

《电石装置安全设计规范》 编制说明

《电石装置安全设计规范》编制组

2021年7月

目 录

1 规范编制的必要性.....	3
1.1 电石的生产过程危险、有害因素分析.....	3
1.2 电石行业安全生产的需要.....	3
1.3 《电石装置安全设计规范》是贯彻实施国家有关法律法规的体现.....	4
1.4 《电石装置安全设计规范》是提高电石行业本质安全的保证.....	4
2 标准编制工作的简况.....	4
2.1 项目来源.....	4
2.2 起草过程.....	5
2.3 标准的主要起草单位和起草人.....	6
2.4 编制方法.....	7
2.5 技术路线.....	8
3 标准的编制原则、主要内容、参考资料.....	8
3.1 编制原则.....	8
3.2、标准的主要内容.....	9
3.3 主要参考资料.....	9
4 技术论证和预期效果.....	9
4.1 电石行业概况.....	9
4.2 预期效果.....	11
5 对标情况.....	11
6 需要说明的主要问题.....	11
6.1 引言的说明.....	11
6.2 适用范围的说明.....	11
6.3 规范性引用文件的说明.....	11
6.4 术语和定义的说明.....	11
6.5 要求的说明.....	11
6.6 与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系.....	12
7 相关建议.....	12
7.1 标准实施的可行性分析.....	12
7.2 标准实施的建议.....	12
8 附件.....	13

《电石装置安全设计规范》编制说明

1 规范编制的必要性

1.1 电石的生产过程危险、有害因素分析

电石生产的原料主要是生石灰和碳素材料，产品为电石，副产品为电石炉气。生石灰具有腐蚀性，可致人体灼伤。碳素材料可以燃烧，可能导致火灾。电石由于其物理化学性质，在危险货物品中被列为第 4.3 类，属于遇湿易燃物品。电石遇水或潮湿的空气发生反应释放乙炔气体，乙炔气体易燃易爆，与空气混合浓度在 2.1%~87% 时形成爆炸性气体混合物。电石炉气的主要组分为一氧化碳，一氧化碳（CO）无色、无味、无臭、有毒气体，一氧化碳与空气混合后达到一定的浓度比例时，会引起燃烧及爆炸，当空气中一氧化碳含量在 0.16~0.2%（1600~2000ppm）时，人吸入 1~1.5 小时后会中毒死亡，而浓度增加到 1.5% 以上时，则人吸入 15 分钟既会中毒死亡；其安全浓度控制在 0.01% 以下时才能确保人身安全。氮气常用于吹扫和置换，当氮气浓度较高时会造成窒息。

在生产过程中，电石炉内以约 2200℃ 的高温来冶炼电石，电石以熔融态由电石炉出炉口流出，产生较强的高温辐射热，容易造成灼烫。电石的冶炼主要依靠电能，电炉用电电压高、电流大，电炉设备的电流通过部分必须绝缘良好，接触导电使人体受到伤害甚至死亡。原料和产品的处理和输送，以及电石炉气的处理过程中，会产生大量的粉尘，对于人的呼吸器官、视觉器官、皮肤等都是有害的；其中焦炭和电石粉尘为爆炸性粉尘，可与空气形成粉尘爆炸性混合物，可能引起爆炸。各种胶带输送机、料仓、电石炉、石灰窑、吊车等设备高度较高，存在着高处作业的状况。电动机驱动的设备众多，存在物体打击和机械伤害的风险。

因此，电石生产过程中危险、有害因素众多，火灾、爆炸、灼烫、中毒与窒息、机械伤害、物体打击、高处坠落、触电等事故都可能发生。

1.2 电石行业安全生产的需要

2013 年 1 月，国家安全监管总局《关于公布第二批重点监管危险化工工艺目录和调整首批重点监管危险化工工艺中部分典型工艺的通知》安监总管三〔2013〕3 号文件，将电石生产工艺列入第二批重点监管的危险化工工艺目录，要求化工企业按照方案要求，对照本企业采用的危险化工工艺及其特点，确定重点监控的工艺

参数，装备和完善自动控制系统，大型和高度危险的化工装置要按照推荐的控制方案装备安全仪表系统(紧急停车或安全联锁)。

随着电石生产装置的大型化、密闭化，我国的电石生产企业基本都涉及“两重点一重大”(重点监管的危险化工工艺、重点监管的危险化学品和重大危险源)，国家对涉及的企业，在安全联锁、自动化控制系统改造、开展 HAZOP 分析以及新建项目安全设计等方面提出了更高的要求。

近些年来，电石生产行业发生的多起安全生产事故，造成了严重的人员伤亡和重大财产损失以及恶劣的社会影响。详见附件部分电石生产安全事故案例。

1.3 《电石装置安全设计规范》是贯彻实施国家有关法律法规的体现

《电石装置安全设计规范》的编制和实施是贯彻实施《中华人民共和国安全生产法》、《危险化学品安全管理条例》的具体体现，《电石装置安全设计规范》旨在规范电石行业安全设计，提高电石生产的本质安全，从源头上避免或减少电石生产中安全事故的发生，从设计上消除或削减危险源的产生与存在，为减少电石行业安全事故的发生具有重要意义。

1.4 《电石装置安全设计规范》是提高电石行业本质安全的保证

《电石装置安全设计规范》从设计源头上规范了电石装置最基本的安全要求，其《电石装置安全设计规范》编制为电石安全设计提供了技术支撑，是电石行业安全生产的基本保障。本规范的编制，可提高电石行业安全设计的执行水平，有利于电石行业安全设计的有效推广，促进行业内各装置的本质安全。

本规范通过对电石装置安全设计基本要求的规定，完善了电石行业安全设计的内容，使我国电石行业安全设计更加规范化、科学化和合理化。

本规范的编制和实施是从设计源头上对电石生产安全事故的遏制，必将减少电石行业的安全生产事故，为整个行业带来较好的社会效益和经济效益。

2 标准编制工作的简况

2.1 项目来源

根据石化联合会《关于征集 2020 年第二批中国石油和化学工业联合会团体标准计划项目的通知》(中石化联质标函(2020)33 号)要求，立项编制《电石装置安全设计规范》团体标准。2020 年 9 月，电石行业团体标准归口管理调整，根据《关于对 2020 年中国电石工业协会团体标准拟立项计划项目的公示》(中电协发[2020]11 号)通过立项公示，编制《电石装置安全设计规范》的团体标准。本标

准由中国电石工业协会提出，由中国电石工业协会负责技术归口，由中国天辰工程有限公司等单位负责起草。

2.2 起草过程

(1) 2013年6月--2014年12月15日，根据《国家安全监管总局关于下达2014年安全生产行业标准制修订项目计划的通知》（安监总政法〔2014〕39号），由中国天辰工程有限公司牵头通过资料查阅、调研和现场回访调查等工作，编制完成《电石装置安全设计规范》（初稿）。

(2) 2020年7月9日，在榆林市召开标准讨论会，对《电石装置安全设计规范》（初稿）进行讨论，会后收到征求意见102条，采纳48条，不采纳33条，部分采纳21条。

(3) 2020年9月24日-26日召开《中国电石工业第二批团体标准立项和审查会》，对《电石装置安全设计规范》（项目建议书、草稿）进行审查，会上通过立项评审。

(4) 2020年10月，编制组经过调研和征询设计院，增加电石炉气爆炸下限的控制值。

6.5.4.11 100%使用兰炭生产电石时炉气中氢气含量不大于16%或满足电石炉气与空气混合物的爆炸下限不小于11%。

电石炉气爆炸下限以 L_m 计，数值以%表示，按公式（1）计算：

$$L_m = 1 / (V_1 / 12.5 + V_2 / 4.0 + V_3 / 5.0) \dots\dots\dots$$

……（1）

式中：

V_1 ——电石炉气中一氧化碳含量体积百分比（%）；

V_2 ——电石炉气中氢气含量体积百分比（%）；

V_3 ——电石炉气中甲烷含量体积百分比（%）。

(5) 2021年1月，编制组根据企业在危险化学品重大危险源辨识时对电石炉日产量及冷却时间的判定标准不一致的情况，增加了5.5.2 电石装置的设计日产量见表3。

(6) 编制组根据电石企业调研情况以及神木市安全事故原因分析，增加了防护用品的相关依据标准和内容。

1) 增加标准 GB 12014 防护服装 防静电服

GB 21148 足部防护 安全鞋

GB 24541 手部防护 机械危害防护手套

GB/T 38306 手部防护 隔热伤害手套

GB 38453 防护服装 隔热服

2) 增加 17.1.2 企业应配备的主要安全防护用品的相关内容。

(7) 2021年4月25日,在银川市召开标准研讨会,会上邀请设计院、电石生产企业、参编单位共37家单位,共同研讨《电石装置安全设计规范》相关内容。会后收集征求意见115条,采纳27条,部分采纳13条,不采纳75条。

(8) 2021年7月编制组根据企业调研情况和运行实际,对电石炉炉盖区域探测器的测量范围进行明确。

9.4.3 密闭电石炉炉盖区域有毒气体探测器的数量不应少于4个,如密闭电石炉炉盖区域探测器的覆盖范围不能满足测量要求,有毒气体的一级报警设定值可设为130 ppm,二级报警设定值可设为350 ppm,密闭电石炉运行过程炉盖附近不得设置员工长期工作的岗位,且员工临时进入该区域应携带便携式有毒气体检测仪。

(9) 2021年7月编制组根据北京会议讨论情况并结合实际,炉气净化与出炉区域间增设可燃和有毒气体检测措施,为生产过程安全管控提供检测条件。

9.4.5 炉气净化邻近出炉区域宜设可燃和有毒气体检测器,报警设定值宜设为130 ppm。

(10) 2021年7月编制组根据北京会议专家的建议,标准的内容结构按照GB 50160的结构调整为:前言、总则、规范性引用文件、术语和定义及略缩语、电石装置危险有害因素及风险程度(危险源)分析、工艺安全设计、总平面布局安全设计、建(构)筑物安全设计、自动控制安全设计、电气安全设计、电信安全设计、设备安全设计、设备和管道布置安全设计、管道材料安全设计、消防安全设计、采暖通风及除尘安全设计、个人防护与应急救援设施设计和附录等内容。

(11) 2021年7月29日,在前期工作基础上修改完善形成了《电石装置安全设计规范》团体标准送审稿及相关附件,提交中国电石工业协会审查。

2.3 标准的主要起草单位和起草人

主要起草单位:中国天辰工程有限公司。

参与起草的单位有:内蒙古鄂尔多斯电力冶金集团股份有限公司氯碱化工分公司、内蒙古白雁湖化工股份有限公司、新疆中泰矿冶有限公司、河南平煤神马电化有限公司、陕西北元化工集团股份有限公司、陕西新元洁能有限公司、新疆化工设

计研究院有限责任公司、鄂尔多斯市君正能源化工有限公司、山西阳煤电石化工有限公司、内蒙古伊东集团东屹化工有限责任公司、陕西煤业化工集团神木电化发展有限公司、宁夏大地循环发展股份有限公司、安徽华塑股份有限公司、大连重工机电设备成套有限公司、神木市电石集团能源发展有限责任公司、中国石化长城能源化工（宁夏）有限公司。

本文件主要起草人：孙高奎、焦阳、王虎、高智祥、李韶飞、吴清学、李欢、安延雷、申建成、李海建、张锐、李广念、刘鹏飞、高鹏、侯尚崇、徐雨、胡敬国、韩石、郭顶、余鹏、王明龙、蒋勇、李继伟、张万龙。

2.4 编制方法

（1）企业调研

在规范起草过程中，编制项目组先后到产业比较集中地区和有代表性的电石生产企业进行调研，了解企业的安全设施设置状况、生产状况、安全状况和管理状况。与企业技术、生产人员沟通交流，从企业的生产工艺、装备水平、生产管理水平、安全管理等方面出发，全面考察行业安全风险，重点分析如何通过设计实现工艺和设备的本质安全。

（2）国内外相关资料的检索、查新

收集国内外有关安全设计的信息，尤其是国内权威部门颁布的有关安全设计方面的法律法规、标准规范的要求等，通过查新、检索国内电石行业生产状况，包括行业已有的研究成果、实测数据、公开报道、刊登的论文和资料等。

（3）专家咨询

为掌握更多电石企业实施安全生产的详细资料，多次向有安全生产的咨询机构和技术专家了解安全生产过程，查阅了多家电石生产企业安全生产报告，同时向业内专家、设计单位以及企业一线工程技术人员进行了咨询。

（4）任务下达，成立编制项目组

通过一系列的工作，结合国家安全生产监督管理局有关文件的要求，考虑电石生产的危险有害因素、电石行业生产特性和多年来的事故，以及安全设计规范的严肃性、时效性，编制了标准的初稿和编制说明。

（5）在编制项目组牵头下，组织专家组对编制内容进行了审查，对标准的初稿进行修改。

2.5 技术路线

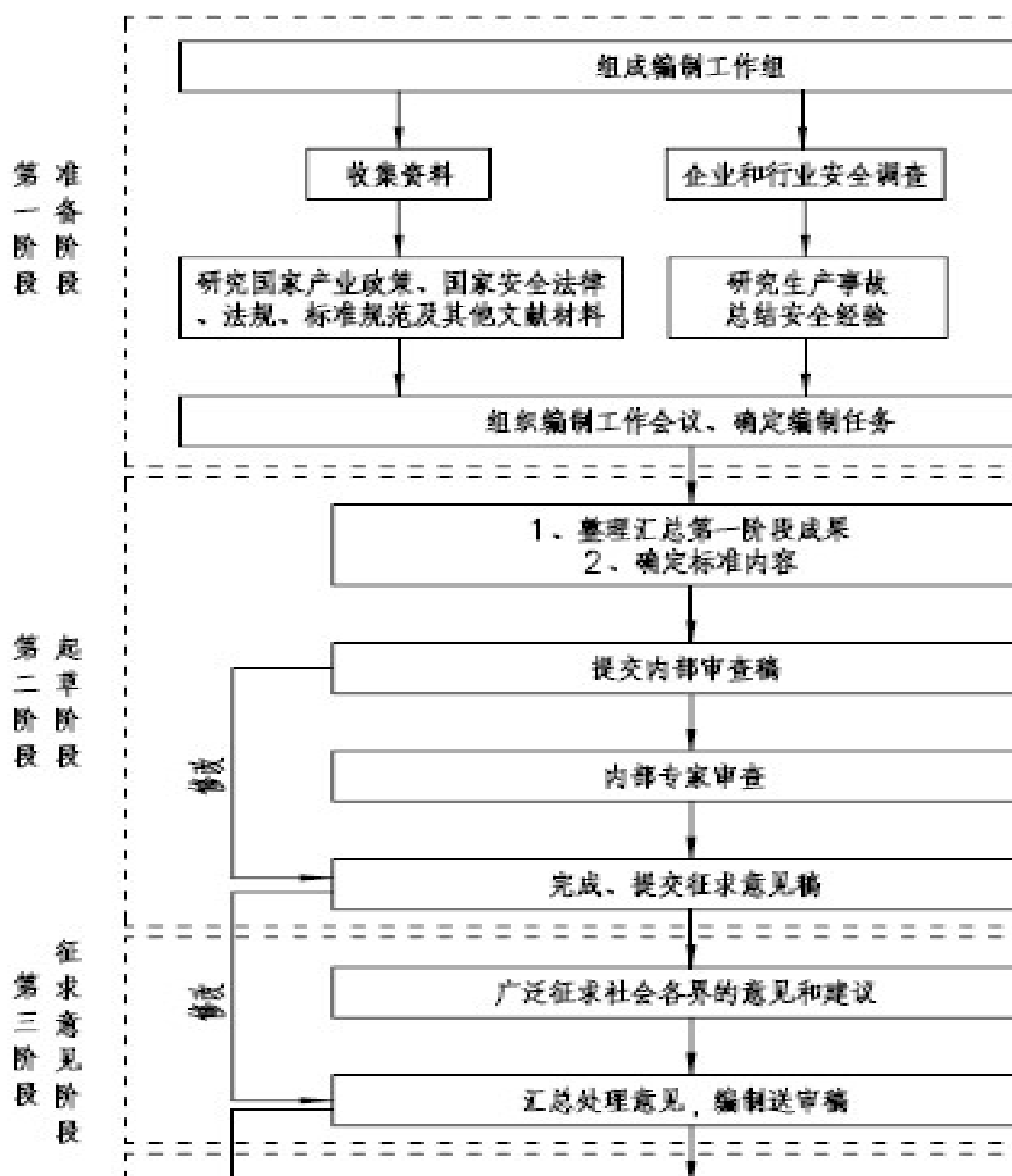


图1 编制技术路线

3 标准的编制原则、主要内容、参考资料

3.1 编制原则

- 3.1.1 规范水平要有先进性, 逐步实现电石的安全设计达到或接近世界先进水平。
- 3.1.2 提高电石装置本质安全设计水平, 防止和减少电石装置生产过程中产生的安全危害。
- 3.1.3 行业水平要有可淘汰性, 可使电石生产行业中那些经整改仍无法达到安全设

计规范水平的电石企业有序强制淘汰。

3.1.4 规范应有可实现性和指导性，对现有的电石生产企业进行调查统计，应确保70%以上电石生产企业通过技术改造，能够达到规范要求。

3.2、标准的主要内容

本规范主要由以下几部分组成：前言、总则、规范性引用文件、术语和定义及略缩语、电石装置危险有害因素及风险程度（危险源）分析、工艺安全设计、总平面布局安全设计、建（构）筑物安全设计、自动控制安全设计、电气安全设计、电信安全设计、设备安全设计、设备和管道布置安全设计、管道材料安全设计、消防安全设计、采暖通风及除尘安全设计、个人防护与应急救援设施设计和附录等内容。

3.3 主要参考资料

- (1)《中华人民共和国安全生产法》
- (2)《危险化学品安全管理条例》
- (3)《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》
- (4)《国家安全监督总局关于第二批重点监管危险化工工艺目录和调整首批重点监管危险化工工艺中部分典型工艺的通知》
- (5)《电石行业准入条件》（2014年修订）
- (6)《建筑设计防火规范》 GB50016
- (7)《危险货物品名表》 GB12268
- (8)《危险化学品重大危险源辨识》 GB18218
- (9)《职业性接触毒物危害程度分级》 GBZ230
- (10)《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》 GB50493
- (11)《化工建设项目安全设计管理导则》 AQ/T3033

4 技术论证和预期效果

4.1 电石行业概况

4.1.1 我国电石行业发展历史

我国电石主要用于生产电石法聚氯乙烯，2012年统计数据表明，聚氯乙烯生产消耗的电石量约占电石表观消费量的80%以上；其次用于生产聚乙烯醇、醋酸乙烯、双氰胺和1,4-丁二醇等化工产品，该领域对于电石的需求量约占电石总消费量的10%左右；其余用于生产金属焊接切割用的乙炔气、氯丁橡胶、石灰氮及其衍生物等产品。

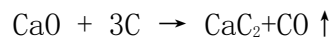
经过多年来的发展，电石行业的经济总量持续增长，产品应用领域不断拓宽，已经成为我国石油和化学工业体系中不可或缺的组成部分。我国是全球最大的电石生产国和消费国。近几年随着我国安全、环保、能源消耗等政策的引导，我国电石行业进入去产能阶段，生产企业的规模格局也在不断发生变化。2016年，我国电石生产企业220家，产能达到4500万吨/年，到2019年，全国电石产能在4000万吨/年。

4.1.2 电石企业组织结构情况

2014年2月11日，工业和信息化部正式颁布了新修订的《电石行业准入条件（2014年修订）》。新《电石行业准入条件》将电石新建项目的起始规模提高至单台炉容量不小于40000KVA，建设总容量（一次性建成）要大于150000KVA。同时对电石产能实行总量控制，原则上禁止新建电石项目，新增电石生产能力必须实行等量或减量置换，且被置换产能须在新产能建成前予以拆除。强化技术进步，加快落后产能淘汰。受此影响，国内电石生产企业的规模不断扩大，产业集中度持续提高。

4.1.3 电石生产工艺介绍

电石生产方法有氧化法和电热法两种。目前，企业大多采用比较成熟的电热法生产工艺，即生石灰和含碳原料（焦炭、无烟煤或石油焦）在电石炉内，依靠电弧高温熔化反应生成电石。主要生产流程是：原料加工、配料，然后通过电石炉上端的入口将混合料加入炉内，在电石炉中加热至2000℃左右，发生以下反应：



熔融状态的电石从出炉口泄入电石锅内，用牵引设备将电石坨运至冷却厂房进行冷却。

4.1.4 电石生产装置介绍

电石生产使用的主要装置是电石炉，生成电石的电化学反应就是在电石炉内完成的。电石炉主要由炉体、电极、变压器及其短网、出炉系统、尾气净化系统等组成。

我国电石生产装置主要是密闭电石炉，其特点是在炉体上加装炉盖，将电石炉整体密封起来，炉盖上装有自动加料管，装置运行时与空气隔绝，正常情况下，炉面上不发生燃烧现象，热能损失较小，副产的电石炉气可以净化后作为燃料或用于生产化工产品。20世纪八、九十年代，为提升电石炉的技术装备水平，我国从挪威Elkem公司引进了7台25500千伏安的密闭式电石炉及其配套设备。通过对引进

技术和设备的消化吸收,国内企业和科研院所逐步开发出符合我国电石行业实际的密闭式电石生产技术,密闭式电石炉的关键装备和成套设备也已经完全实现国产化,“十三五”期间密闭式电石炉的产能比例达到85%以上。

4.2 预期效果

《电石装置安全设计规范》通过对电石装置安全设计基本要求的规定,提高电石装置的本质安全,完善了电石行业安全设计的内容,使我国电石行业安全设计更加规范化、科学化和合理化。

《电石装置安全设计规范》的编制和实施是从设计源头上对电石生产安全事故的遏制,必将减少电石行业的安全生产事故,为电石行业带来较好的社会效益和经济效益。

5 对标情况

《电石装置安全设计规范》是从设计源头规范电石装置本质安全,本规范的编制在国内乃至国际尚属首次,没有现成的标准可以借鉴。

6 需要说明的主要问题

6.1 引言的说明

本规范的引言说明了标准制订的目的、原则,并指出,在技术可行、经济合理的前提下,采用适宜、可靠的安全措施与对策,将电石装置的安全风险降低到最低程度。

6.2 适用范围的说明

本规范适用于以石灰(氧化钙)、炭素材料为原料,采用在高温下还原反应生成碳化钙的电石生产。

6.3 规范性引用文件的说明

根据编制需要,选择《建筑设计防火规范》GB50016、《建筑物防雷设计规范》GB50057、《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB50058等纳入规范性引用文件。

6.4 术语和定义的说明

对规范内的术语进行定义说明;并对缩略语PCS、SIS、DCS和UPS进行了说明。

6.5 要求的说明

根据电石装置的危险、有害因素,结合电石行业的特点,并考虑近些年电石生产过程中的安全事故,详细规定了电石装置危险有害因素及风险程度(危险源)分

析的方法和各个专业的安全设计基本要求。

6.6 与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

本标准与现行法律、法规和强制性标准没有冲突。

该标准无对应的国际标准。

7 相关建议

7.1 标准实施的可行性分析

本规范的制订遵循“安全第一、预防为主”的安全生产方针，在符合国家现行法律、法规以及电石行业产业政策要求的前提下，对电石装置安全设计做出了详细的规定。

本规范是在广泛调研、系统总结和反复论证的基础上完成的。不仅汲取了电石行业在安全设计上的成功经验，也总结了多起电石行业安全事故的教训，同时全面分析电石装置的危险、有害因素，综合考虑电石生产过程的特点，并紧密结合了国内电石行业的现状与发展需求，以确保规范的科学性、合理性、先进性和前瞻性。规范要求设置具备可行性。

本规范内容侧重于电石装置危险有害因素及风险程度（危险源）分析的方法和各个专业的安全设计基本要求，从源头规范电石装置安全设计的基本要求，从而规范电石行业安全设计，提高电石生产的本质安全，对促进电石行业安全生产提供了技术保证。

7.2 标准实施的建议

鉴于本标准为首次制定，在实施过程中可采用先试行一段时间，根据试行情况及反馈信息，进行进一步的修订完善，力争最终形成适用的、先进的电石装置安全设计的规范性技术管理文件，更好的满足我国电石行业发展和安全设计的需要。因此建议本标准发布后，建立相应的信息反馈机制，解决标准应用中的问题，及时了解和总结标准使用过程中的新动向，通过标准编制组平台收集和总结相关理论和实践经验，进一步完善本标准的内容，促进产业高质量健康发展。

8 附件

电石行业部分安全事故案例

2009年3月1日，某企业电石项目由施工单位3名安装施工调试人员在检查调试除尘装置过程中，1名不慎掉下过滤器，请求电石厂值班人员帮助解救。电石厂主操带领两名巡检工帮忙解救受困工人。在解救过程中由于管道内一氧化碳浓度过高，致使3名工人死亡，6名工人不同程度一氧化碳中毒，经中盐吉盐化集团组织人员通风置换并戴着防毒面具施救，使多名解救人员脱离一氧化碳中毒危险。

2005年6月7日，浙江某企业电石破碎车间突然发生大火及爆炸，该事故引起一人窒息死亡，3人不同程度烧伤及砸伤，直接损失达到200多万元。

2006年1月21日晚，某电石厂冷破包装工序料仓发生爆炸，事故造成破碎线停运25小时，设备损失30万元，所幸无人员伤亡。

2007年5月27日，宁夏某企业发生电石锅倾覆事故，造成1人死亡、1人大面积烧伤、4人轻伤。事故是由于正在生产中的电石炉进行超高温电石熔浆转运，其中一个电石锅突然倾覆，熔融的电石从电石锅内倾泻出来，与地面积水剧烈燃烧发生爆炸。

2010年2月27日，陕西省某企业发生闪爆。当时锅炉正在向外出料，其中一个电石冷却锅突然侧翻，高温电石液体与潮湿地面发生反应后闪爆，导致现场作业的13名工人被烧伤。

2009年7月15日，重庆某企业物资处电石密封仓，在电石进仓时突然发生闪燃，引起燃爆，造成8人受伤。事故主要原因是密封仓内装有50吨电石，因空气湿度较大，电石受潮产生乙炔气，且浓度达到爆炸极限，在起吊密封仓盖瞬间发生燃爆。

2017年2月12日2时59分，新疆某企业电石事业部3车间的5号电石炉发生喷料灼烫事故，造成2人死亡、3人重伤（烧伤面积分别为95%、85%和15%）和5人轻伤。

2017年5月11日6时40分左右，宁夏某企业2#电石炉输料处发生一起中毒和窒息事故，造成1人死亡。

2017年9月29日22时30分左右，甘肃某企业1号电石炉2楼炉面发生一起灼烫事故，造成4名员工烫伤，其中2人重伤。

2017年12月6日中午，甘肃某企业检维修作业中一氧化碳、二氧化碳气体外溢，事故造成14名员工不同程度的中毒。

2018年1月18日，宁夏某企业煤尘燃烧致3人灼伤。

2018年4月26日，宁夏某企业灼烫致3人灼伤。

2018年12月25日16时30分，新疆某企业回转石灰窑装置发生闪爆事故，造成7人死亡、14人受伤。

2019年5月2日凌晨0时12分，陕西某企业2号电石炉停电准备处理炉内料面板。1时10分左右，在处理炉内料面板过程中电石炉发生塌料，导致高温气体和烟灰向外喷出，致使现场作业的20名员工不同程度烧伤，其中5人抢救无效死亡。

2019年6月20日23时左右，宁夏某企业5#电石炉发生喷炉事故，造成炉面8名作业人员不同程度灼烫受伤。