

筑炉安全工作的特点及其安全技术

随着科学技术的进步，新技术、新材料得以广泛地应用，再加上施工机械化程度的逐渐提高，筑炉工程的施工安全工作越来越重要。

为了防止在施工过程中发生安全事故或职业伤害，为了保护施工人员的安全和健康，为了保护相关设备、有关资源以及国家财产不受到损失，必须十分重视窑炉工程施工过程中的安全工作^[1]。

1 筑炉施工工程的安全工作特点

1.1 施工现场狭窄且作业环境差

工业窑炉系统生产工艺的布局一般比较紧凑。然而，受到平面或者受到空间的限制，筑炉工程的施工现场比较狭窄。例如，有的窑炉要在有限的平面位置上组织几万吨耐火砖的运输和砌筑；有的筑炉工还需要在密闭的金属容器内施工，这样，施工现场就很拥挤，自然采光不足，通风条件也很差；在有的施工现场，施工人员在操作时，还直接受到高温、烟尘、有毒气体和化工材料的腐蚀和威胁。特别是，在原工厂进行技术改造或进行检修工作时，施工环境会更为苛刻。

1.2 高空交叉作业多且危险性大

工业窑炉砌筑工作一般为高空作业，并且经常在脚手架、操作平台或吊盘上工作。有的窑炉（例如，水泥厂的预热器/分解炉系统）高达几十米，又因为施工现场狭窄，经常迫使筑炉工程在高空进行立体、交叉、多层作业。有的筑炉工程本身就是在进行上下、多段施工。有的筑炉工程与其他建设工程呈立体交叉作业。所以，工业窑炉砌筑工作的危险性很大。

1.3 工期紧迫

筑炉工程往往是窑炉投产前的最后一道工序。生产厂家往往要求早日投产，然而，施工单位的上道工序又常常会由于各种原因而拖延，这样就会造成筑炉的工期压缩得很短，于是，迫使要求筑炉公司采取两班作业或者三班作业来赶进度。

1.4 特殊安全技术多

窑炉砌筑工程通常会涉及到防火、防尘、防毒、防腐蚀、防触电等一系列的特殊安全技术，例如：在耐火砖加工、泥浆搅拌等施工过程中，就需要采取措施

来防止粉尘的危害；有的窑炉砌筑工作会经常与有毒化学物品相接触，这种情况必须配备一定的防护设施；若在金属容器内施工时，必须采用低压照明，以避免触电等安全事故发生。上述这些原因都决定了在筑炉施工过程中，安全技术工作的复杂性、重要性与必要性。

2 施工准备中的安全技术

2.1 施工现场

(1) 施工现场要保持整齐、干净，各种通道都应当畅通无阻。在施工危险的区域，必须设置明显的警告标志或警戒信号。

(2) 施工区域内的井、坑和孔洞等危险区域都要盖严、堵死或围挡。而且，在走道上，一定不要有带钉的木板等障碍物，以防止扎脚。

(3) 跨越沟道或者跨越窑体的洞口时，必须搭设牢固的走条，其宽度不应当小于 0.8 m，并且要设置栏杆和挡板。

(4) 施工现场的人员进入时，必须戴上完好的安全帽。

(5) 在光线不充足的地方施工时，必需要设置足够光度的照明。

(6) 禁止从高处向下抛扔任何物品。若不得不从高处往下运送物料时，应当将其装在吊筐等容器内，再利用升降装置或者带盖的溜槽进行运送。如果是直接往下排除物料，应当在排料地点的四周加以围挡或者采取其他防护措施。

(7) 在有可能产生煤气、烟尘等有害气体的地区工作时，还必须采取有效的防护措施。

(8) 当施工过程中，但需要横跨铁道或者在铁道近旁工作时，若受火车来往的影响，则必须装设电铃与相关的信号灯。

(9) 在施工区域内，不准堆积易燃物。在一切有可能发生火灾的地方，应当准备良好的、足够的消防工具和消防器材。

(10) 在原材料和设备的堆置场地，应当平整严实，并且要有排水的措施，以避免因为地面变形或者地面沉落而引起原材料与设备的滑动，甚至倒塌。

(11) 原材料、设备等施工物品的堆放位置距离铁道的最少间距为 1.5 m，至于距离沟道边缘的间距，则要根据土壤的性质，进行计算后才能够决定，但是，最少也不要小于 0.5 m。

(12) 在施工过程时，如果发现有不正常的情况或者有可能发生安全事故，则要立即采取有效的措施来进行安全预防。

2.2 主要施工机械的布置与安装

(1) 对机电设备的一般规定

① 机械设备的传动装置应当有完整的保护罩。

② 每个施工机械都应当有专人负责操控。在开车之前，应当对施工机械的各个部位进行检查，并且要发出信号来告知有关人员离开(开动施工机械会发生)危险的地方。

③ 对于新安装的或检修后的施工机械，在使用之前，应当进行空运转以及带负荷试运转，在确认一切都没有问题后，才准许使用。

④ 在施工机械运转过程中，不得进行任何清扫工作或修理工作，一般也不进行注油操作。

⑤ 在检查和修理施工机械及其电气设备时，必须让启动装置停止工作，还要将保险丝拿掉，开关箱用锁来锁上。

⑥ 所有电气设备的外壳以及由电力直接驱动的施工机械，均要接地线或者接中线。所有的刀型开关，均应放置在开关箱中。

⑦ 窑炉内以及烟道内的照明用电压不得大于 36 V，在特别潮湿之处，所用电压不得大于 12 V。另外，禁止将固定照明灯作为手提灯来使用。

⑧ 任何机器的电源开关，都应当安装在机器附近且便于操作的地方，一旦发生故障，便可及时地将电源切断。

⑨ 所有的手持电动工具都应当配有带接地端子的专门插销与插销座，否则就禁止使用。在进行电动工具的操作时，必须带好绝缘手套。

⑩ 在拆除任何电气装置时，都应当在停电的情况下进行。由于未拆下来的线头仍有可能带电，所以也要对其用绝缘胶布来包住。

⑪ 对于电气设备和照明设备的安装、维修和拆除，都要由电气专业人员来操作。

(2) 卷扬机和卷扬塔

① 卷扬机应当固定牢靠，卷扬机的钢丝绳不能与其他物体发生摩擦。严禁让钢丝绳与带电体或者电线相接触。

② 卷扬机第一个变向滑轮的中心线与滚筒中心线应当呈垂直线，而且变向滑轮和滚筒之间的距离不允许小于 6 m。

③ 对于钢丝绳的安全系数，必须符合相关的国家标准(例如，国家标准《GB 8918-2006 重要用途钢丝绳^[2]》与《GB/T 5972-2006 起重机械用钢丝绳检验和报废实用规范^[3]》)中的规定。通过滚筒及滑轮处的卷扬机钢丝绳不准有接头。

④ 当使用手脚闸板的卷扬机时，不能超过手脚闸板的最大扳转限度，不能触地，不能与其他的障碍物相碰。

⑤ 在卷扬机停车时，其制动棘轮的制子应当全部卡入棘轮齿之内，也不准只挂一部分制子。

⑥ 在卷扬塔的四周，应当设置安全网，在其下方也应当搭设保护棚。底座和架子要用拉紧装置牢靠地固定。缆风绳一般为每 15 m 就有一道绳(每道 4 根)；或者说，每隔一定的距离，就使卷扬塔与周围的永久性构筑物连接固定。

⑦ 在提升底盘的下方，应当设置安全挡杆。当载重底盘提升到所需高度时，便将安全挡杆拉出，并且搁置在卷扬塔的横梁上以后，才能够卸车。

⑧ 在卷扬塔的上、下，必须安装有信号装置。当提升底盘时，不允许操作人员将头探入塔内。当底盘悬吊在空中时，其下方的卷扬塔内不允许有人通过。当停止工作时，禁止将底盘悬吊在空中。

⑨ 当采用龙门架运输时，还要着重防止卸料坠落、卷扬机跑车等事故发生。

(3) 皮带机

① 当使用凹形皮带机上料或使用轻型皮带机向窑炉内运砖时，其倾斜角都应当符合相关的规定。

② 当用皮带机运砖时，要保持砖与砖之间的距离不小于 1 m。

③ 在移动式皮带机的下部，应当安装有斜形的挡砖板。

④ 正在运转的皮带机发生皮带跑偏或发生掉料时，要等停车后才允许修理。

(4) 桥式起重机

① 桥式起重机的型号、跨度、荷载能力等都应当认真地选定，桥式起重机所属的吊车梁、轨道以及滑接装置都要经过正规的设计。

② 在运转之前，桥式起重机的行走部分、升降装置、电气设备、联系信号等都要认真地检查，并且经过带负荷的试运转且确认无误后，才允许使用。

③ 桥式起重机要由专人操作。操作人员必须是经过考试合格并且持操作证上岗操作。

④ 在起吊物件时，速度要均匀；在下落物件时，需要低速轻放。对于吊运的物件，如果需要从有人的地方经过时，要先鸣铃，以示意下方的人员躲开。

⑤ 在吊钩上，应当安装有限位开关。在没有限位开关时，吊钩与卷筒之间的距离不得小于 1 m。

⑥ 在操作过程中，如果遇到突然停电，各个控制器应当置于零位，而且要切断电源的开关。在吊物的下方，禁止任何人员接近。

(5) 电动葫芦

① 电动葫芦及其运行轨道必须经过周密的计算后，再来认真地选用。

② 在安装完毕后，要全面地检查电气装置的安装质量，例如，钢丝绳有无破损？所安装的限位开关是否灵敏？运行轨道安装是否牢固？在经过检查合格以后，才可以使用。

③ 每个电动葫芦都应当由专人操作。当需要用溜绳时，也应当由专人拉拽。

④ 在吊运时，应当保持平衡和垂直，禁止偏拉，禁止斜吊。在吊运过程中，在物件上和物件的垂直下方，严禁有人。

2.3 临时设施的搭设

(1) 脚手架

① 关于脚手架的搭设，应当在施工组织设计中进行必要的设计计算，还要编写相应的搭设方案和安装作业设计书。

② 各种脚手架的材质要求

(i) 钢管脚手架的杆件，应当优先选用外径为 48 mm、壁厚为 3.5 mm 的焊接钢管，其材质要符合国家标准《GB/T 700-2006 碳素结构钢^[4]》的技术要求。不允许使用有脆裂、变形、扭曲等缺陷的钢管。对于立杆和大横杆，每根的长度以 6~6.5 m 为宜；对于小横杆，以 2.5 m 为宜。

(ii) 钢管脚手架所用的扣件都应当符合国家标准《GB15831-2006 钢管脚手架扣件^[5]》中的有关规定。在使用之前，应当对逐个扣件进行外观检查和必要的抽样试验。凡是发现有裂纹、变形、砂眼等缺陷的扣件，都不得使用。

(iii) 对于木结构脚手架的木杆，应当以剥皮的杉木为标准。无杉木杆时，

也可以用其他坚韧、质轻的木料。对于像桦木、椴木、油松以及其他易腐、易折、易裂、有枯节的木杆，都不得使用。对于杨木等质脆、易折的木杆，也不宜使用。立杆和斜杆的小头有效直径应不小于 7 cm；横杆的小头有效直径应不小于 8 cm。绑扎杆件时，应使用 8 号镀锌铁丝来绑扎，不准用钢丝来绑扎。

(iv) 对于竹结构脚手架的竹竿，以生长三年以上的毛竹为准。对于青嫩、枯黄、黑斑、虫蛀以及裂纹连通两节以上的竹竿，都不允许使用。立杆、斜杆、顶撑、大横杆的小头有效直径要不小于 7.5 cm；小横杆的小头直径要不小于 9 cm。对于绑扎用的竹篾，要使用坚韧的青竹皮，并且用水浸泡以后，才允许使用。

(v) 脚手板

木质脚手板应当用 50 mm 厚的坚固木板。凡是腐朽、扭曲、破裂以及具有大横透节的木板，都不允许使用。

钢质脚手板用 2~3 mm 厚的 Q235A 钢板^[4]制成，其表面要有防滑层，它的厚度一般为 50 mm。

竹质脚手板是用宽度为 50 mm 厚的竹片编制而成，并且要用 M8~10 mm 的螺栓紧固，螺栓孔径不能大于 10 mm。

③ 脚手架的使用荷载

使用荷载是以作用在脚手板上的实际荷载为准来进行计算的。一般来说，每 1 m² 的实际荷载不得超过 2648 N。在堆料时，不应超载，并且禁止集中堆放。

④ 有关的技术规定

(i) 对于搭设脚手架的地面，必须平整、严实(回填土区应夯实)，并且要作好排水措施。

(ii) 对于钢管架，在每根立杆的下方，都应当垫上基脚垫板，并且还要在垫板上加垫 50 mm 厚的木板。对于各种脚手架，均应沿地面有一道扫地杆。

(iii) 在各种脚手架的外侧，都应当设置有剪刀撑(十字撑)，并且与地面成 45° 角的交叉布置，在落地时，要与扫地杆连接。

(iv) 对于高度超过 15 m 的独立式脚手架，还必须在四角设置缆风绳。对于金属脚手架，当其高度达到 15m 或者高出附近建筑物时，都应当安装避雷装置。

(v) 脚手板必须与小横杆固定，不允许浮放，不准有探头板。对于砌砖用的脚手板，距离墙壁的间距为 5~10 cm。

(vi) 对于脚手架，还应当设置上下走条，走条的坡度不得大于 1:3，并且要设置防滑条、防护栏杆以及挡脚板。

(2) 吊盘

① 吊盘的结构应当根据荷载来设计。在使用之前，还应当用两倍的静负荷来进行试验。

② 对于升降吊盘所用钢丝绳的安全系数，必须符合相关的国家标准(例如，国家标准《GB 8918-2006 重要用途钢丝绳^[2]》与《GB/T 5972-2006 起重机械用钢丝绳检验和报废实用规范^[3]》)中的规定。

③ 对于吊盘上存放的原材料，应当均匀地放置。吊盘上的荷载量不得超过设计中的规定。

④ 吊盘除了要有起升钢丝绳以外，还应当有四根承重钢丝绳。承重钢丝绳上端的拴接点必须经过认真地选用与验算。

⑤ 吊盘四周要有伸缩挡板。工作时，挡板可将吊盘与砌体之间的缝隙盖严。

⑥ 吊盘的升降必须由专人操作，并设置专门的信号。在提升时，速度应当均匀，不得发生偏斜，吊盘上下也不准有闲人停留。

⑦ 对于吊盘所用的承重索具和设备，应当在每天施工之前或者在交班时，便检查一次，并且要注意经常维护。

(3) 砖加工厂

① 在砖加工厂，应当保持通风良好、空气新鲜，并且要设置有完善的除尘设施，确保空气中的含尘浓度控制在 2 mg/m^3 以下。

② 所有的砖加工机械在工作前，都要检查和试运转，不准“带病”工作。

③ 对于所有的磨砖机和切砖机，都应当带有抽尘设施。所有的砂轮或刀盘，都要设置保护罩。

④ 在砂轮磨砖机开启之后，还要注意砂轮的转向，并且要等待砂轮的转速稳定以后，才可以使用。

⑤ 操作人员都应当穿戴好个人的防护用品。使用砂轮片切砖机的操作人员还应当佩带护胸。

(4) 泥浆搅拌站

① 在泥浆搅拌站内，必须设置机械通风的排尘设施。

- 注：① 本表依据国家标准《建筑设计防火规范 GB50016-2014^[6]》等有关的标准与法规，如果本表中的数据与最新的国家标准有差异，则以最新国家标准为准。
- ② 当因为地形的限制而达不到防火距离时，则可以设置必要的防火墙一直到屋顶。
- ③ 贮罐之间的防火距离与贮罐的直径 D 有如下关系：地上为 D ，半地下为 $0.75D$ ，地下为 $0.5D$ 。
- ④ 易燃品的贮存量要在 200 m^3 以内，原材料堆场要在 1000 m^3 以内。

3 施工中的安全技术

在窑炉砌筑过程中，有下述几个方面(或者几个工序)的安全工作比较突出，所以，要给予特别的注意。

3.1 高空作业

(1) 施工人员应当事先经过身体检查：患有高血压、心脏病、癫痫病和其他不适合高空作业病症的人员，不得从事高空作业。

(2) 在高空进行多层平行作业时，应当搭设坚固严实的保护棚、挂设安全网以及采取其他有效的防护措施。上、下的沟通联系必须畅通。

(3) 对于高空作业所用的悬吊设备和起重工具，需要经过两倍的静负荷试验以后，才允许使用。

(4) 在施工前，要详细地检查脚手工具是否符合安全施工的要求？脚手架上堆放的材料既不得超载，也不能超高。

(5) 钢管架(包括：卷扬塔、龙门架，等)距离 35 kV 以上高压线路的间距要大于 4.5 m ，距离 $1\sim 10\text{ kV}$ 高压线路的间距要大于 3 m 。

(6) 在 3 m 以上的高空进行作业，而且又没有完整的防护设施时，施工人员必须佩戴安全带。安全带需要吊挂在牢固的地方。

(7) 在高空作业运输原材料时，要遵守所使用运输机械的安全规定。所有的原材料都要放置牢固。严禁向下投扔任何物品。

(8) 在高空作业时，应当有足够的照明设施和完善的登高设施。当施工人员需要乘坐提升设备来升降时，提升设备必须要有可靠的且经过验证的安全装置(行程限位器、保险卡，等)。

(9) 在高空作业时，操作人员的衣袖和裤脚必须扎紧。所用的工具必须放在工具袋内或者其他容器内。对于小型的工具，可以用绳索系在操作人员身上或者

系在脚手架上。

(10) 在暴雨、风尘、雷电、严寒、浓雾或六级以上大风的情况下，任何人都不得进行露天高空作业。

(11) 当进行高空作业而且附近有正在生产的工业窑炉或者烟囱时，还应当采取防止烟气(煤气)中毒的措施。在施工过程中，也要随时注意风向的变化。

3.2 拱顶和球顶的砌筑

在砌筑拱脚层之前，必须严格地检查拱脚梁以及其他金属结构的安装质量。在经过检查都确认后，才允许砌筑。

在拱脚砖的后面，不得使用抗压强度低的隔热耐火砖来砌筑，而是使用重质耐火砖来砌筑。

在地下烟道的拱脚砌筑完毕后，还应当将两侧墙之外的土进行回填且夯实，才允许砌筑烟道的拱顶。

当采用金属卡钩来砌筑球形拱顶时，每砌 5~6 块砖，就要使用一个卡钩。随着砌筑体的上升，卡钩的数量也随之增加。当砌筑至相应的高度以后，每一环砌筑体必须合门后，才能够拆除卡钩。当砌筑最后一段砌筑体时，每块砖都需要一个卡钩，并且要一环一环地砌筑。在下一道环合门后，才可以砌筑上一道环。

3.3 不定形耐火材料的施工

(1) 在现场拌制耐火浇注料时，还要采取防尘措施，并且要定期地监测。

(2) 对于浇注料或可塑料的模板，必须按照施工规范或施工规程的要求进行施工。在料体达到规定的强度之后，才可以拆模。

(3) 在进行不定形耐火材料的施工时，尤其是在进行耐火喷涂料的施工时，操作人员应当配备足够的劳动保护用品。

(4) 由于石棉纤维是有毒的物质，任何的仪器或餐具都不得沾染石棉材料。而且，有关的操作人员在工作以后，也应当洗净更衣。

(5) 在进行捣打料的施工时，应当注意以下几点：

① 在现场熬制沥青和焦油时，要严格地遵守有关的安全规程。锅灶也应当设置在常年风向的下风向处。在脱水时，应当缓慢地加热，常搅拌，防止其溢出伤人或者发生火灾。在锅灶的周围，也应当配备足够的防火器具。

② 当采用热捣法施工时，因为逸出的挥发气体有毒，这会污染施工环境，

并且对人体有一定的危害，所以，务必要做好通风措施，从而达到降温与防护的效果。

参考文献

- [1] 胡国林, 陈功备. 窑炉砌筑与安装[M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2005: 54-60.
- [2] 全国钢标准化技术委员会. 重要用途钢丝绳: GB 8918-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [3] 全国起重机械标准化技术委员会. 起重机械用钢丝绳检验和报废实用规范: GB/T 5972-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [4] 全国钢标准化技术委员会. 碳素结构钢: GB/T 700-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [5] 中国建筑科学研究院. 钢管脚手架扣件: GB15831-2006 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑设计防火规范: GB 50016-2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.