

分布式压缩空气储能冷热电联供系统

设计导则

(征求意见稿)

编制说明

CNESA

标准起草组

2024 年 10 月

一、任务来源及编制背景

(1) 任务来源

2024 年 10 月 12 日，中关村储能产业技术联盟发布了《关于 2024 年度第二批联盟标准立项的公告》，立项《分布式压缩空气储能冷热电联供系统设计导则》团体标准，（项目编号：CNESA2024006），本标准由国网北京亦庄供电公司提出，由中关村储能产业技术联盟归口管理。

(2) 编制背景

近年来，新能源占比提升，快速消耗电力系统灵活调节资源，其间歇性、随机性、波动性特点使得系统调节更加困难，发展新型储能技术是加快构建新型电力系统的重要环节。分布式压缩空气储能技术清洁无污染，占地小，响应速度快，兼具备用电源功能，同时可实现冷热电联合供应，是促进绿电消纳，提升电网负荷调节能力的有效技术途径。目前阶段缺乏分布式压缩空气储能联供系统工程设计标准，为填补分布式压缩空气储能冷热电联供系统标准体系的空白，编制本文件。本文件涵盖用户侧分布式压缩空气储能联供系统设置、热力计算、总平面布置、设备选型的方法以及压缩空气制取系统、储气系统、储冷热及换热系统、膨胀发电机系统、电气系统、自动控制及仪器仪表系统的设计要求，旨在提升系统设计方案的安全性、经济性。

二、标准编制目的与意义

分布式压缩空气储能冷热电联供项目逐步推广，在没有相关设计标准的情况下，项目的设计往往面临诸多挑战和问题。为确立一种统一的用户侧压缩空气储能冷热电联供系统设计规范和指导方法，实现设计指

标、设计流程规范化，特制定本文件，为今后开展分布式压缩空气储能冷热电联供系统示范项目建设提供指导和依据，推动能源结构向清洁、低碳方向转变，完善用户侧光储充一体化能源供应链条，促进能源结构优化与绿色转型。

三、工作过程

整个标准编制过程按照前期调研、大纲编制、立项申请、专题研讨、初稿编制、征求意见、送审、报批进行，详细过程如下。

(1) 前期调研主要包括文献调研和项目调研，文献调研主要收集现有的国内外冷热电联供、储能相关标准；项目调研主要调查现有储能和冷热电联供相关产业，重点调查压缩空气储能相关设计规范。

(2) 2024 年 7 月 5 日，国网北京亦庄供电公司与中国电力科学研究院召开分布式压缩空气储能技术研讨会，确定标准开发计划。

(3) 2024 年 7 月 22 日，与中关村储能产业技术联盟技术交流，确定申请联盟团体标准。

(4) 2024 年 7 月 30 日，组织参编单位召开首次技术交流会议，确定标准提纲及任务分工。

(5) 2024 年 8 月 5 日，国网北京亦庄供电公司、中国电力科学研究院、北京气动新能科技有限公司和潍柴动力股份有限公司关于总体设计进行技术交流。

(6) 2024 年 8 月 10 日，中国电力科学研究院与北京华福工程有限公司关于供冷供热部分进行专项技术交流。

(7) 2024 年 8 月 20 日，形成标准初稿，在参编单位内部征求意见。

(8) 2024 年 9 月 5 日，邀请北京标准院的张克院长对标准提出修改意见，随即进行修改。

(9) 2024 年 10 月 11 日，国网北京亦庄供电公司组织召开了线下线上分布式压缩空气储能冷热电联供系列标准立项启动会暨技术导则评审会，来自国网北京市电力公司、华北电力大学、中国电力科学研究院、中关村储能产业技术联盟、清华大学等 17 家单位的专家和企业代表参与了会议。会上国网北京亦庄供电公司汇报了分布式压缩空气储能冷热电联供系列标准储备情况，中国电力科学研究院专家介绍分布式压缩空气储能冷热电三联供系统规划设计导则编制情况，并进行讨论交流。

(10) 2024 年 10 月 12 日，本标准通过中关村储能产业技术联盟的专家组审核。本标准正式获批立项，立项编号为 CNE SA2024006。

四、行业及标准情况

1、行业发展现状

随着可再生能源技术的飞速发展以及能源结构转型的大力推进，压缩空气储能冷热电联供技术在全球范围内日益受到重视并得到广泛应用。该技术在能源系统中的地位不断攀升，已成为实现能源综合利用、优化能源管理、助力调峰调频以及促进分布式能源高效接入的重要途径。然而，压缩空气储能冷热电联供技术在实际推广应用过程中同样面临着一系列挑战。其中，技术的复杂性、安全性和成本控制是制约其大规模应用的重要因素。

近年来，分布式压缩空气储能冷热电联供技术示范项目逐步开展，

但因缺乏相关设计标准而面临诸多挑战。该技术在能源综合利用方面优势明显，可实现冷热电联合供应，提高能源利用效率。然而，技术复杂导致系统集成难，运行时设备稳定性、能量转换效率及工况适应性问题待解决，安全风险如压力控制、冷热电转换环节协调运行等不容忽视。当前行业对于压缩空气储能冷热电联供设计技术的研究不断深入，但在标准制定方面仍显滞后。现有的标准多集中在局部环节或特定性能指标上，对于整个系统的全面规范和综合评估标准尚不完善。

在此背景下，制定《分布式压缩空气储能冷热电联供系统设计导则》团体标准显得尤为必要。该标准旨在提升分布式压缩空气储能冷热电联供系统设计方案的安全性、经济性和环境友好性，为行业提供可靠的技术依据和安全保障。这一标准的发布和实施，将进一步推动分布式压缩空气储能冷热电联供系统的技术进步，有助于储能技术的健康、可持续发展。

2、标准化现状

现有国内测试标准：

关于“分布式压缩空气储能冷热电联供系统”这一具体技术组合，目前国内公开资料中并未存在专门针对这一高度集成系统的详细技术标准。与之密切相关的其他范围的标准和规范主要有 GB 51131-2016 燃气冷热电联供工程技术规范，此规范适用于以燃气为一次能源，通过发电机单机容量小于或等于 25MW 的简单循环，直接向用户供应冷、热、电能的燃气冷热电联供工程的设计、施工、验收和运行管理，不直接覆盖压缩空气储能。

GB50029-2014 压缩空气站设计规范。此标准适用于装有电力驱动、工作压力小于或等于 42MPa 的空气压缩机新建、改建、扩建的压缩空气站及其压缩空气管道的设计。不适用于井下、洞内等特殊场所的压缩空气站，且未冷热电联供系统相关内容进行规范。

T/CECS 1300-2023 西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能技术导则。适用于西北村镇新建、扩建和改建建筑中的分布式压缩空气储能及微网安全供能系统应用工程，此标准使用场景单一，且未涉及冷热电联供系统。

现有国外测试标准：

在国际上，公开资料中并未存在专门针对这一高度集成系统的详细技术标准。与之密切相关的其他范围的标准和规范主要有 IEC 62933 系列标准。IEC 62933 系列标准包括多个部分，涵盖储能系统的各个方面，包括定义、分类、性能要求、测试方法等内容。其中，IEC 62933-1 提供了储能系统的概述和术语；IEC 62933-5-2 专门针对并网电化学储能系统提出了安全要求；IEC TS 62933-3-1 适用于设计用于室内或室外安装和运行的并网储能系统，讨论了储能系统的必要功能和能力、测试项目以及性能评估方法。但以上标准均不是专门针对压缩空气储能系统。

UL 9540A 是美国保险商实验室关于评估电池储能系统火灾风险的标准，主要基于国外储能系统现状进行修订，且主要适用于美国和加拿大等地区，与我国储能系统的实际应用场景存在一定差异。

3、与国内外相关标准的关系

分布式压缩空气储能冷热电联供系统设计已成为全球关注的焦点，

各国在应对这一技术挑战时，均制定了相应的标准和规范。这些标准涵盖了储能和冷热电联供相关系统设计、设备选型以及工程应用等多个方面，对压缩空气储能系统建设提出了具体要求。

国际上，国际电工委员会（IEC）、国际标准化组织（ISO）以及其他国际能源组织虽然已经发布了众多关于冷热电联供、储能、分布式能源和能效的标准。例如，IEC 61968-5: 2020、IEC TR 61850-90-27: 2023 和 IEEE 2030.6-2016 等标准，内容涵盖了企业集成分布式能源管理系统指导方案、热能系统接入电力网络的应用和监测需求响应效果评估。但针对压缩空气储能冷热电联供这种特定集成系统的全面技术标准尚未有专门的规范。

国内方面，相关的标准体系也在逐步完善中。国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会和中华人民共和国住房和城乡建设部等机构已发布了多个与压缩空气储能和冷热电联供相关的标准，如 GB/T 43687-2024《电力储能用压缩空气储能系统技术要求》和 GB/T 39779-2021《分布式冷热电能源系统设计导则》等。这些标准在一定程度上涵盖了电力储能用压缩空气储能系统设计技术要求，以气体燃料为主的分布式冷热电能源系统工程设计、施工、验收和运行管理，但并未存在专门针对“分布式压缩空气储能冷热电联供”这一高度集成系统的详细技术标准。

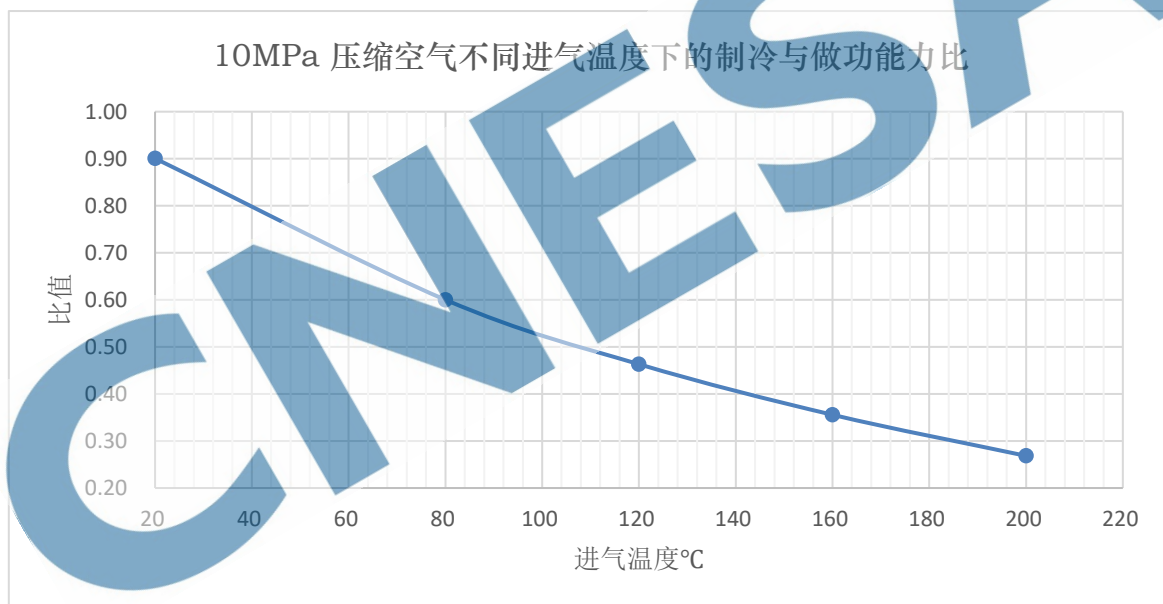
因此，本标准的制定不仅是对现有国内外标准的补充和完善，更是对分布式压缩空气储能冷热电联供系统设计的进一步深化。

五、标准内容说明（需论证所有指标的确定依据，包括确定范围的

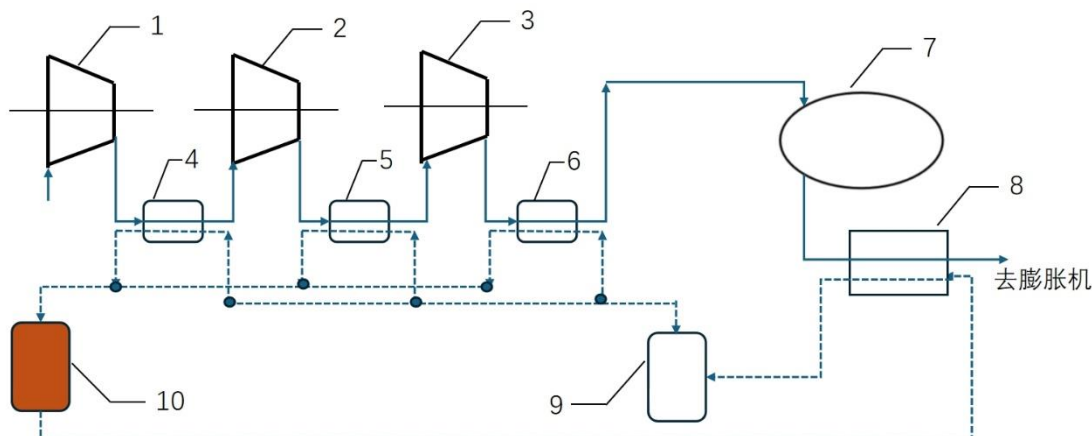
考虑)

(1) 条款 4.1.1: 分布式压缩空气储能系统进行设计时应综合考虑电、热、冷的供需匹配特性, 避免出现膨胀机发电时联产热(冷)供大于求, 造成热(冷)放散。

条款说明: 根据压缩空气的特性, 系统的冷电比随着进气温度升高而下降。在进气温度 10MPa, 温度 160℃时, 制冷功率占比发电功率的 0.35, 在向建筑物进行冷电联供时, 一般冷需求约占电需求的 1.0。可见若采用以冷定电的方式进行系统设计时, 发电能力将远远超过实际需求, 导致系统向电网大量反送电力。



(2) 条款 4.2.3: 对于压缩空气设计压力较高的系统, 空压机可采用分级压缩, 各级之间设置级间冷却器, 各级间冷却器空气侧串联布置; 水侧并联布置, 两端分别接入高温水罐和低温水罐。若再热器出口水温高于压缩空气冷却要求, 可设置冷却塔冷却。示意图见图 3。



1、2、3—多级空气压缩机；4、5、6—级间冷却器；7—高压空气储罐；8—再热器；9—低温储罐；10—高温储罐

图3 多级压缩系统示意图

条款说明：蓄热系采用双罐制，蓄热式时，低温水由低温罐向高温罐流动，释热式时，高温水由高温罐向低温罐流动。相比采用自然分层原理的单罐制蓄热罐的利用率较低，但主要考虑采用单罐制是均匀布水不容易做到。

(3)条款 4.3.1:进行热力系统设计时,应首先计算需求侧的冷(热)、电的最大负荷,计算冷(热)电比,结合膨胀机冷电比,确定“以冷(热)定电”、“以电定冷(热)”运行模式。压缩空气余热应优先用于膨胀机再热。

条款说明：蓄热系统的热量由压缩空气消耗的电能转化形成，约占空压机电耗的 70%，利用空压机余热供热实际上是利用电能供热，属于热能的降质使用，从热力学的角度看是不经济的。因此，建议蓄热优先用于再热压缩空气去发电。

(4) 条款 6.2.3: 保证压缩空气系统吸入空气的清洁性，压缩空气站应远离散发爆炸性、腐蚀性和有毒气体以及粉尘等有害物质的场所。

条款说明：进入空压机机的空气的风尘会与润滑油形成油泥，损耗

压缩机工作面，因此应避免进气口布置在有粉尘的地方。

(5) 条款 6.2.5: 压缩空气站应布置在多层建筑的底层，减少噪声和振动对建筑物、设备和环境的影响。

条款说明：设备工作时有噪声和振动向外传播，应远离对防噪声和振动要求较高的场所，故提出宜布置在多层建筑底层的要求。

(6) 条款 6.2.6: 压缩空气站应靠外墙布置，便于通风、散热和吸气。

条款说明：压缩空气进气口应避免布置在阳光直射或者通风不畅的地方，这样是为了避免进气口温度过高，增加压缩机的功耗。压缩空气站的朝向对站内的通风降温有很大影响。压缩空气站内由于机组大量散热，夏季机器间内气温很高，一般在 40℃ 左右，有的站内温度高达 45℃ 以上。充分利用自然通风是效果显著又最经济易行的降温措施。

(7) 条款 6.2.7: 多台压缩空气机组之间、机组与围墙之间应考虑便于设备安装和检修需要，设置适当的间距。

条款说明：布置机组及其他设备时，在其周围必须留有一定的通道，以便对设备进行日常的操作，并保证设备安装检修时零部件拆装及运输的需要。而通道宽度的确定主要考虑后者的要求。

(8) 条款 6.3.4: 活塞空气压缩机与储气罐之间,应装设止回阀, 以减小空气压缩机启动电流; 空气压缩机与止回阀之间,应设置放空管,放空管上应设置消声器。

条款说明：为了使空气压缩机能在无背压情况下启动，以减小电动机的启动电流,在空气压缩机与储气罐(或排气管)之间应装设止回阀。在无背压情况下,空气压缩机可以采用不同方式做到卸载启动。对活塞空

气压缩机,可以采用: (1)关闭减荷阀; (2)顶开吸气阀进行气量调节; (3)打开放空管。

(9) 条款 6.3.5: 活塞空气压缩机与储气单元之间, 不应装设切断阀, 当需要装设切断阀时, 在空气压缩机与切断阀之间必须装设安全阀。

条款说明: 在活塞空气压缩机与储气单元之间装设切断阀易发生误操作事故, 因而不宜装设此阀门。但也有单位认为, 目前使用的旋启式或升降式止回阀在使用中有撞击声并易损坏, 不如用闸阀方便, 或在止回阀后再装闸阀以利检修, 但这些做法在安全上都存在隐患。因此, 如果要装设切断阀, 则在空气压缩机与切断阀之间必须装设安全阀, 以保证安全运行。

(10) 条款 7.1.3: 储气系统应装设紧急泄压管及安全阀, 与进气总管、排气总管之间应装设隔断阀。

条款说明: 储气系统上装设安全阀是为了在储气单元内压力超过额定值时泄压, 防止爆炸。储气单元与进气总管、排气总管之间应装设隔断阀, 是为了当机组停用检修时切断与总管系统的联系。

(11) 条款 7.1: 一般要求

条款说明: 根据分布式压缩空气储气系统特点和 TSG 21 等相关安全技术规范的规定, 确定了储气系统零部件组成及符合相关标准的要求;

(12) 条款 7.2: 储气容器

条款说明: 根据 TSG 21 的规定并参照 GB/T 43687《电力储能用压缩空气储能系统技术要求》和 NB/T 11475《瓶式压力容器》, 确定了储气容器设计压力范围为不大于 50MPa、储气容器工作温度为-40℃~85℃、

储气容器设计年限不超过 20 年、对储氢容器的原材料、储气容器容积计算方法进行了规定。

(13) 条款 7.3: 管路系统

条款说明: 根据介质特性, 参照 GB/T 20801.3 《压力管道规范》提出了管路设计参数, 管路材质的选用, 管路系统专项技术要求。

(14) 条款 7.4: 安全附件及仪表

条款说明: 储气容器参照 NB/T 11475 《瓶式压力容器》, 提出了超压泄放装置选用形式, 并规定了超压泄放装置的技术要求以及温度计、压力表技术参数要求。

(15) 条款 7.5: 支撑装置

条款说明: 支撑装置参照 NB/T 11475 《瓶式压力容器》, 提出了与储气容器连接形式要求、设计要求。

(16) 条款 11.1.2: 压缩空气站应装设热工报警信号和自动保护控制装置, 并在测点异常情况下具备热工报警和自动停机功能, 报警和控制功能见附录 B。

条款说明: 本条文规定了热工报警信号和自动保护控制装置的设置范围, 以使压缩空气站内的设备在某些参数偏离规定值或出现某些异常情况时发出灯光和音响, 引起值班人员注意, 从而及时采取相应的处理措施。热工报警系统应具有闪光、重复音响、人工确认、试灯和试音等功能。为便于设计人员了解和确定不同机型空气压缩机所需的热工报警信号和自动保护控制, 本规范采用附录的方式列出以供使用。

六、标准的创新性与先进性

本标准首次提出了分布式压缩空气储能冷热电联供系统详细设计导则。标准提出了热力系统计算方法，依据典型场景初始参数对系统可行性进行验证，同时得到分布式压缩空气储能冷热电联供系统不同初始参数条件下的各状态点热力学数据，以便对照参考使用。此外，标准提出了典型工况下冷电比计算方法，帮助企业和相关部门更好地进行系统规划设计，具有重要的技术价值和应用意义。本标准结合中国对储能技术和冷热电联供的实际需求，填补了分布式压缩空气储能冷热电联供这一集成系统设计标准的空白，该标准的实施将有力推动分布式压缩空气储能冷热电联供系统的技术发展。

七、标准中涉及专利情况

不涉及

八、标准实施后预期的经济和社会效益

《分布式压缩空气储能冷热电联供系统设计导则》标准的实施，将对我国分布式压缩空气储能冷热电联供行业的发展带来显著的经济和社会效益。具体分析如下：

经济效益：明确分布式压缩空气储能冷热电联供系统的设计标准，可有效指导项目开展、装备制造、工程设计、施工建设与产业协同，提升系统效率与可靠性、保障工程安全稳定、确保系统顺利投运、促进产业链协同。标准的应用有利于降低分布式压缩空气储能冷热电联供项目成本、降低施工风险、提高整体效益与竞争力。对于推动压缩空气储能冷热电联供产业发展，推动新型电力系统发展，培育新技术、新产品、

新产业具有重要意义。

社会效益：本标准的实施有助于优化分布式压缩空气储能冷热电联供系统运行策略与设备配置、提升能源利用效率与环保措施、协调发电与用能及储能调度的设计。分布式压缩空气储能冷热电联供系统是能源综合利用的重要模式以及节能减排和解决弃光问题的有效途径。本标准将推动能源高效利用与可持续发展，促进产业升级。

九、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况

本标准未采用国际标准。

本标准参考并吸收了多个国家标准的核心内容，特别是 GB/T 43687-2024《电力储能用压缩空气储能系统技术要求》和 GB 50029-2014《压缩空气站设计规范》。GB/T 43687-2024 对压缩空气储能系统性能要求、各子系统技术要求、性能试验方法和系统分类要求进行了详细规定。GB 50029-2014 是设计压缩空气站的重要依据，确保了设计的安全性和可靠性。以上规范为压缩空气储能系统的设计、制造、安装、调试、运行和维护提供了技术依据，有助于推动压缩空气储能技术的发展和运用，提高我国在储能领域的竞争力。

在对比国内外标准时发现，关于“分布式压缩空气储能冷热电联供系统”这一具体技术组合，目前国内外公开资料中并未存在专门针对这一高度集成系统的详细技术标准，专项标准的制定工作还在探索或初步阶段。与之密切相关的标准如 IEC 62933 系列、GB/T 39779-2021、GB/T

43687-2024 等均不直接覆盖分布式压缩空气储能冷热电联供系统。考虑到中国市场的现实需求，本标准在参考这些国内外标准的基础上，针对国内分布式压缩空气储能冷热电联供系统的具体应用场景进行了完善和优化，并在适用性和操作性上更加符合中国的实际情况。这些改进确保了本标准不仅具备国际先进水平，还更符合国内的实际应用需求，确保了标准的科学性、先进性和可操作性。

十、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

在编制《分布式压缩空气储能冷热电联供系统设计导则》时，充分考虑了现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性，以确保本标准的科学性、适用性和可操作性。本标准的制定基于现有的国家法律法规以及行业标准，力求与现行法规和标准体系相一致，并在适用范围内弥补了现行标准的空白。

本标准的压缩空气系统部分完全遵守参照了《压缩空气站设计规范》（GB50029-2014）国家强制标准，确保了本标准与该供领域强制标准的一致性和兼容性。

十一、重大分歧意见的处理经过和依据

在《分布式压缩空气储能冷热电联供系统设计导则》标准的编制过程中，各相关单位和专家对标准内容进行了广泛讨论和深入研究。尽管编制组在起草过程中力求科学严谨，并广泛征求了各方意见，但在某些关键技术问题上仍存在一定的分歧。为确保标准的科学性、合理性和可操作性，编制组对这些重大分歧意见进行了系统处理，以下是具体的处

理经过和依据。

分歧意见的主要内容：在膨胀机发电供大于求时是否向电网反馈电力的问题上，部分专家认为反馈电力会影响电网的安全稳定运行，尤其是目前分布式光伏存在比较无法消纳的问题，不得不向电网大量反送电力，导致电网调节压力激增，建议重新考虑这一条准则的合理性。另一些专家则认为分布式压缩空气储能冷热电联供系统作为一种储能形式，能够应对新能源消纳困难，缓解电网调节压力，电力返送电网存在合理性。

分歧处理经过和依据：针对以上分歧，编制组多次组织相关领域的专家、企业代表和标准化研究人员召开专题讨论会，对各方意见进行深入交流。此外，编制组广泛征求来自企业、高校、研究机构的反馈意见。在处理分歧意见时，编制组主要依据科学性与可操作性及行业实际需求等原则。

最终处理结果：经过反复讨论和综合考虑，编制组综合考虑操作性和精确度，编制组决定将禁止分布式压缩空气储能发电向电网反送电力的内容删除。

十二、标准性质的建议说明

《分布式压缩空气储能冷热电联供系统设计导则》标准属于推荐性团体标准，由团体成员约定采用或者按照本团体的有关规定供社会自愿采用，其制定旨在为分布式压缩空气储能冷热电联供系统设计提供科学依据和技术支持。由于分布式压缩空气储能冷热电联供系统在储能和冷热电联供领域的重要性与广泛应用，该标准的实施有助于规范行业行为，

提升整体技术水平。

十三、贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过度办法、实施日期等）

(1) 组织措施

为了确保《分布式压缩空气储能冷热电联供系统设计导则》标准的有效实施，需要在全国范围内形成多层次、多部门的协调机制。建议成立由中关村储能产业技术联盟、研究机构、高校和相关企业组成的标准推广与实施委员会，负责统筹和协调标准的贯彻工作。由中关村储能产业技术联盟应积极组织开展培训和宣传活动，帮助相关单位和人员深入理解标准内容，确保其在实际应用中的一致性和有效性。

(2) 技术措施

人员培训：制定详细的培训计划，涵盖试验方法、数据处理、结果分析等内容。确保参与标准实施的技术人员具备必要的理论知识和实践技能，以便能够准确执行标准的各项要求。

数据共享与交流：建立行业内的数据共享平台，鼓励各实验室和企业分享试验数据和实施经验。这有助于提高标准的执行效率，并推动标准的进一步完善。

(3) 实施日期

为确保各相关单位有充足的时间进行准备，建议本标准自发布之日起，设定 3 个月的准备期，并于准备期结束后正式实施。具体实施日期建议为标准发布后的第 90 天。在此期间，所有相关单位应完成必要的组织和技术准备工作，以确保标准的顺利执行。

十四、废止现行相关标准的建议

不涉及

十五、其它应予说明的事项

无

《分布式压缩空气储能冷热电联供系统设计导则》标准起草小组

2024 年 10 月 15 日

CNESA