

摘要

随着在易爆环境中操作设备的公司寻求除光耦合器外的具有超低功耗且更为高效的紧凑型器件，市场对符合本质安全标准的数字隔离器的需求不断增长。IEC 60079 体系下的多项标准均涉及数字隔离器的本质安全合规性。本应用手册定义了易爆环境标准中的一些术语，并解释了为何说“数字隔离器优于低效、大尺寸的光耦合器”。

内容

1 易爆环境中的本质安全.....	2
2 团队.....	3
3 保护等级.....	3
4 温度分级.....	4
5 本质安全设备和非本质安全设备.....	5
6 通过 IECEx 和 ATEX 认证的数字隔离器.....	6
7 总结.....	7
8 参考文献.....	7
9 修订历史记录.....	7

插图清单

图 1-1. 构成爆炸三角形的三个要素.....	2
图 5-1. 独立本质安全 (IS) 电路之间的数字隔离器.....	5

表格清单

表 4-1. II 类电气设备的最高表面温度分级.....	4
表 6-1. ISO7041 实体参数和温度等级.....	6

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 易爆环境中的本质安全

采矿或石油天然气钻探公司等许多行业都要在易爆环境中操作其设备。国际电工委员会 (IEC) 已经在 IEC 60079 结构下设定了多项标准来规范在此类环境中使用的设备。

IEC 60079-0 将易爆环境定义如下：环境中包含的气体、粉尘、纤维或扬尘如果与氧气按一定比例混合，那么在电气电路冒出火花或设备发热时，可能会引发爆炸。这类环境中安装的电气设备必须消除或隔离火源，从而防止构成爆炸三角形 (图 1-1) 的三种要素同时存在：可燃物、氧气和火源。

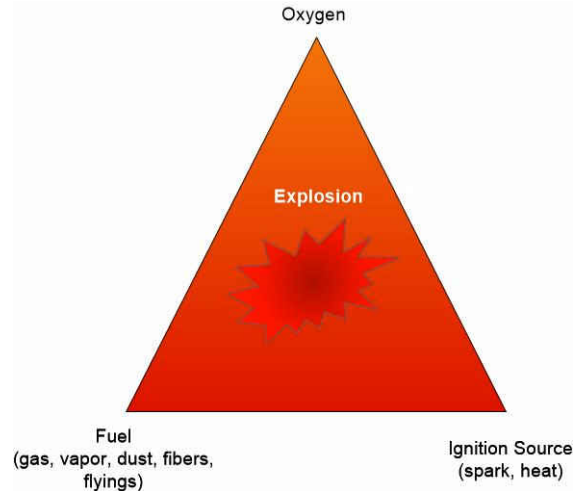


图 1-1. 构成爆炸三角形的三个要素

IEC 60079-11 将本质安全 “i” 定义为如下保护类型，即这种保护可将设备内的电能以及暴露在易爆环境中的互连接线限制在可通过火花或热效应导致点火的级别以下。本质安全涉及在本质上安全的设备或接线。换句话说，本质安全系统就是指能级很低而无法导致火花或产生足够热量来引发爆炸的系统。本质安全通常通过使用隔离层来限制能量进入危险或潜在易燃区域来实现，而隔离层要么是齐纳二极管和电阻器，要么是光耦合器和数字隔离器等隔离栅。

IECEX 体系是指与易爆环境中所用设备相关的针对标准认证的国际电工委员会体系。用于易爆环境中的元件和设备分别被称为防爆元件和设备，它们需要通过 IECEX 或其他地区认证，例如欧洲的 ATEX。ATEX 是法语 “ATmosphère EXplosives” 一词的缩写，指欧洲指令 2014/34/EU。

尽管国际分组和分区体系正在变得越来越流行，但在欧洲，危险区域通常是按类别划定的。

2 团队

适用于易爆环境的电气设备可分为以下几类：

- **I类**涵盖适用于以下环境的电气设备：容易发生瓦斯泄露的矿井 (M)。
- **II类**涵盖适用于以下环境的电气设备：各种爆炸性气体 (G) 环境场所，容易发生瓦斯泄露的矿井除外。II类可细分如下：
 - IIA - 典型气体为丙烷
 - IIB - 典型气体为乙二醇
 - IIC - 典型气体为氢

标记为 IIC 的设备也适用于要求 IIA 和 IIB 的应用，因为氢气允许的点火能量 (20 μ J) 要低于乙二醇 (80 μ J) 和丙烷: (160 μ J)。

- **III类**涵盖适用于以下预期环境的电气设备：爆炸性粉尘 (D) 环境场所，容易发生瓦斯泄露的矿井除外。III类包含以下细分：
 - IIIA - 可燃扬尘
 - IIIB - 非导电粉尘
 - IIIC - 导电粉尘

标记为 IIIC 的设备也适用于分别要求 IIIA 和 IIIB 的应用。

3 保护等级

IEC 60079-11 定义了三种保护等级，分别是“ia”、“ib”和“ic”，对应于易爆环境发生点燃的可能性大小。这些术语的定义如下：

- “**ia**”提供了一种“非常高”的保护等级，这类设备被视为足够安全并能够用在最为危险的场所，并且在正常工作期间、预期故障期间或罕见故障期间，即使在发生气体泄露时保持为通电状态，也不太可能会成为火源。
- “**ib**”提供了一种“较高”的保护等级，这类设备在正常工作或预期故障期间不会成为火源。
- “**ic**”提供了一种“增强”的保护等级，这类设备在正常工作时不会成为火源，而且可能会提供一些额外的保护，确保设备在一些常规预期情况（例如灯泡故障）下仍不会成为火源。

设备保护级别 (EPL) 是 IEC 60079-0 中使用的另一个术语，用于定义根据成为火源的可能性大小而分配给设备的保护等级，并区分爆炸性气体环境、爆炸性粉尘环境和容易发生瓦斯泄露的矿井中易爆环境之间的差别。例如，设备保护级别“Ga”会分配给用于爆炸性气体环境的以下设备：具有“非常高”的保护等级，并且在正常工作期间、预期故障期间或罕见故障期间不会成为火源。

4 温度分级

危险气体与可燃粉尘的混合物在接触灼热表面时可能会被点燃。灼热表面燃烧的条件取决于温度、表面积以及气体或粉尘混合物的浓度。产品的温度分级表示给定产品在规定的环境温度条件下不会超过的最高表面温度。表 4-1 显示了 II 类电气设备最高表面温度的温度分级。例如，如果产品的温度分级为 T3，则表示在制造商规定的环境温度下工作时，该产品的最高表面温度不会超过 200°C。

表 4-1. II 类电气设备的最高表面温度分级

温度分级	最高表面温度 (°C)
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

5 本质安全设备和非本质安全设备

从易爆环境标准的角度来看，整个世界分为两个区域：危险区域和非危险区域；请参阅图 5-1。在危险区域中使用的设备被称为本质安全 (IS) 设备，而在非危险区域中使用的设备被称为非本质安全 (非 IS) 设备。在危险区域中，气体和粉尘的存在形成了一种易爆环境，因此应当限制能级 (电压和电流) 与储能元件 (电容和电感)，以避免出现火花或过热问题。此外，危险区域中还应当限制功率水平和环境温度水平。在非危险区域中，环境中不存在危险条件，因此不会导致也不用担心爆炸，因而也就不存在任何关于功率水平和环境温度水平的本质安全相关限制。在危险区域中，电压电平只允许升高到如此水平，因此隔离耐受电压仅在 $500V_{RMS}$ 条件下进行了测试，而非 IS 区域中的电压可能会升高到很高的水平，对应的隔离耐受电压可能达到 $3000V_{RMS}$ 或更高。

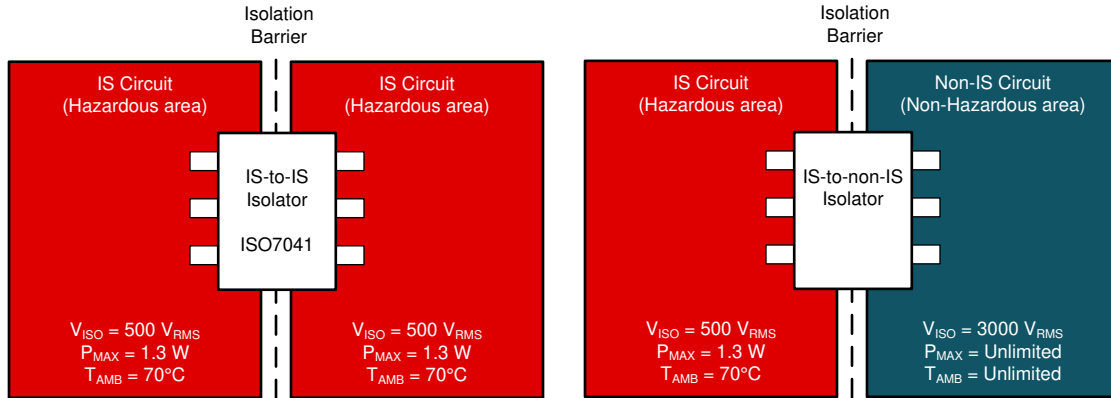


图 5-1. 独立本质安全 (IS) 电路之间的数字隔离器

本质安全设备可通过以下两种方法之一进行认证评估：系统认证或参量认证。在系统认证中，要指定系统的每个组件，然后对整个系统进行评估和认证。任何组件发生变化都会导致认证作废。相比之下，参量认证中是对每个组件分别进行评估，并会被分配一组安全或实体参数。借助参量认证，制造商可将现场设备连接到任何具有兼容实体参数的隔离栅。参量法让设备制造商能够轻松选择设计所需的组件。

6 通过 IECEx 和 ATEX 认证的数字隔离器

以前，易爆环境应用使用光耦合器在 IS 至 IS 和 IS 至非 IS 电路之间实现隔离。基于电容器和变压器的数字隔离器等新技术将会很快取代市场上的光耦合器。光耦合器存在多种缺点，例如尺寸大、速率较慢、功耗高以及性能会随时间推移而不断下降，这推动了市场对超低功耗 ISO7041 器件等速率更快、尺寸更小的数字隔离器的需求不断增长。这款 4 通道器件在正常工作条件下具有超低的功耗特性，因此非常适合用在 4 - 20mA 环路供电式现场发送器、工厂自动化和串行外设接口 (SPI) 隔离。由于每个通道的功耗低至 3.5 μ A，系统设计人员可以提供更多的隔离通道并重新考虑其数据传输架构，从而提供实现更多的系统功能或者能够将额外的功耗预算分配至系统的其余部分。

ISO7041 器件已通过 IECEx 和 ATEX 标准的全面认证，可用作独立本质安全 (IS 至 IS) 电路之间的隔离元件。该器件经过了一系列测试，包括但不限于额定功率和温度测试、500V_{RMS} 介电强度测试等等。表 6-1 根据环境温度范围和隔离栅两侧的最大输入功率，列出了 ISO7041 隔离器在两种不同应用场景中的安全或实体参数和温度等级：

表 6-1. ISO7041 实体参数和温度等级

应用	实体参数 (1 侧)	实体参数 (2 侧)	环境温度	最高元件温度
IS 至 IS : 场景 1	Ui = 50 V li = 300mA Pi = 1.3W Li = 0H Ci = 4pF	Ui = 50V li = 300mA Pi = 1.3W Li = 0H Ci = 4pF	-55°C 至 +70°C	194.3°C
IS 至 IS : 场景 2	Ui = 50V li = 300mA Pi = 1.1W Li = 0H Ci = 4pF	Ui = 50V li = 300mA Pi = 1.1W Li = 0H Ci = 4pF	-55°C 至 +85°C	183.1°C

由于 IEC 60079-11 对最小绝缘体厚度有要求，数字隔离器目前不支持 IS 至非 IS 的应用用例。尽管数字隔离器中采用的绝缘体要比光耦合器薄，但是易爆环境标准委员会正在讨论质量明显更高的绝缘材料，从而允许在 IS 至非 IS 电路中采用增强型数字隔离器。

7 总结

防爆设备制造商很期待在易爆环境应用中引入超低功耗数字隔离器，目前，数字隔离器可在独立本质安全电路之间使用。随着越来越多的数字隔离器通过易爆环境应用的苛刻标准认证，这类产品将有望在此类市场中广泛应用，并会快速取代尺寸大且效率较低的光耦合器。

8 参考文献

- 国际标准 IEC 60079-0，易爆环境 - 第 0 部分：设备 - 一般要求，版本 7.0，2017-12
- 国际标准 IEC 60079-11，易爆环境 - 第 11 部分：本质安全“i”型保护设备，版本 6.0 2011-06
- 有关 TI 隔离产品系列的更多信息，请访问 www.ti.com/isolation

9 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (May 2020) to Revision A (August 2021)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。.....	2

重要声明和免责声明

TI 提供技术和可靠性数据 (包括数据表)、设计资源 (包括参考设计)、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源, 不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保, 包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任: (1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品, (2) 设计、验证并测试您的应用, (3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。这些资源如有变更, 恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务, TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.ti.com) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

重要声明和免责声明

TI 提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款 (<https://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com.cn](https://www.ti.com.cn) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2021 德州仪器半导体技术（上海）有限公司