

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50443 – 2016

水泥工厂节能设计规范

Code for design of energy conservation of cement plant

2016 – 08 – 18 发布

2017 – 04 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

水泥工厂节能设计规范

Code for design of energy conservation of cement plant

GB 50443 - 2016

主编部门：国家建筑材料工业标准定额总站

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 7 年 4 月 1 日

中国计划出版社

2016 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1275 号

住房城乡建设部关于发布国家标准 《水泥工厂节能设计规范》的公告

现批准《水泥工厂节能设计规范》为国家标准,编号为 GB 50443—2016,自 2017 年 4 月 1 日起实施。其中,第 3.2.1、3.3.1 条为强制性条文,必须严格执行。原《水泥工厂节能设计规范》GB 50443—2007 同时废止。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2016 年 8 月 18 日

前 言

本规范是根据住房城乡建设部《关于印发〈2014 年工程建设标准规范制订修订计划〉的通知》(建标〔2013〕169 号)的要求,由天津水泥工业设计研究院有限公司会同有关单位共同修订完成的。

本规范修订过程中,编制组经广泛调查研究,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,最后经审查定稿。

本规范共分 7 章,主要技术内容包括:总则、总图与建筑节能、工艺节能、电力系统节能、矿山工程节能、辅助设施节能、能源计量。

本次修订的主要内容为:

1. 增加了英文目录;
2. 取消了术语;
3. 重点修改了能耗设计指标;
4. 增加了水泥窑协同处置废弃物系统的节能设计。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由国家建筑材料工业标准定额总站负责日常管理,由天津水泥工业设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中,如有意见和建议,请将有关资料寄送天津水泥工业设计研究院有限公司(地址:天津市北辰区引河里北道 1 号;邮政编码:300400)。

本规范主编单位、参编单位、参加单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:天津水泥工业设计研究院有限公司

参 编 单 位:中国中材装备集团有限公司
拉法基瑞安(北京)技术服务有限公司
中国中材国际工程股份有限公司
南京凯盛国际工程有限公司
合肥水泥研究设计院
成都建筑材料工业设计研究院有限公司
河南建筑材料研究设计院有限责任公司

参 加 单 位:华润水泥控股有限公司
甘肃祁连山水泥集团股份有限公司
北京金隅股份有限公司

主要起草人:徐培涛 何小龙 雷 鸣 汪 洋 狄东仁
尹志成 刘 涛 李蔚光 范毓林 高连松
杨路林 刘继开 李 惠 李慧荣 张万昌
张志忠 陶翠林 孟 军

主要审查人:曾学敏 施敬林 赵国东
Joel. vanderstichelen(周岳) 范晓虹 朱晓彬
丁奇生 陆秉权 卢文运 易建荣 李生钰
关 悦 张中伟 栾 军 张红娜

目 次

1	总 则	(1)
2	总图与建筑节能	(2)
2.1	总图	(2)
2.2	建筑	(2)
3	工艺节能	(4)
3.1	一般规定	(4)
3.2	主要能耗指标	(4)
3.3	熟料烧成系统	(6)
3.4	破碎与粉磨系统	(7)
3.5	余热利用系统	(8)
3.6	水泥窑协同处置废弃物系统	(8)
3.7	其他	(8)
4	电力系统节能	(9)
4.1	供配电系统	(9)
4.2	电气设备	(9)
4.3	照明	(10)
5	矿山工程节能	(11)
5.1	矿山开采与运输	(11)
5.2	穿孔、采装和运输设备	(11)
6	辅助设施节能	(12)
6.1	给水	(12)
6.2	供暖、通风和空气调节	(12)
7	能源计量	(14)

本规范用词说明	(15)
引用标准名录	(16)
附:条文说明	(17)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Energy saving of general layout and building	(2)
2.1	General layout	(2)
2.2	Building	(2)
3	Energy saving of process design	(4)
3.1	General requirements	(4)
3.2	The main energy consumption index	(4)
3.3	Clinker burning system	(6)
3.4	Crushing and grinding system	(7)
3.5	Waste heat utilization system	(8)
3.6	Waste co-processing system of cement kilns	(8)
3.7	Other	(8)
4	Energy saving of power system	(9)
4.1	Power supply and distribution system	(9)
4.2	Electrical equipment	(9)
4.3	Lighting	(10)
5	Energy saving of mine engineering	(11)
5.1	Mining and transportation	(11)
5.2	Drilling, loading and transportation equipment	(11)
6	Energy saving of utilities	(12)
6.1	Water supply and drainage	(12)
6.2	Heating, ventilation and air conditioning	(12)
7	Energy metering	(14)

Explanation of wording in this code (15)

List of quoted standards (16)

Addition:Explanation of provisions (17)

1 总 则

1.0.1 为规范水泥工厂节能设计,做到节约和合理利用能源,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、扩建、改造水泥工厂的节能设计。

1.0.3 设备选型应采用节能型或节水型产品。

1.0.4 水泥工厂的节能设计除应符合本规范的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 总图与建筑节能

2.1 总 图

2.1.1 总图布置应在满足工艺生产要求的基础上合理利用地形,分区应明确,布置应紧凑。

2.1.2 水泥熟料生产线宜设置在石灰石矿山附近,并应位于采矿区爆破安全警戒线以外。水泥粉磨站应靠近产品市场和混合材资源产地。

2.2 建 筑

2.2.1 水泥工厂的建筑应根据使用性质、功能特征和节能要求进行分类,并应符合下列规定:

1 厂区内的工厂办公楼、中央控制室、化验室、独立的车间办公室、综合楼以及食堂、浴室、门卫等公共建筑应划分为 A 类;

2 厂区内的员工宿舍等居住建筑应划分为 B 类;

3 有采暖或空调的生产建筑,以及独立的配电站、水泵房、水处理车间、空压机房、汽车库、机修车间等低温采暖的辅助性建筑应划分为 C 类;

4 设于非采暖或空调生产车间内且有采暖或空调要求的车间值班室、检验室、控制室等辅助性工业建筑应划分为 D 类。

2.2.2 非采暖地区水泥工厂的 C 类和 D 类建筑,外窗开启面积宜适当加大,满足自然通风要求。当窗不便设置开启扇时,应设机械通风设施。

2.2.3 严寒地区的 C 类建筑,应设置门斗或采取防止冷空气渗入的措施。

2.2.4 严寒及寒冷地区的 C 类和 D 类建筑外窗可按表 2.2.4 选

取。外窗气密性等级不应低于 3 级；外门气密部分同窗的气密性要求，门肚板部分传热系数不应小于 $1.5\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

表 2.2.4 严寒及寒冷地区 C 类和 D 类建筑外窗

地区	类型	建筑外窗
严寒地区	C 类	塑钢单框双层玻璃
	D 类	塑钢中空玻璃
寒冷地区	C 类	塑钢单层玻璃
	D 类	塑钢单框双层玻璃

2.2.5 A 类建筑的节能设计应符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 的有关规定。单层小型公共建筑在最简单单体形情况下，当体形系数仍大于 0.4 时，可将屋顶与外墙的传热系数限值在原基础上提高 5%。

2.2.6 B 类建筑应根据所在气候、区域，分别按现行行业标准《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134 和《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26 进行节能设计。

2.2.7 C 类建筑的节能设计，可按现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 及室内外温度确定屋顶和外墙的最小传热阻。当外墙需要保温时，宜采用外墙外保温措施。

2.2.8 D 类建筑的节能设计，可按现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 执行，并可根据室内外温度确定外墙的最小传热阻，同时应采用内墙内保温。在非采暖生产车间内的采暖房间的隔墙外表面应采取外保温措施。

2.2.9 水泥工厂各类建筑的外墙均不宜采用透明的玻璃幕墙。

3 工 艺 节 能

3.1 一 般 规 定

3.1.1 生产线采用的中小型三相异步电动机、通风机、清水离心泵、三相配电变压器等通用设备的能效指标,应符合现行国家标准《高压三相笼型异步电动机能效限定值及能效等级》GB 30254、《中小型异步三相电动机能效限定值及能效等级》GB 18613、《通风机能效限定值及能效等级》GB 19761、《清水离心泵能效限定值及节能评价》GB 19762 和《三相配电变压器能效限定值及节能评价》GB 20052的规定。

3.1.2 生产线应选用先进的生产工艺和节能设备。原料粉磨循环风机、窑尾高温风机、窑尾废气处理风机、窑头排风机、煤磨排风机、水泥粉磨辊压机系统循环风机和水泥粉磨系统风机等应采用变频调速装置。

3.1.3 主要生产车间内应按输送物料距离与管道长度较短以及系统阻力低的原则布置,并宜使物料从高到低输送。

3.2 主要能耗指标

3.2.1 在未协同处置废弃物时,新建、扩建水泥工厂生产线考核时间内的主要能耗设计指标应符合表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 新建、扩建水泥工厂生产线考核时间内的主要能耗设计指标

日产量 $D(t/d)$	可比熟料 综合煤耗 (kgce/t)	可比熟料 综合电耗 (kW·h/t)	可比水泥 综合电耗 (kW·h/t)	可比熟料 综合能耗 (kgce/t)	可比水泥 综合能耗 (kgce/t)
$D \geq 7000$	≤ 101.5	≤ 56.0	≤ 80.0	≤ 108.5	≤ 88.0
$5000 \leq D < 7000$	≤ 102.0	≤ 57.0	≤ 82.0	≤ 109.0	≤ 89.0

续表 3.2.1

日产量 $D(t/d)$	可比熟料 综合煤耗 (kgce/t)	可比熟料 综合电耗 (kW·h/t)	可比水泥 综合电耗 (kW·h/t)	可比熟料 综合能耗 (kgce/t)	可比水泥 综合能耗 (kgce/t)
$4000 \leq D < 5000$	≤ 103.0	≤ 58.0	≤ 84.0	≤ 110.0	≤ 90.0
$3000 \leq D < 4000$	≤ 103.5	≤ 59.0	≤ 86.0	≤ 111.0	≤ 91.0
$D < 3000$	≤ 105.5	≤ 60.0	≤ 88.0	≤ 113.0	≤ 92.0
水泥粉磨站	—	—	≤ 36.0	—	—

3.2.2 能效考核时间应符合现行国家标准《水泥工厂设计规范》GB 50295 的有关规定。

3.2.3 新建、扩建水泥生产线主要生产工段电耗设计指标应符合表 3.2.3 的规定,其中烧成系统电耗应符合本规范表 3.3.1 的规定。

表 3.2.3 新建、扩建水泥生产线主要生产工段电耗设计指标

生产工段	设计值(kW·h/t)
石灰石破碎	≤ 1.5
原料粉磨	≤ 17.0
煤粉制备	≤ 32.0
水泥粉磨	≤ 32.0
水泥包装	≤ 1.5

- 注:1 石灰石破碎电耗范围为破碎机喂料设备、破碎机本体及收尘设备的电耗,不包括破碎机出口至预均化堆场的输送设备在内;
- 2 原料粉磨电耗范围为从原料调配库底开始至生料入均化库顶整个生料制备过程的电耗,包括调配库计量设备、入磨原料输送胶带机、生料磨本体(含辊压机系统)、选粉机、磨循环风机和辅机输送设备以及入生料库提升机和生料库库顶输送设备的电耗,不包括窑尾排风机电耗;原料粉磨设计值为原料中易磨性(BOND 粉磨功指数为 $10\text{kW} \cdot \text{h/t} \sim 11\text{kW} \cdot \text{h/t}$)的指标,如果易磨性与此有差异,应根据实际情况修正设计值;
- 3 煤粉制备(或石油焦及其他燃料)电耗范围为从燃料入磨至燃料粉入仓顶

整个燃料制备过程消耗的电量。包括原煤仓下计量设备、煤磨本体、选粉机、排风机和辅机输送设备等的电耗,不包括煤粉秤及送煤罗茨风机电耗;煤粉制备设计值为原煤中等易磨性(原煤 HGI 指数为 50~55)的指标,如果易磨性与此有差异,应根据实际情况修正设计值;

- 4 水泥粉磨电耗范围为从水泥调配库底至水泥成品入库整个水泥粉磨过程消耗的电量。包括水泥磨本体、辊压机、选粉机、收尘设备、排风机和输送设备等电耗;
- 5 水泥包装电耗范围为从水泥库底至袋装水泥装车整个过程消耗的电量。包括包装机、收尘设备、装车机和其他输送设备等电耗。

3.3 熟料烧成系统

3.3.1 在不协同处置废弃物及没有旁路放风的情况下,熟料烧成系统的能效设计指标应符合表 3.3.1 的规定。

表 3.3.1 熟料烧成系统的能效设计指标

日产量 $D(t/d)$	系统热效率 (%)	熟料烧成热耗 (kJ/kg)	熟料烧成电耗 (kW·h/t)
$D \geq 7000$	≥ 56	≤ 3010	≤ 27.5
$5000 \leq D < 7000$	≥ 56	≤ 3032	≤ 28.0
$4000 \leq D < 5000$	≥ 55	≤ 3050	≤ 28.0
$3000 \leq D < 4000$	≥ 55	≤ 3073	≤ 28.5
$D < 3000$	≥ 53	≤ 3136	≤ 28.5

- 注:1 熟料烧成热耗的设计条件为生料易烧性不低于 C 级、入窑煤粉空气干燥基低位热值不低于 23000kJ/kg、无旁路放风;若采用重油、天然气作为燃料,熟料烧成热耗应适当调整;
- 2 熟料烧成范围为从生料出库喂料至熟料入库(含库顶收尘设备)的整个熟料烧成过程;主要包括生料入窑计量与输送、预热分解系统、窑尾高温风机、回转窑、熟料冷却机与风机、熟料冷却废气处理、煤粉计量与输送等系统设备和窑尾废气处理系统,不包括旁路放风系统的电耗(如含有旁路放风系统);
- 3 水泥工厂厂址海拔高度超过 1000m 时,熟料烧成热耗和烧成系统电耗设计值应进行海拔修正。

3.3.2 熟料烧成系统设计应符合下列规定：

1 回转窑的煤粉燃烧器应采用多通道燃烧器，一次风用量应小于15%。

2 熟料冷却机的热回收率不应低于72%。

3 窑尾预热器系统应合理配置预热器级数、锁风下料阀和撒料装置，并应根据燃料燃烧特性采用不同结构参数的分解炉；在设计产量下，窑尾预分解系统设计指标应符合表3.3.2的规定。

表 3.3.2 窑尾预分解系统设计指标

系 统 指 标	4 级预热器	5 级预热器	6 级预热器
预热器系统出口温度(℃)	≤380	≤320	≤280
预热器出口阻力(Pa)	≤4600	≤5300	≤5800
入窑物料表观分解率(%)	≥92	≥92	≥92

注：4级预热器系统应在原料综合水分高时采用。

4 当原料采用湿排电石渣时，应根据电石渣水分高低选择合适级数的预热器系统。

5 熟料烧成系统应采用合适的耐火和保温隔热材料，系统表面热损失在热平衡支出项的比例应小于8%。

3.3.3 热风管路的保温设计应符合现行国家标准《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264 的有关规定。

3.3.4 水泥工厂设计宜采用工业废物、生活垃圾或污泥替代部分原料或燃料。

3.4 破碎与粉磨系统

3.4.1 石灰石破碎宜采用单段破碎系统。

3.4.2 原料粉磨应根据原料条件采用辊式磨系统或辊压机终粉磨系统。煤粉制备宜采用辊式磨系统。当无烟煤的煤粉细度0.08mm筛的筛余在1%以下时，应比较管磨和辊磨的优劣后确定粉磨系统。

3.4.3 水泥粉磨系统应采用带辊压机的粉磨系统或辊式磨粉磨系统。

3.5 余热利用系统

3.5.1 新建、扩建水泥工厂除使用电石渣、白垩等高水分原料的特例外,应同步设计余热发电系统。现有水泥生产线改造时,宜增设余热发电系统。

3.5.2 余热发电系统不应影响水泥生产线正常生产,不应增加系统煤耗,不应减少烧成系统熟料产量。

3.5.3 烧成系统不具备余热发电条件时,烧成系统的废气余热可用于烘干高水分物料、采暖等。

3.6 水泥窑协同处置废弃物系统

3.6.1 废弃物预处理系统的热源宜采用生产废热。

3.6.2 废弃物衍生燃料输送系统宜设置在烧成系统附近。

3.6.3 废弃物入窑、入磨系统应设置计量装置,计量精度等级不宜低于 1.0。

3.7 其 他

3.7.1 主要生产工艺风机风量应按系统特性和漏风系数进行计算,风机风量与风压皆宜预留 10%的储备。

3.7.2 生料入库、生料入窑、水泥入库等提升输送应采用机械输送设备。煤粉输送可采用气力输送设备。其他物料输送应优先采用机械输送设备。

3.7.3 水分大的物料宜采用堆棚储存、自然风干。

3.7.4 水泥混合材不宜采用专用的烘干系统,当需要设置专用烘干系统时,宜采用废气余热作为热源。

4 电力系统节能

4.1 供配电系统

4.1.1 水泥生产线宜采用 110kV 电压等级供电,中压宜采用 10kV 电压等级。

4.1.2 变电所或配电站的位置应设置在负荷中心附近,并应减少配电级数,缩短供电半径。

4.1.3 10kV 及以上输电线路的导线截面应按经济电流密度校验。

4.1.4 变压器的容量、台数、负荷率应根据负荷性质、用电容量等因数合理确定。

4.1.5 无功补偿宜采用高压补偿与低压补偿相结合、集中补偿与就地补偿相结合方式。企业计费侧最大负荷时的功率因数不应低于 0.92。

4.1.6 供配电系统中应采取有效方式抑制谐波,谐波限值应符合现行国家标准《电能质量公用电网谐波》GB/T 14549 的有关规定。

4.2 电气设备

4.2.1 新建和改建工程设计中,高低压电动机、变压器、电源设备、交流接触器等电气设备均应符合国家相关能效标准。

4.2.2 有调速要求的交流电动机驱动装置应采用变频调速装置。

4.2.3 当长距离胶带输送机头尾部有较大高度差时,应对输送驱动再生能源回馈方案进行论证,选用节能效果好、技术可靠、经济合理的驱动方案。

4.3 照 明

4.3.1 照明设计应符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB 50034的有关规定。

4.3.2 新建和改建工程设计中,照明光源、灯具等设备均应符合国家相关能效标准。

4.3.3 厂区的照明设计应根据工作场所的条件,采用不同类型的高效光源和高效灯具。

4.3.4 厂区道路照明应设置节能自控装置。

4.3.5 条件许可的场合,宜采用太阳能、风能等新能源技术。

5 矿山工程节能

5.1 矿山开采与运输

5.1.1 矿山开采工作面宜垂直于矿体走向布置,并应顺矿体走向方向开采。

5.1.2 矿山开采应采用中深孔爆破法,爆破大块率应控制在 7% 以下,矿石粒度级配应利于提高铲装和破碎的效率。对较松软的矿岩应采用机械犁松裂法或挖掘机直接采掘的无爆破开采法。

5.1.3 比高超过 150m 的大、中型山坡矿床,工程地质条件简单、矿体厚度大时,宜采用溜井平硐开拓运输方式。

5.1.4 石灰石破碎车间宜靠近采矿场。

5.1.5 分区范围开采年限超过 10 年的矿山,应采用分期开采或分区开采的方式。

5.1.6 超过破碎机入料口尺寸的矿石,二次破碎应采用机械碎矿方式。

5.1.7 矿山道路设计应符合现行国家标准《厂矿道路设计规范》GBJ 22 的有关规定。主要运矿道路宜采用高等级路面,并宜配备道路养护设备。

5.2 穿孔、采装和运输设备

5.2.1 大型矿山应采用自带空压机的穿孔设备;中型矿山应采用移动式空压机供气的穿孔设备。

5.2.2 当矿石平均运输距离小于 200m 时,宜采用轮式装载机进行铲装运输作业。

5.2.3 矿用自卸汽车和挖掘机的车铲比,应根据矿石生产规模与矿石运输距离等因素确定。

6 辅助设施节能

6.1 给 水

6.1.1 水泥工厂热水给水系统在选择热源时,宜利用工业余热、废热、太阳能等多种能源互补。

6.1.2 设计中采用的节水型产品应符合现行国家标准《节水型产品通用技术条件》GB/T 18870 的有关规定。

6.1.3 生产和生活、厂内和厂外的用水应分别计量。外购水总管、自备水井管、生产车间和辅助部门应设置用水计量器具。各车间和公用建筑生活用水应独立计量。循环冷却水系统计量仪表的设置应符合现行国家标准《工业循环冷却水处理设计规范》GB 50050的有关规定。

6.2 供暖、通风和空气调节

6.2.1 供暖、通风和空气调节设计应符合现行国家标准《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 和《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50376 的有关规定。

6.2.2 供暖设计应符合下列规定:

- 1 供暖地区应采用热水集中供暖系统;
- 2 工艺设计对室温无特殊要求时,值班控制室应做供暖设计,工业厂房不宜做供暖设计;
- 3 设计集中供暖系统时,当供暖建筑物面积大于 2000m^2 时,供暖系统管路应按南北向分环供热原则进行布置;
- 4 严寒和寒冷地区的工厂,有水系统的建筑物内为防冻所做的供暖设计,室内设计温度宜按 5°C 进行设计;
- 5 散热器不宜暗装,散热器安装数量应与计算负荷相符;

6 严寒地区的工厂为工艺系统及电气、控制元件的正常工作,经技术经济比较,工艺车间应设置供暖系统,且室内设计温度应按工艺电气专业要求选取;

7 集中供暖系统应按企业能源管理要求配备热量表;

8 位于集中供暖地区的工厂,宜采用烧成系统废气余热进行供暖;

9 当供热负荷仅为供暖负荷时,余热锅炉供热热媒应采用热水;当供热负荷除供暖负荷外还包括生产负荷时,余热锅炉供热热媒宜采用蒸汽。

6.2.3 通风和空气调节设计应符合下列规定:

1 生产厂房应优先采用自然通风,需采用机械通风时,通风机的风量附加系数不宜大于 1.1;

2 设置集中空调系统的建筑物,温、湿度及使用时间要求不同的区域应划分为不同的空调风系统;

3 空调房间内的新风量应保证每人不少于 $30\text{m}^3/\text{h}$;

4 空调系统的冷源,应根据所需的冷量、当地能源、水源和热源及能源政策,通过技术经济比较,采用合适的机组。

7 能源计量

7.0.1 水泥工厂设计中,能源计量装置的设置应达到三级计量的要求。能源计量器具的配备应符合现行国家标准《用能单位能源计量器具配备和管理通则》GB 17167 的有关规定。

7.0.2 生产线能源计量装置应满足各子系统单独计量的要求。

7.0.3 生产线能源计量装置应具备自动记录和集中、统计功能。

7.0.4 生产线的水、蒸汽、压缩空气等动力介质宜设置全厂及车间二级计量仪表。

7.0.5 原料配料秤、入窑生料喂料秤及喂煤秤的计量精度,允许偏差应为 $\pm 1\%$ 。

7.0.6 水泥工厂应符合现行国家标准《水泥行业能源管理体系实施指南》GB/T 30259 的有关规定,并应设置能源管理中心,建立能源信息化管理系统。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,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”。

引用标准名录

- 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019
- 《厂矿道路设计规范》GBJ 22
- 《建筑照明设计标准》GB 50034
- 《工业循环冷却水处理设计规范》GB 50050
- 《民用建筑热工设计规范》GB 50176
- 《公共建筑节能设计标准》GB 50189
- 《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264
- 《水泥工厂设计规范》GB 50295
- 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50376
- 《电能质量公用电网谐波》GB/T 14549
- 《用能单位能源计量器具配备和管理通则》GB 17167
- 《中小型异步三相电动机能效限定值及能效等级》GB 18613
- 《节水型产品通用技术条件》GB/T 18870
- 《通风机能效限定值及能效等级》GB 19761
- 《清水离心泵能效限定值及节能评价值》GB 19762
- 《三相配电变压器能效限定值及节能评价值》GB 20052
- 《高压三相笼型异步电动机能效限定值及能效等级》GB 30254
- 《水泥行业能源管理体系实施指南》GB/T 30259
- 《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26
- 《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75
- 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134

中华人民共和国国家标准

水泥工厂节能设计规范

GB 50443 - 2016

条文说明

修 订 说 明

《水泥工厂节能设计规范》GB 50443—2016,经住房和城乡建设部 2016 年 8 月 18 日以第 1275 号公告批准发布。

本规范是在《水泥工厂节能设计规范》GB 50443—2007 的基础上修订而成的,上一版的主编单位是中国水泥协会、天津水泥工业设计研究院有限公司,参编单位是合肥水泥研究设计院、南京凯盛水泥技术工程有限公司、成都建材工业设计研究院有限公司、豪西盟(Holcim)水泥集团、拉法基(Lafarge)水泥集团。本次修订的主要技术内容包括:按照最新的生产线规模划分,修改了系统主要能耗设计指标、主要生产工段电耗设计指标、烧成系统能效指标、窑尾预分解系统(增加了 6 级预热器的分类)设计指标;增加了水泥窑协同处置废弃物系统中的节能设计等。

本规范在修订过程中,编制组对国内水泥工厂进行了大量的调查研究,总结了我国水泥工厂节能技术的实践经验,同时参考了国外先进生产技术和技术标准,确定了控制能源消耗的设计方案和技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《水泥工厂节能设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由作了解释。但是,本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总 则	(23)
2	总图与建筑节能	(24)
2.1	总图	(24)
2.2	建筑	(24)
3	工艺节能	(28)
3.1	一般规定	(28)
3.2	主要能耗指标	(28)
3.3	熟料烧成系统	(32)
3.4	破碎与粉磨系统	(35)
3.5	余热利用系统	(36)
3.6	水泥窑协同处置废弃物系统	(37)
3.7	其他	(37)
4	电力系统节能	(39)
4.1	供配电系统	(39)
4.2	电气设备	(39)
4.3	照明	(40)
5	矿山工程节能	(41)
5.1	矿山开采与运输	(41)
5.2	穿孔、采装和运输设备	(41)
6	辅助设施节能	(43)
6.1	给水	(43)
6.2	供暖、通风和空气调节	(43)
7	能源计量	(46)

1 总 则

1.0.1 随着近几年水泥工业技术、装备的快速发展,高效节能煅烧技术及辊式磨、辊压机等无球化新型节能技术、装备的广泛普及应用,大大降低了水泥产品的单位能耗指标,新版国家标准《水泥单位产品能源消耗限额》GB 16780—2012、《水泥工业大气污染物排放标准》GB 4915—2013 已经实施,为满足水泥行业的技术进步和符合新的规范要求修订本规范。

本规范系根据《中华人民共和国节约能源法》,并结合水泥工厂设计的特点制定,以期通过加强设计过程控制,采取技术上可行、经济上合理以及符合环境要求的措施,减少生产各个环节中的损失和浪费,促进水泥工业能源的合理和有效利用。

1.0.3 本条对水泥工厂设备选用节能产品作出了明确规定。从设计上为达到国家标准《水泥单位产品能源消耗限额》GB 16780 的先进等级打好基础。

2 总图与建筑节能

2.1 总 图

2.1.1 本条对水泥工厂的总图设计提出了基本要求。水泥工厂设计应兼顾各专业特点,根据地域不同,全面分析,采用本地最适合的朝向和地形。充分利用冬季日照,夏季通风,使冬季获得太阳辐射热,夏季通风降温,最大程度利用自然能源,节约可支配能源。使工程设计科学合理,环保节能。在满足生产工艺流程要求和各种防护间距的同时,注意合理用地,紧凑布置,缩短物料输送距离。

2.2 建 筑

2.2.1 根据水泥工厂中有采暖或空调建筑的使用性质和功能特征,将建筑物分为四种类型:

A类建筑一般面积不太大(有的厂也做得很大),但有完整的厂前区建筑,工厂办公楼建到4层~5层,6000多平方米,是有着完整构成的公共建筑。近年来,有些厂建造了有办公、会议和招待所、职工宿舍等功能的综合楼,其中招待所、职工宿舍等为居住部分,如果居住类建筑面积小于总面积的 $2/3$ 时,综合楼仍按公共建筑对待。当居住类建筑面积超过总面积 $2/3$ 时,其主要功能改为居住类,则应将此建筑划为居住类建筑。 $2/3$ 比例的界定,在这里没有理论依据,只是按超过半数的概念来划分,执行中可按实际情况酌情决定。

B类建筑不是在所有的工厂中都有,规模也相差较大,此类建筑属居住类是明确的。

C类建筑是指水泥工厂中相当多的一些独立或毗邻生产车间的辅助性生产建筑。这类建筑大多为单层,面积较小,在严寒地区

和寒冷地区,为保证设备的正常运行和人员操作所必需的温度环境而设有采暖或空调,采暖温度应符合现行国家标准《水泥工厂职业安全卫生设计规范》GB 50577 的有关规定。

D类与C类建筑同属辅助性生产建筑类,不同的是D类建筑附设在非采暖的生产车间内,而自身又是有人长时间在其中活动的采暖房间,它不是一个独立的建筑,而是车间内的一部分,与室外大气接触的部分作为外墙和外窗,而隔墙、门和屋顶均在非采暖车间内部,它的热工环境显然不同于C类。

2.2.2 C类建筑在非采暖的南方地区,为防止室内过热,影响设备正常运行,会采取建筑散热措施。但一般很少在空压机房、水泵房及电力室等使用空调,只能通过自然通风或轴流风机来通风散热。因此适当加大通风面积是必要的。

对于D类建筑,人的活动是主位。在炎热地区除必要的自然通风外,可能会使用单体空调,但制冷量不大,外部影响节能的因素是来自外墙及外窗的辐射热,可采用活动遮阳及热反射玻璃减小获热。

2.2.3 本条主要针对有较精细设备的C类建筑(如配电室、机修等建筑物),除单独做室外门斗外,可在室内布置上留出空地做室内门斗或冬季在外门上悬挂防冷风直接渗入的塑料软帘。

2.2.4 由于C类和D类属工业建筑类,本规范出于增强节能设计的主动性,适当增强了围护结构的保温能力。外门窗是阻热的薄弱部位。公共建筑中是在一定体形系数条件下,以单一朝向的窗墙比来确定外窗的传热系数,对C类和D类建筑尚不能提出这样的要求。参考现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176中给出的窗户传热系数,并以此为参数再提高一些,按表2.2.4确定外门窗。但由于C类和D类建筑室内温度不同,故所选的外门窗也不同。

气密性指标是按节能外墙一般为4级的中档值降为低档值 $[2.5 \geq q_1 > 1.5 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})]$ 来确定;外门门肚板的传热系数是按

现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的平均值取值。

2.2.5 按工厂所在气候分区,在标准中可以找到相应的节能指标。对于公共建筑来说,主要是体形系数、窗墙比和屋顶透明部分所占比例三个指标。至于屋顶、外墙的传热系数和保温门窗的传热系数及气密性指标,属于构造做法,通过设计和门窗构造来满足标准要求是不困难的。

当设计建筑的节能指标不满足标准要求时,应首先调整建筑参数,使它满足标准,尽量采用规定法,而不轻易动用权衡判断。从对多个水泥工厂办公楼及中控楼的体形系数及单一朝向窗墙比的统计所做平均值来看,实际工程的体形系数及单一朝向窗墙比小于标准值,且有较大的扩展空间,因此采用规定法是可行的。

常见的问题是浴室、车间办公室、门卫等小面积的单层公建,由于屋顶面积占位大,体积小,即使在最简单的形体下,其体形系数也会超标,无法调整。在此情况下,参照天津市的做法,即当 S 大于 0.4 时,其屋顶和外墙的加权平均传热系数 K_m 值较 0.3 < S < 0.4 时的标准提高 5%,例如屋顶 K 值为 0.45 时,则此情况下的屋顶 K 值为 0.40。实际上是以增加保温层厚度来抵偿散热面积超标的不足。A 类建筑节能设计还应参照采纳地方建筑节能设计标准。

2.2.6 在节能标准的采暖居住部分中,明确把此类建筑划归为居住建筑类,执行相应的节能标准是明确的。住房城乡建设部规划 2010 年前在全国范围内仍执行第二阶段节能(节能率 50%)标准,但在天津等地区于 2004 年已开始执行第三阶段节能标准(第三阶段标准较第二阶段标准的节能率又提高 15 个百分点,即 65%),因此,在实行节能目标为 65%的地区,应执行当地的节能设计规定。

2.2.7 C 类和 D 类建筑外墙的传热系数限制,没有可直接套用的标准。考虑到气候条件和室内采暖温度,参考现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 中的数据,只给出外窗的构造,未

定出传热系数限值供设计选用。

2.2.8 C类和D类属辅助生产建筑,归为工业建筑类。在我国建筑节能标准中,只有居住建筑和公共建筑两个节能标准,尚没有工业建筑节能标准。在这方面国外规定也不尽相同,例如德国的节能规范中主要是居住建筑类,而把工业建筑及公共建筑列在其他类中。随着节能形势所需,今后我国也将会制定工业建筑节能标准。当前在没有工业建筑节能标准的情况下,为了让这部分有采暖的小面积工业建筑也达到节能要求,执行现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 还是合适的,它是以热环境来确定围护结构的最小传热阻,具有一定的保温作用。设计中根据计算的最小传热阻来确定保温层材料及厚度时,可参照公共建筑及居住建筑的节能标准,适当增强围护结构的保温能力。

2.2.9 作为工厂内部使用的建筑,本规范不推荐做透明玻璃幕墙,建筑造型上需要时,可用较大面积的保温隔热窗代替。透明玻璃幕墙按外窗对待。透明玻璃幕墙和窗对于保温隔热同样都是不利节能的围护构件,仅在过去的设计中有少量使用。

3 工 艺 节 能

3.1 一 般 规 定

3.1.1 原煤和电力是水泥工业生产的主要能源,节电是水泥工厂的主要节能途径之一,本条对水泥工厂电动机等设备的设计选型采用节能设备提出了要求。

3.1.2 为了降低生产线的电耗,生产线在设计时应从工艺和设备两方面着手。由于风机电耗占水泥综合电耗的 50%以上,因此对生产线的主要风机应采用变频调速装置降低电耗。

3.2 主要能耗指标

3.2.1 本条为强制性条文,对新建、扩建水泥生产线考核时间内的主要能耗设计指标作出了明确的规定。最近几年来,国家发布了一系列的政策法规,包括国务院印发的《节能减排“十二五”规划》和《“十二五”控制温室气体排放工作方案》、工信部印发的《水泥行业规范条件(2015 年版)》等,对水泥行业的节能减排及温室气体排放进行了明确规定。“十三五”时期是我国实现 2020 年、2030 年控制温室气体排放行动目标的关键时期。水泥行业一方面是重点耗能行业,另一方面其二氧化碳排放是仅次于电力行业的第二大行业,因此对新建、扩建水泥生产线制定严格的能耗设计指标,并作为强制性条文,可以有力地保障水泥行业能源利用水平的提高,并促进水泥行业温室气体减排,有助于 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%以及巴黎气候大会确定的温室气体减排目标的实现。

可比熟料综合煤耗、可比熟料综合电耗、可比水泥综合能耗、可比水泥综合电耗和可比水泥综合能耗的统计及计算方法应按国

家标准《水泥单位产品能源消耗限额》GB 16780—2012 第 5 章的规定执行。在计算可比熟料综合煤耗时,余热发电和余热利用不应折算成标准煤从熟料综合煤耗中扣除。可比水泥综合电耗和可比水泥综合能耗均指生产 P·O 42.5 水泥时的指标。

可比熟料综合煤耗指考核时间内生产 1t 熟料的综合燃料消耗,包括烘干原、燃材料和烧成熟料消耗的燃料,折算成标准煤,按熟料 28d 抗压强度等级修正到 52.5 等级及海拔高度统一修正后所得的煤量。可比熟料综合电耗指在考核时间内生产 1t 熟料消耗的电量,包括熟料生产各过程的电耗和辅助生产过程的电耗,按熟料 28d 抗压强度等级修正到 52.5 等级及海拔高度统一修正后所得的电量。可比熟料综合能耗指在考核时间内生产 1t 熟料消耗的各种能量,按熟料 28d 抗压强度等级修正到 52.5 等级及海拔高度统一修正并折算成标准煤后所得的综合能耗。可比熟料综合标煤耗、电耗及综合能耗需按熟料 28d 抗压强度等级修正到 52.5MPa,海拔高度超过 1000m 后应进行统一修正。

可比水泥综合电耗指在考核时间内生产 1t 水泥消耗的电量,包括水泥生产过程和辅助生产过程的电耗,按水泥 28d 抗压强度等级修正到出厂为 42.5 等级及海拔高度统一修正后所得的电量。可比水泥综合电耗需按水泥 28d 抗压强度等级修正到出厂为 42.5 等级及混合材掺量统一修正。可比水泥综合能耗指在考核时间内生产 1t 水泥消耗的各种能量,按熟料 28d 抗压强度等级修正到 52.5 等级、海拔高度、水泥 28d 抗压强度等级修正到出厂为 42.5 等级统一修正并折算成标准煤后所得的综合能耗。

国家标准《水泥单位产品能源消耗限额》GB 16780—2012 中可比熟料综合煤耗、可比熟料综合电耗、可比熟料综合能耗、可比水泥综合电耗和可比水泥综合能耗通常为半年或年度统计指标。目前国内外生产线在投产后,对于各主要系统,包括原料粉磨系统、煤粉制备系统、熟料烧成系统、水泥粉磨系统等子系统,一般考核验收时间按照现行国家标准《水泥工厂设计规范》GB 50295 的有

关规定执行。考虑到影响生产线能耗的因素较多,如生产线所处海拔高度、熟料强度、原燃料情况、混合材种类和掺量等,结合国家标准《水泥单位产品能源消耗限额》GB 16780 中各能耗指标的相关统计范围和计算方法,对可比熟料综合煤耗、可比熟料综合电耗、可比熟料综合能耗、可比水泥综合电耗和可比水泥综合能耗进行了相关规定。对于可比熟料综合煤耗,在确定指标时熟料 28d 抗压强度按照 56MPa 考虑进行强度等级修正,同时熟料烧成热耗按照本规范表 3.3.1 考虑,由此确定不同类型生产线指标。对于可比熟料综合电耗、可比水泥综合电耗、可比熟料综合能耗和可比水泥综合能耗,结合目前不同规模生产线实际能耗情况综合确定。

由于技术进步,本条所要求的指标比上一版规范严格,能耗设计指标的统计和计算方法按照国家标准《水泥单位产品能源消耗限额》GB 16780—2012 第 5 章执行,考虑到新建和扩建生产线一般要求同步配置余热发电系统,而且余热发电和余热利用不应対系统热耗产生明显的影响,因此要求在计算可比熟料综合煤耗时,余热发电和余热利用不折算成标准煤从熟料综合煤耗中扣除。对于可比水泥综合电耗和可比水泥综合能耗,由于水泥的品种、混合材种类和掺加比例对其影响比较大,本规范中的相关指标以生产 P·O 42.5 水泥为基准。

3.2.3 本条对新建、扩建水泥生产线主要生产工段分步电耗提出了指标要求,用于水泥工厂设计中对主要工段过程电耗的控制。

本规范对各工段电耗的统计范围进行了明确的界定。其中煤粉制备电耗不包括煤粉输送电耗,即送煤罗茨风机的电耗。由于原料易磨性和原煤的易磨性对原料粉磨和煤粉制备电耗影响较大,此外采用无烟煤或石油焦作为燃料时,成品细度对煤粉制备电耗影响较大,由于本规范中设计值按原料中等易磨性考虑,原煤按中等易磨性的烟煤考虑,如果原料和原煤的易磨性较差,同时采用无烟煤或石油焦作为燃料时,应根据实际情况修正设计值。

(1)原料粉磨。

当原料易磨性较差时,应对原料粉磨电耗设计值进行修正,修正方法如下:

当原料粉磨系统采用立磨或辊压机终粉磨系统时,原料粉磨电耗设计值按下式进行修正:

$$K = \frac{TMF_0}{TMF} \quad (1)$$

式中: K ——原料易磨性修正系数;

TMF_0 ——中等易磨性原料的易磨性指数,按 1 考虑;

TMF ——易磨性较差的原料易磨性指数,通过立磨易磨性实验确定。

修正后原料粉磨电耗设计值按下式计算:

$$Q = Q_0 \times K \quad (2)$$

式中: Q ——修正后原料粉磨电耗设计值($\text{kW} \cdot \text{h/t}$);

Q_0 ——修正前中等易磨性原料粉磨电耗设计值($\text{kW} \cdot \text{h/t}$)。

(2)煤粉制备。

当原煤的易磨性较差以及采用无烟煤或石油焦时,应对煤粉制备电耗设计值进行修正,修正方法如下:

1)当采用球磨系统时,易磨性修正系数按下式计算:

$$K_1 = \frac{HGI_0}{HGI} \quad (3)$$

式中: K_1 ——球磨易磨性修正系数;

HGI_0 ——中等易磨性的原煤易磨性指数,根据哈德格罗夫法测试,按 55 考虑;

HGI ——易磨性较差的原煤易磨性指数,根据哈德格罗夫法测试。

2)当采用立磨系统时,易磨性修正系数按下式计算:

$$K_2 = \left(\frac{HGI_0}{HGI} \right)^{0.7} \quad (4)$$

式中: K_2 ——立磨易磨性修正系数;

采用无烟煤或石油焦时,在不同的煤粉成品细度下,应将煤磨系统修正到常规烟煤一般要求细度 $R_{80\mu\text{m}}$ 为 12% 的情况。煤粉细度修正系数如下:

3) 当采用球磨系统时,细度修正系数按下式计算:

当粉磨无烟煤或石油焦时:

$$K_3 = 1 - (R - R_0) \times 6\% \quad (5)$$

式中: K_3 ——采用球磨系统时成品细度修正系数;

R_0 ——常规烟煤要求细度,按 $R_{80\mu\text{m}}$ 为 12% 考虑;

R ——当粉磨无烟煤或石油焦时,设计的煤粉成品细度 $R_{80\mu\text{m}}(\%)$ 。

4) 当采用立磨系统时,细度修正系数按下式计算:

当粉磨无烟煤或石油焦时:

$$K_4 = 1 - (R - R_0) \times 3\% \quad (6)$$

式中: K_4 ——采用立磨系统成品细度修正系数;

当采用球磨粉磨烟煤时,如果原煤易磨性较差,修正后煤粉制备电耗设计值按下式计算:

$$Q' = Q'_0 \times K_1 \quad (7)$$

式中: Q' ——修正后煤粉制备电耗设计值($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$);

Q'_0 ——修正前中等易磨性原煤煤粉制备电耗设计值($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$)。

当采用球磨粉磨无烟煤或石油焦时,如果原煤易磨性较差,修正后煤粉制备电耗设计值按下式计算:

$$Q' = Q'_0 \times K_1 \times K_3 \quad (8)$$

当采用立磨粉磨无烟煤或石油焦时,如果原煤易磨性较差,修正后煤粉制备电耗设计值按下式计算:

$$Q' = Q'_0 \times K_2 \times K_4 \quad (9)$$

3.3 熟料烧成系统

3.3.1 本条为强制性条文。在水泥生产过程中,熟料烧成系统能

耗最为集中,基本上所有的燃料都用于熟料烧成,因此将烧成系统能效设计指标作为强制性条款,对熟料烧成热耗和电耗加以限制,可以保证生产线采用先进的技术降低生产能耗,同时保证二氧化碳的减排。

本条对无协同处置废弃物以及没有旁路放风系统的情况下熟料烧成系统的能效指标提出了明确要求,并规定了熟料烧成电耗统计范围。本条指标主要针对新建和扩建生产线,指标为烧成系统 72h 考核值。考核方法按现行国家标准《水泥回转窑热平衡测定方法》GB/T 26282、《水泥回转窑热平衡、热效率、综合能耗计算方法》GB/T 26281 进行。熟料烧成热耗指在 72h 考核期内生产 1kg 熟料消耗的燃料燃烧热的平均值。烧成系统电耗指在 72h 考核期内烧成系统生成 1t 熟料消耗的电量,范围为从生料出库喂料至熟料入库(含库顶收尘系统)的整个熟料烧成过程,包含窑尾废气处理系统。

不同规模生产线的熟料烧成热耗和熟料烧成电耗存在一定差距,主要原因在于烧成系统表面散热、预热器出口废气带走显热和冷却机废气带走显热存在一定差距。此外,生料易烧性、煤粉热值以及烧成系统是否旁路放风等设计条件对熟料烧成热耗也有较大影响,本规范表 3.3.1 中熟料烧成热耗对应设计条件为生料易烧性不低于 C 级、入窑煤粉空气干燥基低位热值不低于 23000kJ/kg、无旁路放风。生料易烧性应按现行国家标准《水泥生料易烧性试验方法》GB/T 26566 的方法进行。

当水泥工厂厂址海拔超过 1000m 时,高海拔对熟料烧成热耗和熟料烧成电耗带来明显影响,应进行海拔修正。修正计算按下列公式计算:

$$Q_{CL} = KQ'_{CL} \quad (10)$$

$$E_{CL} = KE'_{CL} \quad (11)$$

$$K = \sqrt{\frac{P_H}{P_0}} \quad (12)$$

式中： Q_{CL} ——熟料烧成热耗(基准)设计值(kJ/kg)；

Q'_{CL} ——高海拔设计条件下熟料烧成热耗设计值(kJ/kg)；

K ——海拔修正系数；

P_H ——当地环境大气压(Pa)；

P_0 ——海平面环境大气压,101325 帕(Pa)；

E_{CL} ——熟料烧成电耗(基准)设计值(kW·h/t)；

E'_{CL} ——高海拔设计条件下熟料烧成电耗设计值(kW·h/t)。

3.3.2 为了实现烧成系统能效指标要求,本条对熟料烧成系统设计作出了规定。

1 回转窑采用多通道燃烧器,在国内外已经广泛使用。本款中的一次风量包括燃烧器一次净风和煤粉输送用风。

2 本款对熟料冷却机的热回收率提出了具体要求。熟料冷却是烧成系统主要的热回收过程,其热回收率高低直接影响烧成系统热耗指标,因此要在保证出冷却机熟料温度满足要求前提下,最大限度提高热回收率。由于出冷却机熟料温度受熟料结粒情况的影响较大,如果熟料中细颗粒和粗颗粒量偏多,出冷却机熟料温度将大幅度升高。

3 本款对烧成窑尾预热预分解系统设计提出了指标要求。预热器级数主要由原料综合水分、余热发电、项目投资等因素决定,目前预热器系统普遍采用五级,即由五个旋风筒热交换单元组成,但也有生产线由于原料水分高,原料粉磨物料烘干要求的热风温度高,预热器系统采用四级;原料水分很低的生产线,也可以采用六级预热器系统降低系统热耗。锁风阀和撒料装置对预热器的换热效率影响较大,在设计中应引起足够重视。在设计产量下,预热器系统出口温度和阻力应满足本规范表 3.3.2 的要求。分解炉是承担燃料燃烧和生料分解的化学反应器,对系统稳定、可靠、高效运行具有决定性作用。在设计上应根据煤质情况采用结构合理、性能优良的分解炉,并留有一定余地。为保证窑系统产量,目前入窑物料的表现分解率通常在 92%以上,部分生产线甚至达到

97%以上。

4 当采用湿排电石渣作为石灰石替代原料时,可根据湿排电石渣水分高低采用合适级数的预热器系统,如2级或3级预热器,以便与国家相关政策一致。

5 本款对烧成系统的保温设计提出了具体要求。为了降低辐射热损失,窑系统应采用合适的耐火材料和隔热材料,不仅节省热耗,减少设备表面的散热损失,也能提高运转率。

3.3.3 本条对烧成系统热风管路的保温设计提出了原则要求。在有余热利用要求的热风管路上其保温层设计宜控制在表面温度50℃以下,无余热利用要求的管道外保温设计应满足劳动安全保护要求。在输送热风 and 物料系统中,各种法兰连接和锁风装置应严密,不得漏风漏料。

3.3.4 工业废物、生活垃圾或污泥焚烧后产生的灰分具有与水泥生产的天然原料、燃料相似的组分,可以替代或部分替代天然原料、燃料。

3.4 破碎与粉磨系统

3.4.1 本条对石灰石破碎选型提出了要求。目前单段破碎是国内外普遍采用的系统。其破碎比大、流程简单、能耗低,在一般条件下应优先选用。

3.4.2 本条对原料粉磨和煤粉制备的主要设备选型作出了规定。原料粉磨及煤粉制备系统的选型应根据原料水分、易磨性和生料易烧性确定磨机适宜的类型、规格及适宜的粉磨细度。随着水泥技术的不断发展,根据原料的易磨性、含水量以及能力的不同,出现了不同形式的原料粉磨系统。辊式磨系统可以适应水分高达15%的原料,与传统的球磨系统相比,粉磨电耗可降低30%左右,是应该大力推广的节能设备。辊压机终粉磨系统可以烘干原料水分5%~6%,与辊式磨系统相比,粉磨电耗可以降低20%左右,是生料粉磨节能的优先选择。

3.4.3 水泥粉磨系统大致可以分为三种类型,即球磨、料床预粉磨和料床终粉磨系统。球磨系统电耗最高,特别是开流球磨,应限制采用。料床终粉磨是水泥粉磨技术的发展方向,包括以辊式磨、辊压机为主要粉磨设备的系统,其能耗最低;料床预粉磨系统具有节电效果明显、产品性能稳定和配套产量高的优点,是目前水泥粉磨系统的首选方案。

辊压机与球磨机可以组成多种粉磨系统,主要分为循环预粉磨和联合粉磨两类。循环预粉磨系统的特点是只将出辊压机受到充分挤压的中间料饼喂入球磨机,边料循环挤压;而联合粉磨系统需增设分选设备将出辊压机物料中的细粉分选出来,将这种细粉喂入后续球磨机进行最终粉磨,粗料循环挤压。由于联合粉磨系统中辊压机吸收功率比例大,节能效果更佳,球磨机的研磨效率也得到提高,因此,当采用辊压机系统时,应优先采用带辊压机的联合粉磨系统。辊磨终粉磨系统工艺简单,节电效果明显,噪声低,但水泥成品特性略逊球磨系统,也应大力推广。

3.5 余热利用系统

3.5.1 本条对新建和扩建水泥工厂余热发电系统设计提出了要求:同步设计或预留余热发电系统的场地和空间,以求进一步降低烟气排放温度,提高热利用率。目前的国家产业政策也鼓励现有水泥生产企业建设余热发电系统。

3.5.2 本条对水泥工厂余热发电系统的建设提出了要求。余热发电系统是在保证水泥生产正常运行的前提下进行的,余热发电系统运行后水泥生产线的电耗、热耗等主要能耗指标不能因为余热发电而提高,水泥熟料产量不应降低。

3.5.3 本条对系统余热不具备用于发电时的利用方式提出了建议和要求。本条是指受水源、气候、投资条件等诸多因素影响不具备发电条件的(如原燃料水分高,烘干需要的出窑尾预热器和冷却机废气余热多),而热、冷负荷相对稳定,可用来烘干高水分物料、

采暖等其他利用烧成系统废气余热的方式。

3.6 水泥窑协同处置废弃物系统

3.6.1 生产废热包括窑头、窑尾废热烟气,熟料生产线现有余热发电蒸汽等。

3.6.2 水泥窑协同处置废弃物系统分为废弃物预处理系统与入窑输送系统两大部分。国内目前存在两种布置方式,一是废弃物预处理系统与入窑输送系统都设置在厂内;二是废弃物预处理系统设置在废弃物产生源处或专业预处理厂,单独运营管理,仅有入窑输送系统设在水泥厂内。国内废弃物在水泥窑的协同处置大部分是在现有水泥厂进行的改造项目,部分厂区内预留场地有限,难以满足废弃物预处理系统与入窑输送系统共同建在厂内的要求,两种模式可根据水泥厂实际情况,因地制宜加以选用。而需要焚烧处置的废弃物衍生燃料送入窑系统占地较小,为减少输送距离,宜靠近烧成系统布置。

3.7 其 他

3.7.1 主要生产工艺风机包括原料粉磨循环风机、窑尾高温风机、窑尾废气处理风机、窑头排风机、煤磨排风机、水泥粉磨辊压机系统循环风机和水泥粉磨系统风机。本条对主要生产工艺风机的储备系数作出了规定。过大的风机储备系数,易降低风机的使用效率,浪费电能。

3.7.2 以往在生料入库和入窑、水泥入库等输送系统的设计时,常常采用气力输送,其电耗较高。本条强制采用机械输送,以节省电能。气力输送电耗高,因此,长距离输送应采用机械输送,尽可能避免气力输送。因煤粉采用机械输送较困难,故煤粉入窑输送可采用气力输送。

3.7.4 本条规定对烘干水泥混合材提出了具体设计要求。当单独设置热风炉烘干物料时,优先采用烧劣质煤的高效热风炉(如沸

腾炉等),不得采用烧块煤的热风炉。当采用回转式烘干机烘干物料时,应为顺流式、高效扬料板,回转筒体表面应敷设保温层,其出口风的温度不宜高于 110℃。最低温度宜高于烟气露点温度 20℃~30℃。

4 电力系统节能

4.1 供配电系统

4.1.1 中型及以上规模的工厂装机容量大,应采用 110kV 电压供电。小型规模工厂如果当地电网条件允许也推荐采用 110kV 供电,少数地区供电电网暂时无法满足 110kV 供电要求的,应对 35kV 供电方案进行技术经济论证。中压等级应尽量采用 10kV,因某种因素需采用 6kV 等级时,应从节能角度进行方案对比。

4.1.2 根据水泥生产线的用电特点,负荷一般集中在原料粉磨、烧成系统、水泥粉磨等车间。因此变电所或配电站的位置应靠近相应的车间,缩短供电半径,最大限度降低电能损耗。

4.1.3 为减少 10kV 及以上输电线路的电能损耗,合理选择导线截面。

4.1.4 合理选择总降压变电站主变压器及车间变压器的容量和台数,实现变压器的经济运行,最大限度降低各级变压器的电能损耗。

4.1.6 水泥厂中广泛应用的变频器产生大量谐波,使配电系统波形畸变,对电能质量产生严重影响。谐波危害电气设备的安全运行,增加电能损耗。应根据具体情况采取有效方式抑制系统谐波。

4.2 电气设备

4.2.1 常用电气设备能效标准如下:

(1)《电力变压器能效限定值及能效等级》GB 24790;

(2)《中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级》GB 18613;

(3)《三相配电变压器能效限定值及能效等级》GB 20052;

(4)《高压三相笼型异步电动机能效限定值及能效等级》GB 30254;

(5)《单路输出交-直流和交-交流外部电源能效限定值》GB 20943;

(6)《交流接触器能效限定值》GB 21518。

4.2.3 基于四象限变频器的能量回馈应用技术成熟,如果现场条件适宜,应推广应用,可以有效回收下行胶带输送机产生的再生能量。

4.3 照 明

4.3.2 新建工程和改造工程的照明设备应更换为符合国家相关能效标准的照明设备,主要标准如下:

(1)《普通照明用双端荧光灯能效限定值及能效等级》GB 19043;

(2)《普通照明用自镇流荧光灯能效限定值及能效等级》GB 19044;

(3)《高压钠灯能效限定值及能效等级》GB 19573;

(4)《高压钠灯用镇流器能效限定值及能效等级》GB 19574;

(5)《金属卤化物灯用镇流器能效限定值及能效等级》GB 20053;

(6)《金属卤化物灯能效限定值及能效等级》GB 20054;

(7)《单端荧光灯能效限定值及节能评价》GB 19415;

(8)《管形荧光灯镇流器能效限定值及能效等级》GB 17896;

(9)《道路照明用 LED 灯性能要求》GB/T 24907;

(10)《普通照明用自镇流 LED 灯性能要求》GB/T 24908。

4.3.5 太阳能、风能等新能源用于照明的技术和设备已比较成熟,推广使用对保护环境、节约能源有积极意义。

5 矿山工程节能

5.1 矿山开采与运输

5.1.1 在矿山地形条件和矿体赋存条件合适的情况下,矿山开采工作面垂直于矿体走向布置,可以同时揭露不同质量的矿层,利于高低品位的搭配,减少矿物损失和降低剥采比,减少工作面推进的超前时间。

5.1.2 通过优化爆破参数,使爆破能量充分作用于松动效应,减少爆破的集中作用,可以减少根基、大块及伞岩比例,提高爆破质量,降低炸药单耗和装车费用。而采用非爆破开采法,提高了生产作业的安全性,简化了生产流程,减少了生产环节。

5.1.3 在确定矿山开拓运输方案时,应进行综合技术经济比较。

5.1.4 破碎车间靠近采矿场,缩短了汽车运输距离,降低矿石运输能耗。当大、中型矿山具备采用连续开采运输方式的条件来进行开采时,宜在工作面设置移动式破碎站或在采矿场内设置组装式破碎站,破碎后的碎石采用胶带输送机运输。

5.1.5 采区狭长时,采用分期或分区开采方式,实现分期、分区规划,可以缩短汽车运输距离,从而降低能耗。

5.1.7 高等级路面不仅可减少轮胎的损耗,还能降低油耗,因此主要运输道路宜采用高等级路面。

5.2 穿孔、采装和运输设备

5.2.1 采用固定式空压机站来输送压缩空气一般效率低且耗能高,应采取多种途径来减少压缩空气传送过程中的损耗。

5.2.2 轮式装载机具有装载和运输的双重功能,可以减少汽车转载的生产环节。

5.2.3 矿用自卸汽车载重量和挖掘机铲斗要有合理的匹配关系。如挖掘机铲斗为 2m^3 , 选用载重 $12\text{t}\sim 15\text{t}$ 自卸汽车; 挖掘机铲斗为 $3\text{m}^3\sim 4\text{m}^3$, 选用载重 $20\text{t}\sim 35\text{t}$ 自卸汽车; 挖掘机铲斗为 $5\text{m}^3\sim 7\text{m}^3$, 选用载重为 $32\text{t}\sim 45\text{t}$ 自卸汽车。具体箱斗载重比可参见现行国家标准《水泥原料矿山工程设计规范》GB 50598 的相关条文。

6 辅助设施节能

6.1 给 水

6.1.1 水泥工厂内可以利用的余热、废热广泛存在,并且随着太阳能等新能源热水系统规范的完善,太阳能等新能源热水器已较成熟,宜利用工业余热、废热、太阳能等,对提高节能意识、加强节能宣传都有示范意义。太阳能热水给水系统的设计需根据现行国家标准《民用建筑太阳能热水系统应用技术规范》GB 50364 的有关规定,结合水泥工厂的具体情况制定。

6.1.2 现行国家标准《节水型产品通用技术条件》GB/T 18870 涉及六大类产品:灌溉设备、生活节水型用水器具、节水型冷却塔及塔芯部件、塑料输水管材与管件、管道控制部件、量水设备,在设计中应注意合理选型。

6.1.3 本条旨在节约用水及合理分配用水,对水泥工厂用水的计量提出了具体要求。

6.2 供暖、通风和空气调节

6.2.1 我国已经编制了不同地区(北方严寒和寒冷地区、中部夏热冬冷地区和南方夏热冬暖地区)的居住建筑以及公共建筑节能设计标准,并已先后发布实施。为适应节能工作的不断推进,水泥工厂节能设计中,对需要采暖、通风和空气调节的生产及生产辅助建筑物亦应从建筑物本身采取节能措施。

6.2.2 本条对水泥工厂供暖节能设计作出了规定。

1 本款采用热水作为供暖热媒,能提高供暖质量,同时便于调节,有利于节能。而严寒地区,由于供暖期长,故从节约能耗或节省运行费用方面,采用热水集中供暖系统更为合适。

2 带有值班控制室的大车间,只对值班控制室供暖,可以节省大量热能,且能满足生产要求。

3 供暖建筑内,南、北向供暖房间的负荷受多方面的影响,负荷变化很不一致。分环控制有利于系统平衡,还可以有效平衡南、北向房间因太阳辐射导致的温度差异,从根本上克服“南热北冷”的问题,从而达到节能效果。

4 考虑到目前建筑物的蓄热性能,室内设计温度取 5°C 可以达到防冻效果。

5 散热器暗装,使散热效率降低,盲目增加散热器安装数量,不仅浪费热能,同时破坏系统整体的平衡,所以都是不可取的。

6 严寒地区的工厂为工艺系统及电气控制元件的正常工作设置供暖系统,减少设备因冻害造成的频繁维修,有其必要性。最冷月平均温度低于 -12°C 时宜设置供暖系统。

7 按国家相关能源政策和企业自身管理需求配备能源计量装置,通过精细化管理推动主动节能。

8 在集中供暖区,应考虑利用水泥窑排除的大量废气余热进行供暖,提高能源利用率。

9 余热锅炉设计时,抽取窑头、窑尾废气不得影响水泥生产系统的正常运行,产生的热量除满足供暖负荷外,还包括其他用途,如:粘湿物料仓的供热保温、食堂、浴室用热。可采用窑筒体辐射换热制取温度为 $75^{\circ}\text{C}/50^{\circ}\text{C}$ 的热水进行建筑供暖、食堂及浴室用热等。

6.2.3 本条对水泥工厂的通风和空气调节节能设计作出了规定。

1 本款规定的目的是既要达到通风效果又要节能。

2 本款规定的目的,是使空调系统便于控制和平衡,从而达到节能目的。

3 $30\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ 的新风量是国家规定的下限。计算新风量时应同时考虑稀释有害气体和保证所需正压的要求。

4 空调系统的冷源有多种类型。各种类型都有一定的适用

范围,选用时一定要符合国家和地方的能源政策。同时要做具体的技术经济比较。空调系统冷源宜考虑利用水泥工业废热,可采用吸收式制冷;城市电网供电充足地区宜采用电动压缩式制冷;对于有分时电价地区可采用蓄冷空调;特别有些地区对土壤源及空气源热泵机组享受减免税待遇,应考虑优先选用。

7 能源计量

7.0.1 制定本条的目的是从设计上为达到现行国家标准《水泥单位产品能源消耗限额》GB 16780 的先进等级打好基础,为水泥工厂的生产管理、节能降耗工作创造条件。规定要求在设计阶段为水泥厂能源计量管理配备必要的硬件设施,在计量器具设备选择上执行现行国家标准《用能单位能源计量器具配备和管理通则》GB 17167 的有关规定。

7.0.2 为了对各车间子系统用电负荷实际耗能进行监测,以便对节能工作进行管理和考核,须配置电压、电流、功率、功率因数和有功电量、无功电量的测量和计量仪表。

7.0.6 国务院《节能减排“十二五”规划》和《建材工业“十二五”规划》中,都有关于加强能耗管理的要求,其他高能耗行业,如钢铁行业节能设计规范中,已将企业设置能源管理系统列为强制性条款。水泥行业属于高耗能行业,有必要在水泥行业推广能源管理系统,可以通过现代化的技术平台和科学的管理思想对生产过程中的耗能设备实现在线集中监控,在实时能源信息监测的基础上,做到能源科学管理与调配,充分回收利用二次能源。优化完善工艺操作及生产管理,挖潜降耗,促进节能新技术的推广应用,切实有效的优化企业能源利用结构,节能降耗。