются на продукты и услуги, использующие технологии ИИ для имитации человеческих черт, моделей мышления и стилей общения, а также обеспечивающие эмоциональное взаимодействие с пользователями через текст, изображения, аудио или видео. Документ прямо запрещает создание и распространение контента, который угрожает национальной безопасности, наносит ущерб национальной чести, подрывает этническое единство, пропагандирует незаконную религиозную деятельность, распространяет слухи, нарушающие экономический или социальный порядок, а также включает порнографию, азартные игры, насилие или подстрекательство к преступлениям.

Особое внимание уделено контенту, способному нанести вред психическому или физическому здоровью пользователей. Проект запрещает поощрение самоповреждений, словесные оскорбления и эмоциональные манипуляции, которые могут подрывать достоинство пользователей. Поставщики ИИ-сервисов должны информировать пользователей о том, что они взаимодействуют с искусственным интеллектом, а не с человеком, и выдавать всплывающие напоминания при признаках чрезмерной зависимости или при первом входе в сервис. Линь Вэй, президент Юго-Западного университета политических наук и права и вице-президент Китайского юридического общества, отметил, что антропоморфный ИИ делает взаимодействие человека и машины более эмоциональным и персонализированным. Он предупредил, что без должного регулирования такие технологии могут нарушать права граждан и подрывать социальный порядок. По мнению Линя, опубликованный проект соответствует национальным стратегическим приоритетам и создает системный подход к управлению рисками. Он устанавливает многомерную систему контроля на ключевых этапах разработки и внедрения сервисов. Это обеспечивает подотчетность и более безопасное, справедливое и устойчивое развитие антропоморфных ИИ в Китае.

Команда Сианьского университета электроники и технологий (Xidian University, КНР) показала прототип электромагнитной «радиационно-рассеивающей» реконфигурируемой метаповерхности для 6G-антенн, которая умеет работать как управляемая антенная решётка, как отражатель для связи вне прямой видимости и одновременно как приёмник для беспроводного энергосбора. В прикладных сценариях это означает

инфраструктуру связи, которая не только «рисует» радиоканал под задачу, но и частично питает датчики и ретрансляторы за счёт фонового излучения — а в более смелых интерпретациях, обсуждаемых в азиатских медиа, теоретически позволяет военным платформам получать энергию из импульсов вражеских радаров.

В основе работы — классическая для будущих сетей идея RIS (reconfigurable intelligent surface): плоская панель с множеством «мета-атомов», которые по команде меняют фазу и амплитуду отражённой или излучаемой волны, тем самым управляя фронтом волны почти как линза, но на радиочастотах. В версии Xidian один и тот же элемент умеет переключаться между режимом «излучения» (панель фактически становится программируемой антенной решёткой) и режимом «рассеивания» (управляемое отражение падающей волны). Этого добились сравнительно «дешёвым железом»: в мета-атоме использован излучающий патч-элемент и 3-дБ ответвитель, а переключение режимов и 1-битное управление фазой реализовано всего двумя PIN-диодами на ответвителе — состояние диодов определяет, идёт ли сигнал на излучение или поверхность работает как отражатель.

Ключевая инженерная хитрость — борьба с паразитными «гребёнками» и боковыми лепестками, которые особенно заметны у простых 1-битных решений: грубая квантизация фаз обычно ухудшает диаграмму направленности и эффективность. Авторы добавили четыре «начальные» фазы, меняя ёмкостную нагрузку патча (в статье приводятся значения до 0,5 пФ), и за счёт этого подавили решёточные лепестки без тяжёлой оптимизации размещения элементов. На практике панель размером 12×12 элементов, изготовленная как печатная плата, показала сканирование луча в пределах $\pm 45^\circ$ на частоте 5,8 ГГц и приемлемый уровень боковых лепестков; в режиме излучения заявлены усиления порядка 18,8–21,3 dBi, в эксперименте — близкие значения.

Самая обсуждаемая часть — энергетика. В эксперименте по беспроводному сбору энергии (WEN) исследователи подали на передающую рупорную антенну сигнал 5,8 ГГц мощностью 0 dBm и разместили панель на расстоянии 1,5 м. На девяти порталах съёма мощности они измерили максимум $-32,42$ dBm и минимум $-38,6$ dBm, после чего указали, что, подключив выпрямитель, можно преобразовать RF-энергию в постоянный ток для питания электроники. В переводе на «человеческие» величины это доли микроватта на порт: то есть речь не о потоке «бесплатной энергии» для сложных систем, а о возможности точечной подпитки маломощных сенсоров, меток, вспомогательной электроники или накоплении энергии при значительном числе элементов и близких источниках излучения. При этом работа хорошо ложится в логику 6G, где всё чаще говорят об объединении связи и радиолокационного «ощупывания» среды (integrated

communication and sensing) и о переносе части интеллекта в сам радиоканал — стены, фасады, перегородки, элементы городской инфраструктуры.

В статье Xidian это показано на наглядном сценарии связи вне прямой видимости: в Г-образном коридоре установка RIS в районе поворота увеличивала среднюю плотность мощности на «слепой» стороне примерно на 8 dB в расчётах и примерно на 7 dB в натурном эксперименте при соответствующей настройке угла отклонения. Это именно тот класс задач, из-за которых RIS активно продвигают как способ «протянуть» покрытие туда, где базовая станция упирается в бетон, металл и геометрию улиц. Дальше начинается область интерпретаций, где гражданские и военные смыслы смешиваются. Ряд изданий обсуждает концепцию «электромагнитной кооперативной малозаметности» — когда несколько платформ согласованно управляют отражением, уменьшая суммарную заметность и одновременно «подбирая» энергию из зондирующих сигналов. В строгом виде работа Xidian — всё же про метаповерхность для связи/сценариев 6G и энергосбора в контролируемом эксперименте, а перенос на авиационную «невидимость» упирается в частотные диапазоны радаров, мощность и импульсный характер излучения, тепловые и конструкционные ограничения и, главное, в то, что эффективное поглощение и управляемое переизлучение — разные физические режимы и разные компромиссы.

Но сам тренд показателен: граница между «связью» и «радиоэлектронной борьбой» технологически становится тоньше, потому что и там и там решают одну задачу — кто и как управляет электромагнитной средой. Интерес к таким работам усиливает и геополитический фон вокруг 6G. По оценкам, которые часто цитируют в отраслевых медиа, на Китай приходится около 40,3% патентных заявок в тематике 6G, на США — около 35,2%. В Пекине параллельно продвигают свою повестку в стандартизации, а коммерческий горизонт 6G многие игроки по-прежнему привязывают к рубежу 2030 года — это совпадает и с отраслевыми таймлайнами, и с заявлениями китайских профильных структур. Если вынести за скобки громкие заголовки, практический смысл подобных «поверхностей-комбайнов» — в экономике инфраструктуры. Чем больше функций можно собрать в одном плоском модуле (управляемое излучение, управляемое отражение, приём, подзарядка вспомогательных устройств), тем проще превращать здания, тоннели, промышленные объекты и транспортные узлы в управляемую радио среду — и тем ближе сценарии, где сеть не только передаёт данные, но и «видит» пространство, адаптируется к нему и подкармливает датчики. На уровне прототипа это пока микроватты, но именно из таких «некрасивых» инженерных решений обычно и складываются большие стандарты.

В Китае начала работу первая в мире газовая турбина мощностью 30 МВт, работающая исключительно на чистом водороде. Проект «Юпитер I» интегрирует

возобновляемые источники энергии и демонстрирует перспективность водородной генерации. Демонстрационный проект «Юпитер I» объединил ветровую и солнечную энергию с электролизом воды для производства водорода, который затем используется для выработки электроэнергии. Турбина позволяет хранить избыточную энергию в виде водорода и возвращать её в энергосистему в часы пиковой нагрузки, решая проблему потерь энергии в непиковые часы.

По словам генерального директора Minguang Hydrogen Gas Turbine Technology Вана Юнчжи, турбина способна сократить выбросы CO₂ более чем на 200 000 тонн в год по сравнению с тепловыми электростанциями аналогичной мощности. «Юпитер I» вырабатывает 48 000 кВт·ч в комбинированном цикле, чего достаточно для обеспечения суточной потребности примерно 5500 домохозяйств. После ввода в эксплуатацию турбина поможет сгладить колебания в производстве возобновляемой энергии и улучшить управление энергосистемой. Проект рассматривается как жизнеспособное решение для энергетического перехода и дальнейшего развития водородной энергетики в Китае.

В социальных сетях появились снимки гражданского китайского судна в районе острова Фусин, на палубе которого установлены контейнеры для размещения вооружений и различных сенсоров. Иными словами, компоновка выглядит как импровизированная надстройка, превращающая обычный сухогруз в своего рода тяжеловооруженный надводный корабль. В частности, перед ходовой рубкой на трех контейнерах смонтирован крупный вращающийся фазированный радиолокатор, а по другую сторону палубы, на двух контейнерах, размещен еще один купольный радиолокационный или коммуникационный модуль.

В носовой части судна, высоко над палубой, на двух контейнерах установлен 30-миллиметровый зенитный артиллерийский комплекс ближнего боя Type 1130, предназначенный для последнего рубежа обороны от атакующих целей, прежде всего крылатых ракет. На уровень ниже, по обоим бортам, на еще одной паре контейнеров размещены пусковые установки ложных целей Type 726. Крупные цилиндрические модули, по всей видимости, являются аварийными спасательными плотами, что, вероятно, связано с увеличенной численностью экипажа, необходимой для эксплуатации подобной конфигурации. Однако главный элемент, заставляющий приподнять брови, — это палуба, практически полностью покрытая контейнерными установками вертикального пуска. Они установлены в пять рядов по ширине и три по глубине, причем каждый контейнер содержит по четыре крупные пусковые трубы. В сумме это дает внушительные 60 вертикальных пусковых ячеек — примерно две трети боекомплекта эсминца типа Arleigh Burke серий Flight I или II.

Судя по массивной радиолокационной установке, роль этого судна, вероятно, ближе к кораблю радиолокационного дозора и противовоздушной обороны, а не просто к носителю ракет. Тем не менее это не исключает возможности размещения в контейнерных пусковых установках и других типов вооружений. В любом случае подобная платформа могла бы быть полезна для длительного обеспечения ПВО в заданном районе. Китай дает понять, что способен и, вероятнее всего, намерен превращать суда своего огромного торгового флота не просто в боевые платформы, а в полноценные корабли.