

ICS 29.020

P 72

备案号: J2620-2019



中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3203—2018

石油化工电加热系统设计规范

Specification for design of electric heater systems of petrochemical industry



2018-07-04 发布

2019-01-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本规定	2
5 使用条件	3
5.1 一般规定	3
5.2 电气	3
5.3 爆炸性危险环境	3
5.4 腐蚀性环境	3
5.5 设备布置	3
6 电加热系统组成	3
6.1 电加热器	3
6.2 压力容器	5
6.3 控制系统	5
7 电加热器系统换热计算	6
8 供配电设计	7
8.1 一般规定	7
8.2 配电柜	7
8.3 电气保护	8
8.4 分支回路电气保护	8
参考文献	9
本规范用词说明	10
附：条文说明	11

Contents

Foreword	III
1 Scope	1
2 Normative references	1
3 Terms and definitions	2
4 General requirements	2
5 Use conditions	3
5.1 General requirements	3
5.2 Electrical	3
5.3 Explosion atmospheres	3
5.4 Corrosive atmospheres	3
5.4 Equipment layout	3
6 Electric heater systems structure	3
6.1 Electric heater	3
6.2 pressure vessel	5
6.3 Control systems	5
7 Electric heater systems heat transfer calculations	6
8 Power supply design	7
8.1 General requirements	7
8.2 Switchboards	7
8.3 Electrical protection	8
8.4 Branch circuit electrical protection	8
Bibliography	9
Explanation of wording in this standard	10
Add: Explanation of article	11

前 言

根据中华人民共和国工业和信息化部《关于印发 2014 年第一批行业标准制修订计划的通知》(工信厅科[2014]51 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规范。

本规范共分 8 章。

本规范的主要技术内容是:基本规定、使用条件、电加热系统组成、电加热系统换热计算、供配电设计。

本规范由中国石油化工集团公司负责管理,由中国石油化工集团公司电气技术中心站负责日常管理,由中国石化工程建设有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送日常管理单位和主编单位。

本规范日常管理单位:中国石油化工集团公司电气技术中心站

通讯地址:北京市朝阳区安慧北里安园 21 号

邮政编码:100101

电 话:010-84876605

传 真:010-84878825

本规范主编单位:中国石化工程建设有限公司

本规范参编单位:大庆石化工程有限公司、中国成达化学工程公司、上海河图工程股份有限公司。

通讯地址:北京市朝阳区安慧北里安园 21 号

邮政编码:100101

本规范主要起草人员:王树国 张方方 李啸东 金 超 郑俊良 马 英 王宗信 张嘉嘉

本规范主要审查人员:赵永明 王财勇 周家祥 陈洪中 高常明 王玉洁 周 勇 梁东光

涂让见 宋广旭 袁显洁 徐文良 高 巍 吕隆壮 袁学群 陈河江

高苏华 陈立平 范景昌 邱 玲 罗志刚 卢成生 孙树元 周晓松

李永刚 张永华 郭 铮 李福荣 李健亭 刘志良 杨海宽 王建国

叶 阳

本规范 2018 年首次发布。

石油化工电加热系统设计规范

1 范围

本规范规定了石油化工电加热系统设计的要求。

本规范适用于石油炼制、石油化工及以煤为原料制取燃料和化工产品的企业新建、扩建或改建工程的电加热系统设计。

本规范不适用于短网加热及供电电压1140V的交流电加热系统设计。

2 规范性引用文件

下列文件对于本规范的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

- GB/T 150.1 压力容器 第1部分：通用要求
- GB/T 150.2 压力容器 第2部分：材料
- GB/T 150.3 压力容器 第3部分：设计
- GB/T 150.4 压力容器 第4部分：制造、检验和验收
- GB/T 2054 镍及镍合金板
- GB/T 2882 镍及镍合金管
- GB 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求（IEC 60079-0，MOD）
- GB 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的的设备（IEC 60079-1，MOD）
- GB 3836.3 爆炸性环境 第3部分：由增安型“e”保护的的设备（IEC 60079-7，IDT）
- GB 5959.1 电热装置的安全 第1部分：通用要求（IEC 60519-1，IDT）
- GB 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则（IEC 61439-1，IDT）
- GB 12476.1 可燃性粉尘环境用电气设备 第1部分：通用要求（IEC 61241-0，MOD）
- GB 12476.2 可燃性粉尘环境用电气设备 第2部分：选型和安装（IEC 61241-14，IDT）
- GB 12476.3 可燃性粉尘环境用电气设备 第3部分：存在或可能存在可燃性粉尘的场所分类（IEC 61241-10，IDT）
- GB/T 14549 电能质量 公共电网谐波
- GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
- GB/T 24511 承压设备用不锈钢钢板及钢带
- GB 50054 低压配电设计规范
- GB 50055 通用用电设备配电设计规范
- GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
- GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范
- HG/T 20580 钢制化工容器设计基础规定
- HG/T 20581 钢制化工容器材料选用规定
- HG/T 20582 钢制化工容器强度计算规定
- HG/T 20583 钢制化工容器结构设计规定
- HG/T 20584 钢制化工容器制造技术要求

HG/T 20592~20635 钢制管法兰、垫片、紧固件

JB/T 2379 金属管状电热元件

JB/T 4756 镍及镍合金制压力容器

NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件

NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第2部分：射线检测

NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定

NB/T 47015 压力容器焊接规程

SH/T 3022 石油化工设备和管道涂料防腐蚀设计规范

SH 3048 石油化工钢制设备抗震设计规范

SH/T 3074 石油化工钢制压力容器

SH/T 3075 石油化工钢制压力容器材料选用通则

SH/T 3097 石油化工静电接地设计规范

SH/T 3200 石油化工腐蚀环境电力设计规范

TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程

IEC 60584-1 热电偶—第1部分：EMF规格与公差 (Thermocouples—Part 1: EMF specifications and tolerances)

ASTM B344 电加热元件用拉制或轧制镍铬和镍铬铁合金 (Standard specification for drawn or rolled nickel-chromium and nickel-chromium-iron alloys for electrical heating elements)

BS 7351 工业用电加热元件金属护套 (Specification for metal-sheathed heating elements for industrial use)

UL 1030 带安全护套的加热元件 (UL standard for safety sheathed heating elements)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

3.1

电加热器 electric heater

利用电流的热效应，将电能转换为热能的发热设备。

3.2

电加热系统 electric heater systems

由电加热本体、容器、控制、附件等组成的系统。

3.3

电热元件 electric heater element

将电能转化成热能的元器件。

3.4

功率密度 power density

热流量或表面负荷，即单位面积加热表面的功率值。

4 基本规定

4.1 电加热系统设计应包括使用条件、系统组成、换热计算、供配电设计等要求。

4.2 电加热系统的性能指标及主要参数应包括加热介质、介质进出口温度、进出口压力、流量、计算压降、允许压降、电热元件最高允许温度、容器尺寸及最高操作壁温、加热器在额定电压的额定功率、每个加热管束的回路数量、功率密度、壳体材质、壳体直径、管板材质、支撑元件、垫片、加热

元件材质、氧化镁粉、加热器安装方式、接线腔尺寸及大小、防爆等级、防护等级、热电偶数量、加热器串联数量、加热元件与备用量等。

4.3 容器设计中应包括设计温度、设计压力、材质、腐蚀余量、管嘴应力计算、进口/出口接管尺寸等。

4.4 控制系统设计应包括控制柜的电力电子元件、控制方式、断路器、交流接触器等。

5 使用条件

5.1 一般规定

5.1.1 电加热系统的安装与使用应满足当地的气象地质条件。

5.1.2 电加热系统使用环境可包括：正常环境、爆炸性气体危险环境、爆炸性粉尘危险环境、腐蚀性环境等。

5.1.3 电加热系统的防爆、防护、防腐等级应满足安装所在区域的环境要求。

5.1.4 电加热器的防护等级室外安装时应不低于 IP55，同时电加热器安装在压力介质或有毒有害介质中时，应避免加热器套管、焊缝、密封件等损坏造成工艺介质泄漏。

5.2 电气

5.2.1 外部电源接入电加热系统，正常工作条件下，其线电压应为 380 (660) \pm 7% (V) 的交流电，频率为 50Hz \pm 0.5Hz。

5.2.2 海拔高于 1000m 的电加热系统的使用场所设计应考虑海拔高度的影响。

5.3 爆炸性危险环境

5.3.1 爆炸性气体危险环境及爆炸性粉尘危险环境的危险区划分应符合 GB 50058 和 GB 12476.3 的规定。

5.3.2 用于爆炸性危险环境内的电加热系统，应根据不同的危险区域选择适合的防爆结构、防爆等级和温度组别。

5.4 腐蚀性环境

5.4.1 电加热系统在腐蚀性环境内的要求应符合 SH/T 3200 的规定。

5.4.2 电加热器的金属零部件均应进行防腐处理或采用不锈钢等特殊材质。

5.5 设备布置

5.5.1 设备布置应满足电加热系统的安装以及稳定、可靠运行的要求。

5.5.2 设备布置应预留电热管的抽出空间以及电加热系统日常维护、检修的空间。

5.5.3 电加热器可立式安装或卧式安装。

5.5.4 设备布置应考虑电加热器的受热膨胀及提升设施等因素。

6 电加热系统组成

6.1 电加热器

6.1.1 设计及制造条件应满足下列要求：

- a) 电加热器不得超过金属材料的允许温度；
- b) 应提供由进口至出口的工艺介质压力降等参数。

6.1.2 电加热器应由电加热元件、接线腔等组成。

6.1.3 电加热元件设计应满足下列要求：

- a) 电加热元件应由发热元件、绝缘材料、电加热管组成；
- b) 应采用高性能发热元件作为基本发热器材，宜采用高性能的纯镍铬合金 (Ni80Cr20) 作为发热材料，并满足 ASTM B344 的要求；
- c) 发热元件的设计，应考虑热元件工作温度变化引起电阻值增加所需要的裕量；
- d) 绝缘材料宜选择高温结晶氧化镁粉，其厚度应满足 UL 1030 的要求；

- e) 电加热元件的封口材料应采用耐高温的二次固化绝缘密封,宜选用环氧树脂材料;
- f) 电加热管宜采用镍基合金钢材料,并满足 UL 1030 标准要求。加热管发热密度应满足工艺的要求。可根据工艺加热温度及工艺介质腐蚀等要求来选择;
- g) 电加热管设计数量应有 10%备用量,采用均匀布置,可不接线;
- h) 电加热元件设计应合理安排加热器内部结构及各加热器组工作的均匀性、对称性,避免加热元件的过热氧化。

6.1.4 功率密度设计应用电加热元件的计算机辅助设计等软件,选择最优的功率密度,确保加热器的使用性能及使用寿命。

6.1.5 电加热元件的布置、分组及试验应满足下列要求:

- a) 电热元件的制作、发热体相互间、管内连接导体相互间以及它们与金属管的间距,应符合相关标准的规定。管内连接导体与发热体之间采用压接或硬钎连接,并符合 GB 3836.3 规定的最小电气间隙和最小爬电距离,金属管末端的管口应采用绝缘材料,并进行充分的绝缘处理和防潮处理。
- b) 加热元件应接成各相平衡,不同相或接线板之间的距离不少于 IEC 标准规定的允许值,并应满足 BS 7351、JB/T 2379 的要求。
- c) 电加热管集束芯上应设置固定圈。
- d) 与热电偶套管焊接的加热元件应在端子箱上标有明显的标记。
- e) 电加热管应能经受下列试验:
 - 1) 以 1.1 倍额定电压,额定频率通电 1min、断电 4min 为一周期,承受 1min 下列交流电压的介电强度试验: $2E+1000$ (E 为电加热器的额定电压,单位为 V),最低 1760V,按 2000V 进行高压测试;
 - 2) 以 1.1 倍额定电压、额定电流通电 5min,断电状态,全部浸入水中 25min 为一周期重复试验 50 周期后,在大气中放置 40min,再承受 1min,所示交流电压的介电强度试验;
 - 3) 在温度为 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $90\% \pm 5\%$ 的湿热箱中放置 24h 后,立即擦去表面潮气,用 500V 的兆欧表测量带电部分与非带电部分之间的绝缘电阻值,应不小于 $10\text{M}\Omega$;
 - 4) 在额定工作电压下,元件的额定功率允许偏差为 $\pm 5\%$;
 - 5) 在冷态(室温)时,元件的绝缘电阻不得低于 $500\text{M}\Omega$ 。元件允许在电压不大于额定值的 1.1 倍条件下工作,电加热器内部电热元件应 100%做试验。电加热管的制作中,应经过灌粉、振粉、缩管、弯管工序,并通过检测。加热管绝缘电阻单支电热管组装后的高压测试值,应符合 GB 3836.1、GB 3836.2、GB 3836.3 及 JB/T 2379 的规定。

6.1.6 温度检测应符合下列规定:

- a) 电加热器应根据温度使用范围设置热电偶,用于测量和控制介质温度。热电偶应满足下列要求:
 - 1) 所有的电加热器应设置不少于 2 个双支热电偶,1 个热电偶用于温度指示,另 1 个热电偶用于联锁保护;
 - 2) 热电偶分度号应符合 IEC 60584-1 规定,测量端型式为接壳型;
 - 3) 热电偶的热电动势应符合 IEC 60584-1 的规定,允差应符合 IEC 60584-1 规定的 Class 1;
 - 4) 若加热器由多个成束的电加热元件组成,则每个元件束应分别设置热电偶;
 - 5) 热电偶补偿铜导线的截面积不应小于 1.5mm^2 。
- b) 热电偶套管应满足下列要求:
 - 1) 热电偶在结构上应设置有接地的铬镍-铝镍合金矿物氧化物绝缘的金属套管,套管的材料同加热元件护套材料,套管的壁厚不应小于 1mm;
 - 2) 套管应与电加热元件护套温度最高处的 2 个电加热元件护套直接焊接;

3) 套管应通过加热器法兰引出, 并接至专用的热电偶接线盒。

6.1.7 接线腔设计应符合下列规定:

- a) 接线腔应为可拆卸式结构, 并提供连接动力电缆的接线端子。接线腔可采用离开式布置, 位于电热管集束顶端, 宜设置在物料的进口侧。电热元件引线端应设置有非加热区。
- b) 接线腔和热电偶的接线盒距电加热器的法兰间距应不小于 150mm, 该段距离内应设有散热的挡板, 根据工艺参数确定是否采用耐高温电缆。
- c) 用于爆炸性危险环境内的所有接线腔的材料应有国家认可的权威机构颁发的并符合 GB 3836.1、GB 3836.2、GB 3836.3、GB 12476.1、GB 12476.2 和 GB 12476.3 规定的证明文件。
- d) 接线盒可根据需要, 预留供净化风或干净惰性气体吹扫用的接口。接线盒可根据需要, 设置防潮电加热器。
- e) 散热区为电热管的非加热区, 外增加不锈钢套管, 应有阻止热量向接线腔传递的措施。
- f) 散热区的制作应法兰与散热套管及接线腔室底板间先用自动氩弧焊打底, 再进行强度焊接, 最后做相应技术要求的水压试验。
- g) 增安型接线盒可用于加热管直接焊接, 隔爆型接线盒可用于加热管直接焊接或者套管连接。
- h) 接线盒应满足进线电源电缆的外径及转弯半径的要求。
- i) 充氮保护应在预发货前充入惰型干燥氮气。

6.1.8 电加热器无损检测应符合下列规定:

- a) A、B 类焊接接头应按 NB/T 47013.2、NB/T 47014、NB/T 47015 和设计方技术要求进行射线检测;
- b) 容器完成后应按照 GB/T 150.4 的要求进行耐压试验;
- c) 加热器应通过绝缘、瞬间高压试验和电阻等检测。

6.1.9 在爆炸性气体危险环境、爆炸性粉尘危险环境或火灾危险环境内, 电热管与法兰宜采用直接焊(深口焊)。

6.1.10 折流板的设置, 可根据现场条件宜增设折流板。

6.2 压力容器

6.2.1 压力容器设计应符合 GB/T 150.1、GB/T 150.3、JB/T 4756、SH/T 3074、HG/T 20580、HG/T 20581、HG/T 20582、HG/T 20583 和 HG/T 20584 的规定。钢制法兰、垫片、紧固件等应符合 HG/T 20592~HG/T 20635 的规定。设计温度高于 525℃时, 奥氏体承压元件的碳含量(质量分数)不小于 0.04%。

6.2.2 压力容器所有使用的容器材料应符合 GB/T 150.2、GB/T 150.4、JB/T 4756、SH/T 3075 和 TSG 21 的规定。

6.2.3 压力容器所使用的不锈钢钢板及钢带、镍及镍合金材料应符合 GB/T 24511、GB/T 14976、GB/T 2054、GB/T 2882 的规定。

6.2.4 压力容器所使用的钢管应符合 GB/T 14976 的规定。

6.2.5 压力容器碳钢件表面宜按照 SH/T 3022 做油漆处理, 设备内部应进行内部干燥后清洁处理, 接管管口应采取相应的保护措施。

6.2.6 压力容器抗震设计应符合 SH 3048 标准的规定。

6.3 控制系统

6.3.1 电加热系统宜设置控制柜, 控制柜宜布置在电气变电所或电气控制室内。

6.3.2 控制柜可采用电力电子功率控制器, 对控制精度要求高的宜无级调功。对于功率不小于 200kW 的电加热系统宜采用接触器分组控制。在满足温度控制精度的前提下, 控制器宜采用过零点触发控制方式。出口温度宜稳定在设定范围之内, 控温精度应满足工艺要求。可控硅应由速熔半导体保险丝和电压暂态抑制电路来保护。设计应保证控制器在现场设计电源条件下工艺对电加热器要求的最大负荷。

6.3.3 仪表控制室宜向电加热器控制柜提供以下信号：

- a) 4mA~20mA 控制信号；
- b) 允许起动信号；
- c) 起停信号。

6.3.4 电加热器控制柜宜向仪表控制室提供以下信号：

- a) 加热器运行状态信号；
- b) 综合故障报警信号无源接点；
- c) 加热器功率变送信号 4mA~20mA；
- d) 分支回路接触器状态信号；
- e) 电力电子元件超温信号。

6.3.5 电加热控制系统控制过程宜满足下列要求：

- a) 集散控制系统（DCS）提供一个 4mA~20mA 控制信号给控制柜，再由可控硅控制器调节电加热器的功率输出，并应保证加热器调温精度。
- b) 电加热控制柜应向 DCS 提供加热系统处于运行、停止、柜体超温、功率变送等信号；同时接受 DCS 发出的起动、停止、复位、出口温度调功信号等操作命令。电力电子功率元件应能承受的最低反向峰值电压值应为最高线电压均方根值的 2.5 倍，而且能够在最高环境温度下满电流连续工作。可控硅驱动器电路应不受射频干扰，不应产生衍生射频干扰。

6.3.6 电加热控制柜所有二级电路接线宜使用铜芯阻燃低烟无卤电缆。控制电流信号线最小截面不应小于 2.5mm²，动力电缆、控制电缆应分开敷设。可控硅功率控制器应带有冷却风扇，控制柜冷却风扇电源与控制电源应分开设置。

6.3.7 电加热控制系统设计应能保持各分支回路剩余电流继电器跳闸状态，待分支回路故障排除，跳闸回路自保持状态取消后或通过控制柜上的复位按钮，加热器才可重新起动该分支回路。

6.3.8 电加热控制柜应有电源指示、三相电压和电流显示、可控硅自带液晶显示、加热器运行指示、加热器停止指示、可控硅超温报警指示、综合故障（风扇、柜内温湿度等）指示以及接地剩余电流跳闸指示等。

6.3.9 电加热控制柜应有加热器功率调节、加热器起动、加热器停止、就地/远程转换、跳闸复位、接地复位等控制功能。

6.3.10 对于三角型接线的电加热器，可控硅的结构形式宜由每相采用 2 只三极可控硅整流器，三相共 6 只组成。对于星型接线的电加热器，可控硅的结构形式应由每相采用 2 只三极可控硅整流器，三相共 6 只组成。

7 电加热器系统换热计算

7.1 电加热器应对在工艺条件下工作时的加热元件表面温度进行评估，保证加热元件设计寿命。

7.2 根据换热原理，总传热系数可按式（7.2-1）和式（7.2-2）进行计算：

$$K=[M \times C \times (t_2 - t_1)]/[S_i \times \Delta t_m \times 860 \times 4.18] \times 1000 \dots\dots\dots (7.2-1)$$

$$\Delta t_m = [(T_1 - t_1) - (T_2 - t_2)] / \ln[(T_1 - t_1) / (T_2 - t_2)] \dots\dots\dots (7.2-2)$$

式中：

- K* —— 总传热系数，W/(m²·K)；
- M* —— 介质质量流量，kg/h；
- C* —— 介质平均比热，kJ/(kg·°C)；
- t*₁ —— 介质进口温度，°C；
- t*₂ —— 介质出口温度，°C；

- S_i —— 电加热总面积, m^2 ;
 Δt_m —— 加热器和空气间的对数平均温度差, $^{\circ}C$;
 T_1 —— 出口处加热元件温度, $^{\circ}C$;
 T_2 —— 进口处加热元件温度, $^{\circ}C$ 。

通过上述公式计算出口处加热元件的表面温度 T_1 , 应保证 T_1 小于加热元件允许的最高使用温度。

7.3 要求较高的电加热系统应采用有限元分析的方法进行电加热器的换热计算, 步骤如下:

- a) 首先应采用专业计算软件对单一介质或各种比例混合介质在各种温度和各种压力下的物性进行分析, 如混合物的平均分子量、相对密度、比热、导热系数、黏度等;
- b) 通过建立模型, 模拟实际工况对换热状况进行计算, 计算出加热元件的工作温度, 保证加热元件的最高温度小于加热元件允许的最高使用温度。

8 供配电设计

8.1 一般规定

- 8.1.1 石油化工电加热系统的负荷等级宜不低于二级。
- 8.1.2 单套电加热系统总负荷不大于 500kW, 宜采用三相 380V 供电; 大于或等于 500kW 时, 宜采用三相 660V 供电。
- 8.1.3 对于单套 500kW 及以上的电加热系统宜选用专用变压器。
- 8.1.4 多套单相电加热系统应均匀接在三相母线上。
- 8.1.5 单相电加热系统的容量较大时, 应验算电加热系统引起的负序电流和负序电压对电网的影响。
- 8.1.6 电加热系统的继电保护装置、测量仪表、控制电器和导线的设置, 应便于操作、监视和维护, 并应避免受热、受潮、受电磁感应、受撞击和集聚灰尘。
- 8.1.7 电加热系统向电网注入的谐波分量应符合 GB/T 14549 的允许值。
- 8.1.8 电加热配电系统接地型式宜采用 TN-S 系统。
- 8.1.9 电加热系统的低压配电应符合 GB 50054 的规定。
- 8.1.10 电加热系统电缆 U_0/U 应选择不低于 0.6kV/1kV。
- 8.1.11 电缆的选择应满足接线腔长期运行的温度要求, 电加热系统若设置中间接线箱, 则中间接线箱与电加热接线腔应采用耐高温电缆。
- 8.1.12 室外电加热系统应设专用接地耳, 并应符合 GB/T 50065 和 SH/T 3097 的规定。接地耳数量不应少于 2 个, 材质可与容器本体相同。

8.2 配电柜

- 8.2.1 电加热器系统配电柜宜与控制柜共用。
- 8.2.2 配电柜宜布置在非防爆的电气变电所或电气控制室内, 其内部电气元件的布置应符合 GB 5959.1 和 GB 50055 的规定。
- 8.2.3 配电柜的设计应符合 GB 7251.1 的规定。
- 8.2.4 配电柜应包括用于低压、三相、50Hz 供电系统的电阻性加热元件的保护和控制设施。
- 8.2.5 配电柜中的电气元件通常应包括: 手动断路器、可控硅 (过零点电压触发转换开关)、门开关、保险丝、交流接触器、接地保护器、可控硅短路保护器、按钮和指示灯、功率变送器、三相电流表、三相电压表、冷却风扇、支路熔断器、控制变压器等。
- 8.2.6 配电柜的电气参数通常应包括: 电压、频率、控制电压、负载配置、控制模式、触发方式、短路耐受电流、电缆进线方式等。
- 8.2.7 配电进出动力电缆的连接宜采用柜内铜母排在柜内下侧连接的方案, 铜母排应带连接孔。配电柜进出线处应带塔形密封接头。

8.2.8 配电柜的柜体、隔板、内侧板及底座宜采用覆铝锌板；面板、外侧板可采用冷轧钢板，静电喷涂，同时不应在成套设备的吊装、运输等情况下产生变形。

8.2.9 配电柜的冷却应满足下列要求：

a) 配电柜的冷却方式，宜为自然通风；

b) 若要求强制通风时，则应设计必要的空气过滤器、风扇和风道。

8.3 电气保护

8.3.1 电加热系统应设置总断路器过载保护、短路保护、单相接地保护。

8.3.2 电力电子功率元件应设置过热保护。

8.3.3 电热元件应设置超温保护。

8.4 分支回路电气保护

8.4.1 每一组加热管束应设置剩余电流保护。

8.4.2 分支回路应设置短路保护。

8.4.3 分支电力电子功率元件应设置过热保护。

参 考 文 献

- [1] GB/T 151—2014 热交换器
- [2] GB/T 3859.1—2013 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-1部分：基本要求规范
- [3] GB/T 3859.2—2013 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-2部分：应用导则
- [4] GB/T 4026—2010 人机界面标志标识的基本和安全规则 设备端子和导体终端的标识
- [5] GB/T 4208—2008 外壳防护等级（IP代码）
- [6] GB/Z 6829—2008 剩余电流动作保护电器的一般要求
- [7] GB/T 14048.1—2012 低压开关设备和控制设备 第1部分：总则
- [8] GB/T 14048.2—2008 低压开关设备和控制设备 第2部分：断路器
- [9] GB/T 14048.3—2008 低压开关设备和控制设备 第3部分：开关、隔离器、隔离开关以及熔断器组合电器
- [10] GB/T 14048.4—2010 低压开关设备和控制设备 第4-1部分：接触器和电动机起动器 机电式接触器和电动机起动器（含电动机保护器）
- [11] GB/T 14048.5—2008 低压开关设备和控制设备 第5-1部分：控制电路电器和开关件 机电式控制电路电器
- [12] GB/T 14048.6—2016 低压开关设备和控制设备 第4-2部分：接触器和电动机起动器 交流电动机用半导体控制器和起动器（含软起动器）
- [13] GB 50056—1993 电热设备电力装置设计规范
- [14] GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范
- [15] GB 50217—2018 电力工程电缆设计标准
- [16] GB 50650—2011 石油化工装置防雷设计规范

本规范用词说明

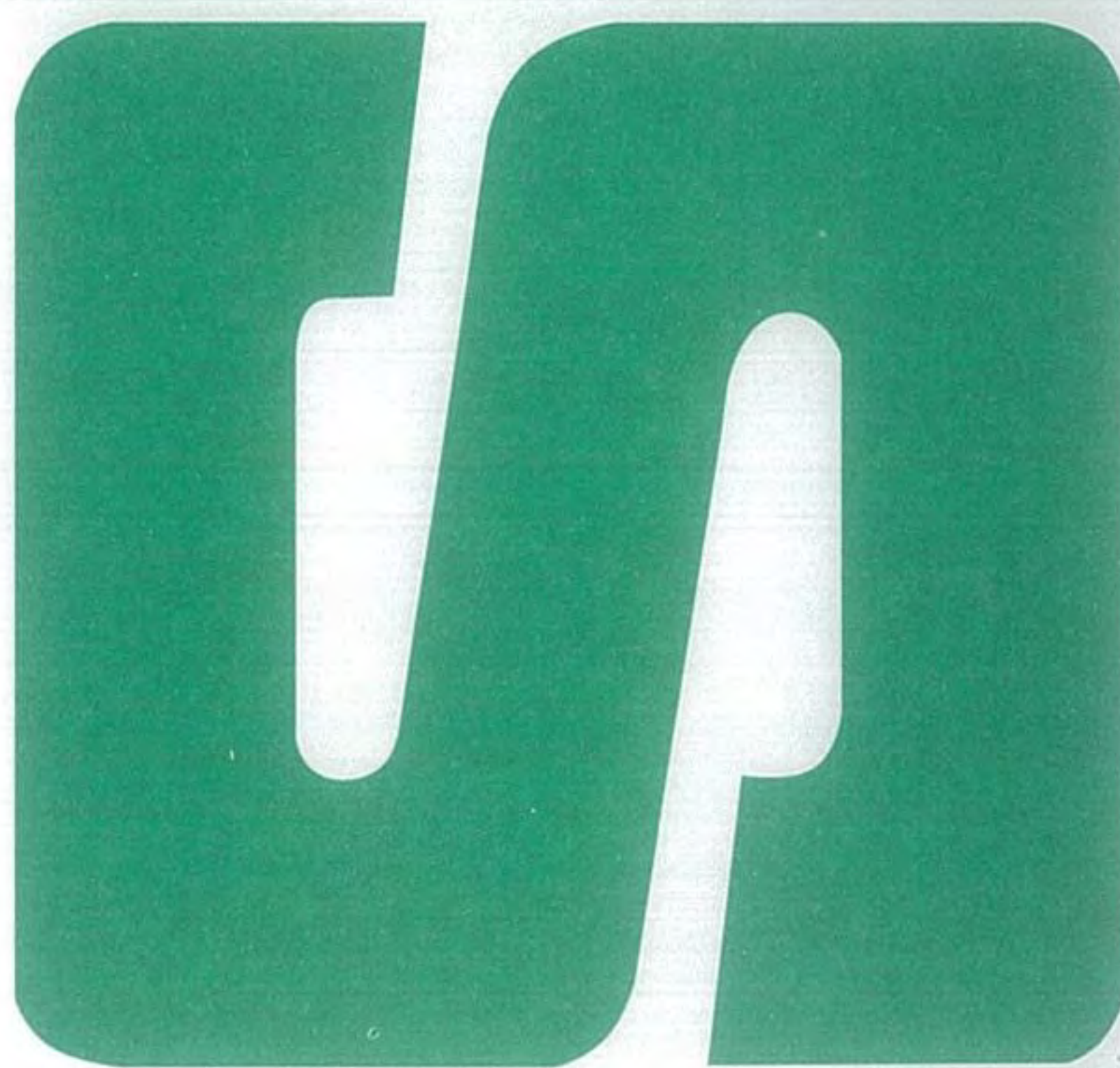
- 1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国石油化工行业标准

石油化工电加热系统设计规范

SH/T 3203—2018

条文说明



2018 北京

制定说明

《石油化工电加热系统设计规范》(SH/T 3203—2018), 经工业和信息化部 2018 年 7 月 4 日以第 36 号公告批准发布。

本规范制定过程中, 编制组先后对海南炼化连续重整装置、大连福佳 PX 装置、上海石化 100 万吨/年连续重整抽提装置、石家庄炼化 120 万吨/年连续重整装置的电加热系统进行了实地运行情况考察, 分别对电加热系统的布置、加热元件的发热情况、绝缘材料的选择、压力容器系统的实际应用及电气、仪表控制系统等进行了专题调研。在电加热系统的室外布置、检修空间的具体要求、发热材料的具体选择、发热元件局部过热分析以及电仪系统的保护、控制及谐波参数等方面取得详尽的技术参数。同时参考了国内外的先进技术法规和技术标准内容, 在广泛征求意见的基础上审查定稿。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定, 《石油化工电加热系统设计规范》编制组按章、条顺序编制了本标准的条文说明, 对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是, 本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力, 仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

4 基本规定	14
5 使用条件	14
5.1 一般规定	14
5.5 设备布置	14
6 电加热系统组成	14
6.1 电加热器	14
6.2 压力容器	15
6.3 控制系统	15
7 电加热系统的换热计算	15
8 供配电设计	15
8.1 一般规定	15
8.2 配电柜	15
8.3 电气保护	16
8.4 分支回路电气保护	16

石油化工电加热系统设计规范

4 基本规定

4.1 本条文规定了电加热系统的设计内容及基本要求。

4.2~4.4 本条文参考了近几年来电加热系统的技术要求及具体工程应用,规定了石油化工电加热系统设计的基本内容。包括了电加热系统的性能指标及主要参数、容器系统、控制系统等。

5 使用条件

5.1 一般规定

5.1.1~5.1.4 本条文规定了电加热系统的安装及使用条件。在石油化工领域,使用场所主要包括正常环境、爆炸性气体危险场所、爆炸性粉尘危险场所、腐蚀性区域。

5.5 设备布置

5.5.2~5.5.4 通过大量现场调研,发现有些电加热系统室外布置时,对加热系统的日常维护、检修空间及电热管的抽出空间没有考虑或者考虑空间不足,严重影响电加热系统的日常维护及电加热管的检修,影响设备的长、满、优的可靠运行,本条文旨在对电加热系统的布置做出强调及规定。

6 电加热系统组成

6.1 电加热器

6.1.3 本条文对发热元件、绝缘材料、电加热管等材料及技术要求做出了详细的设计规定。通过调研大量的电加热系统的现场实际应用并比对不同的材料对电加热系统寿命的影响,发现发热元件应采用高性能发热元件作为基本发热器材,采用高性能的纯镍铬合金(Ni80Cr20)作为发热材料应用效果较好,不但发热效率高,寿命长,而且性能价格比也较高。在绝缘材料的选择上宜选择高温结晶氧化镁粉,绝缘效果及应用效果较好。加热管的材质至关重要,通过调研,不锈钢材料较好,结合大量工程应用实际,推荐采用镍基合金钢材料作为加热管的材质。电加热元件的封口材料容易被忽略,封口材料选择不当也会影响电加热元件的正常运行。本规范规定了电加热元件的封口材料应采用耐高温的二次固化绝缘密封,宜选用环氧树脂材料。加热管设计数量应有裕量,10%备用量是根据现场调研,结合加热管的选用材料、故障率及性能价格比综合做出的,符合目前工程应用的实际。

电加热元件的布置很关键,布置不得当会导致加热元件的过热氧化。本条文规定了电加热元件的布置应合理安排加热器内部结构及各加热器组工作的均匀性、对称性,避免加热元件的过热氧化。

6.1.4 功率密度值是电加热系统的重要指标。实践表明,很多电加热系统故障大部分都是功率密度选择过高所致。本条文推荐采用电加热元件的计算机辅助设计等软件,选择最优的功率密度。

6.1.6 温度测量

a)、b) 两条对电加热器的热电偶提出了详细的设计要求。对热电偶的设计数量、焊接方式、壁厚、热点偶导线截面做出规定及说明。

6.1.7 接线腔设计

a) 接线腔设计成可拆卸式结构目的是方便电加热器的检修。同时应有效地阻止热量由管板经散热区套管传递至接线腔,保证接线腔内的温度满足规范要求,以防止电热元件接线柱长期在高温条件下发生的性能改变,影响电加热系统的正常工作。

h) 有的电加热系统功率较大,导致供电电缆截面外径也较大。结合近年来的设计、施工实践,有的电加热器由于接线腔太小导致进线电缆无法接线,只能增加电缆转接箱解决。本规定力求增大电缆接线腔体方便电缆接线。

6.1.8 电加热器无损检测

电加热器无损检测是保证电加热器系统质量的一个控制、检验措施。无损检测包括对接焊缝的射线探伤检验、容器的液压测试、电加热器的绝缘、瞬间高压试验和电阻检测等。

6.2 压力容器

6.2.1 为了保证压力容器的材质及质量,对压力容器的设计提出标准要求,特别规定了当设计温度高于 525℃ 时,奥氏体承压元件的碳含量(质量分数)不小于 0.04%。

6.3 控制系统

6.3.1 本条规定了电加热控制系统的设计原则。根据石油化工企业的特点,规定电加热系统的控制柜宜布置在电气变电所或电气控制室内。

6.3.2 为了减少谐波对电网的注入,本条文对于在满足温度控制精度的前提下,控制器优先采用过零点触发控制方式。

6.3.3~6.3.4 通过调研石油化工企业电加热系统自控系统的运行经验,本条文对仪表控制系统做出了详细规定。包括仪表控制室向电加热器控制柜提供的信号种类及类型、电加热器控制柜宜向仪表控制室提供的信号种类及类型。

6.3.5~6.3.10 本条文对电加热控制系统的控制过程、控制回路、电加热控制系统的显示及控制、可控硅的结构形式等作出了详细的设计规定。

7 电加热系统的换热计算

7.1.1 本条文规定了电加热系统换热计算常用的换热算法。

7.1.2 随着计算机应用技术不断发展,特别是专业计算软件(如: Hysim、Aspen One 等软件)的出现,有限元分析是目前流行的专业算法。特别是对功率大、功率密度要求严格、加热控制精度高的电加热系统的换热计算,有限元分析较好地解决了上述问题。通过建立模型,模拟实际工况对换热状况进行计算,计算出加热元件的工作温度,保证加热元件的最高温度小于加热元件允许的最高使用温度。有限元分析方法是目前电加热系统换热计算的发展方向。

当今流行的模型分析软件很多,如 ANSYS 软件,通过建立模型,模拟实际工况对换热状况进行计算,计算出加热元件的工作温度,保证加热元件的最高温度小于加热元件允许的最高使用温度。

8 供配电设计

8.1 一般规定

本条文对电加热系统供配电设计进行了详细的设计规定。

8.1.1~8.1.6 本条文对电加热系统的负荷等级、供电电压、负荷分配原则、继电保护、测量仪表、控制电器和导线的设置提出了详细的设计要求。

8.1.7~8.1.10 本条文对电加热系统的谐波分量、接地型式、变配电、电缆选择进行了详细的设计规定。

8.1.11~8.1.12 本条文对电加热系统的中间接线箱设置原则、接地耳的设计提出了设计要求。

8.2 配电柜

8.2.1~8.2.7 通过调研石油化工企业在用的电加热配电系统,发现配电系统不规范之处很多,包括布置不合理、电气元件设计不合理等导致电气元件过热、烧毁、跳闸等故障频出。本条文旨在对电加热系统配电柜的布置原则、设计、柜内电气元件、电缆连接、供配电原则等规范设计要求。

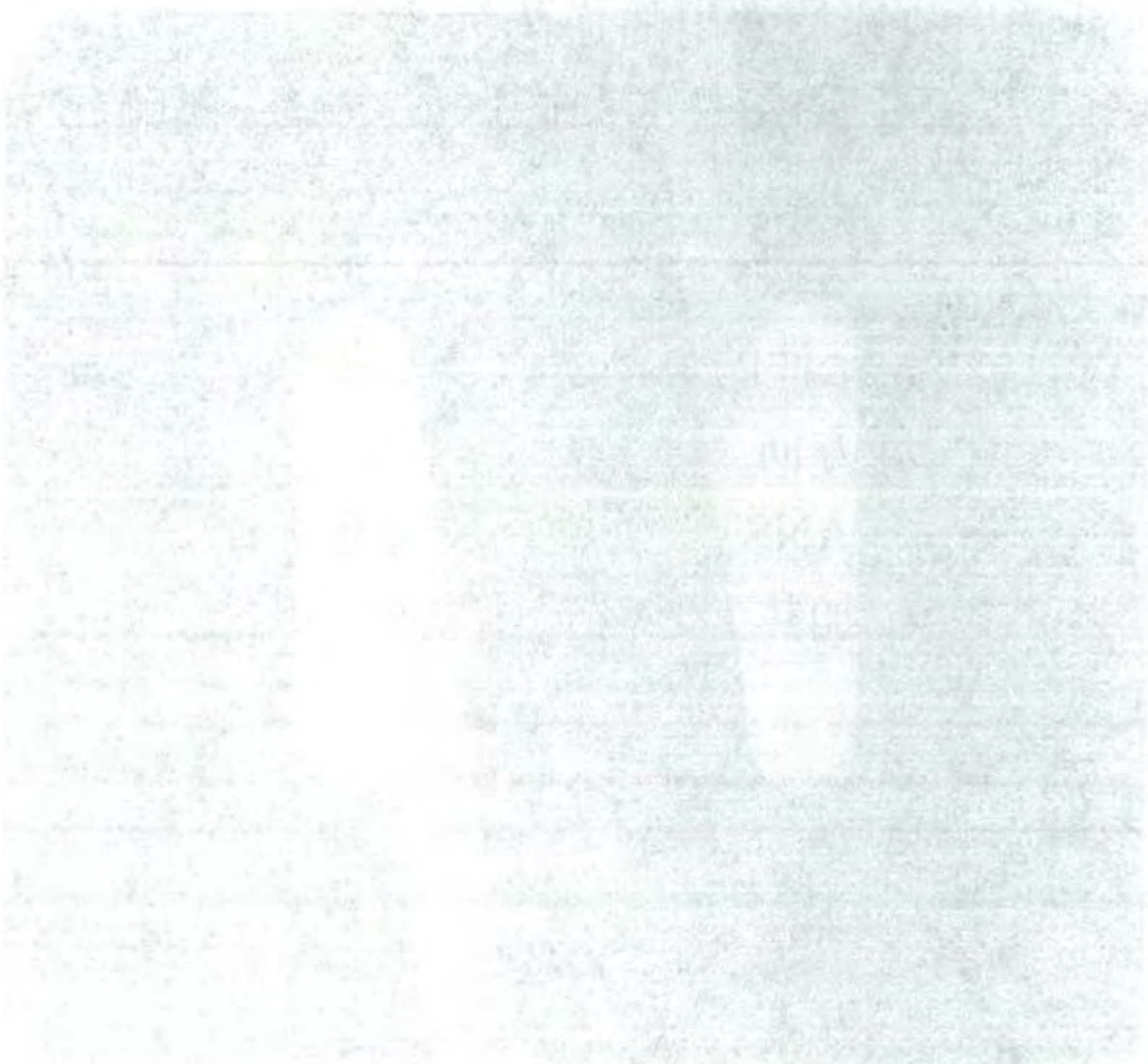
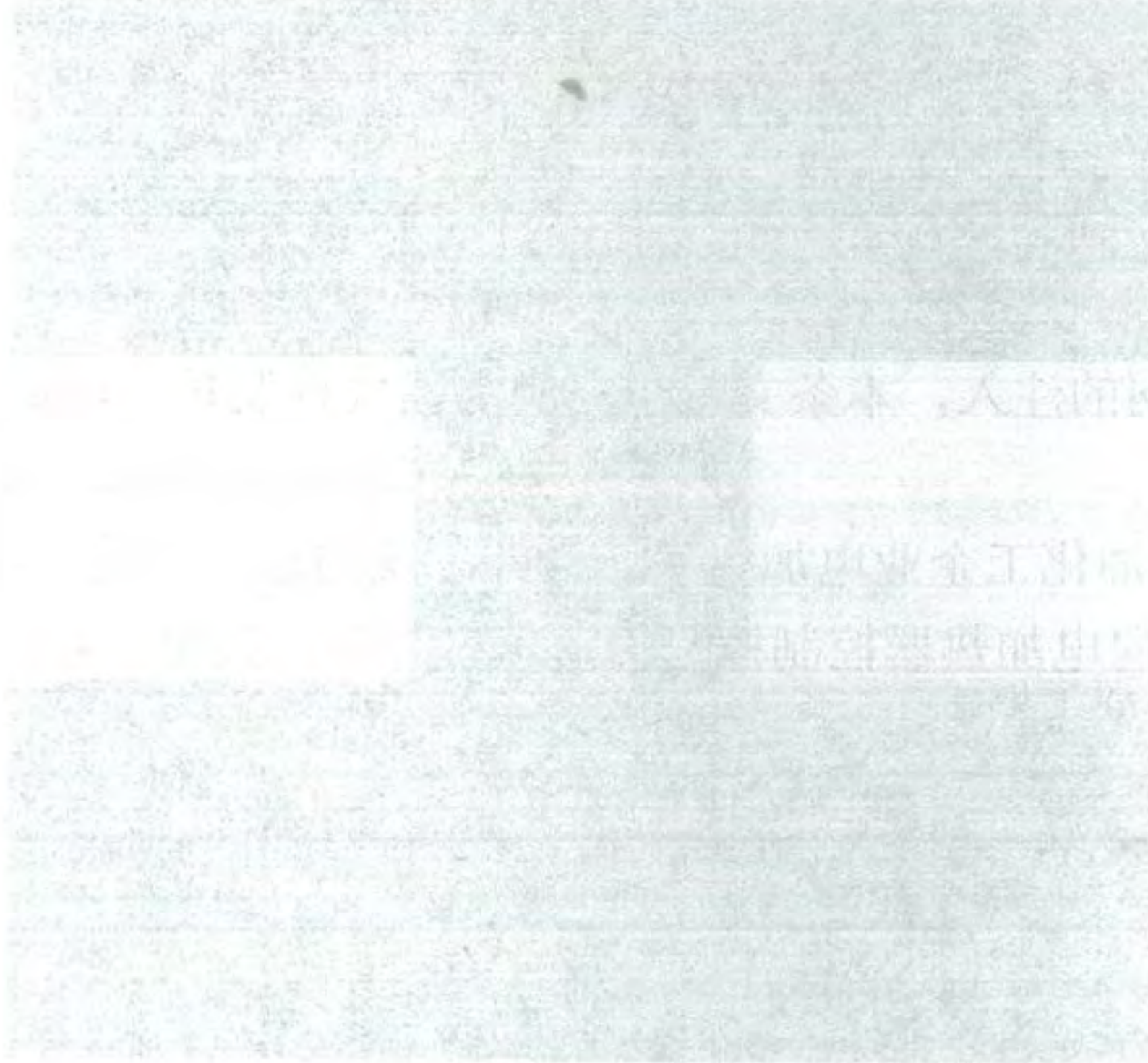
8.2.8~8.2.9 本条文对配电柜柜体的设计、冷却方式提出具体设计要求。

8.3 电气保护

8.3.1~8.3.3 为了规范电气保护原则，本条文对电加热系统的电气保护原则作出规范要求。

8.4 分支回路电气保护

8.4.1~8.4.3 为了规范电气分支回路保护原则，本条文对电加热系统分支回路的电气保护设计原则作出规定。



中华人民共和国
石油 化 工 行 业 标 准
石油 化 工 电 加 热 系 统 设 计 规 范
SH/T 3203—2018

*

中国石化出版社出版发行
地址：北京市朝阳区吉市口路9号
邮编：100020 电话：(010) 59964500
石化标准编辑部电话：(010) 59964080
发行部电话：(010) 59964526
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail: press@sinopec.com
北京艾普海德印刷有限公司印刷
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 32 千字
2019年1月第1版 2019年1月第1次印刷

*

书号：155114·1541 定价：25.00 元
(购买时请认明封面防伪标识)