



T/CECS XXXX- 202X

中国工程建设标准化协会标准

西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全 供能技术导则

Technical Guidelines for Distributed Compressed Air Energy Storage and
Microgrid Safe Energy Supply in Northwest Villages and Towns

（征求意见稿）

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2021年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2021]20号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本导则。

本导则共分9章，主要技术内容是：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 分布式压缩空气储能系统；5 供热（冷）系统；6 微网安全供能系统；7 施工及安装；8 调试及验收；9 运行维护。

请注意本导则的某些内容可能直接或间接涉及专利，本导则的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本导则由中国工程建设标准化协会绿色建筑与生态城区专业委员会归口管理，由青海大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送解释单位（地址：青海省西宁市城北区宁大路251号，邮编：810016）。

主 编 单 位：青海大学、中国建筑科学研究院有限公司

目 录

1 总则	5
2 术语	6
3 基本规定	7
4 分布式压缩空气储能系统	8
4.1 一般规定	8
4.2 负荷计算	8
4.3 系统设计	9
4.4 设备选型	11
5 供热（冷）系统	13
5.1 一般规定	13
5.2 负荷计算	13
5.3 系统设计	14
5.4 设备选型	15
6 微网安全供能系统	17
6.1 一般规定	17
6.2 系统设计	17
6.3 设备选型	19
7 施工安装	21
7.1 一般规定	21
7.2 分布式压缩空气储能系统	21
7.3 供热（冷）系统	21
7.4 微网安全供能系统	22
8 调试及验收	23
8.1 一般规定	23
8.2 分布式压缩空气储能系统	23
8.3 供热（冷）系统	24
8.4 微网安全供能系统	24
9 运行维护	26
9.1 一般规定	26
9.2 分布式压缩空气储能系统	26
9.3 供热（冷）系统	26
9.4 微网安全供能系统	27
附：条文说明	28

Contents

1	General Provisions.....	5
2	Terms.....	6
3	Basic regulations.....	7
4	Distributed compressed air energy storage system.....	8
4.1	General regulations.....	8
4.2	Consideration of load.....	8
4.3	Systematic design.....	9
4.4	Equipment selection.....	11
5	Heat (cold) supply system.....	13
5.1	General regulations.....	13
5.2	Consideration of load.....	13
5.3	Systematic design.....	14
5.4	Equipment selection.....	15
6	Microgrid safety energy supply system.....	17
6.1	General regulations.....	17
6.2	Systematic design.....	17
6.3	Equipment selection.....	19
7	Construction and installation.....	21
7.1	General regulations.....	21
7.2	Distributed compressed air energy storage system.....	21
7.3	Heat (cold) supply system.....	21
7.4	Microgrid safety energy supply system.....	22
8	Commissioning and acceptance.....	23
8.1	General regulations.....	23
8.2	Distributed compressed air energy storage system.....	23
8.3	Heat (cold) supply system.....	24
8.4	Microgrid safety energy supply system.....	24
9	Operation and Maintenance.....	26
9.1	General regulations.....	26
9.2	Distributed compressed air energy storage system.....	26
9.3	Heat (cold) supply system.....	26
9.4	Microgrid safety energy supply system.....	27
	Addition: Explanation of provision.....	28

1 总则

1.0.1 为贯彻实施能源节约、环境保护政策,促进清洁高效供能技术的有效应用,指导西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统的设计、施工、安装、调试、验收及运行维护,制定本导则。

1.0.2 本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。

1.0.3 西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统的建设及应用除应符合本导则外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 分布式压缩空气储能系统 distributed compressed air energy storage system

分布式压缩空气储能系统指以空气作为储能介质进行电能存储和释放的系统，分布式压缩空气储能系统应同时具备热电联产联供以及可灵活布置、不受地域条件限制的特征。

2.0.2 供热（冷）系统 heating (cooling) system

通过循环管道把热量（冷量）输送到用热（冷）场景供给用户使用的系统。

2.0.3 末端供热设备 terminal heating system

位于热循环管道的末端、将热量释放给用户侧的设备。

2.0.4 微网安全供能系统 microgrid safety energy supply system

微网安全供能系统是一个能够在满足用户多能需求的前提下做到安全稳定运行的供能系统，既可以与外部网络并网运行，也可孤立自治独立运行。

2.0.5 微电网 microgrid

由分布式发电、用电负荷、储能、监控、保护和自动化装置等组成，是一个能够基本实现内部电力电量平衡的小型供电网络。

2.0.6 自愈 self-healing

电网在正常运行时能够及时发现、快速诊断、调整或消除故障隐患，在故障发生时能够快速隔离故障、自我恢复、不影响用户正常供电或将影响降至最小的能力。

2.0.7 供能可靠性 Reliability of Energy Supply, RES

供能系统满足不同用户对电、冷、热、气连续用能要求的能力。

2.0.8 供能质量 Energy Supply Quality ESQ

提供合格、可靠的电、气、热、冷等能源的能力和程度。电能质量包括电压、频率、波形等；气能质量包括气压、流量等；热（冷）能质量包括温度、流量等。

3 基本规定

3.0.1 西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统应适用于西北地区高寒、高海拔、大风沙的地理环境，应具备在海拔高于 2500m、环境温度低于-30℃、水平能见度介于 1km~10km 的扬尘天气下安全稳定运行的能力。

3.0.2 西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统包括分布式压缩空气储能系统、供热（冷）技术系统及微网安全供能系统。

3.0.3 西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能的系统设计可充分利用西北地区的风电、光伏及光热等外部资源，遵循安全高效的原则，提高系统的经济性和环保性。

3.0.4 分布式压缩空气储能系统的设计应综合考虑场地布局特征，应遵循紧凑化设计思路，减少系统的占地面积。

3.0.5 西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统的选址应避开滑坡、泥石流等地质危险地段，必须远离易燃易爆等危险场所。

3.0.6 西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统应具备供电能力和供热能力，可用于村镇居民建筑、农业园区及村镇厂房的供暖和供电。

4 分布式压缩空气储能系统

4.1 一般规定

- 4.1.1 分布式压缩空气储能系统应具备模块化拼接功能。
- 4.1.2 分布式压缩空气储能系统应具备热电联储联供的运行能力。
- 4.1.3 分布式压缩空气储能系统应具备离网运行功能和并网运行功能。
- 4.1.4 分布式压缩空气储能系统应具备在海拔高于 2500m，环境温度低于-30℃西北地区环境下稳定运行的能力。
- 4.1.5 分布式压缩空气储能系统总占地面积应小于 2000m²。
- 4.1.6 分布式压缩空气储能系统输出功率不应超过 1MW，输出电压不应超过 10kV 交流。

4.2 负荷计算

- 4.2.1 分布式压缩空气储能系统负荷计算应包括压缩耗电功率计算、透平发电功率计算及供热负荷计算。
- 4.2.2 分布式压缩空气储能系统的压缩耗电功率计算、透平发电功率计算应通过逐时年平均净供电负荷确定，并应符合下列规定：

- 1. 分布式压缩空气储能系统的平均净供电负荷可按下式计算：

$$P_{net} = \frac{1}{365} \sum_{i=1}^{365} P_{v,i} + P_{w,i} - P_{s,i} \quad 4.2.2-1$$

式中：

P_{net} — 逐时年平均净供电负（kW）；

$P_{v,i}$ — 为每天光伏逐时发电功率（kW）；

$P_{w,i}$ — 为每天风电逐时发电功率（kW）；

$P_{s,i}$ — 为每天建筑逐时用电功率（kW）；

- 2. 分布式压缩空气储能系统的压缩耗电功率可按下式计算：

$$P_c = \max(P_{net}) \quad 4.2.2-2$$

式中：

P_c — 压缩耗电功率（kW）；

3. 分布式压缩空气储能系统的透平发电功率可按下式计算：

$$P_e = |\min(P_{net})| \quad 4.2.2-3$$

式中：

P_e — 透平发电功率（kW）；

4.2.3 分布式压缩空气储能系统的供热负荷可按本导则 5.2 章节计算。

4.3 系统设计

4.3.1 分布式压缩空气储能系统设计应根据西北地区的气候条件、用户用能要求、场地大小、投资规模及安装条件等因素综合确定。

4.3.2 分布式压缩空气储能系统应由压缩子系统、换热子系统、蓄热子系统、储气子系统、透平发电子系统五部分构成。

4.3.3 分布式压缩空气储能系统的设计应优先满足用户的供电负荷，再满足供热负荷。应充分发挥西北地区的光资源优势，以光热作为外部热源，提高系统供热能力和经济性。

4.3.4 分布式压缩空气储能系统输出的电能品质要求应满足下列规定：

- 1 系统输出频率应保持在 $50\text{Hz} \pm 0.5\text{Hz}$ 的范围内，频率稳定度应低于 $\pm 1\%$ ；
- 2 输出额定功率，系统交流输出电压变化范围应不超过额定值 $\pm 10\%$ 。

4.3.5 压缩子系统额定运行功率应低于项目所在区域输电线路允许的最大负载功率。

4.3.6 压缩子系统应具备不少于额定功率 70%~100% 内变负载运行的能力。

4.3.7 压缩子系统最大出口空气压力不应高于储气系统的最大设计承压能力。

压缩子系统的出口空气温度不应高于 50°C 。

4.3.8 空气压缩子系统的设计应符合现行国家标准《离心式压缩机基础设计规定》HG/T 20555、《活塞式压缩机基础设计规定》HG/T 20554 的有关规定。

4.3.9 换热子系统中换热器的热损系数不应低于 0.98，传热有效度不应低于 0.7。

4.3.10 换热器的换热介质凝固温度应低于项目所在地 30 年内最低温度，换热介质沸点温度不应低于设计的蓄热温度。

4.3.11 换热系统的设计应符合现行国家标准《热交换器》GB151 及《压力容器》GB150 的有关规定。

4.3.12 蓄热子系统应增设保温措施，保温措施应保证蓄热介质温度在环境温度

-30°C、环境风速 1m/s 情况下，24h 内的温降不大于 1.5°C。

4.3.13 储气子系统设计最大承压能力不应低于 8MPa；

4.3.14 储气子系统体积可按下式计算：

$$V = \frac{q_m t R_g T}{(P_{max} - P_t)} \quad 4.3.14$$

式中：

V — 储气系统储罐有效体积 (m³)；

q_m — 透平系统额定质量流量 (kg/s)；

t — 透平系统额定运行时间 (s)；

R_g — 空气气体常数 (287.15)；

T — 储罐内空气温度 (K)；

P_{max} — 设计最大储气压力 (Pa)；

P_t — 设计节流压力 (Pa)。

4.3.15 储气系统的设计应符合现行国家标准《压力容器》GB150、《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG21 的有关规定。

4.3.16 透平发电子系统额定运行功率不应低于用户最大负荷。

4.3.17 透平发电子系统应具备不少于额定功率 10%~100%内变负载运行的能力。

4.3.18 透平发电子系统出口空气温度应高于零度。

4.3.19 空气透平发电系统的设计应符合现行国家标准《透平型同步电机技术要求》GB 7064、《旋转电机定额和性能》GB755、《三相同步电机试验方法》GB1029、《旋转电机绝缘电阻测试》GB20160 的有关规定。

4.4 设备选型

4.4.1 压缩机的选型应符合下列规定：

1 压缩机选型应优先满足设计的气量、压力和温度参数的要求，应充分考虑西北高海拔地区空气密度低、空气湿度小等因素对压缩机选型的影响；

2 压缩机应具备在海拔 2500m 以上，环境温度-30℃以下稳定运行的能力，宜具备变频运行功能，正常使用寿命不应少于 25 年；

3. 压缩机出口空气中固体粒子尺寸应低于 3 μm ，固体粒子浓度应低于 1 mg/m^3 ；

4. 压缩机出口空气压力露点温度应低于-40℃；

5. 压缩机出口空气含油量应小于 5 mg/m^3 ，可优先选择无油压缩机；

6. 压缩机的性能应符合现行国家标准《一般用固定式往复式空气压缩机技术条件》GB 13279、《石油、化学和气体工业用轴流、离心压缩机及膨胀机—压缩机》API 617、《石油化工离心、轴流压缩机工程技术规范》SH/T 3144 的有关规定。

4.4.2 储气罐的选型应符合下列规定：

1. 储气罐的选型应符合安装场地的要求；

2. 储气罐应具备在-30℃环境温度下安全稳定工作的能力，正常使用寿命不应少于 25 年；

3. 储气罐应设置泄压阀，泄压阀阈值应低于储气罐最大储气压力，应比储气罐正常工作压力高 10%；

4. 储气罐应设置有指示罐内空气的压力表；

5. 储气罐应设置便于检查的人孔或手孔；

6. 储气罐底端应设置有排放油水的接管和阀门；

7. 储气罐的性能应符合现行国家标准《压力容器》GB 150.1-150.4 的有关规定。

4.4.3 储热罐的选型应符合下列规定：

1. 储热罐的容积不应小于设计储热温度下所有蓄热介质体积的 1.2 倍。

2. 当存储蓄热介质压力小于 0.1 MPa 时，储热罐型式可选用立式平底筒形储罐。

3. 当存储蓄热介质压力大于 0.1MPa 时，储热罐型式可选用卧式储罐。
4. 储热罐材质应根据蓄热介质的化学特征、存储温度及压力等级，选择碳钢、不锈钢等。
5. 储热罐的性能应符合现行国家标准《钢制化工容器设计基础规定》HGT 20580、《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》GB 50341、《钢制球形储罐》GB 12337 的有关规定。

4.4.4 换热器的选型应综合考虑热负荷、流体性质、流体允许的压降、使用安全性及寿命等因素，可选择管壳式换热器。

4.4.5 透平机的选型应符合下列规定：

1. 透平机膨胀机厂家应确定透平机膨胀机产品的额定工况参数和允许工作范围。
2. 透平机额定运行转速不应高于发电机轴承允许的最大转速。
3. 透平膨胀机的等熵效率应满足分布式压缩空气储能系统的要求。
4. 额定运行工况下透平膨胀机的等熵效率不应低于设计效率的 98%。
5. 透平机膨胀机厂应具备在海拔 2500m 以上，环境温度-30℃以下稳定运行的能力，宜具备变工况运行功能，正常使用寿命不应少于 25 年。

4.4.6 发电机的选型应符合下列规定：

1. 发电机应满足每日启停次数不应少于 1 次，大修间隔时间不应少于 10 年。
2. 运行期间发电机输出的电压和频率应符合现行国家标准《旋转电机 定额和性能》GB/T 755 的有关规定。
3. 发电机应具备在海拔 2500m 以上，环境温度-30℃以下稳定运行的能力，正常使用寿命不应少于 25 年。

4.4.7 整流逆变装置的选型应符合下列规定：

1. 整流逆变装置输出频率变化范围应为 50Hz±1Hz；
2. 整流逆变装置应有限流、过流、限压保护功能；
3. 整流逆变装置应具备离网运行和并网运行功能；
4. 整流逆变装置应具备在海拔 2500m 以上，环境温度-30℃以下稳定运行的能力，正常使用寿命不应少于 15 年。

5 供热（冷）系统

5.1 一般规定

5.1.1 分布式压缩空气储能系统应根据西北村镇末端季节性需求变化切换供热、供冷工况。

5.1.2 分布式压缩空气储能系统的余热可用于供热或供生活热水，需要根据西北地区村镇末端用能特点，确定末端设备形式。

5.1.3 压缩空气储能系统可利用压缩余热制冷或透平出口的冷风供冷，采用何种方式需经技术经济比较确定。

5.2 负荷计算

5.2.1 应用于西北村镇的供热（冷）系统负荷应包括冬季供热负荷和夏季供冷负荷两类负荷。

5.2.2 供热（冷）系统负荷的确认应优先采用或参考实测，其次可通过计算获得。

5.2.3 供热负荷为采暖期室外平均气温条件下的建筑物散热量；供冷负荷为供冷期室外平均气温条件下的维持建筑物室内温度在一定要求范围内的用冷量。系统的供热负荷和供冷负荷（ Q ）可按下列公式计算：

$$Q=Q_1+Q_2+Q_3 \quad 5.2.3-1$$

$$Q_1=K_s A_s |t_i-t_o| \quad 5.2.3-2$$

$$Q_2=0.5kVN|t_i-t_o| \quad 5.2.3-3$$

$$Q_3=K_t A_t |t_i-t_o| \quad 5.2.3-4$$

式中：

Q_1 —— 建筑围护结构的传热损失（冷负荷）（W）；

Q_2 —— 冷风渗透热损失（热风侵入冷负荷）（W）；

Q_3 —— 地面传热损失（地面冷负荷）（W）；

K_s —— 建筑围护结构传热系数 [W/(m²·°C)]；

A_s —— 建筑围护结构面积（m²）；

t_i —— 建筑室内设计温度（°C）；

t_o —— 建筑室外环境温度（°C）；

k —— 风速因子，可取 1.04；

V —— 建筑体积 (m^3) ;

N —— 每小时换气次数, 可取 1.4 ;

K_f —— 建筑围护结构传热系数 [$\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$];

A_f —— 建筑地面面积 (m^2) 。

5.2.4 夏季用冷负荷和冬季供热负荷的计算由具体应用场景的结构参数、所在地的历史气象数据和经济作物的生长习性等共同决定, 需结合实际情况开展两类负荷的计算。

5.3 系统设计

5.3.1 分布式压缩空气储能系统的余热供热(冷)系统应由储热设备、余热吸收式冷水机组、供热(冷)循环管道、末端供热(冷)设备四大部分组成。

5.3.2 供热(冷)负荷计算可参考现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736、《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》的有关规定 GB50019 的有关规定。

5.3.3 供冷供热温度设计应符合现行国家标准《农村居住建筑节能设计标准》GB/T 50824 的有关规定。

5.3.4 供热(冷)系统应优先使用分布式压缩空气储能系统中的余热。当余热不足时, 宜采用辅助热源, 辅助热源优先选用热泵、生物质、燃气、电等清洁能源。

5.3.5 供热系统的末端设备根据压缩空气储能系统与用热条件确定。

5.3.6 供热系统末端设备应具备室温调控功能。

5.3.7 供热(冷)系统应设置热(冷)计量装置。

5.3.8 供热(冷)系统的回水温度范围应保证压缩空气储能系统电-电转换效率变化值低于 1%。

5.3.9 根据西北村镇气候条件, 应考虑对位于室内外的供热(冷)管道进行相应的保温防冻处理。

5.3.10 热循环管道的布置应以减少管道长度、减小热损、减小压降为设计原则。

5.3.11 供热(冷)系统的能效比 EER_{HVAC} 宜高于 60%, EER_{HVAC} 可按下式计算:

$$EER_{HVAC} = \frac{Q_{HVAC}}{E_{HVAC}} = \frac{Q_{Hi} + Q_{Ci}}{E_{Hi} + E_{Ci} + E_{Ai}} \quad 5.3.11-1$$

式中:

Q_{HVAC} —— 供热（冷）系统全年累计供冷量和供热量总和（kW/h）；

E_{HVAC} —— 压缩空气储能系统全年累计散热、散冷量与辅助能源总和（kW/h）；

Q_{Hi} —— 供热（冷）系统全年累计供热量（kW/h）；

Q_{Ci} —— 供热（冷）系统全年累计供冷量（kW/h）；

E_{Hi} —— 压缩空气储能系统全年总散热量（kW/h）；

E_{Ci} —— 压缩空气储能系统全年总散冷量（kW/h）；

E_{Ai} —— 压缩空气储能系统全年总辅助能源消耗量（kW/h）。

5.3.12 储热设备的储热效率 η_{tes} 宜大于 95%，储热效率 η_{tes} 可按下列公式计算：

$$\eta_{tes}=Q_{out}/Q_{in} \quad 5.3.12-1$$

$$Q_{in} = \int_0^{\tau_{ch}} \dot{m}_{HTF} (h_{in} - h_{out}) d\tau \quad 5.3.12-2$$

$$Q_{out} = \int_0^{\tau_{dch}} \dot{m}_{HTF} (h_{out} - h_{in}) d\tau \quad 5.3.12-3$$

式中：

Q_{out} —— 储热设备放热量（J）；

Q_{in} —— 储热设备储热量（J）；

\dot{m}_{htf} —— 传热流体的流量（kg/s）；

h_{out} —— 储热器出口流体的焓（J/kg）；

h_{in} —— 储热器入口流体的焓（J/kg）；

τ_{dch} —— 放热时间（s）；

τ_{ch} —— 储热时间（s）。

5.4 设备选型

5.4.1 分布式压缩空气储能系统供热（冷）应充分利用分布式压缩空气储能系统的余热（冷），且需采用储热设备解决供应侧与用能侧时空不匹配特性。储热设备选型应符合下列规定：

1. 高温储热介质应优先选用油，中低温储热介质应优先选用水。
2. 在储热密度、紧凑性要求较高时宜选用梯级相变储热形式，相变储热介质的相变焓宜大于 200 kJ·kg⁻¹。
3. 储热设备应严密、无渗漏，内部部件应做抗腐蚀处理，防腐涂料应卫生、无毒。

4. 储热设备的构造和材料应能长期耐受所储热工况的最高温度。

5.4.2 利用分布式压缩空气储能系统中的余热进行制冷时，制冷设备选型应符合下列规定：

1. 余热热水温度 $\geq 150^{\circ}\text{C}$ 时，应采用双效型吸收式制冷机；

2. 余热热水温度 $\geq 90^{\circ}\text{C}$ 时，应采用单效型吸收式制冷机。

5.4.3 供热（冷）系统的末端设备应根据供水温度和流量等条件，合理选用地板辐射、散热器或风盘等方式，或多种方式的组合。

6 微网安全供能系统

6.1 一般规定

6.1.1 微网安全供能系统应在保证系统安全稳定运行的基础上对系统内电热(冷)负荷用户进行长时间的可靠安全供能。

6.1.2 微网安全供能系统应具备并网运行和独立运行两种运行模式,运行模式切换过程中不应中断负荷供能。

6.1.3 微网安全供能系统宜以微电网为主体,包括独立型微电网和接入 35kV 及以下电压等级配电网的并网型微电网。

6.1.4 微网安全供能系统应满足用户对电、气、热/冷等能源的连续用能要求,同时考虑系统元件的计划停运及合理的非计划停运。可通过合理增加储能系统、优化运行方式、加强系统薄弱环节等措施提高系统供能可靠性。

6.1.5 微网安全供能系统应满足供能安全准则的要求,当系统中某一元件发生故障后,应在故障修复后恢复供能,缺供能范围仅限于该元件故障所影响的负荷。

6.1.6 微网安全供能系统应为安全、可靠、经济地向用户供能,供能系统应具有必要的容量裕度、适当的储能系统、一定的自愈能力和应急处理能力、合理的分布式电源接纳能力。

6.1.7 微网供能系统应有序提升智能化水平,应提供微网(微电网、热力微网等)和配网(配电网、热力分配网络、燃气分配网络等)运行监控服务,具备能源数据采集、设备控制、故障定位等功能,具备对分布式可再生能源、微网、储能、新能源汽车等接入安全管控。

6.2 系统设计

6.2.1 微网安全供能系统设计应该根据所在地区的用户需求、供能范围、投资规模、设备的容量以及负荷量要求等各种因素综合确定。

6.2.2 微网安全供能系统的建设应充分考虑建设场地的地理环境、气候特点等因素,并应符合相关环境评价要求。

6.2.3 微网安全供能系统的建设场地应符合现行国家标准《电力设施抗震设计规划》GB 50260 中的抗震要求和《建筑设计防火规范》GB 50016 中的防火要求。

6.2.4 微网安全供能系统建设场地在西北村镇地区时,应充分考虑大风、严寒、风沙和野生动物对微网安全供能系统的影响。

6.2.5 微网安全供能系统年可用率不宜低于 99%,平均故障间隔时间不宜高于 18

000h。

6.2.6 微网安全供能系统在独立运行模式下，负荷持续供电时间不宜低于 1h，重要负荷持续供电时间不宜低于 3h。

6.2.7 微网安全供能系统宜具备储能系统的安全预警功能，储能荷电状态过高/过低时应能够预警。

6.2.8 微网安全供能系统内微电网的设计运行应符合现行国家标准《电力系统安全稳定导则》GB38755、《微电网接入电力系统技术规定》GB/T 33589 和《微电网接入配电网运行控制规范》GB/T 349930 的有关规定。

6.2.9 微网安全供能系统内分布式电源的并网设计应符合现行国家标准《分布式电源并网技术要求》GB/T 33593 的有关规定。

6.2.10 微网安全供能系统供电设备故障概率可按下式计算：

$$U = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} = \frac{f \times MTTR}{8760} \quad 6.2.10$$

式中：

λ —主要供电设备的失效率（失效次数/年）；

μ —主要供电设备的修复率（修复次数/年）；

$MTTR$ —主要供电设备的年平均修复时间（h）；

f —主要供电设备的平均失效频率（失效次数/年）；

6.2.11 供电可靠性指标可按给定的电网结构、典型运行方式以及可靠性相关计算参数条件选择典型区域进行分析计算。

6.2.12 供电可靠近计算分析应确定现状和规划期内配电网的可靠性指标，分析影响供电可靠性的薄弱环节，提出改善供电可靠性指标的规划方案。

6.2.13 供电可靠性指标计算方法可参照现行行业标准《供电系统用户供电可靠性评价规程》DL/T836 的相关规定。

6.2.14 微网安全供能系统宜具备供电风险评估分析功能，能够计算评价现有供电系统的风险指标。

6.2.15 供电可靠性指标可按给定的电网结构、典型运行方式以及可靠性相关计算参数条件选择典型区域进行分析计算。

6.2.16 微网安全供能系统宜具备故障定位功能。

6.2.17 微网安全供能系统宜具备薄弱环节分析功能，根据实时运行数据、可再生能源与负荷预测数据、关键设备故障数据及运行约束条件，通过优化计算分析定位系统薄弱环节，并提供相关的检修加固计划

6.3 设备选型

6.3.1 分布式能源设备的选型应符合下列规定：

1 分布式能源接入的分布式电源升压站或输出汇总点的电气主接线方式，220V、380V 宜采用单元或单母线接线，10kV、35kV 宜采用线变组或单母线接线。

2 分布式能源通过 35kV 电压等级接入电网的升压变应采用有载调压变压器。

3. 分布式能源接入的并网公共连接点为负荷开关时，宜改造为断路器，380/220V：应安装易操作、具备开断指示、具备开断故障电流能力的断路器，35/10kV：应安装易操作、可闭锁、具有明显开断点、具备接地条件、可开断故障电流的开断设备。

6.3.2 保护装置的选型应符合下列规定：

1. 当 10（6）kV~35kV 线路带有分支时，带电源的各分支侧宜配置（方向）过流保护或距离保护，当保护性能不满足要求时，可配置纵联电流差动保护；

2. 10(6)kV~35kV 架空线路或架空电缆混合线路可根据实际情况采取满足运行安全的重合闸方式；

3 380V /220V 线路宜配置过流和过负荷保护,可由具备短路瞬时、长延时保护和分励脱扣等功能的断路器实现；

4. 微电网保护应符合可靠性、选择性、灵敏性和速动性的要求，其配置应符合现行国家标准《几点保护和安全自动装置技术规程》GB/T 14285、《电力装置的机电保护和自动装置设计规范》GB/T 50062 和《低压配电设计规范》GB 50054 的有关规定。

5. 保护装置应具备在海拔 2500m 以上,环境温度-30℃以下稳定运行的能力。

6.3.3 计量装置的选型应符合下列规定：

1. 接入中性点绝缘系统的电能计量装置，应采用三相三线有功、无功电能表。接入非中性点绝缘系统的电能计量装置，应采用三相四线有功、无功电能表

或 3 只感应式无止逆单相电能表；

2. 接入中性点绝缘系统的 3 台电压互感器，35kV 及以上的宜采用 Y/y 方式接线，5kV 以下的宜采用 VIN 方式接线。接入非中性点绝缘系统的 3 台电压互感器，宜采用 Y₀/y₀ 方式接线。其一次侧接地方式和系统接地方式相一致；

3. 低压供电，负荷电流为 50A 及以下时，宜采用直接接入式电能表；负荷电流为 50A 以上时，宜采用经电流互感器接入式的接线方式；

4. 对三相三线制接线的电能计量装置，其 2 台电流互感器二次绕组与电能表之间宜采用四线连接。对三相四线制连接的电能计量装置，其 3 台电流互感器二次绕组与电能表之间宜采用六线连接。

6.3.4 电能监测设备的选型应符合下列规定：

1. 电能质量各指标的测量应依据《电磁兼容 试验和测量技术 电能质量测量方法》GB/T17626.30 规定的测量方法进行；

2. 电压信号输入回路性能安全要求：施加 4 倍额定电压或 1kV 交流电压(取小者)，持续 1 s 时间，监测设备应不致损坏；

3. 电压信号波峰系数:可承受的波峰系数应不小于 2；

4. 电压信号功耗:额定信号输入电压下，回路(通道)消耗的视在功率应不大于 0.5.VA/回路(通道)；

5. 便携式监测设备在设备电源断电情况下应能保持至少 30 min 的正常测试时间；

6. 监测设备防护等级不应低于《外壳防护等级（IP 代码）》GB 4208 规定的 IP51 级要求。

7 施工安装

7.1 一般规定

7.1.1 为避免西北地区极端低温对施工安装质量的影响，西北村镇分布式压缩空气储能系统的施工安装日期应避开每年的1月~3月及11月~12月，可选择在4月~10月期间进行。

7.1.2 压力容器及压力管道的施工安装应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB50236和《压力管道规范工业管道》GB20801的有关规定。

7.1.3 除了压力管道外的其他管道施工安装应符合现行国家标准《工业金属管道工程施工规范》GB 50235的有关规定。

7.1.4 电缆线路和电气设施的安装应符合现行国家标准《建筑电气安装工程施工质量验收规范》GB 50303、《温室电气布线设计规范》JB/T10296和《低压电气装置第7-705部分：特殊装置或场所的要求农业和园艺设施》GB 16895的有关规定。

7.2 分布式压缩空气储能系统

7.2.1 分布式压缩空气储能系统施工安装前应完成系统整体布局图纸的绘制。

7.2.2 分布式压缩空气储能系统施工安装应先完成主要设备的安装，再完成设备之间的管道连接。

7.2.3 压缩机、透平发电机、储气罐和储热罐等设备安装前应在相应位置设置水泥基座。

7.3 供热（冷）系统

7.3.1 进场原材料及配套设备应有质量合格证明文件、出厂合格证及检验报告。供热（冷）系统管道及末端设备的施工安装应符合现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243的有关规定。

7.3.2 供热（冷）系统安装完毕，管道保温之前，应进行储热装置、循环管道、末端供热装置的水压试验，试验压力应符合设计要求。

7.3.3 系统试压合格后，应对储热装置、管道和末端供热装置进行冲洗。

7.3.4 供热（冷）系统管道及设备的绝热与防腐应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736的有关规定。

7.4 微网安全供能系统

7.4.1 微网安全供能系统工程区域内分布式电源、配电线路和配电站室等设计应符合现行国家标准《光伏电站设计规范》GB50797、《供配电系统设计规范》GB 50052《20kV 及以下变电所设计规范》GB 50053 及《低压配电设计规范》GB 50054 的有关规定。

7.4.2 微网安全供能系统监控设备应组屏安装,并按照其功能划分部署在控制室和计算机机房内。微网安全供能系统各屏的结构和屏面布置应符合《火力发电厂、变电站二次接线设计技术规程》DL/T 5136 的规定。

7.4.3 微网安全供能系统的监测设备应配置维持系统正常工作时间不低于 2h 的不间断电源(UPS)。

7.4.4 机房内应配有防水,防火和事故照明设施,其设置要求及隔离和防雷保护措施应符合 GB/T 2887 的规定。

7.4.5 机房的接地设计应符合 GB 50174 的规定。

7.4.6 电力监控系统机房和生产场地应选择在具有防震、防风和防雨等能力的建筑内,应采取有效防水、防潮、防火、防静电,防雷击、防盗窃、防破坏措施;机房场地应避免设在建筑物的高层或地下室,以及用水设备满足 GB/T9361。

8 调试及验收

8.1 一般规定

8.1.1 调试前应完成以下工作：

1、组成由设计单位、设备厂家、施工单位组成的调试工作小组，调试工作小组负责组织及指挥现场调试工作；

2、调试工作小组负责制定好调试方案并计算预期调试结果；

3、检查系统管道、配电、仪表及附属设置是否已安装完毕；

4、确保系统的控制、监控仪表处于正常工作状态。

8.1.2 调试应先对分布式压缩空气储能系统、供热（冷）系统、微网安全供能系统进行分别调试，再进行整体联合调试。

8.1.3 工程验收应以用户为主导，组织设计单位、施工单位和运维单位进行，验收资料应包括设计图纸、施工图纸、竣工图纸以及系统调试报告、使用说明。

8.2 分布式压缩空气储能系统

8.2.1 分布式压缩空气储能系统调试前应完成整体气路管道的吹扫试压。

8.2.2 分布式压缩空气储能系统调试应按照压缩子系统、储气子系统、储热子系统、透平发电子系统的顺序进行调试。

8.2.3 对压缩子系统及储气子系统的调试应包括下列内容：

1. 检查压缩机、储气罐之间的连接管路阀门是否正常工作；

2. 检查压缩机、储气罐的温度、压力仪表是否显示正常；

3. 采用压缩机给储气罐加压至设计压力状态，并记录；

4. 采用气泡水喷洒在管道法兰连接处并观测是否有漏气现象；

5. 将储气罐加压至设计压力后，静置 24h 后，观察储罐内空气压力是否下降。

8.2.4 储热子系统的调试应包括下列内容：

1. 检查储热子系统内部的连接管路阀门是否正常工作；

2. 检查储热子系统内部的温度计、压力计以及泵是否正常；

3. 对采用光热集热装置的储热系统应在晴天进行集热运行；

4. 储热罐达到设计储热温度时，静置 24h 后，观察储热罐内温度下降程度，评估储热罐保温效果。

8.2.5 透平发电子系统的调试应包括下列内容：

1. 检查透平发电子系统气路和油路阀门是否正常工作；
2. 检查透平发电子系统是否与负载或者大电网保持连接；
3. 分别测试额定流量 10%~100%工况下透平发电系统输出的功率、转速和电压。

8.3 供热（冷）系统

8.3.1 供热（冷）系统施工完成投入使用前，应在设计工况下对系统进行联合调试以及试运行。调试内容包括下列内容：

1. 检查供热（冷）系统的连接管路阀门是否正常工作；
2. 检查供热（冷）系统的温度计、压力计、流量计以及泵是否正常；
3. 检查循环管道的水力工况是否达到设计要求，包括各管段的流量以及水力平衡；
4. 检查供热（冷）系统末端热量（冷量）是否充足、是否分布均匀；
5. 储热设备进行一次完整的储热与放热循环过程，通过测量储/放热过程工质进口与出口温度与流量，计算储热量与放热量，评估储热效率。

8.4 微网安全供能系统

8.4.1 微网安全供能系统调试应按照分布式能源，储能系统、监控、保护和自动化的顺序进行调试。

8.4.2 微网安全供能系统的分布式能源调试应包括下列内容：

1. 检查分布式能源设备的绝缘性能；
2. 检查分布式能源设备防雷与接地性能是否正常；
3. 检查设备外观，铭牌是否清晰，导线是否牢固无损伤等表面问题；
4. 检查系统及主设备电气控制装置内各元器件应动作灵活。通电检查后，无故障及报警；
5. 检测供能机组的电能质量是否符合国家标准。

8.4.3 微网安全供能系统的监控调试应包括下列内容：

1. 检查监控系统通电工作是否正常，监控系统运行监视图与现场实际状态是否一致；
2. 检查电能质量检测装置的安装位置、精度是否满足现行国家标准的有关规定；
3. 对同步装置、电力测量装置等进行参数设定并测试其功能可靠性。

8.4.5 微网安全供能系统的保护调试应包括下列内容：

1. 检查断路器就地手动分/合闸操控，观察是否能够正常分合闸；
2. 检查涉网保护定值应于保护定值单一致，涉网保护装置工作正常；
3. 五防操作逻辑正确。

9 运行维护

9.1 一般规定

9.1.1 运行维护应充分考虑到西北地区的极端低温天气、强风等环境因素对系统设备运行安全性的影响，提前制定好预案及防护措施。

9.1.2 西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统的运行与维护前应由设计单位对运维人员进行岗前培训。

9.1.2 运行维护人员应确保熟悉整个系统的工作原理、典型设计参数及运行场景。

9.1.3 运行维护单位应制定详细的运行管理制度和运行记录手册。

9.1.4 运行维护单位应制定详细的运行管理制度和运行记录手册。

9.2 分布式压缩空气储能系统

9.2.1 分布式压缩空气储能系统应制定日常运行管理制度，并由专人负责运行维护和管理。

9.2.2 分布式压缩空气储能系统的运行维护应制定完善的防雨、防风沙措施，定期对系统关键设备进行清洁维护。

9.2.3 分布式压缩空气储能系统应定期进行关键设备进行检修维护，对压力容器应定期进行安全质检。

9.2.4 分布式压缩空气储能系统长期不运行情况下应释放掉储罐内的高压空气，保证槽式集热器凹槽开口向上放置。

9.2.5 西北地区风沙较大，为避免积灰影响槽式集热镜的集热效果，应间隔 1~2 天对槽式集热镜进行清洗。

9.3 供热（冷）系统

9.3.1 运行管理单位应制定供热（冷）系统运行管理制度、日常运行的记录文件，规范供热（冷）系统日常操作和维护管理。

9.3.2 在夏季供冷期与冬季供热期前，运行维护人员应检查供热（冷）系统的设备本体、阀门、管路、部件、电力线路、控制系统等。

9.3.3 进入冬季供热期前，应对室外供热管道防冻设施进行检查。

9.3.4 按照年度对供热（冷）循环系统进行全面检查，对管道进行耐压实验，并定期清除管路污垢。

9.4 微网安全供能系统

9.4.1 微网安全供能系统的监控区应制定日常运行管理制度，并由专人负责运行维护和管理。

9.4.2 微网安全供能系统的运行维护应制定完善的防故障措施，日常进行监测数据分析，并定期进行汇总反馈。

9.4.3 微网安全供能系统应定期对相关设备进行质检，日常抽检。

9.4.4 微网安全供能系统应进行误差实验，保证故障检测的精准性。

9.4.5 微网安全供能系统应跟随湿度、温度等变换进行相应的保护方案。

T/CECS XXXX- 202X

中国工程建设标准化协会标准

西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全 供能技术导则

Technical Guidelines for Distributed Compressed Air Energy Storage and
Microgrid Safe Energy Supply in Northwest Villages and Towns

条文说明

目次

1 总则	30
2 术语	31
3 基本规定	33
4 分布式压缩空气储能系统	34
4.1 一般规定	34
4.2 负荷计算	34
4.3 系统设计	34
4.4 设备选型	37
5 供热（冷）系统	38
6 微网安全供能系统	41
6.1 一般规定	41
6.2 系统设计	41
6.3 设备选型	42
7 施工安装	44
7.1 一般规定	44
7.2 分布式压缩空气储能系统	44
7.3 供热（冷）系统	44
7.4 微网安全供能系统	45
8 调试及验收	46
8.1 一般规定	46
8.2 分布式压缩空气储能系统	46
8.3 供热（冷）系统	46
8.4 微网安全供能系统	46
9 运行维护	48
9.1 一般规定	48
9.2 分布式压缩空气储能系统	48
9.3 供热（冷）系统	48
9.4 微网安全供能系统	48

1 总则

1.0.1 本条说明了本导则的目的和意义。我国西北地区村镇面临终端生产、生活用能负荷较为分散、能源需求季节性差异较大、能源获取手段较为单一、供能系统运行可靠性较低等问题。分布式压缩空气储能及微网安全供能系统具有多能联储联供的优势,可充分发挥西北地区的自然资源优势,改善西北地区的用能现状。为满足西北地区的用能需求,促进分布式压缩空气储能及微网安全供能技术在西北地区的有效应用,提高当地居民生活水平。目前,国内尚未有针对西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统的标准规定,限制了布式压缩空气储能及微网安全供能技术在西北地区的推广应用。因此,为了改善西北村镇的用能环境,促进分布式压缩空气储能及微网安全供能系统在西北村镇的应用,在归纳总结现有研究成果的基础上,制定本导则。

1.0.2 本条说明了本导则的适用范围。分布式压缩空气储能及微网安全供能系统具备热电多能联储联供的能力,总体来看在我国需要供暖供电的严寒、寒冷西北地区村镇均可以应用。

1.0.3 分布式压缩空气储能及微网安全供能技术的工程应用具体涉及电气、热动、建筑、暖通空调等多个专业,本导则只能针对分布式压缩空气储能及微网安全供能系统自身的特征进行规定和要求,难以完全涉及所有相关专业的规定。所以,与分布式压缩空气储能及微网安全供能系统相关的其他国家现行标准都应遵照执行。

2 术语

2.0.1 分布式压缩空气储能系统由压缩机、储气罐、高低温蓄热罐、换热器、透平机、发电机及控制装置组成。分布式压缩空气储能系统的运行过程可分为储能过程和释能过程。储能时，采用低谷电能驱动压缩机将空气压缩至高温高压状态，在此过程中来自低温蓄热罐内的载热体通过冷却器吸收高压空气中的高温热能并存储于高温蓄热罐；被冷却后的高压常温空气储存于储气罐；释能时，储气罐出口的高压空气和高温蓄热罐内的高温载热体，高压空气经过回热器被高温载热体加热至高温高压状态后，进入透平系统透平发电。高温蓄热罐内富余的压缩热可以向外界供暖，透平出口的低温空气可以向外界供冷，因此具备冷、热、电三联产的优势。

2.0.2 分布式压缩空气储能系统的供热（冷）系统由换热器、泵或风机、管路、储热装置、制冷装置、末端散热装置和控制装置等组成。其运行原理为：供热系统利用压缩空气储能系统的余热制取具有一定温度、压力的蒸汽或热水，通过热循环管道把热量输送到用热场景，利用末端供热设备把热量传送给室内空气，对于供热水这一用热需求，可省略末端供热设备；供冷系统利用制冷设备制备冷冻水，通过循环水管道系统，向用冷场景提供冷量，其中制冷设备优选余热制冷设备，如吸收式制冷机。

2.0.3 末端供热设备是位于热循环管道的末端、将热量释放给用户侧的设备，主要类型有散热器、辐射供暖设备和热风供暖设备。

2.0.4 微网安全供能系统是在用户现场或靠近用户现场的系统。该系统主要功能包括：通用设计管理平台，功率调度，状态估计，安全分析和电能质量管理等。可检测微网，控制分布式电源的输出功率为利用微网独立输出能量并通过可靠性分析和监控系统对微网内设备进行监测和控制，达成数据采集，参数调节和故障监测等作用，供运行人员调用分析。

2.0.5 微电网作为小型供电网络，主要分为并网型微电网和独立型微电网，并网型微电网可与外部电网并网运行，也可以离网独立运行，且以并网与运行为主；独立型微电网，不与外部电网联网，实现电能自打自用、平衡功率的微电网。

2.0.6 自愈有两方面含义：系统故障后，自动隔离故障并自动恢复供电；系统出

现不安全状态后，通过自我调节使系统恢复到正常状态。

2.0.7 供能可靠性可通过重要负荷持续供能时间，故障时间，系统年可用率等指标进行评估。

3 基本规定

3.0.1 本条规定了西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统的适应范围为西北地区。

3.0.2 本条规定了西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统的构成。分布式压缩空气储能及微网安全供能系统以分布式压缩空气储能系统为核心,通过发挥分布式压缩空气储能系统热电联储联供的优势,满足西北村镇的热电用能需求。

3.0.3 西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统具有热电联储联供的功能。为降低系统的运行成本,实现清洁化供能,应充分利用西北地区的风电、光伏等新能源作为电源,充分利用以光热、地热作为热源。

3.0.4 由于西北地区村镇分散、不同村镇之间的地域地貌差异较大,因此西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统的设计充分考虑当地的场地特征,采用紧凑化小型化的设计思路,减少占地面积,提高系统的适用范围。

3.0.5 安全稳定运行是西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统工程化应用需要考虑的首要条件。因此,西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统的选择应该充分考虑当地的地质环境,避免地质灾害对系统设备造成的影响,保证系统全寿命周期的稳定运行环境。

3.0.6 本条说明建议了西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统的应用场景。西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统的热电联储联供优势,而西北地区村镇居民建筑、农业园区及村镇厂房等场所均具有广泛的热电用能需求,因此,西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统在以上场所具有广泛的应用前景。

4 分布式压缩空气储能系统

4.1 一般规定

4.1.1 分布式压缩空气储能系统的压缩机出气管应设置并联接口，应具备多个压缩机并联输气的能力；储气单元进气管和出气管均应设置串并联接口，应具备多个储气单元之间具备串并联连接能力；储热罐应设置并联接口，应具备多个储热罐之前的并联连接的能力；透平机进气管应设置并联接口，应具备多个透平机并联进气的能力。

4.1.2~4.1.3 这几条规定了分布式压缩空气储能系统应具备的功能。西北高寒高海拔地区虽然风光资源丰富，但也存在冬季寒冷，用能结构单一，热电用能需求较大等问题。为充分利用西北地区的风光资源优势，满足西北地区的热电用能需求，因此分布式压缩空气储能系统需要具备热电联储联供的能力及离网运行、并网运行的能力。

4.1.4 本条规定了分布式压缩空气储能系统的应用环境。分布式压缩空气储能系统主要应用于高寒高海拔西北村镇地区，因此需要满足西北地区村镇的海拔高度和环境温度的要求。

4.1.5 本条规定了分布式压缩空气储能系统的最大占地面积。

4.1.6 本条规定了分布式压缩空气储能系统的输出功率和输出电压的要求。

4.2 负荷计算

4.2.1 分布式压缩空气储能系统的设计参数主要包括压缩功率、透平功率和供热功率，准确的负荷计算对分布式压缩空气储能系统的设计和选型具有重要作用，本条规定了分布式压缩空气储能系统负荷计算的类型。

4.2.2 受当地阴天、雨雪天气等气候变化的影响，新能源的出力以及终端负荷需要均具有时变特性。因此，在进行分布式压缩空气储能系统的平均净供电负荷计算时需要考虑全年不同季节不同时段的影响因素。分布式压缩空气储能系统的压缩耗电功率可选择平均净供电正负荷中的最大者，这样可以尽可能实现新能源的消纳，减少新能源弃电量。分布式压缩空气储能系统的透平发电功率可选择平均净供电负负荷中的最小者，以尽可能满足当地的用电需求。

4.3 系统设计

4.3.1 分布式压缩空气储能系统设计需要充分考虑所在地区的气候条件和用户的

用能需求,分布式压缩空气储能系统设备的选型会受到用户要求和投资规模的影响。应在保证系统功能及用户需求的前提下,使得系统经济性达到最优。

4.3.2 本条规定了分布式压缩空气储能系统的组成部分。压缩子系统包括多级压缩机,换热子系统包括压缩机的级间换热器、透平机的级间回热器及供热换热器,蓄热子系统包括高温蓄热罐和低温蓄热罐,储气子系统包括储气罐,透平发电子系统包括透平机、发电机以及整流逆变装置。

4.3.3 分布式压缩空气储能系统具备热电联产联供的能力,然而,受热源温度以及热量的影响,分布式压缩空气储能系统的供电能力和供热能力也存在着相互制约的关系。考虑到相比于热能转换成电能而言,电能转化成热能的方式更容易实现,故本条规定了在难以同时满足供热需求和供电需求的情况下,分布式压缩空气储能系统设计时应该以供电负荷设计为主。

4.3.4 本条规定了分布式压缩空气储能系统的输出电能品质的要求。

4.3.5 分布式压缩空气储能系统具备并网运行的功能,为保证分布式压缩空气储能系统功率全额上网及输电线路的安全性,本条规定了压缩子系统额定运行功率应低于项目所在区域输电线路允许的最大负载功率。

4.3.6 分布式压缩空气储能压缩子系统的最小稳定运行功率不应该高于额定运行功率的70%。

4.3.7 为保证储气罐的安全性,压缩机最大出口空气压力不应高于储气罐最大的设计压力,为减少压缩热损失,提高分布式压缩空气储能系统的综合性能,压缩子系统的出口温度不应高于50℃。

4.3.8 本条规定了进行空气压缩子系统设计时应遵守的国家规定。

4.3.9 在储能阶段,分布式压缩空气储能系统通过换热器回收压缩机出口高压空气中的高温热能;在释能阶段,分布式压缩空气储能系统通过换热器加热储气罐出口高压空气。因此,换热器性能是决定分布式压缩空气储能系统整体性能的关键,而热损系数和传热有效度是评估换热器性能的关键指标。

4.3.10 换热子系统通过内部流动的换热介质实现热能的存储和释放,为保证分布式压缩空气储能系统的稳定运行,换热介质的选取需要考虑极端低温导致的凝固风险和极端高温导致的蒸发风险。

4.3.11 本条规定了进行换热子系统设计时应遵守的国家规定。

- 4.3.12 选用保温材料应保证能长期耐受蓄热内蓄热介质的最高蓄热温度。
- 4.3.13 储气罐的储气压力是影响分布式压缩空气储能系统储能密度的关键，提高储气压力有助于降低系统的占地面积。
- 4.3.15 本条规定了进行储气子系统设计时应遵守的国家规定。
- 4.3.16 透平发电子系统是分布式压缩空气储能系统实现供电的关键，为满足用户的用电需求，故透平发电子系统额定运行功率不应低于用户最大负荷。
- 4.3.17 为满足用户不同大小的用电需求，分布式压缩空气储能透平子系统的最小稳定运行功率不应该高于额定运行功率的 10%。
- 4.3.18 透平发电子系统出口空气温度低于零度时，会导致空气中的水蒸气凝结危害系统的安全运行。
- 4.3.19 本条规定了进行空气透平发电子系统设计时应遵守的国家规定。

4.4 设备选型

4.4.1 空气压缩机按工作原理可分为不同的类型，常用的空气压缩机有活塞式压缩机、轴流式压缩机、离心式压缩机和螺杆式压缩机等。分布式压缩空气储能系统大多具有小储气流量和高储气压力的特征，因此，分布式压缩空气储能系统通常选用活塞式压缩机。

4.4.3 常用储热罐的型式包括：卧式圆柱形储热罐、立式平底筒形储热罐以及球形储热罐。立式平底筒形储热罐的占地面积相对较小，而卧式储热罐的占地面积较大。球形储热罐具有耐压、节约材料等特点，但也存在制造难度大容易出现渗透等问题。综合考虑分布式压缩空气储能系统紧凑化、模块化的布置要求，建议结合场地特征选择卧式圆柱形储罐或立式平底筒形储罐。

4.4.4 透平机是分布式压缩空气储能系统的核心部件，其性能优劣直接影响到系统的发电效率。根据介质在叶轮内的流动方向，透平机主要可分为轴流式透平机和径流式透平机。其中，径流式又可细分为向心径流式透平机和离心径流式透平机。相比于轴流式透平机，径流式透平机具有结构简单、工艺成熟、转速高以及小流量下效率高等优势，适宜作为分布式压缩空气储能系统的透平机设备选型方向。相比于向心径流式透平机，离心式工作轮流动损失较大，因此建议选用向心径流式透平机作为分布式压缩空气储能系统的透平机。

4.4.6 本条说明了发电机的使用环境和选型要求。

5 供热（冷）系统

5.1 一般规定

5.1.1 根据西北村镇末端季节性变化与用热（冷）实际场景需求，分布式压缩空气储能系统配合供热（冷）系统，需具备可切换供热与供冷工况的功能。

5.1.2 末端设备设计应符合现行国家标准 GB 50736《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》、GB 50015《建筑给水排水设计标准》的有关规定。

5.2 负荷计算

5.2.1 应用于西北村镇的供热（冷）系统负荷应包括冬季供热负荷和夏季供冷负荷两类负荷，可以用于西北村镇农业大棚夏季用冷、冬季供暖，以及居民建筑与工业建筑的用暖、用热水等场景，各类负荷应进行科学预测。

5.2.3 供热负荷为采暖期室外平均气温条件下的建筑物散热量，具体包括建筑围护结构的传热损失、冷风渗透热损失和地面传热损失；供冷负荷为供冷期室外平均气温条件下的维持建筑物室内温度在一定要求范围内的用冷量，具体包括建筑围护结构的冷负荷、热风侵入冷负荷和地面冷负荷。供热（冷）系统的供热负荷和供冷负荷可按公式 5.2.3 计算。

5.2.4 建筑冷热负荷计算可参考现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》的有关规定 GB50019 的有关规定。农业大棚应用场景的负荷计算可参考现行行业标准《温室加热系统设计规范》JB/T 10297 的有关规定。

5.3 系统设计

5.3.1 分布式压缩空气储能系统的供热（冷）系统由储热设备、余热吸收式冷水机组、供热（冷）循环管道、末端供热（冷）设备四大部分组成，具体包含的设备有换热器、泵或风机、管路、储热装置、制冷装置、末端散热装置和控制装置等。

5.3.4 由于分布式压缩空气储能系统具有间歇性运行的特点，余热不连续，因此需采用储热装置解决供热与用热时间不匹配问题。当存储的余热不足时，需要根据当地条件，因地制宜地选择热泵、生物质、燃气等清洁低碳的能源作为辅助热源。

5.3.5 供热系统的末端设备的选择，需要根据西北村镇实际建设条件、用热场景与压缩空气储能系统余热共同决定。末端供热设备采用散热器时，供水回温度建议为 75°C/50°C；采用热水地面辐射供热时，供水温度建议为 35°C~45°C；对西北严寒地区经常开启的外门可采用热空气幕，以减少冷风渗透。

5.3.6 供热系统末端设备应具备室温调控功能，根据现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736，针对新建和扩建的散热器型室内供热系统，应设置散热器恒温控制阀或其他自动温度控制阀进行室温调控；针对地面辐射供热系统，室温控制器宜设在被控温的房间或区域内，自动阀宜采用热电动式控制阀或自力式恒温控制阀。

5.3.7 一方面，为了满足供热（冷）计量和收费要求，需要在热力总进口设置总量表用于费用结算；另一方面，为了科学管理供热（冷）系统，需要每个热力入口出应设置热（冷）量表计量表。

5.3.8 当供热（冷）系统的回水用于压缩空气储能系统级间冷却时，若回水温度上升，将导致压缩机耗电量增加，降低了压缩空气储能系统电-电转换效率（储电效率）。为了维持系统储电效率，对供热（冷）系统的回水温度有相应的要求。

5.3.9 针对室外管道，西北村镇冬季室外寒冷，必须要求进行保温与防冻措施；针对室内管道，根据现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736，当管道内输送的热媒必须保持一定参数时，或管道敷设在管沟、管井、顶棚内等热损失较大的空间或易被冻结的地方时，需进行室内管道保温与防冻措施。

5.3.10 在管道长度方面，需综合考虑分布式压缩空气储能系统的建设条件、用冷用热对象的地理位置，合理规划布置管道；在管道热损方面，在投资成本与布置空间允许的条件下，尽可能提升管道的保温效果，减小管道热损失，提高能源利用率；在管道压降方面，需要对室内外供热系统管道进行水力平衡计算，需符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 中的第 5.9 条规定。

5.4 设备选型

5.4.1 由于分布式压缩空气储能系统为间歇性运行状态，且供热（冷）系统具有变工况特性，因此为了充分利用分布式压缩空气储能系统的余热（冷），应采用

储热设备以解决供热（冷）侧与用热（冷）侧时空不匹配的问题。储热设备选型的应符合下列规定：

1. 余热温度低于 100℃，推荐采用水作为储热工质；余热温度高于 100℃，低于 400℃，推荐采用导热油作为储热工质；余热温度高于 400℃，推荐采用二元硝酸熔盐（60wt%NaNO₃-40wt%KNO₃）作为储热工质。

2. 相变储热技术在相变过程中会吸收/释放大量的热量，在较小的温度变化范围内具有较大储热密度，使得储热系统较为紧凑。在储热密度、紧凑性要求较高时，可选用相变储热技术，且宜选用梯级相变储热形式，相变储热介质的相变焓宜大于 200 kJ·kg⁻¹。

3. 储热设备的容器材料选择需要充分考虑储热介质的腐蚀特性。

5.4.3 供热（冷）系统的末端设备需根据供水温度、流量、建筑情况等条件，依据现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 进行选型。

6 微网安全供能系统

6.1 一般规定

6.1.1 本条规定了微网安全供能系统的运行要求，包括基础运行条件和运行目标，其中系统安全稳定运行标准应按照国家标准《电力系统安全稳定导则》。

6.1.2 本条规定微网安全供能系统的运行模式，微电网具备并网和独立两种运行模式，且两种运行模式下的运行特性存在较大差别，例如并网和离网运行时的短路电流差别巨大，会对继电保护的选型和定值计算产生较大影响，需要在分析时予以充分考虑。

6.1.3 参考《微电网工程设计标准》GB/T 51341 相关规定，微电网与外部电网的年交换电量不宜超过年用电量的 50%。

6.1.4 本条考虑系统运行用能要求，并提出微网系统可靠性分析，微电网可靠性分析参考《微电网工程设计标准》GB/T 51341、《微电网 第 1 部分：微电网规划设计导则》NB/T 10148 相关规定。并网型微电网设计往往在原有配电网基础上进行升级改造，供电可靠性是衡量设计方案水平的重要指标，与改造前的配电网相比，供电可靠性不应下降。

6.1.5 微网安全供能应满足供能安全准则要求，主要满足其系统稳定性，微电网可按照需要开展典型运行方式下的稳定性分析，包括并网运行、离网运行、并网转离网、离网转并网运行方式下的稳定水平。

6.1.6 通过 380V 电压等级并网的微电网，其最大交换功率、功率变化率可远程或就地手动完成设置，并网点功率因数应在 0.95（超前）~0.95（滞后）范围内可调。通过 10（6）kV~35kV 电压等级并网的微电网在并网运行模式下，应对有功功率和无功功率具有一定范围内的调节能力。

6.1.7 参考《微电网工程设计标准》GB/T 51341 相关规定，根据微电网的规模和设计，目标灵活地采取不同智能化提升方式，实现能量管理。

6.2 系统设计

6.2.2 本条考虑风力光照等相关环境因素，以能源利用最大化标准，建设相关设备。

6.2.3 参考现行国家标准，所设计能源设施应符合地震和火灾标准，当遭受到相当于本地区抗震设防烈度及以下的地震影响时，不应损害，仍可继续使用；消防

用电设备应采用专用的供电回路，当建筑内的生产、生活用电被切断时，应仍能保证消防用电。备用消防电源的供电时间和容量，应满足该建筑火灾延续时间内各消防用电设备的要求。

6.2.7 储能系统中电池的荷电状态关系到其吸收和释放能量的能力，对其能量进行管理，可以减少对波动平抑效果的影响，同时延长电池的使用寿命。

6.2.14 由于能源系统在运行过程中存在诸多风险因素，通过风险评估，明确风险及特征的定义，发生的条件及可能性，对目标进行影响，进而采取应对措施。

6.2.15 计算指标包括用户平均停电时间、用户平均故障停电时间、用户平均停电次数、供电可靠率、用户平均停电缺供电量等。

6.2.16 故障定位指诊断故障直接原因或根因，故障定位有助于故障恢复动作更加有效。故障定位通常是整个故障过程中耗时最长的环节，定位的目标围绕在快速恢复的基础上，而非寻找问题根因，后者由问题管理负责。

6.2.18 相对于一般的电力系统而言，分布式可再生能源容量不大，自身运行亦不稳定；另一方面，微网内的设备种类繁多，各类可再生能源运行特性不一、控制方式不同，在这种系统条件的限制下，要根据实际运行数据和相关条件进行专项评估并作出检修加固。

6.3 设备选型

6.3.1 分布式能源设备的选型应符合下列规定：

1 分布式电源接入配电网若方案不唯一，应将各方案从可靠、可行、经济等方面进行技术经济比较分析确定最优方案；若接入方案唯一，需对接入方案进行技术经济的分析说明。

2 对于容量为 6000kW~30000kW 的分布式电源，结合近年来各地区分布式电源的实际接入情况，并考虑到常用线路的载流量，其可选择的接入电压等级可为 10（20）kV、35kV，具体应根据其所在地区的实际情况综合比较后确定。

6.3.2 本条给出微电网内部双侧电源线路应采取的保护形式，微电网接入电网线路保护应符合《继电保护和安全自动装置技术规程》GB/T 14285 和《微电网接入电力系统技术规定》GB/T 33589 的相关规定，应对并网线路相邻线路现有保护进行校核，当不满足要求时，应调整保护定值或保护配置。

6.3.3 本条考虑微网供能安全系统所具备的计量功能，微网接入电网前，应明确计量点，计量点应设在微电网与外部电网的产权分界处，其设备配置和技术要求

应符合现行行业标准《电能计量装置技术管理规程》DL/T 448、《电能量计量系统设计技术规程》DL/T 5202 的有关规定；电能表应具备本地通信和通过电能信息采集终端远程通信的功能，电能表通信协议应符合《多功能电能表通信协议》DL/T645 的有关规定。

6.3.4 本条考虑微网供能安全系统所具备的监测功能，适用于户内使用的，对交流电力系统及其设备进行电能质量监视测量的固定式监测设备和便携式检测设备，并具备多能源品种运行监测、多源协同优调控、多能源预警和多能源态势感知等功能。该监测应满足《电能质量 监测设备通用要求》GB/T 19862 要求。

7 施工安装

7.1 一般规定

7.1.1 本条规定了西北村镇分布式压缩空气储能系统施工安装日期的选择。西北地区冬季和春节的环境温度极低，低温会影响混凝土的凝固时间和强度，不利于系统施工安装。

7.1.2 本条规定了压力容器及压力管道的施工安装应遵守的标准，以保证压力容器和管道的运行安全性。在分布式压缩空气储能系统中尤其需要注意压缩机出空和储气罐入口、储气罐出口和透平及入口两处压力管道的设计和施工。压力容器及压力管道的施工应该由专业的施工队负责。

7.1.3 本条规定了除了压力管道外的其他管道施工应遵守的标准。

7.1.4 本条规定了电缆线路和电气设施的安装应遵守的标准。

7.2 分布式压缩空气储能系统

7.2.1 对含有槽式光热集热器的分布式压缩空气储能系统在整体布局设计时，应优先考虑槽式光热集热器布置方式，具体可采用水平槽东西布置或者南北布置的方式，应减少系统其他设备对槽式集热器产生的遮挡影响。

7.2.2 对压缩机出气口和储气罐进口之间的连接管道以及储气罐出口和透平机进气口之间的连接管道均应采用软管连接，可缓解启停过程中高压空气产生的冲击应力。

7.2.3 布置水泥基座可以避免压缩机、透平发电机、储气罐和储热罐等设备因为土壤载荷不足产生的沉降。沉降会在连接管道之间产生应力，进一步危害分布式压缩空气储能系统的安全运行。

7.3 供热（冷）系统

7.3.1 本条规定了供热（冷）系统施工前应具体的工作条件：首先需制定施工技术方案，包括有施工图纸、设备清单、施工安排等。其次细化施工方案，包括细化施工图纸、明确产品技术文件。最后，进行材料的验收，检验进场的设备、管材、辅助材料等。

7.3.2 储热装置、循环管道、末端供热装置水压试验的主要目的是为了检测系统的水力工况是否达到设计要求，排除泄漏、密封不严等故障问题。可按现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB50242 规定，取 1.5 倍的工作压力作为水压试验压力。水压试验步骤可参照行业标准《采暖通风与空气调

节工程检测技术规程》JGJ/T260-2011 的有关规定进行。

7.4 微网安全供能系统

7.4.1 本条考虑微网安全功能系统工程施工的配电设计及场所建设要求，应满足现行国家标准。

7.4.2 微网安全供能系统监控设备应满足国家标准规定，实现对微电网重要电气设备的监视和控制。监控系统宜采用开放性、兼容性、抗干扰性、成熟可靠的设备。

7.4.3 给出一定的故障反映时间，保证系统数据的保留以及故障排查，进而及时保护系统实施修复。

7.4.4 ~7.4.6 规定了监控系统场所应具备的项目设置要求，防止场地意外造成的安全失误，进而影响微网安全系统的逻辑判断。

8 调试及验收

8.1 一般规定

8.1.1 西北村镇分布压缩空气储能及微网安全系统专业性较强，应由专业人员进行调试，调试前应有完善的调试方案及预案。

8.1.2 分布式压缩空气储能系统由压缩子系统、换热子系统、蓄热子系统、储气子系统、透平发电子系统五部分构成，系统主要通过协调内部各子系统之间交互运行以实现热电联储、联供的功能。对分布式压缩空气储能系统的调试可以按照系统储能和释能的一般流程，首先调试压缩子系统和储气子系统，然后调试换热子系统、蓄热子系统最后调试透平发电子系统。

8.1.3 本条规定了西北村镇分布压缩空气储能及微网安全系统竣工验收时应提供的文件和资料。

8.2 分布式压缩空气储能系统

8.2.1 本条强调了分布式压缩空气储能系统调试前应完成整体气路管道的吹扫试压，吹扫试压可以试验系统连接管道是否存在漏气现象。

8.2.3~8.2.5 这几条分别规定了压缩子系统、储气子系统、储热子系统及透平发电子系统应包含的调试内容。对压缩机进行调试时必须由供应商指定或认可的调试人员进行，必要时可测试压缩机的喘振点和堵塞点，并绘制压缩机的安全运行特性曲线。

8.3 供热（冷）系统

8.3.1 供热（冷）系统的联合试运行与调试，应在其他设备试运行合格后进行，且系统调试应在合理工况条件下。若系统调试工况与设计工程相差较大，则系统性能不具有代表性，建议测试时系统负荷率在 60%以上运行。

8.4 微网安全供能系统

8.4.1 本条规定了微网安全供能系统的调试顺序，按照标准逻辑进行系统的排查验收。

8.4.2 本条明确了分布式能源设备调试检查内容，包括性能检测和设备质量检查，在本条的第 5 款中应满足《电磁兼容 试验和测量技术 电能质量测量方法》GB/T17626.30 标准。

8.4.3 本条规定了监控系统的基本监视功能和基本控制 功能应测试的项目及要求，其中第 2 条款的标准应满足《电磁兼容 试验和测量技术 电能质量测量方法》

GB/T17626.30 规定。

8.4.5 本条明确了系统保护装置的常规试验项目包括整定值检验, 保护设备检验, 保护逻辑检验等, 应按照现行行业标准《继电保护和电网安全自动装置检验规程》DL/T995 的有关规定执行。

9 运行维护

9.1 一般规定

9.1.1 西北地区气候恶劣，极端气候灾害频发。极端低温会影响系统电子设备的稳定运行，强风会危害槽式集热装置集热镜，暴雪会导致槽式集热镜内出现大量积雪，影响集热效果；因此需要根据不同的极端气候提前做好预案。

9.1.2 西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统专业性较强，运维单位应该定期组织针对运维人员的培训及考核，确保运行维护人员应确保熟练掌握系统的工作原理及典型设计参数，做好突发事故的预案。

9.1.3 本条强调了应该由专门的运维管理单位负责西北村镇分布式压缩空气储能及微网安全供能系统的运行，为保证系统的运行高效性，运维单位应该制定完善的运行管理制度、做好日常运行记录，并完成运行文件。

9.2 分布式压缩空气储能系统

9.2.1 分布式压缩空气储能系统应制定日常运维需考虑西北地区冬季环境温度较低，在供热结束后应排空供热管道内部的循环水，避免循环水在供热管道内冻结，影响系统的安全运。

9.2.2 西北地区风沙较为严重，当空气中含尘量较大时不仅会对压缩机内部部件产生研磨作用，也会进一步危害透平机的运行安全性，因此需要定期更换压缩机的过滤滤芯。

9.2.3 分布式压缩空气储能系统关键设备、连接管道均应做好防腐措施，运维时应重点关注设备及管道的锈蚀情况，避免因此锈蚀产生的运维事故。

9.3 供热（冷）系统

9.3.2 为保证供热（冷）系统运行的安全性，在每次供冷期与供热期前，需要专业维护人员检查系统的可靠性。

9.3.3 西北村镇处于冬季严寒、寒冷地区，因此应在采暖季前，对室外防冻设施进行检查。

9.4 微网安全供能系统

9.4.1 管理制度应针对场所情况以及技术人员进行指定，对相关设备如监测系统和评估系统的运行人员要求取得相应级别的特种设备作业人员证或进行相关技术的培训。

9.4.2~9.4.3 这两条规定了应设置能满足设备安全可靠的运行维护制度。

9.4.4~9.4.5 这两条规定了微网供能安全系统应在维护中应重点监测的事故情况。