

УДК 338.1

JEL Q28, Q48, Q31

DOI: <http://doi.org/10.25728/econbull.2024.2.2-xuanshuo>

КИТАЙСКИЙ ПЛАН РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Чжан Сюаньшо

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

e-mail: 3282877710@qq.com; SPIN-код: нет; ORCID: нет

Аннотация: Водородная энергетика - один из самых перспективных экологически чистых источников энергии в мире. В настоящее время большая часть водорода используется в промышленности в качестве сырья, восстановителя и высококачественного источника тепла для нефтепереработки, черной металлургии и других отраслей промышленности. В настоящее время Китай – одна из крупнейших стран в мире по численности населения и по территории производит 33 миллиона тонн водорода в год, 80% из них это «серый» водород, и 27 000 тонн «зеленого» водорода. К 2025 году Китай планирует производить от 100 000 до 200 000 тонн зеленого водорода и широко использовать «зеленый» водород во всех областях. Ожидается, что в Китае будет использоваться более 50 000 автомобилей на основе «зеленого» водорода. Уже сейчас использование «зеленого» водорода включено в планы развития всех китайских провинций. Целью данной работы является анализ целей развития и потенциала китайского рынка водородной энергетике на основе восходящего, промежуточного и нисходящего звеньев китайской водородной энергетике.

Ключевые слова: водородная энергетика Китая, производство водорода, хранение водорода, использование водорода

CHINESE PLAN FOR DEVELOPING HYDROGEN ENERGY

Zhang Xuanshuo

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

e-mail: 3282877710@qq.com; SPIN code: no; ORCID: no

Abstract: Hydrogen energy is one of the most promising environmentally friendly energy sources in the world. Currently, most hydrogen is used in industry as a raw material, reducing agent and high-quality heat source for oil refining, ferrous metallurgy and other industries. Currently, China is one of the largest countries in the world in terms of population and territory, producing 33 million tons of hydrogen per year, 80% of which is “gray” hydrogen, and 27,000 tons of “green” hydrogen. By 2025, China plans to produce 100,000 to 200,000 tons of green hydrogen and widely use “green” hydrogen in all areas. It is expected that more than 50,000 green hydrogen vehicles will be used in China. The use of “green” hydrogen is already included in the development plans of all Chinese provinces. The purpose of this paper is to analyze the development goals and potential of the Chinese hydrogen energy market based on the upstream, intermediate and downstream links of Chinese hydrogen energy.

Keywords: China's hydrogen energy, hydrogen production, hydrogen storage, hydrogen use

Введение. В современном мире энергетика играет решающую роль в развитии жизнедеятельности человека. Постепенное истощение как традиционных, так и нетрадиционных источников энергии, а также экологические

неблагоприятные последствия являются существенной проблемой, требующей современных решений [1, 2]. Развитие водородной энергетики выглядит одним из наиболее перспективных и в то же время реальных решений существующей проблемы [3, 4].

Сегодня в мире за один день производится 60 миллионов тонн водорода, причем 95% добываемого водорода получают из сырья, содержащего углеводороды, то есть из газа, угля и нефтепродуктов. Но производство этого водорода имеет свои негативные последствия для окружающей среды и вызывает выброс парниковых газов, называемых «серым» водородом. В связи с этим, чтобы снизить ущерб окружающей среде, производители стараются заменить «серый» водород «зеленым». Например, Китай стремится к 2025 году производить от 100 000 до 200 000 тонн зеленого водорода и широко использовать «зеленый» водород во всех областях. Кроме того, ожидается, что в Китае будет использоваться более 50 000 автомобилей на основе «зеленого» водорода. Китай – крупнейшая страна в мире по численности населения и одна из крупнейших по территории, в настоящее время производит 33 миллиона тонн водорода в год, 80% из них это «серый» водород, и 27 000 тонн «зеленого» водорода. Уже сейчас использование «зеленого» водорода включено в планы развития всех китайских провинций [5].

История развития китайского рынка водородной энергетики. Китай является крупнейшим в мире производителем водорода, который может обеспечить поставки недорогого водорода для начального этапа индустриализации водородной энергетики. В 2015 году коммерческий профицит производства побочных продуктов в Китае составил около 380 000 тонн в год, что соответствует годовому потреблению топлива 1,9 млн автомобилей на топливных элементах (рассчитано исходя из годового пробега каждого транспортного средства в 20 000 километров). Китай также располагает потенциальной мощностью профессионального производства водорода в 1,98 млн тонн в год, которая может быть использована в качестве дополнительного источника водорода. Независимо от проблем логистики и транспортировки, вышеупомянутая поставка около 2,4 миллионов тонн источников водорода не требует дополнительных капиталовложений. Таким образом, на ранних этапах экономического развития водородной энергетики Китая промышленная база по производству водорода в Китае способна обеспечить достаточные и дешевые ресурсы водорода.

В марте 2016 года Комиссия по развитию и реформам Китая и Управление энергетики Китая совместно опубликовали "План действий по революции и инновациям в области энергетических технологий (2016-2030)", в котором четко указано, что производство водорода из возобновляемых источников энергии, водородная энергетика и инновации в технологии топливных элементов являются ключевыми целями развития. В августе 2016 года Государственный совет Китая опубликовал "Основные положения Тринадцатого пятилетнего плана национального экономического и социального развития Китайской Народной Республики", который касается развития технологии водородной энергетики. Кроме того, Программа развития Организации Объединенных Наций разработала первый в Китае проект "Демонстрационный город с водородной экономикой" в Ругао, провинция Цзянсу, Китай. В октябре 2016 года Китайский институт стандартизации и Национальный технический комитет по стандартизации в области водородной энергетики совместно организовали и составили "Книгу развития инфраструктуры водородной энергетики Китая (2016)", в которой впервые

была предложена дорожная карта развития инфраструктуры водородной энергетики Китая и план технологического развития инфраструктуры водородной энергетики Китая. Кроме того, была введена в эксплуатацию новая база по производству энергетических транспортных средств в индустриальном парке Фошаня, провинция Гуандун, Китай, с планируемой годовой производственной мощностью 5000 автомобилей, работающих на водороде. Индустриальный парк последовательно привлекал стратегических партнеров, таких как China Railway Engineering Group, Ballard Power System Co., Ltd. и Guohong Hydrogen Energy Technology Co., Ltd., а также основал Фошаньский институт водородной энергетики и разработки новых материалов, самостоятельно разработал автобусы на водородной энергии международного уровня и построил демонстрационные и рекламные площадки для городских автобусов, работающих на водородной энергии, в городах Фошань и Юньфу [6].

В мае 2017 года Министерство науки и технологий Китая и Министерство транспорта Китая опубликовали Специальный план научно-технических инноваций в транспортной сфере “Основные положения тринадцатого пятилетнего плана”, в котором четко предлагается содействовать развитию технологий хранения и транспортировки водорода, строительству станции заправки водородом и демонстрация транспортных средств на топливных элементах в больших масштабах для формирования более полной вспомогательной технологии и стандартной системы для установок заправки водородом. В августе 2018 года на производственной базе, расположенной в городе Чжанцзякоу провинции Хэбэй, была официально введена в эксплуатацию первая в Китае крупномасштабная автоматизированная линия по производству двигателей на водородных топливных элементах. После завершения всех запланированных проектов годовая мощность производства двигателей на топливных элементах на базе может достичь 10 000 единиц. В сентябре 2018 года Шанхай, Китай, планирует построить от 5 до 10 водородных заправочных станций в 2020 году, на которых будут продемонстрированы 3000 автомобилей на топливных элементах, и построить 50 водородных заправочных станций в 2025 году, на которых будут эксплуатироваться 30 000 автомобилей на топливных элементах, и достичь годового объема промышленного производства в 300 миллиардов юаней в 2030 году.

В январе 2018 года был опубликован предлагаемый план развития отрасли водородной энергетики в Ухане, Китай. Планируется, что в течение трех лет будет построена “китайская база транспортных средств для использования водородной энергии”, ядром которой станет зона развития Уханя, и к 2025 году он станет новым городом мирового уровня, использующим водородную энергию. В феврале 2018 года в Пекине был создан Китайский стратегический альянс по инновациям в области водородной энергетики и топливных элементов, который отметил, что процесс построения общества по водородной энергетике с китайской спецификой ускорит его развитие. В 2018 году производство водорода в Китае составило около 21 млн тонн, а существующие промышленные мощности по производству водорода - 25 млн тонн в год. В то же время объем отходов возобновляемой энергетики в Китае составляет около 100 млрд кВт*ч в год, которые могут быть использованы для электролиза воды с получением около 2 млн тонн водорода в год. водород. В 2018 году спрос Китая на водород составил около 19 миллионов тонн при достаточном запасе недорогого водорода.

На 3-м съезде Собрания народных представителей Китая в 2019 году был

представлен первый отчет о работе китайского правительства, в котором говорилось о необходимости содействия строительству оборудования для производства электроэнергии, топлива и другого оборудования. В декабре 2019г Китайский институт нефтяных и химических экономических и технологических исследований в рамках проекта "Развитие энергетической и химической промышленности Китая к 2020 году Отчет", энергетическая и химическая промышленность Китая стремительно развивается. Китай планирует создать семь крупных промышленных агломерационных зон с топливными батареями, включая Пекин, Тяньцзинь и Хэбэй, Восточно-китайские промышленные агломерационные зоны, Южно-Китайские промышленные агломерационные зоны, Центральнокитайские промышленные агломерационные зоны, Северо-китайские промышленные агломерационные зоны, Северо-Восточно-китайские промышленные агломерационные зоны и Северо-Западные китайские промышленные агломерационные зоны.

Предложение Китая о достижении целей углеродной нейтральности, а также внедрение соответствующей политики планирования будут способствовать быстрому развитию водородной энергетики. В общей сложности более 30 местных органов власти по всей стране опубликовали планы по развитию водородной энергетики, включающие более 1000 водородных заправочных станций и более 250 000 автомобилей на топливных элементах. Как запланированное количество, так и цели развития значительно выше, чем в 2019 году. В частности, в сентябре 2020 года Пекин опубликовал "План развития автомобильной промышленности на водородных топливных элементах (2020-2025 годы)", в котором была поставлена цель создать к 2025 году 10 000 автомобилей на водородных топливных элементах.

В 2021 году, чтобы поддержать экологическую направленность зимних Олимпийских игр 2022 года в Пекине, Пекин запустил крупномасштабный демонстрационный проект по использованию водородной энергии, включая эксплуатацию автобусов на водородных топливных элементах и транспортных средств логистики. В 2021 году в городе Фошань, Китай, был запущен ряд проектов в области водородной энергетики, включая строительство промышленного парка в области водородной энергетики, совершенствование инфраструктуры водородной энергетики и создание центра исследований и разработок в области водородных энергетических технологий. Китайская национальная нефтегазохимическая корпорация активно содействовала развитию бизнеса в области водородной энергетики в 2021 году, построила ряд водородных заправочных станций по всей стране и сотрудничала с рядом местных органов власти и предприятий для реализации демонстрационных проектов в области водородной энергетики.

В марте 2022 года Китай опубликовал "Долгосрочный план развития водородной энергетики (2021-2035)", который является первым национальным планом развития водородной энергетики в Китае. В нем разъясняется положение водородной энергетики в энергетической системе будущего и предлагаются конкретные цели развития на 2025, 2030 и 2035 годы [7].

– Цель на 2025 год: водородная энергетика Китая начала формироваться, и первоначально была сформирована полная производственная цепочка, охватывающая производство водорода, хранение водорода, транспортировку водорода и его использование. Число владельцев транспортных средств на водородных топливных элементах достигло примерно 50 000, а число водородных заправочных станций превысило 1000. Ежегодное производство водорода в Китае

достигает около 1 миллиона тонн. Основное внимание уделяется производству водорода из возобновляемых источников энергии (таких как энергия ветра и фотоэлектрическая энергия), сокращению доли производства водорода из традиционных видов ископаемого топлива и содействию развитию экологически чистых технологий производства водорода.

– Национальные цели на 2030 год: Совершенствование цепочки производства водородной энергетики, значительное повышение масштабов и конкурентоспособности отрасли, а также значительное увеличение доли водородной энергетики в национальной энергетической системе. Сеть водородных заправочных станций в основном охватывает крупные города и транспортные маршруты по всей стране, а водородная энергетика все шире используется на транспорте, в промышленности, строительстве и других областях. Число владельцев транспортных средств на водородных топливных элементах достигло примерно 1 миллиона, а количество водородных заправочных станций превысило 5000. К 2030 году ежегодное производство водорода будет дополнительно увеличено до 2-3 миллионов тонн. В это время доля производства экологически чистого водорода значительно возрастет, а технологии и экономика будут еще больше усовершенствованы.

– Национальная цель на 2035 год: Водородная энергетика станет важной частью национальной энергетической системы, и отрасль водородной энергетики будет полностью коммерциализирована. Была создана общенациональная сеть инфраструктуры водородной энергетики и популяризировано применение водородной энергетики в различных областях. Ключевые технологии, такие как производство, хранение и транспортировка водорода, а также топливные элементы, полностью автономны и управляемы, достигая лидирующего мирового уровня. Число владельцев транспортных средств на водородных топливных элементах значительно возросло, что привело к формированию крупнейшего в мире рынка перевозок на водородной энергии. Ожидается, что ежегодное производство водорода достигнет 5 миллионов тонн и более. Большая часть водорода будет производиться из возобновляемых источников энергии, что в основном обеспечит экологичность и низкоуглеродистость водородной энергетики и поддержит Китай в достижении его цели углеродной нейтральности.

В 2023 году китайская водородная энергетика добилась значительного прогресса в области политической поддержки, технологических инноваций и применения на рынке. Национальные и местные органы власти последовательно выпустили ряд программных документов в поддержку развития водородной энергетики, способствующих промышленному планированию и демонстрациям применения. В области технологий производства, хранения и транспортировки экологически чистого водорода были достигнуты значительные успехи, и количество водородных заправочных станций по всей стране значительно увеличилось. К типичным проектам относятся демонстрационный проект по производству экологически чистого водорода в Куче, Синьцзян, Китай, и демонстрационный проект по производству фотоэлектрического водорода в городе Ордос, Внутренняя Монголия, Китай, которые способствовали применению технологии производства экологически чистого водорода. Применение транспортных средств на водородных топливных элементах в транспортной сфере значительно расширилось, и во многих местах были проведены демонстрационные испытания автобусов на водородных топливных элементах и транспортных средств

логистики. Применение водородной энергетики в промышленности и хранении энергии также расширяется, и во многих регионах были запущены крупномасштабные проекты по производству экологически чистого водорода и хранению энергии. Значительные капиталовложения и международное сотрудничество способствовали дальнейшему развитию исследований, разработок и маркетинга технологий использования водородной энергии и оказали важную поддержку в достижении цели углеродной нейтральности.

Безопасность водородной энергетики является наиболее важным фактором, ограничивающим развитие водородной энергетики. Гарантия безопасности водородной энергетики включает в себя все звенья производственной цепочки и звенья использования водородной энергетики, включая политику и нормативные акты, стандартные системы, технологии исследований и разработок продукции, оборудование и комплектующие, спецификации по управлению, эксплуатации и техническому обслуживанию и т.д.

В целях обеспечения безопасности водородной энергетики, развития технологических инноваций в области водородной энергетики и социально-экономической стабильности создание и полнота системы стандартов в области водородной энергетики являются необходимыми условиями для безопасного и стабильного развития водородной энергетики. Национальные стандарты в области водородной энергетики и т.д. будут определять минимальные технические стандарты и основные принципы безопасности с точки зрения обеспечения безопасности отрасли водородной энергетики и окружающей среды, связанной с водородом, а также будут гарантировать качество продукции и безопасность оборудования и комплектующих для водородной энергетики. По состоянию на 28 декабря 2019 года в Китае существует 89 стандартов в области водородной энергетики; система технических стандартов в области водородной энергетики включает в себя: основы водородной энергетики, качество водорода, безопасность водорода, создание водородной инженерии, подготовку и очистку водорода, хранение, транспортировку и заправку водорода, применение водородной энергии и испытания водорода.

В связи с быстрым развитием технологий и промышленности в области водородной энергетики существующая система стандартов в области водородной энергетики нуждается в совершенствовании как с точки зрения полноты, так и с точки зрения конкретного содержания. В августе 2023 года в Китае было выпущено "Руководство по созданию системы стандартов в области водородной энергетики (издание 2023 года)", которое является первым руководством по созданию системы отраслевых стандартов в области водородной энергетики на национальном уровне и содержит рекомендации по созданию системы стандартов в области водородной энергетики. Таким образом, в настоящее время и в будущем система стандартов в области водородной энергетики Китая будет соответствовать научным, практическим, скоординированным разработкам и перспективным соображениям руководства и будет соответствовать темпам развития технологий в области водородной энергетики и совершенствованию цепочки производства водородной энергии для дальнейшего уточнения, дополнения и совершенствования. Несмотря на то, что руководство содержит 5 подсистем, 20 вспомогательных подсистем и 69 третичных подсистем, в процессе конкретной разработки оно столкнется с проблемами технической сложности и разнообразия всех систем водородной энергетики, и необходимо поддерживать связь и синхронизацию с

международными стандартами, соблюдая при этом практичность и работоспособность системы [8].

Развитие водородной энергетики в Китае постепенно вступило в стадию стабильного и углубленного развития. Стратегическая политика Китая в области водородной энергетики и создание системы стандартов в области водородной энергетики неизбежно потребуют глубокой доработки технологии, уделения особого внимания безопасности, укрепления слабых звеньев, скоординированной технологии эксплуатации с помощью множества звеньев и комплексного подхода. и скоординированное развитие всей производственной цепочки в качестве направления, а также развитие водородной энергетики будут более комплексно направляться и ведомы. Исследования в области независимых водородных энергетических технологий и оборудования повысят сложность и глубину исследований и разработок с точки зрения безопасности, экономичности, низкого энергопотребления и большей функциональности, чтобы повысить технический уровень и сократить отставание от международных высокотехнологичных продуктов в области водородной энергетики или даже превзойти их. Развитие водородной энергетики будет иметь более глубокие и широкие возможности для развития, но оно неизбежно столкнется с высокими технологическими трудностями и многогранными ограничениями.

Текущая ситуация и тенденции развития восходящего звена (производства водорода) в цепочке водородной энергетики Китая. Цепочка водородной энергетики включает в себя добычу водорода, его хранение и транспортировку, водородные заправочные станции и дальнейшее потребление водорода. Среди них восходящие звенья производства водорода можно разделить на производство водорода из ископаемого топлива, производство водорода из химического сырья, производство водорода из промышленных побочных продуктов, производство водорода из электролитической воды и т.д. промежуточные звенья хранения и транспортировки водорода можно разделить на газообразные, жидкие и твердые хранение и транспортировка в соответствии с различными режимами хранения и транспортировки водородной энергии; основные области использования водорода в дальнейшем включают в себя промышленность, транспортировку и накопление энергии, из которых промышленный водород в основном используется в качестве сырья и энергии в химической, металлургической и других отраслях промышленности; в области накопления энергии избыток возобновляемая энергия используется для получения водорода из электролитической воды и накопления энергии, а затем водородная энергия транспортируется в центр энергопотребления для диверсифицированного использования, что может эффективно решить проблему нестабильности возобновляемых источников энергии, таких как ветер и свет. Сфера транспорта включает производство топливных элементов и транспортных средств на топливных элементах. Применение водородных топливных элементов в настоящее время является основным направлением развития водородной энергетики.

Согласно определению Всемирного энергетического совета, “серый водород” - это водород, получаемый с помощью ископаемой энергии, промышленных побочных продуктов и т.д., который сопровождается большим количеством выбросов углекислого газа (CO₂); “голубой водород” основан на сером водороде, побочные продукты CO₂ улавливаются, утилизируются “зеленый водород” - это водород, получаемый с помощью возобновляемых источников энергии (таких как

энергия ветра, гидроэнергия, солнечная энергия) и других методов, и в процессе производства в основном не образуются парниковые газы [8].

Китай является крупнейшим в мире производителем водорода. В 2022 году мощности по производству водорода в Китае составят около 41 млн тонн в год, а объем производства - 37,81 млн тонн в год. Прогнозируется, что в соответствии с перспективой достижения углеродного пика в 2030 году производство водорода в Китае превысит 50 миллионов тонн в год. В настоящее время почти все производство водорода в Китае осуществляется за счет производства водорода из ископаемого топлива и производства водорода из побочных промышленных продуктов. Эти два направления производства водорода имеют развитую технологию и большой объем производства. В то же время производственные мощности широко распределены, а стоимость низкая, но большинство из них относятся к серым. водород производится из углеродных источников энергии, и выбросы углекислого газа при этом относительно высоки. Судя по структуре производства водорода, согласно статистике МЭА, 62% мирового объема производства водорода в 2022 году будет приходиться на производство водорода из природного газа, 21% - на производство водорода из угля, 16% - на производство водорода из побочных промышленных продуктов, 0,6% - на производство нефтяного водорода и 0,5% - на производство нефтяного водорода производство. На долю мирового производства электролитического водорода приходится всего 0,1%.

Доля мировой структуры источников производства водорода в 2022 году



Рис. 1 Структура производства водорода (мир). Источник: IEA

Производство водорода в Китае в основном основано на ископаемом сырье и побочных промышленных продуктах. Масштабы производства водорода из электролизной воды невелики, и производство водорода из возобновляемых источников энергии станет доминирующим. Согласно данным Китайской ассоциации угольной промышленности, производство водорода из угля в Китае составляет 62%, производство водорода из промышленных побочных продуктов - 19%, а производство водорода из природного газа - 18,1%. Доля экологически чистого водорода в стране составляет всего 0,9% от общего объема производства

водорода. Таким образом, в настоящее время в процессе производства водорода в Китае по-прежнему будет выделяться большое количество парниковых газов, таких как углекислый газ, что не способствует защите окружающей среды и достижению целей углеродной нейтральности. Промышленность ускоряет разработку технологий производства водорода, не использующих ископаемые источники энергии, таких как производство водорода электролизом воды, производство водорода из биомассы, производство водорода на солнечной энергии и ядерное производство водорода способствуют экологичной и низкоуглеродной трансформации отрасли.

В 2023 году объем производства водорода в Китае достигнет 542,5 млрд юаней. Ожидается, что при постоянной поддержке и инвестициях государства в отрасль производства водорода объем производства водорода в Китае достигнет 782,5 млрд юаней к 2026 году. Опираясь на преимущества ископаемых источников энергии, Северо-Западный и северный Китай являются основными регионами производства водорода. Среди них объем производства в автономном районе Внутренняя Монголия и провинции Шаньдун превысил 4 миллиона тонн, а в Синьцзян-Уйгурском автономном районе, провинциях Шэньси и Шаньси - более 3 миллионов тонн.

Судя по структуре рыночной конкуренции, масштабы производства водорода в Китае децентрализованы. China Energy Corporation и China Petrochemical Corporation являются двумя крупнейшими компаниями по производству водорода в Китае, на долю которых приходится в общей сложности 30%. Большинство остальных - малые и средние предприятия, а масштабы производства водорода увеличиваются. Предприятия в основном сосредоточены в области производства "серого" водорода, такого как ископаемая энергетика, и меньше предприятий в области производства "зеленого" водорода. Предприятия по производству "зеленого" водорода, такие как Baofeng Energy, обладают преимуществом первопроходца. Baofeng Energy - первая компания в Китае, которая начала крупномасштабное производство экологически чистого водорода. В настоящее время она создала крупнейшую в мире производственную мощность в 300 миллионов стандартных квадратных метров зеленого водорода в год и 150 миллионов стандартных квадратных метров зеленого водорода в год. Она планирует производить водород из новых источников энергии вместо ископаемое топливо.

С точки зрения технологии производства водорода, основные технологии, такие как электролизные ячейки с протонообменной мембраной, еще не получили широкого распространения, а высокопроизводительное оборудование для производства водорода все еще находится на стадии исследований и разработок. В настоящее время технология производства водорода из электролитической воды в Китае в основном основана на щелочных электролитических элементах, главным образом потому, что технология щелочных электролитических элементов является зрелой, а стоимость имеет значительные преимущества. Из-за высокой стоимости ПЭМ-электролизеров коммерческое продвижение по-прежнему требует времени, а технические преимущества неочевидны. В резервуаре для электролиза воды из твердого оксида используется технология электролиза водяным паром, которая работает в условиях высокой температуры и обладает высочайшей энергоэффективностью, но все еще находится на стадии лабораторных исследований и разработок. В настоящее время технологии производства основных

компонентов, таких как электрокатализаторы, протонообменные мембраны, мембранные электроды и биполярные пластины, имеют большой разрыв с зарубежными странами и в значительной степени зависят от иностранного импорта. Среди них протонообменная мембрана, являющаяся основным материалом технологии производства водорода PEM, используется преимущественно иностранными компаниями, доля которых на мировом рынке составляет более 90%. Китайские компании-производители протонообменных мембран сталкиваются с четырьмя основными препятствиями на пути к технологиям, рынку, талантам и капиталу. В настоящее время China Dongyue Group разработала продукцию, близкую по производительности к DuPont Nafion. Sunshine Power Group и Даляньский институт химической физики Академии наук Китая совместно запустили электролизер SEP50PEM мощностью 250 кВт. В настоящее время это ПЭМ-электролизер с возможностями массового производства в Китае.

На данном этапе стоимость производства водорода из электролитической воды выше, а проницаемость низкая, и ожидается, что в будущем этот способ станет основным. Благодаря развитой технологии и низкой стоимости производства водорода из ископаемого топлива, технология производства водорода из ископаемого топлива по-прежнему будет оставаться основной в краткосрочной перспективе. В будущем, с ростом рыночных цен на уголь и природный газ и увеличением налогов на выбросы углерода, стоимость серого водорода будет постепенно увеличиваться; на данном этапе стоимость производства водорода из электролитической воды относительно высока, а уровень проникновения в Китае составляет всего 1%. Средняя стоимость производства водорода из электролитической воды составляет около 30,1 юаня/кг, из которых 60-70% приходится на счета за электроэнергию. В будущем, по мере развития технологии производства водорода и крупномасштабного производства, в сочетании со снижением стоимости производства энергии из возобновляемых источников, преимущества производства водорода из ожидается, что постепенно появится электролитическая вода. Снижение цен на электроэнергию для использования возобновляемых источников энергии и крупномасштабное производство водорода являются важными путями снижения затрат на использование экологически чистого водорода. Когда цена на электроэнергию превышает 0,2 юаня/кВтч, стоимость электроэнергии составляет более 50% от стоимости производства водорода. Исходя из 0,2 юаня/кВтч, при снижении цены на электроэнергию на 50% стоимость производства водорода может быть снижена на 24,4%; масштаб производства водорода может быть увеличен. производство водорода является ключом к снижению удельных инвестиционных затрат. Увеличение количества оборудования для производства водорода в определенных пределах приведет к снижению удельных инвестиционных затрат, что приведет к снижению себестоимости производства водорода. Кроме того, увеличение времени работы электролизера и технологические усовершенствования также приведут к снижению затрат на производство водорода. В зависимости от различных типов электролитов производство водорода в электролитической воде можно разделить на технологию электролиза щелочной воды (ALK), технологию электролиза воды с протонообменной мембраной (PEM), технологию электролиза воды с анионообменной мембраной из твердого полимера (AEM) и технологию электролиза воды с твердым оксидом (SOEC). Среди них технология щелочного электролиза воды является наиболее совершенной и позволяет осуществлять

крупномасштабное производство водорода. В настоящее время в Китае реализованы технологии производства водорода на уровне МВт; Производство водорода методом ПЭМ быстро развивается в течение последних десяти лет. По сравнению с процессом щелочного электролиза воды, он охватывает Китай занимает меньшую площадь и более совместим с возобновляемыми источниками энергии. В настоящее время Китай осуществляет коммерческие операции меньшего масштаба. Основными характеристиками производства водорода SOEC являются высокая рабочая температура, высокая эффективность и использование пара вместо жидкой воды. Оно уже находится на стадии мелкомасштабной демонстрации, в то время как АЕМ началось с опозданием и все еще находится на стадии исследований и разработок.

Электролизер является основным оборудованием для электролиза воды с получением водорода. Электролизеры обычно состоят из электродов, электролитов, корпусов электролизеров, трубопроводов и систем контроля уровня жидкости. В электролизере электролит протекает между двумя электродами, и обычно используются электролиты с хорошей электропроводностью и стабильностью, такие как разбавленная серная кислота и гидроксид калия. Под действием разности потенциалов молекулы воды вступают в окислительно-восстановительную реакцию на поверхности электрода, разлагают воду на водород и кислород и отфильтровывают водород и кислород через систему газоразделения. Технология щелочных электролизеров разработана, PEM быстро растет, а SOEC обладает хорошим потенциалом. Судя по текущей установленной мощности глобального электролизера, щелочной электролизер по-прежнему является наиболее совершенным технологическим направлением. По оценкам МЭА, глобальная установленная мощность щелочного электролизера в 2022 году составит около 727 МВт, что составляет около 52% от общей установленной мощности в мире; количество электролизеров с ПЭМ по-прежнему растет. количество установок сотовой связи быстро растет, и в 2022 году совокупная установленная мощность составит 366 МВт, что на 200% больше, чем в прошлом году; SOEC еще не открыт для коммерческого использования, но обладает отличным потенциалом для снижения затрат и повышения эффективности. Ожидается, что в будущем, после внедрения технологии, стоимость увеличится будет значительно сокращен, и ожидается, что это приведет к развитию промышленности. Стоимость PEM-материалов высока, и для успешного внедрения необходимо локализовать основные компоненты. Поскольку электролиз ПЭМ необходимо проводить в среде с сильной кислотой, используемый металлический катализатор является редким металлом, а его стоимость выше; Китайская ПЭМ-промышленность невелика по масштабам, а технология производства протонообменной мембраны, основного сырья для получения водорода с помощью ПЭМ, монополизирована сырье в основном импортируется из-за рубежа, что оказывает большее давление на цепочку поставок и управление затратами. Будущее развитие PEM-индустрии Китая также требует от отечественных компаний новых достижений в области сырья. Поставки электролизеров в Китай быстро растут, а концентрация рынка высока. В 2022 году общий объем поставок оборудования для электролизеров в Китай составит около 800 МВт, что составит более 60% мировых поставок, а темпы роста в годовом исчислении составят около 75-163%. В 2022 году доля поставок CR3 в Китай, Coakley Jingli, Perry Hydrogen Energy и Longi Hydrogen Energy, вместе взятых, составила 80%, что свидетельствует о высокой концентрации рынка; в то время как

конкуренция на международном рынке электролизеров относительно неоднородна, на CR10 приходится около 50%. С января по май 2023 года совокупный объем публичных торгов по 15 проектам электролизеров превысил 576 МВт, что составило 72% от годового объема поставок в 2022 году, из которых 80% приходилось на проекты щелочных электролизеров. 13 из 15 общественных проектов - это проекты по использованию зеленого водорода.

Текущая ситуация и тенденции развития среднего звена цепочки водородной энергетики Китая (хранение водорода, транспортировка водорода). В октябре 2018 года Комиссия по развитию и реформам Китая и Управление энергетики Китая совместно опубликовали “План действий по экологически чистому потреблению энергии (2018-2020)”, в котором четко указано на необходимость "изучить возможность преобразования избыточной электроэнергии из возобновляемых источников в тепловую энергию, холодную энергию и водородную энергию и реализовать эффективное использование возобновляемых источников энергии различными способами". Технология преобразования электроэнергии в газ имеет большие перспективы применения в решении проблемы нового потребления и абсорбции энергии.

Что касается хранения и транспортировки газообразного водорода под высоким давлением, то благодаря преимуществам низкой стоимости, простоте в использовании и соблюдению простых условий хранения он стал основным методом хранения и транспортировки водорода. Поскольку высокотехнологичная технология производства углеродного волокна в Китае недостаточно развита, ее невозможно производить в больших масштабах, а стоимость композитных материалов высока. В настоящее время она в основном основана на баллонах типа III емкостью 35 МПа, поэтому в центре внимания находятся новые материалы для недорогих сред гидрирования под высоким давлением об исследованиях и разработках Китая. Что касается низкотемпературного хранения и транспортировки жидкого водорода, то развитие технологии жидкого водорода в Европе, Соединенных Штатах, Японии и других странах, и регионах было относительно зрелым, и системы хранения и транспортировки жидкого водорода вступили в стадию широкомасштабного применения. Китайская технология производства жидкого водорода в основном используется в аэрокосмической отрасли, а гражданская сфера все еще находится в зачаточном состоянии. Основное оборудование системы сжижения водорода (расширитель водородной турбины, криогенный клапан и т.д.) по-прежнему зависит от импорта, и существует определенный разрыв между технологией производства и оборудованием из резервуаров для хранения жидкого водорода и зарубежных стран.

Что касается хранения водорода и транспортировки твердых гидридов металлов, то это стало приоритетным направлением будущего развития нашей страны благодаря своим преимуществам в области безопасности и стабильности. В настоящее время применение гидридов металлов для хранения водорода в Китае все еще относительно невелико и находится на стадии исследований, разработок и демонстрации. Повышение емкости гидридов металлов для хранения водорода, снижение материальных затрат и улучшение возможности вторичной переработки гидридов металлов являются ключевыми приоритетами исследований в Китае в будущем.

Хранение и транспортировку водорода по трубопроводам можно разделить на два вида: транспортировку чистого водорода по трубопроводам и

транспортировку с добавлением водорода с использованием существующих трубопроводов природного газа. Трубопровод для подачи чистого водорода под низким давлением подходит для крупномасштабных перевозок водорода на большие расстояния. В настоящее время эксплуатируются следующие трубопроводы: водородный трубопровод Цзюань-Лоян имеет общую протяженность 25 км, водородный трубопровод Бейлинг-Чанлин имеет общую протяженность 42 км, газопровод Ухай-Иньчуань для производства коксового газа имеет общую протяженность 216,4 км, а водородный трубопровод Цзиньлин-Янцзы имеет общую протяженность более 32 км.

С точки зрения ключевых технологий, производство водорода в Китае все еще находится на ранней стадии развития, а связанные с ним технологии и промышленные стандарты отстают от зарубежных уровней. Развитие твердотельных систем хранения и транспортировки, а также методов хранения и транспортировки химических жидкостей требует технологических прорывов, и существует ряд проблем, связанных с хранением и транспортировкой водорода. много возможностей для промышленного развития. Судя по общей тенденции развития, согласно прогнозу отчета China Hydrogen Energy Alliance, накопление и транспортировка водородной энергии будут постепенно увеличивать возможности хранения и транспортировки водорода в соответствии с технологическим направлением развития "от низкого давления к высокому, от давления к многофазному". В "Долгосрочном плане развития водородной энергетики (2021-2035 годы)" указывается, что Китай будет неуклонно строить систему хранения и транспортировки водородной энергии, основанную на безопасности и управляемости, продвигать исследования и разработки в области технологий хранения и транспортировки водорода, повышать эффективность систем высокого давления. хранение и транспортировка газов ускоряют снижение затрат на хранение и транспортировку и эффективно повышают уровень коммерциализации технологий хранения и транспортировки газов высокого давления, отражая поступательное движение "от низкого давления к высокому". В то же время, чтобы удовлетворить потребности в дальних и крупномасштабных перевозках на поздней стадии развития водородной энергетики, Китай продолжит продвигать промышленное применение низкотемпературного хранения и транспортировки жидкого водорода, а также изучит применение таких методов хранения и транспортировки, как органические жидкости общее развитие покажет тенденцию перехода от газообразного к многофазному состоянию.

Кроме того, на сегодняшний день Китай занимает первое место в мире по количеству водородных заправочных станций, что характеризуется региональной концентрацией. В 2022 году Китай построил 92 новые водородные заправочные станции, в общей сложности достигнув планки 310 станций, что составляет 38% мирового рынка. Ожидается, что спрос на автомобили на водородных топливных элементах будет способствовать устойчивому росту числа водородных заправочных станций и к 2026 году объем рынка водородных заправочных станций в Китае достигнет 15,12 млрд юаней, а объем рынка интегрированного оборудования составит 7,11 млрд юаней. Судя по структуре рыночной конкуренции, китайский рынок водородных заправочных станций отличается высокой концентрацией. Основными компаниями являются Sinopec (74 станции), PetroChina (8 станций) и Ноури (78 станций). С точки зрения производителей оборудования для водородных заправочных станций, доля рынка пяти основных интеграторов

оборудования, таких как Guofu Hydrogen Energy, Liquid air Houpu, Shunhua New Energy, Heidlison и Shanghai Hydrogen Feng, составляет 90%. Среди них компания Guofu Hydrogen Energy имеет долю рынка в 28,4%, занимая первое место в стране.

Водородные заправочные станции в основном расположены в северном Китае, восточном Китае и южном Китае, что свидетельствует о очевидном эффекте промышленной агломерации. Ожидается, что к 2025 году число водородных заправочных станций, построенных по всей стране, превысит 1000; к 2030 году количество водородных заправочных станций в Китае превысит 5000. Исходя из текущих инвестиций в полное оснащение водородных заправочных станций в размере 8 миллионов долларов на станцию, объем рынка водородных заправочных станций достигнет 10 миллиардов к 2030 году.

Текущая ситуация и тенденции развития нисходящего звена (применение водорода) в цепочке водородной энергетики Китая. В “Долгосрочном плане развития водородной энергетики (2021-2035 годы)” указано, что “в 2035 году будет сформирована система водородной энергетики для создания диверсифицированной системы применения водородной энергии, охватывающей транспорт, хранение энергии, промышленность и другие области”. Водородная энергетика обеспечит важный путь для обезуглероживания различных отраслей промышленности. В настоящее время стоимость водородной энергетики выше, сфера ее использования узка, а применение водородной энергетики находится в зачаточном состоянии. Водородная энергетика в основном используется в промышленности и на транспорте, и она все еще находится на стадии разработки в области строительства, производства электроэнергии и отопления. Согласно прогнозу Китайского газодиверсифицированного альянса, к 2060 году на промышленный сектор, транспортный сектор или использование водорода будет приходиться 60% и 31% соответственно, а на энергетический сектор и строительный сектор будет приходиться 5% и 4% соответственно. В области транспорта водородное топливо используется в качестве источника энергии для достижения нулевого уровня выбросов углекислого газа в процессе эксплуатации транспортного средства. Области применения в основном включают автомобили, авиацию и морские перевозки. Среди них транспортные средства на водородных топливных элементах являются основными сценариями применения в области транспорта.

В 2022 году производство автомобилей на топливных элементах в КНР составило 3 626 единиц, увеличившись на 105,4% в годовом исчислении, а объем продаж - 3 367 единиц, увеличившись на 112,8% в годовом исчислении, что является рекордным показателем. В декабре 2023 года производство топливных элементов и продажи выросли на 98,8% и 149,1% в годовом исчислении соответственно. В 2023 году производство и продажи топливных элементов за весь год выросли на 55,3% и 72,0% соответственно. В 2023 году общий объем производства и продаж автомобилей на топливных элементах в Китае составил 5668 автомобилей и 5805 единиц техники соответственно [9].



Рис. 2 Производство и реализация автомобилей на водородных топливных элементах в 2018-2023 гг. Источник: Китайская ассоциация автопроизводителей

В 2023 году было оформлено 7717 договоров обязательного страхования транспортных средств на топливных элементах, что на 50,1% больше по сравнению с аналогичным периодом прошлого года; установленная мощность составила 715,3 млн кВт, что на 61,2% больше по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, из которых на долю тяжелых грузовиков пришлось 39%, легковых автомобилей - 23%, а доля специальных транспортных средств составила 20%. В ТОП-5 регионов по обязательному страхованию транспортных средств на топливных элементах входят Пекин, Шанхай, Гуандун, Хэнань и Хубэй, и Пекин занимает первое место с абсолютным преимуществом [10].

По мере того как энергетика ускоряет переход к низкоуглеродистой и некарбонизированной энергетике, авиационная отрасль также сталкивается с новыми вызовами, вызванными изменениями в энергетической системе. Водородная энергетика открывает возможности для низкоуглеродной авиации. Водородная энергетика может снизить зависимость авиационной промышленности от сырой нефти и сократить выбросы парниковых и вредных газов. По сравнению с ископаемыми источниками энергии топливные элементы могут снизить выбросы углекислого газа в авиации на 75-90%, прямое сжигание водорода в газотурбинных двигателях может снизить выбросы углекислого газа на 50-75%, а синтетическое топливо может снизить выбросы углекислого газа на 30-60%. Самолеты на водородных двигателях могут стать решением для сокращения выбросов углекислого газа для авиации малой и средней дальности, но в области дальней авиации по-прежнему приходится полагаться на авиационное топливо. Ожидается, что в 2060 году водород обеспечит около 5% потребностей в энергии в авиационном секторе.

Промышленная декарбонизация привела к увеличению спроса на водородную энергетическую. Промышленность является основным источником выбросов углекислого газа, и спрос на водород значительно возрастет в соответствии с поставленной целью по сокращению выбросов двойного углерода. В качестве промышленного топлива ископаемая энергия сама по себе при сжигании выделяет углекислый газ. В то же время участие в производственном процессе в качестве промышленного сырья также приводит к выбросам углекислого газа. Таким образом, промышленность стала одной из наиболее сложных областей для

обезуглероживания.

Согласно прогнозу Китайского альянса по водородной энергетике, ежегодный спрос на водород в промышленном секторе, как ожидается, достигнет 77,94 млн тонн в 2060 году. Согласно "Отчету о развитии водородной энергетике Китая за 2022 год", ожидается, что к 2030 году объем производства водородной металлургии достигнет 0,21-0,29 млрд тонн, что составит около 2,3-3,1% от общего объема производства стали в стране; к 2050 году объем производства водородной металлургии составит около 0,96-112 млн тонн, что соответствует потребности в водороде примерно в 8,52-9,8 млн тонн, из которых 83% будет приходиться на экологически чистый водород для достижения глубокой декарбонизации сталелитейной промышленности.

Сталелитейная промышленность находится под огромным давлением необходимости сокращения выбросов углекислого газа. В соответствии с дорожной картой достижения максимальной углеродной нейтральности, объявленной крупнейшими китайскими сталелитейными компаниями, в сочетании с целями по сокращению выбросов углерода Китайской ассоциации черной металлургии, предполагающей, что к 2030 году сталелитейная промышленность Китая сократит выбросы углерода на 30%. Производство стали в Китае составляет более половины от общего объема мирового производства, и достижение сокращения выбросов углерода в сталелитейной промышленности имеет большое значение для достижения цели Китая по снижению выбросов углерода. В водородной металлургии водород используется вместо восстановленного углерода в металлургическом процессе, чтобы добиться снижения выбросов углерода из источника, в то время как традиционное доменное производство чугуна основано на выплавке угля, и выбросы углерода составляют около 70% от общего объема выбросов. В 2021 году был опубликован "14-й пятилетний План зеленого развития промышленности", в котором подчеркивается необходимость активного содействия строительству инфраструктуры водородной энергетике и развитию технологии выплавки низкоуглеродистого чугуна без доменных печей в сталелитейной промышленности.

С глобальной точки зрения, промышленная технология водородной металлургии еще не достигла совершенства, и страны с ведущими технологиями водородной металлургии, такие как Германия и Япония, также находятся на стадии исследований, разработок и экспериментов. Согласно статистике Всемирного энергетического агентства, срок службы традиционных доменных печей составляет 30-40 лет, в то время как нынешний средний возраст чугуноплавильных печей в мире составляет всего около 13 лет. В течение длительного времени в будущем традиционный процесс выплавки чугуна в доменных печах по-прежнему будет основным во всем мире, а технология низкоуглеродистой доменной металлургии станет важным направлением исследований и разработок в переходный период. Развитие водородной металлургии может быть реализовано поэтапно: к 2025 году проверить возможность создания пилотных установок для изучения крупномасштабной промышленной плавки водорода; к 2030 году наладить промышленное производство водорода, получаемого из коксового газа, продуктов химической промышленности и других побочных продуктов; к 2050 году осуществлять высокочистую водородная выплавка стали, из которой водородная энергетика - это в основном гидроэлектростанция, энергия ветра и атомная энергия электролизной воды.

Также ожидается увеличение использования водорода в нефтехимической промышленности. Международное энергетическое агентство прогнозирует, что к 2050 году более 30% водорода будет использоваться для синтеза аммиака и топлива. В настоящее время водород, необходимый для производства аммиака (получаемого из ископаемого топлива, также известного как серый водород), в основном получают путем паровой конверсии метана (SMR) или газификации угля, и на каждую тонну произведенного аммиака выделяется около 2,5 тонн углекислого газа. Синтез аммиака из экологически чистого водорода может сократить выбросы углекислого газа. Основное оборудование для экологически чистого водородного синтеза аммиака включает в себя энергетическое оборудование на основе возобновляемых источников энергии, оборудование для производства электролитического водного водорода, оборудование для разделения воздуха и оборудование для синтеза аммиака. Вышеупомянутое сопутствующее техническое оборудование имеет высокую степень локализации. Среди них технология получения щелочной электролитической воды и электролитической воды с протонообменной мембраной позволяет осуществлять крупномасштабное производство водорода из электролитической воды, а технический уровень щелочных электролизеров в Китае находится на передовом уровне в отрасли. Хотя применение экологически чистого водорода в химической промышленности в краткосрочной перспективе сталкивается с экономическими проблемами, поскольку цены на производство электроэнергии из возобновляемых источников продолжают снижаться, ожидается, что к 2030 году некоторые районы Китая достигнут паритета по экологически чистому водороду, и экологически чистый водород поступит в промышленность и постепенно станет традиционным сырьем для производства электроэнергии из возобновляемых источников.

В области энергетических систем водородная энергия может также быть использована для выработки электроэнергии с помощью газовых турбин или технологии топливных элементов. Газовая турбина использует водород или смесь водорода и природного газа в качестве топлива для приведения в действие двигателя, вырабатывающего электроэнергию. Генераторы водородной энергии могут быть объединены с устройствами для производства водорода, чтобы использовать электричество из возобновляемых источников для электролиза воды с получением водорода в периоды низкого потребления электроэнергии, а затем преобразовывать накопленный водород в электрическую энергию во время пикового потребления электроэнергии для достижения оптимального использования электрической энергии. Технология топливных элементов использует водород и кислород (или воздух) для получения водорода. Электрохимическая реакция между электродами приводит к одновременному образованию воды и электрической энергии. Топливные элементы могут использоваться на стационарных или мобильных электростанциях, резервных пиковых электростанциях, резервных источниках питания, комбинированных системах тепло- и электроснабжения и другом оборудовании для выработки электроэнергии. Текущая стоимость производства электроэнергии на водороде по-прежнему высока, но в будущем есть больше возможностей для снижения затрат. Текущая стоимость производства электроэнергии на топливных элементах составляет 2,5-3 юаня/кВтч, что намного выше, чем при других распространенных видах производства электроэнергии. Основная причина заключается в том, что основное оборудование, такое как протонообменные мембраны и электролизные

элементы, импортируется, а цена на платину, основное сырье, выше, что приводит к высоким инвестиционным затратам. В будущем, с увеличением степени замещения отечественного оборудования и технологической итерации, появится много возможностей для снижения затрат.

Перспективы развития водородной энергетики Китая. Разработка рамок политики Китая в области водородной энергетики была завершена, и ее содержание постоянно совершенствовалось. В настоящее время приоритетом развития различных областей водородной энергетики в Китае являются транспортные средства на топливных элементах (FCEV). Потенциал роста FCEV заключается в количестве запланированных рекламных акций в различных местах. Судя по целям продвижения, запланированным в различных местах, планируемое количество FCEVs по всей стране в 2025 году составит почти 116 000, будет построено в общей сложности 1339 водородных заправочных станций, а объем отрасли водородной энергетики достигнет 1,34 трлн долларов.

Вывод. Китай добился значительного прогресса в развитии водородной энергетики и поставил четкие цели развития. Ожидается, что к 2025 году Китай будет производить от 100 000 до 200 000 тонн зеленого водорода, который будет широко использоваться в различных областях и использовать более 50 000 автомобилей на водородных топливных элементах. В настоящее время Китай производит 33 миллиона тонн водорода в год, 80% из которых — «серый» водород и только 27 000 тонн — «зеленый» водород. Правительство Китая придает большое значение развитию водородной энергетики и включило ее в свою национальную энергетическую стратегию. Один за другим был издан ряд программных документов и планов развития, уточняющих направление развития и конкретные цели водородной энергетики. Например, «Средне- и долгосрочный план развития водородной энергетики (2021-2035 гг.)» предполагает, что к 2035 году водородная энергетика станет важной частью национальной энергетической системы Китая и достигнет полной коммерциализации. С точки зрения технологий Китай добился важного прогресса в ключевых технических областях, таких как производство, хранение и транспортировка водорода. Например, производство зеленого водорода можно постепенно увеличивать с помощью таких технологий, как электролиз воды для производства водорода и использование возобновляемых источников энергии для производства водорода. В то же время технологии хранения водорода, такие как хранение водорода под высоким давлением, низкотемпературное хранение жидкого водорода и хранение водорода на основе металлгидридов, также постоянно совершенствуются. Что касается строительства инфраструктуры, Китай ускорил строительство водородных заправочных станций. К концу 2022 года в Китае будет построено около 300 водородных заправочных станций, а к 2030 году ожидается, что это число увеличится до 5000. Это закладывает прочную основу для продвижения и применения транспортных средств на водородных топливных элементах. С точки зрения применения водородная энергетика имеет широкие перспективы применения в транспорте, промышленности и хранении энергии. Транспортные средства на водородных топливных элементах постепенно стали важным направлением развития транспортных средств на новых источниках энергии благодаря их преимуществам, таким как высокая плотность энергии, нулевые выбросы и быстрая дозаправка. Кроме того, применение водородной энергии в энергоемких отраслях, таких как сталелитейная и химическая промышленность, может помочь сократить выбросы углекислого газа и добиться

«зеленой» трансформации. Подводя итог, можно сказать, что водородная энергетика Китая имеет широкие перспективы для развития. Ожидается, что посредством политического руководства, технологических инноваций и строительства инфраструктуры Китай в ближайшие несколько лет осуществит полное коммерческое применение водородной энергии, поможет достичь цели углеродной нейтральности и будет способствовать устойчивому развитию чистой энергетики.

Литература

1. Ратнер С.В., Алмастьян Н.А. Рыночные и административные методы управления негативным воздействием объектов электроэнергетики на окружающую среду // Экономический анализ: теория и практика. 2015. № 16 (415). С. 2-15.
2. Ратнер С.В. Управление качеством энергоснабжения в энергосистемах со смешанным типом генерации: организационно-экономические аспекты // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2016. № 19 (301). С. 2-16.
3. Нижегородцев Р.М., Ратнер С.В. Тенденции развития промышленно освоенных технологий возобновляемой энергетики: проблема ресурсных ограничений // Теплоэнергетика. 2016. № 3. С. 43-53.
4. Ратнер С.В., Маслова С.С. Государственное стимулирование развития рынка электрических транспортных средств: мировой опыт // Финансы и кредит. 2017. Т. 23. № 22 (742). С. 1281-1299.
5. «История развития водородной энергетики в Китае» Tingfang Energy. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1710413881198063794&wfr=spider&for=pc>
6. «Средне- и долгосрочный план развития водородной энергетики (2021-2035 гг.)» Комиссия по развитию и реформе Китая, Управление энергетики Китая. https://www.gov.cn/xinwen/2022-03/24/content_5680973.htm
7. «Возможности и проблемы водородной энергетики Китая» Китайская ассоциация содействия водородной энергетике: <https://news.bjx.com.cn/html/20240407/1369949.shtml>
8. THE HYDROGEN GLOBAL CHARTER IS LAUNCHED// World Energy Council. <https://www.worldenergy.org/news-views/entry/hydrogen-global-charter-launched#:~:text=The%20World%20Energy%20Council%20launched%20the%20Hydrogen%20Global,well%20as%20the%20long-term%20storage%20option%20for%20renewables>
9. «Производство и продажи автомобилей на топливных элементах в 2023 году» Китайская автомобильная ассоциация, 11 января 2024 г. ссылка: <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1787781437805112960&wfr=spider&for=pc>
10. «Сводка по страхованию отрасли транспортных средств на топливных элементах на 2023 год и отчет о национальных расчетах субсидий» Changjiang Securities, 09 апреля 2024 г. ссылка: https://www.sohu.com/a/769873837_121838590

References

1. Ratner S.V., Almastyan N.A. Market and administrative methods of managing the negative impact of electric power facilities on the environment // Economic analysis: theory and practice. 2015. No. 16 (415). P. 2-15.
2. Ratner S.V. Power supply quality management in power systems with a mixed type of generation: organizational and economic aspects // Financial analytics: problems and solutions. 2016. No. 19 (301). P. 2-16.

3. Nizhegorodtsev R.M., Ratner S.V. Trends in the development of industrially developed renewable energy technologies: the problem of resource limitations // Thermal Power Engineering. 2016. No. 3. P. 43-53.
4. Ratner S.V., Maslova S.S. State stimulation of development of the electric vehicle market: world experience // Finance and credit. 2017. Vol. 23. No. 22 (742). P. 1281-1299.
5. "History of hydrogen energy development in China" Tingfang Energy. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1710413881198063794&wfr=spider&for=pc>
6. "Medium- and long-term hydrogen energy development plan (2021-2035)" China Development and Reform Commission, China Energy Administration. https://www.gov.cn/xinwen/2022-03/24/content_5680973.htm
7. "Possibilities and Challenges of China's Hydrogen Energy" China Association for the Promotion of Hydrogen Energy: <https://news.bjx.com.cn/html/20240407/1369949.shtml>
8. THE HYDROGEN GLOBAL CHARTER IS LAUNCHED// World Energy Council. <https://www.worldenergy.org/news-views/entry/hydrogen-global-charter-launched#:~:text=The%20World%20Energy%20Council%20launched%20the%20Hydrogen%20Global,well%20as%20the%20long-term%20storage%20option%20for%20renewables>
9. "Fuel Cell Vehicle Production and Sales in 2023" China Automobile Association, January 11, 2024. Link:<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1787781437805112960&wfr=spider&for=pc>
10. "Fuel Cell Vehicle Industry Insurance Summary for 2023 and National Subsidy Settlement Report" Changjiang Securities, April 09, 2024 link: https://www.sohu.com/a/769873837_121838590

Поступила в редакцию 26 июня 2024 г.