

ICS 75.010

P 71

备案号：

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 1003-20XX

国家石油储备地下水封洞库工程  
项目建设标准

Construction code for underground oil storage in rock caverns

project of national oil strategic reserve

(修订征求意见稿)

××××-××-×× 发布

××××-××-×× 实施

国家能源局

发布

## 前 言

本标准是根据国家能源局的要求，由中国国际工程咨询有限公司牵头，与中国石油管道局工程有限公司、海工英派尔工程有限公司、中国石化工程建设公司组成编制组，在原《国家石油储备地下水封洞库工程项目建设标准（试行）》NB/T 1003-2012 的基础上修订完成的。

为统一规范国家石油储备地下水封洞库（简称水封洞库）建设标准及技术水平，指导水封洞库工程设计、施工，使之符合国家各项方针政策，做到安全环保、节约能源、技术先进及经济合理，编制人员对国内外水封洞库进行了广泛调研，借鉴国内已有类似工程项目建设标准和国外水封洞库建设经验，特别是已经建成的国内水封洞库的经验教训，认真听取有关部门、单位和专家的意见，对本标准进行了多次研讨、修改，经国家能源局组织审查后定稿。

本标准修订后共分为 11 章 2 个附录，包括总则、术语、一般规定、库址选择、地下工程勘察、建设水平、节能、环境保护、安全与职业卫生、社会稳定风险评估、项目管理等。

本标准修订的主要内容是：

- 1、增加了建设过程中总库容有条件扩大的内容；
- 2、调整了运行期洞罐的日涌水量；
- 3、增加了施工期供排水、供电及通风的要求；
- 4、增加了有条件可不征地的内容；
- 5、增加了水封洞库应进行危险与可操作性分析（HAZOP）评估的要求；
- 6、增加了气密性试验的内容，补列为附录 B。

本标准由国家能源局石油储备办公室负责日常管理，由中国国际工程咨询有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄至北京市海淀区车公庄西路 32 号中咨大厦 18 层石化轻纺业务部油气处，邮政编码 100048。

本标准编制单位：

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

## 目 次

1	总则 .....	- 1 -
2	术语 .....	- 2 -
3	一般规定 .....	- 4 -
4	库址选择 .....	- 6 -
5	地下工程勘察 .....	- 8 -
5.1	一般规定 .....	- 8 -
5.2	预可行性研究阶段工程勘察 .....	- 8 -
5.3	可行性研究阶段工程勘察 .....	- 11 -
5.4	初步设计阶段工程勘察 .....	- 13 -
5.5	施工图设计及施工阶段工程勘察 .....	- 14 -
6	建设水平 .....	- 16 -
6.1	总图布置 .....	- 16 -
6.2	储运 .....	- 17 -
6.3	地下工程 .....	- 19 -
6.4	消防设施 .....	- 24 -
6.5	给排水及污水处理 .....	- 25 -
6.6	电气 .....	- 26 -
6.7	防腐及阴极保护 .....	- 27 -
6.8	仪表及自动控制 .....	- 27 -
6.9	电信 .....	- 28 -
6.10	供暖、通风与空调 .....	- 29 -
6.11	建设用地 .....	- 29 -
6.12	定员、建筑面积、车辆配置指标 .....	- 30 -
6.13	建设周期 .....	- 31 -
7	节能 .....	- 32 -
8	环境保护 .....	- 33 -
9	安全与职业卫生 .....	- 34 -

10	社会稳定风险评估 .....	- 35 -
11	项目管理 .....	- 35 -
11.1	建设程序及主要内容 .....	- 36 -
11.2	设计、地质勘察、监理、工程管理、施工单位资质 .....	- 38 -
附录 A	计算间距的起讫点 .....	- 39 -
附录 B	气密性试验 .....	- 39 -
	本规范用词说明 .....	- 40 -
	引用标准名录 .....	- 40 -
附：	条文说明 .....	- 40 -

## Contents

1	General Rrouisions.....	- 1 -
2	Terms.....	- 2 -
3	General requirements.....	- 4 -
4	Site selection.....	- 6 -
5	Geotechnical investigation of underground engineering.....	- 8 -
5.1	General requirements.....	- 8 -
5.2	Geotechnical investigation in pre-feasibility study phase.....	- 8 -
5.3	Geotechnical investigation in feasibility study phase.....	- 11 -
5.4	Geotechnical investigation in basic design phase.....	- 13 -
5.5	Geotechnical investigation in detailed design and construction phase	- 14 -
6	Construction level.....	- 16 -
6.1	Plot plan.....	- 16 -
6.2	Process.....	- 17 -
6.3	Underground engineering.....	- 19 -
6.4	Fire-fighting facilities.....	- 24 -
6.5	Water supply&drainage, sewage treatment.....	- 25 -
6.6	Electric.....	- 26 -
6.7	Anticorrosive and cathodic protection.....	- 27 -
6.8	Instrument and automatic control.....	- 27 -
6.9	Telecommunication.....	- 28 -
6.10	Heating, ventilation and air conditioning.....	- 29 -
6.11	Land-use.....	- 29 -
6.12	Staff, construction area&vehicle disposition .....	- 30 -
6.13	Construction period.....	- 31 -
7	Energy saving.....	- 32 -
8	Environmental protection.....	- 33 -
9	Safety and occupational health.....	- 34 -

10 Risk Assessment for Social Stability.....	- 35 -
11 Project management.....	- 35 -
11.1 construction procedures and main contents.....	- 36 -
11.2 Qualification requirements for design, investigation, supevision, management and construction institutes.....	- 38 -
Appendix A Spacing origin-destination.....	- 39 -
Appendix B Cavern acceptance test.....	- 40 -
Explanation of wording in This Standard.....	- 40 -
List of Quoted Standards.....	- 40 -
Additions: Explanation of Provisions .....	- 40 -

## 1 总则

1.0.1 为加强国家石油储备地下水封洞库工程项目决策和建设的科学管理，保证国家石油储备地下水封洞库工程建设安全可靠，技术先进，经济合理，统一国家石油储备地下水封洞库工程的建设水平、技术要求，加强投资控制、审批和监督，特制定本建设标准。

1.0.2 本标准适用于国家石油储备地下水封洞库项目新建工程。

1.0.3 国家石油储备地下水封洞库工程建设，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

下列术语和定义适用于本标准。

### 2.0.1 地下水封洞库 underground oil storage in rock caverns

由位于地下水位以下一定深度岩体中开挖出的采用水封原理储存原油的地下空间系统，以及配套的辅助设施共同组成的原油存储库，简称水封洞库。

### 2.0.2 洞室 cavern

在岩体内开挖出的用于储存原油的地下空间。

### 2.0.3 洞罐 caverns tank

由若干相互连通的洞室组成的地下密闭空间。

### 2.0.4 连接巷道 connecting tunnel

洞室之间相互连通的通道。

### 2.0.5 施工巷道 access tunnel

满足施工期间设备通行、出渣、通风、给排水、供电、人员通行等需要，从地面通往洞室的专用通道。

### 2.0.6 竖井 shaft

由洞室顶至地面或操作巷道的竖向连接通道。

### 2.0.7 竖井操作区 shaft operation area

竖井口周围用于油泵、水泵、仪表、电气等操作、维护和管理区域。

### 2.0.8 水幕孔 water curtain hole

为保障地下水封条件，用于人工注水而实施的钻孔。

### 2.0.9 水幕巷道 water curtain tunnel

用于水幕孔施工和注水的通道。

### 2.0.10 操作巷道 operation tunnel

由地面通向地下各竖井操作区的通道。

### 2.0.11 密封塞 concrete plug

设置在巷道及竖井内，用于封堵洞罐的混凝土构件。

### 2.0.12 泵坑 pump pit

在竖井下方安装潜油泵、潜水泵及仪表的坑槽。



**2.0.13 水垫层 water bed**

在洞室的底部保持一定高度的用于沉淀原油内杂质并汇集围岩渗出水的水层。

**2.0.14 固定水位法 fixed water level method**

使洞罐底部水垫层高度固定，不随油品储量变化的储油方法。

**2.0.15 地下水监测孔 groundwater logging hole**

用于监测地下水位及水质的地表钻孔。

**2.0.16 压力监测孔 pressure logging hole**

设置在水幕巷道内，在运行期间监测洞罐周围地下水压力的钻孔。

**2.0.17 水幕监测井 water curtain logging hole**

为水幕系统补水及对水幕系统内水位、水质进行监测的井孔。

**2.0.18 裂隙水 seepage water**

赋存于岩体裂隙中的地下水。

**2.0.19 建筑界限 storage perimeter**

保持水封洞库地下工程稳定所需的建筑保护区域的边界线。

**2.0.20 水力保护界限 hydrogeological perimeter**

为保持水封洞库稳定地下水位所需的水力保护边界。

**2.0.21 油气处理装置 vapor treatment unit**

对洞罐作业时产生的油气进行处理的装置。

### 3 一般规定

- 3.0.1 水封洞库的建设规模不宜小于  $300 \times 10^4 \text{m}^3$ 。建设过程中在地质条件允许且不超出项目总投资的情况下，总库容可适当扩大。
- 3.0.2 水封洞库储存介质宜为低凝、低粘原油。
- 3.0.3 水封洞库所储原油宜按10年周转1次考虑。
- 3.0.4 水封洞库地下不可维修部分的设计使用年限应为50年。
- 3.0.5 水封洞库及其外部相互连接的储运系统应具备应急投放能力。
- 3.0.6 水封洞库输油设施能力应结合周边炼化企业、外输管网及码头等设施统筹考虑。
- 3.0.7 水封洞库的设施宜按生产区、辅助生产区、行政管理区及库外配套设施布置。
- 3.0.8 水封洞库分区及设施布置，宜按表3.0.8进行。

表 3.0.8 水封洞库分区及设施布置

分区	区内主要设施
生产区（地下）	储油洞罐、连接巷道、竖井系统、操作巷道、水幕系统等
生产区（地上）	输油泵区、竖井操作区、变配电间、计量站、现场机柜间、油气处理装置等
辅助生产区	消防泵房、消防站、变电所、配电间、维修间、器材库、锅炉房、惰性气体补充设施、含油污水处理设施、化验室等
行政管理区	综合办公楼（包括中心控制室）、门卫、汽车库、宿舍、浴室、食堂等
库外配套设施	输油、供电、输水、供气、供热设施及库外道路等

- 3.0.9 水封洞库内使用性质相近的建（构）筑物，在符合生产使用和安全防火的要求下，宜合并建设。
- 3.0.10 建筑界限应为洞室边缘垂直投影至地面向外扩50m。
- 3.0.11 水力保护界限应为建筑界限向外扩150m。项目建设单位应与地方政府签订相关协议，在水力保护界限内，不得从事影响水封洞库水封可靠性的活动。
- 3.0.12 水封洞库上方土地可合理利用，但不应影响水封洞库安全运行。
- 3.0.13 水封洞库地上设施的岩土工程勘察应符合现行国家标准《岩土工程勘察

规范》GB 50021和《油气田及管道岩土工程勘察规范》GB 50568的规定；地下工程勘察应符合现行行业标准《地下水封洞库岩土勘察规范》SY/T 0610的规定。

**3.0.14** 与水封洞库配套的库外输油管道应符合现行国家标准《输油管道工程设计规范》GB 50253和《石油库设计规范》GB 50074的规定。

**3.0.15** 水封洞库地下工程的施工应符合现行国家标准《地下水封石洞油库施工及验收规范》GB 50996的规定。

## 4 库址选择

4.0.1 水封洞库选址应符合国家石油储备规划、当地城乡总体规划及土地利用总体规划的要求，并应按照国家规定的程序进行。

4.0.2 水封洞库选址应根据储备石油应急加工需求以及接卸、运输原油的条件确定，宜选择在炼油厂较为集中、有可依托的输油管网或大型石油码头的地区。

4.0.3 水封洞库库址应选择在具有良好地质条件的区域并宜满足下列要求：

- 1 地质构造简单，避开现代构造应力场中构造应力集中的地区。
- 2 围岩强度较高，岩体完整性和稳定性良好。
- 3 岩体透水性弱、有稳定地下水位且地下水埋深较浅。
- 4 选择低山、丘陵等地形平缓地区，避开地形起伏较大、深切河谷发育及河流湍急的地貌区。

4.0.4 水封洞库不应选择在下列区域：

- 1 环境敏感区。
- 2 土地具有重要商业开发价值和人口密集的区域。
- 3 抗震设防烈度为9度或9度以上区域，地应力集中的构造部位和发震断裂。
- 4 不良地质作用发育且对库址稳定性有直接危害或潜在威胁的区域。
- 5 含过量有害气体与放射性元素的岩体分布区域。
- 6 岩石矿物成分和地下水对储存原油质量有严重影响的区域。

4.0.5 水封洞库地上设施应位于不受洪水、潮水或内涝威胁的地带，防洪标准应按重现期大于或等于100年设计。

4.0.6 水封洞库地上设施与周围居住区、工矿企业、交通线等的安全距离，不应小于表4.0.6的规定。表中未列设施与周围建（构）筑物的安全距离应执行现行国家标准《石油库设计规范》GB 50074的规定。

表 4.0.6 水封洞库地上设施与周围居住区、工矿企业、交通线等的安全距离

名称		安全距离 (m)		备注
		竖井	油气回收装置	
居住区及公共建筑		60	75	
工矿企业		40	50	③⑤
铁路	国家铁路	200	200	
	企业铁路	30	30	
公路	高速公路和一级公路	30	30	
	二、三级公路	25	30	
	其他公路	15	20	
国家一、二级架空通信线路		40	40	
架空电力线路和不属于国家一、二级的架空通信线路		1.5 倍杆高		②
露天爆破作业场地 (如采石场)		300		④

注： 1 竖井从竖井内壁算起，若竖井上部有房屋，应从房屋的窗户或通风口算起。

2 对于 35kV 及以上的架空电力线，竖井和油气回收装置与电力线的安全距离除应满足本表要求外，还应大于 30m，非水封洞库用的库外埋地电缆与水封洞库围墙的距离不应小于 3m。

3 工矿企业包括石油储存企业。

4 与露天爆破作业场地的安全距离从水封洞库地上设施围墙算起。

5 与地面油库毗邻建设时，水封洞库地面油罐与相邻油库油罐之间的防火距离应取相邻油罐中较大罐直径的 1.5 倍，水封洞库的竖井、油气回收装置、焚烧炉与相邻地面油库油罐组防火堤之间的安全距离应按本表“工矿企业”执行，其他建筑物和构筑物之间的防火距离应按表 6.1.1 的规定增加 50%。

6 油气回收装置从装置最突出的外缘算起。

**4.0.7** 应依据水封洞库所在地区的地形、地质、水文、气象、交通、供水、供电、通信、可用土地和社会生活方面条件，经技术、经济、安全、环保、征地、拆迁、管理等方面综合评价后确定库址。

## 5 地下工程勘察

### 5.1 一般规定

5.1.1 勘察单位应根据工程勘察任务书或技术要求，编写勘察纲要。

5.1.2 水封洞库工程勘察的基本任务应包括下列内容：

1 查明库区的地层岩性、地质构造，评价区域稳定性。

2 查明拟建水封洞库岩体的工程地质条件、岩体质量状况，评价拟建库区的岩体稳定性。

3 查明库址所在区域和库区周围相对独立水文地质单元的水文地质条件及地下水的开发利用现状与规划，为确定设计地下水位、水封洞库涌水量等提供依据。

5.1.3 根据水封洞库工程特点，工程勘察深度应与设计阶段相适应。工程勘察宜划分为：预可行性研究阶段勘察、可行性研究阶段勘察、初步设计阶段勘察和施工图设计及施工阶段勘察四个阶段。

5.1.4 各工程勘察阶段工作量应根据库址区域地质条件的复杂程度、地质工作的研究程度、工程建设规模等确定。

5.1.5 施工前各工程勘察阶段的岩体质量分级及分区，应分别为适宜建库岩体选择、库址选择、地下工程布置和施工方案等服务。应以施工图设计及施工阶段的工程勘察验证确定的围岩稳定性分类作为施工处理的依据。

5.1.6 岩体质量评价宜采用 Q 系统法和国标 BQ 法两种方法综合分析判定。

5.1.7 各勘察阶段应提供相应精度的洞库涌水量。

### 5.2 预可行性研究阶段工程勘察

5.2.1 预可行性研究阶段工程勘察的主要任务应以地质调查为主要手段，应通过对不少于 2 处的库址方案进行比选，选择符合水封洞库工程地质、水文地质条件要求的库址，为编制预可行性研究报告提供依据。

5.2.2 预可行性研究阶段工程勘察应包括下列内容：

1 搜集资料与室内研究。

- 2 现场地质踏勘确定库址比选方案。
- 3 对重点库址进行工程勘察，择优推荐库址。

### 5.2.3 预可行性研究阶段工程勘察搜集资料与室内研究应包括下列内容：

1 详细研究选址任务书或勘察任务书，明确选址范围、水封洞库性质、规模、储存原油种类及有关工艺要求等。

#### 2 搜集选址区范围内下列各项图件与文字资料：

- 1) 地形图(比例尺：1:10000~1:25000)；
- 2) 区域地质报告及其附图(比例尺：1:50000~1:200000)、航测(卫星)照片、遥感图等；
- 3) 区域代表性地质剖面、综合地质柱状图和其他有关地质资料；
- 4) 区域地震地质资料、包括历史地震资料、抗震设防烈度资料、近期活动构造体系图及地震台站资料等；
- 5) 已有各种岩石地下建筑及采石场等的经验资料；
- 6) 地表水体(江、河、湖、海、大型水库等)有关水文资料；
- 7) 区域地下水位、区域地下水的利用和各级区域侵蚀基准面高程(或水文网割切深度)等方面资料；
- 8) 气象资料；
- 9) 交通、地方经济和有用矿产等资料。

#### 3 研究已有资料，综合分析预选几处库址。

5.2.4 应通过区域资料的分析和现场踏勘，调查库址周围的区域性断裂及其活动性，地表水和地下水的赋存等情况，对区域地形地貌、地层、岩性、地下水及构造稳定性进行研究，并应调查岩层中有害气体或放射性元素的赋存情况。

5.2.5 应在拟选区域范围内进行工程地质测绘，其工作范围不宜小于拟建项目用地范围的2倍。

5.2.6 工程地质测绘应在现场踏勘的基础上进一步查明主体岩石内存在的岩脉、夹层或其他小型岩体的岩性、规模、形态及产状。在岩石条件符合要求的条件下，应重点突出构造地质勘察。地质图中地质界线、断裂、节理密集带均应在地质图上标明，并应进行区域性节理的调查研究。

5.2.7 工程地质测绘比例尺可选用1:5000~1:10000的比例尺。

5.2.8 工程地质观测点应充分利用天然和已有的人工露头；当露头较少时，应根据具体情况布置一定数量的探坑或探槽。

5.2.9 应在以拟选区域为中心的相对独立的水文地质单元内，进行水文地质调查和地下水开发利用现状调查，工作比例尺可选用 1:5000 或 1:10000。水文地质调查应充分利用天然泉水露头和民用水井，可利用钻探和民用水井进行抽水、注水、压水等水文地质试验。

5.2.10 需要采用工程物探方法时，应在对比资料有代表性的地段进行方法性试验。

5.2.11 工程物探应在工程地质测绘的基础上进行，测网和测线布置应符合下列规定：

1 测线网布置应根据任务要求、探测方法、被探测对象规模和埋深等因素综合确定。测网和工作比例尺应能观测被探测的目的体，并可在平面图上清楚反映探测对象的规模、走向。

2 测线方向宜垂直于构造线、地层和主要探测对象的走向，应沿地形起伏较小和表层介质较均匀的地段布置测线，测线应与地质勘探线和其他物探方法的测线一致，避开干扰源。

3 当测区边界附近发现异常时，应将测线适当延长至测区外，以追踪异常。

4 测线间距宜为 200m~400m。对于地质构造复杂的地质体（区）应适当加密。

5 应测量测线端点、转折点、物探观测点、观测基准点。

5.2.12 当地层露头不好时，可进行适量的钻探工作，每处库址勘探点的数量可为 1~3 个，钻探深度应达到预估洞室底板以下 15m。

5.2.13 预可行性研究阶段工程勘察资料深度应符合下列规定：

1 应按要求完成各项已有的图件、文字资料的搜集并进行充分的室内研究。

2 应对拟选库址的洞库涌水量、稳定地下水位和洞室埋深等提出初步估计值。

3 应对拟选库址进行区域稳定性评价；应对水封洞库围岩稳定性做出估测性评价。



5.2.14 预可行性研究阶段工程勘察应对以下方面提出评价和建议：

- 1 区域稳定性和库址稳定性。
- 2 区域水文地质条件及稳定地下水位、洞库涌水量估算和洞库埋深。
- 3 对各库址方案进行地质适宜性评估，并对库址方案进行排序。
- 4 对各拟选库址的围岩进行工程岩体预分级；宜采用两种或两种以上方法进行分级，相互校核，综合分级。
- 5 存在的问题及对下一阶段工作的建议。

### 5.3 可行性研究阶段工程勘察

5.3.1 可行性研究阶段工程勘察工作应初步查明推荐库址的工程地质和水文地质条件，提供可行性研究所需的勘察成果并为确定库址和库区布置进行地质论证。

5.3.2 应分析预可行性研究阶段工程勘察提出的问题和下一步工作建议，补充收集区域水文地质、工程地质和构造地质资料。

5.3.3 可行性研究阶段工程勘察应包括下列内容：

- 1 补充调查库址的地形、地貌条件和物理地质现象。
- 2 初步查明库址区域的岩性(层)、构造，岩(土)物理力学性质及不良地质现象的成因、分布范围、发展趋势和对工程的影响程度；重点查明松散、软弱层的分布。
- 3 初步查明岩体结构面的产状，主要断层、破碎带和节理裂隙密集带的位置、产状、规模及其组合关系。
- 4 初步查明场区地应力状态与分布规律。
- 5 初步查明库址区域的地下(地表)水位、水压、渗透系数、水温和水化学成分及对混凝土的侵蚀性、涌水量丰富的含水层、汇水构造、强透水带以及与地表溪沟连通的断层、破碎带和节理裂隙密集带，预测开挖洞室时突然涌水的可能性，估算最大涌水量、正常涌水量及地下水影响范围。
- 6 进行围岩工程地质预分级，确定适宜建库的可用岩体范围。
- 7 提出洞室轴线方向、洞室跨距、洞室间距、施工巷道口位置等地下工程平面布置的建议。

8 确定设计地下水位高程，并结合岩体工程地质条件和储存介质压力要求，提出合理的洞室埋深建议。

9 初步查明主要软弱结构面的分布和组合情况，并结合岩体应力评价洞室顶部、边墙和洞室交叉部位岩体的稳定性，提出处理建议。

10 初步建立地下水动态观测网并实施长期监测。

5.3.4 工程地质测绘应符合下列规定：

1 应补充校核预可行性研究阶段工程勘察库址的工程地质图，比例尺可选用 1:2000~1:5000。

2 应对地质条件复杂的地段或依据工程需求，进行专门的工程地质测绘，比例尺可选用 1:1000~1:2000。

5.3.5 工程物探应在工程地质测绘的基础上进行，测线布置应符合下列要求规定：

1 应对预可行性研究阶段勘察的测线进行加密，加密后的主要测线间距宜为 100m~300m，在施测中应视已完成情况随时调整原设计的测线网。

2 应在地形条件允许时，主要测线宜通过已有钻孔。

5.3.6 钻探工作应在工程地质测绘和物探工作的基础上初步查明建库岩体性状及存在问题。钻孔的布置应符合下列规定：

1 宜利用预可行性研究阶段勘察所完成的钻孔。

2 每个钻孔应设计并明确钻探目的。

3 各类钻孔的布置宜综合利用，减少钻探工作量。

4 应结合库址区域地质条件的复杂程度和关键地质问题，有针对性布置钻孔，钻孔间距可为 200m~300m。钻孔深度应达到洞室底部设计高程以下 15m。

5 钻探过程中应根据已完成钻孔所揭露的地质问题，随时调整原钻孔布置方案。

5.3.7 钻孔在钻进过程中应记录水文地质信息，并选择部分钻孔分段进行水文地质试验。

5.3.8 为取得地下水动态资料，除利用库址内已有钻孔进行观测外，必要时可专门布置地下水监测孔。

5.3.9 勘察资料整理与分析至少应包括下列内容：

- 1 库址围岩分段预分级及可用岩体的范围。
- 2 库址可行性分析评价，确定库址方案。
- 3 地下工程布置的初步建议。
- 4 设计地下水位、洞库涌水量与洞库埋深分析和估算。
- 5 洞室稳定性初步分析评价。
- 6 存在问题及对下一阶段勘察工作的建议。

#### 5.4 初步设计阶段工程勘察

5.4.1 初步设计阶段工程勘察工作应基本查明选定库区的工程地质和水文地质条件，提供初步设计阶段所需的勘察成果并为库区布置进行地质论证。

5.4.2 初步设计阶段工程勘察应包括下列内容：

- 1 查明施工巷道口边坡的稳定条件。
- 2 基本查明库区区域的岩性(层)、构造，岩(土)物理力学性质及不良地质现象的成因、分布范围、发展趋势和对工程的影响程度；重点查明松散、软弱层的分布。
- 3 基本查明岩层的产状、主要断层、破碎带和节理裂隙密集带的位置、产状、规模及其组合关系。
- 4 基本查明库区地段的地下水位、水压、渗透系数、水温、水化学成分以及对混凝土的侵蚀性和对储存介质质量的影响、涌水量丰富的含水层、汇水构造、强透水带以及与地表溪沟连通的断层、破碎带和节理裂隙密集带，预测开挖洞室时突然涌水的可能性，评价最大涌水量、正常涌水量及地下水影响范围。
- 5 查明竖井、施工巷道口段工程地质条件。
- 6 细化围岩工程地质分级并建立适当的地质模型。
- 7 提出洞室轴线方向、洞室跨距、洞室间距、施工巷道口位置等地下工程布置优化的建议。
- 8 复核设计地下水位高程，并结合岩体工程地质条件和储存介质压力要求，提出优化的洞室埋深建议。
- 9 基本查明主要软弱结构面的分布和组合情况，并结合岩体应力评价洞室顶部、边墙和洞室交叉部位岩体的稳定性，提出处理建议。

10 建立地下水动态观测网并实施长期监测。

5.4.3 工程地质测绘应符合下列规定：

1 应补充校核可行性研究阶段工程勘察库区的工程地质图。

2 应对地质条件复杂的地段应进行专门工程地质测绘，比例尺可选用1:500~1:1000。

5.4.4 钻探应符合下列规定：

1 每个钻孔应设计并明确钻探目的。

2 宜利用预可行性研究阶段和可行性研究阶段工程勘察所完成的钻孔；各类钻孔的布置宜综合利用，减少钻探工作量。

3 应结合场地地质条件的复杂程度和关键地质问题，布置勘探点。

4 应在竖井、施工巷道洞口段布置勘探点。

5 钻探过程中应根据已完成钻孔所揭露的地质问题，随时调整原勘探点部署方案；施工巷道口处可布置勘探平洞。

5.4.5 钻孔在钻进过程中应记录水文地质信息，应分段进行水文地质试验，并结合前期勘察资料综合确定岩体渗透性参数。

5.4.6 为取得地下水动态资料，充分利用库区内已有钻孔进行观测外，结合水文地质条件，布置地下水监测孔。

5.4.7 勘察资料整理与分析至少应包括下列内容：

1 库区围岩分级及其分布范围。

2 地下工程布置优化建议。

3 设计地下水位、洞库涌水量与洞库埋深分析和估算。

4 洞室稳定性分析评价。

5 施工巷道口稳定性及洞室轴线布置。

6 存在问题及对下一步工程勘察工作的建议。

## 5.5 施工图设计及施工阶段工程勘察

5.5.1 施工图设计及施工阶段工程勘察应结合初步设计资料，检验前期工程勘察的地质资料与结论，补充论证专门的工程地质问题，并提出优化设计方案的建议。

### 5.5.2 施工图设计及施工阶段工程勘察应包括下列内容：

- 1 根据开挖获得的勘察资料校核施工前向设计、施工单位提供的勘察成果，总结库区地质规律。
- 2 解决对施工安全、工程质量有影响的水文地质、工程地质问题。

### 5.5.3 施工图设计及施工阶段工程勘察的工作应包括下列内容：

- 1 进行围岩地质编录，校核并确定围岩分级。
- 2 按围岩地质编录结果编制各类巷道、竖井、洞室的地质展示图等。
- 3 必要时可进行岩体变形和强度试验及岩体表面应力测量。
- 4 根据水封洞库涌水量，进行地下水动态资料整理分析工作，为评价“水封条件”提供依据；
- 5 对水封洞库的重要地下工程部位或新揭露的地质现象，补充必要的钻探工作量。
- 6 对新发现的岩性应采取岩样，进行岩矿鉴定、岩石试验并评估其影响。
- 7 可分阶段对勘察资料进行总结分析，指导下一阶段设计、施工。

### 5.5.4 工程勘察资料整理与分析至少应包括下列内容：

- 1 总结库区水文地质、工程地质条件与规律，复核预可行性研究阶段、可行性研究阶段、初步设计阶段的勘察成果。
- 2 分析施工中出现的岩体失稳原因、处理措施与效果，对各类围岩的支护措施、施工方案和施工注意事项等提出建议。
- 3 结合工程地质条件对地下工程布置提出处理或调整的建议并做出评价。
- 4 对水封洞库投产后的地下水动态或岩体稳定性监测工作等提出建议。
- 5 估算洞室、巷道涌水量。
- 6 提出针对不同性质、类型的含水裂隙的注浆封堵措施建议。

## 6 建设水平

### 6.1 总图布置

6.1.1 水封洞库地上设施宜设置在水封洞库地下部分的上方。

6.1.2 水封洞库地上设施之间的防火距离不应小于表 6.1.1 的规定。

表 6.1.1 水封洞库地上设施之间的防火距离(m)

名 称	竖井	油气处理装置
油罐(地面)	40	25
输油泵区	20	15
油气处理装置	25	—
隔油池	20	20
消防泵房、消防水池(罐)	30	30
办公楼、中心控制室、专用消防站、宿舍、食堂等人员集中的场所	40	40
有明火及可散发火花的建筑物及场所	20	30
露天变配电所变压器	20	25
独立机柜室、独立变配电室	20	25
其他建(构)筑物	15	15
围墙	10	10

注： 1 输油泵区从建筑物外墙算起，露天泵和泵棚从泵外缘算起。

2 计算间距的起讫点参照附录 A。

3 表中未列地上设施的安全距离应符合现行国家标准《石油库设计规范》GB 50074 的规定。

4 表中围墙指水封洞库地上设施外边界围墙。

5 焚烧炉按有明火及可散发火花的建筑物及场所执行。

6.1.3 水封洞库的建筑界限应设置永久性标志；水封洞库地上设施的外边界应设置高度不小于 2.5m 的非燃烧体实体围墙；行政管理区与其他分区之间宜设置围墙或围栅，并应设置单独的出入口。

6.1.4 水封洞库主出入口应设置门卫值班室，主出入口外设缓冲区，缓冲区设置自动、半自动防冲撞装置，也可采用其他实体阻挡措施。

6.1.5 水封洞库地上设施通向外部公路的车辆出入口不宜少于两处，并宜位于不同方位。

6.1.6 水封洞库内道路的设置应符合下列规定：

1 地上设施围墙内的主要道路路面宽度不应小于 7m，次要道路路面宽度不应小于 4m。

2 地上设施围墙外其余水封洞库地面上的主要道路宜为郊区型，路面宽度不应小于 7m。

3 地上竖井操作区之间应设置连接道路，道路路面宽度不应小于 7m，并应与其他道路相通。受地形限制时可设置有回车场的尽头式道路。

4 应设置通向地下水监测孔的人行通道。

6.1.7 竖井操作区周围场地应满足操作维修及消防要求。

6.1.8 水封洞库地上设施应位于不受洪水、潮水或内涝威胁的地带，防洪标准应按重现期大于或等于 100 年设计。

## 6.2 储运工艺

6.2.1 水封洞库工艺流程应满足下列功能要求：

- 1 接收外部来原油，具备原油分输分储功能。
- 2 原油提升外输。
- 3 原油计量。
- 4 原油倒罐。
- 5 洞罐内裂隙水提升处理。
- 6 油气处理。
- 7 保护性气体注入。

6.2.2 洞罐及附属设施设置应符合下列规定：

1 水封洞库的洞罐数量不应少于 2 座，每座洞罐的容积不宜小于  $40 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

- 2 洞罐的充装系数宜为 0.95。
- 3 应采用固定水位法储油，水垫层高度不宜低于 0.5m。
- 4 每座洞罐应设竖井。竖井操作区宜布置在地面，其形式应根据环境确定；受地形限制时可设置在操作巷道内，操作巷道应设不少于 2 个出口通向地面。
- 5 洞罐的进油竖井和出油竖井宜设置在不同的洞室，竖井应满足管道、泵、仪表、电缆等安装、操作及检修的要求。
- 6 竖井内进油管道应采取消除液体冲击的措施。
- 7 竖井内进出油管道及裂隙水管道应采取防止管道内形成真空的措施。
- 8 每座洞罐的通气管应设置阻爆轰型阻火器。
- 9 每座洞罐潜油泵的台数不应少于 2 台，不应设备用泵。
- 10 每座洞罐潜水泵的台数不应少于 2 台，其中含 1 台备用泵。
- 11 潜油泵、潜水泵及相应管道应采取防振动措施。
- 12 洞罐排出的油气应进行处理，油气处理方案应进行技术经济比较后确定，处理后的排放气体应符合现行国家标准的有关规定。
- 13 水封洞库发油时应采用保护性气体保护，洞罐气相空间的氧气含量不应大于 5%。
- 14 水封洞库排出的裂隙水应排至含油污水处理设施。
- 15 洞罐气密性应满足附录 B 相关要求。

#### 6.2.3 主要工艺设备及管道选用应符合下列规定：

- 1 水封洞库潜油（水）泵选型应符合下列要求：
  - 1) 潜油泵宜选用浸没式高效离心泵。
  - 2) 潜油（水）泵浸没的泵体、电机等主要部件应选用满足使用工况要求的抗腐蚀性材料。
  - 3) 潜油（水）泵应配备压力温度等参数检测、报警及自动停泵装置。
- 2 工艺阀门应采用钢制阀门。大口径、操作频繁、要求快速启闭或远距离操作、有自动化控制要求的阀门，应选用电动阀。
- 3 管径小于 DN300 的管道，应选用符合《石油天然气工业管线输送系统用钢管》GB/T 9711 或《输送流体用无缝钢管》GB/T8163 要求的无缝钢管。管径大



于等于 DN300 的管道，宜选用符合《石油天然气工业管线输送系统用钢管》GB/T 9711 要求的直缝或螺旋缝埋弧焊钢管。

### 6.3 地下工程

6.3.1 水封洞库设计应充分利用围岩的自稳能力。应根据不同设计阶段对围岩稳定性进行不同精度的数值分析或物理模拟。

6.3.2 水封洞库设计应充分利用天然地下水系统的渗流特性和水封能力。应根据不同设计阶段对地下水渗流场进行不同精度的数值分析。

6.3.3 运行期洞罐的日涌水量，每  $100 \times 10^4 \text{m}^3$  库容不宜大于  $200 \text{m}^3/\text{d}$ 。

6.3.4 地下工程开挖应采用控制爆破方法。施工质量和施工安全措施应符合《地下水封石洞油库施工及验收规范》GB 50996、《水工建筑物地下开挖工程施工技术规范》DL/T 5099 和《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定。

6.3.5 地下工程建设应遵循动态设计、动态施工原则。

6.3.6 洞室设计应符合下列规定：

1 当岩体处于低地应力区时，洞室轴线方向应与岩体主要结构面成大角度相交；当岩体处于高应力区时，洞室轴线与最大水平主应力方向宜平行或小角度相交。

2 洞室拱顶应设置在微风化岩层顶面以下不小于 20m 处。

3 洞室拱顶位于设计最低地下水位以下的垂直距离应按下式计算：

$$H_w \geq 100P + 20$$

式中：

$H_w$ —设计最低地下水位至洞室拱顶的垂直距离，m；

$P$ —洞室内的气相设计压力（表压），MPa。

4 洞室断面形状应根据岩体质量等级、地应力大小及施工方法确定。以块体失稳为主要破坏形式的围岩，应考虑断面形状对不稳定块体造成的影响。

5 洞室的断面宽度宜为 15~25m，高度宜为 20~40m，相邻洞室的净间距不应小于洞室宽度 1.4 倍。

6.3.7 施工巷道设计应符合下列规定：

1 施工巷道口宜选择在岩体相对完整、高程较低的位置，并应避开不良地

质构造和容易发生崩塌、滑坡等地质灾害的地段。

2 施工巷道口应有清坡范围，并采取排水、防止覆盖层、坡积物、松动岩块滚落的措施。

3 施工巷道的数量应根据洞罐的数量、开挖工程量的大小、施工工期等因素确定，且不宜少于 2 条。

4 施工巷道的断面形状宜采用直墙拱形断面；断面尺寸应满足施工机具双向通行、施工人员单侧通行、通风、给排水、电力及其他设施所占用空间的要求，断面宽度和高度不宜小于 8m；地面铺砌宜采用混凝土路面。

5 施工巷道的转弯半径和纵向坡度应满足施工机具工作及安全通过的要求，最大纵坡不宜大于 13%。

6 施工巷道应设置排水沟和综合洞室，并应沿施工巷道纵向每 150~200m 设置缓坡段，缓坡段长度不宜小于 40m。

7 地下工程施工完成后，施工巷道口应封闭。

#### 6.3.8 连接巷道设计应符合下列规定：

1 洞室顶层连接巷道的顶面高程应与洞室顶面高程一致；洞室底层连接巷道的底面高程应与洞室底面高程一致。

2 连接巷道断面形状宜采用直墙式断面。

3 连接巷道兼做施工巷道时，应满足施工巷道的要求。

#### 6.3.9 水幕系统设计应符合下列规定：

1 洞罐上方应设置水平水幕系统；洞罐外侧和相邻洞罐之间可设置垂直水幕系统。相邻洞室之间设置垂直水幕系统时，相邻洞室间距应分析水幕系统作用的影响。

2 水平水幕孔超出洞室外壁的距离不应小于 10m，垂直水幕孔的孔深宜超出洞室底面 10m。

3 水幕巷道底面至洞室顶面的垂直距离不宜小于 20m。

4 水幕巷道断面形状宜采用拱型直墙断面，跨度和高度不宜小于 4m。

5 水幕孔直径宜为 76mm~110mm，间距宜为 10m~20m，最终间距应根据水幕系统有效性试验结果确定。

6 当设置垂直水幕孔时，应在水幕孔上端设置围堰，其高度应高出水幕巷道底板 500mm。

7 水幕钻孔施工结束后应立即进行洗孔和水幕孔的单孔注水试验、安装孔口设备并按照设计供水压力进行供水。

8 洞室顶层开挖一定距离后，应对水幕孔进行水幕系统有效性试验。

9 洞室顶层开挖完成后，宜进行水幕系统整体水力试验。

10 水幕巷道充水前，应清除水幕巷道内的废弃杂物并冲洗水幕巷道表面。

11 水幕巷道应先于其下部洞室施工，水幕系统供水超前其下部洞室顶拱的施工进度应由水文地质条件确定且不宜小于 20m。

12 施工期间水幕孔供水和运行期的水幕系统补水均应采用清洁的淡水，供水和补水应满足不影响地下天然水环境和水幕系统使用效率的要求。

13 施工期间应对水幕孔的压力和流量进行持续监测。

#### 6.3.10 竖井设计应符合下列规定：

1 竖井口宜设置在高程较低、操作便利的位置，进、出油竖井的布置宜使原油流动顺畅。

2 竖井断面宜为圆形，直径应满足竖井施工及设备、管道安装的要求，且不宜小于 3m。

#### 6.3.11 泵坑设计应符合下列规定：

1 泵坑应设置在出油竖井正下方。

2 泵坑的尺寸应满足设备、管道安装及操作的要求。

3 泵坑四周应设置挡水墙，其高度应与水垫层的设计高度一致。

#### 6.3.12 支护应符合下列规定：

1 预可行性研究阶段的喷锚支护设计，可按《地下水封石洞油库设计规范》GB 50455 的规定选择支护类型及参数。其他阶段的支护设计，应根据相应阶段的地质勘察成果进行设计，施工过程中应根据监控量测结果进行修正。

2 施工巷道口应根据地质和抗震设防要求采用合理的支护措施。

3 竖井井壁在中风化围岩及以上部分宜采用钢筋混凝土衬砌支护；在中风化围岩以下部分可采用加强锚喷支护。应采取防止地震作用对竖井影响的措施。

4 洞室、巷道或竖井交叉部位应根据地质情况采用加强支护措施。加强区

域应满足下列要求:

- 1) 当洞室、巷道断面跨度等于大于 10m 时, 加强区域不应小于交叉区域向两侧延伸 10m 的范围。
  - 2) 当洞室、巷道断面跨度小于 10m 时, 加强区域不应小于交叉区域向两侧延伸 1 倍断面跨度的范围。
- 5 巷道高度大于 5m 时拱部应进行喷射混凝土支护。
- 6 围岩等级为 III 级时, 洞罐可采用钢纤维喷射混凝土支护。
- 7 主要材料及构造应满足下列要求:
- 1) 应选择全长黏结型锚杆, 条件许可时宜首先选择水泥砂浆锚杆。锚杆杆体宜选用 HRB500、HRB400 钢筋制作, 直径宜为 18mm~28mm; 采用水泥砂浆锚杆时孔径应大于杆体直径 40mm; 水泥砂浆的强度等级不应低于 M20; 托板宜为 Q235 钢板, 尺寸不宜小于 150mm×150mm, 厚度不宜小于 6mm。
  - 2) 喷射混凝土的强度等级不应低于 C25, 钢纤维喷射混凝土的强度等级不应低于 CF30。
  - 3) 钢纤维的抗拉强度不宜低于 1000MPa, 其性能应符合《纤维混凝土结构技术规程》CECS 38 的规定。
  - 4) 喷射混凝土内的钢筋网宜采用 HPB300、HRB335 钢筋制作, 纵、环向钢筋直径宜为 6~12mm, 网格间距宜为 150~300mm。钢筋网与锚杆的连接宜采用焊接法, 保护层厚度不应小于 20mm。
  - 5) 混凝土衬砌的强度等级不应低于 C25, 抗渗等级不应小于 P8。
  - 6) 衬砌内的钢筋宜采用 HRB500、HRB400 钢筋, 纵、环向钢筋直径不宜小于 12mm, 其他应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。
  - 7) 型钢钢架宜为 Q235 或 Q345, 格栅钢架宜采用 HRB500、HRB400 钢筋。
- 6.3.13 注浆应符合下列规定:**
- 1 渗水量较大部位宜采用注浆进行封堵处理。处理后的洞罐表面允许有渗水点, 但不应有线流和漏泥砂。
  - 2 应选择能够抵抗地下水及原油侵蚀的注浆材料, 注浆材料宜选择水泥类

材料。

3 在洞室开挖过程中，应进行超前探孔预测涌水量，涌水量大的地段和断层破碎带应采用预注浆。开挖后渗水量较大时，应采用后注浆。

4 水幕巷道和施工巷道施工时，在地下水位不会出现明显下降和不影响安全的前提下，可不采取注浆止水措施。

#### 6.3.14 密封塞应符合下列规定：

1 与洞罐相连的竖井、巷道应设置密封塞。当人员需要穿过巷道密封塞时，密封塞上应设置人孔。

2 洞罐之间设有垂直水幕时，洞罐之间的连接巷道应设置双密封塞，垂直水幕孔应直接与双塞之间的巷道段相通。

3 密封塞除应能抵抗各种恒载的作用外，尚应能够抵抗地震作用和内部爆炸荷载的作用。地震作用应按地震安全评价提供的参数进行计算，内部爆炸荷载不应小于 8P。

4 密封塞键槽嵌入围岩的深度不宜小于 1m。开挖密封塞键槽前应进行围岩预注浆加固；巷道密封塞浇筑后，应进行顶部回填注浆；密封塞的边缘应进行接触注浆密封。

5 密封塞周边的下列部位岩体应加强支护：

- 1) 密封塞周边的键槽。
- 2) 密封塞中心起每侧不小于 10m 范围内的巷道或竖井。
- 3) 竖井底两侧各不小于 5m 的洞室。

6 竖井密封塞上部应设置不小于 10m 的防渗填层。

#### 6.3.15 洞罐清洗及标定应符合下列规定：

- 1 在浇注密封塞前，应将洞罐清洗干净。
- 2 洞罐底板上应铺设不小于 100mm 的素混凝土层，并使其顶面水平。
- 3 洞罐清洗完成后，应对洞罐的容积进行标定。标定成果应包括洞罐总容积、沿竖向每厘米对应的容积及罐容-高度曲线。

#### 6.3.16 安全监测设计应符合下列规定：

- 1 应在水封洞库场区范围内设置地下水监测孔。监测孔的数量和位置应根

据场区水文地质条件和水封洞库规模确定，且水封洞库四周的监测孔不应少于 8 个，地下水渗流场变化大的部位应增加监测孔的数量。

2 应在水幕巷道内设置压力监测孔，监测孔的数量和位置应根据场区水文地质条件和储库规模确定。

3 应设置用于监测水幕巷道内水位和水质的水幕监测井，水幕监测井不应少于 2 处。

4 施工过程中，应进行地下水水位监测、地下水压力监测、地下水水质监测、巷道洞室内渗水量监测、爆破振动监测、地表下沉监测和围岩变形及支护结构监测。

5 生产运行期间，应进行地下水水位监测（包括每处竖井内的水位）、地下水压力监测、地下水水质监测和储油洞室的微震监测。微震监测点的位置和数量应根据监测设备能力确定。

6.3.17 应制定弃渣处理及渣场截排水的措施。

## 6.4 消防设施

6.4.1 水封洞库应根据地上设施及周边消防协作条件等确定消防设施规模。

6.4.2 水封洞库库区应设独立的消防给水系统，且宜采用临时高压给水方式。消防用水量应经计算确定，且不应小于 45L/s，火灾延续供水时间按 3h 计算。消防主泵应采用电机驱动，备用泵可采用柴油机驱动，启停方式为自动启泵、手动停泵。

6.4.3 水封洞库可不设消防站，竖井区应设置泡沫站或移动式泡沫灭火设施。

6.4.4 操作巷道内、地面管廊、竖井口和输油泵房附近应布置消火栓，消火栓之间的距离不应大于 60m，消火栓附近应设置消防器材箱。

6.4.5 灭火器材配置应符合《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140 的有关规定。操作巷道内，应沿操作巷道每隔 30m 设置 2 具 8kg 手提式干粉灭火器。

6.4.6 水封洞库应设置火灾自动报警系统。

6.4.7 水封洞库应设消防值班室，消防值班室可与中心控制室合并。消防值班室内应设专用受警电话和消防站的直通电话。

## 6.5 给排水及污水处理

6.5.1 水封洞库用水水源宜选用地表水或城镇自来水。水源应满足水封洞库各项用水对水质、水压和水量等的要求。同时，水源的供给能力宜满足施工期用水要求。

6.5.2 水封洞库供水量的确定应符合下列规定：

1 生产用水量和生活用水量应按最大小时用水量计算。

2 生产用水量应根据生产过程和用水设备确定。

3 生活用水量宜按 25~35L/人·班、8h 用水时间和 2.5~3.0 的时间变化系数计算。洗浴用水量宜按 40~60L/人·班和 1h 用水时间计算。

4 消防、生产及生活用水采用同一水源时，水源供水能力应按消防补充水量、生产用水量及生活用水量总和的 1.2 倍计算确定。

6.5.3 水封洞库的含油与不含油污水，应采用分流制管道排放。雨水排放宜采用明沟系统；受污染的地面雨水和生产污水应排至含油污水处理设施；未被污染的地面雨水和生产废水排出围墙前应设置水封井及截断装置。含油污水管道及其构筑物应采取防渗措施。

6.5.4 水封洞库污水宜优先依托周边企业或市政的污水处理设施进行处理。当水封洞库设置含油污水处理设施时，含油污水处理设施应设污水调节池，其容积可按裂隙水 5 天的排出量进行计算，处理后的污水应达到排放标准。

6.5.5 水封洞库含油污水处理设施的构筑物和设备宜采用封闭方式。

6.5.6 水封洞库污水排放口应设置取样点、在线检测水质和测量水量的设施。

6.5.7 水封洞库应设事故水应急设施，防止受污染事故水排出库外。

6.5.8 施工期供排水应符合下列规定：

1 供水水源应稳定，其水量、水压和水质应能满足施工期各项用水的要求。

2 宜利用本项目库外供水管道及设施，不足部分可临时建设。

3 洞库施工排水水质应符合《污水综合排放标准》GB 8978 和当地政府的有关规定。

4 其他要求应符合《地下水封石洞油库施工及验收规范》GB 50996 的有关规定。

## 6.6 电气

### 6.6.1 水封洞库用电负荷等级及供电要求应满足下列规定：

1 生产用电负荷应为二级负荷。

2 水封洞库供电系统宜由两回线路供电，每一回路的容量应满足水封洞库的全部计算负荷。

3 供电电源设计符合下列规定：

1) 供电宜采用外接电源。当采用外接电源有困难或不经济时，可采用自备电源；

2) 供电电压等级应根据用电负荷容量，并结合当地供电条件综合确定；

3) 采用单电源供电时，应设置备用发电机组，备用电源宜满足 1 台潜水泵和消防控制系统的用电负荷。

4 库区内的消防控制室、消防泵站应设置事故照明，后备时间不应少于 3h。

5 水封洞库重要场所应设置事故应急照明，连续供电时间不应少于 30min。

6.6.2 水封洞库主要生产作业场所的配电电缆应采用铜芯电缆，并应采用直埋或电缆沟充砂敷设，局部地方确需在地面敷设的电缆应采用阻燃电缆。电缆不应与输油管道、热力管道同沟敷设。

6.6.3 竖井及操作巷道爆炸危险场所区域划分应按《地下水封石洞油库设计规范》GB 50455 的规定执行；其余应按《石油库设计规范》GB 50074 的规定执行；爆炸危险场所的电气设备的选择应按《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058 的规定执行。

6.6.4 水封洞库地上设施应采取防雷、防静电接地措施。进入竖井或操作巷道的金属管道（套管）在入口附近应分别设置 2 处防雷接地，接地电阻不宜大于  $10\Omega$ 。

6.6.5 施工期供电应符合下列规定：

1 施工期间用电宜采用市电供电。

2 临时供电线路可利用库内的永久供电线路。

3 应根据施工用电的负荷增长周期，合理制定供电计划及供电方案。

4 临时配电设备应处于负荷中心。



5 其他要求应符合《地下水封石洞油库施工及验收规范》GB 50996 的有关规定。

## 6.7 防腐及阴极保护

6.7.1 水封洞库竖井内的各金属管道、设备及其他金属构筑物应采用防腐涂层进行腐蚀防护,竖井水封层内及泵坑内的金属构筑物应同时采用阴极保护的方式进行辅助保护。

6.7.2 竖井内金属构筑物采用的防腐涂层应具有耐油、耐水性,不可维修、不可更换部位金属构筑物防腐涂层的设计使用年限不应小于 50 年。

6.7.3 竖井内金属构筑物可采用强制电流法或牺牲阳极法进行阴极保护,不可维修、不可更换的阴极保护系统的设计使用年限不应小于 50 年。

## 6.8 仪表及自动控制

6.8.1 水封洞库应设置中心控制室,并采用计算机监控管理系统对整个库区的储运、消防操作进行统一控制和管理。计算机监控管理系统应具备与上级管理中心传输数据的功能。

6.8.2 计算机监控管理系统结构宜由过程控制系统、安全仪表系统和消防控制系统组成。过程控制系统、安全仪表系统和消防控制系统的硬件和软件应符合国家现行有关标准和相关国际标准的规定。安全仪表系统和消防控制系统的控制器应独立设置。

6.8.3 水封洞库应设置地下工程安全监测系统,对洞室围岩稳定性和地下水封系统进行安全监测和分析。安全监测系统的设置应符合下列规定:

- 1 应设置地下水压力监测设施,竖井应设置水位监测设施。
- 2 应设置水幕水压力(或水位)监测设施。
- 3 在开挖过程和运行过程中应设置围岩稳定性监测设施。

6.8.4 洞罐地上设施的控制系统设置应满足工艺及相关标准的要求,地下洞罐检测仪表信号应接入过程控制系统,洞罐仪表的设置应符合下列规定:

- 1 应设置具有远传功能的多点平均温度计。

- 2 应设置不少于 2 套独立的液位计。
  - 3 应设置不少于 2 套独立的油水界面计。
  - 4 液位计和界面计应具有高低液位报警及联锁功能。
  - 5 应设置压力变送器。
- 6.8.5 洞罐仪表应分别安装在不同的套管内。
- 6.8.6 原油进、出库管道应设置流量计，用于原油交接计量，可设置在线流量标定系统。
- 6.8.7 火灾自动报警系统的设置应满足下列规定：
- 1 综合办公楼、变（配）电所等建筑物应设置火灾探测器和手动报警按钮。变（配）电所的电缆桥架上应设线型感温探测器。
  - 2 地上生产区和操作巷道内应设置火灾报警设施。
  - 3 火灾报警控制器宜设置在有人员值班的控制室、便于观察的场所，集中报警控制器应设在消防值班室内。
- 6.8.8 库区内易泄漏或聚积可燃气体的场所，应设置可燃气体浓度检测报警装置。
- 6.8.9 仪表及控制系统应采用 UPS 不间断电源，其后备电池组应在外部电源中断后提供不少于 30min 的交流用电时间。
- 6.8.10 仪表及控制系统应设置防雷保护设施。

## 6.9 电信

- 6.9.1 水封洞库宜设置数据传输系统。
- 6.9.2 水封洞库应设置电话交换系统，电话交换机宜兼有调度功能。电话交换系统通过专线接入地方公网。中心控制室应设置火灾报警电话。
- 6.9.3 水封洞库应设置办公网络系统。
- 6.9.4 水封洞库应设置工业电视监控系统、周界入侵报警系统。工业电视系统应与周界入侵报警系统、火灾报警系统等联动。
- 6.9.5 水封洞库及库外管道应设置电子巡查系统。
- 6.9.6 水封洞库应设置防爆扩音对讲系统。防爆扩音对讲系统应与电话交换、

火灾报警系统联动。

6.9.7 水封洞库应设置出入口控制系统，出入口控制系统应与该区域的摄像机联动。

6.9.8 水封洞库应设置有线电视或卫星电视系统。

6.9.9 水封洞库应设置无线防爆对讲系统。

## 6.10 供暖、通风与空调

6.10.1 地上设施的供暖、通风与空调设计应符合《石油库设计规范》GB 50074 和《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 中的规定。

6.10.2 水封洞库竖井操作区的通风应符合下列规定：

1 竖井操作区为不封闭建筑物时，宜采用自然通风，使竖井操作区内的爆炸性气体浓度低于爆炸下限的规定值。

2 当竖井操作区为封闭建筑物时，应优先采用自然通风方式；当自然通风不能满足要求时应设置机械通风系统。通风量应足以稀释危险有害气体至爆炸浓度下限的 20% 以下，如不能获取危险有害物质散发量的数据，可按换气次数法进行计算。

6.10.3 操作巷道内应设有机械通风系统，保证巷道内不产生危险有害气体聚积，向维检修操作人员提供安全、卫生的工作环境。

6.10.4 操作巷道内的通风次数应不少于 12 次/h。

6.10.5 操作巷道的通风系统应有防止油气倒灌入巷道内的措施。通风系统的取风口和排风口应保证足够的距离，防止气流短路。取风口应位于洁净区，排风口应位于取风口的下风向。

6.10.6 操作巷道的通风机应为防爆型，且与可燃气体报警器、二氧化碳浓度报警器连锁动作。

6.10.7 施工期洞室、巷道的通风应符合《地下水封石洞油库施工及验收规范》GB 50996 的有关规定。

## 6.11 建设用地

6.11.1 水封洞库地上设施应进行永久征地。

6.11.2 水封洞库建筑界限内除地上设施征地区域外，在可控制的条件下可不征地。在不可控制的情况下应征地，征地范围线为地下洞库的建筑界限。

### 6.12 定员、建筑面积、车辆配置指标

6.12.1 水封洞库定员指标宜按表 6.12.1 配备。

表 6.12.1 水封洞库定员指标

序号	岗位	定员		备注
		人/班	小计	
一	管理岗	-	15	-
1	经理	-	1	-
2	副经理	-	2	其中 1 人兼总工程师
3	财务	-	3	-
4	QHSE 管理人员	-	2	
5	其他管理人员	-	3	包括计划、人力资源、行政、档案等管理人员
6	技术管理	-	3	
7	计量工程师	-	1	
二	生产操作岗	-	28	
1	控制室	3	14	
2	化验、计量	-	2	
3	维检修	2	4	小型维修
4	污水处理、消防及给排水	2	8	
5	保卫	2	8	
合计			51	

6.12.2 水封洞库的建筑面积宜按下列指标控制：

1 中心控制室、通信间、资料室、库房、办公室、倒班宿舍、食堂等总面积不宜大于 3500m<sup>2</sup>。

2 生产设施用房建筑面积根据实际需要确定。

6.12.3 水封洞库车辆配置宜按下列指标控制：

1 小客车 1 辆。

- 2 通勤车 1 辆。
- 3 后勤车 1 辆。
- 4 生产车 2 辆。

### 6.13 建设周期

6.13.1 自初步设计批复至项目全部建成具备投油条件的水封洞库建设周期宜为 48~60 个月。

## 7 节能

7.0.1 水封洞库建设应符合相关标准规定。

7.0.2 应按照《固定资产投资项目节能评估和审查暂行办法》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第6号）的要求，开展项目节能评估工作。

7.0.3 水封洞库的节能方案及措施，应符合国家或行业相关政策，重视投资效果。

7.0.4 水封洞库建设应采取下列节能措施：

- 1 对工艺流程、操作条件及控制方案应进行系统节能优化。
- 2 选用节能新技术、新设备和新材料，提高工艺过程中能源的利用率，降低能源消耗。
- 3 严禁使用国家强令淘汰的机电设备和高能耗产品。应采用高效的机、泵等设备。
- 4 供暖地区的建筑能耗指标应符合当地建筑节能规定。
- 5 对节能措施的采用同时应考虑投资效益。

## 8 环境保护

- 8.0.1 水封洞库建设应符合相关环境保护法律法规、标准的规定。
- 8.0.2 应开展工程的环境影响评价工作。
- 8.0.3 应提出水土保持方案。水土保持措施应进行方案论证和效果分析，并落实资金。
- 8.0.4 水封洞库排放的各种废气、废水及固体废物，应按国家和地方现行的有关标准进行达标处理或处置，噪声防治应符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348 的规定。
- 8.0.5 水封洞库建设应满足项目的《环境影响报告书》及相关部门对《环境影响报告书》批准意见提出的各项要求。
- 8.0.6 设计文件应列出环保管理机构及各项环保投资估算。

## 9 安全与职业卫生

- 9.0.1 水封洞库的建设应符合相关安全法律法规、标准的规定。
- 9.0.2 水封洞库建设应根据政府的有关规定进行地震评价、水土保持评价、安全评价、职业危害评价、危险与可操作性分析（HAZOP）等评估工作，落实评价中提出的各项防范措施。
- 9.0.3 水封洞库管理单位应按照水封洞库的主要事故类型，建立事故预防和应急预案。
- 9.0.4 水封洞库应设置安全与职业卫生管理机构。
- 9.0.5 应列出相关投资估算。



## 10 社会稳定风险评估

10.0.1 水封洞库建设应按照《国家发展改革委重大固定资产投资项目社会稳定风险评估暂行办法》（发改投资[2012]2492号）及项目所在地区的有关规定，开展项目社会稳定风险评估工作。

10.0.2 评估主体在社会稳定风险评估报告中提出的项目社会稳定风险等级应为低风险等级，且有可靠防控措施。

10.0.3 应列出相关投资估算。

## 11 项目管理

### 11.1 建设程序及主要内容

11.1.1 水封洞库工程项目建设程序应包括：

- 1 项目立项阶段（预可行性研究阶段）。
- 2 可行性研究阶段。
- 3 初步设计阶段。
- 4 工程实施阶段（包括施工图设计、工程施工和竣工验收）。
- 5 投产试运行阶段。
- 6 竣工验收阶段。

11.1.2 项目立项阶段（预可行性研究阶段），建设单位确定地质勘察、设计单位后，应进行下列主要工作：

- 1 依据国家批准的石油储备基地规划进行库址比选，提出推荐的库址。
- 2 与拟选库址所在地政府有关部门协商项目的相关事宜，取得当地政府支持性文件。

- 3 编制岩土工程勘察报告。
- 4 编制预可行性研究报告。
- 5 预可行性研究报告审查。
- 6 报主管部门审批立项。

11.1.3 可行性研究阶段应进行下列主要工作：

- 1 招标确定地质勘察和设计单位，根据国家及项目所在地的有关规定确定专项评价单位及审批报告编制单位。

- 2 编制岩土工程勘察报告。
- 3 编制可行性研究报告。
- 4 编制专项评价报告、审批报告。
- 5 与项目所在地的供电、供排水、供暖、交通、通信、石渣处理及与项目有关的协作单位签订意向性协议。

- 6 取得专项评价报告的批文。

7 可行性研究报告审查。

8 报主管部门审批。

11.1.4 初步设计阶段应进行下列主要工作：

1 招标确定地质勘察、设计单位。

2 编制岩土工程勘察报告。

3 编制初步设计文件和相关专篇。

4 与地方政府签订水力保护协议，与供电、供排水、供暖、交通、通信、石渣处理及与项目有关的协作单位签订相关协议。

5 初步设计文件审查。

6 相关专篇审查。

7 报主管部门审批。

11.1.5 工程实施阶段（包括施工图设计、工程施工和竣工验收）应进行下列主要工作：

1 办理项目征地及拆迁手续等事项。

2 招标确定设计、施工、监理单位。

3 编制施工设计文件。

4 办理开工建设相关许可手续。

5 进行设备、材料的招标采购工作。

6 控制施工进度、质量和费用。

7 交工验收。

11.1.6 投产试运行阶段应进行下列主要工作：

1 办理投产试运行专项验收手续。

2 编制试运行方案及审批。

3 投产试运行。

11.1.7 竣工验收阶段应进行下列主要工作：

1 编制工程建设文件。

2 组织专项工程验收。

3 进行工程竣工决算和审计。

4 编制工程总结报告。

5 组织工程竣工验收。

11.1.8 建设单位应按照项目建设程序在项目建设各阶段组织相关单位进行安全、环保、职业卫生、消防等有关文件的编制及报批工作。

## 11.2 单位资质

11.2.1 水封洞库工程的设计、勘察单位,应具有国家颁发的相应行业工程设计、勘察甲级及以上资质证书。

11.2.2 专项评价单位及审批报告编制单位应具有相应资质。

11.2.3 水封洞库工程的监理单位,应具有国家颁发的相应工程监理甲级资质证书。

11.2.4 水封洞库工程的总承包或工程项目管理的单位,应符合国家相关规定。

11.2.5 水封洞库工程施工的总承包单位,应具有国家颁发的相应行业施工总承包一级及以上资质证书。

## 附录 A 计算间距的起讫点

A.0.1 水封洞库地上设施的安全距离及防火距离起讫点应符合下列规定：

- 1 道路—路边。
- 2 竖井—竖井内壁。
- 3 管道—管子中心（指明者除外）。
- 4 洞罐—洞罐外壁。
- 5 各种设备—最突出的外缘。
- 6 架空电力和通信线路—线路中心线。
- 7 埋地电力和通信线—电缆中心。
- 8 建筑物或构筑物—外墙突出部位。

## 附录 B 气密性试验

- B.0.1 地下水封洞库交工前应进行气密性试验，试验合格后，方可进行交工验收。
- B.0.2 气密性试验可分洞罐进行，亦可多个洞罐或全部洞罐同时进行。
- B.0.3 气密性试验介质应采用空气或惰性气体。
- B.0.4 气密性试验压力应为 1.05P。
- B.0.5 气密性试验过程中应进行地下水水位和压力等水文信息的监测和分析工作。
- B.0.6 进行气密性试验前应具备下列条件：
- 1 地下工程应全部施工完成，并验收合格。
  - 2 竖井安装工程（包括管道、设备、仪表等）和设备调试应全部完成，并验收合格。
  - 3 洞罐应完成标定（包括泵坑）。
  - 4 运行期地下水水位和压力监测系统应安装调试完成，并已进行数据记录。
- B.0.7 气密性试验应由准备阶段、注气升压阶段、稳压阶段和检测评定阶段组成，各阶段工作应符合下列规定：
- 1 准备阶段：
    - 1) 应对施工巷道、水幕巷道和竖井进行注水，注水后水位应达到或高于运行期设计最低地下水水位标高。
    - 2) 气密性试验所用的仪表仪器，其测量范围和精度技术要求应满足气密性试验分析判定的需要。
    - 3) 用于气密性试验测量和检测的仪表、仪器和设备应在本阶段安装调试完毕。
    - 4) 应监测记录地下水水位、压力、洞罐内初始温度和洞罐内液位等信息。
  - 2 注气升压阶段：
    - 1) 应向试验洞罐内注入试验气体，且洞罐内气体增压速率不宜超过 100kPa/d。
    - 2) 进入洞罐内的试验气体温度宜低于洞罐运行期稳定温度 2~3℃。
    - 3) 当洞罐内试验气体压力达到试验压力时，应立即停止注入。

4) 注气升压阶段测量记录的项目和频率应符合表 B.0.7-1 的规定。

表 B.0.7-1 测量记录的项目和频率

序号	测量记录项目	测量记录频率
1	洞罐内气体压力	每 2 小时记录 1 次
2	大气压力	每 2 小时记录 1 次
3	压缩空气注入温度	每 2 小时记录 1 次
4	试验洞罐内温度	每 2 小时记录 1 次
5	试验洞罐内液位	每 2 小时记录 1 次
6	试验洞罐泵坑内液位	每 2 小时记录 1 次
7	竖井密封塞以上水位	每天记录 2 次
8	地下水监测孔水位	每天记录 2 次
9	压力监测孔的地下水压力	每天记录 4 次

### 3 稳压阶段

1) 注气升压阶段结束后，应随即进入稳压阶段，直至洞罐内气体温度变化不超过  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}/\text{d}$ 。

2) 在洞罐内试验气体稳压过程中，应保证洞罐气体压力与试验压力值相同，当洞罐气体压力降低时可注入适量的气体。

3) 稳压阶段测量记录的项目和频率应符合表 B.0.7-2 的规定。

表 B.0.7-2 测量记录的项目和频率

序号	测量记录项目	测量记录频率
1	洞罐内气体压力	每 1 小时记录 1 次
2	大气压力	每 1 小时记录 1 次
3	储油洞罐排出裂隙水的体积	实时记录
4	试验洞罐内温度	每 1 小时记录 1 次
5	试验洞罐内液位	每 1 小时记录 1 次
6	试验洞罐泵坑内液位	每 1 小时记录 1 次
7	竖井密封塞以上水位	每天记录 2 次
8	地表水文监测孔水位	每天记录 2 次
9	地下水压力监测	每天记录 4 次

### 4 检测判定阶段

1) 稳压阶段结束后, 应随即进入检测判定阶段。该阶段持续时间应至少 100h。

2) 检测判定阶段应测量记录的项目和频率要求应符合表 B.0.7-2 的规定。

3) 应根据洞罐内温度变化值、由泵坑内液位变化引起的气体容积变化值和溶入裂隙水中空气量值对本阶段测量记录的洞罐内试验气体压力值进行修正; 将修正后的压力值与本阶段初始压力值相比, 其变化量不大于 100Pa 时, 可判定储油洞罐气密性试验合格。

4) 洞罐内温度变化和泵坑内液位变化引起的气体压力变化可按照理想气体状态方程进行计算。

5) 计算气体溶入裂隙水对洞罐气体压力影响时, 可采用表 B.0.7-3 计算溶入裂隙水中的空气量值。

表 B.0.7-3 空气在水中的平衡溶解量

温度 (°C)		0	5	10	15	20	25	30
平衡 溶解量	mg/L	37.55	32.48	28.37	25.09	22.40	20.16	18.14
	mL/L	29.18	25.69	22.84	20.56	18.68	17.09	15.04



## 本规范用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词：

采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：

“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- GB 50010 混凝土结构设计规范
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB 50058 爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范
- GB 50074 石油库设计规范
- GB 50140 建筑灭火器配置设计规范
- GB 50253 输油管道工程设计规范
- GB 50455 地下水封石洞油库设计规范
- GB 50568 油气田及管道岩土工程勘察规范
- GB 50996 地下水封石洞油库施工及验收规范
- GB 6722 爆破安全规程
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB/T 23257 埋地钢质管道聚乙烯防腐层
- DL/T 5099 水工建筑物地下开挖工程施工技术规范
- CECS 38 纤维混凝土结构技术规程
- SY/T 0610 地下水封洞库岩土勘察规范
- SY/T 6854 埋地钢制管道液体环氧外防腐层技术标准

中华人民共和国能源行业标准

# 国家石油储备地下水封洞库工程 项目建设标准

NB/T 1003-20XX

条文说明

## 目 次

1	总则 .....	47
3	一般规定 .....	48
4	库址选择 .....	50
5	地下工程勘察 .....	50
5.1	一般规定.....	50
5.2	预可行性研究阶段工程勘察.....	52
5.3	可行性研究阶段工程勘察.....	54
5.4	初步设计阶段工程勘察.....	56
5.5	施工图设计及施工阶段工程勘察.....	57
6	建设水平 .....	58
6.1	总图布置.....	58
6.2	储运.....	58
6.3	地下工程.....	60
6.4	消防设施.....	65
6.5	给排水及污水处理.....	65
6.6	电气.....	66
6.7	防腐及阴极保护.....	66
6.8	仪表及自动控制.....	67
6.9	电信.....	68
6.10	供暖、通风与空调.....	68
6.11	建设用地 .....	68
6.12	定员、建筑面积、车辆配置指标.....	69
6.13	建设周期.....	69
7	节能 .....	71
11	项目管理 .....	71
11.1	建设程序及主要内容.....	71

## 1 总则

1.0.1 本条明确了本标准的性质和作用。

二〇〇五年由国家发展和改革委员会批准,启动了国家石油储备地下水封洞库工程项目,随着已建、在建和拟建国家石油储备地下水封洞库工程项目的前期研究、地质勘察、设计和施工工作的开展,发现了一些问题,为避免后续国家石油储备地下水封洞库工程出现类似的问题,并指导同类工程建设,在总结国内在建和已建水封洞库的经验并借鉴国外经验的基础上制定了本标准。

1.0.2 本条规定明确了本标准的适用范围。

### 3 一般规定

**3.0.1** 国家石油储备基地一般靠近石油需求量大的炼油厂，目前国内炼油厂的炼油规模均在  $1000 \times 10^4 \text{t/a}$  以上。按照国际能源机构（IEA）的要求，其成员国应保持不低于 90 天石油进口量的石油储备，为此国家石油储备基地按照炼油规模  $1000 \times 10^4 \text{t}$  的 1/4 建设，即每处国家石油储备基地的建设规模不小于  $250 \times 10^4 \text{t}$ 。

欧洲、亚洲的经验都表明，当水封洞库容积达到一定数值时（法国公司的统计资料是  $30 \times 10^4 \text{m}^3$ ，韩国公司的统计资料是  $57 \times 10^4 \text{m}^3$ ），建设水封洞库就比地面储油库经济。主要是因为原油物性确定之后，施工巷道和竖井的建设费用变化不大，储存的容量越大，相对而言这两方面的建设费用就越少，因此水封洞库储存规模越大，水封洞库的单方造价就越低。

综上所述，国家石油储备基地水封洞库的建设规模不宜小于  $300 \times 10^4 \text{m}^3$ 。由于水封洞库地质条件的勘察与实际地质的差异，对具有良好地质条件的、不影响地方规划及土地使用的、适当扩大库容不会带来投资增加的项目可适当扩大库容。**3.0.2** 低凝、低粘原油是指不需要加热储存及输送的原油。水封洞库的原油储存周期长，如果储存高凝、高粘原油需要对所储原油进行加热储存及输送，为此需要消耗大量热能，为节省水封洞库的运营成本，降低能耗，制定本条规定。

**3.0.3** 据了解在水封洞库内长期储存的原油物性不会发生变化，为计算储油成本，暂定水封洞库所储油品 10 年周转 1 次。

**3.0.4** 水封洞库不可维修部分，是指洞罐、连接巷道、水幕巷道、竖井、泵坑以及竖井内套管、固定支架等，所以要求地下部分的材料、设备，必须考虑其耐久性、可靠性。参考《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153，确定设计使用年限为 50 年。

**3.0.5** 国家石油储备基地所储原油应在国家需要时，在一定的时间内输送到有需求的企业，为此要求水封洞库储运系统具备应急投放能力。

**3.0.6** 水封洞库储运系统应具备应急投放能力，但是考虑其对外输油频率很低，因此输油设施配备不应过大，宜结合周边炼化、外输管网及码头等设施统筹考虑。

**3.0.7** 本条参照《石油储备库工程项目建设标准》建标 119-2009 第十九条。

**3.0.8** 本条规定了水封洞库各功能分区内部的主要设施。

生产区（地上）中的变配电间特指专门服务于输油泵、地下洞罐等设施的变配电间，可根据实际需要布置在生产区（地上）内。

**3.0.9** 水封洞库建（构）筑物的面积均不大，在满足安全生产和使用的条件下，可将建（构）筑物合并建设，既可减少建设用地，节省投资，又便于生产操作和管理。

**3.0.10** 本条规定是禁止在建筑界限内建设对库区地下结构稳定有影响的建（构）筑物。

**3.0.12** 通过调研，国外水封洞库上方已建有不影响水封洞库安全生产的建筑物（如民居、油品储罐等设施），长期以来没有发生安全问题。考虑土地资源稀缺，在保证水封洞库安全生产的前提下，可考虑其上方土地的综合利用。

## 4 库址选择

4.0.2 本条规定了水封洞库的选址时要尽量依托已有的油码头、输油管道及炼油厂已有的设施，降低工程造价；靠近炼油厂便于在紧急状况下为其输送原油。

4.0.3 本条是考虑水封洞库建设对地质条件的特殊要求，对库址基本地质条件进行了规定。

主要是选择岩石强度较高，完整性和稳定性好的岩体；另外，为降低建设和运营成本，建库岩体渗透系数应大部分小于  $10^{-5}$ cm/s，且具有相对稳定的地下水位，地下水位埋深一般不宜大于 50m。水封洞库原则上是不进行或是仅局部进行支护，而且应有良好的水封条件，上述选择原则是基于水封洞库特点及北欧、韩国等水封洞库建设较多国家的工程经验提出的。目前国内外水封洞库一般优先选择以岩浆岩或变质岩等以结晶岩体为主的块状岩体区，代表性岩石类型有：闪长岩、花岗岩等侵入岩，熔结凝灰岩、安山岩等火成岩，片麻岩等变质岩。

4.0.4 本条是考虑水封洞库建设对地质条件及建设区域的特殊要求，对不适合建设水封洞库的区域及地质条件进行了规定。

基于水封洞库所用土地为国家划拨用地，为方便与地方政府的协调，便于土地征用，在选择库址时要充分考虑库区用地的使用条件，不得选择在具有商业价值和人口密集区域。

参照《输气管道工程设计规范》GB 50251 的有关规定，在库址选择时水封洞库建筑界限上方及库区周边的居民住户不宜超过《输气管道工程设计规范》GB50251 第 4.2.2 条中二级地区的户数，并应保证与库区的距离不得小于本建设标准表 4.0.8 的要求。

4.0.5 本条是参照《石油储备库工程项目建设标准》建标 119-2009 第十四条。

4.0.7 本条是参照《石油储备库工程项目建设标准》建标 119-2009 第十三条。

## 5 地下工程勘察

### 5.1 一般规定



5.1.1 为使工程勘察满足水封洞库建设的要求，工程勘察前应取得设计单位提供工程勘察任务书（或是技术要求），并应根据设计委托要求、工程特点、场区工程地质条件、水文地质条件等编制勘察纲要；为保证工程勘察方案的合理性、有效性和可行性，工程勘察方案应按各单位有关规定进行必要的审批，审批后的勘察纲要成为勘察工作的依据之一。

5.1.2、5.1.3 水封洞库属于地下工程的范畴，其勘察阶段的要求与一般地面工程有所区别。首先要进行预可行性研究阶段的勘察即选址勘察，从而优选推荐库址。而后进行可行性研究阶段的勘察即初步勘察，从而初步查明库区的工程地质条件和水文地质条件。初步设计阶段勘察应基本查明库区的工程地质和水文地质条件。在水封洞库的施工过程中要进行大量的施工勘察工作。故按水封洞库的建设程序和参照国外实际工程经验，确定其岩土工程勘察阶段划分为预可行性研究阶段勘察、可行性研究阶段勘察（初步勘察）、初步设计阶段勘察（详细勘察）和施工图设计及施工阶段勘察（施工勘察）四个阶段。

水封洞库是人工开挖岩体洞室与围岩裂隙水构成的地下贮存空间。水封洞库的优劣、建库和投产后的经济效益，主要决定于勘察过程中对水封洞库岩体和基岩裂隙水的研究深度。将水封洞库工程勘察分为四个阶段是必要的，是符合人们对事物认识规律的。各个阶段工程勘察工作量的布设，应视前阶段勘察工作情况及拟建库区水文与工程地质条件的复杂程度而定。根据国外此类工程勘察经验，施工图设计及施工阶段的工程勘察基本是同一流程，故本条将其二者合二为一，着重强调施工期间的动态勘察思路。

5.1.5 地下岩体的地质条件复杂多变，通过钻探、物探准确确定围岩级别及其稳定性是较困难的，国外工程实践也证明了这一点。一般情况下，施工图设计和施工阶段前各阶段工程勘察所给出的围岩分级与实际是有一定差别的，故最终应以施工勘察提供的围岩分级及其稳定性为施工处理依据。

5.1.6 从国储二期四个储库调研情况看，锦州项目勘察、设计、施工中均采用了国外通用的Q系统法，黄岛、惠州和湛江项目则在勘察设计阶段采用了国标BQ法，在施工阶段由于Q系统法的易用性采用了Q系统法评价再转换成国标分级的方式，均取得了较好的效果。Q系统法在国外应用广泛、使用方便，尤其在施工勘察中易于实施；国标BQ法在国内应用广泛、经验成熟。基于上述认识，

此处规定宜采用两种方法进行岩体质量综合评价，以相互验证，提高岩体质量评价精度，为地下工程设计提供可靠的参数。

对于施工阶段勘察，基于工作效率考虑，可以仅采用一种方法评价。

**5.1.7** 水封洞库库址的选择条件之一就是必须具有良好的水封条件。但是，涌水量过大势必增加工程施工期间止水措施的投入和运营期排水的费用。水封洞库涌水量是评价库址优劣的定量指标，也是确定水幕补水和水封洞库排水处理设计的重要参数，为此，库址的选择应分析评价其涌水量的大小，综合考虑技术与经济方面的优化，在满足水封洞库水封条件的同时，尽可能减少施工及运营期的费用投入。

## 5.2 预可行性研究阶段工程勘察

**5.2.1~5.2.4** 预可行性研究阶段工程勘察的工作程序为：接受任务~搜集资料及室内研究~编制勘察纲要~现场选址勘察~资料综合分析~编制预可行性研究阶段勘察报告。

资料搜集包括库址选择区域内的各类图件与文字资料，通过对搜集资料进行详尽的分析研究，从中初步预选出几个基本具备建设水封洞库条件的库址，编制预可行性研究阶段勘察纲要。

现场地质踏勘的目的是在多个预选库址内进行踏勘，按地质条件的优良程度初步排序，确定重点库址比选方案。踏勘应以地面路线地质调查为主要手段，可选用比例尺为 1:10000 或 1:5000 的地形图为底图。踏勘内容应突出岩石类型及性质，地质构造发育程度及水文地质调查，在重要的地质点、水文地质点进行描述，并将地质点准确地标注在地形地图上，地质点的密度一般应大于 20 个/km<sup>2</sup>。

**5.2.5** 预可行性研究阶段工程勘察以现场踏勘为主，辅以工程地质测绘、水文地质调查及少量的钻探、物探工作量，了解第四系地层覆盖厚度，工程岩体的范围、风化分带厚度，岩性变化情况，节理裂隙发育、开启、充填情况及地下水的埋深等。为满足水封洞库的平面布置，预可行性研究阶段勘察工程地质测绘范围不宜小于拟建项目用地范围的 2 倍。

**5.2.8** 地质观测点应合理的布置。地质观测点宜布置在地质构造线、地层接触线、岩性分界线、不整合面和不同地貌单元、微地貌单元的分界线和不良地质作

用分布的地段。地质观测点应充分利用天然和已有的人工露头，例如采石场、路堑、井、泉等。当天然露头不足时，应根据场地的具体情况布置一定数量的勘探工作。条件适宜时，还宜配合进行物探工作，探测地层、岩性、构造、不良地质作用等问题。在露头条件差的地区进行工程地质测绘，应布置勘探点，以控制主要地质现象，保证地质测绘的精度要求。

**5.2.10** 由于物探方法观测系统参数、仪器工作参数均具有一定的范围，这些参数与探测效果及分辨率密切相关，工作前进行试验就是选择方法、技术参数，具体试验应根据方法、任务特点进行。

**5.2.11** 本条规定了工程物探测网和测线的布置。本阶段的物探工作应根据工程地质测绘获取的地质构造、岩体分布等资料针对性的进行布设。

2 测线垂直于主要探测对象的走向是为取得最明显的异常反映；测线与勘探线和其他物探方法测线一致是为取得解释所需的参数、提高资料解释精度。

**5.2.12** 预可行性研究阶段勘察以收集资料、现场踏勘和工程地质测绘为主。当地层（岩层）露头不好，无法了解第四系地层覆盖厚度；工程岩体的范围、风化分带厚度；岩性变化情况；节理裂隙发育、开启、充填情况及地下水的埋深等时，可布置适量的钻探工作，为使本阶段的勘察工作能够满足设计需要，并考虑经济合理性，规定每处库址勘探点的数量可为1~3个。

钻探深度应达到预估洞库底板下15m，主要考虑泵坑通常低于洞底板12m左右。当无法确定洞库底板深度时，勘探深度可根据多年最低地下水位或拟定水幕系统确定。

**5.2.13、5.2.14** 这两条规定了预可行性研究勘察阶段资料分析、研究的重点。由于选址勘察投入的勘察工作量限制，这就决定了对已有资料研究使用的重要性。

勘察报告中的“区域稳定性和库址稳定性”、“区域水文地质及稳定地下水位、洞库涌水量估算和洞室埋深”为定性论述和估算值；对各库址方案进行地质适宜性评估并推荐最佳库址方案是勘察报告内容的重点，是确定库址位置的依据。

勘察报告中的“存在问题和对下一步工作的建议”是下一勘察阶段的工作方向。

地质条件适宜性评估，可参照表 5.2.13 进行。

表 5.2.13 地质适宜性评价

适宜性等级	区域稳定性	工程地质条件	水文地质条件
适宜	地震基本烈度不超过 6 度；无区域性断裂带通过。	岩块单轴抗压强度与最大地应力的比值大于或等于 7；优势结构面不连续、张开度不超过 3mm；岩体质量指标 RQD 值总体不小于 75%。	连续稳定的地下水位，补给充分，处于水文地质单元排泄区；地下水位埋深小于 50m；岩体绝大部分地段渗透系数小于 $10^{-7}$ m/s；地下水对混凝土和钢结构分别具有微、弱腐蚀性。
基本适宜	地震基本烈度为 7、8 度；非活动性断裂带通过。	岩块单轴抗压强度与最大地应力的比值 4~7；优势结构面平滑起伏、张开度 3~5mm 为主；岩体质量指标 RQD 值总体为 60~75%。	基本连续稳定的地下水位，处于水文地质单元径流~排泄区；地下水位埋深大于 50m，年变幅小于 5m；存在少量断层破碎带，岩体大部分地段渗透系数小于 $10^{-7}$ m/s；地下水对混凝土和钢结构分别具有微、弱腐蚀性。
不适宜	9 度及以上地震基本烈度区；活动性断裂带通过。	岩块单轴抗压强度与最大地应力的比值小于或等于 4；优势结构面光滑平直、张开度多为 5mm 以上；岩体质量指标 RQD 值总体不大于 60%。	处于水文地质单元补给区；地下水位埋深大于 50m，年变幅大于 5m；存在大量断层破碎带，岩体大部分地段渗透系数大于 $10^{-7}$ m/s；地下水对混凝土和钢结构分别具有微、弱腐蚀性。

注：表中适宜性等级从不适宜，向基本适宜、适宜推定，以最先满足的为准。若有其中一项或几项条件评价为不适宜，该库址应综合评价为“不适宜”；若评价条件中无不适宜项，但其中一项或几项评价条件为基本适宜，该库址应综合评价为“基本适宜”；各项条件均评价为适宜，该库址应综合评价为“适宜”。

### 5.3 可行性研究阶段工程勘察

**5.3.1** 本条规定可行性研究阶段的工程勘察应在预可行性研究阶段通过评估的第一推荐库址场地内进行，确因环境条件（如地方规划、重大地质问题等）发生变化，宜在第二推荐库址的场地内进行。可行性研究阶段勘察应为最终确定库址和库区布置进行地质论证和提供可行性研究所需的勘察成果。

**5.3.3** 本条提出了可行性研阶段岩土工程勘察应包含的内容。

2 本阶段应初步查明库址范围内的工程地质与水文地质条件，特别是岩体结构面的产状，主要断层、破碎带和节理裂隙密集带的位置、产状、规模及其组合关系。

5 为防止大量涌水及其造成施工和运营成本的增加，应在初步查明岩体结构和水文条件的同时，估算水封洞库的最大涌水量，涌水量的预测是一个错综复杂的问题，受地层岩性、地质构造等多因素的控制，计算参数较多，且难以确定，因而很难进行精确的计算。常用的计算方法有：根据地下水动力学方法计算（如大岛洋志公式、佐藤邦明公式等）；水文地质比拟法及水均衡法等计算涌水量。这些方法都是经验公式，有各自的适用范围和边界条件。另外还有地下水流数值计算方法等。在本阶段应结合具体的条件采用多方法对涌水量进行估算并进行相互校核。

6、7 初步查明各类岩体物理力学性指标，节理裂隙的性质、发育程度、组合关系、延伸性、开启度、裂隙面的粗糙度等，按《工程岩体分级标准》GB 50218 确定岩体基本质量等级。在上述工作的基础上，提出洞室轴线方向、洞室跨距、洞室间距及施工巷道出入口位置等地下工程平面布置的建议。

10 考虑到地下水资料具有长期积累的特点，应利用库址已有勘探孔、民用井、地面水体初步建立水文观测网，开始定期水位、水质监测工作。

**5.3.4** 本阶段的工程地质测绘工作主要是对拟选库址在预可行性研究阶段工程勘察中进行的工程地质测绘的补充。根据对库址工程地质和水文地质条件的深入认识，应对库址内地质条件复杂的地段进行专门工程地质测绘，并提出测绘比例尺的要求。

**5.3.5** 可研阶段的物探工作应根据工程地质测绘获取的地质构造、岩性分布等资料有目的性的进行布设。本条规定的物探测线间距是包括预可行性研究阶段勘察所布置的物探测线在内，在条件允许时宜通过钻孔布置，其目的是校核资料，提高物探成果的可靠性。

**5.3.6** 本条要求钻孔的布置应具有针对性，在钻孔之前应进行钻孔设计，设计的主要内容包括：孔深、孔径、垂直孔或是斜孔、拟在孔内进行的测试与试验及钻孔的后期利用、回填要求等。

5.3.7 水文地质试验可选择压水、注水、抽（提）水等试验，试验应根据岩体渗透性条件分段进行，抽（提）水、注水试验宜采用非稳定流试验方法，压水试验宜采用双栓塞止水试验方法。

5.3.8 为更好的了解地下水动态特征，除利用 6.1.2 已有钻孔外，必要时可专门布置地下水监测孔，以便形成观测网。

5.3.9 库址可行性分析评价包括库址条件评价，库址条件可参照表 5.3.9 进行评价分类。

表 5.3.9 水封洞库库址条件分类

库址类别	地质构造条件	工程地质条件	水文地质条件
优等库址	构造简单，结构面 1~2 组，以层面、构造节理为主，多呈闭合型，平均间距大于 1.0m，无危险结构面，呈整体状或巨厚层状结构；	岩性单一、岩质坚硬、岩体完整、无软弱夹层；风化层薄且分布较均匀，新鲜岩体以 I~II 类围岩为主	具有连续稳定的地下水位，补给充分，位于或靠近水文地质单元的排泄区，以低渗透性 ( $K < 10^{-7} \text{m/s}$ ) 裂隙介质为主，有少量断层破碎带或裂隙密集带，开挖过程中无突水、突泥现象。水质对混凝土和钢结构分别具有微、弱腐蚀性，并对储存介质质量相对稳定性无影响
良好库址	构造较简单，有少量贯穿性节理裂隙，结构面平均间距 0.4~1.0m，一般为 2~3 组，有少量分离体，呈块状结构；	岩性较单一、岩质坚硬、岩体较完整；岩体风化不够均匀，新鲜岩体以 II~III 级围岩为主	具有基本连续稳定的地下水位，补给较充分，靠近水文地质单元的排泄区，虽以低渗透性 ( $K < 10^{-7} \text{m/s}$ ) 裂隙介质为主，但存在较多断层破碎带或裂隙密集带，开挖过程中局部涌水量较大、无突泥现象。水质对混凝土和钢结构分别具有微、弱腐蚀性，并对储存介质质量相对稳定性无影响

## 5.4 初步设计阶段工程勘察

5.4.4 本条提出了钻探工作的要求。

1 每个钻孔应进行设计，设计主要应包括钻孔的目的、孔径、深度、斜度、孔内测试项目及需求，完钻后钻孔的利用及保护等内容。

3 规定勘探点布置的原则。

5 施工巷道口可采用平洞勘探，在条件允许的情况下宜在施工巷道先行进行施工导洞，这样即可取得各项实际资料，又可节省费用。

5.4.5 水文地质试验可选择压水、注水、抽（提）水等试验，试验应根据岩体渗透性条件分段进行，抽（提）水、注水试验宜采用非稳定流试验方法，压水试验可采用双栓塞或单栓塞止水试验方法。

5.4.6 为提高地下水观测的可靠性，应根据渗流场分析评价和前期观测工作的总结进一步完善水文观测网，如现有可用水文地质观测孔不能满足地下水观测的要求时，可布置专门的观测孔。

## 5.5 施工图设计及施工阶段工程勘察

5.5.3 本条根据水封洞库施工的特点，提出分阶段对勘察资料进行总结分析，指导下一阶段设计、施工。对前阶段工程勘察成果进行分析校验，对新揭露的地质现象进行必要的勘察工作；根据校验结果初步预测地下重要工程部位（如泵坑、洞室交叉处、连接处等）的岩土工程条件，并进行必要的钻探补充工作。

5.5.4 估算洞室、巷道涌水量的目的是为施工排水设计提供依据，为水封洞库的运营排水设计提供预测值。

## 6 建设水平

### 6.1 总图布置

6.1.2 水封洞库地上设施与地面油库相比较增加了竖井、油气处理装置。因此，表 6.1.2 规定了这三部分设施与其他设施之间的间距，其余设施的间距应符合《石油库设计规范》GB 50074 和《地下水封石洞油库设计规范》GB 50455 的规定。

6.1.4 本条专门规定了在位于水封洞库主出入口处设施相应的防护措施，属于水封洞库的安全防护内容。

6.1.5 水封洞库的消防薄弱点主要是竖井以及地上设施，因此本条从消防安全考虑规定了地上主要设施区域通向外部公路的车辆出入口不宜少于两处，并宜位于不同方位，而非整个水封洞库。考虑到水封洞库地上设施存在分散布置的情况，本条文仅规定了地上主要设施区域的出入口是合理的。水封洞库地上主要设施是指生产区（地上）。

6.1.6 本条规定了水封洞库内道路的设置情况。水封洞库的竖井区域是零星分布于库区内，考虑到消防安全及平时管理维护，各竖井之间应通过道路连接，当不能形成环形路网结构时，应在道路尽头设置回车场地。

6.1.7 洞罐内的泵、仪表、套管、管线是通过竖井安装，在运行中需要对洞罐中的泵、仪表等进行维修，因此必须设置提升设备通过竖井提升，提升出来的管道、电缆、泵、仪表等应有足够的放置场地，提升设备应留有操作场地。在操作巷道内，还应有足够的高度空间，安装固定的提升设备，因此竖井口处要设置一定的操作空间。

6.1.8 本条从防洪角度规定水封洞库地上设施应位于不受洪水、潮水或内涝威胁的地带，防洪标准应按重现期大于或等于 100 年设计。

### 6.2 储运

6.2.1 本条对工艺流程做出规定。

7 保护性气体的注入起到维持洞罐气相空间微正压、隔绝空气、阻止燃烧发



生的作用，可采用  $N_2$ 、烃类气体及  $CO_2$  等气体。

#### 6.2.2 本条对洞罐及附属设施做出规定。

1 水封洞罐不应少于 2 座洞罐，主要是从经济性和倒罐工艺考虑。并且每座洞罐容积满足一次单品种原油最大卸船量的要求，因此每座洞罐的容积不小于  $40 \times 10^4 m^3$ 。

2 本条款给定的充装系数用于罐容设计计算，实际运行洞罐充装量可根据现场情况进行调整。

3 洞罐储油分别为固定水位法储油和动水位法储油。储存原油的水封洞库容积较大（一般都大于  $100 \times 10^4 m^3$ ），如采用动水位法储油，洞罐发油时需要大量的水进入洞罐，以补充发油时的洞室空间，进油时又要排出大量的含油污水需要处理，污水处理设施规模大，可能还需设置大型储水设施，建设、运行费用较高，故储存原油的水封洞库应采用固定水位法储油。水垫层高度是在总结国外类似工程经验的基础上确定的。

4 操作竖井区布置在地面时，应根据当地的环境条件确定竖井区是采用露天、棚或房的形式布置。当竖井操作区受地形条件限制时可采用操作巷道布置。

5 进油竖井及出油竖井设置在不同的洞室有利于洞室内油品的流动以及沉积物的沉积。当洞罐只设置 1 个洞室或条件受限进出油采用同一竖井时，应尽量增大进出油竖井间的距离或进出油口间的距离，避免进出油的相互影响。

9 水封洞库的发油作业为间隙性作业，周转频率较低，因此不设备用潜油泵。为提高发油的可靠性及灵活性设置不少于 2 台潜油泵。

10 潜水泵为经常运行的设备，因此每座洞罐设置 1 台备用泵。考虑实际地质条件与初步设计阶段地质勘察可能会存在一定的差异，根据国外公司的设计经验潜水泵的最终排量应根据洞室施工完成实测的渗水量确定。

12 本条标准说明洞罐进油时大呼吸产生的油气的处理方案应进行技术经济比较后确定。不同的油气处理方式投资差额比较大，应根据国家有关环保的标准、当地环境要求及原油的周转频率进行技术经济比较，最终确定经济合理的油气处理方案。

13 洞罐向外发油时，采用保护性气体补偿，将洞罐内混合气体含氧量控制在安全的范围。

## 6.3 地下工程

**6.3.1** 不同设计阶段采用的分析方法精度不同。一般在预可行性研究阶段，采用地质分析法、工程类比法等进行分析；可行性研究阶段除采用工程类比法外，还要对洞室群的围岩稳定性进行数值分析或物理模拟等；初步设计阶段对围岩物理力学参数进行细化，对可行性研究阶段的稳定性分析进一步分析、复核；施工阶段则进行现场监控、反馈分析等工作，对初步设计进行验证，并且对稳定性受结构面控制的围岩采取块体理论确定稳定性。

**6.3.2** 各设计阶段进行的渗流场分析计算精度不同。预可行性研究阶段，采用经验公式或工程类比法进行涌水量估算；可行性研究阶段通过数值模拟计算，评估洞室涌水量、渗水量及论证水幕系统设计方案。初步设计阶段对水文参数进行细化、复核，完善渗流场模拟计算，确定水幕系统设计方案；施工阶段通过实测数据验证、优化模型参数，用于动态设计。

**6.3.3** 运行期洞罐日涌水量是直接影响设计阶段潜水泵和污水处理系统等设备选型、施工阶段注浆量、运行期水幕补水和污水提升处理排放频率和数量等方面的重要指标。各地下水封洞库工程洞罐涌水量因所处地质、水文条件的不同而存在差异，而注浆封堵工效也由地质、水文条件和注浆工艺等因素所决定。因此根据所处场区的水文地质条件、注浆效果、工程建设造价及运行费用等因素综合确定运行期洞室涌水量控制指标。运行期每  $100 \times 10^4 \text{m}^3$  库容，洞罐的日涌水量不宜大于  $200 \text{m}^3/\text{d}$  是根据已建和在建水封洞库项目的实践情况确定的。

**6.3.4** 爆破作业涉及围岩稳定及施工安全，因此爆破作业施工应符合《爆破安全规程》GB 6722 规定的具体要求。爆破质量应按照《地下水封石洞油库施工及验收规范》GB 50996、《水工建筑物地下开挖工程施工技术规范》DL/T 5099 执行，是指同时执行上述规范，如有冲突的条款则执行严者。具体爆破方法通过爆破试验确定。

**6.3.5** 融勘察、设计、施工和监测于一体的动态设计方法是运用现场监控量测技术、反分析理论以及施工力学理论等手段的一个持续动态过程。施工前通过工程、水文地质勘察，确定围岩级别和围岩稳定、渗流场计算参数，进行预支护、注浆设计，在施工过程中通过超前地质预报对开挖支护后的巷道和洞室进行监控量测；用来预测掌子面前方工程、水文地质情况、监控围岩和支护的受力状态及

其地下渗流场状态、渗水量，并将这些及时获得的实测值进行反分析；根据反分析结果以及可能的施工方案，进一步进行计算，修改和完善原支护、注浆设计，调整下一阶段的支护、注浆参数、施作时间，提出最优施工方案，避免过度支护和欠支护、渗水量大等问题的出现。

动态设计是地下工程设计的基本原则，动态设计方法是目前地下工程建设中理论和实践相结合的最有效方法。

#### 6.3.6 洞室设计要求说明如下：

1 本款是为了保证洞室的稳定性和减少支护的工程量。“大角度”是指 $\geq 60^\circ$ ，小角度是指 $\leq 30^\circ$ 。

2 本款主要是考虑保证洞室顶面的围岩稳定。

3 本款对安全储油水封高度的规定，是根据洞室储油气相压力加上安全裕量决定的。

4 选择洞室断面时，对岩石坚硬、整体性好的岩体一般采用直墙式断面，当地质条件较差时选用曲墙式断面。

5 本款主要是参照国内外已建的工程经验提出的。

#### 6.3.7 施工巷道设计要求说明如下：

1 合理选择施工巷道口是缩短工期，降低工程造价的重要前提。

2 通常施工巷道口段埋深小，难以形成承载拱，易引起施工时的坡面崩塌、滑动、地表面下沉、偏压、水淹等，在施工巷道口设计中应充分考虑上述可能出现的问题。

4 施工巷道底面一般设计为厚度不小于 150mm 的混凝土路面，必要时可配置构造钢筋。其主要目的是为了减少运输石渣大型车辆的轮胎磨损。

5 本条是考虑一般施工机具和运输设备在一定速度下的行使安全和爬坡能力确定的。

6 沿施工巷道纵向设置综合洞室，主要是考虑临时储存物资、排水、运输设备制动失灵等情况确定的，设置间距根据施工需要、地质情况确定，本标准不作具体规定；设置缓坡段是考虑运输设备爬坡时设备动力的需要。

7 封闭施工巷道口是为防止发生意外人身安全事故。

#### 6.3.8 连接巷道设计要求说明如下：

1 连接巷道和洞室顶面高程一致是为保证同一洞罐内油面高度一致，流通顺畅。

### 6.3.9 水幕系统设计要求说明如下：

地下水封石洞油库水封性是为实现石油储存功能油库在地下水作用下所具备的密封性质。水封性主要通过水幕系统、地层和所储存介质的相互作用实现。良好的水封性不仅表现为封得住，还表现为封的省。因此，针对某一特定库区，工程实践中通过以下方式获得良好的水封性：（1）优化水幕布置，（2）地层注浆降渗，（3）优化运行参数。

1 水幕系统的设置是为确保水封洞库的水封压力长期稳定，要满足水封洞库的设计地下水位、地下水覆盖范围和补充地下水渗流量的要求。水平水幕系统是保证水封洞库竖向的水封压力，垂直水幕系统是防止不同洞罐储存的油品互相运移及油品顺着岩体裂隙渗透到库外。对于是否必须设置水幕系统，目前学术上还存在争论，早期的水封洞库有的没有设置水幕系统，但随着建设规模的扩大和可靠性要求的提高，近期的国外大型水封洞库及 LPG 洞库均设置了水平水幕系统，根据地质条件有的设置了垂直水幕系统。所以本规定对水平水幕系统从严要求，而对垂直水幕系统适当放松。

5 根据工程经验，直径 110mm 的水平水幕孔施钻长度一般可达近百米，正常情况下可满足水幕系统设计需要。当水幕孔长度过长时，可采取增加孔径的方法来应对。

6 垂直水幕孔上端设置围堰，是防止水幕巷道内的泥渣等杂物堵塞垂直水幕孔而影响水封效果。

7 水幕孔洗孔是指采用高压水流的正循环法冲洗孔壁，待回水澄清无沉渣时，方可停止；要求立即洗孔目的是防止岩石碎屑、灰尘堵塞围岩裂隙，影响水幕供水功能。单孔注水试验目的在于检测每个水幕孔的渗透性参数，以及评估水幕孔的补水效率。从工程实践来看，孔口设备与水幕孔相连时最好采用机械式止水栓塞。

8~9 水幕系统的有效性试验可在水幕孔中整体或分区域进行，以评估水幕系统的补水效率及有效性，确定是否需要进一步增加水幕孔。在洞室顶层完全开挖后，进行水幕系统的整体水力试验，即给水幕系统充水，监测洞罐范围的渗水

量是否符合设计要求，是否存在新的渗水部位需要进行注浆封堵，并监测洞室周边的地下水压力是否正常。

12 为防止对区域地下水水质造成不良影响，注入水幕系统中的水质应尽量接近天然水，并且还要防止补水内杂质、细菌等堵塞水幕孔。

6.3.10 本条规定竖井口设置在高程较低的位置是为缩短竖井长度。

6.3.12 支护设计要求说明如下：

1 地质环境复杂多变，对地质条件的认识需要逐步深化。在预可行性研究阶段地质勘察深度极为有限，在后续阶段也不太可能完全掌握所有的地质资料，所以根据深入的地质勘察工作修正围岩分级、调整支护参数，是锚喷设计中的重要工作，故在本条中予以规定。

2 施工巷道口部位靠近地表，一般均已风化、围岩完整性差，且受地震影响较大，故应采用加固措施。

3 考虑竖井为地上、地下的唯一通道，其作用尤为重要，理应采取加强措施。

5 本款属于安全防护措施，防止巷道过高时，拱顶落石危及施工人员、设备的安全。

6 大量的试验资料表明，钢纤维喷射混凝土的一系列性能都优于普通喷射混凝土，特别是其具有良好的韧性（即从加荷开始直至试件完全破坏所作的总功，常以荷载～挠度曲线与横坐标轴所包络的面积表示），约比素喷混凝土提高 10～50 倍，抗冲击能力约比素喷混凝土提高 8～30 倍。钢纤维混凝土除上述特点外，还具有快速发挥支护功能，但费用较高的特点，因此应根据现场具体情况区别对待是否采用钢纤维混凝土。根据《岩土锚杆与喷射混凝土支护技术规范》GB50086，对 I、II 级围岩采用普通喷射混凝土，对 III 级及 III 级以下，可采用钢筋网或钢纤维喷射混凝土的支护措施。从工程实践看，在 III 级围岩条件下，对要求提供快速支护岩体时，可采用钢纤维喷射混凝土支护。

7 钢纤维喷射混凝土的相关要求来自《纤维混凝土结构技术规程》CECS 38。

6.3.13 注浆设计要求说明如下：

1 对渗水量较大部位的注浆封堵标准，目前尚无统一的标准，应结合运行期洞罐日涌水量控制指标和项目所处场区工程地质和水文地质条件等因素综合确定，并根据施工开挖过程中持续进行的渗水点和涌水量的量测进行动态调整。

注浆止水应以预注浆为主要手段，开挖后渗水量仍较大的渗水点，应进行后注浆处理，处理后不应有线流或漏泥砂。

2 当地下水及储存油品具有侵蚀性时，可针对水及储存油品的侵蚀性质，选用抗酸水泥等特种水泥；目前广泛应用于注浆工程的材料是普通硅酸盐水泥。

#### 6.3.14 密封塞设计要求说明如下：

1 密封塞上设置人孔，是为密封塞施工时人员出入、材料运输，一旦密封塞漏水，人员可以穿过密封塞进行维修。当有其他通道可以满足以上需要时，密封塞上可以不设人孔。

2 设置双密封塞以及与密封塞之间区域相连通的水幕孔是为降低该区域密封不严而发生洞罐间串油的风险。

3 事故状态下密封塞应有一定的抗爆能力。国外研究资料表明，一个单位的气体爆炸后体积会膨胀到 8 倍左右。考虑储油洞室的容积不可改变，因此本条规定密封塞应能承受  $8P$  的洞室内压， $P$  为洞室内的气相设计压力（MPa）。

4 本条主要目的是增加密封塞的嵌固和承压的安全储备以及水封的严密性。

6 本条主要是增加竖井的密封性能而规定的。

#### 6.3.15 洞罐清洗、标定要求说明如下：

1 洞罐、水幕巷道、储油的施工巷道段等由于施工中顶、壁有很多粉尘，底面有很多碎石渣及喷射混凝土回弹的水泥浆、粉末等杂质。本条规定在上述空间施工后，应用高压水冲洗干净，避免这些粉尘等在投产后落入油中；避免水幕巷道的粉尘流入注水孔堵塞岩石的渗水缝隙。

2 由于洞室内的杂质、粉尘、回弹的混凝土粉末不易用水清洗干净，同时长时间冲洗费水、费工。本条规定在洞罐底板上设置不小于 100mm 的素混凝土层并找平，这样能使洞罐储油环境改善。

#### 6.3.16 安全监测设计要求说明如下：

3 水封洞库的水封条件对场区地下水的稳定性有明确的要求。因此应在施工及生产运行期，长期监测地下水位、水质和地下水压力有无变化。通过上述监测，了解洞罐储油的安全性、密封性等。

4 通过埋设在洞罐周边围岩内的传感器对洞室不稳定块体掉落所产生的信号进行监测，实现对洞室内落石的报告和定位。根据国外工程经验，微震监测

可以对洞室顶部掉落的大于  $0.5\text{m}^3$  的石块进行准确定位。

## 6.4 消防设施

**6.4.1、6.4.2** 洞罐上部空间充满氮气，不能形成燃烧和爆炸条件，故水封洞库的地下工程不配置消防措施。但地面设施和操作巷道内应设消防设施。

扑救一次火灾最大用水量不小于  $45\text{L/s}$ ，火灾延续供水时按  $3\text{h}$  计算，是参照现行国家标准《石油天然气工程设计防火规范》GB 50183 第 8.6.1 条的规定：“石油天然气生产装置区的消防水量应根据油气、站设计规模、火灾危险性类别及固定消防设施的设置情况等综合考虑确定。火灾延续时间按  $3\text{h}$  计算。”其中规定五级站场最大用水量  $20\text{L/s}$ ，四级站场  $30\text{L/s}$ ，三级站场  $45\text{L/s}$ 。水封洞库的地上部分和操作巷道的火灾危险远低于石油天然气生产的三级站场，但考虑水封洞库的储量一般高于  $100 \times 10^4\text{m}^3$ ，且属于国家石油储备，提高消防能力，取石油天然气生产三级站场的数值。

辅助生产设施的消防水量同《石油化工企业防火设计规范》GB 50160 的规定。

消防水泵的双动力源可为电驱泵和柴油机驱泵。

**6.4.3** 参照现行国家标准《石油天然气工程设计防火规范》GB 50183，水封洞库地上设施的火灾危险性低于石油天然气生产的三级站场，可不配备专业消防车辆和专业消防人员。如果邻近消防协作力量不能在  $30\text{min}$  内到达时，宜设置泡沫站和移动式泡沫灭火设施。

**6.4.4** 当水封洞库设操作巷道时，应考虑操作巷道内管道、阀门、法兰等可能泄漏物料发生火灾时的消防。所以，除设置必要的消防器材外，沿操作巷道距离不大于  $60\text{m}$  及每座竖井口附近布置消防栓是合理的。

## 6.5 给排水及污水处理

**6.5.1** 水封洞库用水主要包括施工期用水、生活用水、消防用水和水幕系统用水等生产用水。生活用水的水质应符合《生活饮用水卫生标准》GB 5749，施工期用水宜经沉淀过滤后循环使用。

**6.5.3** 为防止污染，保护环境，排水系统必须清、污分流。在计量区、油气处

理装置区、竖井操作区等阀门较多处有可能产生油品泄漏污染地面而产生污染雨水的区域设置围堰，并设排水切换设施，初期污染雨水和生产污水排向含油污水管道，清净雨水排向雨水系统，减少含油污水的处理量。为防止库区外雨水倒灌进库区应在围墙排水口处设置水封装置。

**6.5.4** 本条说明水封洞库含油污水经处理后达到排放标准后排放。由于目前没有水封洞库裂隙水处理后可以回注的标准，并且回注水水质要求标准较高，污水处理工艺复杂，污水处理设施投资较高，一旦处理不合格，会造成地下水的污染，暂不进行回注。

含油污水处理设施的施工、订货宜在洞罐施工完成后进行，此规定是考虑洞罐完工后裂隙水渗出量会与初步设计阶段有一定的差异，因此含油污水处理设施的施工、订货可依据洞罐完工后的实际裂隙水渗出量进行。

**6.5.8** 施工期供排水应符合下列规定：

2 施工期外部供水管道及设施应尽量利用项目建设的永久设施，不足部分可临时建设，以减少工程总体投资。

## 6.6 电气

**6.6.1** 水封洞库主要负荷为发油作业用电，根据电力负荷分类标准定为二级负荷。根据《供配电系统设计规范》GB 50052 要求，二级负荷供电系统宜由两回线路供电。水封洞库用电负荷容量较大，综合考虑节省建设投资、可靠运营、便于管理等因素，其电源优先考虑外接电源。

3 为确保正常运行期间，渗出的涌水量不对洞罐造成危害，备用发电机组应考虑 1 台潜水泵的运行负荷同时考虑消防控制系统等重要负荷的供电。

5 水封洞库的重要场所主要是指变（配）电间、发电机房、油泵区、控制室、通信机房等。

## 6.7 防腐及阴极保护

**6.7.1** 密封塞以下、泵坑以上部位的管道及其它金属构筑物处于原油或气体环境中，无法实施阴极保护，可仅采用防腐涂层进行腐蚀防护。

**6.7.2** 根据中国石油天然气集团公司课题《大型地下储气（油）库建设技术研



究》的专项研究《地下水封洞库金属结构外防腐层 50 年设计寿命技术研究》结果，水封环境下，三层结构聚烯烃防腐层、无溶剂液态环氧防腐层是最优防腐层，涂层寿命应在 50 年以上；三层结构聚烯烃防腐层性能符合《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》GB/T 23257 的相关规定，无溶剂液态环氧防腐层性能应符合《埋地钢制管道液体环氧外防腐层技术标准》SY/T 6854 的相关规定。也可采用其它经实践应用或实验检验满足 50 年设计使用年限的防腐涂层。

**6.7.3** 泵坑内金属构筑物的阴极保护系统不可维修、不可更换，应采用牺牲阳极法进行阴极保护；长时间循环后，泵坑内积水多为地下水，氯离子含量将大大降低，故泵坑内金属构筑物宜考虑采用锌合金牺牲阳极进行阴极保护。竖井水封层内金属构筑物宜采用强制电流法进行阴极保护，辅助阳极宜采用水中敷设型 MMO 线性阳极；强制电流阴极保护系统用辅助阳极、参比电极宜进行可更换设计。

## 6.8 仪表及自动控制

**6.8.2** 本条说明设置地下工程安全监测自动化系统的主要目的是：

1 1 地下水压力监测包括洞罐的密封水位(或压力)监测；洞罐周边地下水水位和水质监测。洞罐的密封水位(或压力)监测设施安装投用后无法维修和更换。

2 洞室储存原油期间，对洞室围岩的渗透水压力进行长期监测，及时采取水封控制措施，保证洞室原油储存的密封性。

3 施工期间监测和掌握洞室围岩的变形趋势和稳定过程，及时对其稳定性和安全度作出评估。洞室围岩稳定性监测包括围岩表面收敛、围岩内部及表面变形、地质构造体的变形及位移监测等。

在洞罐周边围岩内埋设的传感器可对洞室内落石掉落所产生的声波信号进行监测，实现对洞室内落石的报告和定位。

**6.8.5** 当水封洞库可依托就近的流量标定系统时，不需设置流量标定系统，否则需配套在线流量标定系统。

**6.8.10** 水封洞库对设备的安全性要求较高，而仪表及控制系统承受雷电电磁脉冲的能力很低，为将雷电对仪表及控制系统的危害降到最低限度，减少其遭受雷

击损害的风险，规定本条标准。

本条标准按现行国家标准《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343 中的规定划分地区雷暴日等级，“多雷区”指年平均雷暴日大于 20 天，不超过 40 天的地区。

## 6.9 电信

6.9.1 根据仪表及自动控制的需求，设置数据传输的方式和方向。

6.9.5 本条标准按现行《石油天然气管道系统治安风险等级和安全防范要求》GA 1166-2014 要求，设置电子巡查系统。

6.9.7 本条标准按现行《石油天然气管道系统治安风险等级和安全防范要求》GA 1166-2014 要求，设置出入口控制系统。

6.9.9 无线对讲电话采用简单对讲形式。根据生产操作的要求以及车间班组的组成方案，无线对讲电话配制成多个相互独立的对讲组，各组使用不同的频率。

## 6.10 采暖、通风与空调

6.10.1 地下水封洞库项目中的建筑与油库项目中的建筑相类似，所以按照《石油库设计规范》GB 50074 中的相关要求执行。该规范中未提及的部分按照《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 中的要求执行。

6.10.2 竖井操作区建筑物的通风方案按《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 中“6.4 事故通风”的要求执行。

## 6.11 建设用地

6.11.1 水封洞库地上设施所占用土地已无法进行再利用，应进行永久征地。

6.11.2 可控制的条件是指：当业主单位与地方政府管理部门签署相关协议或达成共识，在保证水封洞库建筑界限内土地不会被外来企业任意开发、使用，即为可控制，反之则不可控。

## 6.12 定员、建筑面积、车辆配置指标

6.12.1 水封洞库运营后，地面设施较少，因此需要的操作岗位人员较地面储备库少。

6.12.2 办公、生活和主要生产设施建筑面积、指标是参照《石油储备库工程项目建设标准》建标 119—2009 第一百四十五条，其中建筑面积略有增加。

6.12.3 水封洞库车辆按照保证生产管理和生活基本需要配备的。

## 6.13 建设周期

本节是考虑国家石油储备基地进油计划，因此将项目建设周期结束安排在全部建成具备投油条件。

水封洞库建设周期宜为 48~60 个月是参考已经建成和正在建设中的水封洞库项目实际工期确定的。

## 7 节能

7.0.2 《固定资产投资项项目节能评估和审查办法》正在征求意见过程中，待该办法正式实施后，相关节能评估工作应按新办法执行。

## 11 项目管理

### 11.1 建设程序及主要内容

#### 11.1.3

4 专项评估报告主要包括：环境影响评价报告、地震安全性评价报告、地质灾害危险性评价报告、压覆矿产资源评价报告、文物调查报告、水资源论证报告、水土保持评价报告、节能审查报告、安全预评价报告、职业病危害预评价报告、社会稳定性风险分析与评估报告等；审批报告主要包括规划选址报告、土地使用（建设用地）报告等。