MASTER® BUILDERS SOLUTIONS

MasterFlow 9500

用于海上风力发电机组安装的超高强度灌浆料

A brand of MBCC GROUP

产品概览

“对于MasterFlow 9500材料，Master Builder Solutions已经根据DNV-OS-C502标准成功地完成了广泛的认证。在灌浆流程符合要求，且不超过指定的应用限制的前提下，MasterFlow 9500材料适用于载重通过灌浆连接的结构。”

DNV GL项目经理Andreas Lervik的表述

MasterFlow 9500: 用于海上风力发电机组安装的灌浆料

MasterFlow 9500 是一种超高强度的、高抗疲劳性能的水泥基灌浆料——能让风机安装更加耐用，施工更具有时效性和安全性。

通常，MasterFlow 9500用于风力发电机组与基础连接的灌浆，例如，过渡段和单桩之间，钢质导管架和其他类似结构。

材料采用特殊配方，适用于大规模泵送应用环境：

- 风力发电机组安装所用灌浆，并需要良好抗疲劳性能
- 非常恶劣的海况下的灌浆，以及低至0°C低温环境下的灌浆。
- 强度和抗疲劳性能要求很高的，灌浆间隙在25毫米至600毫米间的灌浆。

风电场的免维护运行

MasterFlow 9500具有长期耐久性，能够实现快速、牢固和经济性高的海上风电基础安装效果。风力发电机组较特殊——其安装的安全性和耐久性在很大程度上取决于各部件设计和相互作用的合理性。我们的MasterFlow 9500灌浆料性能优异，能够确保风力发电场长期的免维护运行。

主要优势一览：

抗疲劳性能优异
能够吸收动态载荷

初凝、强度增长快
整体安装速度更快

安装效果牢固
早期和最终强度很高

低温
0 °C
够在低至0°C的环境中使用，可在较短的窗口期内进行施工

可信赖的质量
经过GL验证和认证

耐用性出色
长期保持载荷传递性能

MasterFlow 9500的认证

Master Builders Solutions 能够更好地满足我们合作伙伴的需求，减少风电场施工和勘探过程中的风险，从而促进风电行业更好的发展。

Master Builder Solutions 已经委派DNV GL根据DNVGL-ST-C502指南对MasterFlow 9500进行验证，以便用于海上风力发电机组的安装。在整个验证过程中，DNV GL验证并见证了一大批实验室测试、模拟测试，并对安装指南和质量保证文件进行了验证。

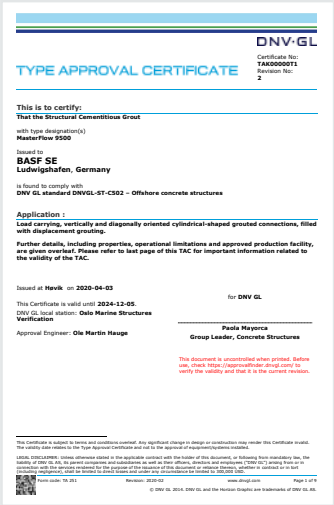
整个验证过程涉及到几个外部独立实验室，如:

- 丹麦奥尔堡大学DCE实验室
- DNV GL位于挪威Høvik的测试实验室
- 德国慕尼黑工业大学
- 西班牙Applus、LGAI技术中心公司

DNV GL的代表对灌浆料生产设备和设施以及工厂生产控制进行了成功的审核，并进行了充分的记录。

DNV GL – 结论和建议

- DNV GL已经根据MasterFlow 9500的工作范围成功执行了验证方案
- DNV GL对其疲劳寿命进行了测试，并将结果与DNVGL-ST-C502规定的同等应力条件下的预测疲劳寿命进行了对比
- 在循环负荷环境中，MasterFlow 9500表现出与钢筋混凝土同样好的性能
- 弹性模量非常高，可以通过刚度效应发挥出良好的性能
- 模拟测试的结果证实了MasterFlow 9500的功能特性，而且表明该灌浆料适用于预期的应用场合。
- MasterFlow 9500能够在相当长一段时间内保持非常好的泵送性和流动性。可以通过2英寸软管泵送灌浆料，实际泵送距离超过200米，泵送高度超过20米。
- MasterFlow 9500能够在相当长一段时间内保持非常好的泵送性和流动性。可以通过2英寸软管泵送灌浆料，实际泵送距离超过200米，泵送高度超过20米。



DNV·GL

TYPE APPROVAL CERTIFICATE

Certificate No: TAK00000T1
Revision No: 2

This is to certify:
That the Structural Cementitious Grout

with type designation(s)
MasterFlow 9500

Issued to
BASF SE
Ludwigshafen, Germany

is found to comply with
DNV GL standard DNVGL-ST-C502 – Offshore concrete structures

Application :
Load carrying, vertically and diagonally oriented cylindrical-shaped grouted connections, filled with displacement grouting.

Further details, including properties, operational limitations and approved production facility, are given overleaf. Please refer to last page of this TAC for important information related to the validity of the TAC.

Issued at Høvik on 2020-04-03

This Certificate is valid until 2024-12-05.
DNV GL local station: Oslo Marine Structures Verification
Approval Engineer: Ole Martin Hauge

for DNV GL

Paola Mayorca
Group Leader, Concrete Structures

This document is uncontrolled when printed. Before use, check https://approvalfinder.dnvgl.com/ to verify the validity and that it is the current revision.

This Certificate is subject to terms and conditions overleaf. Any significant change in design or construction may render this Certificate invalid. The validity date relates to the Type Approval Certificate and not to the approval of equipment/systems installed.

LEGAL DISCLAIMER: Unless otherwise stated in the applicable contract with the holder of this document, or following from mandatory law, the liability of DNV GL AS, its parent companies and subsidiaries as well as their officers, directors and employees ("DNV GL") arising from or in connection with the services rendered for the purpose of the issuance of this document or reliance thereon, whether in contract or in tort (including negligence), shall be limited to direct losses and under any circumstance be limited to 300,000 SGD.

Form code: TA 251 Revision: 2020-02 www.dnvgl.com Page 1 of 9

© DNV GL 2014. DNV GL and the Hexion Graphic are trademarks of DNV GL AS.

TYPE APPROVAL
DNV·GL
DNV-OS-C502

MasterFlow 9500 证书编号
TAK00000T1
修订编号： 2

根据上述验证方案，DNV GL颁发了认证证书。
认证证书是书面证明，证实MasterFlow 9500符合特定强度、耐久性和功能要求。

即使在低温环境中也具有良好的强度

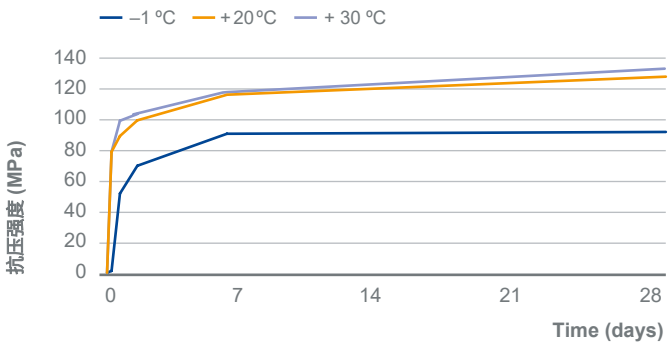
MasterFlow 9500的机械性能

抗压强度

根据EN 12390-3标准，使用150×300毫米的圆柱形试样、75毫米立方体试样和40×40×160 毫米的六面体试样进行测试，以确定MasterFlow 9500的抗压强度。图1所示为采用不同养护程度的150×300毫米圆柱体试样测试得出的MasterFlow 9500强度测试值。

抗压强度————150 × 300毫米圆柱体

图 1



抗折强度——抗拉强度

抗挠强度的测量依据为EN196-1 标准，试样为40×40×160 毫米的六面体，而抗拉强度的测试依据为EN12390-5标准，试样为100×200毫米的圆柱体。结果如表1所示。

表1

时间	抗挠强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)
28 天	18.4	8.6

静态和动态弹性模量

测量静态弹性模量使用的试样为根据EN 13412标准在水中养护28天的ø 100×200毫米圆柱体。结果如表2所示。低温动态弹性模量的测量依据是德国钢筋混凝土委员会（Rili-SIB DAfStb）的“混凝土结构的保护和修复”指南，试样为水中养护的圆柱体。测量结果如图2所示。

动态弹性模量

图 2

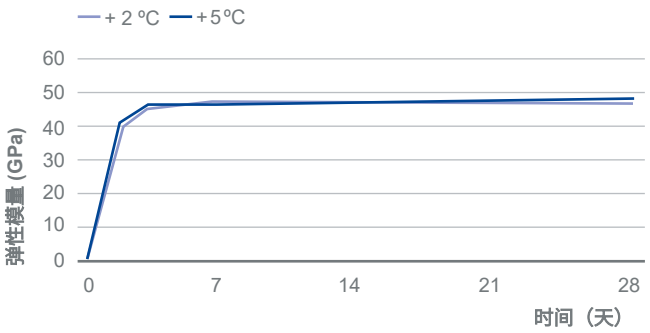


表 2

时间	弹性模量(GPa)	泊松比
28 天	50.9	0.199

灌浆连接部位的轴向承载能力

一组两根同心钢管——环形间隙罐满MasterFlow 9500——用来测试灌浆连接部位在压力状态下的轴向承载能力。增加轴向压力载荷直到发生第一次滑移之前，对灌浆连接部位施加预设载荷然后释放压力。此后，对灌浆连接部位施加载荷，轴向负载能力取决于剪切应力。轴向承载能力测试结果如图3所示。

抗压承载能力测试结果

图 3

MasterFlow 9500 表现出的轴向抗压承载能力，是其他灌浆料在类似测试条件下的两倍以上。

长期体积稳定性

采用收缩补偿技术

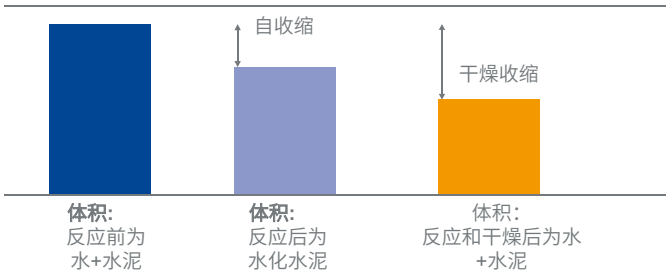
对于海上风力发电机组的安装，基础的长期耐久性非常重要。因此，对于海上灌浆连接段的施工中使用的灌浆材料的验证来说，自收缩的验证至关重要。

什么是自收缩?

自收缩是由于水和水泥基材料之间的化学反应而产生的。反应前组分的体积通常大于最终产品（即水化水泥）的体积（请参见图4）。潮湿条件下可发生自收缩，与只在干燥条件下发生的干燥收缩相反。

体积变化的测量

图4



水和水泥反应之前和之后的体积变化

自收缩的后果

自然收缩会导致灌浆连接部位的灌浆料与钢材脱粘，从而导致海上风力发电机组安装过程中作用于基础的动态载荷传递不良。

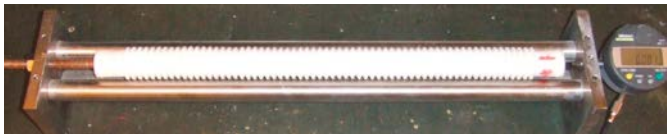
实验室检测

自收缩的测试方法为奥尔堡大学自己设计的方法。

搅拌MasterFlow 9500后，将长约410毫米、直径30毫米的波纹塑料管注满灌浆料，然后将管子的两端用塑料塞子密封，放在20°C温度恒温的室内。最后凝固后，用千分尺测量所有试样的长度，确定长度与时间的函数关系（图5）。

测量自收缩率的千分尺

图5

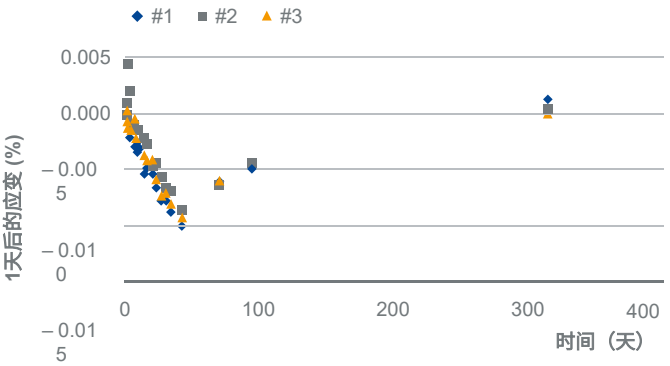


实验室测量结果良好

关于MasterFlow 9500的自收缩率测量结果，请参见图6 。大约一年后测得的自然收缩率为零。最大自然收缩率仅为市场上其他海工灌浆料的一小部分。图6 也清楚地展示了MasterFlow 9500的收缩补偿效果。

自然收缩的长期测量

图 6



优异的抗疲劳性能

吸收动态载荷

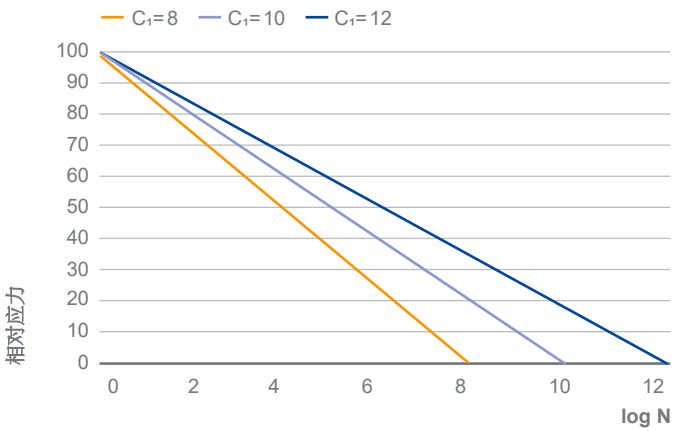
抗疲劳性能是指材料承受周期性负荷时对于渐进式和局部结构破坏的抵抗能力。标称最大应力值小于应力极限，可能低于材料的屈服应力极限。

疲劳的发生

材料反复承受载荷和卸载时，就会发生疲劳。如果载荷超过特定值时，材料会产生微小裂缝。最终，裂缝将达到临界尺寸，结构会突然断裂。海洋工程设计标准DNVGL-ST-C502给出了如何考虑最大和最小应力水平进行疲劳寿命预测的设计指南（请参见图7）。

根据DNVGL-ST-C502确定的疲劳度

图 7



用数字说话

疲劳度计算公式为

$$\log_{10} N = C_1 \cdot \frac{\left(1 - \frac{\sigma_{max}}{C_5 \cdot f_{rd}}\right)}{\left(1 - \frac{\sigma_{min}}{C_5 \cdot f_{rd}}\right)}$$

其中：

C_1 = 空气中的结构为12
C_1 = 水中的结构为10，而且在压缩-压缩范围内应力区有变化

C_1 = 水中的结构为8，而且在压缩-拉伸范围内应力区有变化
$\sigma_{max.}$ = 压力的最大数值，取每个应力区内的平均值
$\sigma_{min.}$ = 压力最小数值，按照各应力区内的平均值计算（因为拉力 = 0）

C_5 = 特定灌浆料的强度降低系数。.

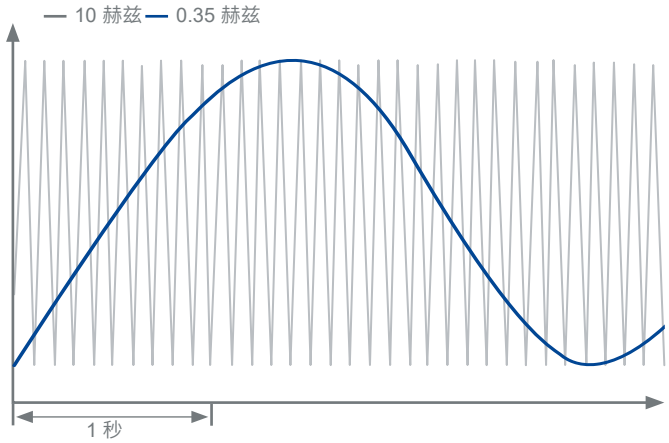
C_5= MasterFlow 9500应采用数值0.85

在周期性载荷环境中的测试

采用圆柱体试样，研究了周期性加载下MASTERFLOW 9500的性能，试样直径60 毫米，高度120毫米。灌浆料在空气和水中的抗疲劳性能已经过测试。空气中的测试是在高频（10赫兹）条件下进行的，而水中的测试是在低频（0.35赫兹）条件下进行的，以模拟波浪运动对海上风力发电机组基础的影响（另请参见图8）。

空气和水中的抗疲劳性能

图 8

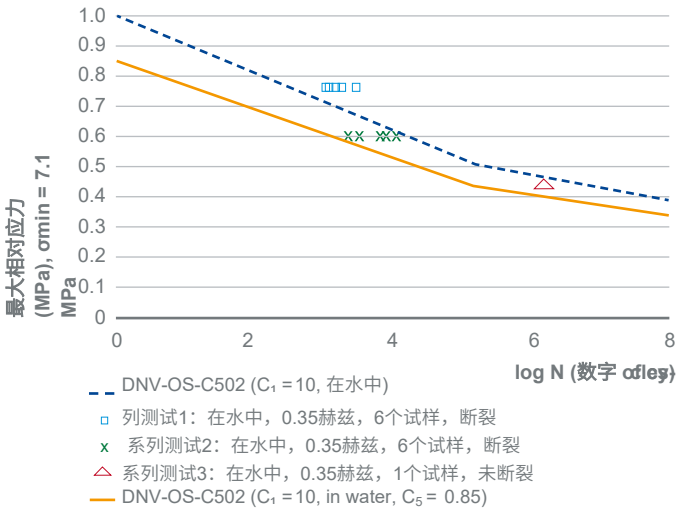


结果达到钢筋混凝土的水平

在周期性载荷测试中，观察到的疲劳破坏周期数与DNV GL-ST-C502标准的预测数据吻合度良好（图9）。可得出结论，MasterFlow 9500在周期性载荷条件下展现出的性能达到钢筋混凝土的水平。根据测试结果，可得出结论，进行抗疲劳设计时可使用DNVGL- ST-C502标准的钢筋混凝土疲劳寿命预测公式。

疲劳寿命预测

图 9



我们在利物浦湾（英国）的参考结构——Gwynt Y Môr:160 台风力发电机组安装在单桩过渡段基础上。灌浆工作在低至2°C的温度环境中仍能很好地继续进行

© FoundOcean Ltd

我们在爱尔兰海（英国）的参考结构——West of Duddon Sands：108台风力发电机组，安装在单桩过渡段地基上。基础安装和灌浆仅用了6个月时间，创造了新的记录。

© FoundOcean Ltd

巴斯夫化学建材（中国）有限公司
上海市浦东新区江心沙路300号ATC III
www.master-builders-solutions.com/zh-cn

联系人：张海明 13801700894
胡洁翔 15801826020

Master Builders Solutions

Master Builders Solutions 作为全球知名品牌，凭借逾越百年的行业经验为建筑施工、维护、修复和翻新提供先进的化学解决方案。我们的产品组合涵盖了混凝土外加剂、水泥添加剂、地下工程化学解决方案、防水密封系统、混凝土修补和保护系统、灌浆系统和功能性地坪系统。

为帮助客户应对从项目构思到竣工过程中的具体挑战，我们利用业内专业人士及区域专家的各项技能，并从世界各地不胜枚举的建筑项目中积累的经验。我们灵活运用全球技术并深入了解当地建筑需求，不断研发有利于帮助客户取得成功和推动可持续建筑的创新解决方案。我们在60多个国家和地区设有生产基地和销售办事处。

我们的解决方案：

- 混凝土外加剂解决方案；
- 水泥添加剂解决方案；
- 地下建筑化学解决方案；
- 高性能地坪解决方案；
- 墙体系统解决方案；
- 防水密封解决方案；
- 混凝土修补和保护解决方案；
- 精密灌浆解决方案；
- 风电灌浆解决方案

Master Builders Solutions
建筑行业全球品牌

MasterAir®
加气混凝土用完整方案

MasterBrace®
混凝土加固方案

MasterCast®
混凝土产品工业方案

MasterCem®
水泥制造方案

MasterEmaco®
混凝土修补方案

MasterFinish®
模板处理

MasterFlow®
精密灌浆方案

MasterFiber®
纤维加固混凝土
综合解决方案

MasterGlenium®
超增塑混凝土解决方案

MasterInject®
混凝土灌注解决方案

MasterKure®
混凝土固化解决方案

MasterLife®
耐久性强化解决方案

MasterMatrix®
自密实混凝土高级
流变性控制解决方案

MasterPel®
防水混凝土解决方案

MasterPolyheed®
高性能混凝土解决方案

MasterPozzolith®
减水混凝土解决方案

MasterProtect®
混凝土防护解决方案

MasterRheobuild®
高增塑混凝土解决方案

MasterSeal®
防水和密封解决方案

MasterRoc®
地下工程解决方案

MasterSet®
阻滞控制解决方案

MasterSure®
和易性控制解决方案

MasterTop®
工业和商业楼层解决方案

Master X-Seed®
预制混凝土高等加速器
解决方案

Ucrete®
恶劣环境下的地坪
解决方案

联系我们

巴斯夫化学建材（中国）有限公司

上海
电话：+86 21 2039 3908

北京
电话：+86 10-56831709

广州
电话：+86 20 8693 6092

成都
电话：+86 28 6010 2860

www.master-builders-solutions.com/zh-cn

本出版物中所涉及的数据基于我们目前所掌握的知识和经验。考虑到有诸多因素可能会影响到我们产品的加工和应用，用户必须自行检测和测试。这些数据中亦不意味对某些产品特性和对某一具体用途的适用性的任何担保。对任何产品描述、图纸、图片、数据、尺寸、重量等信息的变更恕不另行通知。我们产品的使用者有责任确保遵守产品的所有权、现行法律和法规（08/2013）。

®= MBCC Group 在多个国家的注册商标