

Application Note

了解高压应用的安全要求和隔离需求

第 I 部分：区分不同的安全标准并了解安全要求的基本原理



Severi Zhou, Yang Wu, Saminah Chaudhry

摘要

隔离元件广泛用于高压 (HV) 领域，用于保护用户免受危险电压的伤害。然而，要了解隔离电压、工作电压、间隙、爬电距离、认证等关键考虑因素，从而选择合适的隔离器件，可能会让人感到困惑。本应用手册系列旨在帮助工程师了解高压应用的安全要求和隔离需求、掌握如何设计整个系统的隔离方案以满足相应的安全标准，并最终学会如何选择合适的隔离器件。该系列包括三个部分，第 I 部分重点介绍如何区分不同的安全标准，并理解安全要求的基本原理。有关该系列的其余部分，请参阅 [第 II 部分：选择 ISO 器件并揭秘电气间隙和爬电距离的主要注意事项](#) 和 [第 III 部分：太阳能和 ESS 系统的安全法规设计示例](#)。

内容

1 简介.....	2
2 区分不同的安全标准.....	2
2.1 安全标准管理机构的层级关系.....	2
2.2 安全标准类型.....	3
2.3 示例 - 太阳能和储能系统 (ESS) 的安全标准.....	5
3 了解安全标准在系统应用中的作用.....	5
3.1 安全要求的目的.....	6
3.2 安全绝缘等级.....	6
3.3 示例 - 1500V 串式逆变器的安全要求.....	7
4 总结.....	9
5 参考资料.....	10

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

目前，在各种高压电力电子应用中，隔离是系统设计中一个极其重要的部分；其应用包括太阳能、储能系统、工业自动化、电机驱动、医疗设备、电源和混合动力电动汽车。对于设计人员而言，为安全保护选择正确的隔离器往往令人困惑。设计人员必须确定要考虑的最重要因素—间隙、爬电距离、隔离电压、工作电压、证书、电气工程 (EE) 标准—并根据产品安全要求选择适当的隔离器件。

为了清楚地说明此决策过程，本应用手册重点介绍以下内容：

- 阐明各种安全标准的层级关系、类型和差异
- 解释这些标准的基本原理和具体安全要求

本应用手册以太阳能逆变器的绝缘设计为例，并说明该经验如何应用于其他高压应用。

备注

隔离和绝缘通常可以互换使用。隔离是指在两个系统或电压电平之间进行隔离，而绝缘是指指用于实现这种分离的实际介质。在本应用手册系列中，这两个术语被视为具有相同含义。

2 区分不同的安全标准

以下数据手册列表仅作为示例，列举了含隔离元器件且分别符合不同主管机构各类标准的器件：

- 数字隔离器：[ISO644x 通用型、基础型及增强型四通道数字隔离器](#)
- 隔离式栅极驱动器：[UCC23513, 4A 拉电流、5A 灌电流、5.7kVRMS 光耦兼容单通道隔离式栅极驱动器](#)

这些文档的首页列出了许多不同的安全相关认证，其中部分认证标准如下所示。

- 安全相关认证：
 - DIN EN IEC 60747-17: [Semiconductor devices – Part 17: Magnetic and capacitive coupler for basic and reinforced insulation](#) (VDE 0884-17: [第 17 部分：Magnetic and capacitive couplers for basic insulation and enhanced insulation](#))
 - UL 1577 元件认证计划：[光学隔离器](#)
 - 符合 IEC 62368-1：[Audio/video, information and communication technology equipment – Part 1: 安全要求](#)
 - 符合 IEC 61010-1：[Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: 一般要求](#)
 - 符合 IEC 60601-1：[医疗电气设备 – 所有部分](#)
 - GB 4943.1：[Audio/video, information and communication technology equipment – Part 1: 安全要求](#)

面对如此众多的各类证书和标准，在决策过程初期感到无从下手是常有的事。因此，了解监管机构之间的层级关系以及安全标准类型（无论是系统层面还是元件层面）至关重要。

2.1 安全标准管理机构的层级关系

图 2-1 展示了安全标准管理机构的层级关系。

- 第一级。
 - 国际电工委员会 (IEC) 是电力电子行业公认的标准协会。该标准化机构针对不同应用领域制定并发布国际电气标准，作为通用安全要求。
- 第二级。
 - 各国或各地区实施各自的标准和解释，并据此发布具体的区域性标准。这些区域性标准通常与第一级的 IEC 标准兼容。当然，这些监管机构也可以独立制定标准，无需参考 IEC 标准。
- 第三级。
 - 负责完成相应测试并签发证书的区域认证机构或组织。

第二级监管机构的示例如下：

- 美国和加拿大的美国/加拿大安全标准 (UL/CSA)
 - UL/CSA 是负责安全标准测试和认证的机构

- 德国的 Verband der Electrotechnical (VDE)
 - Technischer Überwachungsverein (TÜV) 和 VDE 是负责安全标准测试和认证的机构
- 中华人民共和国认证认可监督管理委员会 (CNCA) 和中国国家标准 (GB)
 - 中国质量认证中心 (CQC) 负责安全标准的测试和认证

在某个国家或地区销售或使用的电力电子产品或系统必须符合该地区标准。

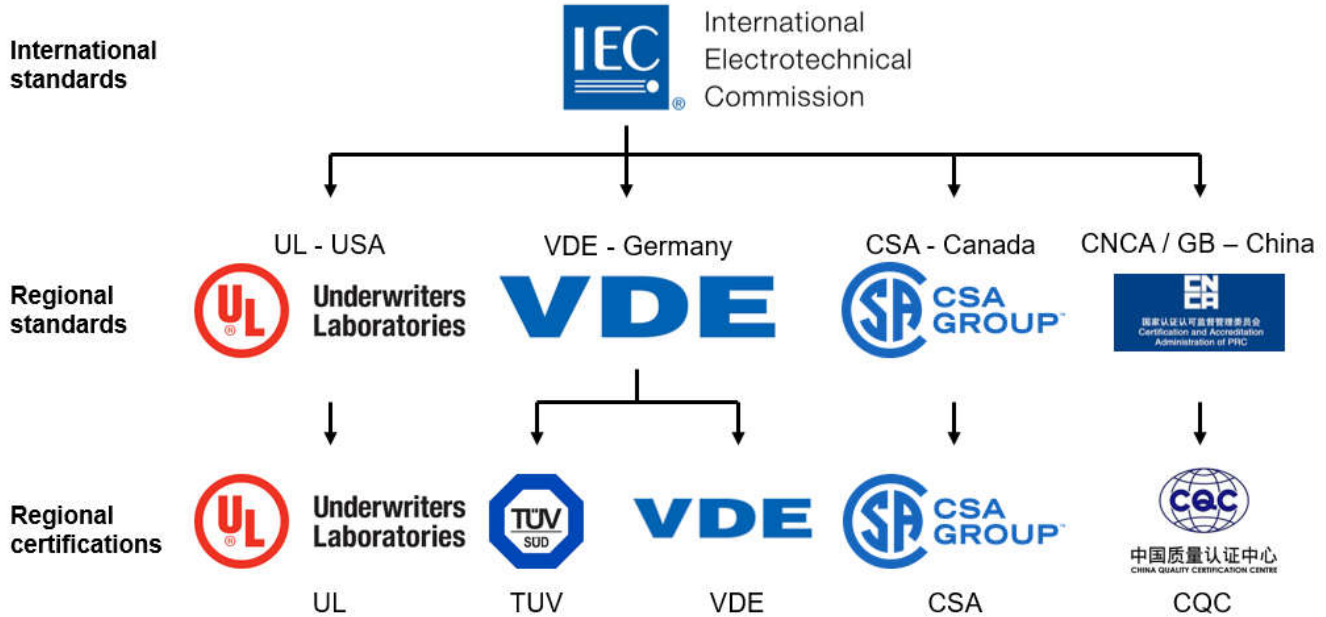


图 2-1. 安全标准管理机构的层级关系

2.2 安全标准类型

不同的安全标准具有不同的安全类型。根据目标目的，这些标准通常分为三类：

- 系统和设备标准
- 元件标准
- 协调与支持标准

2.2.1 系统和设备标准

系统和设备标准是规范终端设备系统运行安全性的控制性标准。本标准涵盖各种安全问题，例如绝缘、加压气体等。例如，IEC 62477-1 标准适用于电力电子转换器系统和设备、IEC 62109-1 标准适用于光伏电源系统中使用的电源转换器、IEC 61010-1 标准适用于医疗设备及 IEC 60950 标准适用于信息技术设备。系统和设备标准设定了特定条件下的性能水平（例如间隙和爬电距离）。以太阳光系统为例，IEC 62109-1 标准要求系统设计必须满足的最小间隙和爬电距离值（例如隔离器，PCB 和其他与高压相关的元件）。因此，系统和设备标准也会根据系统的安全要求来确定元件的规格。因此，对系统和设备标准的评估包括对相关元件标准的评估。

2.2.2 元件标准

元件标准旨在评估可用于各种应用的特定元器件，这些标准为多个 IEC 系统标准提供了支持。这些标准规定了如何评估隔离性能，例如测试方法、测试条件、样本数量等。例如，VDE 0884-5 标准（相当于 IEC 60747-5-5）适用于光耦合器隔离器，IEC 60747-17 标准（相当于 VDE 0884-17）适用于电容式和电感式隔离器，UL 1577 标准适用于所有隔离器。元件制造商将器件发送到认证机构，由认证机构根据标准方法和条件对器件进行测试。之后，元件制造商可在数据手册中列出测试结果所确定的规格参数。用户可以根据系统和设备标准，选择具有适当规格的隔离元件。

备注

UL 1577 标准是美国隔离标准。该标准不被视为与一级 IEC 标准一致。节 2.2.4 详细比较了 UL 1577 和 IEC 60747-17 这两种隔离器元件标准。

2.2.3 协调与支持标准

协调与支持标准旨在提供适用于其他标准的定义、术语、方法或要求。例如，IEC 60664-1 是绝缘协调标准。该标准详细列出了影响隔离性能的因素，例如工作电压、过电压类别 (OVC)、材料污染、相对漏电起痕指数 (CTI) 和海拔高度。根据这些因素，系统和设备标准可以制定不同条件下的间隙、爬电距离和其他隔离要求。

这三种安全标准类型之间的关系如图 2-2 所示。

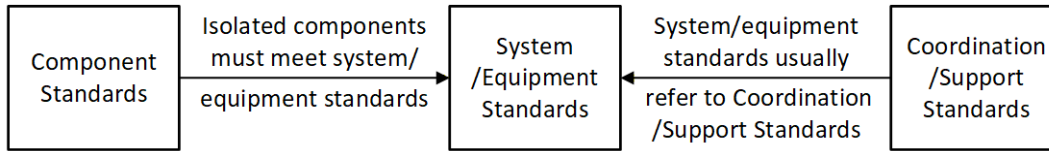


图 2-2. 不同安全标准类型之间的关系

备注

其他 IEC 测试方法标准很常见，例如针对 ESD、EFT、浪涌、射频抗扰度等的 IEC 61000-4-x。这些标准与安全标准无关，在本应用手册中不予讨论。

2.2.4 UL 1577 标准与 IEC 60747-17 (VDE 0884-17) 标准

通常，在隔离器件的绝缘规格中同时列出 UL 1577 和 IEC 60747-17 (等效于 VDE 0884-17) 证书。然而，这些标准之间存在差异。

UL 1577 标准是美国市场要求的认证，该标准的额定值严格基于击穿电压。UL1577 标准包含两个部分：

- 认证：对批次样品进行破坏性测试，需要样品承受 60s 的 V_{ISO}
- 生产：对每个器件进行无损生产测试，需要元件在 $1.2 \times V_{ISO}$ 电压下持续 1s 而不发生击穿。

但是，UL 1577 标准存在局限性。该标准基于一分钟的击穿电压，因此其测试依据既未能反映能在隔离电压下连续工作的隔离器，也无法衡量瞬态电压耐受能力。此外，仅检查隔离电压的耐受能力对于所有应用而言并不充分。在高压应用中，局部放电，如图 2-3 所示，是导致绝缘击穿的主要原因，UL 1577 标准并未对局部放电进行测试。如果隔离器的电介质较差，例如存在微小气泡或杂质时，则可能导致局部放电，从而降低绝缘强度。局部放电测试是验证绝缘可靠性的众多重要方法之一。随后发布的 IEC 60747-17 标准在该测试方面比 UL1577 标准更进一步。

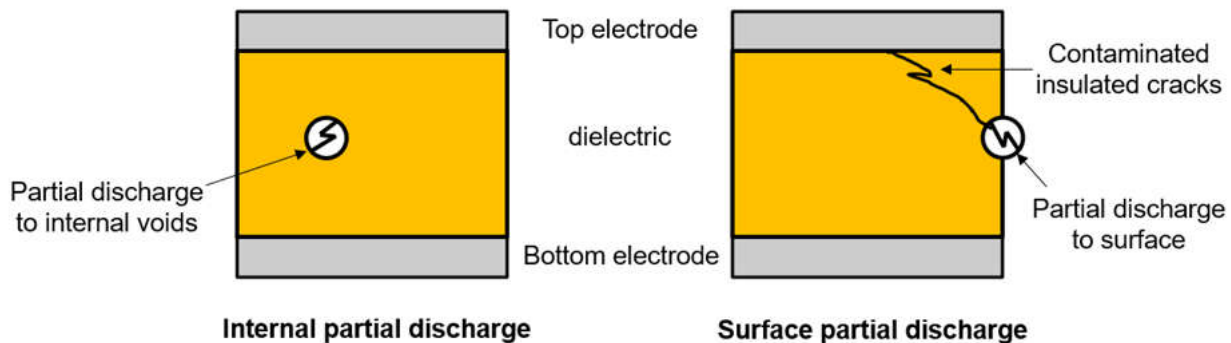


图 2-3. 局部放电

IEC 60747-17 标准主要基于局部放电而不是击穿测试。根据标准内容，该标准确定并测试更多绝缘电压规格，例如长期工作电压 V_{IOWM} 、瞬态电压 V_{IOTM} 、浪涌电压 V_{IOSM} 和重复峰值电压 V_{IORM} 。局部放电测试可检测到可能进一步恶化的微小缺陷。测试方法如图 2-4 所示。

方法 a) 用于随机抽样合格性检验，向样品施加 V_{IOTM} 并保持 60s 以模拟瞬态过电压的发生，随后降至 V_{IORM} 的 1.6 倍或 1.2 倍并保持 10s，以测试视电荷量 q_{pd} 。

方法 b1) 适用于 100% 生产合格性检验，并在自动测试设备 (ATE) 上完成；该测试对样品施加 V_{IOTM} 并保持 1s，随后降至 V_{IORM} 的 1.875 倍或 1.5 倍并保持 1s，以测试视电荷量 q_{pd} 。

所有方法都需要 $q_{pd} \leq 5pC$ 来筛选合格的元件。

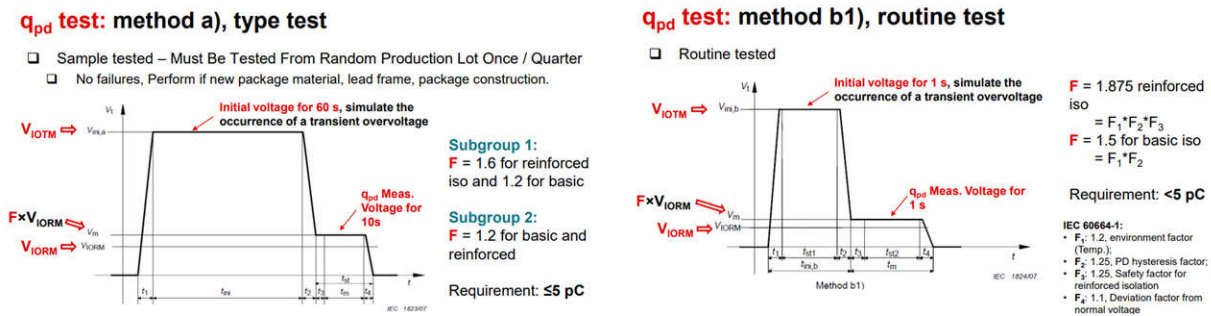


图 2-4. IEC 60747-17 (VDE 0884-17) 局部放电测试

2.3 示例 - 太阳能和储能系统 (ESS) 的安全标准

基于前文的讨论，工程师现在能够区分不同的标准监管和认证机构之间的关系、不同标准类型以及不同的安全标准，从而将标准与实际系统设计相匹配，并满足相关安全标准要求。例如，图 2-5 展示了与太阳能系统和 ESS 匹配的相关标准。

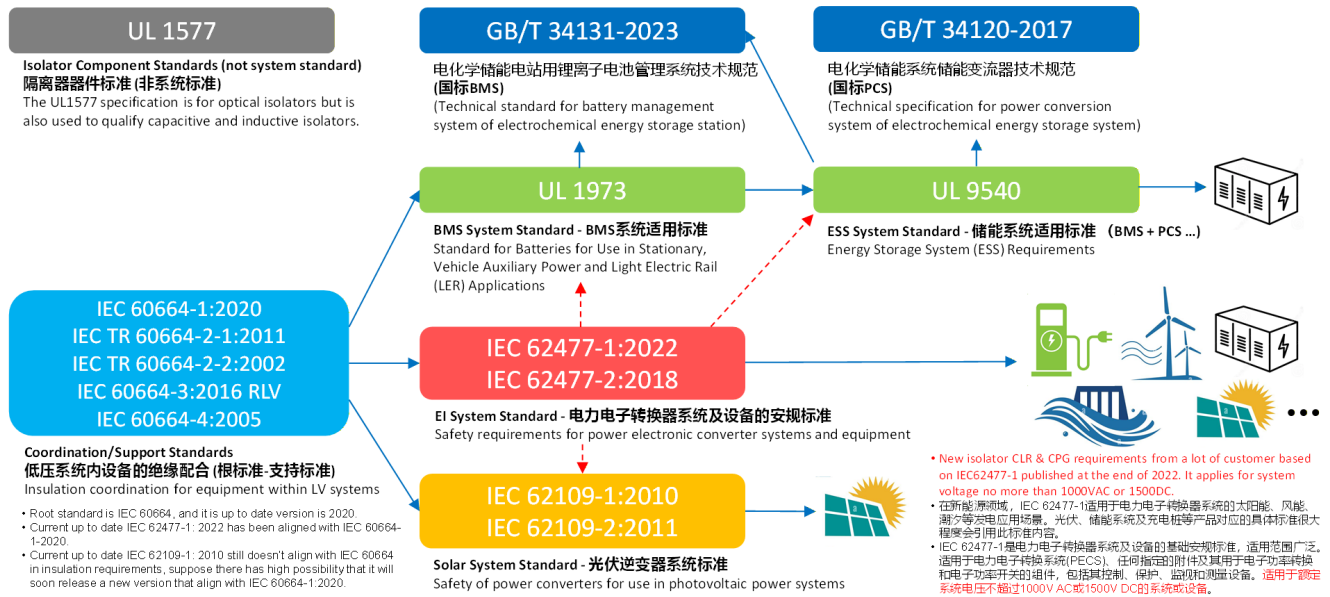


图 2-5. 示例 - 太阳能和 ESS 中的安全标准

3 了解安全标准在系统应用中的作用

在了解如何区分不同的安全标准以及如何将不同标准与系统匹配之后，一个重要的步骤是理解这些标准在实际系统应用中发挥的作用，以及如何根据安全要求选择合适的隔离元件。

3.1 安全要求的目的

与产品数据表中的其他电气规格不同，安全标准所定义参数并不涵盖设备的性能或功能特性。设计人员必须了解安全要求的基本原理才能开发安全设备。应用安全标准的目的是降低人身伤害或财产损失的风险，例如常见的触电风险。

根据 **UL 60950-1** 标准 (**IEC 60950-1** 和 **GB 4943.1**)，在干燥条件下，对于相当于人手的接触面积，稳态电压超过 **42.4V** 交流峰值或 **60V** 直流的电压被视为危险电压。低于此水平的电压 (例如常见的 **3.3V** 直流、**5V** 直流和 **12V** 直流) 通常被视为非危险电压，用户可以安全接触。这些非危险电压电路必须与危险电压隔离，以保护用户免受危险电压的影响。

图 3-1 显示了太阳能逆变器应用示例。逆变器的高压侧连接到光伏 (PV) 串，然后通过最大功率点跟踪 (MPPT) 进行升压，并转换为交流电以供电网或负载使用。在住宅应用中，总线电压最高可达 **1100V**，而在工商业或电网级应用中，甚至可达 **1500V** 或 **2000V**，远高于危险电压阈值。逆变器的低压侧有一个用于通信或其他操作目的的人机界面 (HMI)，用户可以触控以检查和调整逆变器运行状态。因此，产品设计必须确保高压侧与低压侧之间具有足够的绝缘，以保护人员免受电击伤害。



图 3-1. 太阳能逆变器的应用示例

3.2 安全绝缘等级

安全绝缘分为以下几个等级：

- 功能性绝缘
- 基础型绝缘
- 辅助绝缘
- 双重绝缘
- 增强型绝缘

图 3-2 将安全绝缘等级与穿衣进行类比，以更好地演示不同安全绝缘等级之间的关系。

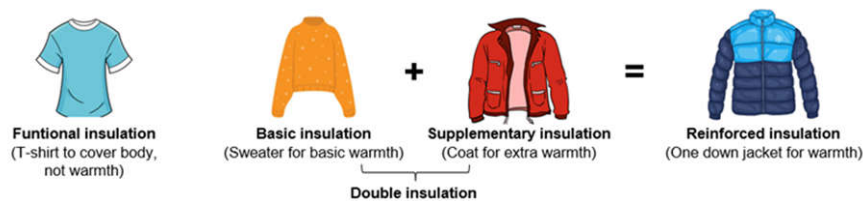


图 3-2. 安全绝缘等级简明指南

对于具有危险电压电平的高压系统，必须考虑两类人员的安全问题：维修人员和用户 (或操作员)。维修人员是指组装、安装和维护高压产品或设备的人员。维修人员经过专业培训，能够对设备的高压部件进行作业。仅供维修人员使用的高压器件通常需要基础型绝缘。“用户”一词是指除维修人员以外的所有人员。针对用户的保护要求必须基于以下假设：这些人员虽未接受过识别危险的培训，但也不会故意制造危险情况。在危险电压与用户可能接触的部件之间，必须采用增强型绝缘，例如，在 **图 3-1** 示例中提及的 HMI 中。

3.2.1 功能性绝缘

功能性绝缘属于最低级别。功能性绝缘的唯一目的是保持电路的正常功能，例如在电路内的导电部件之间添加绝缘层以实现高电压和低电压连接，或提供共模瞬态抗扰度 (CMTI)。功能性绝缘不能提供防电击防护。

3.2.2 基础型绝缘

对危险带电部件施加基础型绝缘，能提供防止电击的基本保护。基础型绝缘旨在无故障条件下提供防触电保护。

3.2.3 辅助绝缘

除了用于故障保护的基础型绝缘，辅助绝缘也是一项独立的绝缘措施。因此，辅助绝缘不能单独存在。

备注

基础型绝缘和辅助绝缘是相互独立的；二者均旨在提供针对电击的基础保护。辅助绝缘有助于在电路出现问题时和基础型绝缘发生故障时提供额外的保护。

3.2.4 双重绝缘

基础型绝缘和辅助绝缘共同构成双重绝缘。

3.2.5 增强型绝缘

增强型绝缘是针对危险带电部件的最高绝缘等级。增强型绝缘提供的防电击保护等级相当于双重绝缘。认证机构承认：增强型绝缘和双重绝缘可以在系统级实现相同的绝缘性能。但是，增强型绝缘必须是一个整体。这意味着，尽管增强型绝缘可以包含多个隔离层，但隔离必须通过单个隔离器实现，并且无法作为基础型绝缘和辅助绝缘单独进行测试。

3.3 示例 - 1500V 串式逆变器的安全要求

作为标准映射示例，以图 3-3 中具有 1500V 总线电压的串式逆变器为例。串式逆变器通常分为几个部分：

- 主控板
- 电弧故障断路器 (AFCI) ARC 板
- 比例-积分-微分 (PID) 板
- 通信板

前三个部件均位于高压侧，若这些部件之间需要通信，则基础型绝缘即可满足要求。通信板位于低压侧并连接到外部人机界面 (HMI)，因此需要增强型绝缘。

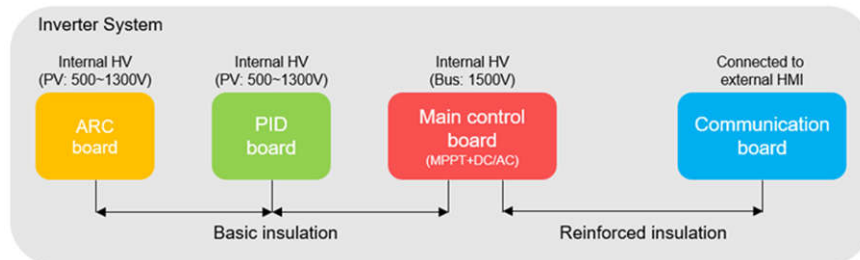


图 3-3. 串式逆变器功能块

确定所需的绝缘等级后，第一步是确认隔离器是否能够长期在系统高压电平下运行，即 V_{IOWM} 。如图 3-4 所示，ISO1050DW V_{IOWM} 器件仅支持 1200VDC，这不是 1500V 串式逆变器系统适用的隔离式 CAN 收发器。而 ISO1042DW 器件可满足 1500VDC 的系统高压电平要求。

DIN V VDE V 0884-11:2017-01 ⁽²⁾					
V_{IORM}	Maximum repetitive peak isolation voltage	AC voltage (bipolar)	560	1200	V_{PK}
V_{IOWM}	Maximum isolation working voltage	AC voltage (sine wave); time-dependent dielectric breakdown (TDDB) test;	395	848	V_{RMS}
		DC voltage	560	1200	V_{DC}

ISO1050DW

DIN VDE V 0884-11:2017-01 ⁽²⁾					
V_{IORM}	Maximum repetitive peak isolation voltage	AC voltage (bipolar)	1500	1500	V_{PK}
V_{IOWM}	Maximum isolation working voltage	AC voltage (sine wave); time-dependent dielectric breakdown (TDDB) test;	1060	1060	V_{RMS}
		DC voltage	1500	1500	V_{DC}

ISO1042DWV

图 3-4. 比较 ISO1050DW 和 ISO1042DWV V_{IOWM}

相关安全标准综合考虑了过电压类别 (OVC)、相对漏电起痕指数 (CTI)、污染等级和海拔等因素，以确定整体绝缘间隙和爬电距离的要求。如表 3-1 所示，根据 IEC 62477-1:2022 标准，在海拔 4,000m 的应用环境下，基础型绝缘间隙必须大于 7.095mm，爬电距离必须大于 7.514mm，而增强型绝缘间隙必须大于 10.320mm，爬电距离必须大于 15.029mm。在海拔 5,000m 的应用环境下，基础型绝缘间隙和爬电距离均必须大于 8.140mm，而增强型绝缘的间隙必须大于 11.840mm，爬电距离必须大于 15.029mm。

为了满足部署在海拔 5000m 高度的 1500V 逆变器或功率控制系统 (PCS) 对限流电抗器 (CLR) 和爬电距离与间隙 (CPG) 要求，如图 3-5 所示，TI 推出了最新的数字隔离器 ISO64xxDW 和 ISO77xxDUW，它们分别可实现基础型隔离和增强型隔离。此外，ISO77xxDUW 器件不仅支持 1500V 应用，还根据 IEC 62477-2:2018 标准支持 2000V 的应用。

有关更多设计详细信息，请参阅第 II 部分：选择 ISO 器件并揭秘电气间隙和爬电距离的主要注意事项和第 III 部分：应用手册系列太阳能和 ESS 系统的安全调节设计示例。

表 3-1. 1500V 系统的 IEC 62477-1:2022 CLR 和 CPG 要求

1500VDC、OVC I ⁽¹⁾ 、CTI-I 和污染等级 2				
高度	间隙 (CLR)		爬电距离 (CPG)	
	基础型	增强型	基础型	增强型
4000m	7.095mm	10.320mm	7.514mm	15.029mm
5000m	8.140mm	11.840mm	8.140mm	15.029mm

(1) 元件 OVC I 与 SPD 协同工作以实现系统 OVC II

PARAMETER		TEST CONDITIONS	PACKAGE	UNIT
			16-DW	
IEC 60664-1			ISO64xxDW	
CLR	External clearance ⁽¹⁾	Side 1 to side 2 distance through air	>8.15	mm
CPG	External creepage ⁽¹⁾	Side 1 to side 2 distance across package surface	>8.15	mm
DTI	Distance through the insulation	Minimum internal gap (internal clearance)	>17	μm
CTI	Comparative tracking index	IEC 60112	>600	V

PARAMETER		TEST CONDITIONS	VALUE			UNIT
			DW-16	DUW-16	DBQ-16	
CLR	External clearance ⁽¹⁾	Shortest terminal-to-terminal distance through air	>8	>20	>3.7	mm
CPG	External creepage ⁽¹⁾	Shortest terminal-to-terminal distance across the package surface	>8	>20	>3.7	mm
DTI	Distance through the insulation	Minimum internal gap (internal clearance) ISO77xxDUW	>17	>17	>17	μm
CTI	Comparative tracking index	DIN EN 60112 (VDE 0303-11); IEC 60112	>600	>600	>600	V

图 3-5. TI 最新推出的数字隔离器 ISO64xxDW 和 ISO77xxDUW

4 总结

安全标准可分为系统和设备标准、元件标准以及协调与支持标准。在评估高压系统设计的安全合规性时，设计人员必须区分安全要求是适用于整个系统还是适用于单个元件，并考虑不同地区的安全标准。根据绝缘位置和需要保护的人员，必须根据相应的安全标准选择不同的绝缘等级和适当的隔离器。

5 参考资料

1. IEC, *IEC 60601-1:2025 SER: Medical Electrical Equipment – ALL PARTS*, standard.
2. IEC, *IEC 60664-1:2020: Insulation Coordination for Equipment Within Low-Voltage Supply Systems – Part 1: Principles, Requirements and Tests*, standard.
3. IEC, *IEC 60747-17:2020: Semiconductor Devices – Part 17: Magnetic and Capacitive Coupler for Basic and Reinforced Insulation*, standard.
4. IEC, *IEC 60747-5-5:2020: Semiconductor Devices – Part 5-5: Optoelectronic Devices – Photocouplers*, standard.
5. IEC, *IEC 60950-1:2005+AMD1:2009+AMD2:2013: Information Technology Equipment – Safety – Part 1: General Requirements*, standard.
6. IEC, *IEC 61010-1:2010: Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use – Part 1: General Requirements*, standard.
7. IEC, *IEC 62109-1:2010: Safety of Power Converters for Use in Photovoltaic Power Systems – Part 1: General Requirements*, standard.
8. IEC, *IEC 62368-1:2023: Audio/Video, Information and Communication Technology Equipment – Part 1: Safety Requirements*, standard.
9. IEC, *IEC 62477-1:2022: Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use – Part 1: General Requirements*, standard.
10. IEC, *IEC 62477-2:2018: Safety Requirements for Power Electronic Converter Systems and Equipment – Part 2: Power Electronic Converters From 1000V AC or 1500V DC up to 36kV AC or 54kV DC*, standard.
11. National Standard of the People's Republic of China, *GB 4943.1-2022: Audio/Video, Information and Communication Technology Equipment – Part 1: Safety Requirements*, standard.
12. 德州仪器 (TI), *隔离相关术语*, 应用手册
13. 德州仪器 (TI), *数字隔离器设计指南* 应用手册。
14. 德州仪器 (TI), *ISO1042 隔离式 CAN 收发器, 具备 70V 总线故障保护和灵活的数据速率*, 数据手册。
15. 德州仪器 (TI), *ISO1050 隔离式 CAN 收发器*, 数据手册。
16. 德州仪器 (TI), *ISO644x 通用型、基础型和增强型四通道数字隔离器*, 数据手册。
17. 德州仪器 (TI), *ISO774x 高速、稳健的 EMC 增强型和基础型四通道数字隔离器*, 数据手册。
18. 德州仪器 (TI), *ISO7842x 高性能、8000V_{PK} 增强型四通道数字隔离器*, 数据手册。
19. 德州仪器 (TI), *选择 ISO 器件的主要注意事项以及揭秘间隙和爬电距离*, 应用手册。
20. 德州仪器 (TI), *太阳能和 ESS 系统的安全法规设计示例*, 应用手册。
21. 德州仪器 (TI), *UCC23513 4A 拉电流、5A 灌电流、5.7kV_{RMS} 光耦兼容单通道隔离式栅极驱动器*, 数据手册。
22. UL, *UL 60950-1: Information Technology Equipment – Safety – Part 1: General Requirements*, standard
23. UL, *UL 1577: Optical Isolators*, standard.
24. VDE, *VDE 0884-17:2021-10: 第 17 部分: 适用于基础型绝缘和增强型绝缘的磁耦合器和电容耦合器*, 标准。
25. VDE, *VDE 0884-5:2015-11: 第 5-5 部分: 光电元件 - 光耦合器*, 标准。

重要通知和免责声明

TI“按原样”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、与某特定用途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、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月