

团 体 标 准

T/CASEI ××××—2026

长输管道长周期运行安全状态评价方法

**Safety Status Assessment Methodology for Prolonged Operation of
Long-Distance Transmission Pipelines**

（征求意见稿）

××××-××-××发布

××××-××-××实施



中国特种设备检验协会 发布

目 次

前 言.....II

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 术语、定义和缩略语.....1

 3.1 术语和定义1

 3.2 缩略语.....2

4 总则.....2

 4.1 一般要求2

 4.2 评价流程2

5 确定评价对象.....3

6 数据收集.....3

7 地区等级升级适用性评价4

 7.1 一般要求4

 7.2 设计符合性评价4

 7.3 压力适用性评价5

8 风险评估与等级划分.....6

 8.1 一般要求6

 8.2 评价单元的划分6

 8.3 失效可能性的计算6

 8.4 失效后果的计算8

 8.5 风险等级与可接受性的确定9

9 管理应对策略制定原则.....9

附 录 A （规范性） 长周期运行管道安全状态评价数据收集模板.....11

附 录 B （规范性） 失效可能性指标体系因子分值设置及数据来源.....13

附 录 C （资料性） 失效可能性指标体系因子权重值推荐.....17

参考文献.....19

前 言

本文件按 GB/T 1.1-2020《标准化工作规则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

本文件由中国特种设备检验协会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

长输管道长周期运行安全状态评价方法

1 范围

本文件规定了长输油气管道在长周期运行条件下适用性评价、风险分析评估与等级划分的技术方法，为安全管理决策提供支持。

本文件适用于满足以下条件之一的钢质长输管道^[注 1-1]的安全状态评价：

- (1) 投产运行时间满 25 年的管道；
- (2) 投产运行时间满 20 年且在近 5 年内管道线路因本体缺陷或腐蚀发生过一次及以上泄漏的管道；
- (3) 投产运行时间满 20 年且未开展过内检测及完整性评价的管道；
- (4) 投产时间不明的在役管道；
- (5) 除以上 (1) 至 (4) 之外，认为需要开展安全状态评价的。

本文件不适用于海底油气输送管道、非金属材质管道。钢质高压公用管道可参考使用。

注 1-1：长输管道是指《特种设备目录》范围内，依据 GB 50251《输气管道工程设计规范》、GB 50253《输油管道工程设计规范》、GB/T 34275《压力管道规范 长输管道》设计，产地、储存库、使用单位间的输送油气商品介质的压力管道，包括原油、成品油、天然气、煤层气、煤制气、页岩气、液化石油气等长距离油气输送管道。

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 32167	油气输送管道完整性管理规范
GB/T 30579	承压设备损伤模式识别
GB/T 30582	基于风险的埋地钢质管道外损伤检验与评价
GB/T 34275	压力管道规范 长输管道
GB 50251-2015	输气管道工程设计规范
GB 50253-2014	输油管道工程设计规范

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

地区等级 Location Class

按管道沿线居民户数和（或）建筑物的密集程度等划分的等级，划分为四个级别。

3.1.2

低点环向应力 Hoop Stress at the Lowest Point

管道在敷设全长内高程最低点所承受的最大环向应力。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

MAOP 最大允许操作压力（Maximum Allowable Operating Pressure）

LPG 液化石油气（Liquefied Petroleum Gas）

SMYS 规定最小屈服强度（Specified Minimum Yield Strength）

4 总则

4.1 一般要求

4.1.1 管道沿线存在占压或与建构筑物间距不符合法规要求的，应在实施安全状态评价工作之前，首先采取有效措施消除不合规隐患。

4.1.2 管道长周期运行安全状态评价包括地区等级变化情况确认及风险可接受性的评判。存在地区等级升级的应考虑附加社会风险与有效的降险措施，及其对管道 MAOP 的影响，根据实际运行环境重新进行耐压强度设计校核，以确定其许用工艺参数等条件。

4.2 评价流程

管道长周期运行安全状态评价的过程主要包括评价区段确定、数据收集调查、地区等级适用性评估、风险评估与等级划分等步骤，工作流程见图 1。

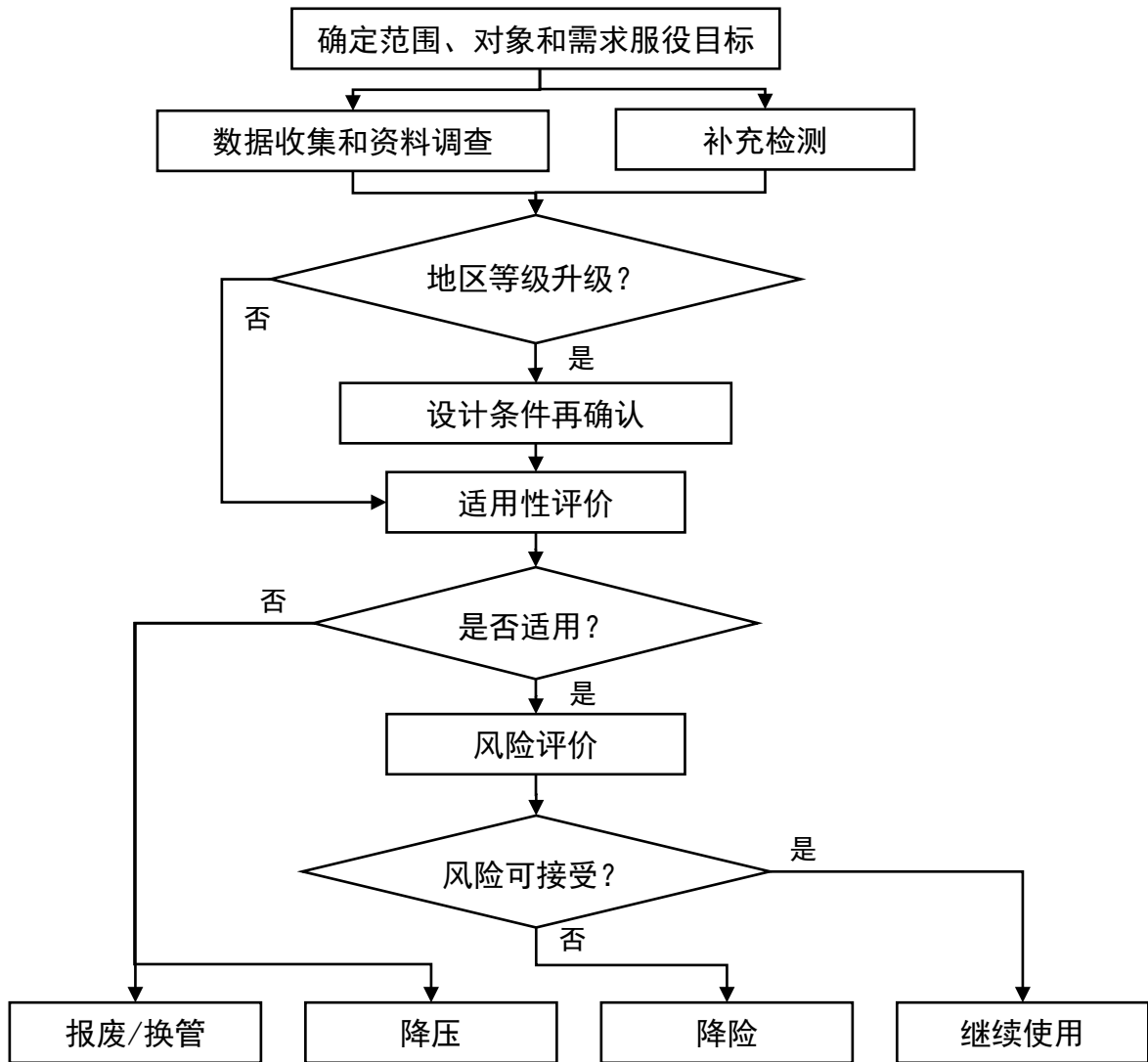


图1 安全状态评价流程

5 确定评价对象

5.1 评价应以管道区段为对象，并应明确待评价区段管道的起止位置和里程。

5.2 待评价区段有分支且需对分支管道进行评价时，应将分支管道作为单独评价区段。

6 数据收集

6.1 收集评价所需的相关数据和资料，包括管道属性、运行工况、管理数据、周边环境等。至少应包括以下项目：

- a) 管道的运行年限、材质、管径、壁厚数据；
- b) 输送介质、设计压力、设计温度、工作压力、介质温度；
- c) 管道沿线的地区等级、高后果区等周边环境情况；
- d) 腐蚀防护措施及有效性；
- e) 历次内、外检测及完整性评价报告；

- f) 管道失效与维修记录。
- 6.2 收集评价所需的管理制度文件，包括并不限于如下项目：
 - a) 设备管理制度（特种设备管理、风险与可靠性管理、设备变更管理、设备停用报废管理）；
 - b) 设备资料管理制度；
 - c) 设备检维管理制度；
 - d) 第三方施工管理制度；
 - e) 人员管理制度；
 - f) 应急管理制度与预案。
- 6.3 评价所需数据及收集模板见附录 A，收集的数据应基于坐标或里程等信息进行对齐。
- 6.4 收集的数据不满足评价要求时，应通过现场检测等技术手段补充相应数据。
- 6.5 应对所收集的数据资料进行必要的校验，保证其真实、可靠、有效，保持最新版本并可追溯。

7 地区等级升级适用性评价

7.1 一般要求

- 7.1.1 待评价的管道区段应通过资料审查和现场调查等方式确定是否存在地区等级升级。
- 7.1.2 不存在地区等级升级的区段可按第 8 章实施风险评估；存在地区等级升级的区段应通过设计符合性评价、压力适用性评价确定其对于周边环境变化后的安全性，未通过评价的应采取降压、换管等措施使之满足运行要求后方可实施风险评估。

7.2 设计符合性评价

- 7.2.1 应结合资料和勘查等确定评价区段的地区等级现状，及其与设计条件是否存在变化。管道地区等级的划分按照其设计规范要求执行，其中天然气管道地区等级按照 GB 50251 第 4.2 节执行；LPG 管道地区等级按照 GB 50253 附录 F 执行；输油管道地区等级分为一般地段、人口稠密地区，按照 GB 50253 执行。
- 7.2.2 存在地区等级升级的区段，应核实其设计参数是否满足升级后的设计要求。
 - 7.2.2.1 天然气、LPG 输送管道各地区等级的强度设计系数应符合表 1 的要求，穿越铁路、公路和人群聚集场所管段的强度设计系数应符合表 2 的要求，管道线路截断阀（室）设置的最大间距应符合表 3 的要求，覆土厚度应符合表 4 的要求。

表 1 输气管道、LPG 管道的强度设计系数

地区等级	强度设计系数 F
一级地区	0.72
二级地区	0.6
三级地区	0.5
四级地区	0.4

表 2 输气管道、LPG 管道穿越铁路或公路段的强度设计系数

管段类型	地区等级			
	一	二	三	四
	强度设计系数 F			
有套管穿越三、四级公路的管道	0.72	0.6	0.5	0.4
无套管穿越三、四级公路的管道	0.6	0.5	0.5	0.4
有套管穿越一、二级公路、高速公路、铁路的管道	0.6	0.6	0.5	0.4
输气站内管道及其上、下游各 200m 管道，截断阀室管道及其上、下游各 50m 管道（其距离从输气站和阀室边界线起算）	0.5	0.5	0.5	0.4
人群聚集场所的管道	0.5	0.5	0.5	0.4

表 3 管道线路截断阀（室）的最大间距

地区等级	输气、LPG 管道
一级地区	32km
二级地区	24km
三级地区	16km
四级地区	8km

表 1 最小覆土厚度（m）

地区等级	土壤类		岩石类
	旱地	水田	
一级	0.6	0.8	0.5
二级	0.8	0.8	0.5
三级	0.8	0.8	0.5
四级	0.8	0.8	0.5

7.2.2.2 输油管道各地区等级的强度设计系数应符合表 5 的规定。

表 5 输油管道的强度设计系数

地区等级	强度设计系数 F
一般区段	0.72
人口密集地区	0.6

7.2.3 通过设计符合性评价的区段方可进行压力适用性评价。未通过设计符合性评价的区段按地区等级变化情况重新进行设计强度校核或采取整改措施。

7.3 压力适用性评价

7.3.1 对存在地区等级变化的区段应依据表 6 计算其 MAOP 及管道低点环向应力，评估地区等级升级区段的运行压力是否符合升级后的设计要求。

表 6 地区等级升级管道的 MAOP 与最低点环向应力

设计时间点	评价时间点	MAOP	低点计算环向应力
地区等级	地区等级		
一级	二级	0.800 倍的试验压力	≤72%SMYS
一级	三级	0.667 倍的试验压力	≤60%SMYS
一级	四级	0.555 倍的试验压力	≤50%SMYS
二级	三级	0.667 倍的试验压力	≤60%SMYS
二级	四级	0.555 倍的试验压力	≤50%SMYS
三级	四级	0.555 倍的试验压力	≤50%SMYS
注：表中的“试验压力”指依管道设计规范选取的压力试验压力值。			

7.3.2 运行压力大于计算 MAOP 或低点环向应力大于计算环向应力的区段应立即降低运行压力，或采取换管等有效措施。

8 风险评估与等级划分

8.1 一般要求

8.1.1 将管道长周期运行影响因素作为评估体系的底层因子，逐层建立风险评估指标体系，分为失效可能性、失效后果两方面计算，进而综合评判风险等级。宜根据风险评估指标体系建立模型软件实施数据收集与分析评价。

8.1.2 待评价区段的风险评估按以下步骤进行：

- (1) 评价单元划分；
- (2) 失效可能性计算；
- (3) 失效后果计算；
- (4) 风险等级划分。

8.2 评价单元的划分

8.2.1 应将待评价区段根据管道属性信息、周边情况等划分为若干个评价单元，分别对各评价单元逐一评价其风险。

8.2.2 评价单元的长度宜以企业管理情况、数据情况可接受的最小长度为宜。

8.3 失效可能性的计算

8.3.1 管道长周期运行风险的影响因素分为固有缺陷、随时间变化的缺陷、环境与防护措施有效性、管理状况等类型，各类型因素、因子和层级关系见表 7。

表 7 各类型因素、因子和层级关系

序号	影响因素类型	底层因子
----	--------	------

序号	影响因素类型	底层因子
1	固有缺陷	焊缝缺陷或接头失效
2		防腐层破损
3		凹陷（外力）
4		机械划伤
5	时间变化缺陷	本体腐蚀减薄
6		几何变形（屈曲）
7		应力开裂及倾向
8	环境与防护措施	地质活动
9		水流冲刷
10		杂散电流干扰及排流
11		承受交变载荷
12		土壤腐蚀性
13		阴保措施有效性
14	管理状况	设备管理制度建设
15		设备资料管理
16		设备检维管理
17		第三方施工管理
18		人员管理
19		应急管理处置

8.3.2 结合第 6.1 节收集数据统计计算失效可能性各因子表征参量的值，无法获取定量数据的可确定定性方法确定其评价准则。各因子表征方式或参量计算见表 8。

表 8 各因子的表征方式或参量

序号	底层因子	因子表征方式或参量
1	焊缝缺陷或接头失效	焊缝缺陷密度分布统计或接头失效情况
2	防腐层破损	最大电流衰减率 Y 或防腐层破损密度
3	凹陷（外力）	已有凹陷的深度及密度分布统计
4	机械划伤	已有机械划伤的深度及密度分布统计
5	本体腐蚀减薄	已有管体腐蚀缺陷的深度及密度分布统计
6	几何变形（屈曲）	椭圆度形变量及密度分布统计
7	应力开裂及倾向	是否已发生或具有发生倾向
8	地质活动	地质活动水平或应变/位移监测数据
9	水流冲刷	水文活动水平或应变/位移监测数据
10	杂散电流干扰	杂散电流干扰水平
11	承受交变载荷	是否承受交变载荷
12	土壤腐蚀性	土壤腐蚀性等级
13	阴保措施有效性	阴保通断电位情况及措施

序号	底层因子	因子表征方式或参量
14	设备管理制度建设	设备管理制度及执行情况
15	设备资料管理	基础数据资料和档案管理
16	设备检维管理	设备检验检测、维修维护状况
17	第三方施工管理	第三方施工告知、监护
18	人员管理	人员资质能力评定、培训管理
19	应急管理处置	应急管理资源、预案及演练

8.3.3 各因子根据获取的数据或参量计算结果评定分值，各计算指标均量化为 0~10 分，评分标准可及所需数据的来源参考附录 B。

8.3.4 各级因子的权重设置应根据管道具体工况服役条件和环境情况确定。附录 C 提供推荐权重值可供参考。

8.3.5 评价区段的失效可能性得分以下式计算：

$$P = \sum_{i=1}^n W_i \cdot S_i$$

其中， P 为失效可能性得分， W_i 为各因子的权重， S_i 为各因子分值。

8.3.6 依据前述指标体系对评价管道区段失效可能性分析计算得到失效可能性分值，按照表 9 将失效可能性等级分为 5 个级别。

表 9 失效可能性等级划分

失效可能性（PoF）等级	分值阈
1	0<分值≤2
2	2<分值≤4
3	4<分值≤6
4	6<分值≤8
5	8<分值≤10

8.3.7 有以下情况之一的，应将区段失效可能性定为最高等级：

- （1）存在不小于 6%OD 变形量的凹陷；
- （2）存在深度不小于 70%t 的机械划伤；
- （3）存在深度大于 70%t 的缺陷；
- （4）存在椭圆度≥5%OD；
- （5）存在其他按法规标准确定的超标缺陷且未修复；
- （6）超过设计使用年限或运行已满 30 年；
- （7）近 1 年内发生非人为因素失效 1 次以上。

8.4 失效后果的计算

8.4.1 根据评价区段所在区域高后果区识别结果，计算其失效后果等级。高后果区的识别根据 GB

32167 的要求执行。

$$C_s=(0.4L_I + 0.6L_{II} + L_{III})/L_s$$

其中， L_I 、 L_{II} 、 L_{III} 分别为区段内 I 级、II 级、III 级 HCA 的长度， L_s 为区段总长度，单位均为 km。

8.4.2 依据前述计算失效后果分值将失效后果等级分为 5 个级别，失效后果级别划分见表 10。

表 10 失效后果等级划分

失效后果等级	A	B	C	D	E
失效后果分值	0	(0,0.5]	(0.5,0.75]	(0.75,0.9]	(0.9,1]

8.4.3 当管道存在本体安全质量隐患未消除或未降险时，应将其失效后果等级定为最高级别。

8.5 风险等级与可接受性的确定

8.5.1 根据前述计算确定的区段失效可能性等级与后果等级，采用风险矩阵图表示评价区段的风险等级。

8.5.2 风险等级划分为低、中、较高、高共 4 个等级，如图 2 所示。

PoC	PoF				
	1	2	3	4	5
E	中	中	较高	高	高
D	低	中	较高	较高	高
C	低	低	中	较高	高
B	低	低	低	中	较高
A	低	低	低	中	中

图 2 管道风险矩阵

8.5.3 应根据政策法规要求、企业管理水平、可接受的经济损失等方面，确定风险可接受性标准。

8.5.4 评价为风险可接受的区段可在其允许条件下继续运行，风险不可接受的区段应采取有效措施将风险降低至可接受范围内方可运行。

9 管理应对策略制定原则

9.1 存在地区等级升级的管道区段，应根据校核后的 MAOP 使用，或采取换管等措施使其符合地区等级升级后的设计要求，并通过风险评价确定风险等级及可接受性。设计系数、截断阀室间距、覆土厚度等不符合规范要求的，应立即整改。

9.2 地区等级未升级且风险可接受的管道区段可在正常运行管理条件下继续服役运行，但应结合风险因素分析结果制定并实施针对性管控措施。地区等级未升级但评价为风险不可接受的管道区段，应采取有效措施将风险降至可接受后，方可运行。

9.3 应根据管道区段的风险等级分别确定管理原则：

T/CASEI ×××××—2026

- (1) 高风险：立即实施整改，整改期间监控运行，采取有效措施确保管道风险可控；
- (2) 较高风险：限期整改，整改期间监控运行，采取针对性措施确保管道风险可控；
- (3) 中风险：重点关注风险项，制定针对性检维修计划实施整改，确保风险可控；
- (4) 低风险：执行企业运行管理规章制度，落实管道常态化管控措施。

9.4 长周期运行管道应定期实施安全状态评价，高、较高、中风险等级管道区段的再评估周期不应超过 1 年，低风险等级管道区段的再评估周期不应超过 2 年。

附录 A
(规范性)

长周期运行管道安全状态评价数据收集模板

A.1 长周期运行管道安全状态评价所需收集的数据信息（不含制度资料）至少应包括以下内容：

- (1) 焊缝缺陷或接头失效数据
- (2) 防腐层破损数据
- (3) 凹陷数据
- (4) 机械划伤数据
- (5) 本体腐蚀减薄数据
- (6) 几何变形数据
- (7) 应力开裂及倾向数据
- (8) 地质活动数据
- (9) 水流冲刷数据
- (10) 杂散电流干扰及排流数据
- (11) 承受交变载荷数据
- (12) 土壤腐蚀性数据
- (13) 阴保措施有效性数据

A.2 为便于评价计算，评价所需数据中定量数据应按以下模板收集：

- (1) 焊缝缺陷或接头失效数据（数据来源于管道内检测报告）

表 A.1 焊缝缺陷或接头失效数据采集表模板

焊缝异常点列表		
序号	里程（m）	特征识别
1	...	...

- (2) 防腐层破损（数据来源于管道外检测报告）

表 A.2 防腐层破损数据采集表模板

破损点统计		
单元编号	破损点个数	破损点密度 P
1	...	...

- (3) 凹陷（数据来源于管道内检测报告）

表 A.3 凹陷数据采集表模板

变形点列表			
序号	检测里程（m）	变形点类型（凹陷）	相对变形量（%OD）
1	...	...	...

- (4) 机械划伤（数据来源于管道内检测报告）

表 A.4 机械损伤数据采集表模板

金属损失列表			
序号	检测里程 (m)	分类	深 (%wt)
1	...	...	...

(5) 本体腐蚀减薄 (数据来源于管道内检测报告)

表 A.5 本体腐蚀数据采集表模板

金属损失列表			
序号	检测里程 (m)	分类	深 (%wt)
1	...	...	...

(6) 几何变形 (数据来源于管道内检测报告)

表 A.6 几何变形数据采集表模板

变形点列表			
序号	检测里程 (m)	变形点类型 (椭圆度)	相对变形量 (%OD)
1	...	...	...

附录 B

(规范性)

失效可能性指标体系因子分值设置及数据来源

分析确定管道评价指标中各底层因子的表征参量，及其统计计算方式。因子计算应尽可能以检验评价报告等历史资料中可直接获取数据来源为原则，以简化评价工作，不能由历史资料简便获取的以定性方式确定评分准则。

(1) 焊缝缺陷或接头失效

焊缝缺陷因子基于焊缝缺陷或接头失效分布密度，即无损检测检出或其他手段发现的单位长度上的数量进行等级划分。数据由检验检测报告中获取。

密度分布大于 100 处/km 时，分值取 10；密度分布 $\in(90,100]$ 时，分值为 9；密度分布 $\in(80,90]$ 时，分值为 8；依次类推，直至密度分布 $\in[0,10]$ 时，分值为 0。

(2) 防腐层破损

防腐层破损因子基于管道外检测检出的防腐层破损点密度 P （处/100m）、最大电流衰减率 Y 或依据防腐层状况等级评价结果进行等级划分。数据由外检测报告中获取。其中破损点密度按以下等级划分：

- ① 区段破损点密度 $P > 1$ ；
- ② 区段破损点密度 $P \in (0.5, 1]$ ；
- ③ 区段破损点密度 $P \in (0.1, 0.5]$ ；
- ④ 区段破损点密度 $P \leq 0.1$ 。

最大电流衰减率 Y 按以下等级划分：

- ① 最大电流衰减率 $Y > 0.023$ ；
- ② 区段最大电流衰减率 $Y \in (0.015, 0.023]$ ；
- ③ 区段最大电流衰减率 $Y \in (0.011, 0.015]$ ；
- ④ 区段最大电流衰减率 $Y \leq 0.011$ 。

外检测工作中依据 GB/T 19285 将外防腐层状况分为 4 个等级。4 级分值取 10；3 级分值取 7 分；2 级分值取 4 分；1 级分值取 0。

(3) 凹陷

凹陷因子基于管道内检测检出的凹陷几何变形量，加权计算进行等级划分。数据由内检测报告中获取。其中凹陷的几何变形量按以下等级划分分别统计数量：

- ① N_{D2} ：凹陷变形量 $< 1\%OD$ ；
- ② N_{D6} ： $1\%OD \leq$ 凹陷 $< 6\%OD$ ；
- ③ N_{D6+} ：凹陷变形量 $\geq 6\%OD$ 。

凹陷统计数 $N_{DA} = (0.4N_{D2} + 0.6N_{D6}) / 1km$

N_{DA} 大于 10 时，分值取 10； N_{DA} 小于或等于 10 时，分值取 N_{DA} 。

(4) 机械划伤

机械划伤因子基于内、外检测检出的数量进行等级划分。数据由内、外检测报告中获取。其中划伤深度按以下等级划分并分别统计数量：

- ① N_{C1} : 深度 $<10\%t$ 的个数;
- ② N_{C3} : $10\%t \leq \text{深度} < 30\%t$ 的个数;
- ③ N_{C5} : $30\%t \leq \text{深度} < 50\%t$ 的个数;
- ④ N_{C7} : $50\%t \leq \text{深度} < 70\%t$ 的个数;
- ⑤ N_{C7+} : 深度 $\geq 70\%t$ 的个数。

$$\text{机械划伤统计数 } N_{GA} = (0.1N_{G1} + 0.2N_{G3} + 0.3N_{G5} + 0.4N_{G7}) / 1\text{km}$$

N_{GA} 大于 100 时, 分值取 10; N_{GA} 小于或等于 100 时, 分值为 $N_{GA}/10$ 。

(5) 管体腐蚀减薄

管体减薄因子基于管道内、外检测检出的缺陷深度, 加权计算进行等级划分。数据由内、外检测报告获取。其中缺陷深度按以下等级划分并分别统计数量:

- ⑥ N_{C1} : 缺陷深度 $<10\%t$ 的个数;
- ⑦ N_{C3} : $10\%t \leq \text{缺陷深度} < 30\%t$ 的个数;
- ⑧ N_{C5} : $30\%t \leq \text{缺陷深度} < 50\%t$ 的个数;
- ⑨ N_{C7} : $50\%t \leq \text{缺陷深度} < 70\%t$ 的个数;
- ⑩ N_{C7+} : 缺陷深度 $\geq 70\%t$ 的个数。

$$\text{缺陷统计数 } N_{CA} = (0.1N_{C1} + 0.2N_{C3} + 0.3N_{C5} + 0.4N_{C7}) / 1\text{km}$$

N_{CA} 大于 100 时, 分值取 10; N_{CA} 小于或等于 100 时, 分值为 $N_{CA}/10$ 。

(6) 几何变形

几何变形因子基于管道内检测检出的椭圆度, 加权计算进行等级划分。数据由内检测报告中获取。其中椭圆度的几何变形量按以下等级划分并分别统计数量:

- ① N_{B1} : 椭圆度 $<1\%OD$;
- ② N_{B5} : $1\%OD \leq \text{椭圆度} < 5\%OD$;
- ③ N_{B5+} : 椭圆度 $\geq 5\%OD$ 。

$$\text{几何变形统计数 } N_{BA} = (0.4N_{B1} + 0.6N_{B5}) / 1000\text{m}$$

N_{BA} 大于 10 时, 分值取 10; N_{BA} 小于或等于 10 时, 分值取 N_{BA} 。

(7) 应力开裂倾向

应力开裂倾向因子以管道区段是否已在环境作用下发生应力腐蚀开裂及是否存在应力腐蚀开裂倾向划分等级。数据由外检测报告中获取。管道区段具备应力开裂条件, 且无防护措施或防护措施失效, 分值取 10; 管道区段不具备应力开裂条件, 或具备条件但防护措施有效, 分值取 0。

(8) 地质活动

地质活动因子以管道区段是否位于地质活动带, 及是否已采取了有效的针对性防护措施为依据划分等级。数据由现场勘查或地灾风险评价报告中获取。

沿线存在地质活动带长度占比大于 40%, 且无防护措施或防护措施失效, 分值取 10; 沿线存在地质活动带长度占比介于 20%至 40%之间, 且无防护措施或防护措施失效, 分值取 6; 沿线存在地质活动带长度占比介于 10%至 20%之间, 且无防护措施或防护措施失效, 分值取 4; 沿线存在地质活动带长度小于 10%, 且无防护措施或防护措施失效, 分值取 2; 沿线存在地质活动带但全部有效防护, 或沿线不存在地质活动带, 分值取 0。

(9) 水流冲刷

水流冲刷因子以管道区段是否位于河流等水流冲刷影响区域, 及是否已采取了有效的针对性防护

措施为依据划分等级。数据由现场勘查或地灾风险评价报告中获取。

无水流冲刷段或水流冲刷段防护措施全部有效，分值取 0；无防护措施或防护措施失效段长度占比为（90%,100%]，分值取 10；占比为（80%，90%]，分值取 9；占比为（70%，80%]，分值取 8；…；占比为（0,10%]，分值取 1。

（10）杂散电流干扰

杂散电流干扰因子以管道所在区段存在交、直流杂散电流的强弱程度，及是否已采取有效的排流防护措施为依据划分等级。数据由外检测报告中获取。

杂散电流干扰强度为强，且无有效排流措施，分值取 10；杂散电流干扰强度为中或弱，且无有效排流措施，分值取 5；不存在杂散电流干扰，或存在杂散电流干扰但有效排流，分值取 0。

（11）交变载荷

交变载荷因子以管道区段是否承受明显的交变载荷为依据划分等级。数据通过现场勘查获取。

可将管道承受的交变载荷划分为 4 级，4 级（强）分值取 10；3 级（中）分值取 7 分；2 级（弱）分值取 4 分；1 级（无）分值取 0。

（12）土壤腐蚀性

土壤腐蚀性因子以管道区段土壤腐蚀性评价等级为依据划分等级。数据由外检测报告中获取。

外检测工作中依据 GB/T 19285 将土壤腐蚀性分为 4 级（强）、3 级（中）、2 级（较弱）、1 级（弱）共 4 个等级。

4 级分值取 10；3 级分值取 7 分；2 级分值取 4 分；1 级分值取 0。

（13）阴保措施有效性

阴保措施有效性因子以阴保通断电位情况，及是否已采取有效修复措施为依据划分等级。数据由外检测报告及月度测试报告等资料获取。

通断电位异常，且无有效修复措施，分值取 10；通断电位异常，有修复措施，分值取 5；通断电位无异常，分值取 0。

（14）设备管理制度建设

建立设备完整性管理体系（组织机构、制度文件），覆盖风险与可靠性管理、特种设备管理、变更管理、闲置报废管理。

管理制度不健全或未建立，分值取 10；制度已建立，但未执行或执行不到位，分值取 5；制度已建立，且执行良好，分值取 0。

（15）设备资料管理

按照设备完整性管理需求建立数据库，收集管理设备属性、运行、维护等基础数据和档案资料，且及时更新。

关键设备基础数据和档案不满足完整性管理基本要求，分值取 10。键设备基础数据和档案满足完整性管理要求，但未实现信息化数据管理，分值取 5。关键设备基础数据和档案符合完整性管理要求，实现信息化数据管理，分值取 0。

（16）设备检维管理

按照设备完整性管理要求实施基于风险与可靠性评价的检验、维护。

未基于风险与可靠性形成检、维策略方案，分值取 10；基于风险与可靠性形成检、维策略方案，但未据此执行，分值取 5；基于风险与可靠性形成检、维策略方案，且执行良好，分值取 0。

（17）第三方施工管理

建立第三方施工巡护监护、协调沟通机制，并有效执行。

未建立第三方施工巡护监护、协调沟通机制，分值取 10；已建立第三方施工巡护监护、协调沟通机制，但未执行或执行不到位，分值取 5；已建立第三方施工巡护监护、协调沟通机制，且执行良好，分值取 0。

（18）人员管理

建立设备管理相关岗位人员的资质能力培训、考核评定机制，并有效执行。

未设置设备完整性管理岗位能力要求，分值取 10；设置了设备完整性管理岗位能力要求，且人员未经考核，分值取 5；设置了设备完整性管理岗位能力要求，且人员经考核上岗，分值取 0。

（19）应急管理处置

建立设备相关应急处置预案并定时演练，合理配置应急资源。

预案不健全或未编制，分值取 10；预案编制齐全，但未演练或演练不合要求，分值取 5；预案齐全，且定期演练，分值取 0。

附 录 C

(资料性)

失效可能性指标体系因子权重值推荐

基于确定的评价指标体系和因子层级关系，在采用模糊层次分析法确定权重的过程中，结合相关企业、专家和技术人员对同层级因子重要度评判的相关经验、意见和建议，确定各级权重的经验值，可供参考。

表 B.1 一级因子权重

序号	一级因子	权重
1	固有缺陷	0.2981
2	时间变化缺陷	0.3807
3	环境与防护措施	0.1814
4	管理状况（参考项）	0.1398

表 B.2 二级因子权重征询表-站外管道

序号	二级因子	权重
(1) 固有缺陷		
1	焊缝缺陷或接头失效	0.224
2	防腐层破损（施工）（参考项）	0.138
3	凹陷（外力）	0.188
4	机械划伤	0.450
(2) 时间变化缺陷		
1	本体腐蚀减薄	0.481
2	几何变形（屈曲）（参考项）	0.258
3	应力开裂及倾向	0.261
(3) 环境与防护措施		
1	地质活动（参考项）	0.1309
2	水流冲刷	0.1307
3	杂散电流干扰及排流	0.2221
4	承受交变载荷	0.0533
5	土壤腐蚀性	0.181
6	阴保措施有效性	0.282
(4) 管理状况		
1	设备管理制度建设	0.3

T/CASEI ×××××—2026

2	设备资料管理（参考项）	0.1
3	设备检维管理	0.1
4	第三方施工管理	0.3
5	人员管理	0.1
6	应急管理处置	0.1

参考文献

- [1] GB/T 19285 埋地钢质管道腐蚀防护工程检验
- [2] GB/T 26610 承压设备系统基于风险的检验实施导则
- [3] GB/T 27512 埋地钢质管道风险评价方法
- [4] GB/T 27921 风险管理 风险评估技术

T/CASEI ××××—××××

《长输管道长周期运行安全状态评价方法》

编 制 说 明

标准编制工作组

2026 年 9 月 5 日

《长输管道长周期运行安全状态评价方法》编制说明

1 工作简况

1.1 任务来源

本标准是经中国特检协会压力管道检验工作委员会、团标工委会长输管道与公用管道工作组批准而制定的，标准名称为“长输管道长周期运行安全状态评价方法”，项目编号为“2025024”。项目计划 2026 年底完成，标准为新制定。

1.2 编制单位、主要起草人员及分工

本标准起草单位主要包括：略。

本标准主要起草人包括：略。

1.3 工作过程

2025 年 1 月，在本标准获批立项后，标准主要起草单位对国内外相关法规标准进行调研分析，研究长输管道长周期运行中安全状态评价工作可参考的相关依据和技术方法。2025 年 7 月，召开标准启动会，详细讨论了标准的内容和工作计划安排，结合调研结果和前期科研基础，提出了标准的整体框架、编制原则和技术路线。2025 年 10 月和 2026 年 3 月、5 月分别召开标准文件讨论会，对标准草案中的评估工作流程、风险分析评价技术要求以及管理应对策略制定原则等主要内容进行详细讨论。2026 年 9 月，经编写协同合作形成征求意见稿。

2 国家标准编制原则和确定国家标准主要内容的论据

2.1 编制原则

(1) 标准的编写格式按国家标准 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》的规定和要求进行编写；

(2) 本标准以横向科研项目成果为基础，进行综合凝练，以保证标准的先进水平；

(3) 以横向科研成果为基础，充分考虑工程试应用的结果，以保证标准的适用性；

(4) 为检验人员和企业安全管理的提供技术支撑；

(5) 满足标准的科学性、先进性、有效性原则，规范对针对长输管道在长周期运行

服役条件下评价安全状态和适用性的工作流程和要求。

2.2 标准主要内容说明

本标准规定了长输管道长周期运行条件下的安全状态评价方法，适用于满足以下条件之一的钢质长输管道：

- (1) 投产运行时间满 25 年的管道；
- (2) 投产运行时间满 20 年且在近 5 年内管道线路因本体缺陷或腐蚀发生过一次及以上泄漏的管道；
- (3) 投产运行时间满 20 年且未开展过内检测及完整性评价的管道；
- (4) 投产时间不明的在役管道；
- (5) 除以上外，认为需要开展安全状态评价的。

标准正文部分包括范围、规范性引用文件、术语和定义、总则、确定评价对象、数据收集、地区等级适用性评价、风险评估与等级划分、管理应对策略制定原则等内容。附录 A 为评价数据收集模板（规范性），附录 B 为失效可能性指标体系因子分值设置及数据来源，附录 C 为失效可能性指标体系因子权重值推荐（资料性）。

1) 范围

明确本文件的适用对象（钢质长输油气管道）和适用条件（如运行满 25 年、满 20 年且发生过泄漏或未开展内检测等），并说明不适用范围（海底管道、非金属管道）及参考适用范围。

2) 规范性引用文件

列出构成本文件必备条款的引用标准，包括 GB 32167、GB/T 30579、GB/T 30582、GB/T 34275、GB 50251、GB 50253 等，注明其版本要求。

3) 术语、定义和缩略语

给出“地区等级”等关键术语的定义，并列出文中使用的缩略语（如 MAOP、LPG、SMYS）及其全称。

4) 总则

规定评价工作的基本要求（如先消除占压等不合规隐患），并给出评价工作流程图，概述评价过程包括确定区段、数据收集、地区等级适用性评估、风险评估与等级划分等

步骤。

5) 确定评价对象

要求以管道区段为评价对象，明确起止位置和里程；若涉及分支管道，应作为单独区段进行评价。

6) 数据收集

规定需收集的管道属性、运行工况、管理数据、周边环境等资料，并明确数据来源（检测报告、管理制度文件等），提出数据对齐、补充检测和真实性校验要求。

7) 地区等级升级适用性评价

包括一般要求、设计符合性评价（核查强度设计系数、截断阀间距、覆土厚度等）和压力适用性评价（计算 MAOP 及环向应力）。若地区等级升级且不满足要求，需降压或换管。实施基于风险的检验前，管道使用单位应向检验机构提出书面申请，并且提交实施完整性管理的记录和评价资料。检验机构应对收到的申请资料进行审查并复核管道使用单位情况，确认其满足开展基于风险检验的条件。

8) 风险评估与等级划分

阐述风险评估流程，包括评价单元划分、失效可能性计算（基于 19 项底层因子的指标体系）、失效后果计算（基于高后果区长度），并通过风险矩阵确定风险等级（低、中、较高、高），同时规定不可接受风险的处置原则。

9) 管理应对策略制定原则

针对地区等级升级和未升级的不同情况，提出管理策略；按风险等级（高、较高、中、低）分别规定整改、监控、检维修计划等应对措施，并明确再评估周期（高风险等不超过 1 年，低风险不超过 2 年）。

10) 附录 A 评价数据收集模板

以规范性附录形式，提供 13 类数据（如焊缝缺陷、防腐层破损、凹陷、腐蚀减薄等）的采集表模板，明确需收集的定量数据项及格式。

11) 附录 B 失效可能性指标体系因子分值设置及数据来源

以规范性附录形式，详细规定 19 个底层因子的评分标准、分值范围（0~10 分）及数据来源（如内/外检测报告、现场勘查等），包括各因子的量化或定性分级方法。

12) 附录 C 失效可能性指标体系因子权重值推荐

以资料性附录形式，给出各级因子（一级 4 类、二级各子项）的推荐权重值，供评价时参考使用，权重基于模糊层次分析法结合专家经验确定。

3 主要试验（或验证）情况分析

为确保标准的科学性，保障管道安全运行，本标准在编制前和编制过程中开展了调研、试算和实践验证，具体如下：

（1）中海广东天然气有限责任公司与中国特种设备检测研究院等单位在长输管道长周期运行适用性评价和风险评价相关的科研课题、工程实践项目等方面积累了丰富的经验，收集了较多的案例，针对管道长期服役条件下的损伤模式识别、风险隐患排查开展了大量实践工作，获得了丰富的数据，为长输管道长期运行的安全状态评价方法的制定提供技术支撑。

（2）利用建立的评价方法，结合广东管道、珠海管道、大鹏 LNG、福建 LNG 和海南管道 5 家单位共 23 条管道进行试算，验证方法的适用性和准确性，形成了本标准的核心技术部分。

4 综述报告及预期经济效果

长输管道作为国家能源供给重要基础设施组成部分，确保其安全运行意义十分重要。国内长输管道已有三分之一运行年限达到或超过 15 年，老旧管道占比增大，管道的本质安全风险。针对服役年限超过 20 年的管道，建立长周期服役管道的安全状态评价方法，并提出针对性的安全应对策略至关重要。结合应急管理部危化监管司在 2023 年下发的《油气长输管道企业老旧管道安全风险排查评估指南》，该标准的制定、持续应用及进一步修订，将为提高企业设备设施完整性管理水平，推动对该类管道评价管理工作更加规范化和标准化，保障油气储运设施安全生产起到重要的促进作用，因此经济效益十分显著。

5 标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

6 与国际、国外同类标准水平的对比情况

经搜索相关文献，未发现国际上相关企业、协会或机构专门针对长输管道长周期运行评价的研究和制定。

国际标准《石油天然气工业 管道输送系统 管道延寿推荐做法》（ISO/TS 12747）基于 DNV 推荐做法，提出了评判长输石油天然气管道在设计寿命的基础上延长使用年限的基本条件和原则性要求。国家标准《石油天然气工业 管道输送系统 管道延寿推荐作法》（GB/T 31468）采标自 ISO/TS 12747，针对国内长输油气管道延长使用年限，初步明确了原则性要求和基本条件，但国内长输管道尚无设计寿命的相关概念，也就无从谈及延长使用年限，且未提及长输管道在长期服役特定条件下的适用性和风险评价技术方法。此外，因 GB/T 31468 采标标准源于 DNV RP，所述技术要求也不能完全适用于国内管道情况。

作为新制定的技术标准，标准成果是在充分进行法规标准、技术方法调研的基础上，有效结合了国家和行业类似标准要求，及为编制本标准所开展的试验研究工作成果，填补本领域内的空白，有效保证了本标准处于国内领先水平和国际先进水平。

7 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

准主要针对长期服役的长输管道安全评价，解决行业关注的关键问题，且填充了本领域内空白，长周期运行管道的许用条件及风险防控提供依据，保证管道的长期安全运行。本标准的制定能够有力支撑《安全生产法》等法律法规，也是压力管道中长输管道在运行维护方面的重要有益补充。

8 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

9 贯彻标准的要求和措施建议

本标准 of 长输管道长周期运行评价与管理工作提供了方法和依据，可有效用于指导长输管道管理实践。为了贯彻执行该标准，应落实相关工作。

（1）进行标准的宣贯

本标准正式发布以后，对长输管道相关企业管理人员进行该标准的解读讲解，推动该标准在日常工作中的实际应用。

(2) 标准执行情况的核实

在管道长期运行管理的专业检查工作中，建议对标准的执行情况进行检查核实，保证标准得到实际的应用，使企业长输管道评价和管理工作水平得到提升。

(3) 标准执行情况的意见反馈

由于该标准为首次制定，建议在本标准实施以后，定期收集各应用单位的意见反馈，对标准的实施应用和后续的修订提供意见和依据。

11 废止现行有关标准的建议

无。

12 其他应予说明的事项

无。

《长输管道长周期运行安全状态评价方法》

标准编制工作组