中国建筑材料协会标准

第二代新型干法水泥配套辅机设备技术

验收规程

CBMF／Z X-201X

条文说明

目 次

1 范围 10

2 术语和定义 10

3 技术要求 10

3.1 石灰石矿山均化开采及智能化配矿技术要求 10

3.2 原煤进厂自动取样机及快速测定仪器技术要求 11

3.3 水泥生产智能操作优化及能源管理系统技术要求 13

3.4 生料在线分析仪器及配料调整软件技术要求 14

3.5 预热器高强陶瓷内筒技术要求 15

3.6 节能低氮燃烧器技术要求 16

3.7 稳流型入窑生料计量与定量给料系统技术要求 16

3.8 绿色智能粉体散装计重一体化技术要求 17

3.9 高效节能风机技术要求 19

4 验收 19

5 参考文献 20

1. 范围

为推动与提升我国新型干法水泥品种、功能、质量、资源能源利用效率、能耗与排放等方面达到世界领先水平，在第二代新型干法水泥技术装备研发领导小组的组织与指导下，在广泛征求行业内专家意见的基础上组织制定了本标准化指导性技术文件。

本章明确了本标准化指导性技术文件的内容及适用范围。第二代新型干法水泥配套辅机设备技术研发项目成果的技术指标及验收应满足本标准化指导性技术文件要求。

2 术语和定义

本章规定了本标准化指导性技术文件相应技术条款中涉及的第二代新型干法水泥配套辅机设备技术相关术语定义。

3 技术要求

本章规定了第二代新型干法水泥配套辅机设备的技术要求。

**3.1 石灰石矿山均化开采技术及智能化配矿技术要求**

本条规定了第二代新型干法水泥配套辅机设备技术中石灰石矿山均化开采技术及智能化配矿技术要求。采用计算机软件，以计算机模型及数值化模拟的科学方法建立矿山矿石质量、坐标数据库和矿石质量、数量、坐标三维数据模型，并不断完善系统与相关数据，指导矿山均化开采；采用矿石出矿在线分析仪器及信息传输系统，实时监控出矿石灰石质量并传输数据至智能调度中心；采用配矿软件及智能调度系统，根据出矿石灰石质量要求和不同部位矿石质量情况及在线分析数据，实现智能调度运矿车辆，达到均匀搭配；采用矿山开采监控系统，确保矿山均化开采及智能化配矿的高效率。

**3.1.1** 石灰石CaO标准偏差

石灰石CaO标准偏差计算公式：

 （**3.1.1**）

式中：

——石灰石CaO标准偏差，%；

——第i个样品CaO含量，%；

——n个样品CaO平均含量，%；

n——样品个数，为统一计算标准，设定为24。



**3.1.2** 矿山开采回采率

水泥原料矿山设计圈定的可采矿量理论上应当全部采出，由于开采、运输过程损失，《水泥原料矿山工程设计规范》GB 50598-2010规定，水泥原料矿山的设计回采率不应小于95%。为减少矿山生产损失，本条规定采用石灰石矿山均化开采技术及智能化配矿技术后，矿山的开采回采率不应小于98%。

**3.1.3** 石灰石矿山生产效率提高百分比

在设备产能、运输距离不变的情况下，有效提高单位时间的石灰石产量，提高矿山生产效率，石灰石矿山生产效率提高百分比计算公式：

 （**3.1.2**）

式中：

——生产效率提高百分比；



——应用水泥石灰石均化开采技术及智能化配矿技术后单位时间单个设备产量；



——应用水泥石灰石均化开采技术及智能化配矿技术前单位时间单个设备产量。



**3.1.4** 静态精确度

采用标准样进行性能测试，将5组标准样依次放入分析仪测量区域内，运行分析仪软件，每组标准样测量1h，记录分析仪示值，按公式（3.1.3）计算均方差，均方差不大于指标要求值则判定静态精确度指标通过。

 （**3.1.3**）

式中：

——均方差；

——分析仪示值；

——标准样参比值。

3.2 原煤进厂自动采样机及旁线煤质分析仪技术要求

本条规定了第二代新型干法水泥配套辅机设备技术系统中原煤进厂自动采样机及旁线煤质分析仪技术要求。采用原煤进厂自动采样机及旁线煤质分析仪，解决原煤进厂质量控制问题，避免人为因素，确保进厂原煤质量；减少人工取样工作量及环境伤害，提高劳动生产率。

**3.2.1**取样测定时间

取样测定时间小于5分钟。以采样机开始采样动作时刻记为T1，整个分析仪测量结束输出分析结果时刻记为T2，则取样测定时间T为：

 （**3.2.1**）

**3.2.2**动态精确度

（1）试验方法

本指标采用采用比对试验方法进行测定，具体的测试方法为三因素试验。为了对分析仪的动态精确度做出正确的评价，应使用没有偏倚和精密度高的参比试验方法（采样、制样和化验）测定参比值。三因素试验用于测定分析仪动态精确度。它给出一个分析仪示值和两个参比样品，代表了所选择的试验单元或采样单元。参比样品被分别制备成试样进行分析，给出两个独立的参比值。用于这种情况的格拉布斯（Grubbs）估计数据分析方法要求两个参比试验是相互独立的程序，也即，由不同的操作者用不同的设备进行试验。

（2）比对周期

应以分析仪完成一次完整的测量为一个比对周期，对于分析仪动态精确度试验，至少需要40个比对周期。

（3）比对数据采集

在每个周期内，记录分析仪的示值为Ai，并分别用两种独立的参比采样方法（不同的人、不同的采样点、不同的采样设备或方法）采取两个独立的参比煤样（每个参比煤样都由多个子样组成）。分别将每个参比煤样送两个实验室进行制样和分析，得到两个独立的参比值，分别记为R1和R2。

（3）数据处理

分析仪示值与参比值的差值：

 （**3.2.2.1**）

 （**3.2.2.2**）

 （**3.2.2.3**）

式中：

——第i个周期的分析仪示值与参比值1的差值，i=1,2,3…,n;

——第i个周期的分析仪示值与参比值2的差值，i=1,2,3…,n;

——第i个周期参比值1和参比值2的差值，i=1,2,3…,n;

——第i个周期的分析仪示值，i=1,2,3…,n;

——第i个周期的参比值1，i=1,2,3…,n;

——第i个周期的参比值2，i=1,2,3…,n;

用科克伦（Cochran）方法，对三组差值，，进行离群值检验，舍弃离群值。

计算三种差值的方差：

 （**3.2.2.4**）

 （**3.2.2.5**）

 （**3.2.2.6**）

式中：

——分析仪示值与参比值1的差值的方差；

——分析仪示值与参比值2的差值的方差；

——参比值1和参比值2的差值的方差。

其余符号意义同上。

分析仪，参比值1和参比值2的测量方差：

 （**3.2.2.7**）

 （**3.2.2.8**）

 （**3.2.2.9**）

式中：

——分析仪动态测量方差；

——参比方法1的测量方差；

——参比方法2的测量方差。

（4）性能保证值检验

将指标要求的分析仪动态精确度Sg换算为测量方差：

 （**3.2.2.10**）

计算统计量Q和Z:

 （**3.2.2.10**）

 （**3.2.2.11**）

计算统计量δ:

 （**3.2.2.12**）

将δ与6.635比较：

若δ≤6.635，则分析仪动态精确度满足指标要求；

若δ＞6.635，则分析仪动态精确度不满足指标要求。

3.3 水泥生产智能操作优化及能源管理系统技术要求

本条规定了第二代新型干法水泥配套辅机设备技术中水泥生产智能操作优化及能源管理系统的技术要求。采用先进的检测设备、仪器仪表及智能操作软件，及时调整生产系统运行参数，优化系统操作，提高质量，降低能耗，实现节能减排；采用能源管理计算机软件，实现能源在线监控、记录，班组对标，从而分析发现系统能耗漏洞。实现优化操作及堵塞能耗漏洞，节能减排，降本增效。

**3.3.1 水泥生产智能操作优化**

是基于新一代的网络信息技术，采集水泥生产过程参数，通过大数据分析与智能操作，自动调整生产控制参数，从而实现水泥生产过程智能化、超远程控制，保障水泥制造过程的稳定高效。

过程控制参数采集率，是指水泥生产过程控制系统根据工艺要求采集过程控制参数的程度，本标准要求新系统必须按照工艺生产要求采集所有过程控制参数，包括调节量和控制监测量。

智能控制系统人工干预率，是指统计期内智能控制系统投入过程中，人为调节过程变量时间占总时间的比例。

关键过程控制参数波动变化率指标，是指智能控制系统运行控制下，主要过程控制量参数波动变化的程度。

系统最优参数运转率，是指统计期内智能控制系统运行控制下，运行于最佳工艺参数的时间占总运行时间的比例。

**3.3.2 能源管理系统**

能源管理系统投入率指标，要求第二代新型干法水泥技术装备必须采用能源管理系统，并且和生产系统同步运转。

本条规定的系统运转效率，是验证智能化控制系统投入前后对系统产量、消耗等指标提升的要求。

数字化智能型控制技术指标可参照CBMF 1-2013规定的方法检测。

3.4 生料配料在线分析仪及自动配料调整软件技术要求

本条规定了第二代新型干法水泥配套辅机设备技术系统中生料配料在线分析仪及自动配料调整软件技术要求。采用生料配料在线分析仪器及配套的生料配料调整软件，实现实时在线调整生料配比，提高出磨及入窑生料合格率，从而稳定窑的热工制度，减少工艺故障，提高熟料质量，实现节能降耗；改变人工取样分析滞后，配料调整不及时，质量波动大等问题，减小人工取样与分析工作量，提高劳动生产率。

**3.4.1** 静态精确度

采用标准样进行性能测试，将5组标准样依次放入分析仪测量区域内，运行分析仪软件，每组标准样测量1h，记录分析仪示值，并与标准样参比值对比，静态精确度按公式（3.4.1）计算。

 （**3.4.1**）

式中：

——静态精确度；

——分析仪示值；

——标准样参比值。

**3.4.2** 出磨生料合格率

生料在线分析仪投入自动配料运行，配料程序按分析仪的检测数据及设定的三率值控制指标进行自动配料，运行72小时后，取每小时数据，计算KH合格率，与之前的合格率数据进行对比。

3.5 预热器高强陶瓷内筒技术要求

本条规定了第二代新型干法水泥配套辅机设备技术系统中预热器高强陶瓷内筒技术要求。针对各级预热器不同工况，对陶瓷内筒材质择优设计制造，对陶瓷内筒结构及挂件结构、材质优化设计制造，替代镍鉻合金内筒，消除六价铬污染，并提高预热器内筒使用寿命。

**3.5.1** 耐磨性

按GB/T 18301规定的方法检测；

**3.5.2** 耐碱性

按GB/T 1970规定的方法检测；

**3.5.3** 耐酸性

按GB/T 1970规定的方法检测；

**3.5.4** 高温弯曲强度

按GB/T 14390规定的方法检测；

**3.5.5** 热震稳定性

按JC/T 2173附录A中规定的方法检测。

3.6节能低氮燃烧器技术要求

本条规定了第二代新型干法水泥配套辅机设备技术系统中节能低氮燃烧器技术要求。根据燃料燃烧特性，优化燃烧器的结构，匹配最佳的操作参数，实现节能降耗、降低NOX排放的目的。

**3.6.1**低氮燃烧器脱硝效率

**3.6.1.1**数据采集

通过窑尾在线烟气分析仪监测的应用低氮燃烧器设备及技术前后的NOx数值，用于计算脱硝效率。

**3.6.1.2** 计算方法

低氮燃烧器脱硝效率是指应用低氮燃烧器设备后脱除的NOx量与应用低氮燃烧器设备前烟气中所含NOx量的百分比。其中NOx含量均应换算至干基，10%O2浓度下以NO2当量计算为基准。

低氮燃烧器脱硝效率的计算公式[3.6.1.2(1)]如下：

 [3.6.1.2(1)]



式中：

——脱硝效率，%；



C1——未应用低氮燃烧器设备时的水泥熟料生产线窑尾大烟囱出口烟气中NOx的浓度（标准状态，干基，10% O2基准下氮氧化物以NO2计算），单位为毫克每标准立方米（mg /Nm3）；

C2——应用低氮燃烧器设备后的水泥熟料生产线窑尾大烟囱出口烟气中NOx的浓度（标准状态，干基，10% O2基准下氮氧化物以NO2计算），单位为毫克每标准立方米（mg /Nm3）；

同时监测烟囱排气中氧含量，实测大气污染物排放浓度应按公式[3.6.1.2(2)]换算为基准含氧量状态下的基准排放浓度，并以此作为判定排放是否达标的依据。

 [3.6.1.2(2)]



式中：

C基——大气污染物基准排放浓度，单位为毫克每立方米（mg/m3）；

C实——实测大气污染物排放浓度，单位为毫克每立方米（mg/m3）；

O基——基准含氧量百分率，水泥窑及窑尾余热利用系统为10；

O实——实测含氧量百分率。

**3.6.1.3** 固定污染源排气中氮氧化物的测定

按HJ/T 42规定的方法进行。

3.7入窑生料计量与定量给料系统技术要求

本条规定了第二代新型干法水泥配套辅机技术系统中入窑生料计量与定量给料系统的技术要求。采用入窑生料计量与定量给料装置以及与计量装置相配套的工艺与辅助装置，结合智能化、网络化新型控制系统，提高系统计量精度、稳定性和调节响应灵敏度，切实提高入窑生料定量给料的稳定性，为烧成系统的高效、高产、稳定运行提供保障。

**3.7.1**计量给料能力

计量给料能力为入窑生料计量与定量给料能力的范围值，需满足各种规模水泥生产线的需要及水泥生产线在不同状况下入窑生料计量与定量给料的要求。

**3.7.2**计量精度

入窑生料计量与定量给料系统的计量精度是指排除预给料系统和外界干扰，计量与定量给料装置本身的测量和给定精度。

计量精度按公式（3.7.2.1）计算：

 （3.7.2.1）

式中：

Am——计量精度，%

Ab——计量与定量给料装置本体实际给定量，单位为吨每小时（t/h）；

Sb——计量与定量给料装置本体设定给定量，单位为吨每小时（t/h）；

**3.7.3**控制精度

入窑生料计量与定量给料系统的控制精度是指整个系统的测量和给定精度。

控制精度按公式（3.7.2.2）计算：

 （3.7.2.2）

式中：

Ac——控制精度，%

As——系统实际给定量，单位为吨每小时（t/h）；

Ss——系统设定给定量，单位为吨每小时（t/h）；

**3.7.4**定量给料精度

入窑生料计量与定量给料系统的定量给料精度是指整个系统定量给料量与设定给料量偏离程度的系数，反应定量给料的精确度。

定量给料精度按公式（3.7.2.3）计算：

 （3.7.2.3）

式中：

Cm——定量给料精度，%

Ai——多次测得系统实际给定量，单位为吨每小时（t/h）；

S——系统设定给定量，单位为吨每小时（t/h）；

n——测量次数，一个小时重复测量10次。

3.8 绿色智能粉体散装计重一体化技术要求

本条规定了第二代新型干法水泥配套辅机技术系统中绿色智能粉体散装计重一体化技术要求。绿色智能粉体散装计重一体化技术，基于卸料装置、高精度计量秤、移动式散装机、收尘及散灰清扫装置、视频系统、IC卡系统，智能实现定量装车或满载装车。其特点是现场无人值守，自备收尘和保洁系统，散装与计重同步进行，可与工厂ERP系统、财务系统无缝对接，实现散装智能发运。

**3.8.1** 性能测试条件

散装工艺下料稳定、流量波动小于等于±20%；散装库(仓)内物料保持在实际库(仓)容的30%以上，收尘系统负压基本恒定；电磁干扰符合GB/T17626.3-2006要求；散装车装料前后称重的汽车衡采用同一台。

**3.8.2** 计量精度

计量精度的测试方法：

1. 通过汽车衡记录散装空罐车的皮重Wp（t）；
2. 将散装空罐车停在散装头下开始装车，记录散装计量秤在250t/h设定流量下8分钟的累计值Qlj（t）；
3. 再通过原汽车衡测量装料后散装罐车的总重Wm（t）；
4. 计量精度通过公式（3.8.1）计算：

 （3.8.1）

Am —— 计量精度，%

（5） 测试步骤（1）～（4）重复进行3次，计量精度取其平均值。

**3.8.3** 控制精度

控制精度的测试方法：

1. 打开散装系统，在人机界面上设置装车量Qs（t），取15t；
2. 记录系统自动关闭时的散装计量秤累计值Qz（t）；
3. 控制精度通过公式（3.8.2）计算：

 （3.8.2）



Ac —— 控制精度，%

1. Qs分别取22.5t，30t，重复（1）～（3），控制精度取其平均值。

**3.8.4** 装车能力

装车能力的测试方法：

（1）打开散装系统，在人机界面上输入装车流量（范围：100t/h～350t/h），装车量Wz设为30t，开始计时；

（2）系统自动关闭时自动记录装车时间T（h）。

（3）装车能力按公式（3.8.3）计算：

 （3.8.3）



式中：

*V*  —— 装车能力，单位为吨每小时（t/h）；

*Wz* —— 装车量，设为30t，单位为吨（t）；

*T* —— 装车时间，单位为小时（h）

（4）改变人机界面上的装车流量，分别进行（1）～（3）试验，装车能力应满足100t/h～300t/h，且最大值应达到300t/h。

**3.8.5** 智能化程度

（1）现场无人值守。司机在视频系统指导下将散装车停在指定范围内，刷卡装车。

（2）粉尘自动清理。通过集成的收尘系统，减少二次扬尘。并可通过负压散灰收集系统，清理现场落灰。

3.9 高效节能风机技术要求

本条规定了第二代新型干法水泥配套辅机设备技术系统中高效节能风机技术要求及验收方法。研发新一代风机叶轮技术，优化风机叶片及调节门结构等，大幅度提高风机效率及降低风机电耗。

**3.9.1** 风机效率

根据《通风机能效限定值及能效等级》GB 19761-2009，风机效率按公式（3.9.1）计算：

 （3.9.1）

式中：

*ηr* ——通风机效率，%；

*qvsg1* ——通风机进口滞止容积流量，单位为立方米每秒（m3/s）；

*kp* ——压缩性修正系数；

*Pr* ——叶轮功率，即供给通风机叶轮的机械功率，单位为千瓦（kW）；

*pF* ——通风机压力，按公式（3.9.2）计算，单位为帕（Pa）；

** （3.9.2）

*Psg2*——通风机出口滞止压力，单位为帕（Pa）；

*Psg1*——通风机进口滞止压力，单位为帕（Pa）。

3.9.2 性能试验

按GB/T1236-2000规定的方法。

**3.9.3**  能效等级

按GB 19761-2009规定评定。

3.9.4 风机运行效率测试

按GB/T 10178-2006规定的方法。

4 验收

本章规定了第二代新型干法水泥配套辅机技术验收规则。第二代新型干法水泥配套辅机技术测试与取样应有代表性。检验项目包括需要对配套辅机技术进行考核的技术要求。验收工作由第二代新型干法水泥技术装备研发领导小组组织开展。

参考文献

[1] GB 50598-2010 水泥原料矿山工程设计规范

[2] GB/T 18301 耐火材料常温耐磨性试验方法；

[3] GB/T 1970 多孔陶瓷耐酸、碱腐蚀性能试验方法；

[4] GB/T 14390 精细陶瓷高温弯曲强度试验方法

[5] JC/T 2173   水泥预热器用陶瓷内筒挂片；

[6] JC/T 938-2004 水泥工业用多风道煤粉燃烧器技术条件

[7] GB/T 213 煤的发热量测定方法

[8] GB/T 2589 综合能耗计算通则

[9] GB 4915-2013 水泥工业大气污染物排放标准

[10] GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

[11] GB 16780-2012 水泥单位产品能源消耗限额

[12] GB/T 27977 水泥生产电能能效测试及计算方法

[13] HJ/T 42 固定污染源排气中氮氧化物的测定 紫外分光光度法

[14] HJ/T 43 固定污染源排气中氮氧化物的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法

[15] CBMF 1-2013 水泥制造能效测试技术规程

[16] CBMF/Z 6-2014 《第二代新型干法水泥技术装备验收规程》（中国建筑材料联合会，2014年11月01日实施）

[17] 《第二代新型干法水泥和第二代中国浮法玻璃配套辅机及耐火材料研发标准》（中国建筑材料联合会，2015年6月26日实施）

[18] GB/T 7721-2002 连续累计自动衡器（皮带秤）

[19] GB/T17626.3-2006 电磁兼容试验和测量技术射频电磁场辐射抗扰度试验

[20] JJG539 数字指示秤检定规程

[21] GB/T 6719-2009 袋式除尘器技术要求

[22] GB 19761-2009 《通风机能效限定值及能效等级》

[23] GB/T 1236-2000 《工业通风机用标准化风道进行性能试验》

[24] GB/T 10178-2006 《工业通风机 现场性能试验》