

《压缩空气储能电站人工硐室地下储气库勘察设计规范》  
(征求意见稿) 编制说明

《压缩空气储能电站人工硐室地下储气库勘察设计规范》  
团体标准  
起草工作组  
二〇二五年十月

# 《压缩空气储能电站人工硐室地下储气库勘察设计规范》

## （征求意见稿）编制说明

### （一）工作简况

#### 1、任务来源

随着我国“双碳”战略的深入推进，压缩空气储能作为大规模、长时储能的关键技术，迎来快速发展机遇。地下人工硐室储气库是其核心组成部分，其安全性与经济性直接关系到电站的成败。为规范人工硐室储气库的勘察与设计工作，填补该领域标准空白，中铁工程设计咨询集团有限公司联合业内多家科研、设计、建设单位，共同提出并承担了本标准的编制任务。

#### 2、制定背景

编制压缩空气储能电站人工硐室地下储气库勘察设计规范，主要源于以下三方面的迫切需求：

##### （1）能源转型的战略需求

发展大规模储能技术是实现“双碳”目标的关键环节。压缩空气储能因其容量大、寿命长、成本相对较低等优势，成为支撑新型电力系统的重要技术方向。而安全可靠的地下储气库，是这项技术大规模应用的基石。

##### （2）应对独特的技术挑战

人工硐室储气库不同于传统的隧道或地下空间，它需要长期承受高压和交变荷载的严峻考验。这对围岩的稳定性、密封性、抗疲劳性能都提出了极高要求，传统的工程勘察设计标准难以直接适用。

##### （3）填补标准空白的行业需求

在相关规范出台前，工程设计缺乏统一的技术依据，这在某种程度上制约了行业的快速发展。正如一项国家标准制定背景说明中指出的，尽管学术界对某些地质指标的重要性已有探索，但尚不能支撑指导真正的工程选址需要的调查手段和技术导则。因此，制定专门的技术规范来保障工程安全、提升效率、降低成本，变得尤为紧迫。。

#### 3、起草过程

预研阶段（2024 年 3 月 1 日）：成立标准编制组，系统调研国内外压缩空气储能电站、地下储气库及类似地下工程的相关标准、工程案例与科研成果，明确了标准编制的技术框架和重点难点。

立项阶段（2024 年 12 月）：制定标准内容和进度，开展标准立项评审，于 12 月 26 日由中国科技产业化促进会下达标准立项文件批复。

起草阶段（2024 年 12 月 30 月）：召开启动会，确定编写大纲与分工。编制组在总结我国先行项目经验的基础上，结合理论分析与数值模拟，完成了标准初稿和征求意见稿的撰写。

征求意见与审查阶段（2025 年 10 月到 11 月）：向设计、施工、高校、科研及运营管理等 30 余家单位发送征求意见稿，共收到意见 36 条。编制组对反馈意见进行了逐条处理、分析和采纳，形成了送审稿。随后通过专家审查会，根据审查意见进一步修改完善，形成报批稿。

审批和发布阶段（拟定 2025 年 12 月）：标准发布批准文件公示，由中国标准出版社印刷出版及发行，完成项目验收，发放标准编号并发布公告。

## （二）国家标准编制原则、主要内容及其确定依据

### 1、编制原则

安全第一，预防为主：将储气库长期在高内压、交变荷载下的稳定性与密封性作为核心控制指标。

技术先进，经济合理：吸纳国内外最新研究成果和工程实践经验，推荐适用技术，同时考虑工程的经济可行性。

系统性协调性：标准内容覆盖从勘察、选址、设计到监测的全过程，并与现行国家、行业相关标准保持协调。

可操作性：条文规定力求明确、具体，便于工程技术人员理解和执行。

### 2、主要内容

（1）总则：明确标准适用范围、基本原则和相关责任。依据国家能源战略和工程建设基本规定。

（2）术语和符号：统一“人工硐室”、“高压储气库”、“衬砌围岩联合承载”、“疲劳荷载”等关键概念，避免歧义。

（3）基本规定：规定储气库设计使用年限、安全等级、抗震设防要求等。

依据《工程结构可靠性设计统一标准》及储能电站特殊性确定。

(4) 工程勘察：详细规定各勘察阶段（选址、初勘、详勘）的工作内容、方法和技术要求。重点明确岩体结构、地应力、渗透性等关键参数的获取方法。依据来源于对多个工程勘察实践的总结与凝练。

(5) 选址与总体布置：提出基于地质条件、安全距离和经济性的选址原则，以及硇群间距、埋深等关键参数的确定方法。依据数值模拟分析和成功工程案例的反演。

(6) 结构设计：为核心章节。确立了以“围岩为主体承载结构，衬砌为密封和局部加强”的设计理念。规定了围岩承载分区方法、支护参数设计、衬砌结构形式（如钢板混凝土复合衬砌）、以及疲劳寿命验算方法。依据弹塑性力学理论、有限元数值计算及模型试验成果。

(7) 密封与防腐设计：针对高压气体渗漏风险，规定衬砌密封系统、帷幕注浆及防腐设计要求。依据材料科学与防渗技术的最新进展。

(8) 监测系统设计：规定施工期和运营期需监测的物理量（应力、应变、压力、温度、气体浓度等）及监测方法。构建全生命周期安全监控体系。依据结构健康监测和智能运维技术。

### **(三) 试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益**

(1) 试验验证：本标准的部分关键技术参数依托于中铁设计集团开展的室内模型试验和现场原位测试数据，并经过了数值模拟的反复校验。

(2) 技术经济论证：采用本标准推荐的设计方法，相较于完全依赖厚壁钢衬的传统保守设计，可显著降低钢材用量，预计能使储气库单位容积造价降低15%-20%，同时通过优化勘察工作流程，能减少不必要的勘探工作量。

(3) 预期效益：

经济效益：推动压缩空气储能技术进步和产业化，降低储能电站建设成本，提升电网调峰能力和新能源消纳水平，带动高端装备制造和工程建设产业发展。

社会效益：保障能源电力安全，促进能源结构转型，为“双碳”目标实现提供关键技术支撑。

生态效益：通过促进可再生能源发展，替代化石能源，减少温室气体和污染

物排放。规范的勘察设计也能最大限度减少对地下水和周边生态环境的扰动。

#### **（四）与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况**

目前，国际上尚无专门针对压缩空气储能电站人工硐室储气库的完整技术标准。本标准在编制过程中，参考和借鉴了：

德国、美国在盐穴储气库方面的相关标准与工程实践（如对密封性和运行压力的要求）。

北欧国家在硬岩隧道支护（Q 系统、Barton 模型）方面的先进理念。

日本在大型地下液化石油气（LPG）储库方面的设计规范（如对抗震和监测的严格要求）。

本标准与国外相关标准或实践的主要区别在于：更侧重于硬岩地层中人工开挖硐室的稳定性、适应于每日多次充放气的交变荷载设计、以及衬砌围岩联合承载体系的精细化设计，技术内容更具针对性和先进性。

#### **（五）以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准**

本标准自主制定。在起草过程中，我们研究并吸收了国际隧道与地下空间协会（ITA）发布的相关技术指南、国际岩石力学学会（ISRM）建议的试验方法等国际先进技术文件的精神，但其内容均已转化为适应我国国情和工程实践的具体要求。本标准未直接引用或采用任何国际标准作为规范性引用文件，所有引用的文件均为现行有效的国家标准或行业标准。

#### **（六）与有关法律、行政法规及相关标准的关系**

本标准与相关法律、法规及相关标准协调一致，没有冲突。

#### **（七）重大分歧意见的处理经过和依据**

无。

#### **（八）涉及专利的有关说明**

本标准中没有涉及的专利情况出现。

#### **（九）实施标准的要求和措施建议**

本标准发布后，应向压缩空气储能建设单位进行宣传、贯彻，向所有从事压缩空气储能地下硐室勘察、设计与施工的相关人员推荐执行本标准。

（十）其他应当说明的事项  
无。