

中华人民共和国能源行业标准

NB / T 31119 — 2017

风力发电设备 干热特殊环境 条件与技术要求

**Dry heat special environmental conditions and technical
requirements for wind power equipment**

2017-11-15 发布

2018-03-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 2

4 干热特殊环境条件..... 2

5 技术要求与试验方法..... 5

6 防护措施..... 13

7 标志、包装、贮存的要求..... 13

附录 A （资料性附录） 干热风力发电设备用涂料的环境技术要求..... 15

参考文献..... 19

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本系列标准包括以下6个部分：

- 风力发电设备 环境条件；
- 风力发电设备 海上特殊环境条件与技术要求；
- 风力发电设备 湿热特殊环境条件与技术要求；
- 风力发电设备 干热特殊环境条件与技术要求；
- 风力发电设备 寒冷特殊环境条件与技术要求；
- 高原用风力发电设备环境技术要求。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国电工电子产品环境条件与环境试验标准化技术委员会（TC8）、能源行业风电标准化技术委员会风电电器设备分技术委员会（NEA/TC1/SC6）归口。

本标准主要起草单位：中国电器科学研究院有限公司、机械工业北京电工技术经济研究所。

本标准参加起草单位：新疆金风科技股份有限公司、艾默生网络能源（西安）有限公司、广东明阳风电产业集团有限公司、浙江运达风电股份有限公司、无锡苏南试验设备有限公司、广东省惠州市质量技术监督标准与编码所。

本标准主要起草人：王俊、揭敢新、果岩、阮红梅、王国福、余建宏、谭闯辉、柳黎明、黄开云、黄海军、许雪冬、倪一明、朱彬、陈华、唐浩。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

风力发电设备 干热特殊环境条件与技术要求

1 范围

本标准规定了风力发电设备在干热、干热沙漠地区服役过程中所处的环境参数分级、严酷程度、技术要求、试验方法、防护措施及其标志、贮存和包装等。

本标准适用于在干热特殊环境条件下，风力发电设备的设计、运输、贮存、运行等过程。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件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文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 2421.1—2008 电工电子产品环境试验 概述和指南
- GB/T 2422—2012 环境试验 试验方法编写导则 术语和定义
- GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.3—2016 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab 恒定湿热试验
- GB/T 2423.10—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾
- GB/T 2423.22—2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化
- GB/T 2423.37—2006 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验L：沙尘试验
- GB/T 2423.56—2006 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fh：宽带随机振动（数字控制）和导则
- GB/T 2951.21—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第21部分：弹性体混合料专用试验方法 耐臭氧试验 热延伸试验 浸矿物油试验
- GB/T 3797—2016 电气控制设备
- GB 4208—2017 外壳防护等级（IP 代码）
- GB/T 4798.1—2005 电工电子产品应用环境条件 第1部分：贮存
- GB/T 4798.2—2008 电工电子产品应用环境条件 第2部分：运输
- GB/T 4857.23—2012 包装 运输包装件基本试验 第23部分：随机振动试验方法
- GB/T 7060—2008 船用旋转电机基本技术要求
- GB 10068—2008 轴中心高为56mm及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值
- GB 12668.3—2012 调速电气传动系统 第3部分：电磁兼容性标准及其特定的试验方法
- GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 17626.2—2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5—2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.6—2008 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验
- GB/T 17626.12—2013 电磁兼容 试验和测量技术 振铃波抗扰度试验
- NB/T 31039—2012 风力发电机组雷电防护系统技术规范

- NB/T 31041—2012 海上双馈风力发电机变流器
- NB/T 31042—2012 海上永磁风力发电机变流器
- NB/T 31043—2012 海上风力发电机组主控制系统技术规范
- NB/T 31060—2014 风力发电设备 环境条件
- NB/T 42004—2013 高压交流电机定子线圈对地绝缘电老化试验 方法
- JB/T 4159—2013 热带电工产品通用技术要求

3 术语和定义

GB/T 2422—2012 中界定的术语和定义适用于本标准。

4 干热特殊环境条件

4.1 一般要求

- 4.1.1 当风力发电设备在选择干热特殊环境条件下的机械条件、电磁条件的严酷程度时，可按实际情况采用 NB/T 31060—2014 所列出的与其相接近的参数值。
- 4.1.2 风力发电设备实际使用中将受到多种环境条件综合的影响，它包括的条件和代号为气候条件（K）、生物条件（B）、化学活性物质条件（C）、机械活性物质条件（S）、机械条件（M）、电磁条件（E）、特殊气候条件（Z）。对于不同干热地区处于不同使用场所的设备，应注明上述各种有影响的条件及其严酷程度。
- 4.1.3 标准中的某些参数，尚不能定量规定其严酷程度，只是对典型参数定性地规定严酷程度，例如气候条件中的凝露、生物条件等。

4.2 气候条件

气候条件等级参数见表 1。

表1 气候条件等级参数

环境参数		单位	使用场所			
			有气候防护	无气候防护		
				3K6H ^a	4K4H	4K4DF
空气温度	年最低	℃	—30	—30	—30	—30
	年最高	℃	50	50	55	55
最大日温差		℃	35	40	40	40
温度变化率		K/min	0.5	0.5	0.5	0.5
地表沙土 温度	年最低	℃	—25	—30	—35	—35
	年最高	℃	40	75	75	80
相对湿度	最低	%	10	5	5	5
	平均	%	50	30	30	30
太阳辐照强度		W/m ²	700	1120		
空气压力		kPa	90			

表 1 (续)

环境参数	单位	使用场所			
		有气候防护	无气候防护		
		3K6H ^a	4K4H	4K4DF	4K4DH
凝露条件	— ^b	有			
^a 符号 K 等后面的数字表示环境条件的严酷等级，3K6H 表示干热、干热沙漠地区户内条件，4K4H 表示干热地区户外条件，4K4DF 表示沙漠边缘地区户外条件，4K4DH 表示沙漠腹地户外条件。 符号 K 前面的数字 3 表示产品在有气候防护场所（室内或棚下）固定使用，4 表示产品在无气候防护场所（户外）固定使用。					
^b “—” 表示此环境条件不予考虑。					

4.3 特殊气候条件

特殊气候条件等级参数见表 2。

表 2 特殊气候条件等级参数

环境参数		使用场所				
		有气候防护			无气候防护	
热辐射	等级	3Zh1 ^a	3Zh2		4Zh1	4Zh2
	特殊条件	可以忽略	有热辐射条件		可以忽略	有热辐射条件
周围空气运动 (m/s)	等级	3Za4 ^b	3Za5	3Za6	4Za3	4Za4
	特殊条件	5	10	30	20	30
^a 符号 Zh 表示热辐射, 符号 Zh 前面数字 3 表示产品在有气候防护场所(室内或棚下)固定使用, 符号 Zh 后面数字表示严酷等级。 ^b 符号 Za 表示周围空气运动, 符号 Za 前面数字 3 表示产品在有气候防护场所(室内或棚下)固定使用, 符号 Za 后面数字表示严酷等级。						

4.4 生物条件

生物条件等级参数见表 3。

表 3 生物条件等级参数

环境参数	有气候防护	无气候防护
动物	3B2	4B1
	有鼠类等啮齿动物危害	有啮齿动物和其他危害产品动物, 白蚁除外

4.5 化学活性物质条件

化学活性物质条件参数见表 4。

表 4 化学活性物质条件等级参数

环境参数	单位	干热严酷等级 ^a							干热沙漠严酷等级			
		3C1, 4C1	3C2, 4C2		3C3, 4C3		3C4, 4C4		3C3, 4C3		3C4, 4C4	
		最大值	平均值 ^b	最大值 ^c	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值
二氧化硫	mg/m ³	0.1	0.3	1.0	5.0	10	13	40	5.0	10	13	40

表 4（续）

环境参数	单位	干热严酷等级 ^a								干热沙漠严酷等级			
		3C1, 4C1		3C2, 4C2		3C3, 4C3		3C4, 4C4		3C3, 4C3		3C4, 4C4	
		最大值	平均值 ^b	最大值 ^c	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值	
硫化氢	mg/m ³	0.01	0.1	0.5	3.0	10	14	70	3.0	10	14	70	
氯化氢		0.1	0.1	0.5	1.0	5.0	3.0	15	1.0	5.0	3.0	15	
^a 大气环境中有一种或是一种以上化学气体浓度值符合本表中的数值，即属于该等级。 ^b 平均值即取长期数值的平均值。 ^c 最大值为至少一年内每天不超过 30min 的极限值或峰值。													

4.6 机械活性物质条件

机械活性物质条件等级参数见表 5。

表 5 机械活性物质条件等级参数

环境参数	单位	干热地区严酷等级								干热沙漠地区严酷等级			
		有气候防护场所				无气候防护场所				有气候防护场所		无气候防护场所	
		3S1	3S2	3S3	3S4	4S1	4S2	4S3	4S4	3S3	3S4	4S3	4S4
沙	mg/m ³	—	30	300	3000	30	300	1000	4000	300	3000	1000	4000
尘 (漂浮)	mg/m ³	0.01	0.2	0.4	4.0	0.5	5.0	15	20	0.4	4.0	15	20
尘 (沉降)	mg/ (m ² ·h)	0.4	1.5	15	40	15	20	40	80	15	40	40	80

4.7 机械条件

机械条件参数见 NB/T 31060—2014。

4.8 风沙地貌

风尘沙粒径的分布见表 6。

表 6 风尘沙粒径的分布

粒径数学 平均值 mm	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
颗粒含量 百分比 %	1.6	3.2	—	3.2	6.4	8.1	8.1	4.9	14.5	22.5	12.9	6.4	8.1	
注：从风成沙的粒径数据平均值可以看出，沙粒平均值都在 0.06mm~0.19mm 之间，而且集中在 0.08mm~0.11mm 之间，可见所有风成沙均属细沙，而且粗细差异不大。														

沙漠中沙尘浓度随高度增加的变化情况见表 7。

表7 沙漠中沙尘浓度随高度增加的变化情况

能见度条件	高度 m	沙尘浓度 mg/m ³
晴朗, 能见度 130km	150	0.21
	300	0.22
	600	0.17
	1200	0.14
	1800	0.055
沙尘暴, 能见度 300m, 空气速度 10m/s~15m/s	150	2.00
	300	17.40
	600	7.00
	900	1.80
	1200	0.64

4.9 电磁条件

电磁条件参数见 NB/T 31060—2014。

5 技术要求与试验方法

5.1 一般要求

对同一试验样品需依次进行两种及以上的环境试验项目时, 产品技术条件一般按 GB/T 2421.1—2008 第 7 章以及附录 B.6 的要求来安排试验顺序。

干热风力发电设备用涂料的环境技术要求参见附录 A。

5.2 试验环境条件

推荐风力发电设备在如下大气环境下进行试验:

- a) 温度: 15℃~35℃;
- b) 相对湿度: 30%~90%;
- c) 气压: 86kPa~106kPa。

注 1: 如果有关规范认为在这些大气条件下试验不可行, 可将实际试验条件记录在试验报告中。

注 2: 如果对试验结果没有影响, 则相对湿度可以忽略。

5.3 低温试验

5.3.1 试验目的: 验证试样在干热、干热沙漠地区服役时, 在低温条件下的适应性。

5.3.2 依据标准: 按 GB/T 2423.1—2008 中的规定, 按试验 Ab、Ad 进行。

5.3.3 低温试验过程见表 8。

表8 低温试验过程

使用场所	严酷等级	应用 部件示例	试验过程
无气候防护场所	—35℃, 16h	风向 风速仪	按试验 Ab 进行, 试样不通电, 不包装。将试样放入温度为室温的试验箱中, 然后将温度调节到—35℃±2K。当试样温度达到稳定后, 在该条件下持续暴露 16h
有气候防护场所	—30℃, 16h	变流器、 主控制系统、 变桨控制器	按试验 Ad 进行, 试样为实际工况中的整机。将试样放入温度为室温的试验箱中, 然后将温度调节到—30℃±2K。试样在此条件下达到温度稳定后, 通电以实际工况运行验证其低温下启机能力, 当试样温度达到稳定后, 在该条件下持续暴露 16h

5.3.4 性能要求。

风向风速仪：试验结束后，在正常试验环境条件下恢复 2h，试样的外观及转动性能应符合相关规范的要求。

变流器：试验过程中能保持正常工作。试验结束后，在正常试验环境条件下恢复 2h 后应能正常启动运行，且绝缘电阻应不低于 1MΩ。变流器基本绝缘水平经过 AC 1600V（DC±2300V）、加强绝缘水平经过 AC 3200V（DC±4600V）的耐压试验无击穿闪络及元件损坏现象。

主控制系统、变桨控制器：试验过程中能保持正常工作。试验结束后，在正常试验环境条件下恢复 2h 后应能正常启动运行，且绝缘电阻应满足在系统中带电回路之间及带电回路与地之间，用绝缘测量仪器进行绝缘电阻测量，测得的绝缘电阻满足表 9 的要求，绝缘电阻测试电压值应满足表 10 的要求。冲击耐受电压符合 GB/T 3797—2016 中 6.10.3 规定的要求，工频耐受电压满足 GB/T 3797—2016 中 6.10.2 规定的要求。

表 9 主控制系统绝缘电阻

设备	额定工作电压 U_n V	最低绝缘电阻值 MΩ
用于控制、保护、安全和内部通信的所有设备、计算机和其他电子设备	$U_n \leq 60$	1
	$U_n > 60$	10

表 10 绝缘电阻测试电压值

设备	额定工作电压 U_n V	直流测试电压 V
用于控制、保护、安全和内部通信的所有设备、计算机和其他电子设备	$U_n \leq 60$	$2U_n$ ，最小为 24
	$U_n > 60$	500
其他电气设备	$U_n \leq 250$	$2U_n$ 或 250
	$250 < U_n \leq 1000$	500
	$1000 < U_n \leq 1500$	1000

5.4 高温试验

5.4.1 试验目的：验证试样在干热、干热沙漠地区服役时，在高温条件下的适应性。

5.4.2 依据标准：按 GB/T 2423.2—2008 中的规定，按试验 Bb、Bd 进行。

5.4.3 高温试验过程见表 11。

表 11 高温试验过程

使用场所		严酷等级	应用部件示例	试验过程
无气候防护场所	干热地区	65℃，2h	风向风速仪	按试验 Bb 进行，试样不通电，不包装。将试样放入温度为室温的试验箱中，然后将温度调节到 65℃±2K。试验样品在温度稳定后，在该条件下持续暴露 2h
	干热沙漠地区	70℃，2h		按试验 Bb 进行，试样不通电，不包装。将试样放入温度为室温的试验箱中，然后将温度调节到 70℃±2K。试验样品在温度稳定后，在该条件下持续暴露 2h

表 11 (续)

使用场所		严酷等级	应用部件示例	试验过程
有气候防护场所	干热地区	50℃, 16h	变流器、主控制系统、变桨控制器	按试验 Bd 进行, 试样为实际工况中的整机。将试样放入温度为室温的试验箱中, 然后将温度调节到 50℃ ± 2K。试样在此条件下达到温度稳定后, 通电以实际工况运行验证其高温下启机能力, 当试样温度达到稳定, 在该条件下持续暴露 16h
	干热沙漠地区	50℃, 16h		按试验 Bd 进行, 试样为实际工况中的整机。将试样放入温度为室温的试验箱中, 然后将温度调节到 50℃ ± 2K。试样在此条件下达到温度稳定后, 通电以实际工况运行验证其高温下启机能力, 当试样温度达到稳定, 在该条件下持续暴露 16h

5.4.4 性能要求。

风向风速仪、变流器、主控制系统、变桨控制器：性能要求同本标准 5.3.4。

5.5 温度变化试验

5.5.1 试验目的：验证试样在干热、干热沙漠地区服役时，耐受环境温度快速变化的能力。

5.5.2 依据标准：按 GB/T 2423.22—2012 中试验 Nb 的规定进行。

5.5.3 温度变化试验过程见表 12。

表 12 温度变化试验过程

使用场所	严酷等级	应用部件示例	试验过程
无气候防护场所	试验 Nb：具有规定温度变化率的温度变化试验方法。温度范围：-35℃~70℃；温度变化率：1℃/min， $t_1 = 3h$ ，2 个循环	风向风速仪	按试验 Nb 进行，试样不通电，不包装。将试验箱中空气温度以 (1±0.2) K/min 的速率降低到 -35℃ ± 2K，在箱内温度达到稳定后，试样在此温度下暴露 3h。然后将试验箱中的空气温度以 (1±0.2) K/min 的速率升高到 70℃ ± 2K，箱内温度达到稳定后，试样在此温度下暴露 3h。然后将试验箱中的空气温度以 (1±0.2) K/min 的速率降低到 25℃ ± 2K。对上述试验进行 2 个循环
有气候防护场所	试验 Nb：具有规定温度变化率的温度变化试验方法。温度范围：-30℃~65℃；温度变化率：1℃/min， $t_1 = 3h$ ，2 个循环	变流器、主控制系统、变桨控制器	按试验 Nb 进行，试样为实际工况中的整机。将试验箱中空气温度以 (1±0.2) K/min 的速率降低到 -30℃ ± 2K，在箱内温度达到稳定后，试样在此温度下暴露 3h。然后将试验箱中的空气温度以 (1±0.2) K/min 的速率升高到 65℃ ± 2K，箱内温度达到稳定后，试样在此温度下暴露 3h。然后将试验箱中的空气温度以 (1±0.2) K/min 的速率降低到 25℃ ± 2K。对上述试验进行 2 个循环

5.5.4 性能要求。

风向风速仪、变流器、主控制系统、变桨控制器：性能要求同本标准 5.3.4。

注：发电机、变桨电机、偏航电机可参照 NB/T 42004—2013 测试温度变化对绝缘性能的影响。

5.6 湿热试验

5.6.1 试验目的：验证试样在干热、干热沙漠地区服役时对潮湿环境的适应性。

5.6.2 依据标准：按 GB/T 2423.3—2006 中的规定进行。

5.6.3 恒定湿热试验过程见表 13。

表 13 恒定湿热试验过程

使用场所	严酷等级	应用部件示例	试验过程
有气候防护场所	温度 40℃±2K，相对湿度（85±3）%，试验时间 48h	变流器、主控制系统、变桨控制器、发电机、变桨电机、偏航电机	将试样（大型电机试样为零部件 ^a ），放入试验箱的有效空间内，先在不加湿的条件下在 2h 内把温度从室温上升至 40℃±2K，进行预热，当试样达到温度稳定后加湿到（85±3）%；在温度为 40℃±2K、湿度为（85±3）%的条件下保持 48h，接着在 0.5h 内将湿度降低至 73%~77%，然后在 0.5h 内将温度调节到室温。在试验的第 1h、24h、最后 2h 进行功能试验。试验结束恢复后，测量试样的绝缘电阻并进行性能试验
^a 当大型电机对零部件进行试验时，对高压定子绕组、直流电机补偿绕组的测量电极采用铝箔，对于有槽绝缘和浸漆的线圈应做成模拟槽，铝箔点击和模拟槽长度一般应与实际铁心长度相同。如因产品尺寸所限，也可采用同材料、同绝缘结构、同工艺较小尺寸的模拟件进行试验。			

5.6.4 性能要求。

变流器、主控制系统、变桨控制器：性能要求同 5.3.4。

发电机、变桨电机、偏航电机：在正常试验环境条件下，湿热试验结束恢复 2h 后，试样应满足下列要求：

- 绕组绝缘电阻应符合 GB/T 7060—2008 中 5.7.17 的规定。
- 绕组应能承受历时 1min 工频耐压而不发生击穿，试验电压数值为耐压试验电压（有效值）的 85%。
- 金属电镀件和化学处理件的外观应不低于 JB/T 4159—2013 中二级要求。
- 表面油漆外观和附着力应不低于 JB/T 4159—2013 中一级要求。
- 塑料零部件的外观应不低于 JB/T 4159—2013 中二级要求。

5.7 盐雾试验

5.7.1 试验目的：验证试样在干热、干热沙漠地区服役时的防腐蚀性能。

5.7.2 依据标准：对暴露于空气中的金属电镀件和化学处理件按 GB/T 2423.17—2008 的规定进行。

5.7.3 试验时间及合格要求见表 14。

表 14 盐雾试验时间及合格要求

底金属材料	零件类别	镀层类别	合格要求	试验时间 h
碳钢	一般结构零件 紧固零件 弹性零件	锌	未出现白色或灰黑色、棕色腐蚀产物	48
合金钢	紧固零件	锌铬涂层	未出现白色或灰黑色、棕色腐蚀产物	168
铜和铜合金	一般结构零件	镍、铬	未出现灰白色或绿色腐蚀产物	96
	一般结构零件 紧固零件 弹性零件	镍	未出现灰白色或绿色腐蚀产物	48
		镍		
	电联零件	锡	未出现灰黑色或绿色腐蚀产物	24
		银	未出现灰白色或绿色腐蚀产物	
铝和铝合金	一般结构零件	阳极氧化	未出现灰白色产物	48
	散热零件			
注：机舱外的金属电镀件和化学处理件应延长试验时间，如底金属材料为合金钢或铝和铝合金的零件，暴露于空气的零件试验时间应为 336h。				

5.8 沙尘试验

5.8.1 试验目的：验证试样在干热、干热沙漠地区服役时，对沙尘环境的适应能力。

5.8.2 依据标准：按 GB/T 2423.37—2006 中试验 Lb、Lc 的规定进行。

5.8.3 试验过程见表 15。

表 15 沙 尘 试 验 过 程

使用场所	严酷等级	应用部件示例	试验过程
无气候防护场所	沙/尘类型：石英 粒子尺寸：<150 μm ， 沙/尘浓度：3g/m ³	风向风速仪	按方法 Lc 吹沙尘开展相关实验，试样不通电，不包装。样品暴露于夹带了一定量尘、沙或沙尘混合物的湍动或层流气流中
有气候防护场所	沙/尘类型：石英 粒子尺寸：<150 μm ，沙/尘浓度： 在基准面上尘降量为： 6g/(m ² ·d)	变流器、主控制系统、变桨控制器	按照方法 Lb 自由降尘开展相关实验。试样为实际工况中的整机，试样不通电，不包装。样品暴露于低密度含尘大气中，其中有间歇性的少量尘注入，并由于重力作用会降落到样品上

5.8.4 性能要求。

风向风速仪：沙尘试验结束后，在正常试验环境条件下恢复 2h，试样的外观、转动性能以及电气性能应符合相关规范的要求。

变流器、主控制系统、变桨控制器：性能要求同本标准 5.3.4。

5.9 浸油试验

5.9.1 试验目的：验证试样在干热、干热沙漠地区服役时，电线电缆、电缆橡皮、塑料绝缘和护套的耐油能力和绝缘水平。

5.9.2 依据标准：按 GB/T 2951.21—2008 中试验规定进行。

5.9.3 试验过程见表 16。

表 16 浸 油 试 验 过 程

严酷等级	应用部件示例	试验过程
ASTM2 号油或 20 号机油 试验温度和时间按照有关 电缆产品标准规定	电线电缆、电缆橡皮、 塑料绝缘和护套	将试样浸入预热到规定试验温度的油浴中，并在规定试验温度下保持规定的时间

5.9.4 性能要求。

浸油试验结束后，从油浴中取出试样，轻轻吸掉多余的油，并将试样悬挂在正常试验环境条件下至少 16h，但不超过 24h，试样的外观、绝缘水平等应符合相关规范的要求。

5.10 振动试验

5.10.1 试验目的：考核试样在运输过程中对振动环境的适应性。

5.10.2 依据标准：GB/T 4857.23—2012、GB/T 2423.56—2006。

5.10.3 试验过程见表 17。

表 17 振 动 试 验 过 程

使用场所	应用部件示例	试验过程
有气候防护场所	变流器、主控制系统、变桨控制器	按 GB/T 2423.56—2006 规定的试验方法，运输包装件的试验程序依照 GB/T 4857.23—2012，将试样按实际运输状态固定在振动台上，试样的重心尽量接近台面的中心。除非另有规定，试验参数的选择按表 18，振动试验分别按试样装车状况在上下方向、前后方向和左右方向上进行，试验的总持续时间为 180min

表 18 振动试验——公路运输谱

频率 Hz	功率谱密度 g^2/Hz
	水平 I
1	0.0001
4	0.02
16	0.02
40	0.002
80	0.002
200	0.00002
加速度均方根值	0.73g

5.10.4 性能要求。

除另有规定外，变流器、主控制系统或变桨控制器试样在试验期间和试验后，若无以下故障，则认为试样合格：

- 机械结构破坏或损伤；
- 连接件的松动或脱落；
- 误动作；
- 试样的动作值误差超过产品标准规定的范围。

注：发电机、偏航电机、变桨电机振动试验可参照 GB 10068—2008 的规定进行。

5.11 电磁兼容试验

5.11.1 试验目的：验证在干热、干热沙漠地区服役时，电气电子设备在实际运行中的电磁兼容性。

5.11.2 依据标准：按 GB 12668.3—2012 等规定进行。

5.11.3 试验过程见表 19。

表 19 电磁兼容试验过程

应用部件	试验内容	试验过程及性能要求
风向风速仪	1. 静电放电抗扰度试验	静电放电抗扰度试验按 GB/T 17626.2—2006 规定的方法进行，应能承受 GB/T 17626.2—2006 规定的接触放电试验电压为 6kV，空气放电试验电压为 8kV 的静电放电抗扰度试验。试验期间及试验后装置的性能符合 GB 12668.3—2012 中 5.1.1 和 5.1.2 的验收准则 A 的要求
	2. 射频辐射电磁场抗扰度试验	辐射电磁场抗扰度试验按 GB/T 17626.3—2006 规定的方法进行，应能承受 GB/T 17626.3—2006 规定的试验场强为 1V/m 的辐射电磁场抗扰度试验。试验期间及试验后装置的性能符合 GB 12668.3—2012 中 5.1.1 和 5.1.2 的验收准则 A 的要求
	3. 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	电快速瞬变脉冲群抗扰度试验按 GB/T 17626.4—2008 规定的方法进行，应能承受 GB/T 17626.4—2008 规定的在供电电源端口，保护接地（PE）的电压峰值为 2kV，在 I/O（输入/输出）信号、数据和控制端口的电压峰值为 1kV 的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。试验期间及试验后装置的性能符合 GB 12668.3—2012 中 5.1.1 和 5.1.2 的验收准则 A 的要求。

表 19 (续)

应用 部件	试验 内容	试验过程及性能要求
风向 风速 仪	4. 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验	射频场感应的传导骚扰抗扰度试验按 GB/T 17626.6—2008 规定的方法进行, 应能承受 GB/T 17626.6—2008 规定的电压 (e.m.f.) 为 130dB μ V, 3V 的射频场感应的传导骚扰抗扰度试验。试验期间及试验后装置的性能符合 GB 12668.3—2012 中 5.1.1 和 5.1.2 的验收准则 A 的要求
变流器、 变桨系统	1. 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	按照 GB 12668.3—2012 中 5.3.3 的规定, 针对控制电路供电电源端口、主功率端口、辅助电源接口, 在保护接地的情况下, 采用 2kV 脉冲电压, 重复频率 5kHz 进行试验; 针对 I/O (输入/输出) 信号、数据和控制端口, 采用 1kV 脉冲电压, 重复频率 5kHz 进行试验。试验期间及试验后装置的性能符合 GB 12668.3—2012 中 5.1.1 和 5.1.2 的验收准则 B 的要求
	2. 静电放电抗扰度试验	按照 GB 12668.3—2012 中 5.3.3 的规定, 在人体能够靠近或触摸到的机壳端口 (如端子、按钮、触摸屏等), 采用 6kV 接触放电, 若不存在接触放电可能时, 采用 8kV 空气放电。测试时装置内元器件不应损坏, 试验期间及试验后装置的性能符合 GB 12668.3—2012 中 5.1.1 和 5.1.2 的验收规则 B 的要求
	3. 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验	按照 GB 12668.3—2012 中 5.3.3 的规定, 在模拟正常运行的情况下, 针对 I/O (输入/输出) 信号、数据和控制端口, 电源端口采用 0.15MHz~80MHz 10V 80%AM (1kHz) 调制波进行试验。测试时装置内元器件不应故障或损坏, 试验期间及试验后装置的性能符合 GB 12668.3—2012 中 5.1.1 和 5.1.2 的验收准则 A 的要求
	4. 射频电磁场辐射抗扰度试验	按照 GB 12668.3—2012 中 5.3.3 的规定, 在模拟正常运行的情况下, 针对 I/O (输入/输出) 信号、数据和控制端口, 电源端口采用 80MHz~1000MHz 10V 80%AM (1kHz) 调制波进行试验。测试时装置内元器件不应故障或损坏, 试验期间及试验后装置的性能符合 GB 12668.3—2012 中 5.1.1 和 5.1.2 的验收准则 A 的要求
	5. 浪涌试验	按照 GB 12668.3—2012 中 5.3.3 的规定, 在模拟正常运行的情况下, 针对 I/O (输入/输出) 信号、数据和控制端口, 线对地采用 1.2/50 μ s, 8/20 μ s 等级 1kV 的混合波进行试验; 电源端口线对地 2kV, 线对线 1kV 进行试验。测试时装置内元器件不应故障或损坏, 试验期间及试验后装置的性能符合 GB 12668.3—2012 中 5.1.1 和 5.1.2 的验收准则 B 的要求
	6. 传导发射试验	主功率电源端口的骚扰电压限值按照 GB 12668.3—2012 中 6.4.2.2 电源接口骚扰电压表 17 的限值要求; 过程测量与信号控制端口骚扰电压限值按照 GB/T 12668.3—2012 中 6.4.2.3 要求
	7. 辐射发射试验	机壳端口的辐射值应符合 GB 12668.3—2012 中 6.4.2.4 表 18 的限值要求
主控制系统	1. 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验	射频场感应的传导骚扰抗扰度试验按 GB/T 17626.6—2008 规定的方法进行, 应能承受 GB/T 17626.6—2008 规定的电压 (e.m.f.) 为 140dB μ V, 10V 的 1MHz (100kHz) 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验。试验期间及试验后装置的性能符合 GB 12668.3—2012 中 5.1.1 和 5.1.2 的验收准则 A 的要求
	2. 静电放电抗扰度试验	静电放电抗扰度试验按 GB/T 17626.2—2006 规定的方法进行, 应能承受 GB/T 17626.2—2006 规定的接触放电试验电压为 6kV, 空气放电试验电压为 8kV 的静电放电抗扰度试验。试验期间及试验后装置的性能符合 GB 12668.3—2012 中 5.1.1 和 5.1.2 的验收准则 A 的要求
	3. 辐射电磁场抗扰度试验	辐射电磁场抗扰度试验按 GB/T 17626.3—2006 规定的方法进行, 应能承受 GB/T 17626.3—2006 规定的试验场强为 10V/m 的辐射电磁场抗扰度试验。试验期间及试验后装置的性能符合 GB 12668.3—2012 中 5.1.1 和 5.1.2 的验收准则 A 的要求
	4. 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	电快速瞬变脉冲群抗扰度试验按 GB/T 17626.4—2008 规定的方法进行, 应能承受 GB/T 17626.4—2008 规定的在供电电源端口, 保护接地 (PE) 的电压峰值为 2kV, 在 I/O (输入/输出) 信号、数据和控制端口的电压峰值为 1kV 的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。试验期间及试验后装置的性能符合 GB 12668.3—2012 中 5.1.1 和 5.1.2 的验收准则 B 的要求

表 19（续）

应用 部件	试验 内容	试验过程及性能要求
主控 控制系 统	5. 浪涌抗扰 度试验	浪涌抗扰度试验按 GB/T 17626.5—2008 规定的方法进行，应能承受 GB/T 17626.5—2008 规定的电源端 2kV，在 I/O（输入/输出）信号端口：0.5kV 的浪涌抗扰度试验。试验期间及试验后装置的性能符合 GB 12668.3—2012 中 5.1.1 和 5.1.2 的验收准则 B 的要求。
	6. 振荡波抗 扰度试验	振荡波抗扰度试验按 GB/T 17626.12—1998 规定的方法进行，应能承受 GB/T 17626.12—1998 规定的振荡波试验的共模电压为 2kV，差模电压为 1kV，阻尼振荡波试验的共模电压为 2kV，差模电压为 1kV 的振荡波抗扰度试验。试验期间及试验后装置的性能符合 GB 12668.3—2012 中 5.1.1 和 5.1.2 的验收准则 A 的要求
注：e.m.f.是指未调制骚扰信号的开路试验电平。		

5.12 雷击试验

- 5.12.1 试验目的：验证试样在干热、干热沙漠地区服役时，在雷击环境下的适应性。
- 5.12.2 依据标准：按 NB/T 31039—2012、NB/T 31041—2012、NB/T 31042—2012、NB/T 31043—2012 等的规定进行。
- 5.12.3 雷击试验过程见表 20。

表 20 雷 击 试 验 过 程

使用场所	应用部件示例	试验过程
有气候防 护场所	变流器、主控 制系统、变桨 控制器	<p>检查试样是否根据雷击防护水平 LPL1 的要求采取相关措施，并验证试样防雷保护功能。</p> <p>——对于采用外部加载 SPD 的试样，对试样施加标称放电电流 I_n，每次间隔时间应足以使试样冷却到环境温度，试前、试中及试后试样均应能正常工作，且试后 SPD 性能降低不致影响保护功能的正常发挥。</p> <p>试验参数：逐相施加 10 次试验电流 $I=I_n=20\text{kA}$（波形 8/20μs），正负极性各 5 次。</p> <p>试验允许误差：冲击电流波形要求波前时间$\pm 10\%$，半波值时间$\pm 10\%$；试验过程中，允许冲击波上有小过冲或震荡，但其幅值不应大于峰值的 5%；电流下降到零后的任何极性反向的电流值应不大于峰值的 20%；对于二端口器件，反向电流的幅值应小于 5%，使它不至于影响限制电压；流过 SPD 电流的测量精度应为$\pm 3\%$。</p> <p>——对于自身可以承受放电电流的试样，则直接施加试验电流 $I=I_n=20\text{kA}$（波形 8/20μs），每次间隔时间应足以使试样冷却到环境温度，试前、试中及试后试样均应能正常工作。</p> <p>——进行通信的信号及控制端口接线在塔筒内部走线长度超过 10m 应具有防护能力，进行 10 次试验电流 $I=I_n=3\text{kA}$（波形 8/20μs），正负极性各 5 次</p>

5.13 外壳防护试验

- 5.13.1 试验目的：验证试样在干热、干热沙漠地区服役时，外壳结构的防护性能。
- 5.13.2 依据标准：按 GB 4208—2017 中的规定进行。
- 5.13.3 试验外壳防护等级的选用见表 21。

表 21 外壳防护等级的选用

使用场所		IP 防护等级	
有气候防护场所	电压 1000V 及以上的电机部位	防固体异物	IP3X
	电压 1000V 及以上的电器和其他电工产品所在部位		IP4X, IP5X
	承受与沿垂线成 15°角范围内滴水	防水	IPX2
	承受与沿垂线成 60°角范围内滴水		IPX3
无气候防护场所			IP54

6 防护措施

6.1 对低温的主要防护措施：

- 使用耐低温产品；
- 设置自动投切的加热装置；
- 其他相应措施。

6.2 对高温的主要防护措施：

- 采用强制散热；
- 安装空冷和水冷装置；
- 局部地方采用隔热材料；
- 其他相应措施。

6.3 对太阳辐射的主要防护措施：

- 根据不同设备、产品的要求采取防晒措施，如防晒棚、防晒漆等方式，遮挡太阳的直接辐射；
- 采用耐紫外线老化的材料；
- 外壳采用白色或浅色调的保护层，并选择抗辐射材料；
- 其他相应措施。

6.4 对沙尘防护主要措施：

- 采用耐沙尘冲击的防护材料；
- 电气设备外壳应采取良好的密封防尘措施，如无气候防护，外壳防护等级应不低于 GB 4208 中 IP54 的要求；
- 采用空气冷却的机组、设备等，其进风口应有良好的滤尘措施，必要时应安装空气过滤器。
- 其他相应措施。

6.5 对静电防护主要措施：

- 采用抗静电材料；
- 电子产品、元器件应采取良好的接地措施，以防静电干扰；
- 其他相应措施。

6.6 对振动的主要防护措施：

- 采用特殊的减振设计；
- 对设备进行绑扎紧固；
- 设备采用弹簧、橡胶等较好的隔震防振措施；
- 其他相应措施。

7 标志、包装、贮存的要求

7.1 风力发电设备的产品防护类型应在产品型号中加以标明，即在产品型号后加环境代号“H”（有气候防护）或“WH”（无气候防护）。

7.2 风力发电设备产品的包装应按 GB/T 13384—2008 的要求。根据产品的类型、结构、尺寸、运输方式等诸多因素，采用合理的包装材料及方式，要求产品包装应符合科学、经济、牢固、美观和适销的

要求，在各种储运、装卸条件下，不应因包装不善而产生损坏、变质、精度降低及丢失等现象，并能防止磕、碰、伤、脏、锈、漏、松等七害的发生。

7.3 产品应贮存在通风、没有腐蚀性气体的场所，并根据 GB/T 4798.1—2005 确定其环境参数的严酷程度。

7.4 产品运输环境条件应根据 GB/T 4798.2—2008 确定其环境参数的严酷等级。

附录 A (资料性附录)

干热风力发电设备用涂料的环境技术要求

A.1 钢结构涂料人工模拟试验

A.1.1 试样的制备和调节

A.1.1.1 试样类型、尺寸和数量

试样应采用符合 ISO 1514 规定的钢材制作。除非有协议，否则试样的最小尺寸须为 150mm×75mm×3mm。如果试样的厚度小于 3mm，可采取 ISO 4624 推荐的层间拉拔附着力测试方法。每种测试需准备三块试样。

A.1.1.2 表面处理

采用合适的方法清除试样表面的油脂，喷砂处理至少应达到 ISO 8501-1 中规定的 Sa2.5 级。除非经特别许可，每块试样的测试面的表面粗糙度应该与 ISO 8503-1 中规定的中级（G）级一致，并采用 ISO 8503-2 中指定的方法用比较器（比测板）进行检验。

经当事各方同意，其他表面处理方法也可以用来模拟实际的现场条件。

试样在涂覆涂料前，应该保持干燥，并且不能沾染灰尘和其他杂质。

与表面处理相关的因素（清洁度、粗糙度、灰尘量等）也要作为实验报告的一部分。

A.1.1.3 涂覆和固化

试样应该严格按照制造商最新的说明书要求进行涂覆和固化。

采用当事各方都同意的适当保护措施来保护试样的背面和侧边。

A.1.1.4 干膜厚度

对于每道涂层，在进行下一道涂覆前，都要根据 ISO 19840 标准要求 在 5 个部位测量试样表面的干膜厚度，并记录最大值、最小值和平均值。

试样上每道涂层的最大干膜厚度应小于 1.25 倍的额定干膜厚度（额定干膜厚度大于 60μm）。

A.1.1.5 涂覆间隔时间

对于每道涂层，都要根据涂层制造商最新说明书的规定间隔时间涂覆下一道。

如果当事各方同意，可以不按照制造商的说明进行下一道涂装，并记录在试验报告中。

A.1.1.6 调节/固化

根据 ISO 3270，在可控的温湿度条件下对试样进行调节，如果固化和调节是在另外的环境条件下进行的，则需要在试验报告中详细说明。

在试验开始前，涂料体系应该根据制造商的最新说明书中的要求使涂层完全固化。

当事各方应该就试验条件达成一致，或者依照制造商的说明书。

A.1.1.7 空隙（漏点）检测

为避免过早失败，如果当事各方同意，应进行合适的涂层针孔（漏点）检验。

A.1.1.8 划线

依照表 A.1 规定，应在待测的试样涂层上划一条露出所有涂层，露出金属底材的加速线（见图 A.1、A.2）。划线需用到一个机械（如钴钢钻钻开一条缝的工具）。加速线应有 50mm 长，2mm 宽，距离两长边 12.5mm 和一边短边 25mm。

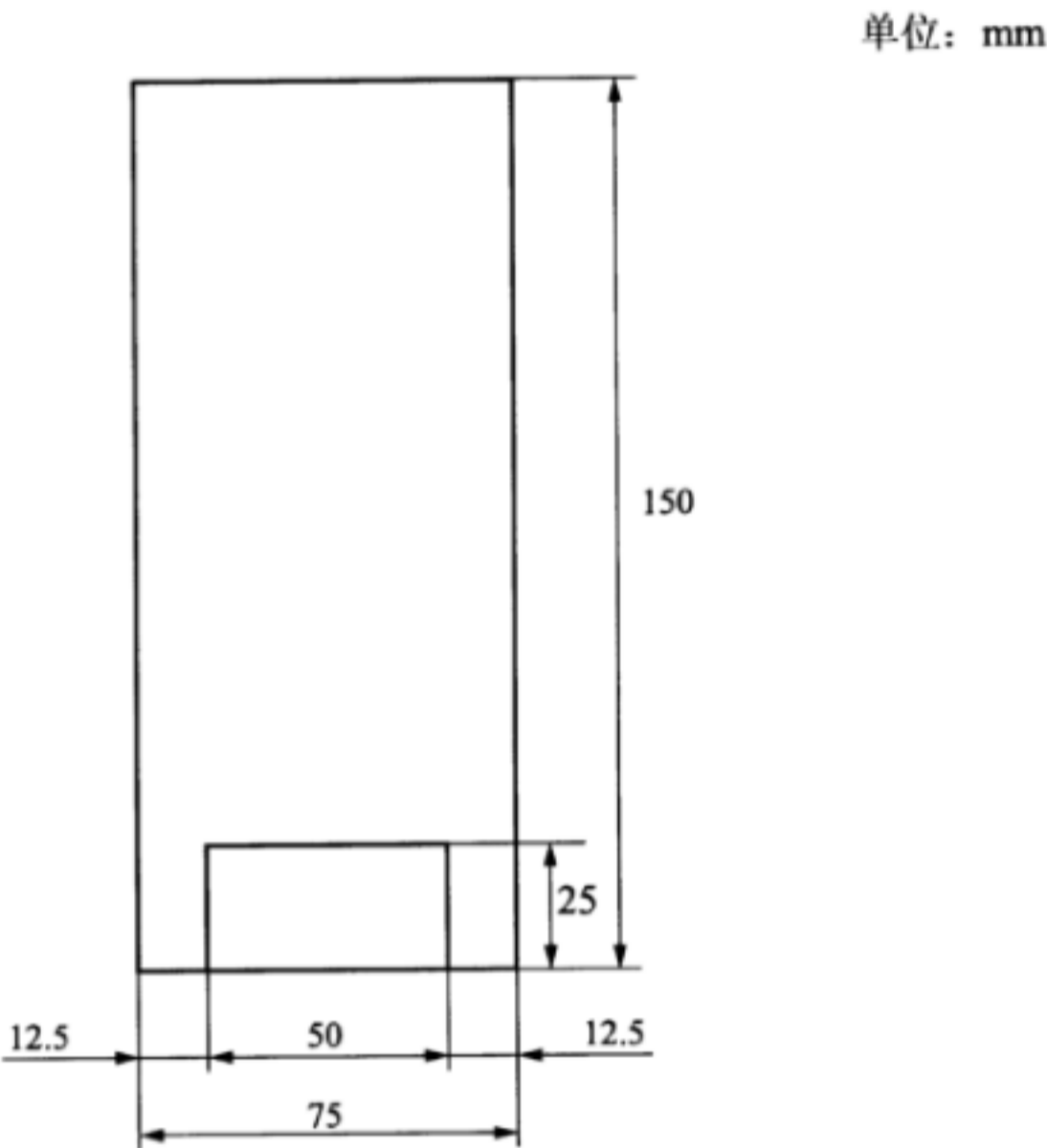


图 A.1 试样加速线位置示意图

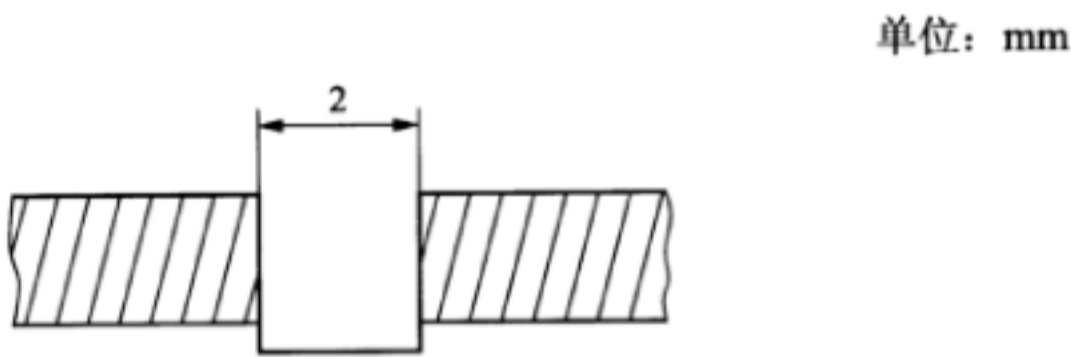


图 A.2 加速线剖面

A.1.2 性能测试

按表 A.1 给出的测试项目进行测试，实际要进行的测试项目宜经当事各方同意。

表 A.1 钢结构涂层样板人工模拟试验方法及要求

试验项目	试验条件或要求	测试标准
光老化试验	UVA340 试验时间：2000h	GB/T 23987—2009
盐雾试验	试验时间：1000h	GB/T 1771—2007
湿热试验	试验时间：240h 试验箱温度：47℃±1℃，相对湿度：（96±2）%	GB/T 1740—2007
水冷凝	水温：38℃±2℃，试验时间：480h	GB/T 13893—2008

表 A.1 (续)

试验项目	试验条件或要求	测试标准
圆盘耐磨试验 (1000 转)	小于 0.085g	#D4060 涂层损失克数
沙尘实验	沙/尘类型: 石英, 粒子尺寸: <150 μ m, 沙/尘浓度: 3g/m ³	GB/T 2423.37—2006
落沙	大于 40L	ASTM D968—93

A.1.3 结果评价

A.1.3.1 试验前

试验前, 应对样品进行外观检查, 并测量样品的初始性能数据, 具体参考的标准如表 A.2 所示, 其中, 涂层样板拉开附着力应不小于 5MPa。

表 A.2 样品性能测试所参考的测试标准

试验种类	测试标准
干膜厚度	GB/T 13452.2—2008
附着力	GB/T 5210—2006
光泽	GB/T 9754—2007
色差	GB/T 11186.2 、 GB/T 11186.3
耐液压油性	GB/T 9274—1988
耐磨性	GB/T 1768—2006

A.1.3.2 试验后

按 GB/T 1766—2008 的要求对人工模拟试验后的样品进行起泡、锈蚀、开裂、剥离、失光、变色等方面老化程度评级, 并参考 GB/T 5210—2006 进行涂层拉开附着力测试, 在拉力值大于等于 5MPa 之前, 应没有出现底漆和底材失去附着力的情况。

A.2 叶片涂料人工模拟试验

A.2.1 试样要求

试样应采用符合 ISO 1514 规定的玻璃钢制作。除非有协议, 否则试样的最小尺寸需为 150mm×75mm×3mm。涂料体系和涂料厚度应符合相关的技术要求。同一种涂层在外观和厚度上应保持均匀一致, 应没有流挂、漏涂、针孔、起皱、光泽不均匀、缩孔、颗粒、起泡等问题。

A.2.2 环境试验方法及要求

针对叶片涂层样板提出的试验方法及要求见表 A.3。

表 A.3 叶片涂层样板人工模拟试验方法及要求

试验项目	试验条件或要求	测试标准
光老化试验	UVA340 试验时间: 2000h	GB/T 23987—2009
盐雾试验	试验时间: 1000h	GB/T 1771—2007

表 A.3 (续)

试验项目	试验条件或要求	测试标准
水冷凝	水温: 38℃±2K 试验时间: 480h	GB/T 13893—2008
湿热试验	试验时间: 240h 试验箱温度: 47℃±1K, 相对湿度: (96±2) %	GB/T 1740—2007
高低温循环试验	试验温度: -10℃~60℃, 试验时间: 30 个循环, 每个循环 4h, 共 120h	—
圆盘耐磨试验 (1000 转)	#D4060 涂层损失克数小于 0.085g	GB/T 1768—2006
沙尘实验	沙/尘类型: 石英, 粒子尺寸: <150μm, 沙/尘浓度: 3g/m ³	GB/T 2423.37—2006
落沙	大于 40L	ASTM D968

A.2.3 结果评价

A.2.3.1 人工模拟试验前

人工模拟试验前, 应对样品进行外观检查, 并测量样品的初始性能数据, 具体的初始性能要求见表 A.4。

表 A.4 叶片涂层初始性能要求

试验种类	技术要求	测试标准
附着力试验	拉开附着力大于等于 5MPa	GB/T 5210—2006
耐液压油性试验	无变化	GB/T 9274—1988
耐盐酸性试验 (10%HCl)	试验 240h, 漆膜无脱落, 轻微变色, 放置一天, 附着力保持 50%	GB/T 9274—1988
防霉菌试验	试验时间: 28d, 长霉程度为 0 级	GB/T 1741—2007

A.2.3.2 人工模拟试验后

参考 GB/T 1766—2008 对人工模拟试验后的样品进行起泡、锈蚀、开裂、剥离、失光、变色等方面老化程度评级, 并参考 GB/T 5210—2006 进行涂层拉开附着力测试, 在拉开附着力大于等于 5MPa 之前, 应没有出现底漆和底材失去附着力的情况。

参 考 文 献

- [1] GB/T 1740—2007 漆膜耐湿热测定法
- [2] GB/T 1741—2007 漆膜耐霉菌性测定法
- [3] GB/T 1766—2008 色漆和清漆 涂层老化的评级方法
- [4] GB/T 1768—2006 色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法
- [5] GB/T 1771—2007 色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定
- [6] GB/T 5210—2006 色漆和清漆拉开法附着力试验
- [7] GB/T 9274—1988 色漆和清漆耐液体介质的测定
- [8] GB/T 9754—2007 色漆和清漆 不含金属颜料的色漆漆膜的 20°、60°和 85°镜面光泽的测定
- [9] GB/T 11186.2—1989 涂膜颜色的测量方法 第二部分：颜色测量
- [10] GB/T 11186.3—1989 涂膜颜色的测量方法 第三部分：色差计算
- [11] GB/T 13452.2—2008 色漆和清漆 漆膜厚度的测定
- [12] GB/T 23987—2009 色漆和清漆 涂层的人工气候老化曝露 曝露于荧光紫外线和水
- [13] ISO 1514: 2004 Paints and varnishes - Standard panels for testing.
- [14] ISO 3270-1984 Paints and varnishes and their raw materials - Temperatures and humidities for conditioning and testing
- [15] ISO 4624:2002 Paints and varnishes - Pull-off test for adhesion
- [16] ISO 8501-1:2007 Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings
- [17] ISO 8503-1:1988 Preparation of steel substrates before application of paints and related products; surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates-part 1: specifications and definitions for ISO surface profile comparators for the assessment of abrasive blast-cleaned surfaces
- [18] ISO 8503-2:1988 Preparation of steel substrates before application of paints and related products; surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates- part 2: method for the grading of surface profile of abrasive blast-cleaned steel; comparator procedure
- [19] ISO 9227:2006 Corrosion tests in artificial atmospheres - Salt spray tests
- [20] ISO 11507:2007 Paints and varnishes - Exposure of coatings to artificial weathering - Exposure to fluorescent UV lamps and water
- [21] ISO 19840:2004 Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Measurement of, and acceptance criteria for, the thickness of dry films on rough surfaces
- [22] ASTM D968-2005(2010) Standard Test Methods for Abrasion Resistance of Organic Coatings by Falling Abrasive.