MASTER® BUILDERS SOLUTIONS

MasterFlow 9800

散装供货的海洋工程灌浆料：革命性的生产效率和安全性

A brand of MBCC GROUP

革命性的新型海洋工程灌浆料

“该材料的强度稳定可靠，耐用性和体积稳定性也经过实践证明，因此很快获得了海上风电行业的青睐。”

FoundOcean有限公司总经理Jim Bell

MasterFlow 9800: 用于海上风力发电机组基础的灌浆料

MasterFlow 9800是一种革命性的新型高强度抗疲劳水泥基灌浆料，适用于海上风力发电机组的安装——使风电项目更加耐用，施工更具有时效性和安全性。

MasterFlow 9800采用特殊配方，适用于设计强度60至90兆帕的基础。该材料具有长期耐久性，能够实现快速、牢固和经济高效的海上风电场安装效果：

- 用预打桩或后打桩技术安装的典型导管架基础灌浆连接部位的灌浆
- 抗疲劳性能和长期耐久性要求很高的场合的灌浆
- 极端气象窗口期内的灌浆
- 各类20毫米至600毫米缝隙的填充，以及2°C至42°C温度下的海洋工程应用场合

提升风电项目效率

Master Builders Solutions能够更好地理解我们的合作伙伴的需求，减少风电场施工和勘探过程中的风险，从而促进风电行业的发展。对我们来说，管理风险很关键：

- MasterFlow 9800灌浆料由我们获得许可的承包商进行安装
- 关于材料性能的独立文档
- 质量保证文档包含详细的安装方法。
- 由独立专家进行验证和“适用性”检查

主要优势一览：

2 °C 至 42 °C

材料质量统一稳定
实践证明，能够在很大的温度范围内保持良好的质量

≥ 20 立方米/小时
灌浆速率不低于20立方米/小时，可在极短施工窗口期内快速应用

早期强度高
早期形成的强度高，减少了早期老化风险

验证
用于海上风力发电机组安装的MasterFlow 9800的独立验证

不受天气影响
MasterFlow 9800灌浆材料存储在封闭的筒仓中

耐久性优异
使用寿命20年以上
抗疲劳性能强，确保风力发电机组灌浆料具备优良的耐久性

MasterFlow 9800 产品概述——优势和益处

MasterFlow 9800是一种散装供货的海洋工程灌浆料，通过连续搅拌和泵送设备进行安装，能够提升灌浆作业的生产效率和安全性。

该材料具有长期耐久性，能够实现快速、牢固和经济的海上风力发电厂安装效果。

特点	优势	益处
灌浆速率≥20 立方米/小时	▪ 灌浆速度更快 ▪ 所需的施工窗口期更短	▪ 降低总体安装成本 ▪ 节省时间
快速形成强度	▪ 低早期老化风险	▪ 节约成本和时间 ▪ 低成本而且耐久的安装效果
散装材料	▪ 无需使用起重机，无需吊装或移动物体，码头不需要设立仓库,	▪ 作业过程中的安全性更好 ▪ 成本优化
在封闭回路中进行连续灌浆	▪ 溢出少，不会形成粉尘 ▪ 灌浆不受暴雨影响	▪ 清洁作业 ▪ 灌浆作业成本较低
材料存储在筒仓中，使用循环喷射搅拌机（RJM）搅拌	▪ 灌浆设备和流程经过简化 ▪ 无开盖式集装箱 ▪ 灌浆所需作业区域更小	▪ 甲板布局更为优化，能够增加基础数量
自然收缩率极低	▪ 体积稳定 ▪ 弹性模量较低；灌浆料的脆性较小 ▪ 灌浆连接部位的僵直度较低	▪ 降低维护费用
高度抗疲劳性	▪ 可耐受动态载荷	▪ 降低维护费用
经业内专家验证；并经过广泛的独立测试	▪ 质量经过认证 ▪ 全程可控	▪ 安装牢固 ▪ 风险评估经过改进
材料质量稳定	▪ 出厂时已预混完毕，对来货和最终货品的控制充分 ▪ 配方稳定；在运输和存储过程中不会出现离析现象 ▪ 水合作用放热低	▪ 产品质量经优化——即使在恶劣的海洋工程安装条件下也能够保持良好的质量er

提升海洋工程灌浆工艺性价比

MasterFlow 9800为海洋工程基础灌浆作业的生产效率和安全性带来了革命性的变革，从而大大降低安装成本和能源成本。

MasterFlow 9800是多年努力开发的成果，其目标是克服海洋工程灌浆的大部分问题，也就是说对于海洋工程结构的灌浆工艺，在生产效率和安全性方面进行重大的可量化改进。

在应用方面具有无可比拟的优势，很大程度上促进了基础安装整体成本的降低：MasterFlow 9800存储在筒仓中运输，而不是存储在袋子中，可以在任何天气条件下存储在码头区，同时提升船舶甲板布局的灵活性。该材料拥有优异的流动特性，可通过2英寸的灌浆料管线进行泵送，这样可以对基础设计和成本产生直接影响。

灌浆料相关项目成本

海洋工程基础安装中使用的灌浆材料，对于基础总体成本的影响很大。对于灌浆料相关项目成本（GRPC），应考虑的项目包括：灌浆料产品的选择、灌浆理念、灌浆作业、灌浆料特性以及灌浆料和灌浆过程相关风险（如项目规划的延误）。可实现百万欧元级别的成本削减。

与其他产品相比，如果在早期阶段将MasterFlow 9800纳入项目规划，可将海上风电项目中的基础分包合同整体成本降低10%到15%。

凭借自身操作优势与技术特性，MasterFlow 9800有助于节省大量海上基础安装所需的时间和成本，同时能够确保灌浆连接部位良好的耐久性。
基于MasterFlow 9800的优异性能，以及我们灌浆承包商的专业设备的操作优势，甚至可大大改善灌浆作业的健康性和安全性。MasterFlow 9800的关键优势在于其能够存储在筒仓当中。

Gemini 海上风力发电厂—— 卓越表现经过实践检验

MasterFlow 9800高强度灌浆料的独特交付和安装方法，是这种材料的主要优势，能够大幅减少基础安装过程中的海上灌浆时间。Gemini海上风电场安装了150个基础，每个结构的平均灌浆时间为32分钟。

使用MasterFlow 9800，灌浆料的安装速度能够远远超过以前的混合材料，从而减少对船舶关键路径的影响，节省项目计划的时间和成本。

海洋工程项目变得更加安全

MasterFlow 9800是由Master Builders Solutions的专家开发的，专门用于风能和油气行业的海上基础。典型的应用场合涉及钢质导管架基础或类似结构的灌浆连接，如桩套筒或插入桩连接。其他典型应用场合涉及损坏或腐蚀的基础的腿部填充，结构加固和夹具修复。

产品验证

因此，Master Builder Solutions已经委派一位业内专家和多家测试机构对用于海上风力发电机组安装的MasterFlow 9800进行验证和确认。整个验证过程包括以下活动：

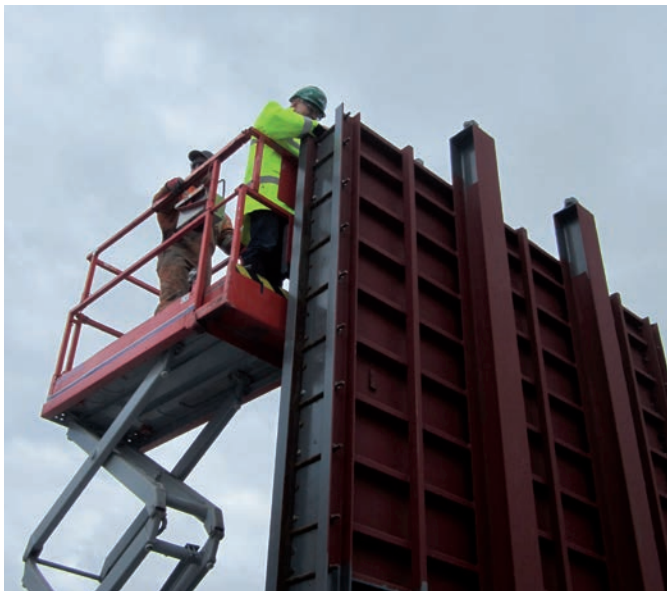
- 确定并验证测试方法、程序和范围
- 在低至2°C的广泛温度范围内进行实验室测试
- 根据DNVGL-ST-C502指南对抗疲劳性能进行评估和验收
- 各项模拟应用和大规模泵送测试的评估、见证和验收
- 基于EN206标准对灌浆材料中使用的原材料进行合规性验证
- 根据DAfStB关于灌浆料的指南，对制造和工厂生产控制的总体情况进行验证
- 对独立实验室测试结果进行评估和验收
- 对大规模模拟测试进行验证和验收
- 灌浆料对于海洋工程应用环境的适用性评估，如风力发电机组导管架基础的灌浆连接

结论

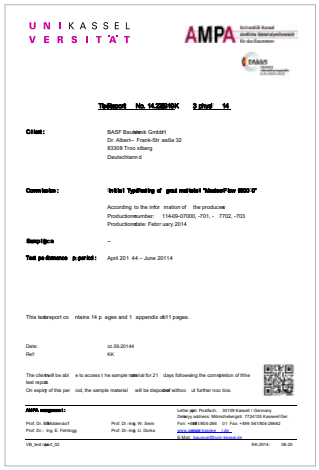
编制完成的验证方案，是证实MasterFlow 9800符合特定强度、耐久性、功能和应用要求，而且适用于预期海洋工程安装场合的书面证明。

型式认证证书

DNV GL已经根据海洋工程指南DNVGL-ST-C502——海洋工程混凝土结构的要求对MasterFlow 9800的性能进行了验证。DNV GL的代表对大量实验室测试和模拟测试进行了见证，而且对安装方法说明和质量保证文件进行了验证。2017年初，DNVGL颁布了TAK00000RW的型式认证证书。



业内专家正在检查灌浆模拟模型



UNIKASSEL VERSITÄT

AMPA

Test report No. 14.2324HK 3 sheet 14

Client: BASF Bautechnik GmbH
Dr. Albert- Frank-Str aße 32
83308 Trou nstberg
Deutschland-d

Commission: Initial Typ ifiesting of grout material "MasterFlow 9800 G"

According to the infor mation of the producer
Productionnumber: 114409-07000, -701, - 7702, -703
Productiondate: Febr uary 2014

Sampling: –

Test pe rformance p eriod: April 201 44 – June 20114

This testreport co ntains 14 p ages and 1 appendix ob11 pages.

Date: 22.09.20144
Ref: KK

The clientwill be abl e to access t he sample material for 21 days following the completion of thte test report.
On expiry of this per iod, the sample material will be disposed withou ut further noo tice.

AMPA management:
Prof. Dr. -Ing. M. Sein
Prof. Dr. -Ing. U. Stoke
Prof. Dr. -Ing. E. Fehlings

Letter pos: Postfach, 34109 Kassel / Germany
Delivery address: Mönchebergstr. 7 34125 Kassel/Ger
Fax: +4881804-266 01, Fax: +499 561804-266802
www.uniKassel.de/ ... ampa
E-Mail: baustoff@uni-kassel.de

VB_test report_32 KK-2014- 09-26

灌浆料的机械性能优异

即使在低温环境中也能够保持良好的可施工性

流动特性和可施工性

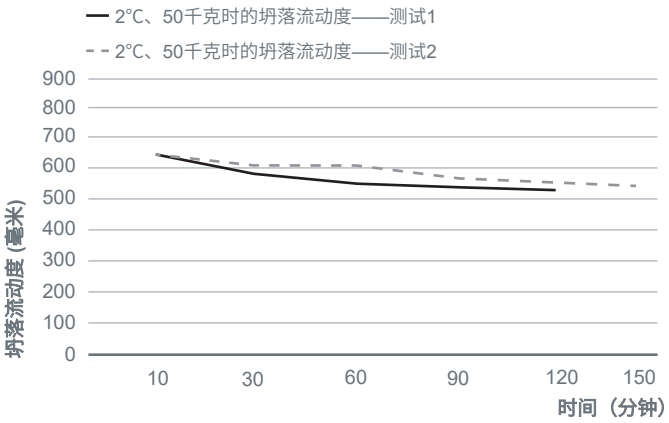
根据EN12 350-8和DAfStB自密实混凝土指南（SCC指令）对新鲜灌浆料的密实度、流动特性和流动保持力进行了测试。

测试是使用所谓的“亚伯拉罕锥体”进行的（图1）。
通过最小混合水量模拟最坏情况，从而确定新鲜灌浆材料的具体数值。图2至图3所示为不同温度下的流动特性和保留特性。
通过亚伯拉罕锥体进行混凝土坍落度测试

图 1

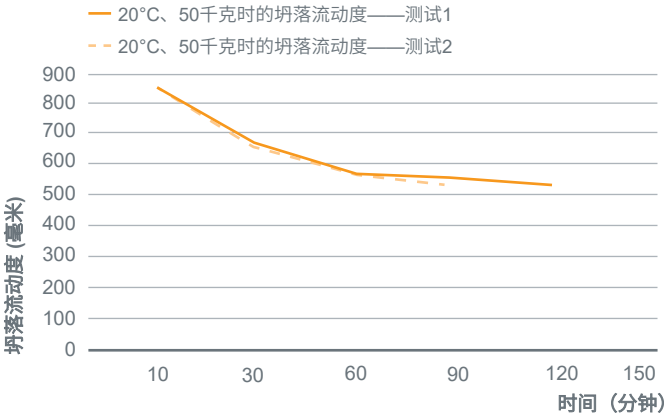
2 °C温度下的流动特性

图 2



20 °C温度下的流动特性

图 3



空气含量与密度

使用体积为1升容积的压力补偿容器（含气率桶）测定空气的含量（图4）。

新鲜砂浆的密度是用同样的1升容器测定的。空气含量测定结果汇总见表1。

表 1

空气含量(%)	湿密度 (千克/立方分米)
最大2.9	2.3

空气含量测定

图4

抗压强度

确保长期保持载荷传递性能

MasterFlow 9800的抗压强度测试依据为EN 12390-3标准，试样为100毫米的立方体。该材料在2°C、5°C和20°C进行抗压强度评的估。在每个温度下，3个立方体测试3和7天，粉碎6个立方体，以确定28天的强度。图5所示为平均抗压强度与老化时间和测试温度的函数关系。

典型抗压强度

从设计角度，根据EN 12390-3标准，通过12个d/h = 150/300毫米的圆柱体试样对海洋工程基础的结构完整性，MasterFlow 9800的典型抗压强度进行了测试。

根据EN1992-1-1标准，通过以下公式计算得出典型抗压强度为96 MPa。

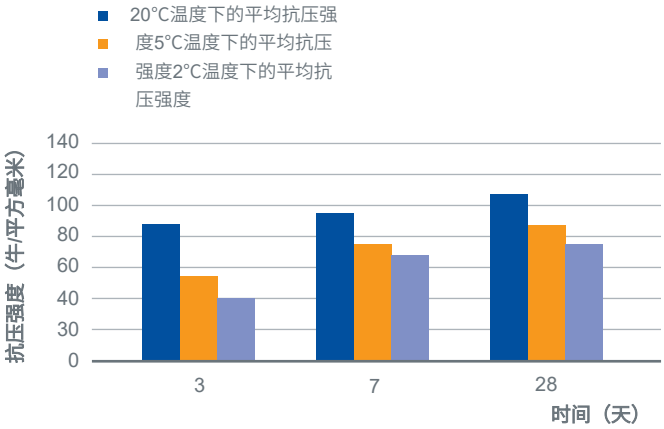
根据DIN 1045标准，该材料属于C80/95级材料。

$$Xk(n) = mx \times (1 - kn \times Vx)$$

其中：Xk(n) = 典型抗压强度
mx = 平均抗压强度
kn = 1.888 [-]
Vx = 差异系数

2 °C, 5 °C, 20 °C温度下的抗压强度

图 5



转换系数

150/300毫米圆柱体对于100毫米立方体的换算系数是根据20°C温度下的平均抗压强度确定的（表2）。

表 2

100 毫米 立方	150/300 毫米 圆柱体	传递 系数
104.8 兆帕	99.7 兆帕	0.95

早期强度形成性能更好

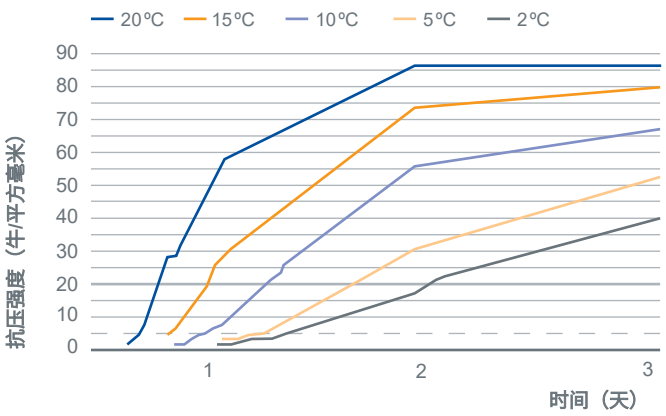
减少早期老化的风险

MasterFlow 9800的早期强度形成性能是通过100毫米的立方体测定的。在20°C、15°C、10°C、5°C和2°C的温度下，通过粉末、混合水进行了测试，并通过经过预老化的钢模在给定的温度下进行了测试。立方体试样的测试依据为EN 12390-3标准。

图6所示为MasterFlow 9800在2至20°C早期老化环境中的强度形成情况。

即使在低温环境中也能够形成早期强度

图 6



两个数值比较重要：

- 5 根据作业窗口期、波浪高度、夹具释放、早期老化循环等因素，灌浆料强度通常采用Mpa数值。MasterFlow 9800在20°C下大约14小时后即可达到这个数值，而在环境温度仅仅2°C的条件下则需要48小时。
- 20 从灌浆料的抗冻性方面考虑，MPa是安全数值。在20°C或2°C条件下，MasterFlow 9800分别可在18或72小时内达到上述数值。

缓解早期老化循环的风险

根据DNV GL指南DNVGL-ST-0126，在灌浆料的初始固化期间和此后的灌浆料硬化期间，灌浆钢构件之间只允许有限的相对移动，以确保基础的不同钢构件之间实现适当的载荷传递。

如果在灌浆料硬化过程中，灌浆料-钢材接触面的预期相对轴向移动超过最大设定值，则应采取适当的措施来限制/防止移动。

在灌浆料的硬化阶段通过机械方式控制这种相对移动，这是一种可行的方法。控制早期老化循环（EAC）风险的另一个方法，是快速增加灌浆材料的强度，以便在极短的施工窗口期内进行作业。

EAC规定的临界强度值为5 MPa，MasterFlow 9800在环境条件温度≥ 10 °C的情况下，24小时内能达到上述临界强度值，而在只有2°C的情况下则需要32小时。

砂浆特性经过优化

配方稳定，脆化系数低

沉积稳定性

根据DAfStB的自密实混凝土指南，对灌浆料的沉积稳定性进行了测试和评估。将温度为2°C、5°C和20°C的最大含水量灌浆料浇注至塑料圆柱体中。材料硬化后，将圆柱体轴向锯成两半，以便直观地评估硬化的灌浆材料内部的骨料分布。通过图7能够确定，在500毫米高度的圆柱体中没有出现骨料沉积。切面上可见的骨料分布均匀。

抗挠强度

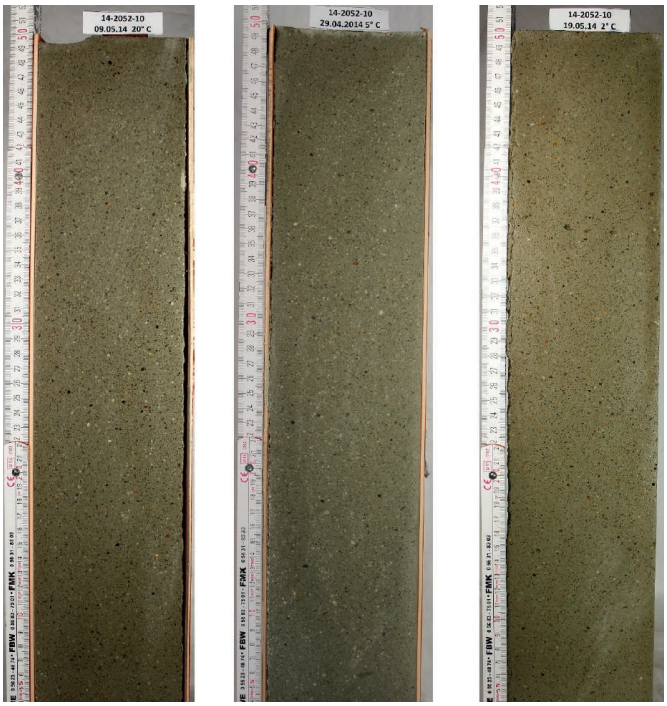
根据DIN EN 12390-5标准，对老化28天的试样（长×宽×高=150×150×700毫米）进行了测试，以确定MasterFlow 9800的抗挠强度。关于平均抗挠强度，请参见表3。

弹性模量

根据DIN 1048-5标准，通过3个经过28天老化的测试圆柱体（d/h=150/300毫米）对MasterFlow 9800灌浆料的静态和动态弹性模量进行了测试，试样在20°C的水中固化。结果汇总见表3。

未出现骨料沉积

图 7



抗挠强度和弹性模量

表 3

抗挠强度 (MPa)	静态弹性模量 (GPa)	动态弹性模量 (GPa)
10.4	34.1	41.3

长期体积稳定性

收缩补偿技术

自然收缩
什么是自然收缩?

自然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，即水合水泥的体积（请参见图8）。潮湿条件下可发生自然收缩，与只在干燥条件下发生的干燥收缩相反。

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。

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，对于海上灌浆连接施工中使用的灌浆材料的验证来说，自然收缩的验证至关重要。

用schleibinger收缩排水法进行测量

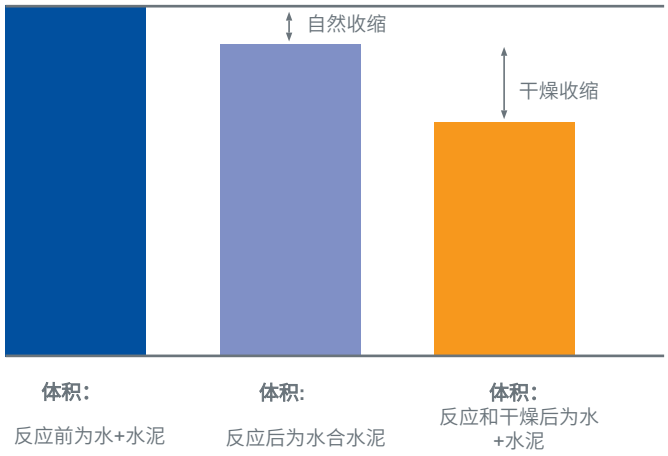
灌浆材料的自然收缩率是在20°C的温度下用Schleibinger收缩排水法测量的。在最初的14天里，样品经过气密处理，以防止发生干燥收缩。测量是在灌浆料浇注至导流板后约90分钟开始的。图10所示为固化过程中自然收缩率和灌浆料温度的测量结果。

通过收缩补偿技术和高度专用化的化学品，尽量减少MasterFlow 9800的自然收缩率。

图9所示的结果清楚地表明，因灌浆材料的自然收缩造成开裂风险大大减少。

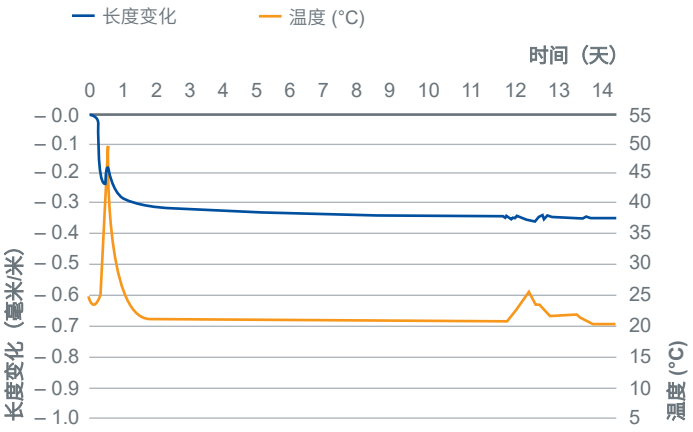
水和水泥反应之前和之后的体积变化

图8



够测量得到的自然收缩

图 9



抗疲劳性能优异

管理疲劳载荷

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。

耐疲劳性

材料反复承受载荷和卸除载荷时，就会发生疲劳。如果载荷超过特定阈值，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。

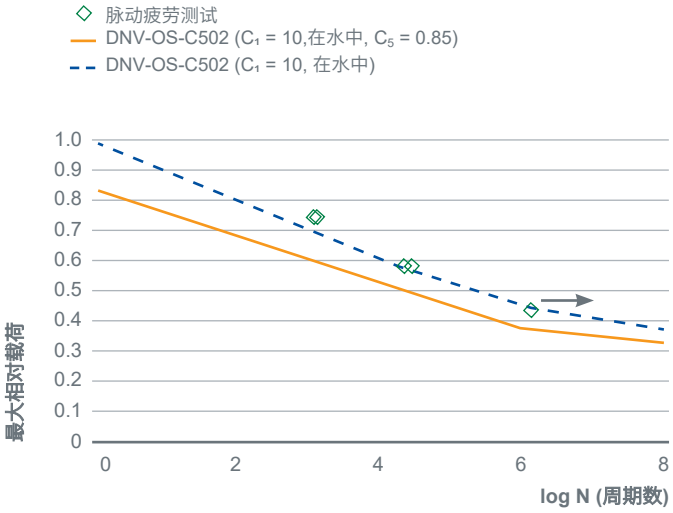
使用100毫米×200毫米的圆柱体试样，对MasterFlow 9800在周期性载荷条件下的性能进行了研究。
灌浆材料浸泡在水中以4赫兹的频率进行抗疲劳测试。

根据DNV GL标准确定的抗疲劳性能公式

在周期性载荷条件下观察到的疲劳破坏周期数与DNVGL-ST-C502的预测吻合度良好（图10）。可得出结论，在通过MasterFlow 9800实现的灌浆连接部位的设计阶段，可使用DNVGL- ST-C502标准的疲劳寿命预测公式。
此外，进行安全疲劳度计算时，DNV GL标准中抗疲劳度公式的C5系数应为0.85。

根据DNVGL-ST-C502确定的抗疲劳性能

图 10



MasterFlow 9800便于安装

性能在模拟测试中得到了证实

进行的几次模拟测试对MasterFlow 9800的材料和安装特性进行了评估。干粉材料保存在散装筒仓中运送到测试现场，然后在那里通过80米长的2英寸灌浆软管（通常用于海洋工程灌浆作业）对灌浆料进行搅拌和泵送。在整个测试过程中，进行了典型的质量保证测试，主要测试灌浆料的机械性能和砂浆性能。

灌浆料机械性能评估

按照实际海洋工程作业的方式对几个模板墙进行了灌浆，以模拟灌浆连接部位的填充情况。这样也能够评估硬化的MasterFlow 9800的核心强度和离析稳定性，从而在拆除模板后对灌浆料的机械性能进行评估（图11）。

抗压强度测试结果

质量保证测试的结果与实验室测试得到的结果相似，而灌浆操作清楚地证明了MasterFlow 9800易于安装的特性。表4所示为对取自墙体的75毫米立方体和圆柱体核心试样（比率1/1）的抗压强度测量结果。

立方体平均强度和核心强度

表4

75毫米立方体平均强度	平均核心强度 ø 100 毫米/h 100毫米
115 兆帕	112 兆帕

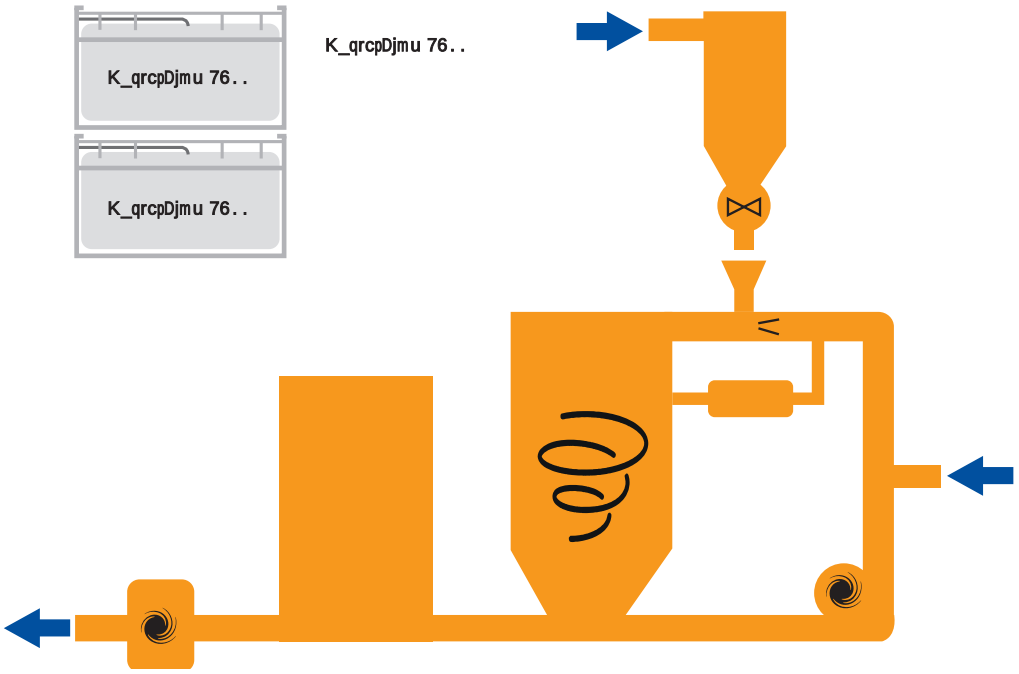
核心强度评估

图 11

&PHK'

&PHK'

/0



K_qrcpDjmu 76..

k

5. k

&PHK'

	0. -	6 -
	0 1.	/.
		0
	/v0.	3v0.
	.,2	0,0
	! !	! !

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