

建材工业节能 技术实例选 (150 例)

陈敏 编著

中国建材工业出版社

建材工业节能 技术实例选 (150 例)

陈敏 编著

中国建材工业出版社

内 容 介 绍

本书是根据各地企业、科研设计单位和大专院校提供的资料摘编的，目的是配合建材行业实施节能综合工程，指导建材企业进行节能技术改造。书中所举范例，方法可靠，效益明显，可作为包括广大乡镇建材企业在内的各类建材企业实施技术改造的重要参考，也是建材科研、设计、教育单位研究推广建材节能新技术的参考书。

建材工业节能技术实例选（150例）

陈敏 编著

中国建材工业出版社出版

（北京市海淀区西钓鱼台甲 57 号 邮编：100036）

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

北京市华星计算机公司激光照排

化学工业出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092 毫米 1/32 印张：4.5 字数：100 千字

1992 年 3 月第一版第一次印刷

印数：1—10000 册

ISBN 7-80090-032-0/TU·5 定价：3.50 元

目 录

1. 窑外分解窑是节能型生产装置	(1)
2. 湿法水泥厂改为压滤半干法生产	(2)
3. 湿法水泥窑改为真空吸滤半干法生产	(4)
4. 湿法窑综合节能改造	(5)
5. 立波尔窑综合节能改造	(6)
6. 水泥回转窑节约煤耗措施	(6)
7. 耐热钢链条	(8)
8. 水泥回转窑采用复合矿化剂低温烧成	(9)
9. 料浆库顶抽水降低湿法窑入窑料浆水分	(10)
10. 湿法水泥窑采用黑料浆煅烧	(11)
11. 水泥回转窑烧成带使用不烧镁铬砖	(12)
12. 水泥料浆稀释剂	(13)
13. 水泥回转窑带火焰稳定器的双通道喷煤管	(14)
14. 水泥回转窑采用陶粒隔热砖	(17)
15. 固体润滑剂在水泥回转窑上的应用	(18)
16. 回转窑多筒冷却机的节能改造	(18)
17. 水泥回转窑窑口使用碳化硅砖	(19)
18. 小型干法中空窑窑尾废气余热利用	(20)
19. 水泥回转窑使用镁质窑衬	(21)
20. 水泥回转窑采用硅酸铝耐火纤维隔热毡	(21)
21. 利用回转窑胴体辐射热加温热水	(22)
22. 水泥回转窑自动控制系统	(23)

23. 水泥工业应用耐火纤维	(23)
24. 回转窑采用 PA-80 耐高温粘结剂	(24)
25. 回转窑胴体表面喷射石灰浆	(25)
26. 生产砌筑水泥节能	(25)
27. 特种隔热砖	(26)
28. 中空回转窑改为余热发电窑	(27)
29. RL 株洲型立筒预热器窑	(29)
30. 立筒预热器窑改为 X. L 型预分解窑	(30)
31. 五级旋风预热器窑改造小型回转窑	(31)
32. 水泥立窑综合节能改造单项技术	(33)
33. 水泥机立窑节能综合技术改造示范线	(34)
34. 立窑闭门操作	(35)
35. 立窑水泥生产过程微机控制及监测网络	(37)
36. 成分闭环配料微机集散控制系统	(39)
37. “625 烧 625” 水泥立窑节能技术	(40)
38. 重晶石、萤石复合矿化剂烧制水泥	(41)
39. 机立窑等温烧成技术	(42)
40. 机立窑匀速卸料增产节能	(43)
41. 机立窑保温技术及效果	(44)
42. 立窑废气余热利用	(45)
43. 预加水成球技术	(45)
44. 简便预加水成球技术及装备	(47)
45. 预加热水成球降低熟料热耗	(47)
46. 利用废水成球	(48)
47. 调速液力耦合器在鼓风机上应用	(49)
48. 立窑罗茨风机循环风节能装置	(50)
49. 利用工业废料碳化渣配料生产水泥	(51)

50. 球磨机综合节能改造	(52)
51. 磨机采用圆角方形衬板	(52)
52. 球磨机采用 CZ 型角螺旋衬板	(53)
53. 球磨机沟槽衬板	(54)
54. EM1200 立式磨机节能	(55)
55. MBZX 型节能高产水泥磨	(56)
56. 湿法生料磨采用橡胶衬里	(58)
57. 特种复合变质高合金耐磨球	(58)
58. 高铬钒钛铸铁球在水泥磨机上应用	(59)
59. 磨外预粉碎与选粉系统节能工艺	(59)
60. 铸石衬板在选粉机上的应用	(60)
61. 进相机节电	(60)
62. 小型球磨机改为烘干生料磨	(62)
63. 新型高细磨技术	(63)
64. MFK 型磨机负荷自动控制系统	(65)
65. 球磨机采用冷模锥形铸段研磨	(65)
66. 球磨机主轴承应用二硫化钼润滑	(66)
67. 水泥复合助磨剂	(67)
68. 降低入磨料粒度节省磨机电耗	(68)
69. 节能型熟料破碎机	(69)
70. 高效选粉机	(70)
71. 高浓度低速气力输送装置	(71)
72. 节能型振动输送机	(72)
73. 核子秤用于水泥厂计量	(72)
74. 高温烟气沸腾炉在回转烘干机上的应用	(74)
75. 沸腾炉烧煤矸石作水泥混合材	(75)
76. 普通回转式烘干机改造成高效节能烘干机	(75)

77. 烘干机用 L 系列双旋流煤粉燃烧器	(76)
78. 手烧炉烘干机改为磨煤喷粉机	(77)
79. 旋伞式高效静电吸尘器	(78)
80. 玻璃熔窑节能综合改造	(80)
81. 玻璃熔窑装设烟气全通过余热锅炉	(81)
82. 化验室用远红外烘干玻璃原料	(81)
83. 玻璃熔窑采用国产材料保温	(82)
84. YSP-Z 型燃油装置在玻璃熔窑上应用	(84)
85. 玻璃厂熔窑窑体结构改造节能	(85)
86. 玻璃窑鼓泡技术	(86)
87. 玻璃液搅拌器	(86)
88. 电解水制氢的节能措施	(87)
89. 平板玻璃熔窑通路用风冷代替水冷	(87)
90. 玻璃池窑蓄热室采用碱性格子砖	(88)
91. 混合煤气发生炉微机控制系统	(89)
92. 煤气管节能开关及焦油水过滤器	(90)
93. 重油掺水添加高效节能素	(90)
94. 玻璃纤维拉丝坩埚的节电	(91)
95. 重渣油磁化燃烧节能装置	(92)
96. 采用 600 孔坩埚生产中碱 11 μ 拉丝新工艺	(92)
97. 陶瓷窑综合节能改造	(93)
98. 陶瓷隧道窑的烟气余热利用	(94)
99. 陶瓷窑隔热保温	(95)
100. 陶瓷隧道窑窑车节能改造	(96)
101. 陶瓷泥浆加入减水剂降低喷雾干燥油耗	(97)
102. 釉面砖低温快速烧成	(98)
103. 卫生瓷坯和釉料低温烧成	(98)

104. 陶瓷厂球磨机节电措施·····	(99)
105. 褐煤造气作陶瓷隧道窑的燃料·····	(99)
106. 降低进喷雾干燥塔泥浆水分 ·····	(101)
107. 水泥制品养护新技术——节能窑 ·····	(101)
108. 蒸汽远红外养护 ·····	(102)
109. 水泥制品的热介质定向循环养护 ·····	(103)
110. ZZK 型蒸汽养护窑 ·····	(104)
111. 减水剂在自应力混凝土制品生产中的应用 ·····	(105)
112. 节能混凝土振动台 ·····	(105)
113. 内燃烧砖瓦节能增效益 ·····	(106)
114. 稻壳烧砖 ·····	(107)
115. 中断面烧砖隧道窑节能改造 ·····	(108)
116. 砖瓦生产安全节能新装置 ·····	(108)
117. 轮窑底部铺设换热水管 ·····	(110)
118. 砖瓦生产正压排潮节电 ·····	(110)
119. 烧砖隧道窑采用电子自动投煤器节煤 ·····	(111)
120. 砖瓦厂隧道窑窑车车面节能改造 ·····	(111)
121. 窑车耐火衬层空心化 ·····	(112)
122. 砖瓦窑窑顶注风 ·····	(112)
123. 轮窑回旋顶热焙烧法节煤 ·····	(113)
124. LNX-800 型行星式轮碾机 ·····	(113)
125. 非烧结粉煤灰轻骨料 ·····	(114)
126. 用炉渣灰制砖 ·····	(114)
127. 碳化砖——利废节能的墙体材料 ·····	(115)
128. 非烧结粘土砖 ·····	(115)
129. 复合硅酸镁保温涂料 ·····	(117)
130. 涂敷型保温隔热材料 ·····	(119)

131.	无石棉硅酸钙高温隔热制品的应用	(120)
132.	保温层用节能型复箔外护材料	(121)
133.	土石灰窑改造成半机械石灰窑	(122)
134.	石棉干燥炉温度自控降低煤耗	(122)
135.	橡胶石棉制品回收溶剂汽油	(123)
136.	乳白石英管远红外加热节电技术	(123)
137.	SL 型燃油磁化节油器	(124)
138.	磁性槽泥节电	(125)
139.	电磁振动喂料器节能	(125)
140.	交流异步电机可控硅串级调速	(126)
141.	交流接触器无声运行	(127)
142.	电动机无功就地补偿	(127)
143.	变压器高低压无功电力共同补偿	(129)
144.	磁粉离合器调速节能	(129)
145.	DQ 型电液变阻起动器	(130)
146.	用热管回收低温余热	(130)
147.	无底阀抽水	(131)
148.	节水阀门	(132)
149.	GRT 节能减磨损添加剂	(133)
150.	锅炉微机自控系统	(134)

1. 窑外分解窑是节能型生产装置

窑外分解是七十年代发展起来的增产节能型生产工艺。我国在八十年代从国外引进和自行研制的窑外分解生产线，已陆续投产，为我国水泥工业建设和技术改造创造了条件，为回转窑生产水泥节能降耗树立了样板。

窑外分解窑的特点是干法生产。原料为粉磨的生料干粉，将原料送入回转窑所带四级（或五级）旋风预热器中，由窑尾的高温烟气预热后进入分解炉，进行预分解。原来在回转窑内进行的原料加温、分解等过程被移到窑外进行，经过加热、分解的原料再进入回转窑继续进行完全分解、煅烧化合，生产出合格的熟料。

窑外分解工艺由于采用干法生产，没有湿法和半干法生产需要将水分蒸发这个环节，还由于设置了多级预热器，回收利用了烟气余热，这两项措施使生产热耗大幅度降低。预分解炉的增设，相当于外加一把火，热原料在分解炉内分解，减少了回转窑的负荷，因而可以成倍地提高回转窑的产量。同规格的窑外分解窑和湿法窑比较，前者热耗比后者的低一半左右，即热耗从 6280kJ/kg (1500kcal/kg) 降为 $2930\sim 3569\text{kJ/kg}$ ($700\sim 850\text{kcal/kg}$)；产量约增 100%。

我国目前窑外分解工艺的发展情况是：已成功地研制、投产了国产 700t/d、1000t/d、2000t/d 级窑外分解生产线；成功引进建设了 4000t/d 级窑外分解生产线。大多数生产线都能实现正常稳定生产，达到设计（或引进）指标要求。我国已经投产的窑外分解生产线有：

(1) 700t/d 级 新疆水泥厂（新疆）、邳县水泥厂（江

苏)、燕山水泥厂(北京)、湔江水泥厂(四川)、宣化水泥厂(河北)、川沙水泥厂(上海)等;

(2) 1000t/d 级 本溪水泥厂(辽宁);

(3) 2000t/d 级 江西水泥厂(江西)、鲁南水泥厂(山东)、柳州水泥厂(广西)、建昌水泥厂(福建);

(4) 4000t/d 级 冀东水泥厂(河北)、宁国水泥厂(安徽)、珠江水泥厂(广东)。

2. 湿法水泥厂改为压滤半干法生产

湿磨干烧半干法生产是一种简单的、投资省的改造方式。其主要特点是原料系统仍然采用湿法生产的原有流程,只是将料浆经过过滤,减少所含水分,使煅烧过程的热耗降低;窑炉部分则进行干法生产的改造,充分利用烟气来烘干原料,变湿法生产为干法生产。湿法水泥厂进行半干法改造,能够较大幅度地降低热耗,节省能源,而且由于生产流程中原料系统、制成系统都不进行较大的改造,和改造成全干法生产相比,投资也要省得多。目前我国约有 150 多条湿法窑,进行节能改造,就可以选用半干法改造方案。半干法改造目前有二种方式,一种是广州水泥厂的真空抽滤式半干法生产,一种是白马山水泥厂正在进行的压滤式半干法生产。这两种方法的主要区别在过滤方式的选择上。

广州水泥厂的料浆过滤采用真空抽滤机进行。由于大型用于水泥过滤的真空抽滤机目前国内尚不能制造,需要进口主机及系统其他设备,因此投资较高,用汇额度较多。尽管如此,广州水泥厂真空抽滤半干法生产线投产效果较好,经济效益明显。

白马山水泥厂采用板框压滤机对料浆进行过滤。板框压滤机国内可以制造，主机及各种设备绝大部分都可采用国产设备，所以投资很省。这是符合我国国情的改造方式。目前，白马山水泥厂正在试生产阶段。如果试生产成功，压滤法采用国产设备将得到推广，这会大大加快我国湿法窑改造的速度。

白马山水泥厂压滤法湿磨干烧改造简单情况：白马山水泥厂 2 号窑原是一座湿法生产华新型窑，在这套窑系统上进行节能改造。该厂原料系统采用江泥配料，含水较高，用两台 XM2-1050/200 板框压滤机将料浆水分降到 18% 以下，滤饼贮存于两座滤饼仓中，经计量后进入滤饼破碎烘干机，从窑尾二级旋风预热器引来的废烟气将滤饼烘干破碎之后送入窑尾 1 号、2 号预热器连接管中进一步预热，再进入窑内煅烧。回转窑是在原 2 号 $\phi 3.5 \times 145\text{m}$ 窑的基础上进行改造，将湿法窑尾切短成 $\phi 3.5 \times 88\text{m}$ ，并改成带二级旋风预热器的干法窑，其余部分仍采用原生产系统。该系统改造后，已经过一段时间试生产，在短时间内取得过较好的效果，如熟料热耗达 4000kJ/kg (950kcal/kg)，台时产量达到 35t/h ，这些数值符合设计指标要求。但由于该厂板框压滤机选型有些问题，滤饼产量不足以保证大窑长期连续运转，因而该系统未能正式投产和验收。目前该厂正在全力攻关，争取实现生产稳定。

白马山水泥厂 2 号窑节能改造投资为 2947 万元，其中包括引进少量设备和技术软件费用、出国考察和专家费用等外汇 200 万美元。按设计要求，该节能改造项目设计指标：熟料产量 850吨/d ；熟料热耗 $4020 \sim 1960\text{kcal/kg}$ 和原来华新窑比年节标煤 1.80 万吨。

3. 湿法水泥窑改为真空吸滤半干法生产

广州水泥厂原是湿法水泥厂，在原料系统仍然维持湿法生产的情况下，引进丹麦史密斯公司的技术装备，新建了一条日产 700 吨湿磨干烧预分解回转窑。

该生产系统原料部分仍用该厂现有生料料浆制备系统，供应含水量约为 35% 的料浆。料浆送入二台 $\phi 3.6 \times 6.67\text{m}$ ，过滤面积为 75m^2 的真空吸滤机（国外引进设备），经吸滤后，水分降为 18~20%。滤饼经皮带送入烘干破碎机（国外引进设备）利用窑预热器的热烟气进行烘干，并破碎成干粉，干粉送入窑的旋风预热器中进入窑内。新建带两级旋风预热器和预分解炉的多筒冷却机回转窑规格为 $\phi 3.5 \times 53\text{m}$ ，三挡支撑，传动为 132kW 直流电机，并采用三通道喷煤嘴，燃用煤粉。预分解炉为 $\phi 3.2 \times 6.9\text{m}$ ，有效容积为 35m^3 ，二台旋风预热器直径 $\phi 3.5\text{m}$ 。回转窑和预分解炉的喂煤均采用德国引进的均衡转子称量喂煤机。回转窑设中央控制室，采用计算机仪表集中控制，可以控制全系统的操作和自动检测控制燃煤情况和风温风量。改造工程对煤粉系统、制成系统、运输系统等也进行了一定的改造和增补。

该生产系统建成后，经试生产和生产验收，达到了考核要求，生产运行正常。在考核期间，熟料产量平均 713.2t/d ，熟料烧成热耗 3539kJ/kg (845.6kcal/kg)，熟料电耗 26.1kWh/t ，熟料标号 568 号，废气含尘浓度 99.8mg/Nm^3 。

整个工程投资为 6250 万元，其中窑系统 2973 万元，进口设备为 2093 万元，外汇额 542 万美元（外汇比价按 3.7 计）。

经济效益：年产熟料 21 万吨，可生产普通水泥 25 万吨；熟料热耗按 3836kJ/kg (895kcal/kg) 计算，与该厂湿法生产比较，每吨熟料可节标煤 79kg，熟料电耗约增加 10kWh/t ，相抵后全年可节标煤约 1.5 万吨。增产和节煤的经济效益可达到 980 万元/年。

采用抽滤法对料浆性质有一定要求。因此，在采用抽滤法改造之前，要对原料料浆性能进行分析。

4. 湿法窑综合节能改造

我国大中型水泥厂中，湿法水泥窑约有 110 台，湿法水泥产量约占大中型厂水泥产量的 55%。湿法水泥生产熟料热耗平均为 6279kJ/kg (1500kcal/kg)，在各种水泥生产方法中热耗最高。为了降低湿法生产热耗，需要采取多种措施改造湿法窑。如将湿法窑改造成干法生产（金山水泥厂）或改造成湿磨干烧半干法生产（广州水泥厂、白马山水泥厂）。再就是将湿法窑停产，另建新型干法窑等。这些改造方式都需要花大量投资。不符合我国国情。建议对这些湿法窑采取综合节能改造措施。

湿法窑综合节能改造，就是将湿法窑的各种单项小改小革节能技术措施集中在一条窑上采用，使湿法窑的热耗有一定幅度的降低，达到节能的目的。一般热耗降低幅度为 $840\sim 1250\text{kJ/kg}$ 熟料 ($200\sim 300\text{kcal/kg}$ 熟料)，即由 6279kJ/kg 熟料降为 5450kJ/kg 熟料 (1500kcal/kg 熟料降为 1200kcal/kg 熟料)。

综合节能技术改造采用的具体措施是：湿法窑挂耐热钢链条；预热带采用隔热窑衬；高温带采用镁砖窑衬；采用复

合矿化剂低温煅烧工艺；采用黑料浆；冷却机进行节能改造；采用三通道喷煤嘴或双风道喷煤嘴；窑炉加强密闭堵漏；窑炉外壁喷涂石灰浆，以及在有条件的地区采用稀释剂降低料浆水分等。

华新水泥厂 3 号窑曾经集中采用过上述一部分节能措施，取得了熟料热耗降为 5400kJ/kg (1290kcal/kg) 的效果。

5. 立波尔窑综合节能改造

目前，对立波尔窑的改造也应采用综合节能改造的方式。改造措施是：料球成球改为预加热水成球；采用复合矿化剂配料；改造加热机，提高加热机预热效率，并加强加热机的隔热保温；采用三风道喷煤嘴；加强窑的密闭堵漏；注意放散烟囱的密闭；采用微机自动化控制窑炉煅烧等。综合改造后，立波尔窑熟料热耗应降到 4186kJ/kg (1000kcal/kg) 以下。

小屯水泥厂采取日本小野田水泥公司进行技术改造诊断的意见，进行了一定的改造，取得很好的效果。

6. 水泥回转窑节约煤耗措施

(1) 采用三通道喷管加强煤风混合

加强煤粉与高温二次风的混合，是使煤粉迅速起火燃烧形成高温短火焰的主要条件。三通道喷管可将净空气一次风喷出速度提高到 $140\sim 150\text{m/s}$ ，当煤的灰分含量特别高时，出口风速可以到 340m/s 以上的超声波速度。送煤粉的一次风出口速度降到 $20\sim 30\text{m/s}$ ，有的降到 12m/s ，这样既能加大一、二次风的速度差，加速风煤混合，又不致因风速过大将

煤粉吹得过远而长厚窑皮或结圈，一次风量可以降低到 5~8%。大连水泥厂采用三通道喷嘴取得较好效果，后因要增加余热发电需要增加烟气量，三通道喷嘴烟气量少，所以只得取消喷嘴。但目前国内外许多窑外分解窑预热器窑都采用三通道喷管，效果良好。

(2) 用螺旋泵及罗茨风机送煤粉入窑

只有用螺旋泵或仓式泵吹送入窑煤粉才能将送煤粉的风量降低到 5% 以下，送煤粉所需的风量通常为 $0.1 \sim 0.2 \text{ m}^3/\text{kg}$ 。螺旋泵用风和一次风可由一台罗茨风机提供，一次风压通常在 $14000 \sim 19000 \text{ Pa}$ 左右。

(3) 煤粉细磨

煤粉细磨的目的不仅是为了起火快和燃烧充分，还为了发火集中、火焰中部亮度大、温度高、不会有少量粗煤粉飘到过渡带燃烧并因此长厚窑皮或结圈。煤粉磨细的程度视挥发分和灰分含量多少而定。灰分在 20% 以下时， 0.08 mm 方孔筛的筛余应在 0.5~1.0 倍挥发分含量之间；灰分在 20~40% 时，细度为 0.3~0.4 倍挥发分含量。还要控制不能有大于 1 mm 的粗粒子，否则容易结圈和影响熟料质量的均匀性。

(4) 提高一次风温度

一次风温度高无疑对提高窑的热效率和烧劣质煤是有利的，国外有的利用窑头周围的热风将一次风温度提高到 $90 \sim 100^\circ\text{C}$ ，甚至也有高到 150°C 的。

我国水泥回转窑用的还都是 60 年代以前的单风道喷管和双管绞刀送煤，一次风占 20% 左右，煤粉大部偏粗，这对形成高温区集中的短火焰、烧劣质煤和减少结圈不利，应该结合我国窑口耐火砖与耐热钢圈的材质，以及窑型和物料情况，逐步改革煤粉制备与燃烧系统，为进一步利废、节能、增

产创造条件。

7. 耐热钢链条

湿法水泥窑料浆的干燥，是在窑尾干燥带通过与烟气进行热交换完成的，高温烟气将料浆加热、蒸发水分，使料浆烘干和升温。为了提高烟气和料浆的传热效率，一般在窑尾设置链条带，利用链条将烟气的热量传递给料浆。过去我国湿法窑用的链条一般都是用普通钢材制造的。链条带布置的长度要求保持链条带热端温度在 800℃ 以下。一般链条带长度只有 20m 左右，物料加热的温度只能达到 500℃ 左右，传热效率较低，而且由于链条材质较差，极易烧坏，需经常更换检修，造成停窑损失。采用一部分耐热钢链条代替普通钢链条，设置在热端部位，可以使链条带向预热带高温区延伸，提高了链条带热端温度，使烟气热量的回收率提高，使物料的温度增加，同时减少链条的损失，延长了更换周期。由于传热效率提高，可以增加窑的台时产量，降低热耗，取得增产节能的效果。江山、华新、湘乡等十几个水泥厂约 20 台窑上改挂了耐热钢链条，都取得了较好的效益。

江山水泥厂 2 号窑在原周边链条带位置往热端延长 1m，挂 12.96 吨耐热钢链条，链条带长度 5.5m，取得如下经济效益：(1) 提高了物料温度 137℃；(2) 提高了平均台时产量 0.39 吨；(3) 降低煤耗 14.2kg/吨熟料；(4) 延长链条寿命。

华新水泥厂 2 号窑采用 4Cr25Ni9Si 和 4Cr25Ni20Si 成分的铸造链约 21.8 吨，耐热钢链条带 10m，全窑链区总长度 43m，投资 29.8 万元。挂链后效果：(1) 台时产量提高 0.41 吨，全年增产水泥熟料 3200 吨；(2) 节约标准煤 5.14kg/吨