

第二十二讲 建筑施工安全技术

秦 春 芳

一、建筑业的概况

建筑业从广义的概念来说，是搞房屋和土木工程建设的。建筑业的生产活动也就是建筑施工，习惯上指建筑 and 安装两个方面。建筑就是建筑物(厂房、住宅、学校)和各种构筑物(水塔、烟囱)的建造和改造；安装是指把机器和设备按工艺程序装备起来，再用各种维护装置使它正常的运转。我国要实现现代化，就是用现代科学技术武装国民经济的各个部门，这也需要建筑业来建筑和安装。只有通过建筑业的生产活动先进的技术，才能形成生产能力。建筑业是为各个部门服务的。它的生产活动与人民群众的生活息息相关。

建筑业在国民经济中是个重要的产业部门之一，这是国际上公认的。很多资本主义国家都把建筑业列为国民经济的三大支柱之一。解放后，我国的建设事业发展很快。1982年部系统有建筑安装企业职工350万人。其中中国企业186万人，县以上集体企业150多万。这支队伍转战各地，艰苦奋斗，兴建城市，改造村镇，为国民经济的发展做出了很大的贡献。

二、建筑施工的特点

1. 建筑业最大的特点就是产品固定。这是它不同于其它行业的根本点。建筑产品是固定的、体积大、生产周期长。一座厂房、一幢楼

房、一座烟囱或一件设备，一经施工完毕就固定不动的了。生产活动都是围绕着建筑物、构筑物来进行的。这就形成了在有限的场地上集中了大量的工人、建筑材料、设备零部件和施工机具进行作业，这样的情况有的持续几个月或一年，有的需要三年五年，或者七年八年，工程才能完成。

2. 流动性大是建筑施工的又一个特点。一座厂房，一栋楼房，完成后，施工队伍就要转移到新的地点，去建新的厂房或住宅。这些新的工程，可能在同一个厂区，也可能在另一个厂区，甚至是在另一个城市内，那么队伍就要相应的在厂区内、城市内或者省内流动。

3. 露天高空作业多，在空旷的地方盖房子，没有遮阳棚，也没有避风的墙，工人常年在室外操作。一幢建筑物从基础、主体结构到屋面工程，加上室外装修等，露天作业约占整个工程的70%。建筑物都是由低到高建起来的。拿民用住宅来说，每层高现在是2.8米，两层就是5.6米。如今，一般都是六层以上，到十几层或几十层。所以，绝大部分工人，都在十几米或几十米甚至百米以上的高空，从事露天作业。夏天热、冬天冷，风吹日晒，工作条件差。

4. 手工操作，繁重劳动，体力消耗大。建筑业是我国发展最早的行业，可是几千年来，大多数工种至今仍是手工操作。例如：一名瓦工，每天要砌筑一千块砖，以每块砖重2.5公斤计，就得凭体力用两只手把近3吨重的砖，一块块砌起来，弯腰二、三千次。还有很多工种如抹灰工、架子工、砼工、管工等也都是在从事繁重体力劳动的。近几年，墙体材料有了改革，出现了大模、滑模、大板等施工工艺，但这在建筑业还只是开始，多数墙体还仍然是用祖先传下来的粘土砖，一块一块砌筑。

5. 近几年，贯彻调整方针，建设任务正由以工业建筑为主向以民用建筑为主转变，建筑物由低层向高层发展，施工现场由较为广阔的场地向狭窄的场地变化。为适应这变化了的条件，垂直运输的办法也改变了。起重机械骤然增多，如天津市建工局原来只有20台塔吊，一下子就增加到188台。龙门架（或井字架）也得到了普遍的应用，施工现场吊装工作量增加了，交叉作业也随着大量的增加。木工机械如电平刨、电锯也普遍应用。很多设备是施工单位自己制造的，没有一定的型号，也没有固定的标准，五花八门。初起之时，只考虑提高工效，没有设置安全防护装置，现在搞定型的防护设施，也较困难。施工条件变了，伤亡事故类别也变了。过去是钉子扎脚，现在是机械伤害。

建筑施工复杂又变换不定，因此不安全因素多。加上流动分散，比较容易形成临时观念，马虎凑合，不采取可靠的安全防护措施，靠侥幸心理过日子，伤亡事故必然频繁的发生。建国以来“一五”期间伤亡事故情况较好，万人死亡率为1.67；到文化大革命期间，万人死亡率达到7.53；粉碎“四人帮”以后，安全生产情况有了一个彻底的转变。十一届三中全会以来，安全生产情况有了明显的好转，近几年万人死亡率基本稳定在2左右。

三、建筑施工的安全技术

从上面讲过的特点，可以看出建筑施工的不安全隐患多存在于高空作业、交叉作业、垂直运输以及使用电气工具上。伤亡事故也多发生在高空坠落、物体打击、机械和起重伤害、触电等方面。每年发生这四个方面的事故，占事故总数的70%，其中高空坠落占

35%左右；物体打击占15%左右；触电和机械起重伤害各占10%左右。如采取措施消除这四个方面的隐患，伤亡事故将会大幅度的下降，这就是当前建筑施工中突出的安全技术问题。1981年4月初，原国家建工总局在杭州召开了全国建工系统的劳动保护工作会议。会上针对伤亡事故情况，提出了施工现场的十项安全技术措施。内容是：①按规定使用安全“三宝”；②机械设备防护装置一定要齐全有效；③塔吊等起重设备必须有限位保险装置，不准“带病”运转，不准超负荷作业，不准在运转中维修保养；④架设电线线路必须符合当地电业局的规定，电气设备必须全部接零接地；⑤电动机械和手持电动工具要设置漏电掉闸装置；⑥脚手架材料及脚手架的搭设必须符合规程要求；⑦各种缆风绳及其设置必须符合规程要求；⑧在建工程的楼梯口、电梯口、预留洞口、通道口，必须有防护设施；⑨严禁赤脚或穿高跟鞋、拖鞋进入施工现场，高空作业不准穿硬底和带钉易滑鞋靴；⑩施工现场的悬崖、陡坎等危险地区应有警戒标志，夜间要设红灯示警。这十项安全技术措施，基本上概括了目前施工现场易发生事故的各方面，通过近三年的实践证明，这是行之有效的防护措施。十项条文内容简明扼要，易于执行。它基本分成三个方面。

（一）高空作业。

国家规定2米以上的空间作业为高空作业。在施工现场高空作业的不安全隐患包括两个方面。一是高空坠落；二是高空坠物对下面操作人员的打击。十项中的第1、6、8、9、10都属于这方面的内容。

1、按规定使用安全“三宝”。建筑工人称安全带、安全帽、

安全网为安全“三宝”。进入施工现场戴安全帽，可以防止高空落物的打击，保护操作者的头部不受伤害，物体打击造成的死亡事故就可以大量的减少。在悬空、悬崖、陡坡、无可靠的防护设备的结构吊装、外檐装修等处操作时要配带安全带，在人体失稳的情况下，不会坠落。在建筑物首层固定一道安全网，以后每高四层固定一道，另外还要有一道随楼层升高的安全网。人或物，从高空坠落时，都可以被安全网接住，不致于发生重大的伤亡事故。

各地区在执行安全“三宝”中，都收到了不同的效果。如黑龙江省建工局自81年至83年三年中在利用安全“三宝”方面，预防了133起事故。

2、脚手架工程。脚手架，又称架子，是建筑施工中必不可少的临时辅助设施。主要作用是供堆材、短距离水平运输和工人在上面进行操作。我们所用的脚手架必须适应生产的需要和起到防护作用。脚手架材料和搭设质量对施工人员的人身安全和工程进度有着直接的关系。因此，要求脚手架要坚固、稳定，能保证施工期间在各种荷载和气候条件下，不变形、不倾斜、不摇晃。

脚手架的使用荷载，以脚手板上实际作用的荷载为准，按传统搭法的多立杆式脚手架，均布荷载为每平方米270公斤。在脚手架上堆砖，只允许单行侧摆三层。其他的桥式架、吊架、插口架、挑架等的使用荷载，必须经过计算确定。一般情况下，使用荷载，用于砌筑工程的是 $270\text{公斤}/\text{米}^2$ ；用于装修工程的是 $200\text{公斤}/\text{米}^2$ 。脚手架的搭拆比较频繁，施工荷载变动较大，因此安全系数按容许应力计算，习惯上采用3。

脚手架的种类很多。按用途分，有砌墙脚手架、装修脚手架。按

搭设的部位分有外脚手架(搭在建筑物外围的架子), 里脚手架(搭在建筑物内部的架子)。按立杆排数分: 单排架子、双排架子、满堂架子。按使用材料分: 木脚手架、竹脚手架、钢脚手架。按构造形式分: 多立杆式、桥式、吊、挂、挑式, 以及适用于层间操作的工具式脚手架。

(1) 多立杆式脚手架。常见的分为单排的和双排的两种。从地面搭起, 并高于建筑物, 平顶屋面一般高出女儿墙1米, 坡顶屋面高出1.5米。它是由许多立杆, 大横杆、小横杆(六尺杆子)、斜撑、抛撑、十字撑等组成。

立杆, 又称站杆、立柱、冲天杆、竖杆等。与地面垂直。它的作用是, 将脚手架上的荷载垂直地传到地基上, 是脚手架中主要的受力构件。立杆间距一般为1.5米~2米。双排架子的里排立杆要离墙面40~50厘米, 里外两立杆横向距离为1~1.5米; 单排架子, 立杆离墙面1.2~1.5米, 上下两根立杆的接头搭接长度应 ≥ 1.5 米, 绑扎不少于三道, 相邻两根的搭接应错开。立杆搭设到建筑物顶部时, 里排要低于檐口40~50厘米, 外排立杆要高出檐口1~1.5米。高出部分顶端绑两道护身栏或立挂安全网。用木、竹立杆搭设时, 小头朝上大头朝下, 最后一层封顶立杆则相反, 小头朝下大头朝上, 保持立杆顶端有足够的断面: 底层立杆应埋入土中40~80厘米, 并应夯实。如地面是砖或石层无法挖坑时, 应沿立杆底部加绑扫地杆。地面要平整坚实。钢管立杆, 应放在特定的底座或槽钢、垫木上。木立杆小头直径不得小于7厘米, 竹立杆小头直径不得小于7.5厘米, 间距不大1.3米。竹立杆要加设顶撑, 顶住小横杆, 用以分担一部分小横杆传下来的荷载。不使大横杆因受荷载过

大而下滑。

大横杆，是与墙面平行的水平杆，也叫顺水、顺杆、牵杆、纵向水平杆。其作用是与立杆连成整体，将脚手板上的荷载传到立杆上。木脚手架两个大横杆上下间距1~1.3米。竹大横杆上下间距不超过75厘米。钢大横杆间距1.2~1.5米。

小横杆，是与墙面垂直的杆子称为小横杆，又叫排木，六尺杠子或八尺杠子。小横杆直接承受脚手板上的荷载，并将其传递到大横杆上。小横杆间距在0.75~1米之间。

斜撑，主要搭设在拐角处，紧贴外排立杆，与地面成45°倾斜角，埋入土中不小于30厘米，其作用是防止架子沿纵长方向倾斜。

抛撑（压缆子），是在脚手架周围，支撑架子的斜杆。主要是增加脚手架的横向稳定，防止架子向外倾倒。脚手架绑到3—4步以上就设置抛撑，每隔6—7根立杆设一处。

十字撑，是绑在脚手架外侧，交叉成十字的斜杆，称为十字撑或十字盖。主要是增加脚手架的整体性，使其更加稳固。在每隔15米左右及山墙部位，从上到下连续设置，也可在每6—7根立柱间连续设置。杆与地面成60°夹角，杆子的交叉点应绑扎在立杆或大横杆上。

跳板（脚手板），是铺设在小横杆上，直接承受人、材料等的荷载，并起水平运输通道的作用。通过小横杆、大横杆、立杆将荷载传至地面上。现在常用的有钢、木、竹三种。

木脚手板一般为5厘米厚，20~25厘米宽的杉木板或松木板。凡是腐蚀、扭纹、破裂及大横透节的木板都不能使用。

脚手板有搭接和平接两种，接头部分必须搭在小横杆上（端头应超过小横杆20厘米），和顺着运输方向。禁止有探头板。脚手板要

铺满、铺稳。

架子高度在7米以上或无法设支杆时，应该每高4米（4步），水平每隔7米（5跨）处，加设与建筑物的联结点。以保证整个脚手架的稳定。

在雷雨季节或落雷区搭设落地式脚手架，还要采取防雷电的措施。钢脚手架的防雷电措施，是将接地装置中的接地线用两道螺栓卡箍与脚手架立杆连接起来。连接的接触面不小于10平方厘米，并将表面油漆清除干净，涂以中性凡士林；或者将接地线与立杆焊接起来。每隔50米设一处，接地电阻4欧姆，如达不到可埋加接地装置。

竹、木脚手架的防雷电措施，是用一根6毫米至10毫米的钢筋作引下线，绑在立杆上，并比立杆高出两米以上，下端与接地装置的接地线焊接起来，其他要求与钢脚手架相同。

高3米以上的外架子，要设18厘米高的踢脚板和1米高的护身栏，或立挂安全网，护身栏太低或绑扎不牢也起不到防护作用。如一个工地用井字架运料，由于平台上护身栏只有70厘米，当井字架天轮梁被折断，砸在运料平台上，一工人向外躲闪，没拦住便从护身栏上部十几米的高空坠落，当即死亡。近年来许多单位为确保安全生产，将护身栏改为两道，对护身栏的材料也作了严格的规定。

落地式外架子，对于外墙砌筑很方便，容易保证墙体的平整和质量。但需要大量架设材料，而且搭设和拆除费工，架子越高越不稳定。

近几年也出现一些特种架子。

（2）挂架子是挂在墙上或柱上，随着工程进展逐步向上或向

下移挂。吊架子是从屋面上或楼板上悬吊下来，利用起重机具逐步提升或下降。挑架子是从外墙上向外挑出，这三种架子主要用于外装修工程。如果经过荷载计算的也可用做砌筑工程上。

(3) 桥式架子，主要用于六层以下的民用建筑，跨度不得大于16米，在结构砌筑阶段，主要用做外防护；在装修阶段，既是承重架子又是防护设施。采用桥式架子可减轻架子工劳动强度，现场文明整洁降低工程成本。但往往在架子升降时由于没有严格按操作规程办事，也发生过一些事故，搭设桥式架子必须在立柱的主立杆上挂保险绳，升降时，保险绳也不准拆除和移动。

(4) 插口架子，适用于高层建筑，是用钢管组装的工具式架子。

(5) 吊篮：主要用于高层建筑外装修施工，由钢管或杉槁组合而成。吊挂在由屋面或楼板上挑出的悬臂杆上，悬臂杆用压杆和垫杆固定于楼板的吊鼻处。

(6) 里架子设在楼层内，有马凳斜支撑式、双排钢支架式、单排钢支架式等三种里脚手架。可以随楼层砌高而搬移，工人在室内操作，比较安全，架子本身构造简单，用料少，拆装方便，周转快。

目前架子的种类很多，选择哪一种，要根据工程特点，施工方法、防护要求和搭设材料等因素决定。无论选择哪一种脚手架都应有足够的坚固性与稳定性。

3. “四口”的防护：

建筑物的预留孔、洞口、出入口、楼梯口和电梯井口等各种孔洞，是施工中的危险部位，必须严加防范。

在制定施工方案时，对“四口”应当制定相应防范措施，随着工程的进展，出现的各种洞口，要随时盖严挡牢。盖板不能放活动板。首层出入口，临近街道、民房、现场内的通道和各种垂直运输设备的首层进料口都要支搭防护棚，未装扶手的楼梯和楼梯口要设临时护身栏。在施工中，“四口”不进行防护，就像一个个时刻张着的“老虎口”，随时有伤人的可能。

多年的实践证明，“四口”防护采取临时活盖板是不安全的，因为常有人把盖洞口的板子挪做他用。因此，应当制做专用的工具式盖板，固定在洞口上，防护棚也应当做成标准化、定型化，工具化的产品，其宽度应大于出入口和通道口，长度不小于3米。

（二）垂直运输

（1）塔式起重机

塔式起重机是一种塔身竖直，起重臂安装在塔身上部的起重机械。因为它有较高的有效高度和工作空间，因此，在建筑安装工程中得到了广泛的应用。目前，全国约有4400台塔吊。由于管理不善，使用不合理，加上缺少安全保护装置，使用中经常发生塔机越轨、吊钩冲顶、塔臂超高翻向、起载倾复、钢丝绳滑出吊钩、滑出卷扬机卷筒等事故，损失严重。仅就81年至83年7月的不完全统计倒塔135台，其中因超载造成的倒塔66台，占倒塔总数的47%。仅据辽宁、上海、天津、甘肃等四省、市的统计，三年来塔吊事故损失24万多元。

塔式起重机是靠力矩的平衡来保持自身稳定的，一旦由吊物引起的力矩值，超过额定量，就会失去稳定，造成倾翻倒塔，运行中冲出轨道也会引起塔机的倾翻。如能在塔机的起重、变幅、行走、

吊钩等部位安设限位保险装置，保持臂杆在任何位置上，由吊物引起了力矩都是一个定量，上述各项事故都可以避免。因此，我们对施工现场使用的塔式起重机，规定必须具备四限位两保险。即行走、超载、变幅、高度等四个限位装置和吊钩、钢丝绳、卷筒等保险装置。

1.行走限位装置。塔机的驾驶室一般都设在10米以上的高空，当塔机运行到路端时，由于距离远又居高临下，驾驶员不能准确的判断停机位置，往往出现该停没停或停晚的情况，使塔机因惯性作用冲出轨道，而发生倒塔事故。行走限位是防止塔机行至路轨端头，滑出轨道的保护装置。一般是将Lx4—12型的限位开关，装在主动齿轮箱的侧前方，并在路轨两端距端头2米左右处，各设一个限位撞块碰头。当塔机行至路轨时，行程限位开关的触头与撞块碰头碰撞后，开关内的ZxK触点打开，使正向行走的接触器断电，塔机停止前进。而另一个FxK触点自动闭合，又可以反向行走。起到限位作用。

2.超载限位装置：塔机在工作中经常会碰到由于物件形状大小或建筑材料干湿程度等不同而难以准确的估计其重量的吊物，造成超载运行。而超载运行又是倒塔的重要原因之一。这就需要有一个能防止起吊重物超过额定起重量，而倾翻的限位装置。目前，比较先进的一种做法是：将拉力传感器，安装在塔臂起重钢丝绳固定支点的一端，两端用钢丝绳连接，使传感器处于轴心受拉状态，当吊钩起吊重物时，传感器内就有电压输出，经电子线路调整，通过装在驾驶室中的仪表，显示出吊物重量，当超过额定重量时，限位系统发出报警信号，断电起吊停止。

3. 变幅限位装置。变幅就是改变塔机旋转中心线与吊钩中心线之间的距离（即工作半径）。在由吊物重量所引起的倾复力矩不超过额定值的前提下，改变幅度可以提高起重量，或扩大作业面。但因压杆式塔机的变幅，是以改变起重臂的仰角来实现的，因仰角的限制，有效的幅度仅为最大幅度的70%左右，臂杆超过额定的角度也会引起塔机的倾复，用变幅限位装置，控制臂杆仰角的变化。作法是在臂杆支座同轴位置上，安装幅度检测器，用它来检测臂杆仰角的变化。用连杆将臂杆与检测器中电位器转轴相连。由于仰角的变化，产生相应的回转半径的电压信号，经线路调整，在仪表上显示了实际的工作半径，超过额定幅度时断电停机。

4. 吊钩高度限位装置。吊钩吊物提升到最高点时，钩头距臂杆尖端不得小于1米，以免吊钩冲顶造成臂杆仰翻或折断事故。高度限位就是控制吊钩的高度，防止吊钩超高冲顶的保护装置。它安装在塔臂的端部，由吊钩超高限位器、垂锤和导向轮组成，当吊钩起升到极限位置时，吊钩托起垂锤，限位器中行程开关触点打开，切断提升接触器的电源，停止上升。

两保险是：①吊钩保险，是防止吊钩吊物运行时，钢丝绳索滑出吊钩的保护装置。在吊钩上安装一个弹簧档板，档板依靠弹簧的弹力，能紧紧地扣在吊钩上，将吊钩的开口部分封闭起来，钢丝绳不会自动脱出，只有在人工将档板推开时，才能取出钢丝绳，起到保险作用。②钢丝绳卷筒保险。为防止钢丝绳滑出卷筒，而发生钢丝绳轧断的保险装置。一般是用元钢焊成一个罩，元钢间距以不影响钢丝绳旋转排列为准。将其罩在卷筒上面，就可以防止钢丝绳滑出筒外。

根据倾复力矩在任何位置上时，都是一个定值的原理，近几年很多单位，将超载和变幅两部分结合起来，制成了起重力矩限位装置。使用就更方便了。

(2) 龙门架式升降机

龙门架各地叫法不一，有称井字架，竖井架、龙门架，门式架等，都是指做垂直运输使用的升降机，在建筑施工中使用的比较广泛，当塔式起重机还没有大量使用时，龙门架是提高生产率，减轻劳动强度的重要手段之一。就其外形来讲，大体可分为：井字架和龙门架两种。

井字架：主要是指用杉杆或铁管在工地绑外架子的同时而搭设的方框形高架子；也有的是用角钢等制作的装备式钢管井字架，中间有一个上料的吊盘，穿钢丝绳后由卷扬机带动升降。

龙门架。由两根立柱一根天梁组成。立柱由钢管或角铁焊成的格构式短柱，组装而成的。上料吊盘的轨道可采用工字钢。

对施工中使用的龙门架（井字架）在安全方面的要求是：

1. 高10~15米时设一组缆风绳，以后每高10米增加一组缆风绳。缆风绳用直径9.5毫米（3/8吋）的钢丝绳。锚固要牢靠。不准拴在树上、门上或窗框上，等等。

2. 龙门架地面出入口的上部，搭设一定宽度的防护棚，为了防止上面落下的物体砸伤地面运输材料的人员。

3. 吊盘上设置安全门。防止垂直运输中，因吊盘的晃动，小推车移动坠落伤人，及在高空运料人员的人身安全。

4. 每层楼进料口的过桥两侧，要设置防护栏杆，以保证运料人员的人身安全。

5. 在过桥与龙门架相接处，要设置出入口的防护门。当龙门架的吊盘落地后，楼层与龙门架的各层出入口，就形成了一个危险的悬崖，不防护，运料人员就有坠落的危险。

6. 吊盘要有制动装置。吊盘停在每个楼层时，要有固定吊盘的可靠装置，防止当运料人员上吊盘卸料时，因卷扬机刹车失灵或钢丝绳折断，而发生的吊盘坠落事故。

7. 过卷扬限制器，是为保证吊盘在起升过程中，不致因机械故障或司机误操作等原因而造成碰撞天梁的冒顶事故。

(三) 施工现场的安全用电

施工现场用电都属于临时用电，往往由于管理不善，造成触电事故。为避免重复，只讲几点主要的要求：

1. 对施工现场区域内的高压线要进行防护或停电处理。

2. 施工用的电气设备开关，要装在电闸箱内，并作到一机一闸，不准一闸多用。

3. 电气设备和手持电动工具设置漏电掉闸装置。

4. 因施工现场的临时用电，绝大部分是三相四线制的系统，所以电气设备必须做到接零并接地。

一九八四年四月

