

T/CECS XXX：202X

**中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会 标 准**

风电工程用座浆料应用技术规程

Technical specification for application of bedding mortar material for wind power engineering

（征求意见稿）

中国XX 出版社

**中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会 标 准**

风电工程用座浆料应用技术规程

**T/CECS XXX：202X**

主编单位：山东建科建筑材料有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X 年 XX 月 XX 日

中国XX 出版社

202X 北 京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2022年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2022]40号文）的要求，规程编制组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分6章和1个附录，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、材料、施工、质量检验等，附录A。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会绿色建造专业委员会归口管理，由山东省建科建筑材料有限公司负责具体技术内容的解释。在执行本规程过程中，如有需要修改和补充之处，请将有关资料和建议，寄送解释单位（地址：济南市无影山路29号，邮政编码：250031），以供修订时参考。

主编单位 ：山东建科建筑材料有限公司

参编单位 ：

主要起草人：

主要审查人：

**目 录**

[1 总则 1](#_Toc163809544)

[2 术语 2](#_Toc163809545)

[3 基本规定 3](#_Toc163809551)

[4 材料 4](#_Toc163809552)

[4.1 座浆料](#_Toc163809553) **[4](#_Toc163809553)**

[4.2 座浆料进场检验 4](#_Toc163809554)

[5 施工 7](#_Toc163809556)

[5.1 施工准备 7](#_Toc163809557)

[5.2 座浆料拌合 8](#_Toc163809558)

[5.3 坐浆施工 9](#_Toc163809559)

[5.4 冬期施工 11](#_Toc163809560)

[5.5 高温季节施工 12](#_Toc163809561)

[6 质量检验 13](#_Toc163809562)

[6.1 一般规定 13](#_Toc163809563)

[6.2 检验项目 13](#_Toc163809564)

[附录A 15](#_Toc163809565)

[本规程用词说明 16](#_Toc163809566)

[引用标准目录 17](#_Toc163809567)

**Contents**

[1 General provisions 1](#_Toc74769466)

[2 Terms 2](#_Toc74769467)

[3 Basic requirements](#_Toc74769468) [3](#_Toc74769468)

[4 Materials 4](#_Toc74769469)

[4.1](#_Toc74769470) [Bedding mortar material 4](#_Toc74769470)

[4.2 Acceptance for quality](#_Toc74769471) [of bedding mortar material 4](#_Toc74769471)

[5 Construction 7](#_Toc74769477)

[5.1 Construction preparation 7](#_Toc74769478)

[5.2 Mixing of bedding mortar material 8](#_Toc74769479)

[5.3 Grouting construction 9](#_Toc74769480)

[5.4 Construction in winter 1](#_Toc74769480)1

[5.5 Construction in high temperature season 1](#_Toc74769480)2

[6 Quality inspection 1](#_Toc74769481)3

[6.1 General provisions 1](#_Toc74769482)3

[6.2 Items](#_Toc74769483) [1](#_Toc74769483)5

Appendix A

[Explanation of wording 1](#_Toc74769498)6

[List of quoted standards 1](#_Toc74769499)7

# 1 总则

* + 1. 为规范风电工程用座浆料在风电预制混凝土塔、钢混塔架安装施工中的应用，满足设计和施工要求，保证工程质量，做到安全适用、技术先进和经济合理，制定本规程。

【条文说明：水泥基座浆料具有稳定、无收缩、高强度、不流挂的特性，适用于塔筒上下节安装 ，确保所有座浆表面与塔筒面紧密的接触，保证上下节塔筒之间紧密接触牢靠。本规程是在总结座浆料在国内外工程中应用经验的基础上，由相关研究、生产、设计、施工和检测单位共同制定，其目的是指导和规范座浆料的应用，保证塔架工程质量。】

* + 1. 本规程适用于水泥基座浆料的检验及在风电钢混塔架、混凝土塔架安装施工中的应用。

【条文说明：本规程适用范围为风电钢混塔架工程用水泥基座浆料，不适用于其他座浆料，如环氧胶泥等。】

* + 1. 风电工程用座浆料的应用除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明：《风电机组混凝土—钢混合塔筒施工规范》NB/T 10907-2021、《风力发电机组预应力装配式混凝土塔筒技术规范》T/CEC 5008-2018等标准中有相关规定。】

# 2 术语

## 2.0.1 座浆料

水泥基座浆料是以水泥为基本胶结材料，掺加高强细骨料、外加剂和矿物掺合料及其他辅助材料，经工业化生产的具有合理级配的干混料（简称“座浆料”，代号CBM）。加水拌合后具有不流挂、可触变、可挤压、早强、高强、微膨胀、粘结力强等性能，用于风电混塔吊装施工的预制混凝土塔段水平接缝的坐浆连接。

【条文说明：本规程规定的座浆料是指水泥基座浆料。】

## 2.0.2 常温型水泥基座浆料

使用于坐浆施工及养护过程中24h内座浆部位环境温度在5℃-35℃的座浆料。

【条文说明：预计施工和养护过程中24h内环境温度在5℃-35℃。常温座浆料根据温度选择产品，对于0℃环境，采取合理的措施，也可以使用常温型座浆料。】

**2.0.3 高温型水泥基座浆料**

使用于坐浆施工及养护过程中24h内座浆部位环境温度在30℃-40℃的座浆料。

【条文说明：预计施工和养护过程中24h内环境温度处于30℃-40℃时，选用高温型座浆料。】

**2.0.4 低温型水泥基座浆料**

使用于坐浆施工及养护过程中24h内座浆部位环境温度在-5℃~5℃的座浆料。

【条文说明：用于冬期施工的座浆料，预计施工和养护过程中24h内环境温度处于-5℃-5℃时，选用低温型座浆料。】

**2.0.4 负温型水泥基座浆料**

使用于坐浆施工及养护过程中24h内座浆部位环境温度在-10℃-0℃的座浆料。

【条文说明：用于冬期施工的座浆料，预计施工和养护过程中24h内环境温度处于-10℃-0℃时，选用负温型座浆料。】

## 2.0.5 混凝土塔段

在拼装平台将钢筋混凝土环片组拼完成构成塔筒的圆环形结构构件，或整体预制的钢筋混凝土圆环形构件。

【条文说明：直径大，整体预制运输不方便，采用多片预制，需要在拼装平台将钢筋混凝土环片组拼完成构成塔筒的圆环形结构构件；直径小的混凝土塔节是整体预制的钢筋混凝土圆环形构件。】

# 3 基本规定

* + 1. 座浆料的使用类型和强度等级应根据施工季节、温度以及风电混塔设计要求等因素选择。

【条文说明：座浆料在0℃-35℃的环境条件下施工选用常温座浆料,30℃-40℃的环境条件下施工选用高温座浆料；冬期施工选用规定温度下的座浆料，在环境温度-5℃-5℃时选用低温座浆料，在环境温度-10℃-0℃选用负温座浆料。根据当地多年气象资料统计，当室外日平均气温连续5d稳定低于5℃进入冬期施工，当室外日平均气温连续5d稳定高于5℃解除冬期施工。冬期施工重点关注施工及养护24h的温度变化，坐浆施工及养护过程中24h内座浆部位环境温度不宜低于规定温度。座浆料的强度等级要根据风电工程设计要求进行选择】

* + 1. 施工时，座浆料应严格按照材料要求的用水量进行加水搅拌。

【条文说明：座浆料在使用前需按照生产厂家的规定加水搅拌试验，确定使用时的拌合用水量，通过试验确定的用水量不宜随意更改，应用时要保证计量准确，严格控制用水量。加水量对座浆料流动性、泌水率、膨胀性和强度性能最主要的影响因素。】

* + 1. 塔筒吊装前，应确认风速、气温等气象条件满足吊装坐浆施工要求。

【条文说明：一般5级以上大风天或风力大于4级的雾天气不宜吊装施工，6级以上强风天气必须停止塔式起重机的吊装作业；塔筒座浆环境温度超过40℃、低于-10℃，不建议吊装施工。】

* + 1. 座浆料施工过程中，应避免操作人员吸入粉尘和造成环境污染。

【条文说明：本条规定了施工过程中的环保要求，座浆料施工现场需要采取一定的防护措施。】

# 材料

## 4.1 座浆料

4.1.1 座浆料应为均匀、无结块的干混料。

【条文说明：座浆料为水泥基干混料，对贮存条件要求较高，本条规定了座浆料的外观要求，应根据外观判断座浆料是否受潮。】

4.1.2 座浆料按坐浆施工及养护过程中24h内座浆部位环境温度分为常温型、高温型、低温型和负温型：

a） 常温型，适用环境温度0℃＜T≤35℃；

b） 高温型，适用环境温度30℃＜T≤40℃；

c）低温型，适用环境温度-5≤℃T≤5℃；

d） 负温型，适用环境温度-10℃≤T≤0℃。

【条文说明：按照坐浆施工及养护过程中24h内座浆部位环境温度（T）可分为常温型、高温型、低温型和负温型。常温型适用于正温环境，高温型适用于高温炎热天气施工；低温型和负温型适用于冬期施工。】

4.2.3 座浆料按抗压强度分为三个等级：CBM80、CBM100和CBM120。

【条文说明：按照坐浆施工的强度等级要求，可将座浆料分为：CBM80、CBM100和CBM120三个等级。其中CBM80指28d抗压强度等级为80MPa，CBM100指28d抗压强度等级为100MPa，CBM120指28d抗压强度等级为120MPa。座浆料的强度等级选择应根据风电工程设计要求进行确定。】

4.2.4 常温型和高温型座浆料性能指标应符合表1的规定。

表1 常温型、高温型座浆料的技术性能

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检测项目 | | 性能指标 | | | 测试方法 |
| CBM80 | CBM100 | CBM120 |
| 流动度/mm | 初始 | 150-200 | | | 按照GB/T2419中的规定 |
| 60min | ≥130 | | |
| 抗压强度/MPa | 1d | ≥35 | ≥35 | ≥35 | 按照GB/T 17671中的规定 |
| 3d | ≥60 | ≥70 | ≥80 |
| 28d | ≥80 | ≥100 | ≥120 |
| 抗折强度/MPa | 28d | ≥11 | ≥12 | ≥13 |
| 竖向膨胀率/% | 24h | ≥0.04 | | | 按照GB50119-2013附录C |
| 自干燥收缩率/% | 28d | ≤0.045 | | | 按照JG/T 408附录D |
| 泌水率/% | | 0 | | | 按照GB/T 50080的规定 |
| 注1：座浆料初始状态应呈粘稠状、不流淌；60min应具有可塑性、可挤压性、触变性。 | | | | | |

4.2.5 低温型和负温型座浆料性能指标应符合表2的规定。

表2 低温型和 负温型座浆料的技术性能

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检测项目 | | 性能指标 | | | 测试方法 |
| CBM80 | CBM100 | CBM120 |
| 流动度/mm | 初始 | 150-200 | | | 按照GB/T2419中的规定 |
| 60min | ≥130 | | |
| 抗压强度/MPa | -1d | ≥30 | ≥30 | ≥30 | 按照GB/T 17671中的规定 |
| -3d | ≥60 | ≥60 | ≥60 |
| -7d+21d | ≥80 | ≥100 | ≥120 |
| 抗折强度/MPa | -7d+21d | ≥11 | ≥12 | ≥13 |
| 竖向膨胀率/% | 24h | ≥0.04 | | | 按照GB50119-2013附录C |
| 自干燥收缩率/% | 28d | ≤0.045 | | | 按照JG/T 408附录D |
| 泌水率/% | | 0 | | | 按照GB/T 50080的规定 |
| 注1：座浆料初始状态应呈粘稠状、不流淌；60min应具有可塑性、可挤压性。  注2：低温型座浆料-1d、-3d代表试件在养护温度位-5℃时养护1d、3d；-7d+21d代表试件在-5℃时养护7d，再转标准养护21d。  注3：负温型座浆料-1d、-3d代表试件在养护温度位-10℃时养护1d、3d；-7d+21d代表试件在-10℃时养护7d，再转标准养护21d。 | | | | | |

【条文说明：本条规定了浆体的物理力学性能，结合《风电机组混凝土—钢混合塔筒施工规范》NB/T10907-2021 的相关技术要求，以及大量试验数据，得出了合理的技术要求，并且该技术要求能够体现出座浆料的以下特征：加水拌和后的料浆具有好的可塑性能，长时间保持易于挤压变形性能，易于塔筒坐浆施工；在塑性阶段有良好的补偿收缩能力，且硬化后产生微膨胀；早强、高强；冬期施工用座浆料具有高的抗冻害能力，早期强度高。】

## 4.2 座浆料进场检验

**4.2.1**座浆材料的储存应符合下列要求:

a) 座浆料在包装无破损的条件下，应储存于干燥通风库房中，应避免受潮结块；

b）座浆材料不得随意堆放在施工现场，需要临时存放时，应存放在指定区域，采取遮阳、防雨措施，并设有专人管理。

**4.2.2**座浆料进场时应复验，座浆料性能的检验应委托给经过国家计量认证和实验室认可的检验单位检验，合格后方可用于施工。

【条文说明：根据GB50300-2013第3.0.3条款规定：建筑工程采用的主要材料、半成品、成品应进行进场检验。凡涉及安全、节能、环境保护和主要使用功能的重要材料、产品，应按各专业工程施工规范、验收规范和设计文件等规定进行复检，并应经监理工程师检查认可。】

**4.2.3**常温和高温座浆料复验项目应包括流动度、泌水率、24h膨胀率、1d强度、3d强度，低温和负温座浆料复验项目应包括流动度、泌水率、-1d强度、-3d强度，以及合同约定的其他技术要求。

【条文说明：进场后应抽取现场的座浆料按照掺加座浆料厂家提供的用水量配制，性能符合要求后，如果有合同约定的其他技术要求也应满足，方可允许使用。这些复检项目反映了座浆料是否具有使用性能。】

**4.2.4**进场的座浆料应查验和收存型式检验报告、使用说明书、出厂检验报告、产品合格证等质量证明文件。

**4.2.5**出厂检验报告应包括：产品名称与型号、检验依据、生产日期、用水量、流动度、泌水率、竖向膨胀率、1d强度、-1d强度、3d强度、-3d强度、检验部门盖章、检验人员签字。当用户需要时，生产厂家应在座浆料发出之日起32d 内补发 28d 抗折与抗压强度值，40d 内补发 -7+21d 抗折与抗压强度值。

【条文说明：产品出厂检验必须是在厂家产品型式检验报告合格有效的前提下。】

**4.2.6**座浆料每200t应为一个检验批，不足200t的应按一个检验批计。每一检验批应作为一个取样单位。

**4.2.7**取样应有代表性，随机从不少于10袋座浆料中抽取样品，每一批座浆料取样量不应少于25.0kg。

**4.2.8**取得的样品应混合均匀，分为两等份，其中一份按本规程的规定进行检验，另一份密封保存3个月，以备仲裁检验。

【条文说明：产品进场要按规定储存保管，超过保存期的产品经过国家计量认证和实验室认可的检验单位检验，合格后还可用于施工。】

# 施工

## 5.1 施工准备

* + 1. 施工现场质量管理应有质量管理体系，施工质量控制和质量检验制度。座浆料施工前应编制施工技术方案。

【条文说明：风电混凝土塔筒的安装施工是专业且风险性极高的工作。工作之前需要做好充分的准备和稳妥的方案以便安装工作的安全顺利进行。混凝土塔筒座浆连接属半隐蔽工程，为保证工程质量，在施工前需编制专门的技术方案或塔架施工技术方案的部分内容，要强调座浆料施工方案的重要性。】

* + 1. 塔筒座浆界面清理器具准备。

【条文说明：压力水喷枪、吹干、铲刀、钢丝刷等，冬期施工还需要热除冰雪设备等。】

* + 1. 混凝土塔架伸缩平台及固定平台安装，检查吊装机具，塔筒段质量及吊点。检查预制混凝土塔节构件编号及外观质量，根据安装设计图纸要求安装塔筒段附件。

【条文说明：平台提升时必须使用等长的单独的4根吊带，严禁采用长吊带对折使用，避免吊带打滑引起平台倾覆。对起重设备进行维护保养，并在吊装前进行试吊，检查起重能力、升降、回转、行走、制动是否正常；检查吊带、卡环、绳夹等吊具的质量和数量是否满足吊装的需要；准备好吊装用工具。仔细检查构件的强度、完整性（有无严重裂缝、损坏及其它缺陷）、外形和几何尺寸，平整度、预埋件、预留孔位置、尺寸、数量、吊点螺栓孔眼、埋设件的稳固程度和构件的轴线等是否准确。吊点检查：检查起吊段顶面吊点情况，必须保证丝孔内不被杂物填充，吊具无开裂，丝扣完整无勒丝。混凝土塔架整体外观是一圆台形状，每一塔节在预制场地都有固定的顺序编号，施工是顺序安装的，不能弄错。预制混凝土塔节要检查合格后方可使用。】

* + 1. 坐浆施工设备机具准备，坐浆施工前应准备搅拌机、转运料斗等施工设备及必要物品，应选择较大功率的强制式混凝土搅拌机；座浆料性能试验检测器具等。

【条文说明：采用性能良好的施工设备是保证座浆料质量的重要手段和前提，在实际施工时应尤其要考虑选择满足施工工艺要求的搅拌机和运输拌合好的座浆料的转运料斗。

选择搅拌机时，要考虑座浆料比较粘稠，每次搅拌的量的多少，电机功率要大；可选用涡桨式混凝土搅拌机，通过安装在转子(立轴式)上的拌和铲片对搅拌物料进行强制搅动的混凝土搅拌机，从顶上加料，从罐底部打开卸料门卸料。搅拌机公称容量500L~1000L为宜，如可选JW750型混凝土搅拌机；搅拌桨转速控制在25 转/分钟~40 转/分钟为宜；电机功率10KW~15KW为宜；减速机选用汽车后桥式减速机为宜，也可考虑圆柱齿轮减速器。

转运料斗参数要求：容量要的大小要合理，每次搅拌的量要一次性提升、浇筑。尺寸不宜过大侵占临时平台空间。

座浆料搅拌配套机具，包括称量水的称、容器，喷壶等；冬期施工还需要温度计、对水加热设备等。

座浆料性能试验检测器具，包括强度试模、取料桶等成型需要的成套器具。】

* + 1. 座浆料的准备。

【条文说明：提前做好座浆料的准备工作，按照统筹考虑，分期分批进场的原则，并做好现场干粉座浆料的储存保护。】

* + 1. 施工前，应事先对采用的座浆料进行试拌。试拌时，水和座浆料的称量误差均不应超过材料质量的±1%，加水量应严格按照产品说明书中规定的加水比例，试拌的浆体性能应满足本规程的要求后方可使用。

【条文说明：施工前试拌考察浆料的搅拌合理工艺、施工性能及可操作时间，提前解决施工过程可能出现的问题。】

## 5.2 座浆料拌合

**5.2.1** 座浆料拌和前应先清洗施工设备，清洗后的设备内不应有残渣、积水。

**5.2.2** 称取座浆料干料与水，称量误差均不应超过材料质量的±1%。

**5.2.3** 座浆料搅拌应符合下列规定：

在搅拌机中加入全部的座浆料干料，然后加入实际拌合用水量的 80%～90%，启动搅拌机，边搅拌边加入剩余 10%～20%的拌合用水，继续搅拌 3min~5min，搅拌时间控制在10min~15min。

【条文说明：搅拌应均匀。】

**5.2.5** 浆体搅拌均匀后，流动度应符合本规程第 4.2 节规定。

【条文说明：本规程第 4.2.4和4.2.5对座浆料流动度有明确的规定，出机跳桌流动度在150-200mm之间】

**5.2.6** 搅拌后座浆料浆体至浇筑完毕的时间不宜超过 40min。

【条文说明：搅拌完成后随时间推移，浆体内水分蒸发会导致流动度下降；合理安排施工进度，尽量缩短拌和后浆体等待时间；可操作时间一般在40~60min，卸料后提升前应使用塑料薄膜覆盖，避免快速失水。同时可适当喷洒少量水雾，降低失水量。拌合料要求随用随拌，避免拌合料硬化而浪费；对于已经初凝的拌合料严禁二次加水使用。】

## 5.3 坐浆施工

* + 1. 封堵预应力孔道，调平基面。

【条文说明：下塔筒段顶面预应力孔道用薄铁皮圆筒封堵，其上端面突出塔筒段顶面不少于30mm。根据设计要求两段塔筒之间有10mm左右的水平缝隙用水泥基座浆料。下塔筒段顶部调平：利用激光标线仪测量下塔筒段顶面的钢板支撑点表面的高差，以最高点位往上调高10mm为基准，相应增垫其他低标高处的支撑点位。

首节座浆要采用激光旋转扫平仪对基础凹槽基面进行复测，对平整度进行调整；用旋转扫平仪测量塔筒段顶面水平高差。根据测量结果采用调平垫片进行调整（垫片有1mm、2mm、5mm钢垫片和5mm的有机玻璃垫片组成），要特别注意每一段塔筒有六个调平支点，每一处支点必须有一片2mm的有机玻璃，同时检查定位销是否放好，通过检查完全都准备好后开始吊装。】

* + 1. 预制混凝土塔节与座浆料接触面应充分润湿，但不能有明水。

【条文说明：混凝土座浆面要提前用水润湿很重要！否则会出现座浆后，混凝土很快会把座浆料中的水分吸去，会出现界面水化不充分，造成薄弱界面，影响粘结强度。】

* + 1. 座浆上下面层处理：座浆接缝上下面粗糙面，粗糙面的凹凸深度不应小于4mm；保证上下表面全部洁净、无积水；如有松动石子与粘附的砂浆及时将其剔除干净；。

【条文说明：塔筒上下面应是粗糙面，粗糙面的凹凸深度不应小于4mm，粗糙面的面积要不低于结合面面积的80%，当塔筒预制出厂不满足要求时，现场要处理；首节座浆的混凝土基面底处理：基础+0.400m凹槽内表面根据安装平整度要求，在水平高差超出允许安装范围的局部区域垫放薄钢板片弥补高差至水平。】

* + 1. 座浆料制备。

【条文说明：按照5.2座浆料拌合的规定。】

* + 1. 铺设座浆料

1 铺浆开始后，必须连续进行，不能间断，并应尽可能缩短铺浆时间；

2 铺设时应保证中间高两边低，呈圆弧状，同时避免在调平垫片上铺设浆料；

3 铺浆时如气温超过20℃或风速≥8米/秒，应在座浆料表面敷设塑料薄膜，待塔筒进入基槽内前将塑料薄膜揭除。

【条文说明：铺设时应保证中间高两边低，同时预留内外边缘1cm的座浆料流动距离；摊铺厚度不宜过高，高于钢垫片10mm即可，避免过多浪费材料，同时避免在调平垫片上铺设浆料。摊铺时，不得使用抹子将座浆料表面抹平抹光，应使表面稍有凹凸不平。】

* + 1. 塔筒就位、压浆。吊装至基层面上空200mm~300mm暂停，旋转塔筒至正确安装方向，并对准预留对接定位销，缓慢下放塔筒，就位。

【条文说明：安装人员应注意力集中，特别是混凝土塔筒吊装对正定位销时，严禁将头、手伸入上下混凝土塔筒之间。尽最大可能的一次性就位，由于座浆料经过一次挤压后不会复原，就需要人工再次进行座浆面处理，会影响座浆质量。】

* + 1. 清理压浆后的余料，并进行接缝处理，保证接缝美观，平整。

【条文说明：座浆料座浆完成后，把流出接缝处的废料、垃圾等清理干净，并用座浆料勾缝，保证水平缝密实无空洞。】

* + 1. 座浆料接缝处理完成后，接缝座浆料要保湿养护。

【条文说明：接缝用座浆料勾缝处理后，用双面胶带塑料薄膜密封，防止水分蒸发，影响座浆料正常水化，进一步影响座浆料硬化后的强度，养护密封带宽度要宽于座浆料接缝宽度，如采用10cm宽的双面胶带将接缝密封保水养护；也可采用涂刷养护剂进行养护，养护时注意不要弄脏塔筒筒体。】

* + 1. 首节坐浆施工。首节座浆料摊铺到基础凹槽，座浆后用座浆料周边找平。

【条文说明：首节座浆要采用激光旋转扫平仪对基础凹槽基面进行复测，对平整度进行调整；由于基础凹槽往往会出现较大的偏差，甚至会需要通过凿掉部分边，塔筒才能入位。这就需要合理计算座浆料的搅拌量，并会出现座浆后周边出现一定的空隙，需要用座浆料抹平。】

* + 1. 过渡段（转化段）塔节坐浆施工。首先在过渡段底部进行均分的三个点进行调平，并根据高度偏差放置一定数量的调平垫片。

【条文说明：放置过渡段并在过渡段顶部检测水平度（采用激光旋转扫平仪），若不满足规范要求（允许误差3mm），在底部放置垫片的三点位置进行进行增加或减少垫片进行调整顶部平整度，使过渡段顶部水平度的误差均在3mm以内。】

* + 1. 座浆过程中，按规定要求制作强度试件，试件尺寸为40mm×40mm×160mm，进行 1d（-1d） 、3d（-3d）和 28d （-7+21d）抗压强度和抗折强度试验。
    2. 应及时填写坐浆施工记录。记录应至少包括座浆料配合比、座浆日期、搅拌时间、流动度、浆体温度、环境温度、浇筑时间、试件留置情况等。

【条文说明：座浆质量的检测较为困难，因此在座浆过程中需详细填写有关座浆记录，有利于座浆质量的把握和检查。】

* + 1. 坐浆施工完成后，立即清洗搅拌机、吊斗等。
    2. 瑕疵修复，出现座浆不密实，出现孔洞等，应用较座浆料强度高一个等级的高强水泥基灌浆料高位注浆。

## 5.4 冬期施工

* + 1. 冬期坐浆施工按照坐浆施工及养护过程中24h内座浆部位环境温度选用相应的座浆料。

【条文说明：按照JGJ/T104-2011《建筑工程冬期施工规程》中规定，根据当地多年气象资料统计，当室外日平均气温连续5d稳定低于5℃即进入冬期施工。可考虑施工环境，日平均气温连续5d稳定低于5℃即进入冬期施工。冬期施工就要合理选用座浆料种类。

规定温度是指在恒负温环境下养护，而实际气温是一变温，有利于座浆料强度发展，如果施工时能加强保障措施，可以放宽2℃。】

* + 1. 座浆料施工前应采取措施清除混凝土塔节的坐浆施工面的冰、雪等杂物，预热混凝土塔节坐浆施工表面，并应清除积水；

【条文说明：塔节座浆料摊铺，如果塔节温度过低，会很快吸收座浆料的热量，使座浆料温度降低，在伴热带加热前应该使座浆料保持正温。】

* + 1. 当天使用的座浆料在机位施工现场储存也宜放在室内，一旦在室外存放时要用棉被覆盖等保温措施，并有防雨雪措施。

【条文说明：座浆料的温度直接影响拌和后的料浆温度，尽可能提高干粉料的温度，座浆料温度在5℃以上；座浆料受潮结块不得使用。】

* + 1. 搅拌机、运输座浆料的吊斗要采取适当的保温措施。

【条文说明：可减少座浆料在拌和、运输过程中的热量损失，确保座浆料的浇筑温度在5℃以上。】

* + 1. 座浆料应采用水温不超过30℃的温水拌和。

【条文说明：对于冬期施工用的特种水泥基材料，水温过高时，会出现速凝现象，不易搅拌均匀，浆体流动性损失过快，难以保证施工性能。】

* + 1. 座浆料加水拌和，搅拌工艺与常温的一致，但搅拌时间较常温搅拌时间适当

延长，出机料温在5℃以上。

【条文说明：对于冬期施工要适当延长搅拌时间，确保搅拌均匀；通过对干料的保温及温水搅拌等措施，可以做到出机料温在5℃以上。】

* + 1. 吊斗运输与摊铺浇筑要采取适当保温措施，塔筒就位时座浆料温度在 2℃以上。

【条文说明：在摊铺的座浆料表面敷设保温型塑料薄膜，待塔筒就位前将塑料薄膜揭除。塔节就位时座浆料温度在2℃以上。】

* + 1. 施工需要时，可在摊铺座浆料内环向布置两道伴热带，吊装完成第一节即开始保温加热，并保证连续加热不少于12h。

【条文说明：如果温度过低，则会降低水化速率，降低强度的增长速率。若浆体温度低于0℃，则会使浆体内的水分结冰，无法继续水化的同时，还会产生体积膨胀，最终导致浆体内部结构的破坏，或者使其失去强度。电伴热带通电散发额定功率的热量，对于提高负温座浆料的早期强度效果显著。】

## 5.5 高温季节施工

**5.5.1** 当施工环境温度高于30℃，应使用高温型座浆料。

**5.5.2** 施工环境温度在25℃以上，要采取相应的降温措施，尽可能降低拌合后的料温。

**5.5.3** 座浆料存放在蔽阴处或有遮阳措施，当日施工结束后，再盖好篷布防止受潮。但不宜使用塑料布将材料完全包裹起来，否则内部产生蒸笼效应造成材料变质。

**5.5.4** 拌合用水温度不宜高于25℃，不得超过40℃。

**5.5.5** 座浆料搅拌应采取遮阳、降温措施。

**5.5.6** 座浆料搅拌出机浆体温度不宜高于30℃。

**5.5.7** 摊铺前座浆料接触界面（下部塔筒的顶面及吊装塔筒的底面）应加大润湿水量，确保摊铺前后座浆料不会被吸水而干硬。同时，摊铺后应及时跟随覆膜工序，避免风吹日晒而失水干硬。塔筒座浆界面温度不宜高于40℃。

**5.5.8** 尽可能缩短吊装作业时间，避免材料干硬。

# 质量检验

## 6.1 一般规定

* + 1. 座浆料工程的验收应符合设计要求，同时应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300 等有关标准规定进行。

【条文说明：除了所述标准，还有NB/T10907-2021《风电机组混凝土—钢混合塔筒施工规范》、中国电力企业联合会标准《风力发电机组预应力装配式混凝土塔筒技术规范》T/CEC 5008-2018等相关标准。】

* + 1. 座浆摊铺施工过程中应及时进行质量检验。
    2. 座浆料施工工程应检查下列资料：
       1. 设计与施工执行标准、文件；
       2. 座浆料的产品合格证、出厂检验报告、有效期内的型式检验报告及进场复验报告；
       3. 施工技术方案和技术交底文件；
       4. 施工工艺、施工操作依据与质量检查记录；
       5. 其他必须提供的资料。

## 6.2 检验项目

* + 1. 座浆完成后，浆体应饱满、密实。

【条文说明：座浆料质量的检验应着重现场观察检查；检查数量：全数检查。检验方法：观察，检查座浆记录。】

* + 1. 座浆缝应密封密实，修饰美观。

【条文说明：】

* + 1. 座浆料性能应符合本规程第 4.2 节的规定。

【条文说明：相同座浆料检查一次，检查浆体性能试验报告。】

* + 1. 按照规定要求留置座浆料强度试块，测试现场同条件养护和标准养护强度。

【条文说明：同一机组，每一施工班次取一次样，至少每一天取一次样；特殊要求的塔段坐浆施工取一次样，塔筒顶、底部要各取一次样。】

* + 1. 现场留置的座浆料试件的 1d（-1d）、3d（-3d）、28d（-7d+21d） 抗压强度

应符合本规程第 4.1 节的规定。

【条文说明：每个检验批留置4组，检查试件强度试验报告。

试块规格为40mm×40mm×160mm，宜采用钢制试模，不建议采用塑料试模。

现场制作试件应有技术人员专人负责夏天，试模放到不易暴晒的庇荫处；冬天，覆盖保温层，放到较暖的地方。标准养护的试件放到标准养护室。成型后的试模现场放置，拆模方式是拆开试模侧板，拿出试块，标记不清的重新做好标记。】

* + 1. 同条件养护试件应符合下列规定：

1 在施工同时，应留置同条件养护试件，试件数量应满足但不限于预应力张拉的

强度合格评定用；

2 同条件养护试件应标记清楚，并应妥善保管。

【条文说明：拆模后的试件应立即采取保湿养护措施。冬季，用塑料布包裹，以免失水；常温季节通过洒水保湿养护，或放到20℃的水中养护。】

* + 1. 验收应以标准养护条件下的试件强度数据为验收数据。

【条文说明：常温条件下施工应验收座浆料的28d标准养护强度。冬期施工应验收座浆料按照标准规定方法养护的-7+21d的强度，同条件养护7d，再标准养护21d的强度作为参考。】

* + 1. 应根据环境及其他条件确定合理的养护措施，并对养护工程作详细记录。

【条文说明：座浆后裸露的部位要采取适当的养护措施。】

**附录A**

**坐浆施工质量控制表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 塔段编号 | |  | 施工日期 |  |
| 建设单位 | |  | 项目负责人 |  |
| 设计单位 | |  | 项目负责人 |  |
| 监理单位 | |  | 总监理工程师 |  |
| 施工单位 | |  | 项目经理 |  |
| 项目技术负责人 |  |
| 序号 | 项目 | 内容 | 结果 | 备注 |
| 1 | 设备追溯（标识及校准） | 称量器具 |  |  |
| 2 | 温度计 |  |  |
| 3 | 配合比 | 干混座浆料 |  |  |
| 4 | 水 |  |  |
| 5 | 温度 | 环境 |  |  |
| 6 | 塔段座浆面 |  |  |
| 7 | 水 |  |  |
| 8 | 拌合座浆料 |  |  |
| 9 | 座浆饱满度 | 是否饱满 |  |  |
| 10 | 座浆缝密封修饰 | 是否密实美观 |  |  |
| 11 | 座浆料强度试件 | 试模 |  |  |
| 12 | 标识、保管 |  |  |
| 13 | 时间 |  |  |
| 14 | 龄期 |  |  |
| 15 | 垫片校平 |  |  |  |
| 16 | 坐浆施工时间 | 开始 |  |  |
| 17 | 结束 |  |  |

# 本规程用词说明

**1** 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**2** 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

# 引用标准目录

GB 175《通用硅酸盐水泥》

GB/T 176《水泥化学分析方法》

GB/T 1346《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》

GB/T 2419 《水泥胶砂流动度测定方法》

GB/T 8077 《混凝土外加剂匀质性试验方法》

GB/T 17671 《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》

GB/T 50080 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》

GB/T 50448 《水泥基灌浆材料应用技术规范》

JC/T 475 《混凝土防冻剂》

JC/T 681 《行星式水泥胶砂搅拌机》

JGJ 63 《混凝土用水标准》

JGJ/T 70 《建筑砂浆基本性能试验方法标准》

JGJ/T 104《建筑工程冬期施工规程》

GB/T 1596《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》

GB/T 8076《混凝土外加剂》

GB/T 8077《混凝土外加剂匀质性试验方法》

GB/T 50119《混凝土外加剂应用技术规范》

GB/T 18046《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》

GB/T 23439《混凝土膨胀剂》

GB∕T 27690《砂浆和混凝土用硅灰》

GB 50300《建筑工程施工质量验收统一标准》

NB/T10907-2021《风电机组混凝土—钢混合塔筒施工规范》