

团 体 标 准

T/CPASE GP 020—2022



标准实施反馈与服务

覆土式钢制储存容器通用要求

General requirements for mounded steel storage vessels

中国特种设备安全与节能促进会团体标准

覆土式钢制储存容器通用要求

T/CPASE GP 020—2022

*

北京科学技术出版社出版发行
(北京西直门南大街16号 邮编:100035)

新华书店经销

三河市文阁印刷有限公司印刷

版权专有 不得翻印

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 30 千字
2022年6月第1版 2022年6月第1次印刷

*

书号: 155714·262 定价: 62.00 元



155714262

2022-03-29 发布

2022-07-01 实施

中国特种设备安全与节能促进会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总则	2
5 地基和覆土选择	2
6 容器设计	4
7 制造、检验和验收	8
8 定期检验和日常检查	9
9 状态监测	10
附录 A（资料性） 覆土式钢制储存容器常用储存介质	11
附录 B（资料性） 覆土式钢制储存容器常见损伤模式	13
附录 C（资料性） 常见材料国内外牌号对照	14
附录 D（资料性） 土壤质地标准	17
附录 E（资料性） 土壤力学试验	22
编制说明	25

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国特种设备安全与节能促进会（CPASE）提出并归口。

本文件主要起草单位：中国特种设备检测研究院、山东京博控股集团有限公司、中国特种设备安全与节能促进会、中国化学品安全协会、中国石化工程建设有限公司、山东圣源技术咨询服务有限公司、中国石化齐鲁石化公司。

本文件主要起草人：马韵升、杜晨阳、朱国栋、王辉、赵立秋、刘畅、王为国、胡海川、曾小军、王长明、马英鹏、赵青松、李兵、刘永泉、于莹、徐朋、戴宏强、谭新利、卢建玉、闫东升。

本文件为首次发布。

覆土式钢制储存容器通用要求

1 范围

1.1 本文件规定了用于覆土式卧式钢制储存容器的地基和覆土、设计、制造、检验和验收、定期检验和日常检查、状态监测等方面的通用要求。

1.2 本文件中的覆土式卧式钢制储存容器的材料、设计、制造、检验和验收应满足 GB/T 150 的规定且同时满足以下条件：

- (1) 设计材质：碳钢、低合金钢和奥氏体不锈钢等压力容器用钢；
- (2) 设计压力（表压）大于或者等于-0.1 MPa 且小于 10 MPa；
- (3) 设计温度： $-20\text{ }^{\circ}\text{C} < t \leq 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。当考虑覆土卧式钢制储存容器紧急泄放工况造成的流体激冷和低温冲击时，设计温度最低值可以按紧急泄放工况确定；
- (4) HG/T 20660 中规定的轻度危害或无毒介质。

1.3 覆土式立式钢制储存容器和覆土式球形钢制储存容器的通用要求可参照本文件。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 150（所有部分） 压力容器
- GB/T 5310—2017 高压锅炉用无缝钢管
- GB/T 26610（所有部分） 承压设备系统基于风险的检验实施导则
- GB/T 24511 承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带
- GB/T 12771 流体输送用不锈钢焊接钢管
- GB/T 21833（所有部分） 奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管
- GB 9948 石油裂化用无缝钢管
- GB 19189 压力容器用调质高强度钢板
- GB/T 3531 低温压力容器用钢板
- GB/T 713 锅炉和压力容器用钢板
- GB/T 35013 承压设备合于使用评价
- GB/T 30579 承压设备损伤模式识别
- NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
- NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件
- NB/T 47009 低温承压设备用合金钢锻件
- NB/T 47042 卧式容器
- NB/T 47065.1 容器支座 第1部分：鞍式支座
- HG/T 20660 压力容器化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类标准
- T/CPASE GP 022—2022 覆土式钢制储存容器设计规范

3 术语和定义

GB/T 150、GB/T 35013 和 GB/T 30579 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

覆土式钢制储存容器 **mounded steel storage vessels**

在环境温度下，用于储存介质且外表面全部被土覆盖，仅有相关工艺接管（进出料、放空、排污）、人孔、仪表管口及设备安全附件等伸出于覆土层之外的钢制容器。

3.2

砂床层 **sand layer**

位于覆土式钢制储存容器底部直接支撑容器的砂床。

3.3

覆土层 **mound layer**

覆盖在覆土式钢制储存容器周围除砂床层之外的砂层或土层。

4 总则

4.1 根据现场条件、地下水位和使用要求，覆土式钢制储存容器可安装在地面之上或地面以下。可以对每个覆土式钢制储存容器单独进行覆土，或者对多个覆土式钢制储存容器一起覆土，置于同一个覆土层下。对于多个覆土式钢制储存容器一起覆土时，覆土式钢制储存容器间最小间距应考虑现场焊接、涂层、回填和压实等施工条件。

4.2 覆土式钢制储存容器应额外考虑外部覆土、砂床的土壤腐蚀和外部覆土等外部载荷导致的容器失稳。

4.3 覆土式钢制储存容器宜高于地下最高水位；相关安全附件如安全阀、爆破片、减压阀应高于覆土，除底部排水和检查通道外，其他相关设备附件一般也应高于覆土。

4.4 设计制造及安装单位、检验检测机构及人员应具有相关资质。

4.5 通用流程

- (1) 地基和覆土选择；
- (2) 容器设计；
- (3) 制造、检验和验收；
- (4) 定期检验和日常检查；
- (5) 状态监测。

5 地基和覆土选择

5.1 土壤调查

5.1.1 现场工作

覆土式钢制储存容器安装前应在安装区域开展静力触探试验（CPT），判断土壤的物理力学性质，并通过钻孔方式采集土样。现场至少每间隔 1.5 m 进行一次 CPT 和土壤采样。CPT 和钻孔的位置应均匀分布在容器的轴向长度上。在 CPT 实施困难时，可采用增加钻孔采样数方式进行土壤调查。

5.1.2 试验测试

现场取回的土样进行试验测试。

对所有的样品进行如下检测：

- (1) 视觉描述；

- (2) 湿、干单位体积样品的质量；
- (3) 土壤含水率；
- (4) 土壤粒度分析；
- (5) 土壤质地分类。

参照上述的测试结果，通过使用单位和建造单位协商选取土样数量，按照相应标准开展如下试验：

- (1) 固结试验，计算土的单位沉降量、压缩系数、压缩指数、回弹指数、压缩模量、土壤的侧压系数、固结系数及原状土的前期固结压力等；
 - (2) 固结排水和/或固结不排水三轴试验，获得土壤（底土和填料）的强度和刚度参数；
 - (3) 土壤和地下水试样的化学分析；
 - (4) 土壤的电阻率；
 - (5) 土壤的腐蚀性；
 - (6) 土壤和地下水样本的环境分析，其范围取决于现场历史状况和附近工业状况。
- 土壤分析的回收、保存、运输和储存需要按照相关的规范的要求严格进行。

5.1.3 报告

覆土式储存容器建造单位须提交一份土壤工程报告。所包含的内容应包括但不限于以下项目：

- (1) 场地的地形；
- (2) 观测到的地下水位（包括变化规律）；
- (3) 现场取土位置和 CPT 结果；
- (4) 土样试验测试结果；
- (5) 分析局部地基可能的变化；
- (6) 容器相对于地下水位的安装位置；
- (7) 地基类型选择；
- (8) 容器服役期间地基的承载能力；
- (9) 耐压试验期间容器的沉降。

5.2 容器支撑结构

5.2.1 容器支撑结构的选择

原则上可以优先选用砂床地基，在沉降严重地区，可以采用桩地基。

5.2.2 砂床地基

砂床地基施工可以采用预压地基、土壤置换、土壤置换与预压地基相结合等方案。

5.2.3 桩地基

桩地基支撑混凝土板，混凝土板顶部铺设最小厚度为 1 m 的砂床。

5.2.4 鞍座

覆土式卧式储存容器可设置鞍座，鞍座可采用钢制或混凝土制。

5.3 覆土的设计

5.3.1 覆土结构

应使覆土的坡度与周围地形相适宜，可采取自然坡度或者挡土墙，应保证覆土的稳定性。

5.3.2 覆土防护措施

- (1) 覆土层顶部应设微向下的斜坡利于排水；
- (2) 覆土的顶部和斜坡的防护可以通过铺设透水型覆盖物或通过植被相结合的方法实现；

(3) 在砂床的底部应修建明渠或罐池处理雨水，每个容器宜配置排水潜水泵。

5.4 砂床和覆土材料

在选择砂床和覆土的材料时，应考虑以下方面：

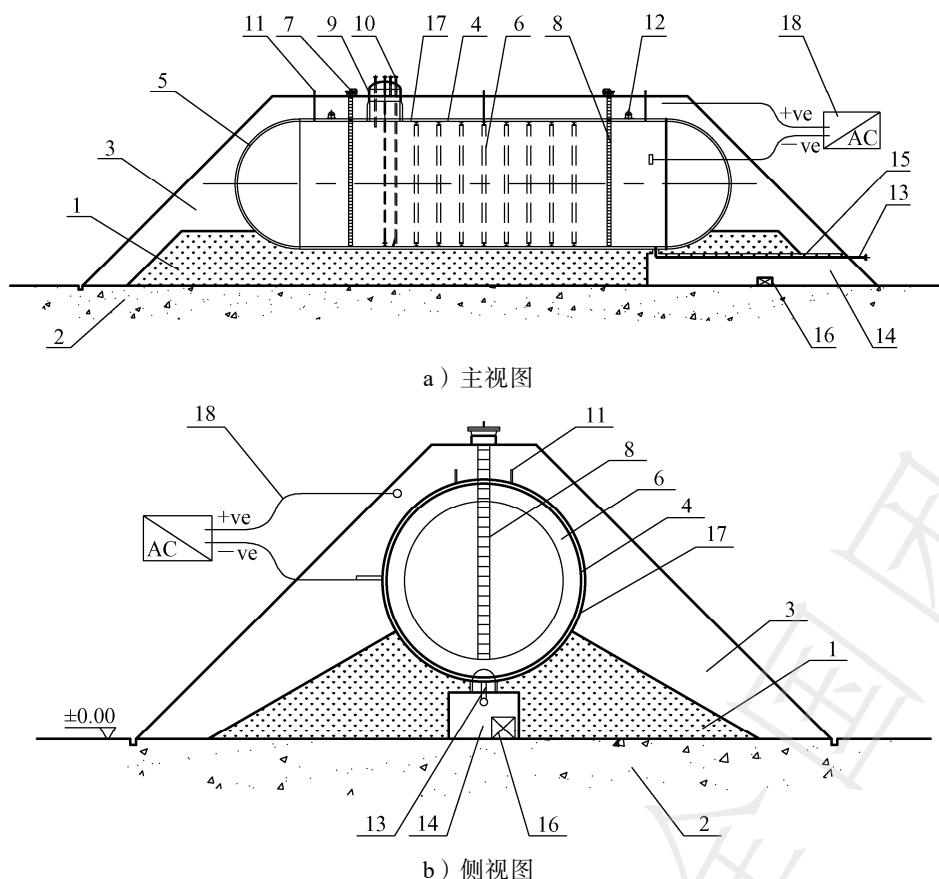
- (1) 在有多个容器的情况下，应选择易于填充和压实处理的材料；
- (2) 填充材料必须致密，以减少沉降；
- (3) 填充材料必须适合于阴极保护系统正常运行。不得使用海砂或其他腐蚀性的填充材料。

6 容器设计

6.1 设计基本要求

(1) 覆土式储存容器设计除应满足 TSG 21、GB/T 150、NB/T 47042、NB/T 47065.1 等相关法规和标准的规定外，还应满足本节和 T/CPASE GP 022—2022《覆土式钢制储存容器设计规范》要求。

(2) 覆土式储存容器采用卧式圆筒形压力容器时，覆土式钢制储存容器一般直接置于砂床，砂床下层为沉降均匀的平整地面，允许使用鞍座。覆土式储存容器外表面全部被覆土层覆盖，仅允许工艺接管、检查口、监测仪表接管及设备安全附件等伸出覆土层之外。覆土式储存容器正下方的砂床内设有底部通道，方便覆土式钢制储存容器底部卸料管道的引出，单容器和容器群结构分别如图 1 和图 2 所示。



标引序号说明：

- 1—砂床；2—平整地面；3—覆土层；4—筒体；5—封头；6—容器内加强圈；7—人孔；8—容器内梯子；
- 9—气室；10—工艺管接口；11—沉降监测板；12—吊耳；13—容器底部接管；14—容器底部通道；
- 15—管道吊架；16—气体浓度检测装置；17—防腐涂层；18—阴极保护系统

图 1 覆土式卧式储存容器结构简图

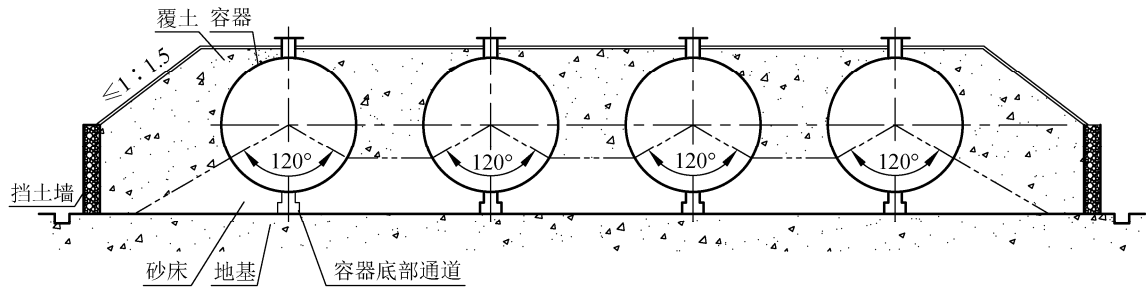


图2 覆土式卧式储存容器群结构简图

6.2 设计载荷

覆土式钢制储存容器应考虑内部介质压力载荷（正压和负压）、温度、液体静压力、容器（含附件）自重、介质重量、雪载荷、地震载荷、覆土载荷、基础不均匀支撑载荷和来自管道的外部载荷。必要时，还应考虑筒体因轴向弯曲、摩擦等引起的附加载荷。设计时应考虑载荷工况组合。

6.2.1 覆土载荷

覆土式钢制储存容器上方覆土的重量对容器或支撑结构产生的载荷，包括顶部承受的交通、道路、管桥产生的动载荷和静载荷。应尽可能避免场地车辆在覆土式钢制储存容器顶部产生动载荷。如果无法避免，则应在设计中考虑由此导致的容器动载荷。

6.2.2 基础非平衡载荷

覆土、基础沉降等原因产生覆土式钢制储存容器的非平衡支撑载荷，载荷工况按假设最大和最小非平衡作用力考虑最苛刻情况。非平衡支撑载荷包括但不限于：

（1）覆土式钢制储存容器及其基础的建造公差，导致容器与地基无法达到理想接触而产生的非平衡载荷，设计时应计入不平衡影响；

（2）沿覆土式钢制储存容器长度方向砂床或者基础变化导致支撑反力不均匀，导致容器自身产生附加载荷。

6.2.3 温度和内压波动引起的载荷

覆土式钢制储存容器温度和内压波动将导致容器长度和半径方向的几何尺寸变化，在容器长度上的变化可按比例考虑。设计时应考虑以下载荷：

（1）覆土式钢制储存容器封头上覆土反作用导致的压力；

（2）摩擦和轴向膨胀拘束引起的覆土式钢制储存容器筒体轴向应力。

6.2.4 地震载荷

该载荷下，按照本文件设计部分进行设计与校核时，应考虑地震引起的水平荷载。地震设防烈度8度（含）以上时，还应考虑地震上下两个方向的垂直地震力。

对于大型覆土式钢制储存容器，应适当考虑液体晃动的影响。如果有地基液化现象，还需要考虑地基液化的后果。

6.3 结构要求

综合考虑所有相关因素、失效模式和安全裕量，以保证覆土式钢制储存容器具有足够的强度、刚度、稳定性和耐腐蚀性，同时还应当考虑支座、加强圈吊耳、支耳及其他型式支承件与覆土式钢制储存容器本体的焊接接头的强度要求，确保覆土式钢制储存容器在设计使用年限内的安全。

按载荷工况确定筒体和封头的厚度以及加强圈规格和数量，并满足本文件最小壁厚要求。计算工况基于载荷工况确定。

覆土式钢制储存容器封头一般为半球封头、椭圆封头或者碟形封头。

6.3.1 最小壁厚

筒体和封头不考虑腐蚀裕量的最小壁厚应满足表 1 的要求。

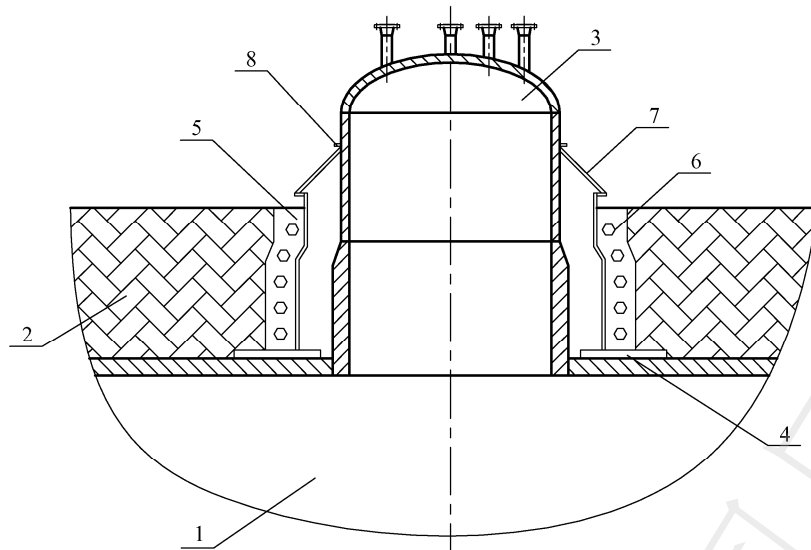
表 1 筒体和封头最小壁厚

公称直径 DN/mm	最小壁厚 δ /mm
DN \leq 2 500	6
DN \leq 3 000	7
DN $>$ 3 000	8

6.3.2 开孔与接管

6.3.2.1 一般要求

应尽量减少直接焊接到覆土式钢制储存容器上的接管数量。多个小直径接管连接时，应将其焊接在人孔盖或大接管的盲法兰上，见图 3。允许设置 1 个凸形封头用于安放接管。为了避免气穴并简化结构，接管法兰宜伸出覆土顶部上方。该区域应安装消防系统。



标引序号说明：

1—容器；2—覆土层；3—气室；4—垫圈；5—套筒；6—六角螺栓及螺母；7—防雨罩；8—捆孔带

图 3 覆土式储存容器的人孔或气室接管的保护装置图

6.3.2.2 人孔

每个容器应至少有两个人孔。

6.3.2.3 接管和人孔套筒

应在接管和人孔处设置套筒结构。套筒应由两个半圆柱壳组成，并安装定距块。底部的液体排净口，应位于底部出口检查通道内。

6.3.3 加强圈

覆土式钢制储存容器可设置加强圈，对于大直径容器，宜设置内加强圈。

6.4 安全设施

6.4.1 容器底部检查通道

一般覆土式钢制储存容器底部不设置用于检修、检验和日常维护的检查通道。如果设置容器底部出口检查通道需要满足以下要求：

(1) 需要采取安全预防措施来确保覆土式钢制储存容器不受损伤。此类预防措施涉及从检查通道到容器的之间的过渡、检查通道的尺寸、底部出口管支架的可调节性以及底部出口附近区域的容器底部防腐；

(2) 检查通道的尺寸需要为检查和维护活动提供足够安全的空间；

(3) 检查通道应安装气体泄漏检测或监测设备；

(4) 应考虑长期沉降问题；

(5) 检查通道应防止外部雨水倒灌。如采用混凝土建造，应整体原地浇注，预浇混凝土保护层，接缝需要密封以防止进水；

(6) 通道门宜选用格栅门，禁止使用密闭门。

6.4.2 排水设施

通常需要在覆土式钢制储存容器的低端侧安装带有地面操作阀门的排水管。

6.5 腐蚀与防护

6.5.1 基本要求

覆土式钢制储存容器应安装由防腐涂层和阴极保护组合而成的多重防腐系统。防腐系统的设计应与土壤腐蚀性、介质腐蚀性相适应。防腐系统应在容器设计使用年限内提供全面保护。

6.5.2 外部涂层

覆土式钢制储存容器外部涂层系统应满足以下要求：

(1) 针对土壤中存在的腐蚀环境，涂层形成有效屏障；

(2) 与安装的阴极保护系统匹配；

(3) 涂层具备足够附着力，能够承受在所有运行条件下容器和周围土壤之间正常压力、摩擦力、冷热冲击而不脱落。

6.5.3 内部涂层

覆土式钢制储存容器可采取内部涂层进行腐蚀防护。

6.5.4 阴极保护

覆土式钢制储存容器设计时应依据阴极保护系统设计文件、电流密度分布、监控设施和保护标准通用要求进行。

6.5.4.1 设计文件

覆土式钢制储存容器开始建造前应由专业机构设计阴极保护系统方案。阴极保护系统应作为整个容器设计的一个组成部分。

6.5.4.2 电流分布

设计时应保证阴极保护系统保持正常的电流分布，首选外加电流系统。除非采购方明确允许外，不得使用牺牲阳极系统。

设有额外支撑结构的覆土式钢制储存容器以及设有底部出口通道的覆土式钢制储存容器，应在设计中提出附加要求，保证正常的电流分布。

6.5.4.3 设计安装过程管理

阴极保护系统应在阴极保护专业机构或专业人员的监督下进行设计和安装。

6.5.4.4 有效保护标准

应以容器-土壤电势作为有效阴极保护的标准。

6.5.4.5 特殊设计考虑

除砂床基础直接承载外，覆土式钢制储存容器允许设置预埋金属结构或钢筋混凝土结构来支撑容器时，应对阴极保护设计进行特殊考虑。

6.6 雷电保护

应根据不同的区域，在设计中纳入适当的防雷系统。

7 制造、检验和验收

7.1 一般规定

覆土式钢制储存容器的制造、检验与验收除应满足本文件要求外，还应符合 TSG 21、GB/T 150.4、T/CPASE GP 022—2022《覆土式钢制储存容器设计规范》等相关规范、标准和设计文件的规定。

7.2 附加要求

7.2.1 制造公差

除应符合相关标准的规定外，制造时尺寸公差还应满足如下要求：

(1) A类焊缝中面错边量不大于3 mm及较薄板名义厚度10%的较小者。复合钢板A类焊缝对口错边量不大于钢板覆层厚度的50%，且不大于2 mm。

(2) 覆土式钢制储存容器组焊完成后，应按GB/T 150.4—2011第6.5.11检查壳体圆度的规定。同时应检查壳体的直径，壳体同一断面上最大直径与最小直径之差宜小于0.5倍容器名义壁厚。

7.2.2 焊接与返修

焊接应按GB/T 150规定进行施焊环境检查、焊前准备、焊后热处理、焊接工艺评定、焊缝表面形状及外观检查。

焊后返修不得超过2次。焊接返修时，应进行焊接返修工艺评定。焊接返修前应经制造单位技术负责人批准。返修次数、部位和返修情况应记入容器质量证明文件。

7.2.3 焊前预热

焊接前预热温度除按GB/T 150.4要求外，对于抗拉强度大于450 MPa的低合金钢要求焊前预热100℃~150℃。

7.2.4 耐压试验

耐压试验应按GB/T 150和设计文件的规定。耐压试验可在车间或在现场砂床地基上进行，应连续记录试验中水的温度、环境温度和表压力。

(1) 当整个覆土式钢制储存容器在车间已完成耐压测试，则无需在现场重复耐压测试。

(2) 砂床上进行耐压试验时，砂床应满足水压试验要求，并在试验过程中应进行沉降监测。

(3) 容器在砂床上进行耐压试验时，不能从外部目视检查的底部环焊缝部分，应在试验后从内部进行100%磁粉检测(MT)或渗透检测(PT)。水压试验后应及时回填砂床上的临时沟渠。临时沟渠中的焊缝应符合全部检查程序。水压试验前，不得在焊缝处进行涂层。

(4) 耐压试验由容器制造单位负责实施，检验机构负责检验。现场水压试验时，使用单位应提供满足水压试验的场地条件。

7.2.5 泄漏试验

覆土式钢制储存容器需经耐压试验合格后方可进行泄漏试验。泄漏试验应按设计文件规定的方法和要求进行并须符合相关标准的要求。

泄漏试验由制造单位负责实施，检验机构负责检验。现场泄漏试验时，使用单位应提供满足泄漏试验的场地条件。

7.3 标志和认证

覆土式钢制储存容器制造单位应具备国家相应制造许可资质，制造和出厂应按监管要求，取得制造合格证书并做好相应安装、运输标识。

7.4 监督检验

对属于特种设备的覆土式钢制储存容器，应进行监督检验。整体出厂的容器在制造厂进行监督检验，现场制造的容器需在现场进行监督检验。监督检验需由具有相应资质的特种设备检验机构进行。监督检验的内容应符合 TSG 21 的规定，并考虑覆土式储存容器覆土的特殊性。

8 定期检验和日常检查

8.1 使用管理

(1) 使用单位应当对其进行使用安全管理。配备安全管理负责人、安全管理人员和作业人员，建立各项安全管理制度。对属于特种设备的覆土式钢制储存容器应按规定办理使用登记。

(2) 使用单位应制定覆土式钢制储存容器操作规程，操作规程应至少包括：覆土式钢制储存容器的特性、操作参数，岗位操作法，日常重点检查的项目和部位，内部液位正常区间和最高允许液位，运行中可能出现的异常现象和防止措施，以及紧急情况的处置和报告程序。

(3) 使用单位应明确监控方法及监控参数，实行有效监测。

(4) 使用单位应配置有效的消防设施，制定应急预案，建立相应的应急救援队伍，适时演练并且记录。

(5) 使用单位应设置明显的警示标识，包括区域、储存介质名称和危害性。明确人员防护要求及配备防护设施。

(6) 使用单位应及时对作业人员进行培训，做好安全宣传。

8.2 日常检查

使用单位对覆土式钢制储存容器应进行日常检查并记录检查情况，建立健全档案管理。确定检查的重点项目、部位和频次。每月宜至少进行 1 次检查，并且应记录检查情况；应重点检查容器本体、安全保护装置、测量调试装置、阴极保护装置、状态监测设备、覆土的冲刷流失、附属管道和仪器仪表是否完好，以及其他异常情况。其中对容器本体的检查应通过查看比对沉降监测、壁厚监测、阴极保护监测和泄漏监测数据来实现。

8.3 年度检查

年度检查项目应至少包括覆土式钢制储存容器安全管理情况、覆土式钢制储存容器本体及其运行状况和覆土式钢制储存容器安全附件检查。安全管理情况和安全附件的检查应按 TSG 08—2017 的规定进行，其中对覆土式钢制储存容器本体及其运行情况的检查应主要通过比对沉降监测、壁厚监测、阴极保护监测和泄漏监测等监测数据来实现。

8.4 定期检验

8.4.1 覆土式钢制储存容器的定期检验应按 TSG 21 的规定进行，优先选择基于风险的检验(RBI)。

承担基于风险检验的机构应取得基于风险的检验资质。

8.4.2 RBI 检验机构应按 GB/T 26610 的规定，根据设备状况、失效模式、失效后果、管理情况等对覆土式钢制储存容器进行风险评估，提出切实可行的检验策略。

8.4.3 检验机构在完成现场检验后，应根据检验结果、返修结果、合于使用评价结果，更新评估数据，进行再评估。并按照再评估结果，依据使用单位提供的风险可接受水平，给出下次检验时间。

9 状态监测

9.1 沉降监测

9.1.1 安装过程中的沉降监测

在安装预压地基之前，应在原地面水平安装沉降板。沉降板可由底板和垂直杆组成。应使垂直杆延伸到预压地基之上。安装结束时，应拆除沉降板。沉降监测频率如表 2 所示。

表 2 沉降监测频率

阶段		检测频率
预压	第 1、2 个月	每周进行 1 次
	第 3、4 个月	每两周进行 1 次
	第 5 个月以后	每月进行 1 次
容器的安装		每周进行 1 次检查

9.1.2 服役过程中的沉降监测

覆土式钢制储存容器顶部纵向位置至少安装 3 个永久参考点，2 个靠近容器两端，1 个位于容器中间，以监测容器的沉降。参考点的最大间距约为容器直径的两倍。

覆土式钢制储存容器服役期间，应监测容器的沉降情况。监测频率根据先期预测沉降的大小和时长来确定。监测结果应与预测沉降值进行比较。如果实际沉降值大于预测值或沉降速率增加，需要咨询专家建议并进行整改。

9.1.3 耐压试验时的沉降监测

现场进行耐压试验时，试验过程中需对容器进行沉降监测。在充水前、充水 25%、充水 50%、充水 75%、充水 100%、充水 24 h 后、放水后检测沉降，此测试期间的沉降率应随时间而减小，否则容器会有不稳定的危险。如果沉降率未降低，则应立即停止耐压试验。

9.2 壁厚监测

覆土式钢制储存容器及其附属管道可能产生内部腐蚀和外部腐蚀，应安装有效的壁厚在线监测设备，在覆土式钢制储存容器服役期间对其壁厚进行监测，保证其安全运行。

9.3 阴极保护监测

覆土式钢制储存容器需安装阴极保护监测设备，确保有效测量容器不同位置的阴极保护水平。参比电极的安装需与容器和覆土的安装相配合，防止测试电缆对砂床地基的破坏。

在覆土顶部，应能接触到土壤覆盖层，以便使用手持式参比电极进行监测。

9.4 泄漏监测

覆土式钢制储存容器和附属管道需要安装有效的泄漏监测系统，对泄漏进行监测和报警。

9.5 液位监测

覆土式钢制储存容器应设带有高液位报警功能的液位监测系统。

附录 A

(资料性)

覆土式钢制储存容器常用储存介质

表 A.1 覆土式钢制储存容器常用储存介质

序号	CAS号	名称	英文名称	化学式	毒性	可燃性
1	999-81-5	矮壮素	Chlormequat chloride	$C_5H_{13}Cl_2N$	轻度危害	稳定
2	75-39-8	1-氨基乙醇	1-Aminoethylalcohol	$CH_3CH_2(OH)NH_2$	轻度危害	可燃
3	102-28-3	氨基乙酰苯胺(间)	<i>N</i> -Acetyl-1,3-Phenylenediamine	$C_6H_4(NH_2)NHCOCH_3$	轻度危害	可燃
4	122-80-5	氨基乙酰苯胺(对)	<i>P</i> -Aminoacetanilide	$C_6H_4(NH_2)NHCOCH_3$	轻度危害	可燃
5	108-46-3	苯二酚(间)	Resorcinol	$C_6H_4(OH)_2$	轻度危害	可燃
6	100-52-7	苯甲醛	Benzaldehyde	C_6H_5CHO	轻度危害	易燃
7	107-03-9	正丙硫醇	1-Propyl mercapton	$CH_3CH_2CH_2SH$	轻度危害	易燃
8	67-64-1	丙酮	Acetone	CH_3COCH_3	轻度危害	易燃
9	78-82-0	异丁腈	Isobutyronitrile	$C_8H_{12}N_4$	轻度危害	可燃
10	121-57-3	对氨基苯磺黄	<i>p</i> -Aminobenze nesulfonic acid	$C_6H_4(NH_2)(SO_2OH)$	轻度危害	可燃
11	10605-21-7	多菌灵	Carbendazim	$C_6H_4(N)(NH)-C-NHCOOCH_3$	轻度危害	可燃
12	75-37-6	1,1-二氟乙烷	1,1-Difluoroethane	CH_3CHF_2	轻度危害	易燃
13	127-19-5	二甲基乙酰胺	Dimethylacetamide	$CH_3CON(CH_3)_2$	轻度危害	可燃
14	583-78-8	2,5-二氯苯酚	2,5-Dichlorophenol	$C_6H_3Cl_2OH$	轻度危害	可燃
15	119-26-6	2,4-二硝基苯肼	2,4-Dinitrophenylhydrazine	$(NO_2)_2C_6H_2NHNH_2$	轻度危害	易燃
16	109-89-7	二乙胺	Diethylamine	$(CH_3CH_2)_2NH$	轻度危害	易燃
17	579-66-8	2,6-二乙基苯胺	2,6-Diethylaniline	$NH_2C_6H_3(CH_2CH_3)_2$	轻度危害	可燃
18	462-06-6	氟苯	Fluorobenzene	C_6H_5F	轻度危害	易燃
19	78-10-4	硅酸四乙酯	Tetraethyl orthosilicate	$(CH_3CH_2O)_4Si$	轻度危害	易燃
20	67-56-1	甲醇	Methanol	CH_3OH	轻度危害	易燃
21	100-61-8	<i>N</i> -甲基苯胺	<i>N</i> -Methylaniline	$C_6H_5NHCH_3$	轻度危害	易燃
22	108-39-4	间甲酚	<i>m</i> -Cresol	$CH_3C_6H_4OH$	轻度危害	可燃
23	60-51-5	乐果	Rogor	$(CH_3O)_2P(S)SCH_2C(O)NHCH_3$	轻度危害	易燃
24	126-73-8	磷酸三丁脂	<i>Tri-n</i> -butylphosphate	$(CH_3CH_2CH_2CH_2O)_3PO$	轻度危害	可燃
25	88-75-5	邻硝基酚	<i>o</i> -Nitrophenol	$NO_2C_6H_4OH$	轻度危害	易燃
26	67-72-1	六氯乙烷	Hexachloro ethan	CCl_3CCl_3	轻度危害	不易燃
27	100-97-0	六亚甲基四胺	Hexamethylenetetramine	$(CH_2)_6N_4$	轻度危害	可燃
28	108-90-7	氯苯	Chlorobenzene	C_6H_5Cl	轻度危害	易燃
29	108-42-9	氯苯胺(间)	<i>m</i> -Chloroaniline	$ClC_6H_4NH_2$	轻度危害	可燃
30	87-60-5	3-氯-2-甲基苯胺	3-Chloro-2-methylaniline	$CH_3C_6H_3(NH_2)Cl$	轻度危害	可燃

表 A.1 (续)

序号	CAS 号	名称	英文名称	化学式	毒性	可燃性
31	90-13-1	α -氯化萘	α -Chloronaphthalene	$C_{10}H_7Cl$	轻度危害	可燃
32	121-87-9	2-氯-4-硝基苯胺	2-Chloro-4-nitroaniline	$C_6H_3(NH_2)(NO_2)Cl$	轻度危害	可燃
33	89-63-4	4-氯-2-硝基苯胺	4-Chloro-2-nitroaniline	$C_6H_3(NH_2)(NO_2)Cl$	轻度危害	可燃
34	134-32-7	1-萘胺	1-Naphthylamine	$C_{10}H_7NH_2$	轻度危害	可燃
35	90-15-3	1-萘酚	1-Naphthol	$C_{10}H_7OH$	轻度危害	可燃
36	51630-58-1	氰戊菊酯	Phenvalerate	$C_{16}H_{19}NO_6$	轻度危害	易燃
37	41814-78-2	三环唑	tricyclazole	$C_9H_7N_3S$	轻度危害	可燃
38	75-50-3	三甲胺	Trimethylamine	$(CH_3)_3N$	轻度危害	易燃
39	108-78-1	三聚氰胺	Melamine	$(CN)_3(NH_2)_3$	轻度危害	不可燃
40	120-82-1	1,2,4-三氯苯	1,2,4-Trichlorobenzene	$C_6H_3Cl_3$	轻度危害	可燃
41	21757-82-4	三氯杀虫酯	Plifenate	$Cl_2C_6H_3-CH(OCOCH_3)(CCl_3)$	轻度危害	可燃
42	102-71-6	三乙醇胺	Triethanolamine	$(C_2H_5)_3N$	轻度危害	可燃
43	1129-41-5	速灭威	Tsumacide	$CH_3C_6H_4OCO-NH-CH_3$	轻度危害	可燃
44	1314-80-3	五硫化二磷	Phosphorus pentosulfide	P_2S_5	轻度危害	易燃
45	82-68-8	五氯硝基苯	Pentachlorobenzene	$C_6Cl_5NO_2$	轻度危害	可燃
46	63-25-2	西维因	Carbaryl	$C_{12}H_{15}NO_2$	轻度危害	可燃
47	88-74-4	硝基苯胺(邻)	o-Nitroaniline	$C_6H_4(NH_2)NO_2$	轻度危害	可燃
48	99-09-2	硝基苯胺(间)	m-Nitroaniline	$C_6H_4(NH_2)NO_2$	轻度危害	可燃
49	88-72-2	硝基甲苯(邻)	o-Nitrotoluene	$CH_3C_6H_4NO_2$	轻度危害	易燃
50	89-62-3	2-硝基-4-甲苯胺	4-Methyl-2-nitroaniline	$CH_3C_6H_3(NH_2)NO_2$	轻度危害	可燃
51	100-00-5	硝基氯苯(对)	p-Chloronitrobenzene	$ClC_6H_4NO_2$	轻度危害	可燃
52	74-96-4	溴乙烷	Bromoethane	CH_3CH_2Br	轻度危害	可燃
53	98-83-8	异丙苯	Isopropylbenzene	$C_6H_5CH(CH_3)_2$	轻度危害	易燃
54	26087-47-8	异稻瘟净	Iprobenfos	$C_{13}H_{21}O_3PS$	轻度危害	可燃
55	78-93-3	乙基甲基酮	2-Butanone	$CH_3COCH_2CH_3$	轻度危害	易燃
56	60-29-7	乙醚	Ether	$CH_3CH_2OCH_2CH_3$	轻度危害	易燃
57	30560-19-1	乙酰甲胺磷	Acephate	$(CH_3O)(CH_3S)(CH_3OCNH)P=O$	轻度危害	可燃
58	3766-81-2	仲丁威	Fenobucarb	$C_{12}H_{17}NO_2$	轻度危害	易燃
59	115-07-1	丙烯	Propylene	$CH_2=CHCH_3$	轻度危害	易燃
60	74-98-6	丙烷	Propane	$CH_3CH_2CH_3$	轻度危害	易燃
61	106-97-8	丁烷	Butane	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	轻度危害	易燃
62	106-98-9	1-丁烯	1-Butene	$CH_3CH_2CH=CH_2$	轻度危害	易燃
63	74-85-1	乙烯	Ethylene, Ethene	$CH_2=CH_2$	轻度危害	易燃
64	75-28-5	异丁烷	Isobutane	$CH_3CH(CH_3)CH_3$	轻度危害	易燃
65	8030-30-6	石脑油	Naphtha	C_4-C_6 烷烃	轻度危害	易燃
66	68476-85-7	液化石油气(LPG)	Liquefied petroleum gas	C_3-C_4 混合烃	轻度危害	易燃

附录 B

(资料性)

覆土式钢制储存容器常见损伤模式

本附录参照 GB/T 30579《承压设备损伤模式识别》编制。覆土式钢制储存容器在使用过程中，存在损伤和失效的可能，其主要损伤的影响因素包括：覆土式钢制储存容器内介质腐蚀性、土壤腐蚀性、温度、压力等操作条件、容器材质等。

表 B.1 覆土式钢制储存容器常见损伤模式

损伤模式	损伤描述及损伤机理	易发生装置或设备	主要预防措施	注释
介质腐蚀	介质对于容器本体的腐蚀	储存容器本体	选择适宜材料，如需要增设内部涂层	通常发生率很低，取决于介质的腐蚀性、含水率、温度、容器材质等
土壤腐蚀	金属在接触到砂床及覆土时发生的腐蚀	储存容器及管道	增设防腐涂层和阴极保护系统	容器外部有防腐涂层和阴极保护系统，可以提供良好的保护。但仍有防腐涂层局部失效、阴极保护效果不良的情况
大气腐蚀	金属在覆土层发生的腐蚀	管道	增设防腐涂层和阴极保护系统	容器外部有防腐涂层和阴极保护系统，可以提供良好的保护。但仍有防腐涂层局部失效、阴极保护效果不良的情况
冲刷	固体、气体或液体或其任意之间组合发生冲击或相对运动，造成材料表面机械剥落加速的过程	储存容器及管道	优化设计；选择适宜材料；防冲设施	考虑介质的相态和充装的速度
振动疲劳	设备或构件在振动载荷或不稳定流体流动等动态载荷作用下，引起了交变载荷，产生疲劳开裂	储存容器及管道件	优化设计	原则上来说发生率很低，除非在泵附近有小口径连接，或管道焊缝存在焊接缺陷
应力腐蚀开裂 (SCC)	金属在应力和化学介质协同作用下引起开裂或断裂现象	储存容器和管道	选择适宜材料	容器或管道内存在满足应力腐蚀开裂的条件。考虑应力、腐蚀性介质、材质、温度
低温脆断	温度低于 T_k (韧脆临界转变温度) 时材料韧性状态变为脆性状态，导致容器发生脆断	储存容器或构件	选择适宜材料	材料的选择满足使用条件，如无异常低温情况，发生概率极低

附 录 C
(资料性)
常见材料国内外牌号对照

本附录参照 GB/T 35013《承压设备合于使用评价》编制。由于 GB/T 35013 标准中引用部分标准已作废，本附录中已使用新版标准替代。

表 C.1 高合金钢钢板国内外牌号对照

序号	中国标准			美国标准 (ASME)		欧盟标准 (EN)	
	统一数字代号	GB/T 24511—2009 新牌号	GB/T 4237—1992 旧牌号	UNS 代号	型号	数字代号	牌号
1	S11306	06Cr13	0Cr13	S41008	410S	—	—
2	S11348	06Cr13Al	0Cr13Al	S40500	405	—	—
3	S11972	019Cr19Mo2NbTi	00Cr18Mo2	S44400	444	1.452 1	X2CrMoTi18-2
4	S30408	06Cr19Ni10	0Cr18Ni9	S30400	304	1.430 1	X5CrNi18-10
5	S30403	022Cr19Ni10	00Cr19Ni10	S30403	304L	1.430 6	X2CrNi19-11
6	S30409	07Cr19Ni10	—	S30409	304H	1.494 8	X6CrNi18-10
7	S31008	06Cr25Ni20	0Cr25Ni20	S31008	310S	1.495 1	X6CrNi25-20
8	S31608	06Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	S31600	316	1.440 1	X5CrNiMo17-12-2
9	S31603	022Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo2	S31603	316L	1.440 4	X2CrNiMo17-12-2
10	S31668	06Cr17Ni12Mo2Ti	0Cr18Ni12Mo2Ti	S31635	316Ti	1.457 1	X6CrNiMoTi17-12-2
11	S31708	06Cr19Ni13Mo3	0Cr19Ni13Mo3	S31700	317	—	—
12	S31703	022Cr19Ni13Mo3	00Cr19Ni13Mo3	S31703	317L	1.443 8	X2CrNiMo18-15-4
13	S32168	06Cr18Ni11Ti	0Cr18Ni10Ti	S32100	321	1.454 1	X6CrNiTi18-10
14	S39042	015Cr21Ni26Mo5Cu2	—	N08904	904L	1.453 9	X1NiCrMoCu25-20-5
15	S21953	022Cr19Ni5Mo3Si2N	00Cr18Ni5Mo3Si2	—	—	—	—
16	S22253	022Cr22Ni5Mo3N	—	S31803	—	1.446 2	X2CrNiMoN22-5-3
17	S22053	022Cr23Ni5Mo3N	—	S32205	2205	—	—

表 C.2 高合金钢焊接管国内外牌号对照

序号	中国标准			美国标准 (ASME)	
	统一数字代号	GB/T 12771—2019 新牌号	GB/T 12771—2000 旧牌号	UNS 代号	型号
1	S30408	06Cr19Ni10	0Cr18Ni9	S30400	TP304
2	S30403	022Cr19Ni10	00Cr19Ni10	S30403	TP304L
3	S31608	06Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	S31600	TP316
4	S31603	022Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo2	S31603	TP316L
5	S32168	06Cr18Ni11Ti	0Cr18Ni10Ti	S32100	TP321

表 C.3 高合金钢无缝管国内外牌号对照

序号	中国标准			美国标准 (ASME)	
	统一数字代号	GB/T 21833—2020 新牌号	GB/T 14976—2002 旧牌号	UNS 代号	型号
1	S21953	022Cr19Ni5Mo3Si2N	00Cr18Ni5Mo3Si2	S31500	—
2	S22253	022Cr22Ni5Mo3N	—	S31803	—
3	S22053	022Cr23Ni5Mo3N	—	S32205	—
4	S25073	022Cr25Ni7Mo4N	—	S32750	—

表 C.4 高合金钢锻件国内外牌号对照

序号	中国标准			美国标准 (ASME)	
	统一数字代号	NB/T 47010—2017 新牌号	JB 4728—2000 旧牌号		
1	S11306	06Cr13	0Cr13	—	—
2	S30408	06Cr19Ni10	0Cr18Ni9	S30400 (F304)	F304
3	S30403	022Cr19Ni10	00Cr19Ni10	S30403 (F304L)	F304L
4	S30409	07Cr19Ni10	—	S30409 (F304H)	F304H
5	S31008	06Cr25Ni20	—	S31009 (F310H)	F310H
6	S31608	06Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	S31600 (F316)	F316
7	S31603	022Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo2	S31603 (F316L)	F316L
8	S31668	06Cr17Ni12Mo2Ti	0Cr18Ni12Mo2Ti	—	—
9	S31703	022Cr19Ni3Mo3	—	S31703 (F317L)	—
10	S32168	06Cr18Ni11Ti	0Cr18Ni10Ti	S32100 (F321)	F321
11	S39042	015Cr2Ni26Mo5Cu2	—	N08904 (F904L)	—
12	S21953	022Cr19Ni5Mo3Si2N	00Cr18Ni5Mo3Si2	—	—
13	S22253	022Cr22Ni5Mo3N	—	S31803 (F51)	—
14	S22053	022Cr23Ni5Mo3N	—	S32205 (F60)	—

表 C.5 常用碳钢和低合金钢国内外牌号对照

序号	国内牌号	国内标准	ASME 牌号	ASME 标准及年号
1	10	GB/T 9948	SA106 GrA	ASME II Part A (2013)
2	20	GB/T 9948	SA106 GrB	ASME II Part A (2013)
3	35	NB/T 47008	SA266 Gr3	ASME II Part A (2013)
4	06Ni9DR	GB/T 150.2	SA553 Type 1	ASME II Part A (2013)
5	07MnMoVR	GB 19189	—	—
6	07MnNiVDR	GB 19189	—	—
7	07MnNiMoDR	GB 19189	—	—
8	08Cr2AlMo	GB/T 150.2	—	—
9	08MnNiMoVD	NB/T 47009	—	—
10	08Ni3D	NB/T 47009	SA350 LF.3 CL.1/CL2	ASME II Part A (2013)
11	08Ni3DR	GB/T 150.2	SA203 GrD/GrE	ASME II Part A (2013)

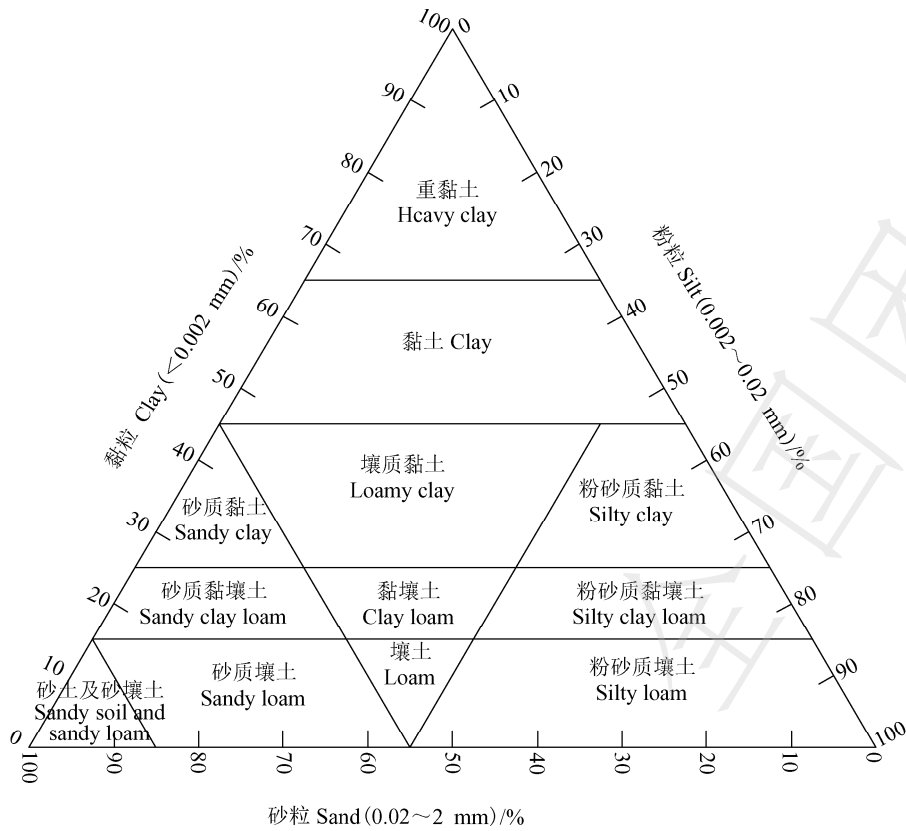
表 C.5 (续)

序号	国内牌号	国内标准	ASME 牌号	ASME 标准及年号
12	09CrCuSb	GB/T 150.2	—	—
13	09MnD	GB/T 150.2	—	—
14	09MnNiD	NB/T 47009	—	—
15	09MnNiDR	GB/T 3531	—	—
16	10Ni3MoVD	NB/T 47009	—	—
17	12Cr1MoVR	GB/T 713	—	—
18	12Cr2Mo1R	GB/T 713	SA387 Gr22	ASME II Part A (2013)
19	12Cr2Mol	NB/T 47008	SA336 F22	ASME II Part A (2013)
20	12Cr2MoIV	NB/T 47008	SA336 F22V	ASME II Part A (2013)
21	12Cr2MolVR	GB/T 150.2	SA 832 Gr22V SA 542 TypeD CL4a	ASME II Part A (2013)
22	12Cr3MoIV	NB/T 47008	SA336 F3V	ASME II Part A (2013)
23	12Cr1MoV	NB/T 47008	—	—
24	12Cr1MoVG	GB/T 5310	—	—
25	12CrMo	GB/T 9948	SA335-P2	ASME II Part A (2013)
26	12MnNiVR	GB 19189	—	—
27	13MnNiMoR	GB/T 713	—	—
28	14Cr1MoR	GB/T 713	SA387 Gr11	ASME II Part A (2013)
29	14Cr1Mo	NB/T 47008	SA336 F11	ASME II Part A (2013)
30	15CrMo	NB/T 47008	SA336 F12	ASME II Part A (2013)
31	15CrMoR	GB/T 713	SA387 Gr12	ASME II Part A (2013)
32	15MnNiDR	GB/T 3531	—	—
33	15MnNiNbDR	GB/T 150.2	—	—
34	16Mn	NB/T 47008	SA105	ASME II Part A (2013)
35	16MnD	NB/T 47009	SA350 LF.2 CL.1	ASME II Part A (2013)
36	16MnDR	GB/T 3531	SA662 GrC	ASME II Part A (2013)
37	18MnMoNbR	GB/T 713	SA302 GrB	ASME II Part A (2013)
38	1Cr5Mo	NB/T 47008	SA336 F5/ F5A	ASME II Part A (2013)
39	20MnMo	NB/T 47008	—	—
40	20MnMoD	NB/T 47009	—	—
41	20MnMoNb	NB/T 47008	—	—
42	20MnNiMo	NB/T 47008	SA508 Gr.3CL.2	ASME II Part A (2013)
43	35CrMo	NB/T 47008	—	—
44	1Cr5Mo	GB/T 9948	SA335 P5	ASME II Part A (2013)
45	Q245R	GB/T 713	SA516 Gr.60	ASME II Part A (2013)
46	Q345R	GB/T 713	SA516 Gr.70	ASME II Part A (2013)
47	Q370R	GB/T 713	—	—
48	12Cr2Mol	GB/T 150.2	SA335 P22	ASME II Part A (2013)
49	15CrMo	GB/T 9948	SA335 P12	ASME II Part A (2013)

表 D.2 国际制土壤质地分类标准

质地名称		颗粒组成		
		黏粒 (<0.002 mm) /%	粉粒 (0.002~0.02 mm) /%	砂粒 (0.02~2 mm) /%
砂土	砂土及壤质砂土	0~15	0~15	85~100
壤土	砂质壤土	0~15	0~45	55~85
	壤土	0~15	30~45	40~55
	粉砂质壤土	0~15	45~100	0~55
黏壤土	砂质黏壤土	15~25	0~30	55~85
	黏壤土	15~25	20~45	30~55
	粉砂质黏壤土	15~25	45~85	0~40
黏土	砂质黏土	25~45	0~20	55~75
	壤质黏土	25~45	0~45	10~55
	粉砂质黏土	25~45	45~75	0~30
	黏土	45~65	0~35	0~55
	重黏土	65~100	0~35	0~35

表 D.3 美国制土壤质地分类标准



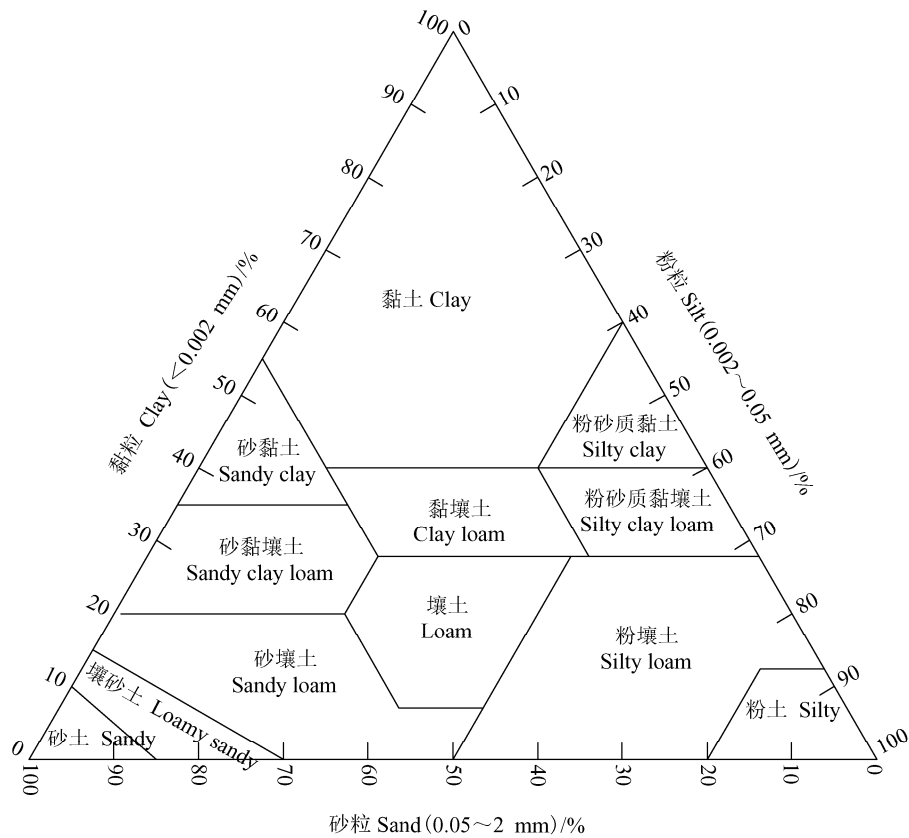


表 D.4 卡庆斯基制土壤质地分类标准

地质分类		物理性黏粒 (<0.01 mm) /%			物理性砂粒 (>0.01 mm) /%		
类别	质地名称	灰化土类	草原土及红黄壤类	碱化及强碱化土类	灰化土类	草原土及红黄壤类	碱化及强碱化土类
砂土	松砂土	0~5	0~5	0~5	100~95	100~95	100~95
	紧砂土	5~10	5~10	5~10	95~90	95~90	95~90
壤土	砂壤土	10~20	10~20	10~15	90~80	90~80	90~85
	轻壤土	20~30	20~30	15~20	80~70	80~70	85~80
	中壤土	30~40	30~45	20~30	70~60	70~55	80~70
	重壤土	40~50	45~60	30~40	60~50	55~40	70~60
黏土	轻黏土	50~65	60~75	40~50	50~35	40~25	60~50
	中黏土	65~80	75~85	50~65	35~20	25~15	50~35
	重黏土	>80	>85	>65	<20	<15	<35

表 D.5 (a) 我国土壤质地分类 (1978 年)

土壤质地		颗粒组成			
类别	质地名称	砂粒 (1~0.05 mm) /%	粗粉粒 (0.05~0.01 mm) /%	黏粒 (< 0.001 mm) /%	
砂土	粗砂土	>70	—	<30	
	细砂土	60~70	—		
	面砂土	50~60	—		
壤土	砂粉土	>20	>40		
	粉土	<20			
	粉壤土	>20	>40		
	黏壤土	<20			
黏土	砂黏土	>50	—		>30
	粉黏土	—	—		30~35
	壤黏土	—	—		35~40
	黏土	—	—	>40	

注：“—”表示无数据。

表 D.5 (b) 我国土壤质地分类 (1985 年)

类别	质地名称	颗粒组成			
		砂粒 (1~0.05 mm) /%	粗粉粒 (0.05~0.01 mm) /%	细黏粒 (< 0.001 mm) /%	
砂土	极重砂土	>80	—	<30	
	重砂土	70~80			
	中砂土	60~70			
	轻砂土	50~60			
壤土	砂粉土	≥20	≥40		
	粉土	<20			
	砂壤土	≥20	<40		
	壤土	<20			
黏土	砂黏土	≥50	—		≥30
	轻黏土	—			30~35
	中黏土			35~40	
	重黏土			40~60	
	极重黏土			>60	

注：“—”表示无数据。

表 D.6 典型地区常规物理力学性质指标

指标	淤泥		淤泥质黏土		淤泥质粉质黏土		黄土		红土	
	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值
$\omega/\%$	53.20~97.20	63.95	35.30~82.30	44.14	35.10~55.10	39.87	14.60~31.97	21.10	25.40~73.20	45.55
e	1.46~2.63	1.77	1.00~2.30	1.24	1.00~1.56	1.12	0.71~1.41	0.96	0.68~2.13	1.36
$\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.48~1.73	1.62	1.50~1.88	1.77	1.32~1.85	1.80	1.39~2.09	1.83	1.54~2.00	1.74
$\omega_L/\%$	33.60~55.60	50.41	30.60~84.90	42.26	30.00~52.30	35.01	22.10~37.60	30.75	30.70~90.00	66.14
$\omega_P/\%$	19.10~27.90	25.80	18.10~45.20	22.78	13.40~28.00	20.48	15.00~29.25	21.72	17.20~56.00	37.66
I_L	1.27~3.29	1.57	0.69~1.93	1.10	0.88~2.48	1.28	-0.63~0.84	-0.08	0.05~0.73	0.42
I_P	14.50~27.70	24.40	11.50~39.70	19.83	9.70~24.30	15.24	8.18~12.02	9.13	8.10~39.20	28.74
E_s/MPa	1.46~39.93	2.05	1.73~4.58	2.94	2.10~4.94	3.17	0.32~59.00	17.00	2.10~29.20	11.49
c/kPa	2.70~8.25	5.17	5.10~15.00	10.42	2.90~14.60	8.93	0.20~59.60	28.21	10.60~88.60	48.08
$\phi/(\text{°})$	0.00~4.84	0.90	1.00~10.10	5.60	0.00~5.20	2.70	3.18~32.10	22.16	1.50~81.60	24.13

注 1: ω 为天然含水率; e 为孔隙比; ρ 为密度; ω_L 为液限; ω_P 为塑限; I_L 为液性指数; I_P 为塑性指数; E_s 为压缩模量; c 为黏聚力; ϕ 为内摩擦角。

注 2: 软土选取天津地区; 黄土选取海原地区; 红土选取广西柳州地区。

附 录 E
(资 料 性)
土 壤 力 学 试 验

表 E.1 土壤质地测定方法及质量控制

测定方法	测定原理	测定目的	质量控制
比重计法	试样经处理制成悬浮液，根据斯托克斯（Stokes）定律，用特制的甲种土壤比重计于不同时间测定悬浮液密度的变化，并根据沉降时间、沉降深度及比重计读数计算出土粒粒径大小及含量的百分数	依据土壤质地划分标准，确定土壤质地	平行测定结果的允许绝对偏差：黏粒级 $\leq 3\%$ ；粉（砂）粒级 $\leq 4\%$
吸管法	本方法是由筛分及净水沉降结合进行的，通过 2 mm 筛孔的土样经化学及物理处理制成悬浮液定容后，根据斯托克斯定律和土粒在静水中沉降的规律，大于 0.25 mm 的各级颗粒由一定孔径的筛子筛分，小于 0.25 mm 的粒级颗粒则用吸管吸取一定量的各级颗粒（国际制、美国制、卡庆斯基制、中国制等），烘干称其质量，计算各级颗粒含量的百分数	确定土壤的颗粒组成及土壤质地名称	平行测定结果的允许绝对偏差：黏粒级 $< 10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ；粉（砂）粒级 $< 20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$
密度计法	土样经化学及物理处理制成悬浮液定容后，根据斯托克斯定律及土壤密度计浮泡在悬浮液中所处的平均有效深度，静置不同时间后，用土壤密度计直接读出每升悬浮液所含各级颗粒的质量（g），计算其含量（ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ）	依据土壤质地划分标准，确定土壤质地	平行测定结果的允许绝对偏差：黏粒级 $< 10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ；粉（砂）粒级 $< 20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$
激光粒度仪分析法	载有悬浮颗粒的溶液由循环泵带动通过样品池，平行激光束入射到被测颗粒上被衍射和散射，散射光角度随粒径大小而变化，由透镜收集并聚集到光电检测器上。光电检测器测得的总散射强度是单个散射波的叠加，用反演算法对测得数据进行处理	得到颗粒大小的分布信息	1.抽查 10%样品，其中如有 20%的样品超过允许误差范围，该批样品重做； 2.样品各粒级百分含量之和为 $100\% \pm 1\%$

表 E.2 土力学相关试验

试验项目	试验原理	试验目的	试验方法及适用范围
土的含水率试验	土在 105 ℃~ 110 ℃下烘干恒量时所失去的水的质量和干土质量的百分比	测定土的含水率	1. 烘干法:室内试验的标准方法,一般粘性土适用; 2. 酒精燃烧法:适用于快速简易测定细粒土的含水率; 3. 比重法:适用于砂土类
土的密度试验	测定土在天然状态下单位体积的质量	测定土的密度	1. 环刀法:一般用于黏性土; 2. 蜡封法:易破碎、难以切削的土; 3. 罐砂法或罐水法:用于砂土或者砂砾土
土的液、塑限试验	细粒土由于含水率不同,分别处于流动状态、可塑状态、半固体状态和固体状态。液限是细粒土呈可塑状态的上限含水率;塑限是细粒土呈可塑状态的下限含水率	测定细粒土的液限、塑限,计算塑性指数、给土分类定名	1. 液塑限联合测定法:土的液、塑限试验; 2. 搓滚法:土的塑限试验; 3. 碟式仪法:土的液限试验
土的击实试验	用标准的击实方法,测定土的密度与含水率的关系	确定土的最大干密度与最优含水率	1. 轻型击实试验:适用于粒径小于 5 mm 的黏性土; 2. 重型击实试验:适用于粒径小于 20 mm 的土
土地渗透试验	单位水力梯度,空隙流体的渗流速度	测定土的渗透系数	1. 常水头法:适用于粗粒土(砂质土); 2. 变水头法:适用于细粒土(黏质土和粉质土)
土的固结试验	测定试样在侧限与轴向排水条件下的变形和压力,或空隙比和压力的关系,变形和时间的关系,计算试验参数	计算土的压缩系数、压缩指数、压缩模量、固结系数及原状土的先期固结压力等	适用于饱和的黏质土(当只进行压缩试验时,允许用于非饱和土): 1. 标准固结试验; 2. 快速固结试验
土的直剪试验	采用 4 个试样,分别在不同的垂直压力 P 下,施加水平剪切力进行剪切,测得剪切破坏时的剪应力 τ	根据库伦定律确定土的抗剪强度指标:内摩擦角 ϕ 和黏聚力 c	1. 试验方法:快剪试验、固结快剪试验、慢剪试验; 2. 适用范围:适用于测定细粒土的抗剪强度指标 c 和 ϕ 及土颗粒的粒径小于 2 mm 的砂土的抗剪强度指标 ϕ 。渗透系数 k 大于 10^{-6} cm/s 的土不宜做快剪试验
土的三轴剪切试验	通常用 3~4 个圆柱体试样,分别在不同的恒定围压下,施加轴向压力,进行剪切,直至破坏;然后根据极限应力圆包络线,求得抗剪强度参数	测定土的抗剪强度参数	三轴剪切试验分为:不固结不排水试验(UU)、固结不排水剪切(CU)和固结排水试验(CD)

T/CPASE GP 020—2022《覆土式钢制储存容器通用要求》 编制说明

一、项目来源与工作简况

（一）项目来源

危化品储罐有易燃、易爆的特性，一旦其存储设备发生灾害，则可能造成财产损失或人员伤亡。据不完全统计，2004年至今发生大型安全事故19起，造成人员死亡105人、经济损失3亿元。

目前，国内危化品储罐一般采用地上式储罐，储罐露天静置于地面上，在火灾、撞击等外能量作用下，可能导致液体沸腾时膨胀蒸气发生爆炸，导致重大人员伤亡和财产损失。同时地上式储罐的罐体之间及罐体与其他设备、建筑物之间的安全距离较大，故罐区占地面积较大，土地利用率不高。相对于地上式储罐，覆土式钢制储存容器外表面全部被覆土层覆盖，有效地防止常温压力存储介质沸腾时膨胀蒸气的爆炸，且不受临近热源、爆炸冲击波、飞溅物冲击或其他突发损害，同时还具有美化环境，减少占地面积，缩小与周边临近设施安全距离等优点。因此，覆土式钢制储存容器在安全、节能、环保等方面都具有显著的优势，对国家的能源储备安全具有重要的战略意义。

德国于1959年首次建造了30台200 m³覆土式储罐；日本自20世纪70年代末80年代初开始建造并应用覆土式储罐；中国台湾地区的台塑企业自20世纪80年代末引进德国技术后，截至目前已建造110余台覆土式储罐；京博石化控股有限公司目前已建设10台3300 m³卧式液化烃储罐，以及6个2000 m³的乙烯储罐覆土项目。

为提升本质安全，在国内更好地规范和应用覆土储罐相关技术，推进覆土储罐技术发展，中国特种设备检测研究院、山东京博控股集团有限公司、中国特种设备安全与节能促进会等单位组织制定《覆土式钢制储存容器通用要求》团体标准。

（二）主要起草单位

中国特种设备检测研究院、山东京博控股集团有限公司、中国特种设备安全与节能促进会、中国化学品安全协会、中国石化工程建设有限公司、山东圣源技术咨询服务股份有限公司、中国石化齐鲁石化公司。

（三）工作简况

主要工作过程分为4个阶段。

1. 调研阶段（2021年3月）

2021年3月，中国特种设备检测研究院和山东京博控股集团有限公司与中国化学品安全协会、中国石化工程建设有限公司、山东圣源技术咨询服务股份有限公司及中国石化齐鲁石化公司等企业进行沟通交流，讨论本文件的制定原则、需要解决的问题、重点内容以及结构（章节）框架。

2. 启动阶段（2021年7月）

2021年7月，由中国特种设备安全与节能促进会在山东滨州召开《覆土式钢制储存容器通用要求》团体标准编制工作启动会。会上，中国特种设备检测研究院和山东京博控股集团有限公司就项目背景情况，该文件制定的必要性、目的和意义进行了说明。与会领导和专家就文件的可行性开展

了深入讨论。确定了文件名称、主要技术内容等，并且就文件起草工作进行分工，制定起草工作时间表，确定本文件的编制大纲。

3. 编制阶段（2021年7月至2021年9月）

起草组成员根据标准编制工作方案要求，完成相关调研和资料整理，并汇总研究资料，结合覆土式钢制储存容器实际应用经验分析和总结，形成文件文稿。其间在山东青州召开文件编制二次工作会议，对各阶段工作进行讨论汇总，最终编写形成《覆土式钢制储存容器通用要求》（初稿）。

4. 完善阶段（2021年10月）

文件起草组召开会议，对文件初稿进行讨论、修改，形成《覆土式钢制储存容器通用要求》（征求意见稿）。依据标准制修订工作管理规定，起草组向多家相关单位发函征求意见，反馈意见及其处理情况见《标准征求意见汇总表》。

起草组在对反馈意见进行研究分析的基础上，修改完成了《覆土式钢制储存容器通用要求》（送审稿），并于2022年1月19日线上召开《覆土式钢制储存容器通用要求》审定会。与会专家听取了文件起草组关于项目背景、关键技术及技术路线、文件主体内容及征求处理意见处理情况的汇报，审阅标准送审稿。同意通过对该文件的审定，要求文件起草组根据评审专家的意见对文件内容进行修改，形成文件的报批稿，作为推荐性团体标准报中国特种设备安全与节能促进会批准发布。文件起草组在审定专家意见的基础上，对文件进行进一步修改和完善，形成《覆土式钢制储存容器通用要求》（报批稿），报中国特种设备安全与节能促进会批准发布。

二、编制原则、依据与主要内容

（一）编制原则

本文件依据 GB/T 1《标准化工作导则》（适用部分）的要求，遵循以下原则。

1. 统一性原则

本文件实现结构的统一、文体的统一和术语的统一。在结构和文体上，文件的编制严格按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求进行编写。

2. 规范性原则

本文件符合《中华人民共和国特种设备安全法特种设备法》《特种设备安全监察条例》《固定式压力容器安全监察规程》等法律、法规、规范和标准的规定。技术上规定了覆土式卧式钢制储存容器的地基和覆土、设计、制造、检验和验收、定期检验和日常检查、状态监测等方面的通用要求。

3. 适用性原则

本文件技术条款一方面体现了标准的先进性，另一方面体现了标准对全国的适用性，为全国推广覆土式卧式钢制储存容器打下基础，同时覆土式立式钢制储存容器和覆土式球形钢制储存容器的设计、制造、检验、验收、管理和监测可参考本文件。

（二）编制依据

GB/T 150（所有部分） 压力容器

GB/T 5310—2017 高压锅炉用无缝钢管

GB/T 26610（所有部分） 承压设备系统基于风险的检验实施导则

GB/T 24511 承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带

GB/T 12771 流体输送用不锈钢焊接钢管

GB/T 21833（所有部分） 奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管

GB 9948 石油裂化用无缝钢管
GB 19189 压力容器用调质高强度钢板
GB/T 3531 低温压力容器用钢板
GB/T 713 锅炉和压力容器用钢板
GB/T 35013 承压设备合于使用评价
GB/T 30579 承压设备损伤模式识别
NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件
NB/T 47009 低温承压设备用合金钢锻件
NB/T 47042 卧式容器
NB/T 47065.1 容器支座 第1部分：鞍式支座
HG/T 20660 压力容器化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类标准
T/CPASE GP 022—2022 覆土式钢制储存容器设计规范

（三）主要内容

本文件主要包括5个部分：术语和定义、总则、地基和覆土选择、容器设计、制造、检验和验收、定期检验和日常检查、状态监测。具体内容如下：

1. 术语和定义

本文件中引用了GB/T 150等标准的相关术语，并规范了3个术语和定义，包括覆土式钢制储存容器、砂床层、覆土层。这些术语是结合目前已经成功建立并投入运行的覆土式钢制储存容器实际应用情况，兼顾满足地方或企业要求的基础上确定的。

2. 总则

本文件明确了覆土式卧式钢制储存容器的覆土形式、外部载荷及地下水位的影响，要求设计及安装单位、检验检测机构及人员应具有相关资质，并规定通用流程。

3. 地基和覆土选择

本文件确立了土壤调查、容器支持结构的选择、覆土设计及砂床和覆土材料各部分对应的要求，明确了土壤调查实验和报告内容，为土壤调查提供依据，同时对覆土和砂床的设计与选择提出要求。

4. 容器设计

本文件确立了覆土式钢制储存容器设计要求、设计载荷、结构要求、安全设施、腐蚀与防护和雷电保护各部分对应的要求，明确了覆土式卧式钢制储存容器的设计结构和安全防护方法，为容器的制造提供依据。

5. 制造、检验和验收

本文件明确了制造、检验和验收的一般规定、附加要求、标志和认证及监督检验等方面的要求。

6. 定期检验和日常检查

本文件明确了使用管理、日常检查、年度检查和定期检验等相关要求，为企业设备管理提供依据。

7. 状态监测

本文件明确了沉降监测、壁厚监测、阴极保护监测、泄露检测和液位检测等相关要求，规定了容器使用过程中的监测方法。

（四）与国内外现行法律、法规和技术标准的关系

本文件依据现行的相关法律、法规和强制性标准，尚未发现本文件与国内外有关的现行法律、

法规和相关强制性标准相冲突。

三、征求意见的处理结果和依据

起草组向全国行业内发布标准制修订的意见征求函，先后收到中国石化工程建设有限公司、合肥通用机械研究院等 6 家单位提出 166 项修改意见。意见主要集中在对范围设定、增加土壤相关数据、补充容器设计结构图、增加带有高液位报警功能的液位监测系统和文件体例格式等方面。文件起草组针对业内提出的反馈意见进行分析探讨，采纳了其中部分意见，并在深入调研现阶段覆土式卧式钢制储存容器的应用状况，细致研讨应用前景及理论意义的前提下，主要作出以下调整：

1. 调整范围中针对覆盖覆土式卧式储存容器的定义；
2. 补充储存介质的范围；
3. 增加土壤相关资料；
4. 补充覆土式卧式储存容器群结构简图；
5. 增加液位监测功能。

中石化广州工程有限公司陈崇刚（组长）、合肥通用机械研究院章小浒、中国寰球工程有限公司赵栓柱、江苏省特种设备安全监督检验研究院缪春生、北京市特种设备检测中心陈克、天津市特种设备监督检验技术研究院胡津康、北京科技大学王旭东、中国石化齐鲁石化公司齐兆岳、中国石化北海炼化有限责任公司丁少军等组成的专家组对本文件进行了审查。专家组听取了起草组对项目背景、关键技术及技术路线、文件主体内容及征求意见处理情况的汇报，审阅了文件送审稿，经认真讨论，审定专家组共提出 29 条修订意见，并形成如下审查意见：

1. 本文件满足 TSG 21《固定式压力容器安全技术监察规程》基本安全要求，相关技术内容与 GB/T 150《压力容器》等规范标准相协调。
2. 本文件规定了覆土式钢制储存容器的材料、设计、制造检验、验收、覆土、防腐保护、定期检验、状态监测等方面的通用要求。
3. 本文件为首次制定，填补了国内空白。本文件有利于在国内推广覆土式钢制储存容器的使用，提升本质安全和在役使用安全，符合节能环保理念。

对审定专家的意见，起草组会后组织了研讨并对送审稿进行了调整、完善后定稿。

四、项目预期效益与推广实施建议

（一）项目预期效益

起草组成员单位已开展覆土式卧式钢制储存容器的工程试应用，取得了较好的应用效果。建成后覆土式钢制储存容器受大气温度和压力变化的影响小；覆土式钢制储存容器的操作条件仅与介质上游操作条件和地温有关；温度场恒定变化小，操作更安全，不用额外考虑夏季降温措施，运行费用低；节省占地面积和缩小了与周围相邻设施的安全间距；受外部火灾影响小，产生次生灾害的可能性小；避免了蒸气云爆炸的可能，避免了储存容器泄漏后发生爆炸造成的危害。目前已取得了显著的经济和社会效益。且国外自 20 世纪 50 年代建成投产至今还没有出现过安全事故，覆土式钢制储存容器在安全、节能、环保等方面都具有显著的优势，对国家的能源储备安全具有重要的战略意义，具有很好的应用前景。

本着提升本质安全，在国内更好地规范和应用覆土罐相关技术，起草组计划编制覆土式钢制储存容器的系列标准，覆盖设计制造、施工、腐蚀防护、检验监测等环节。相关配套标准：《覆土式钢制储存容器设计规范》《覆土式钢制储存容器的腐蚀防护要求》两个文件已启动编写工作。后

续还将开展《覆土式钢制储存容器检验和监测导则》《覆土式钢制储存容器覆土施工要求》《覆土式钢制储存容器使用维护要求》等文件的编制工作。

（二）推广实施建议

京博石化控股有限公司，按照本文件中对覆土式钢制储存容器的材料、设计、制造检验、覆土、防腐保护、状态监测等方面的要求，目前已建设 10 台 3 300 m³ 卧式液化烃储罐以及 6 个 2 000 m³ 的乙烯储罐覆土项目。其中在建型号 7.6 m×76.3 m 的子弹罐，10 台罐组群为一体覆土，该项目无论是独体设备，还是罐组群，均是在世界范围内最大，且国内首台套。项目成功使用后，可以面向国内石化行业推广实施，作为响应国家大力倡导绿色低碳发展重大战略的重要科技创新举措，具有重大意义。

五、重大意见分歧的处理结果和依据

本文件起草过程中遇到的问题通过项目组内部协调和讨论已妥善解决，并广泛征求相关单位意见予以修改，无重大分歧意见。

六、本文件作为推荐性标准的建议

本文件的制定主要目的在于积极推进覆土式钢制储存容器的应用与发展，为全国企业开展覆土式钢制储存容器应用工作提供标准保障，填补了国内覆土式钢制储存容器标准的空白。现作为团体标准发布，以满足企业迫切需求，结合我国相关法规和技术规范的要求，建议作为推荐性标准予以尽快发布实施。

七、废止现行有关标准的建议

本文件制定实施后，无需废止其他标准。

八、其他应予以说明的问题

无其他应予以说明的问题。

