

Research on Development of Oilfield Electrical Equipment Based on Intrinsically Safe Circuits

Chenjie Wang

Youbide Petroleum Equipment (Suzhou) Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215000, China

Abstract

With the development of the petroleum industry, the working environment for oil extraction and production has become increasingly complex. Under flammable and explosive field conditions, the safety of electrical equipment has become particularly crucial. Intrinsically safe circuits, as a safety measure to prevent fires and explosions caused by electrical equipment, are widely adopted in the petroleum industry. This paper analyzes the current application status and challenges of intrinsically safe circuits in the petroleum industry, based on their fundamental principles and tailored to the operational environments and characteristics of oilfield electrical equipment. It explores the design principles, implementation methods, and technological trends of intrinsically safe circuits. Through the development and research of typical oilfield electrical equipment, the paper proposes solutions to enhance equipment safety and reliability, providing technical support for safe production in the petroleum industry.

Keywords

intrinsically safe circuit; oil field; electrical equipment; safety; electrical design

基于本质安全型电路的石油现场电气设备开发研究

王晨杰

优必得石油设备（苏州）有限公司，中国·江苏苏州 215000

摘要

随着石油工业的发展，石油开采、生产环境越来越复杂，在易燃易爆的现场作业条件下，电气设备的安全性就显得尤为重要。本质安全型电路属于防止电气设备引发火灾、爆炸的安全措施，被石油行业广泛使用。本文在本质安全型电路的基础上，结合石油现场电气设备工作环境和特点，分析了本质安全型电路在石油行业的应用现状和挑战，研究了本质安全型电路的设计原则、实现方式和技术发展趋势。通过对典型石油现场电气设备的开发研究，提出提高设备安全性、可靠性的解决办法，为石油行业安全生产提供技术支持。

关键词

本质安全型电路；石油现场；电气设备；安全性；电气设计

1 引言

石油行业里，现场电气设备的安全性关乎着生产过程是否安全、稳定。石油开采、加工过程中常伴有高温、高压、易燃易爆气体，因此电气设备设计、选型必须满足安全要求。传统电路在这样的环境下容易引起火灾或者爆炸，但是本质安全型电路通过限制电气设备的能量水平来避免这些问题。自从本质安全型电路技术发展以来，石油行业开始采用该技术提高设备的安全性，在钻井、油气开采、石油化工等领域。本文主要研究本质安全型电路在石油现场电气设备中应用现状、设计技术以及发展趋势，给相关设备的开发提供理论

依据和技术支持。

2 本质安全型电路的基本理论与发展历程

2.1 本质安全型电路的定义与工作原理

本质安全型电路（IS）就是指一种能在易燃易爆环境中使用，不会造成火灾、爆炸的电气设备。它靠设计约束电流、电压、功率这些电气参数，不让设备在异常情况里发出太多热量和电能，进而避免产生可能的火源。该技术的主要内容就是对设备的电气性能进行严格的控制，使设备无论正常运行还是发生故障，都不会产生足以引发火灾、爆炸的能量。所以本质安全型电路主要在石油、天然气、化工等危险环境中使用，保证设备在危险环境中安全运行。

2.2 本质安全型电路的历史发展与应用领域

本质安全型电路最早产生于矿业，20世纪初，矿工们面临煤气爆炸的重大安全问题，于是需要研制防爆电气设备。随着技术的发展，本质安全型电路也被逐渐应用到化

【作者简介】王晨杰（1988-），男，中国江苏苏州人，本科，工程师，从事电气设备开发设计方向或自动化设备设计研究。

工、石油等其他的高危行业。石油行业中本质安全型电路的应用,可以追溯到20世纪70年代。当时石油勘探和开采过程中存在海上平台、高温高压等特殊环境,传统的电气设备防爆措施不能满足安全要求。随着全球安全标准的制定和完善,本质安全型电路成了石油行业不可缺少的安全技术。

2.3 本质安全型电路的标准与法规

为了保证本质安全型电路设计和使用的统一性、可操作性,世界各国和地区都制定了相应的安全标准和法规。国际上IEC 60079系列标准为本质安全型电路的重要标准之一,规定了设备的设计要求和测试方法。同时ATEX(欧盟防爆指令)、UL(美国防爆标准)等认证体系也对本质安全型电路的使用做出了严格的标准。这些标准和法规给电气设备的设计、制造、使用提供统一的安全规范,保证设备可以在危险环境中安全可靠地运行。

3 石油现场电气设备的工作环境与安全要求

3.1 石油开采与生产的现场环境特点

石油开采与生产现场一般都存在复杂危险的工作环境。现场有高温、高压、易燃易爆的气体或者液体,例如天然气、油气、硫化氢等。石油井下、钻井平台、储油罐区等场所经常会存在可燃气体积聚的风险,这就对电气设备的能量输出有严格要求,必须控制其产生火源。除气体爆炸以外,石油行业的生产过程中也还存在设备故障造成的电气火灾、电气设备的损坏等问题。因此,石油现场电气设备的设计要考虑环境因素对设备的影响,保证设备能长时间安全工作。

3.2 电气设备在石油现场的安全挑战

石油现场电气设备安全问题主要是由于环境条件恶劣、设备工作负荷大。电气设备处在这样的环境里,会受到震动、腐蚀、高温、潮湿等不良因素的干扰,造成设备老化、损坏,甚至引发电气火灾。另外电气设备在爆炸性气体环境里运行时,如果产生电弧或者温度过高,就会引发爆炸。因此电气设备必须有较高的防护性,设计时要考虑防止短路、接地故障等问题的发生。因此,本质安全型电路设计成了提高电气设备安全性的一个重要的技术。

3.3 电气设备的安全标准与规范要求

为了保证石油现场电气设备安全,国际和国内先后颁布了许多安全标准和规范。如IEC 60079系列标准给石油行业赋予了电气设备防爆、防火的设计需求,而中国GB/T 3836系列标准则依照国内情况,制订出石油化工领域电气设备的安全标准。根据不同的危险环境,对于防爆等级、温度组别、设备认证等有不同的要求。严格遵守这些安全标准,可以最大程度上减少石油现场电气设备引发火灾、爆炸等安全事故的发生。

4 基于本质安全型电路的电气设备设计与实现

4.1 本质安全型电路设计的基本原则

本质安全型电路设计原则,即保证在易燃易爆的环境

中,电气设备不可能产生足以引起火灾和爆炸的能量。设计时首先要严格控制电流、电压、功率等电气参数,保证设备在正常工作时能量输出远低于可燃气体或者粉尘的点燃能量。从具体方面来说,本质安全型电路设计时要对设备的电流、电压加以控制,在任何情况下,设备都能处于最不利的状态之下并保证安全。利用低电压、低电流、限制功率输出等手段可以减小电气设备在高压、高温或者短路条件下发生火花、过热等现象的可能性。设计时要考虑设备的冗余设计及保护措施,保证在电路出现故障的时候,可以利用隔离电源、自动切断或者限制能量等方式防止发生安全事故。另外,还要考虑环境因素,湿气、灰尘、腐蚀性气体等都会对设备造成影响,使设备在恶劣的环境下依然能长久稳定地工作。所有的设计要求必须严格按照IEC 60079、ATEX等相关的国际防爆标准来执行。

4.2 本质安全型电路电气设备的设计方法与关键技术

本质安全型电路设计过程中的一个核心技术就是能量限制技术。为了防止电气设备在故障状态下释放过多的能量,设计者要通过控制电流、电压和功率的输出,保证其不会达到引起爆炸的临界值。使用限流电阻、电压限制器、温度传感器等技术是实现能量限制的常用方法。限流电阻可以限制电流的通过,防止过载;电压限制器通过调节电压,防止电压过高在电气设备中产生电弧、火花。温度传感器可以实时监测电气设备的温度,防止由于过热而发生安全事故。另一个关键技术就是保护电路的设计。为了提高设备的安全性,设计人员一般在电气设备上装设过载保护、短路保护、热保护等保护装置。保护电路可以在设备出现异常的时候自动切断电源或者限制能量,从而避免设备损坏或者引发火灾。冗余设计在本质安全型电路中也占有一席之地。冗余电源、备用电路的设计,保证设备出现故障时,其他电路可以立即接手,保证设备的连续安全运行。

4.3 设计与实现中的技术挑战与解决方案

虽然本质安全型电路的设计方法已有较为成熟的技术支持,但是在实际应用中仍然会遇到一些技术问题。在保证本质安全的前提下,电气设备的高效性以及高负荷能力的问题,依旧存在。石油、天然气等行业对于电气设备的功率与效率有着较高的要求,在设计者需要保证设备在限定电流电压的情况下达到高效工作时,就需要准确的计算出设备的工作条件并选择合适的元器件与材料。另外设备在使用过程中会受到温度、湿度、腐蚀等因素的影响,这些都会对电气设备的安全、稳定造成影响。为解决这些问题,设计者需要对设备做可靠性试验,保证设备在各种不同环境条件下稳定运行。另外一个设备的复杂性与多样性。随着石油行业对电气设备需求的多样化,怎样设计出适应不同场合的本质安全型电气设备,成了设计中的难点。在高温高压环境下,怎样保证电气设备的安全运行;在易燃气体环境中,怎样防止电弧、火花的发生;在湿度大的环境中,怎样防止设备受潮短

路等。这些问题的解决需要设计者对环境条件有充分的了解,在设计过程中依据实际情况来改善设备的设计方案,选用更坚固耐用、更可靠的元器件,采用更先进的防护技术,提高设备的综合安全性。

5 本质安全型电路在石油现场电气设备中的应用实例与挑战

5.1 石油行业应用实例分析

石油开采和生产过程中,海上平台或者深井钻探等高风险场合,电气设备的安全性尤为重要。许多石油现场用本质安全型电路保证在极端环境中电气设备的安全。典型的海上钻井平台上的电气设备有气体探测器、控制系统、照明设备等。这些设备一般要应对高温、高湿、易燃气体等复杂的环境,本质安全型电路的使用大大降低了电气设备引起火灾、爆炸的危险。在一些海上平台的气体检测系统中使用本质安全型电路设计的传感器。这些传感器可以实时检测出甲烷、硫化氢等易燃气体的浓度,并且用低能量输出来避免由于电气设备故障而引起的火灾或者爆炸。本质安全型电路被广泛地用于石油平台上的防爆电气控制设备。这些设备使用严格限制功率输出的电路,保证即使发生电路短路、过载等异常情况,也不会产生足够的能量引起危险反应。通过上述技术措施,石油公司可以减少由于设备故障造成的安全风险,保证作业人员的安全。

5.2 本质安全型电路实施中的技术难点与挑战

本质安全型电路在石油现场应用中虽然取得了明显的效果,但是在实施过程中仍然存在一些技术难点和挑战。在高速重载设备中,在保证本质安全的前提下如何满足高功率、高性能要求是设计上的大难题。如石油井下电力传输系统,要求设备具有较大的功率输出,但本质安全型电路的功率是有严格限制的,这就使设备的工作效率受到影响。为克服此困难,设计人员要采用更高效的能量转换电路、低功耗材料和优化的功率管理系统等来使设备的安全性、性能达到平衡。设备长期可靠性和环境适应性也是另一个挑战。石油现场环境比较复杂,设备要长时间在极端气候、高温、潮湿、腐蚀性气体等恶劣环境下稳定工作。而本质安全型电路

对元器件及系统的设计要求较高,设计者要保证设备在这些恶劣环境下的稳定。由于海洋环境中的盐雾及湿气的影 响,海上平台电气设备易生锈。为解决该类问题,设计者应选用耐腐蚀材料并进行密封设计。另外设备的维护与监控也是很大的困难,在一些偏远的石油平台,怎样及时对电气设备进行检查和维修,防止出现故障引发安全事故,这也是设计时的一个难题。

5.3 未来发展趋势与技术创新

由于石油行业对安全性的要求越来越高,本质安全型电路的技术发展也进入到新阶段。随着智能化、数字化技术的发展,本质安全型电路在石油现场应用中所起的作用会更大。智能监控和远程诊断技术的结合,将会使电气设备能够对自身的运行状态进行实时的检测,并在出现异常的时候及时做出相应的处理。利用传感器和物联网技术,电气设备可以把运行数据传送到控制中心,实现远程监控和故障预警。将会大大提高设备的运行安全程度,也可以减少人工的干涉。

6 结语

因此,本质安全型电路对于石油行业电气设备的安全设计来说是至关重要的。通过对本质安全型电路基本原理、设计技术以及应用实例的分析,得出该技术在石油现场设备中实施的效果以及所遇到的困难。虽然目前的技术应用取得了一些进展,但是由于石油开采环境的不断复杂化,仍然存在一些技术瓶颈。随着新技术和新材料的不断发展,本质安全型电路在石油行业电气设备安全保障中的作用将越来越大,为石油行业的安全生产提供有力的技术支持。希望能给相关领域设备的设计及安全管理工作提供一些参考。

参考文献

- [1] 张国彦. 海上石油平台防爆电气设备安全问题及改进措施 [J]. 防爆电机, 2018, 53 (03): 33-36.
- [2] 刘琳,周雷,王海晶,等. 海洋石油平台电气设备延期服役评估方法浅谈 [J]. 机电信息, 2017, (15): 72-73.
- [3] 张羽辉. 钻井工程生产现场电气故障检测 [J]. 中小企业管理与科技(中旬刊), 2015, (10): 290-291.