

防水透气阀在通信设备行业的应用*

刘应辉,张思东

(中兴通讯股份有限公司, 广东 深圳 518055)

摘要:通信设备面临的户外应用环境越来越复杂,针对通信设备因呼吸效应出现的设备进水问题,对比不同的防护方案,提出在密闭型户外通信设备上采用防水透气阀的解决方案。根据通信设备的行业特点对防水透气阀进行了选型,并经过实验验证和产品使用效果跟踪,该方案能够有效降低户外通信设备的进水,从而提高产品的可靠性,延长通信设备的使用寿命。

关键词:防水透气阀;通信设备;呼吸效应;可靠性;防护设计

中图分类号:TH136 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-5300(2014)04-0005-03

Application of Waterproof Ventilated Valve in Communication Equipment

LIU Ying-hui, ZHANG Si-dong

(ZTE Corporation, Shenzhen 518055, China)

Abstract: The outdoor application circumstances faced by communication equipment become more and more complex. Communication equipment confronts the water seepage problem because of the “respiratory effects”. After comparing different protective designs, the solution of adopting waterproof ventilated valve in outdoor sealed communication equipment is put forward. The properties of waterproof ventilated valve are discussed according to the characteristics of communication equipment industry. Experimental validation results and product usability tracking indicate that the design can effectively reduce the possibility of water seepage, improving the reliability and lifetime of outdoor communication equipment.

Key words: waterproof ventilated valve; communication equipment; respiratory effects; reliability; protective design

引言

随着通信技术的发展,越来越多的通信设备应用于户外的严酷环境中,如沙漠、山顶、野外、海边等等,因此通信设备的环境防护和可靠性需求也越来越高。

目前户外通信设备主要是通过密封胶条和螺钉紧固连接实现完全密闭,可以达到 IP65 及以上防尘防水要求。然而在实际环境中,由于设备外部环境天气随时发生变化,设备内部电子元器件在工作时会自身发热,因此密封设备内部气体的状态也会随之发生变化。设备内部气体随着外界温度变化而热胀冷缩会使盖板产生变形,降低密封效果,同时产生呼吸效应,设备内外部形成压力差而使内部进水,使电子器件失效加速,

故障增多^[1-2]。

1 通信设备环境防护需求

1.1 通信设备应用环境分析

通信行业所使用的户外设备承受着环境温度迅速波动的影响,同时还会接触各种颗粒,并经常遭受温度变化、风雨侵蚀和太阳辐射,使用环境极其严酷。同时通信设备属于基础设施,如果设备出现问题影响范围非常大,并且因为设备安装位置分散,后期维护困难且成本高,因此对设备的可靠性要求非常高。

户外通信设备在白天开启,尤其在夏天酷热的情情况下,温度的快速上升会引起壳体内至少 100 mbar 的正压,壳体内空气膨胀。密闭壳体内空气无法排出,压

* 收稿日期:2013-11-29

力便会积聚在外壳上最薄弱的环节,如密封条、连接器、线缆等处。反之亦然,当设备遇到大风雨雪等气候状况时,都会引发温度下降,从而因呼吸效应在壳体内部形成负压,此时,如果外部空气无法进入外壳补偿,压力将会同样施加于外壳最薄弱处。长期如此循环,密封条可能会受到损坏,外部的水等便会被吸入壳体,从而腐蚀设备内部的电子元器件,降低设备的使用寿命^[3]。因此迫切需要解决户外通信设备的进水问题。

1.2 通信设备防护技术介绍

通信设备户外应用时因呼吸效应导致的设备进水问题存在两种解决思路:

1) 提高设备的防护等级。如改进结构形式使设备防护等级提高到 IP68,但设备制造成本急剧增加,并且不能完全解决设备进水问题,在内外压力差的作用下,水由于渗透作用仍然存在进入设备内部的可能。

2) 平衡内外压力。如采用人工肺、透气孔或防水透气阀。采用人工肺的结构如图 1 所示,需要设备内部存在一定的空间或在设备外部装配相应的气囊,但通信设备内部空间比较紧凑,不适合安装气囊,同时外部装配气囊也存在容易破损、影响外观等问题,因此该方案并不适合在通信设备行业使用。

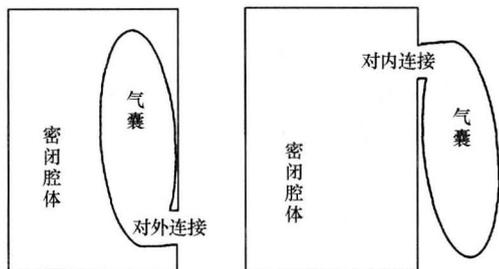


图1 人工肺与腔体的两种连接方式^[2]

采用透气孔、迷宫式通道等设计方案也可以有效平衡内外压力,从而保护密封圈不受过大的压力,避免水从密封界面进入。但这些方案无法完全阻止水、灰尘、杂质和异物从其自身(孔、通道)进入,使用中也可能存在一定的风险。

防水透气膜是一种可以将液态和固态物质挡在外面,而气态物质可以自由出入的功能性薄膜,其工作原理如图 2 所示。防水透气膜的微孔网状结构如图 3 所示,其含有微小的孔径,孔径大小介于液态水分子直径和气态水分子直径之间,并且是立体网状结构,因此能阻挡液态分子如水和微小颗粒状灰尘的进入,同时又能使气体如空气自由进出壳体。

防水透气阀是将防水透气膜装配在阀体内部组成一个防水组件,其结构如图 4 所示,主要由阀体、防水

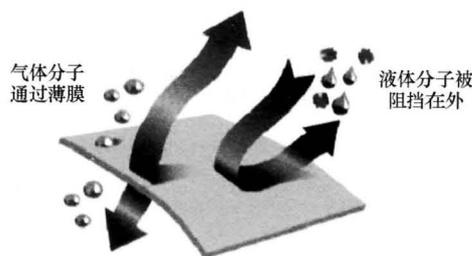


图2 防水透气膜的工作原理^[3]

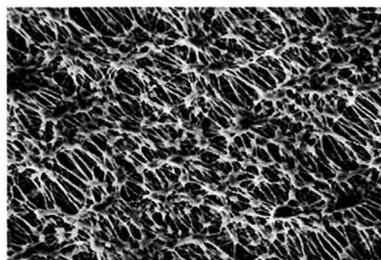


图3 防水透气膜微观结构

透气膜、O型圈组成,其中核心组件防水透气膜位于阀体内部。



图4 防水透气阀结构

与文中所述其他方案相比,防水透气阀能够通过较好的透气来实现壳体内外压力的平衡,防止外界的水通过密封条、线缆等进入壳内,并能有效保护密封条的完整性。同时其自身结构具备很好的防水防尘能力(可以达到 IP65 甚至更高的等级)。防水透气膜还能加快水气的散发,从而减少水气积聚。

2 防水透气阀的应用

2.1 防水透气阀的选型

2.1.1 材料的选择

目前阀体的材料主要是金属或塑料,金属防水透气阀加工尺寸一致性不容易控制,在户外也存在腐蚀的可能,不能满足通信设备行业的需求。塑料防水透气阀可以采用一体化注塑成型技术将防水透气膜和相应的阀体注塑成型为一体,阀体尺寸一致性容易控制,并且阀体与膜层结合界面缺陷率低,适合大批量生产。

防水透气膜的材料一般为 EPTFE,即膨体聚四氟乙烯。该材料具有轻薄、耐用、防水等特点,可以加工成各种不同“透气性”等级的织物或薄膜。

2.1.2 关键指标的选择

防水透气阀主要功能是防水和透气,其关键性能指标主要是防水能力和透气量。

防水能力主要和阀体生产工艺和透气膜的防水能力有关,可以达到 IP65、IP66、IP67 甚至更高的防护等级。防护等级的选择和设备的应用环境有关,一般的风吹雨淋环境要求 IP65 即可,如有浸水的环境,则需考虑 IP67 或更高的防护等级。

透气量的选择主要与设备壳体体积、最大温差等密切相关。假设设备内部空气体积为 10 L,外部使用环境最大温差为从 80 °C 降低到 20 °C (12 min 内),并且内部和外部初始空气压力均为 1 个大气压,即 101 kPa,假设从 80 °C 降低到 20 °C 是一个均匀降温的过程,内外压差按 1 min 为时间单位进行积聚,且内部空气压力在每个时间单位开始时已恢复至一个大气压。

在完全密封的情况下,根据理想气体状态方程:

$$P_1 V = nRT_1 \quad (1)$$

$$P_2 V = nRT_2 \quad (2)$$

式中: P 为气体压强; V 为气体体积; n 为气体物质的量; R 为普适气体常量; T 为气体的热力学温度。则 $P_2 = P_1 \times (T_2/T_1) = 101\ 000 \times (293.15/353.15) = 83\ 840$ Pa,那么在这个过程中最终的内外压差 $\Delta P = 17\ 160$ Pa。装有防水透气阀的情况下,我们的目的是将内部空气压力始终保持在一个大气压,所以:

$$PV_1 = nRT_1 \quad (3)$$

$$PV_2 = nRT_2 \quad (4)$$

则 $V_2 = V_1 \times (T_2/T_1) = 10 \times (293.15/353.15) = 8.3$ L,则需从外部补充的空气体积 $\Delta V = 1\ 700$ ml,即 142 ml/min。

假定降温是一个匀速过程,则内外压差在 1 ~ 2 kPa 之间(80 °C 降到 75 °C 和 25 °C 降到 20 °C 产生的压差均在 1 ~ 2 kPa 之间),那么要求透气阀的透气量为 497 ~ 994 ml/min@ 7 kPa(透气量与压差有线性关系,一般用 7 kPa 时的透气量表示)。实际使用时考虑到外界环境的复杂性,一般透气量选择为理论设计值的 2 倍以上为宜。

2.1.3 安装和使用

防水透气膜作为防水透气阀的核心组件,也可以单独采用背胶粘贴或橡胶塞等方式。这两种方式简单易用,但存在粘贴不牢、松动滑脱等风险,因此在通信设备等可靠性要求高的行业不建议使用。比较而言,

将透气膜和阀体注塑到一起,并通过螺纹和设备壳体连接到一起更牢固,可靠性较高。

防水透气阀一般要求安装在通信设备壳体的底部,以避免外界灰尘等颗粒物积聚在防水透气阀膜层上堵塞透气膜影响透气效果。

2.2 防水透气阀的使用效果

为了进一步验证防水透气阀在实际使用环境中的效果,对安装透气阀的设备壳体进行高温淋雨实验(图 5),以模拟户外设备遇到暴雨时设备温度急剧降低产生负压的情形。首先将设备在高温试验箱中加热到 80 °C,并保持 2 h,取出后进行 IPX5 淋水实验,看设备内部是否进水。测试结果显示:壳体内部及透气阀处均没有进水,说明透气阀能够有效平衡内外压力,避免设备因呼吸效应而进水。



图 5 防水透气阀实验验证

对某型号产品大批量使用防水透气阀进行了一年多的跟踪,该产品因进水失效的比例由使用前的千分之三降低到十万分之五以下,改善效果明显。

3 结束语

针对呼吸效应引发的通信设备进水问题,经过对比不同的防护技术方案和实验测试、产品批量使用跟踪,在通信设备壳体上加装防水透气阀后能有效平衡腔体内外压力,避免负压造成水从设备薄弱环节进入设备内部,能够有效保护设备内部电子元器件的正常工作,从而提高通信设备在户外应用的可靠性。

参考文献

- [1] 樊友军,陈刚,仙锦. 防水透气阀在雷达密封腔体中的应用[J]. 电子机械工程, 2012, 28(2): 12-14.
- [2] 龚光福. 呼吸效应研究[J]. 雷达科学与技术, 2009, 7(3): 236-239.
- [3] GORE® 防水防尘透气产品:户外通讯设备防护技术指南[Z]. 2013.

刘应辉(1986-),男,硕士,工程师,主要从事通讯设备防护设计与技术研究工作。