



中国特种设备安全与节能促进会标准

CPASE X XXX-XXXX

煤气化装置承压设备分级管理与隐患排查

**Classification management and hidden Danger investigation of pressure
equipment in coal gasification unit**

(征求意见稿)

XXXX-XX -XX 发布

XXXX-XX -XX 实施

中国特种设备安全与节能促进会 发布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 1

5 通用程序 2

6 资料审查及工艺运行情况调查 3

7 设备损伤模式识别及风险评估 4

8 设备分级办法 4

9 分级管理及隐患排查 7

附录 A（资料性） 煤气化装置工艺流程简介 9

附录 B（资料性） 煤气化装置损伤模式流程分布图 10

附录 C（资料性） 承压设备分级记录表 13

附录 D（资料性） 煤气化装置关键设备隐患排查工作指南 14

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国特种设备安全与节能促进会提出并归口。

本文件起草单位：中国特种设备检测研究院、xxx……。

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

征求意见稿

引 言

在现代工业体系中,煤气化装置作为煤炭清洁高效转化的关键设施,其安全稳定运行对于能源供应、化工生产以及环境保护均具有重要意义。承压设备作为煤气化装置的核心组成部分,长期处于高温、高压、高腐蚀等恶劣工况下运行,面临着严峻的安全挑战。一旦发生事故,不仅会导致装置停车、生产中断,造成巨大的经济损失,还可能引发人员伤亡、环境污染等严重后果,对社会稳定和可持续发展构成威胁。近年来,随着我国现代煤化工产业的蓬勃发展,煤气化装置的规模和数量不断增加。然而,在煤气化装置承压设备的管理方面,目前尚缺乏统一、完善且针对性强的标准规范。现有的法规和标准多侧重于通用的承压设备安全要求,难以充分满足煤气化装置承压设备的特殊管理需求,致使各企业在实际操作中缺乏明确的指导依据,管理水平参差不齐。在隐患排查工作中,由于缺乏科学、系统的方法和流程,导致隐患排查的效率和准确性不高,许多潜在的安全隐患未能及时发现和消除,给装置的安全运行埋下了重大风险。

为有效解决上述问题,提升煤气化装置承压设备的安全管理水平,降低事故风险,特制定本团体标准。本标准在充分调研国内外煤气化装置承压设备管理现状和技术发展趋势的基础上,结合我国煤化工行业的实际特点和需求,通过广泛征求能源领域、煤化工领域和检验行业等专家学者的意见和建议,经过深入研究和反复论证编制而成。旨在为煤气化装置承压设备的分级管理与隐患排查工作提供一套科学、规范、实用的技术指导,推动我国煤气化装置承压设备安全管理工作的规范化、标准化进程,助力现代煤化工产业的高质量、安全发展。

本文件由中国特种设备安全与节能促进会负责解释。对于未经中国特种设备安全与节能促进会书面授权或认可的其他机构对本文件的宣贯或解释所导致的理解偏差及由此引发的任何后果,或因本文件使用不当而产生的纠纷与损失,中国特种设备安全与节能促进会不承担任何责任。

煤气化装置承压设备分级管理与隐患排查

1 范围

1.1 本文给出了典型煤气化装置内承压设备的分级管理方法，以及不同等级设备隐患排查的基本技术要求和实施程序。

1.2 本文适用于煤气化装置内的承压设备的分级管理与隐患排查。

1.3 本文所提及的“煤气化装置”，包括煤气化单元、净化单元等组成的总装置。其他煤化工装置可参照执行。

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 30579 承压设备损伤模式识别

GB/T 26610.1-5 承压设备系统基于风险的检验实施导则

TSG 08-2017 特种设备使用管理规则

国家市场监督管理总局第74号公布 《特种设备使用单位落实使用安全主体责任监督管理规定》

3 术语和定义

GB/T 26610、GB/T 30579界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

承压设备 pressure equipment

承受各种压力的设备，在本文件中一般指锅炉、压力容器（含气瓶）、压力管道等承受内外压力的特种设备。

3.2

设备分级 equipment classification

根据承压设备潜在的风险大小，综合考虑承压设备运行环境、发生损伤或失效可能造成的危害严重性、损伤或失效发生的可能性等，将承压设备进行等级划分。

3.3

隐患 hidden danger

本文件中的隐患，指承压设备使用过程中存在可能导致事故发生的物的危险状态（包括设备腐蚀、开裂、材质裂化等各类损伤）、人的不安全行为和管理上的缺陷。

4 总则

4.1 一般原则

4.1.1 使用单位是特种设备安全的责任主体，使用单位应明确承压设备分级管理和隐患排查的主管部门或机构。明确其组织及成员职责、目标与任务。

4.1.2 使用单位应针对承压设备任命安全总监与安全员，人员任命按《特种设备使用单位落实使用安全主体责任监督管理规定》（国家市场监督管理总局第 74 号公布）的相关条款进行。

4.1.3 承压设备分级与隐患排查工作应有相应设备的安全员参与，最终结果须由安全总监进行审批通过。

4.1.4 基于设备的基础设计数据、运行数据和管理维护数据，综合考虑事故发生的可能性、人员暴露于危险环境中的频繁程度和事故可能造成的后果等因素，对煤气化装置内承压设备进行分级，根据设备分级的结果，基于煤气化装置特点和设备失效机理，从管理、人员、设备、环境等方面，对不同级别设备开展对应的管理及隐患排查工作。

4.2 资格

4.2.1 承压设备分级与隐患排查工作可由设备使用单位自行完成，进行分级管理及隐患排查工作的人员应当具有相应的设备管理、维护、检测专业背景，并经过与本标准相关的技术培训，充分理解本标准的技术内容 and 应用准则；

4.2.2 设备使用单位委托第三方对承压设备实施分级及隐患排查时，受托方须为特种设备检验机构（按 TSG Z7001《特种设备检验机构核准规则》取得相应的检验资质）。受托方应当对使用单位提供的各类资料严格保密。

5 通用程序

对设备开展分级管理及隐患排查的一般程序包括：

- a) 资料审查及运行情况调查；
- b) 损伤模式识别及风险评估；
- c) 设备评分及分级；
- d) 制定隐患排查方案；
- e) 实施隐患排查及在线监测；
- f) 动态分级管理。

分级管理及隐患排查的流程见图1。

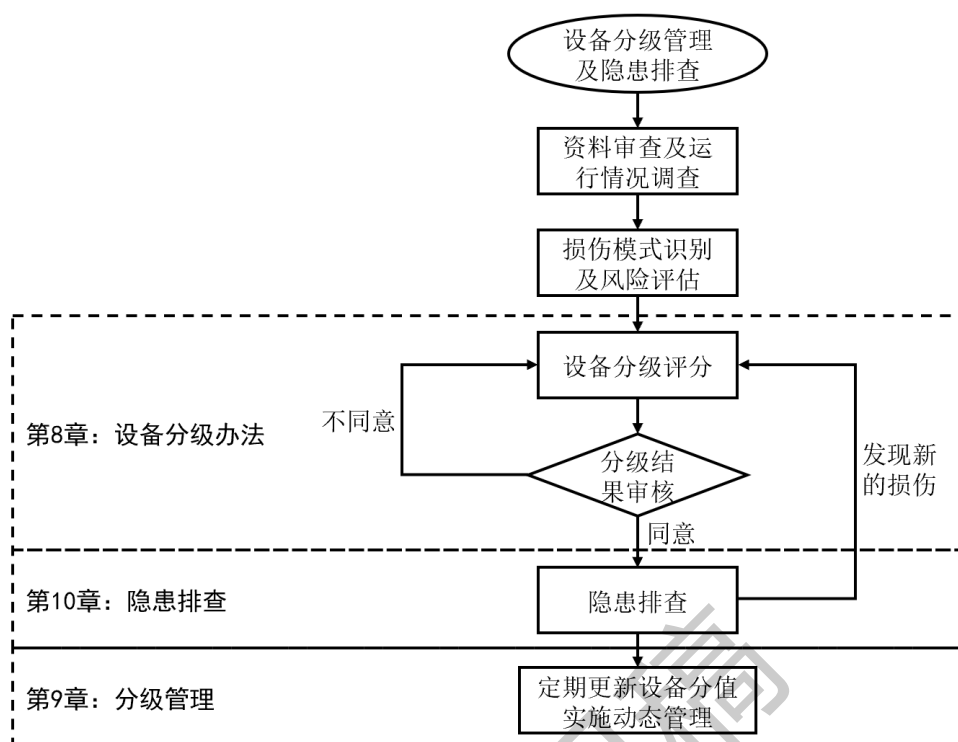


图1 设备分级管理及隐患排查流程图

6 资料审查及工艺运行情况调查

资料审查所需资料由目标装置的使用单位提供，一般包括：技术资料，工艺资料，检验、检测和维护资料，管理及操作资料。常见煤气化装置工艺流程简介见附录 A。

6.1 设备技术资料

- 设备清单（包括编号、类别、规格、材料）；
- 设备设计计算书（包括所依据的设计规范）；
- 设备选材依据和主要受压元件材质证明；
- 竣工验收资料。

6.2 设备工艺资料

- 工艺包（包括工艺设计基础、技术说明、工艺数据和资料）；
- PFD 工艺流程图；
- PID 管道与仪表流程图；
- 介质成分分析报告；
- 取样点化学数据分析报告；
- 化学添加剂（含缓蚀剂）的注入点、注入量、注入频率；
- 污水分析报告。
- 操作规程；
- 操作运行记录。

6.3 检验、检测和维护资料

- 使用登记证、特种设备使用登记表等注册资料；

- b) 历次检验报告;
- c) 检验计划;
- d) 在线检测、监测数据或报告;
- e) 维修、改造、更换记录。

6.4 管理资料

- a) 管理制度;
- b) 质量手册;
- c) 有关的程序性文件 (设备管理, 人员培训、资格、考核, 事故处理等);
- d) 应急预案。

7 设备损伤模式识别及风险评估

- 7.1 根据承压设备的设计条件和使用情况, 按照 GB/T 30579 进行损伤模式识别。损伤模式识别和损伤形态判断时, 应考虑承压设备制造、安装质量状况, 设计使用条件和实际服役条件的差异。常见煤化工装置存在的损伤模式可参考附录 B。
- 7.2 对于未列入 GB/T 30579 的损伤模式, 可采用以下方法进行补充判定: a) 依据其他的文献或标准; b) 进行相关的试验研究。
- 7.3 按照 GB/T 26610 进行设备风险评估。对于 3 年内已开展基于风险的检验项目的设备, 可直接引用其风险评估结果。

8 设备分级办法

8.1 一般原则

设备分级是考虑设备基础等级及设备损伤评分两个部分。

8.2 设备基础等级

- 8.2.1 设备基础等级由“生产重要性”、“可维修性”、“设备管理”、“失效可能性”及“失效后果”五个问题要素决定。
- 8.2.2 每一问题要素赋予分值 s_i , 根据其重要程度对该问题赋予一定的权重 w_i , 换算出基础等级得分 S 。计算方式如式 (1)。

$$S = \sum(s_i \times w_i) \dots\dots\dots (1)$$

各问题要素, 评分原则及对应权重如表 1。

表1 设备基础等级评分表

要素	权重 (w)	要素说明	评分 (s)
失效可能性	25%	按照 GB/T26610 计算得到的设备失效可能性(可通过 RBI 软件进行计算)	(1 分) 失效可能性等级为 1; (2 分) 失效可能性等级为 2; (3 分) 失效可能性等级为 3; (4 分) 失效可能性等级为 4; (5 分) 失效可能性等级为 5。

表1 设备基础等级评分表（续）

要素	权重（ w ）	要素说明	评分（ s ）
失效后果	15%	按照 GB/T26610 计算得到的设备失效后果（可通过 RBI 软件进行计算）	（1 分）失效后果等级为 A； （2 分）失效后果等级为 B； （3 分）失效后果等级为 C； （4 分）失效后果等级为 D； （5 分）失效后果等级为 E。
生产重要性	25%	涉及联锁的设备，按照设备故障后触发联锁对生产造成的影响评分。不涉及联锁的设备，按照实际影响评分	（1 分）无影响； （2 分）单台设备停运； （3 分）单套生产装置异常波动或未引起装置异常波动的大机组停机； （4 分）系统或装置局部停工，大机组急停； （5 分）单套装置非计划停工或 2 套以上装置异常波动。
可维修性（故障大小影响评分）	15%	故障后大修造成的修理费用及时间成本	（1 分）造成的损失 < 5 万元或检修时长 3 天以内； （2 分）造成的损失 5~10 万元或检维修时长 3~7 天； （3 分）造成的损失 10~50 万或检维修时长 7~15 天； （4 分）造成的损失 50~100 万或检维修时长 15~30 天； （5 分）造成的损失超过 100 万或检维修时长 30 天以上。
设备管理	10%	注册登记及定期检验	（0 分）设备已办理使用登记证，按要求进行定期检验，报告完整； （1 分）已按要求进行定期检验； （2 分）定期检验无法停车进行，采用 RBI 技术，现场开展在线检验工作； （3 分）定期检验未进行，由上次检验单位同意延期； （4 分）设备已超过定期检验周期，未进行定期检验； 注 1：如未按要求办理使用登记，额外增加 2 分； 注 2：如未按要求进行年度检查，或年检报告不规范，额外增加 1 分。
企业管理	10%	承压设备使用单位建立健全使用安全管理制度	（1）企业设置特种设备安全管理机构，负责特种设备的全面管理工作； （2）承压设备配备安全总监和安全员，且明确岗位职责； （3）承压设备制定有日管控、周排查、月调度机制； （4）建设有承压类设备安全技术档案，建立健全相关记录档案； （5）定期开展应急救援演练； 注：本项原始得分 0 分，以上 5 项每有 1 项无法满足，增加 1 分。

8.2.3 根据评分结果，将设备基础等级分为关键设备（EA）、主要设备（EB）、一般设备（EC）三级。规定分值 $S \geq 3.5$ 分为 EA；分值 $2.5 \leq S < 3.5$ 为 EB；分值 $S < 2.5$ 为 EC。

8.3 设备损伤评分

在设备使用过程中出现的各类问题，按表 8-2 进行评分，并计算损伤总分。

表2 设备损伤赋分表

设备损伤分值	
设备使用过程中发生的各类损伤	(3 分) 局部腐蚀减薄量超过壁厚 10% 或点腐蚀深度超过壁厚 20%; (5 分) 腐蚀速率超过 0.3mm/年; (2 分) 腐蚀速率超过 0.1mm/年; (8 分) 发生本体腐蚀造成介质泄漏; (6 分) 设备法兰、小接管等位置泄漏; (3 分) 已发生表面开裂情况; (8 分) 已开裂造成介质泄漏; (2 分) 已发现有发生材质裂化现象; (4 分) 材质裂化现象较为严重; (2 分) 设备存在原始制造或安装缺陷; (2 分) 内构件、换热管束等部件腐蚀、堵塞、损坏; (1 分) 设备曾经过维修处理____次(每次加 1 分)。
注：按已发生的损伤情况，逐项累加计算总分。	

8.4 设备分级

得到设备基础等级、损伤评分后，按照表 8-3 将设备划分为 EAI、EA II、EAIII、EB I、EB II、EBIII、EC I、EC II、ECIII 九个等级。填写《承压设备分级记录表》(见附录 C)。

表3 设备分级表

基础等级	等级与损伤分值											
EA	设备分级	EAI			EA II		EAIII					
	损伤分值	0	1	2	3	4	≥5					
EB	设备分级	EB I					EB II			EBIII		
	损伤分值	0	1	2	3	4	5	6	7	≥8		
EC	设备分级	EC I						EC II				ECIII
	损伤分值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	≥10

8.5 分级结果审核

8.5.1 承压设备分级无论由设备使用单位自行完成，还是委托第三方完成，均须由设备安全员参加，并由设备安全总监审核批准。

8.5.2 煤化工成套装置承压设备分级结果，应以讨论会的形式对结果进行审核确定，讨论会由企业设备主要负责人主持，并充分听取设备安全总监和安全员的意见和建议。

8.6 分级动态调整

8.6.1 鉴于设备使用过程中可能发生的各类动态变化，设备安全总监应定期参考以下情况对承压设备分级评分进行动态复查、评估、再次分级。

- 8.6.2 在每次装置实施定期检验（或 RBI 检验）后，应根据检验结果对设备进行重新评分分级，对承压设备的失效可能性及设备损伤分值进行更新。
- 8.6.3 在承压设备进行检验、检测、监测等过程中，如发现设备的腐蚀速率发生变化，或发生新的开裂、泄漏、材质裂化等情况，应对承压设备的失效可能性及设备损伤分值进行更新。
- 8.6.4 对装置进行改造后，应对涉及改造承压设备的失效后果、生产重要性、可维修性重新评分。
- 8.6.5 对承压设备进行维修或更换后，在未明确原因并采取确认有效的解决方案之前，赋分仍须累加旧设备已发生过的损伤分值。
- 8.6.6 设备基础等级评分表中“设备管理”、“企业管理”两项涉及到的各类情况如发生变化，设备安全总监和安全员应及时提出，修改设备分级评分。
- 8.6.7 其他企业（单位）煤气化装置承压设备发生事故灾害的，应该根据事故或灾害发生的原因，对设备分级评分进行调整。

9 分级管理及隐患排查

煤气化装置所有等级的承压设备管理，均应按照《特种设备使用单位落实使用安全主体责任监督管理规定》（国家市场监督管理总局第 74 号公布）完成基本的管理工作。

9.1 承压设备分级档案建设

- 9.1.1 煤气化装置对承压设备分级结果需建档，做到“一企（单位）一册”、“一台（套）一档”。
- 9.1.2 承压设备分级档案中应包括设备基本信息及《承压设备分级记录表》，对于级别为 EA II、EA III、EB II、EB III、EC II、EC III 的设备，应详细记录设备曾经发生的损伤及失效情况。包括失效发生的时间、位置、形态、检测监测情况等各类数据。

9.2 事故应急预案及应急演练

- 9.2.1 设备基础等级由“生产重要性”、“可维修性”、“设备管理”、“失效可能性”及“失效后果”五个问题要素决定。
- 9.2.2 对于级别为 EA III、EB III 的设备，制定单台设备专项事故应急预案，对设备可能发生的失效部位及失效形式进行分析预判，专项应急演练应每年不少于 1 次。
- 9.2.3 对于级别为 EA III、EB III、EC III 的设备，如有易燃易爆及有毒介质，应设立专项应急救援队伍。针对承压设备的介质特性，配备毒有害气体检测设备、可燃气体检测设备、空气呼吸器、化学防护服、堵漏器材等应急救援器材和设备。
- 9.2.4 对于级别为 EA III、EB III 的设备，应设置紧急切断装置，配备独立的安全仪表系统。

9.3 承压设备在线检测及检测

- 9.3.1 对于级别为 EA II、EB II、EC II、EC III 的设备，应由安全员每周进行一次在线检测，针对已经发生损伤的部位进行在线的宏观检查、壁厚测量，必要时进行在线无损检测。
- 9.3.2 对于级别为 EA III、EB III 的设备，应每日进行一次在线检测，针对已经发生损伤的部位进行在线的宏观检查、壁厚测量，必要时进行在线无损检测。对于设备有可能发生爆炸、着火、有毒有害介质泄漏等严重后果的，应将在线检测改为在线监测，避免人员靠近。
- 9.3.3 对于级别为 EA III、EB III 的设备，如有易燃易爆及毒性介质，应配备温度、压力、液位、流量等信息的不间断采集和监测系统以及可燃气体和有毒气体泄漏检测报警装置，并具备信息远传、连续记录、事故预警、信息存储等功能；记录的电子数据的保存时间不少于 30 天。同时针对设备已产生的损伤，配备壁厚监测、裂纹监测等设备，对损伤的发展趋势进行实时监测，监测和监控的有关数据应当接入预警系统并有效运行。

9.3.4 对于级别为 EAI、EBI、ECI 的设备，可根据设备损伤模式识别结果，每半年进行一次有针对性的在线壁厚测量或无损检测。对于连续一年（两次检测）未发现新生损伤或泄漏的设备，可不再进行在线检测。

9.3.5 设备安全员负责记录检测结果，写入承压设备分级档案。如检测结果较上次出现变化或监测数据出现异常，应及时汇报给设备安全总监。

9.4 日管控制度

9.4.1 使用单位应当建立承压设备安全日管控制度。级别为 EAIII、EBIII 的设备应将设备已发生的损伤情况列入每日《安全风险管控清单》，按照相关安全技术规范和本单位安全管理制度的要求，对设备进行专项巡检，形成《每日安全检查记录》，对发现的安全风险隐患，应当立即采取防范措施，及时上报安全总监或者单位主要负责人。

9.4.2 级别为 EAIII、EBIII 的设备每日检测或监测的数据应写入《每日安全检查记录》。

9.4.3 级别为 EAIII、EBIII 的设备应单独设立安全警示牌，如研判为较高风险，人员不宜靠近的，应设立警戒线，设置视频监控系统。摄像头设置的数量和位置应当覆盖设备所有部位，记录的电子数据的保存时间不少于 30 天。

9.4.4 每日巡查未发现问题的，也应当予以记录，实行零风险报告。

9.5 周排查管理制度

9.5.1 承压设备使用单位应当建立设备安全周排查制度。安全总监要每周至少组织一次风险隐患排查，分析研判承压设备使用安全管理情况，研究解决日管控中发现的问题，形成《每周压力容器安全排查治理报告》。

9.5.2 对于级别为 EAII、EBII、ECII、ECIII 的设备，应由安全员将设备已发生的损伤情况列入《每周压力容器安全排查治理报告》。如设备发生腐蚀加快、新生裂纹、二次泄漏等情况，应立即将该台设备列入日管控范围，参照 EAIII、EBIII 类设备日管控办法进行管理。

9.6 月调度管理制度

使用单位应当建立承压设备安全月调度制度。使用单位主要负责人要每月至少听取一次压力容器安全总监管理工作情况汇报，对当月设备安全日常管理、风险隐患排查治理等情况进行总结，对下个月重点工作做出调度安排，形成《每月压力容器安全调度会议纪要》。

附 录 A

(资料性)

煤气化装置工艺流程简介

A.1 概述

煤气化装置是煤化工产业的起点和核心，为众多下游装置提供生产原料。装置通过对煤预处理后，通过气化炉的氧化作用制成粗合成气（常见工艺有 Texaco 水煤浆气化及 Shell 干粉煤气化两种），再将粗合成气降温、洗涤后送至 CO 变换、变换气净化工序，最终得到氢气等中间产品作为后续工艺原料。

A.2 工艺流程

A.2.1 Texaco 水煤浆气化

Texaco 水煤浆气化工艺主要通过磨煤机将原煤打磨制成水煤浆，然后利用专用泵将水煤浆输送至气化炉制气。水煤浆进入气化炉后，在高温高压作用下水煤浆转化为氢气、一氧化碳为主要成分的合成气。

熔渣和未反应的碳一起流下离开反应区，进入汽化炉底部激冷室，熔渣经淬冷、固化后被截流在水中，落入渣罐，经排渣系统定时排放。煤气和饱和蒸汽进入煤气冷却系统。洗涤冷区后进入后续流程。该方法成本较低，且转化率更高，为现在最常用的气化方法，工艺流程见图 B.1。

A.2.2 Shell 干粉气化

Shell 干粉气化工艺通过对磨碎原料煤、氧气、少量蒸汽进行加压并进入至气化炉内，在短时间内通过气化炉蒸馏、加压等作用完成升温、挥发成分脱除、裂解、燃烧及转化等反应过程，并形成以 CO、H₂ 为主的混合煤气，工艺流程见图 B.2。

A.2.3 CO 变换

CO 变换反应，即一氧化碳与水蒸气在高温和催化剂的作用下反应生成氢气和二氧化碳的过程，是一个放热反应。



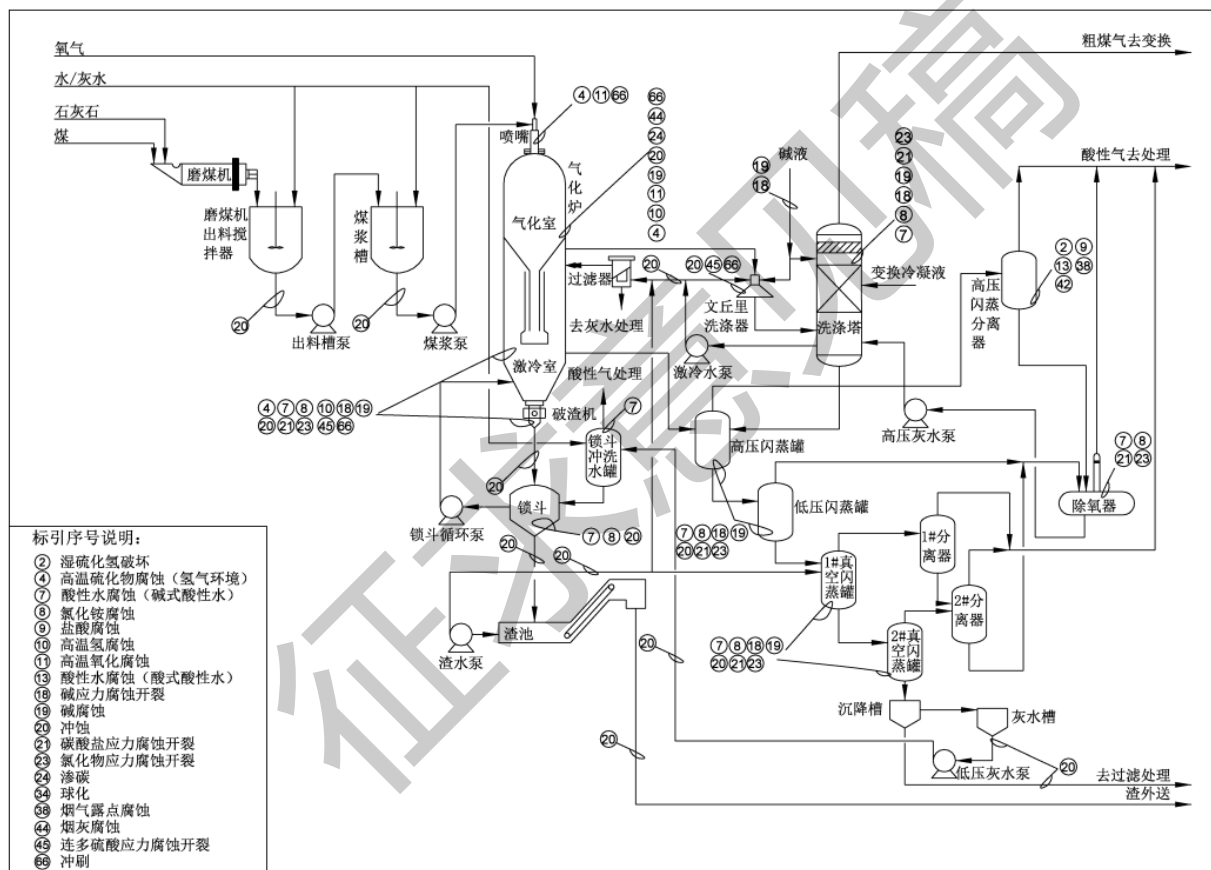
变换工段工艺流程见图 B.3。

A.2.4 净化工段

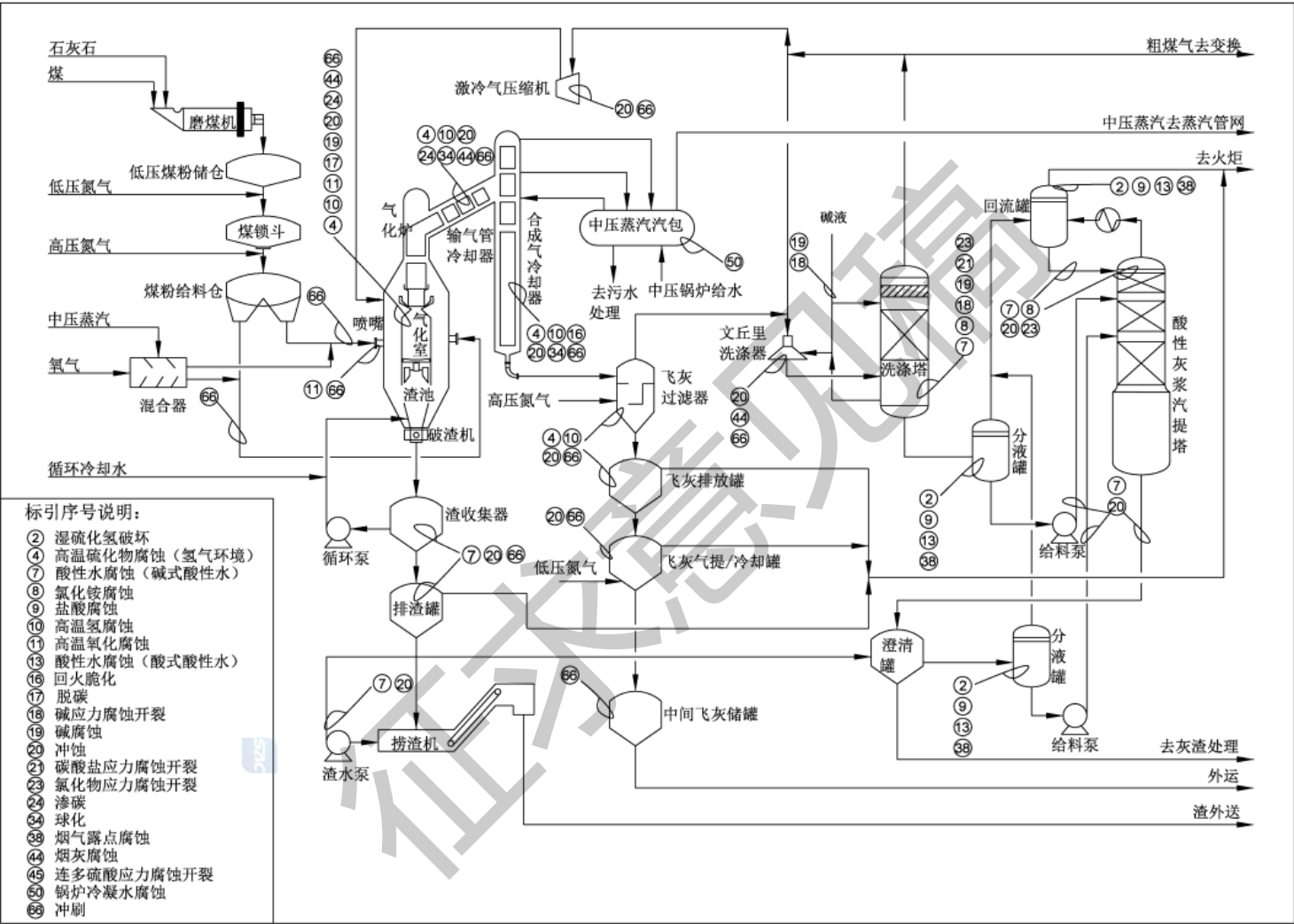
煤气化产生的合成气中含有大量的杂质气体和固体颗粒物，需要进行净化处理，以满足后续气体处理和使用要求，包括除尘、脱硫、脱苯、脱氨等工艺。净化工段工艺流程见图 B.4。

附 录 B
(资料性)
煤气化装置损伤模式流程分布图

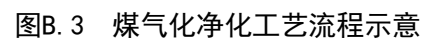
煤气化装置损伤模式流程分布图见图 B.1~图 B.4。



图B.1 Texaco水煤浆气化工艺流程示意



图B.2 Shell干煤粉气化工艺流程示意



附 录 C
(资料性)
承压设备分级记录表

承压设备分级记录表见表 C.1。

表C.1 承压设备分级记录表

使用单位名称			设备管理部门		
安全总监			安全员		
设备名称			设备位号		
分级评分人员			承压设备类别 ^{注*}		
设备基础等级评分	评分项目	评分标准		得分	权重
	(1) 失效可能性	按本标准 8.2 节			25%
	(2) 失效后果				15%
	(3) 生产重要性				25%
	(4) 可维修性				15%
	(5) 设备管理				10%
	(6) 企业管理				10%
	最终得分	计算公式 $S = \sum(s_i \times w_i)$			
	设备基础等级	EA: $S \geq 3.5$ EB: $2.5 \leq S < 3.5$ EC: $S < 2.5$		☐ EA ☐ EB ☐ EC	
设备损伤评分	损伤情况			是否存在 (√或×)	得分
	(3分) 局部腐蚀减薄量超过壁厚 10% 或点腐蚀深度超过壁厚 20%;				
	(5分) 腐蚀速率超过 0.3mm/年				
	(2分) 腐蚀速率超过 0.1mm/年				
	(7分) 发生本体腐蚀造成介质泄漏;				
	(5分) 设备法兰、小接管等位置泄漏;				
	(3分) 已发生表面开裂情况;				
	(6分) 已开裂造成介质泄漏;				
	(2分) 已发现有发生材质裂化现象;				
	(4分) 材质裂化现象较为严重;				
	(2分) 设备存在原始制造或安装缺陷;				
	(2分) 内构件、换热管束等部件腐蚀、堵塞、损坏;				
	设备曾经过维修处理_____次（每次加 1 分）。				
	总分合计				
最终设备级别				(按本标准表 8-3 确定)	

注*: 承压设备类别填写“压力容器”、“压力管道”、“锅炉”等。

附 录 D

(资料性)

煤气化装置关键设备隐患排查工作指南

表1 Texaco汽化炉推荐隐患排查方法

序号	主要损伤模式	次要损伤模式	失效部位	检验方法			备注
				停机内部检验	停机外部检验	在线检测或监测	
1	冲蚀、冲刷	—	设备本体及接管	—	壁厚测量	壁厚监测	重点是下出口废渣排出管道、连接破渣机管道
2	氯化物应力腐蚀开裂、连多硫酸应力腐蚀开裂	—	激冷室衬里表面	目视检查、渗透检测	纵波超声检测或TOFD检测	—	—
3	—	高温氢腐蚀、渗碳、烟灰腐蚀、高温氧化腐蚀、高温硫化物腐蚀	燃烧室	—	—	壁温监测	耐火衬里无损坏时不易发生
4	—	酸性水腐蚀（碱式酸性水）	激冷室	—	壁厚测量	壁厚监测	—

表2 Shell汽化炉推荐隐患排查方法

序号	主要损伤模式	次要损伤模式	失效部位	检验方法			备注
				停机内部检验	停机外部检验	在线检测或监测	
1	冲蚀、冲刷	—	设备本体及接管	—	壁厚测量	壁厚监测	重点是下出口废渣排出管道、连接破渣机管道
2	渗碳	—	内部水冷壁管	硬度、金相	—	—	—
3	碱腐蚀	—	内部水冷壁管	壁厚测量	—	—	—
4	—	高温氢腐蚀、渗碳、烟灰腐蚀、高温氧化腐蚀、高温硫化物腐蚀	—	—	—	—	耐火衬里无损坏时不易发生

表3 洗涤塔推荐隐患排查方法

序号	主要损伤模式	次要损伤模式	失效部位	检验方法			备注
				停机内部检验	停机外部检验	在线检测或监测	
1	氯化物应力腐蚀开裂、连多硫酸应力腐蚀开裂	—	激冷室衬里表面	目视检查、渗透检测	纵波超声检测或TOFD检测	—	重点为液相部位
2	—	酸性水腐蚀（酸式酸性水）、氯化铵腐蚀	—	—	壁厚测量	壁厚监测	液相部位

表4 文丘里洗涤器推荐隐患排查方法

序号	主要损伤模式	次要损伤模式	失效部位	检验方法			备注
				停机内部检验	停机外部检验	在线检测或监测	
1	冲蚀、冲刷	—	设备本体及接管	—	壁厚测量	壁厚监测	结构不连续、介质流向变化等部位。设备内为两相、三相流，且流向较复杂

表5 黑水、灰水管道推荐隐患排查方法

序号	主要损伤模式	次要损伤模式	失效部位	检验方法			备注
				停机内部检验	停机外部检验	在线检测或监测	
1	冲蚀、冲刷	—	多见于弯管、弯头、三通和异径管部位	—	壁厚测量	壁厚监测	管道内为固液、或气固液混合

表6 变换炉推荐隐患排查方法

序号	主要损伤模式	次要损伤模式	失效部位	检验方法			备注
				停机内部检验	停机外部检验	在线检测或监测	
1	连多硫酸应力腐蚀开裂	—	衬里表面	目视检查、渗透检测	纵波超声检测或TOFD检测	—	—
2	敏化-晶间腐蚀	—	衬里表面	目视检查、渗透检测	纵波超声检测或TOFD检测	—	—
3	—	氯化物应力腐蚀开裂	衬里表面	目视检查、渗透检测	纵波超声检测或TOFD检测	—	—
4	—	高温氢腐蚀	—	—	壁厚测量	—	衬里不发生破坏时不易发生
5	—	高温硫化物腐蚀	—	—	壁厚测量	—	衬里不发生破坏时不易发生
6	再热裂纹	—	外部基材	—	磁粉检测，超声波横波检测	—	—

表7 变换气分离器推荐隐患排查方法

序号	主要损伤模式	次要损伤模式	失效部位	检验方法			备注
				停机内部检验	停机外部检验	在线检测或监测	
1	氯化物应力腐蚀开裂、连多硫酸应力腐蚀开裂	—	衬里表面	目视检查、渗透检测	纵波超声检测或TOFD检测	—	—
2	—	碳酸盐应力腐蚀开裂	衬里表面	目视检查、渗透检测	纵波超声检测或TOFD检测	—	—

表8 甲醇洗涤塔推荐隐患排查方法

序号	主要损伤模式	次要损伤模式	失效部位	检验方法			备注
				停机内部检验	停机外部检验	在线检测或监测	
1	—	湿硫化氢破坏	—	—	纵波超声检测或 TOFD 检测	—	低温工况下不易发生
2	二氧化碳腐蚀	—	—	—	壁厚测量	壁厚监测	—
3	酸性水腐蚀（酸式酸性水）	—	—	—	壁厚测量	壁厚监测	—

表9 洗氨塔推荐隐患排查方法

序号	主要损伤模式	次要损伤模式	失效部位	检验方法			备注
				停机内部检验	停机外部检验	在线检测或监测	
1	氯化物应力腐蚀开裂	—	—	—	纵波超声检测或 TOFD 检测	—	—

表10 热再生塔推荐隐患排查方法

序号	主要损伤模式	次要损伤模式	失效部位	检验方法			备注
				停机内部检验	停机外部检验	在线检测或监测	
1	湿硫化氢破坏	—	—	—	纵波超声检测或 TOFD 检测	—	—
2	盐酸腐蚀	—	—	—	壁厚测量	壁厚监测	—

表11 洗氨塔推荐隐患排查方法

序号	主要损伤模式	次要损伤模式	失效部位	检验方法			备注
				停机内部检验	停机外部检验	在线检测或监测	
1	氯化物应力腐蚀开裂、连多硫酸应力腐蚀开裂	—	衬里表面	目视检查、渗透检测	纵波超声检测或 TOFD 检测	—	—
2	酸性水腐蚀（碱式酸性水）	—	—	目视检查	壁厚测量	—	—
3	氯化铵腐蚀	—	—	目视检查	壁厚测量	—	—