

秦桂娟 魏天义 编著
魏忠泽 张 健

建筑工程**模板** 设计实例与安装

中国建筑工程出版社

建筑工程模板设计 实例与安装

秦桂娟 魏天义 编著
魏忠泽 张 健

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程模板设计实例与安装/秦桂娟等编著. —北京: 中国
建筑工业出版社, 2010
ISBN 978-7-112-12123-6

I. ①建… II. ①秦… III. ①建筑工程-模板-设计②建筑工
程-模板-安装 IV. ①TU755.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第094522号

本书以《建筑施工模板安全技术规范》JGJ 162—2008为基础, 主要阐述了目前建筑工程施工所用各种模板(普通模板、飞模、隧道模、爬升模、快拆模板及滚动滑升模板)的设计和施工安装方法, 通过运用先进、科学的方法进行模板工程设计和施工, 充分发挥所用材料的性能, 节约资源, 保证模板工程的施工安全。并且辅以详尽的工程实例。

本书可作为建筑施工单位进行模板工程设计与施工时的工具书, 也可供建筑管理人员、工程监理人员、科研教学人员等参考。

* * *

责任编辑: 孙玉珍
责任设计: 赵明霞
责任校对: 陈晶晶

建筑工程模板设计实例与安装

秦桂娟 魏天义 编著
魏忠泽 张 健

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
北京密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 17 字数: 424千字
2010年7月第一版 2010年7月第一次印刷

定价: 39.00元

ISBN 978-7-112-12123-6
(19396)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换
(邮政编码 100037)

前 言

《建筑施工模板安全技术规范》JGJ 162-2008 是在建设部标准定额司及标准定额所的领导和组织下编制的一本指导全国建筑行业模板施工的安全技术规范，也是新中国成立以来，首次颁布实施的有关建筑工程模板施工的安全技术规范，该规范系统地总结、深化和完善了多年来模板工程的施工技术，同时也对模板工程施工操作方法进行了明确细化的规定。为了使广大现场施工人员能够更好地理解和正确执行该规范，特编著了本书，作为示范、引导掌握模板工程正确的设计、施工安装方法，其内容基本涵盖了目前建筑工程施工所用各种模板的全部内容。通过工程实例，教会大家更好地运用先进、科学的方法进行模板工程施工，充分发挥所用材料的性能，节约资源，保证模板工程的施工安全。

本书的内容是按国家现行规范的规定编写的，包括模板设计和施工安装的具体方法，均满足国家现行规范的规定。由于我国幅员辽阔，各地的气候环境、施工技术方法和经济发展水平均存在着较大差异，在实际工程中，还应根据当地的条件和工程具体情况来选择模板工程施工方案。本书可作为建筑施工单位进行模板工程设计与施工时的工具书，也可供建筑管理人员、工程监理人员、科研教学人员等参考。

本书各章分工为：第 1 章（魏天义、魏忠泽），第 2 章、第 3 章（秦桂娟），第 4 章（秦桂娟、魏天义），第 5 章（魏忠泽、魏天义），第 6 章（张健），第 7 章（刘书剑）。

目 录

1 概述	1
1.1 模板工程的涵义和基本要求	1
1.2 模板工程技术发展概况及发展方向	1
1.3 模板施工进一步发展的几个设想	7
1.4 层高高、跨度大的模板倒塌事故的原因分析	8
2 模板材料	10
2.1 钢材	10
2.2 冷弯薄壁型钢材	11
2.3 木材	12
2.4 铝合金材	15
2.5 竹、木胶合模板板材	16
3 荷载及变形值的规定	19
3.1 荷载标准值	19
3.2 荷载设计值	21
3.3 荷载组合	21
3.4 变形值的规定	24
4 模板设计	26
4.1 设计一般规定	26
4.2 现浇混凝土模板计算	28
4.3 大模板计算	43
4.4 爬模的计算	49
5 模板设计计算实例	51
5.1 现浇混凝土基础模板设计计算	51
5.2 柱模板计算实例	74
5.3 独立梁模板计算实例	83
5.4 框架模板设计实例	94
5.5 楼屋盖高支模设计实例	125
5.6 大模板设计计算实例	141
5.7 爬升模板计算实例	168

6 现浇混凝土模板安装	179
6.1 模板安装要求	179
6.2 支架与立柱安装	182
6.3 普通模板安装	185
6.4 飞模（台模）模板安装	202
6.5 隧道模安装	209
6.6 大模板安装	218
6.7 爬升模板安装	227
6.8 快拆模板体系安装	237
6.9 滚动滑升模板安装	241
7 信息技术在模板设计计算中的应用	246
7.1 传统手工设计计算与软件设计计算的比较	246
7.2 模板设计计算软件的系统模块	247
7.3 计算模块功能介绍	247
7.4 绘图模块功能介绍	250
7.5 施工组织设计模块功能介绍	251
附录 A 各类模板用材设计指标	254
A.1 钢材设计指标	254
A.2 冷弯薄壁型钢设计指标	256
A.3 木材设计指标	257
A.4 铝合金型材	259
A.5 竹木胶合板材	260
附录 B b类截面轴心受压钢构件稳定系数	262
主要参考文献	263

1 概 述

1.1 模板工程的涵义和基本要求

1.1.1 模板工程的涵义

建筑施工中用模板来保证现浇混凝土结构的各部分形状、尺寸标高和其相互间位置正确性的工程称为模板工程。

模板工程是由模板面（或称面板）和支架系统（主次楞、支架柱及其基础）两大部分组成。模板面是与混凝土直接接触使混凝土具有构件所要求形状的部分，支架系统则是支持模板面保持其位置的正确和承受模板面、混凝土、钢筋、操作人员、设备、倾倒混凝土、振捣等所产生的垂直和水平荷载的结构。

所以模板工程的设计是极其重要的，必须以它作为模板施工的唯一依据。模板工程的设计也包括两个部分：一为对模板面、支架系统进行承载力和变形计算，其结果必须符合或满足相关国家规范的规定和要求。另一为支架底和顶的固定，纵横向水平拉条及其剪刀撑的布置，标高调整，梁板起拱等构造必须满足相关规范的要求和规定。

1.1.2 对模板工程的基本要求

1. 要保证现浇钢筋混凝土各部位结构构件尺寸、形状和位置的正确性。
2. 具有足够的强度、稳定性和刚度。并将模板布置、构造图和计算书纳入施工组织设计中。
3. 接缝严密，不漏浆。
4. 安装拆除方便，提高周转率，降低工程成本。
5. 所用材料受潮后不易变形。
6. 优先使用钢材及胶合板材，尽量少用或不用木材。

1.2 模板工程技术发展概况及发展方向

模板工程的发展，跟我国经济的发展是密不可分的，尤其在十一届三中全会后，改革开放的大发展，我国国民经济年年高速增长，基本建设任务也随着不断高速增长，高层建筑不仅在大城市得到迅速发展，而近几年来，在中小城市也得到了比较迅速的发展。因此，我国模板工程的技术水平也得到了飞速发展。

1.2.1 模板工程技术发展概况

新中国成立初期的几年，由于钢材短缺，模板工程技术基本上全部采用木模装拆工

艺,钢筋混凝土板和梁的模板面均采用1.5~2.5cm厚的木板,柱模和梁的底模的模板面均采用3~5cm厚的木板,主次楞一般均用4~5cm宽、高7~10cm的木楞条,木支柱一般采用直径为8cm左右的圆木或10cm×10cm方木;造成装拆工艺复杂、费工费料、用工多、工期长、效率低,木材用量大、损耗多,给生态环境造成了较大的破坏。

20世纪50年代中期至70年代中期,这段时间开始推广使用预制构件,但由于起重机械设备,特别是重型起重机械设备的不足,大部分均采用小型预制构件来替代现浇钢筋混凝土构件,如当时的预制过梁、挑檐板和空心板等,但一般的框架结构仍采用木模,进行现浇的装拆工艺。尽管这一时期大量采用了木模,但木模也在此时期开始逐步向定型化发展,即用过去使用剩下来的短木板或短方木加工成各式规格的定型模板,有的还在模板面上钉上铁皮,使混凝土表面平整光滑,以减少抹面,并向全国推广使用。并利用这些定型规格的模板,来支、安现浇的楼板、梁、柱和墙的模板。这样不但大量利用了废旧短料,提高了周转率而且还大量节约了木材。因而降低了耗工量,缩短了工期,还大量节约了工程成本。虽然如此,在此时期内,大多建筑仍以多层砖混结构为主,对模板技术的工艺改进,仍然没有引起足够的重视,故模板技术的发展是极其缓慢的。

70年代中期以后,在整个国民经济发展的良好形势下,模板工程技术也随着得到了发展,如在北京前三门十里长街40万m²的高层住宅上,在全国首先推出了大模板施工的新工艺,彻底摒除了传统木模旧的施工工艺,同时又在这时积极引进日本的定型组合钢模板(俗称小钢模)新技术,使我国在短短的四年内,使大模板和小钢模在我国长江南北都得到了快速的大发展,使木模在各大城市用量进一步减少。

进入80年代后,我国的钢产量有了大幅度的增长,全国各地生产小钢模的厂家迅速发展,以钢代木模更进一步深入人心。随着小钢模的大发展,紧跟着又用有可调支托的钢管扣件式脚手架、碗扣式钢管脚手架和门型钢管脚手架等来做模板支架立柱,使模板支架立柱前进了一大步,不仅实现了以钢代木,而且支、拆方便,具有多功能的优点,既可做脚手架,又可做模板的支架系统,且迄今仍在不断地发展和改进中。如相继又出现了插锁架和简易门架,现都正在积极改进中。

在90年代前后,由于我国工业的迅速发展,使用多层的竹、木胶合板(厚度10~18mm)来做模板的面板日益增多,其优点是自重轻、投资少,减少模板拼缝、效率高,混凝土表面平整,可不抹灰。由于它具有资源丰富、质地坚硬、价格合理、节约木材等许多优点,故在全国各地得到了广泛的推广使用。但由于竹木胶合板边、角易损坏,有周转次数少的缺陷,从90年代初又开始研制钢框架竹、木胶合板为面板的钢木(竹)中型组合模板,近些年虽有发展,但很缓慢,主要原因是刚度问题。如与小钢模配套使用的肋高为55mm的模板,因刚度差,损坏严重,如肋高加高又不便与小钢模配合使用,目前我国已逐渐将钢框多层竹、木胶合板宽度加大到800~1220mm,长度加大到2440~3000mm,把边框肋高一般加至120mm左右,达到做墙板模板和普通楼板模板的使用要求,并大大地减少了支架系统的用料,这是当前比较受欢迎的一种模板面板,它最大的优点是将小楞或大小楞与面板合成一体。

经过十多年来对大模板的使用,现已作了多方的改进,譬如:将定型不变的大模板改为可调尺寸的组合模板,骨架采用可调的装配式钢骨架,骨架与面板采用螺栓装配结合,面板亦可采用竹、木多层胶合板代替钢板面板等,这样就达到有大模板工程时可组装成组

合大模板使用，无大模板工程时，可拆下来当普通的一般模板使用。同时它吸取了钢、木、竹的特点，最近几年发展较快。

另还有用压型钢板做永久性模板，它适用于钢结构工程，在钢筋混凝土结构上较少采用。压型钢板一般用 1mm 厚的镀锌钢板经冷压后使横截面为梯形，下面根据计算加设支架柱，上面的主筋放置在梯形波的低谷，用压型钢板做永久模板的建筑可根据需要设置吊顶或不设吊顶。

玻璃钢模也是近十几年发展起来的，一般的圆柱模板用它较多，它和塑料模壳大多也用来做密肋楼盖的模壳和大跨度无梁楼盖的模壳，当前使用得最多还是硬塑料模壳，采用模壳浇筑成型的密肋楼盖，能降低层高，减轻结构自重，节约钢材和水泥，是很好的发展方向。要做到这点就要对密肋楼盖和大跨度无梁楼盖建立标准的结构体系，模壳尺寸要在全中国统一不能多变，达到重复使用提高周转率，使综合经济效益显著才能推广使用。

近年来除以上各种类型模板外，还有预制钢筋混凝土预应力薄板做永久性模板，其优点是可在预制工厂成批生产，底面平整不用抹灰，薄板本身又是现浇楼板的结构层的一部分，又省去了模板的支、拆工序。薄板的厚度根据其长、宽来确定，一般大致采用 50~80mm，每一开间或按梁和柱的间距用 1~2 块薄板，最多可用 5 块拼成几十平方米的整间楼板模板，北京住总集团曾在亚运村近百万平方米工程中运用，效果特别显著。

80 年代初从美国引进的飞模（又名桌模）优点较多，主要采用由各种不同规格的铝合金短桁架拼制成各种长度的整樘大桁架，两樘桁架之间的上弦上用铝合金工字梁连接，工字梁上再铺安面板，每樘下设若干个支腿，拆模时收支腿，将桁架落在带有滚轮的轴架上，用人工推出楼层，吊运至上层同轴线开间周转使用。其主要优点是一次组成飞模后，可多次或几十次周转使用，不需二次组拆，大大简化支拆工序而提高效率，缩短施工期，缺点是一次投资大，仅适用标准层多的无梁楼盖的板、柱结构体系。

另外，80 年代以来，随着我国的改革开放，我国的高层建筑如雨后春笋般蓬勃的在全国各地发展起来，对现浇高层钢筋混凝土结构用一种新型的施工工艺“爬升模板”施工，取得了丰硕的成果。爬升模板在高层建筑施工中，模板在每个楼层间全靠其自行爬升，不需要起重机，大风对爬升模板也影响较小，爬升动作平稳，安全可靠，模板提升就位和垂直度校正快速而精度高，可整体爬升，具有滑模的特点，又具有大模板的长处，因而是高层建筑施工的一种较好的方法，现已普遍使用。它适用于高层建筑的外墙、电梯井壁和高耸的构筑物，如桥墩、坝、井筒等，目前已开始研究使用于内墙。

爬升模板由模板、爬架和爬升设备三个部分组成，模板与大模板相似，在爬升设备作用下能自行爬升或下降，其高度作为一个楼层高，宽度可为一个开间、一片墙作为一个施工段的宽度。爬架由支撑架和附墙架两个部分组成，附墙架用连接螺栓固定于下一层具有一定强度的钢筋混凝土墙上，螺栓不得少于 4 个，并将其紧贴墙面，作为上部支撑架的支撑体，螺栓的间距和位置应尽可能地与模板的对拉螺栓孔相符，以便使用该孔作为附墙架的固定连接孔。附墙架底部应满铺脚手板或钢板网，以防止工具、螺栓等物件坠落，支撑架是由 4 根角钢或槽钢组成的格构式柱，由两个标准节拼接构成，支撑架的尺寸不应小于 650mm×650mm。爬升设备是支撑模板和使模板升降的动力装置，爬升爬架的设备是支撑爬架升降的动力装置。所有动力设备应根据需要和装备条件来选用。

爬升模板的爬升原理为，若爬升设备采用手拉葫芦和穿心式千斤顶时，模板是悬挂在

支撑梁下的,拆模后启动爬升设备带动模板向上爬升到规定的标高时,用爬架作水平横向支撑的校正螺杆校正和固定模板上下端,保证模板的正确位置和垂直度,然后绑扎墙体钢筋,用对拉螺栓将内、外墙固接成整体,并浇筑墙体混凝土,此时爬架固定在浇筑层的下一层已拆模的,并达到一定强度的墙上,支撑上一层模板拆除后,并将此模板爬升到再上一层的施工层校正和固定上下端,重复绑扎钢筋、固定内外模,再浇筑此施工层的混凝土墙体和楼板。这以后再以模板为支撑架,用爬升设备悬挂爬架,拆除附墙架的固定螺栓,启动爬升设备,将其移升至上一层墙体固定,以后就如此反复进行直至将高层全部施工完毕为止。

1.2.2 模板的发展方向

模板是用于现浇混凝土结构构件成型的模型,它与房屋结构的形式、结构构件本身的设计有着辩证的关系,它们既相互制约,又相互促进。我国建国初期,模板是按照构件的形状、尺寸临时配制的,费工费料周转率低,之后发展逐步改成拼板,由拼板又发展成定型模板,使之尽可能适应构件尺寸的变化,提高周转使用次数,达到加快施工,降低工程造价,节约材料,在工程结构的设计上,此时也同样注意了结构设计的模数化和标准化,紧接着又促进了模板向工具化支模的方向发展,大量节约支架系统的材料,对于配筋较多的梁,还可以将钢筋焊成骨架称为承重钢筋骨架,或用型钢代替钢筋称为劲性钢筋,把模板挂在骨架上,完全省去了下面的支架系统。近些年来又开始采用一个房间一套的大型钢模板,待混凝土达到一定强度后,由下一楼层拆移到上一层楼去使用,如此反复进行,达到墙体光滑平整不用抹灰。同时对这些竖向结构还可以采用滑升模板施工,并用新型的滑升方式来取代液压滑升方式,使其提升的动力设备更加简化。另一方面由于混凝土的振捣、输送布料机方式的发展,对模板系统的强度与刚度又提出了更高的要求,促使我们必须对模板要进一步的革新,首先模板的结构构件设计应尽量做到标准化,这样才能使模板定型化,其尺寸、类型才能减少,并能多次重复使用,下面研究模板中存在的一些问题及展望,叙述如下:

1.2.2.1 模板的定型化、标准化和通用化

对定型模板的要求是结构合理,不用木材、构造简单、经济实用、操作方便。为了达到这些要求就必须从结构形式、连接方法和规格尺寸等方面进行统筹考虑,就是说模板的定型化必须与标准化和通用化紧密地联系在一起。因此,它应该符合以下几个原则:

1. 规格种类宜少,通用性的范围要大,装配要灵活,能满足大多数结构构件的尺寸要求。
2. 应将定型模板的大小、截面尺寸和楞条及支撑的截面尺寸、间距统筹考虑,达到总的材料消耗最少,刚度最大。
3. 拼装节点数量最少,而可靠性最大,整体重量轻,便于工人搬动。
4. 定型模板的面板可采用防水胶合板。

1.2.2.2 推广使用下述各类模板

1. 进一步推广使用好定型钢模板

(1) 在墙、柱结构中应普遍推广整体安装工艺,一次组装多次使用。实现全部整体组装、整体拆除、整体转移,尽量废除散装、散拆的落后工艺。

(2) 要坚持定型钢模板的设计, 并根据具体的构配件情况和实际条件灵活组合, 达到整体刚度大, 表面平整, 构造简单, 装拆方便, 所需模板及零件的类型不多。

(3) 严禁板肋脱焊、歪斜、不直、扭转、凹凸不平和整块板翘扭变形。并应在施工现场建立修理组, 配备整修机具, 每使用一次均应清理、整修、刷油和堆码整齐待用。

2. 推广定型钢框或木框木(竹)胶合板面板的中型组合模板

对框架柱、梁或墙模板采用此模板, 具有重量轻、拼缝少、周转次数多的特点。特别是可以充分利用我国丰富的竹资源, 并要对梁、柱模板的固定方法及梁、柱及墙的互换性进行充分研究, 进一步提高综合周转率和施工使用效率。

3. 推广采用整张木(竹)胶合板的楼板面板

楼盖模板中, 推广使用整张不切割的胶合板面板, 工艺简单, 施工快速, 易防水, 拼缝少, 工效高, 平整光滑可不抹灰, 质量好且投资少。但应注意下列问题:

(1) 板与板的拼缝处应贴胶带纸条, 以便易于拆除和不漏浆。

(2) 要研究拆模时如何保证不损坏边角的问题。

(3) 周转使用第二次时, 要刷脱模剂。

(4) 对需要锯切用的小规格胶合板, 要与梁、柱统筹考虑, 或采用低质廉价的胶合板代替。

4. 对墙模板应根据实际情况采用不同类型的大模板施工

(1) 对开间、进深和层高较为定型和符合标准化的钢筋混凝土剪力墙或筒体结构, 应尽量推广使用钢制大模板, 这样才能大大提高模板的周转率, 降低工程成本, 保证工程质量, 表面平整光滑可不抹灰。同时此种模板也可由租赁公司来制作, 租赁给施工单位使用。

(2) 对开间、进深和层高不太定型和不符合标准化的钢筋混凝土剪力墙或筒体结构, 应尽量推广使用板面为木(竹)胶合板的大模板。其骨架根据实际情况可分别采用钢框或木框, 框架与板面可采用螺栓结合, 有大模按大模板使用, 无大模可将面板拆下当楼板模板使用或用于其他模板均可。

(3) 对开间、进深、层高较零乱的钢筋混凝土结构或数量较少的剪力墙结构, 可直接采用小钢模组拼成大模板, 做到整装、整拆、整体转移即可。这样可做到组拼灵活, 需要什么规格尺寸就组拼什么尺寸, 既可保证工程质量, 又能降低工程成本。

5. 推广使用玻璃钢圆柱模壳和其他各类模壳

玻璃钢圆柱模壳的使用一定要重点解决不同圆柱直径的玻璃钢柱模壳的组合通用问题, 否则不易达到经济和合理。因此必须确保要能不断地连续使用。

随着大跨度、大进深建筑的发展, 密肋楼盖也在逐步被推广应用, 且模壳的尺寸、规格也越来越大。因此规格超过 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 时, 如何保证模壳有足够的刚度而不变形, 应给予特别的重视, 同时还要考虑气压拆模和快速拆模。

6. 坚持推广采用模板支架系统与钢管脚手架通用

当前, 全国各地绝大部分对面板下的小楞仍采用木条, 故木材的消耗量仍然很大, 仍有相当一部分大楞亦采用木材制作, 至于木支架立柱也不少。此种工艺技术落后、工程事故多, 且工程成本也高。所以应采用钢管扣件脚手架来替代木材的支架立柱系统, 也可采用门式钢管架和碗扣钢管架来替代木支架立柱, 把过去复杂的施工工艺简易化, 达到支架

立柱系统稳定可靠、工程质量好、生产效率高、周转次数多、工程投资减少的目的。

7. 坚持改革模板支架，推广工具式支模

改革模板支架系统的结构形式是节约材料、扩大施工空间的一个重要措施。现在现浇框架结构的模板系统中，大部分仍然是“支架如林，拉条成网”的情况，不但需要大量材料，也不利于交通运输和立体交叉、平行作业，如果支承的地基土夯填不实，产生不均匀沉陷，还会影响结构的质量与安全。所以必须对支架系统进行改革，最好的办法是走工具式支模的道路，采用定型桁架、轻钢楞梁、钢管支柱、托具、卡具等来替代过去的支架系统。

8. 推广“小流水段”的施工工艺

由于建筑生产的产品是固定不动的，而只能是工人带着工具、设备和材料，按建筑物在平面上划分的区段或按楼盖的施工层不断移动，并把一定数量的材料在各个段落上进行加工，使最后的产品成为建筑物的一部分（如钢筋混凝土墙柱或楼盖等），然后工人自己再流到另一个区段，重复地进行同样的工作。用这样的流水施工方法组织施工，可以保证施工生产的连续性和均衡性，并使材料也得到均衡使用，避免了忽高忽低，且由于流水施工的连续性，消除了专业队组的施工间隙，一般可缩短工期 $1/3 \sim 1/2$ 。总之，流水施工是一个既能保质保量又能提高劳动生产率，保障安全、提高经济效益的好方法，应尽量采用。

所谓“小流水段”就是指一个专业队（组）利用统一的生产工具依次不断地在各施工段中完成同一专业工种的工作。如安装模板的专业木工队（组）依次在各施工段上连续完成模板安装工作，这就称为“小流水段”施工工艺。

组织小流水施工时，首先应将施工对象划分为若干个施工过程或称施工工序。施工工序划分数目的多少，直接影响工程流水作业的组织。工序分得过少，对复杂的施工内容就不能反映出各施工工序的搭接和穿插关系。故复杂的施工内容，应分得细些，而简单的施工内容，就不应分得过细。如对现浇钢筋混凝土楼盖应分得细些，其中应分为：安装模板、绑扎钢筋、浇筑混凝土及养护三个工序为宜。又如土方工程就不应分得过细，否则会使流水作业组织复杂化。总之，随着劳动组织形式与其承担工作内容的不同，划分施工工序时，应与之相适应。

在组织流水施工时，需在平面上将施工对象划分为若干个施工段。其目的就是要保证不同工种的队（组）能在不同的施工段上同时进行工作，消除各不同工种的队（组）不能依次连续进入同一施工段上工作的现象，为流水施工创造条件。但施工段数划分的多少应适中，过多会拖长总的施工延续时间或造成工作面的浪费；过少又会引起劳动力、机械、材料等过分集中或有时流不开的现象。所以，划分施工段时应遵照下述原则：

(1) 各施工段上不同工种的劳动力应大致相等，相差不宜大于 15%。

(2) 划分施工段，应以主导施工过程的组织为依据来进行，对于整体现浇钢筋混凝土框架结构而言，则应以钢筋混凝土的施工要求来划分。

(3) 施工段的界线应设在沉降缝、伸缩缝或后浇带处，以利于结构的整体性。当必须在结构整体的中间时，应尽量选在对结构整体影响较小的位置。

(4) 工人操作要有足够的工作面，过小则影响工效且容易发生安全事故。

(5) 当按楼层分层施工时，每层的施工段数还必须保证各专业工种队（组）能连续施

工,即各施工工序的专业队(组)做完第一段,能立即转入第二段,做完第一层的最后一段,能立即转入第二层的第一段。要做到这点,就必须使施工段数等于或大于施工工序数或专业工种的队(组)数。

1.3 模板施工进一步发展的几个设想

1.3.1 建立模板脚手架专业承包公司

近二十几年来,随着我国市场经济的发展,我国基本建设已得到调整和发展,要求高、精、尖的建筑技术愈来愈多,工程质量要求一流,可是纵观我国各省和直辖市所属的各大土建工程公司,大多数是大而全或是小而全,同一公司下的各分公司或同一分公司下各项目经理部各自为政。现就直接影响工程质量和安全的模板工程来说,模板的设计没有统一管理和严格遵行,致使模板的倒塌事故在最近几年几乎都时有发生。当各工地需要模板时就自己购置,而其他工地所积压的模板却得不到利用。模板工程技术进步缓慢,模板工程的成本居高不下,严重地阻碍生产。所以应在大型土建工程公司组建1~2个模板脚手架专业公司,由专业的模板脚手架公司来承包本公司所属项目的全部模板和脚手架工程,并设专职工程技术人员进行模板脚手架的设计,并建立一种严格的设计和审批制度。因为模板的设计是保证现浇钢筋混凝土结构质量的重要环节,而合理使用模板以提高周转率,是获得经济效益非常重要的方面。同时采用脚手架钢管的成熟操作经验和安全可靠的构造措施来做模板支架系统,就更能保证模板的安全性和可靠性。另一方面,由于这类专业化很强的模板公司,对模板工程的科研、使用、管理、维修、安装拆除、施工工艺更新、生产制造等一系列的工作将会变得十分精通,会具有很强的市场竞争力。且由于实行了专业的分工,对模板周转率的提高,施工现场文明施工的改观和模板工程技术水平的发展,都将起到巨大作用。

1.3.2 研究创新早拆模板体系

所谓早拆模板体系是针对水平承重模板而言,具体地说是对梁底模板和楼盖模板而言,其原理是:事前按设计预留的支架柱顶设支撑梁底模和楼盖支架楞梁的可升降的活动支托,等现浇混凝土浇筑完毕后,养护一定时间(一般三天左右)达到模板设计所规定的强度等级后,除规定预留支架立柱留下不拆外,其余梁底板、楼盖模板和支架立柱均全部拆除向下一流水段进行周转,这就称为早拆模体系也可叫快拆模体系。

1.3.2.1 早拆模板体系的优点

1. 可提高安装和拆除工效1.3~1.8倍。每一施工段支模工期至少能缩短一天,使工程总工期也相应缩短。

2. 用早拆模板体系,模板和支架用料可少投入1/3~1/2,节约材料显著。

3. 由于早拆模板体系的预留支架柱配有升降调节装置,安装和拆除方便,在支架柱顶端或在可调装置的底部有水平拉杆作支托,拆下的大、小楞及面板不会直接坠下落地,做到了文明施工和保证拆模的安全,减少了模板材料的损耗。

4. 早拆模板体系的模板费用可比传统的支模体系降低33%,其中的人工费约减少

40%~50%，相应还可节约升、降运输的机械费用。

1.3.2.2 早拆模板体系设计必须坚持的原则

1. 有各自承力的支架体系，在承受各自的相应荷载后，能具有足够的强度和稳定性。
2. 非预留支架体系拆除后，剩下的预留支架立柱能具有承受上层传来的现浇混凝土和模板荷载的可靠强度和刚度。
3. 非预留支架立柱和预留支架立柱不得承受任何偏心荷载。
4. 节点构造要简单可靠，装拆方便，上、下楼层支架立柱沿竖向应保证在一条竖直线上。
5. 基土应分层夯实后，上铺不小于 $50\text{mm} \times 250\text{mm}$ 、 $L > 1000\text{mm}$ 长的木垫板或浇筑混凝土地面垫层来代替。

1.3.3 研究采用滚动滑模替代液压滑模

液压滑升模板是由模板系统、操作平台系统和液压提升机具系统三部分组成。模板系统包括模板、围圈和提升架等，它的作用主要是使混凝土成型。操作平台系统包括：操作平台、上辅助平台和内外吊脚手等，是施工操作的场所。液压提升机具系统包括：支撑杆、千斤顶和液压提升控制装置等，是模板滑升的动力。这三部分通过提升架连成整体，构成整套滑升模板装置，它的优点是：大量节约模板和脚手架，加快施工速度，缩短工期；提高工程质量和保证结构的整体性，有利于安全施工。它的缺点是：耗钢量大和一次投资大，整体提升控制偏差难度大，施工中易发生问题需时间处理，容易粘住，电源电压不稳易使换向阀失灵等。

滚动滑升模板是由模板系统和提升机具系统两部分组成。模板系统包括：模板、滚轮等。它的作用仍然是使混凝土成型。它的操作主要是依靠内外绑扎钢筋的内外脚手架来操作。提升机具系统包括：手拉或电动葫芦、导向滑轨、提升架等，是模板滚动滑升的动力部分。这两部分通过对拉螺栓连成整体，构成整套滚动滑升模板装置。它除具有滑动模板的优点外，还具有：耗钢量小和一次投资比普通模板小等优点。把整体提升改进为各块模板独立滚动滑升，具有偏差极易控制，构造简单和易于操作等优点。

总之，滚动滑升模板滑升过程中，不需设支撑杆，也就不存在支撑杆失去稳定而弯曲，不会在滑升过程中使建筑物出现倾斜，不需去检查、发现和纠正偏差，也不会使建筑物发生扭转，更不会出现混凝土产生蜂窝、麻面、露筋、穿裙子、墙柱缺棱掉角等现象。

1.4 层高高、跨度大的模板倒塌事故的原因分析

近几年来，我国基本建设成倍地增长，大规模的建筑也相应得到了快速发展，因而高大的共享空间和跨度大、楼层高的混凝土结构建筑也越来越多。由于对前述这些现浇混凝土结构的特点认识不足，支模的技术不能适应，把它仍然当成跨小层低的一般模板来支，故在混凝土浇筑过程中发生突然垮塌，造成重大伤亡事故。究其主要原因是责任心不强，思想上麻痹大意，技术上不重视。实际施工时存在无方案、无设计、无交底、无技术安全措施。盲目地由操作工人提料，由操作人员按固有经验进行安装，而无任何科学依据。因此，我们应吸取这些血的教训，以高度负责的精神坚持严格管理，在施工这类工程时应

做到：

1. 坚持先进行模板设计再施工，对梁跨度大于 18m 或层高大于 8m 的模板工程，应邀请在模板上有经验的专家进行论证把关后再施工。

2. 层高大于 6m 的模板工程，其支撑柱应采用钢管支架立柱，不应采用木支架立柱。

3. 支架立柱立于土层上时，下面的土层应分层夯实，并满足回填土要求的密实度系数后，在土层上按标高要求垫 50mm 厚、宽 200mm、长 1000mm 以上的垫木，方能立支架立柱，柱底应设钢垫板。最好能先在夯实的基础上浇筑好地面混凝土垫层后再支模，且支架立柱在纵横方向的垫木应相互垂直。

4. 支架立柱不够长时，只能采用对接，避免偏心受力。立杆垂直偏差，当层高低于 8m 时为 10mm；层高高于 8m 时为 15~20mm。立杆顶部可安装可调螺旋支托，其伸出长度不得大于 200mm，且应垂直搁置，不得偏斜。

5. 支架立柱应在纵横方向设水平拉撑，除可调支托根部（即支架立柱顶部）和支架立柱底离地面 200mm 处各设一道外，其上下两道水平拉撑之间的步距应按设计规定步距搁置。水平拉撑的钢管与支架立柱交点处应采用直角扣件连接，水平拉撑不够长时，可采用对接或搭接。两端应与建筑物顶紧，中间每隔 6m 左右沿垂直方向从下至上设一道连续式的剪刀撑，且于每一剪刀撑底与顶再加一道水平剪刀撑。

6. 层高大于 8m 的共享空间、体育馆、体操馆等大空间建筑，其模板支架立柱的外周边应从下向上设连续式的垂直剪刀撑，剪刀撑的水平宽度为 4~6 个支架立柱的间距，高度为 3~4 个水平拉撑的步距，其与地面的夹角为 45° ~ 60° ，另在纵横方向每隔 6m 左右再设一道剪刀撑。当层高在 8m 以上时，除满足上述规定外，还应于支架立柱外围四个角部及中部有剪刀撑处，沿竖向从底部开始，每隔 5~6m 设一道水平剪刀撑，长宽同垂直剪刀撑。

7. 模板支架体系沿水平方向每隔 6~9m、垂直方向每隔 2~3m 应与建筑物设可靠的固结点进行连接。

2 模 板 材 料

2.1 钢 材

保证模板结构的承载能力，防止在一定条件下出现脆性破坏，对于模板体系来说是十分重要的，过去在这方面不够明确。脆性破坏与结构形式、环境温度、应力特征、钢材厚度以及钢材性能等因素有密切的关系。所以，应根据模板体系的重要性、荷载的特征、连接的方法等不同情况，选择其钢号和材质，并为模板结构今后逐渐往高强、新型、轻巧、耐用的方向发展打下基础。在过去大都习惯采用 Q235 钢的基础上，逐步过渡到采用更高强度的 Q345 钢、Q390 钢和 Q420 钢。对模板的支架体系来说，还是应优先考虑使用钢材为最好。

2.1.1 模板的钢材质量要符合国家标准

1. 钢材要符合现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700)、《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591) 的规定。

2. 钢管要符合现行国家标准《直缝电焊钢管》(GB/T 13793) 或《低压流体输送用焊接钢管》(GB/T 3091) 中规定的 Q235 普通钢管，其质量应符合现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700) 中 Q235A 级钢的规定。有严重锈蚀、弯曲、压扁及裂纹等疵病的不得使用。

3. 钢铸件要符合现行国家标准《一般工程用铸造碳钢件》(GB/T 11352) 中规定的 ZG200—420、ZG230—450、ZG270—500 和 ZG310—570 号钢的要求。

4. 钢管扣件要符合现行国家标准《钢管脚手架扣件》(GB 15831) 的规定。

5. 连接用的焊条要符合现行国家标准《碳钢焊条》(GB/T 5117) 或《低合金钢焊条》(GB/T 5118) 中的规定。

6. 连接用的普通螺栓要符合现行国家标准《六角头螺栓 C 级》(GB/T 5780) 和《六角头螺栓》(GB/T 5782) 的规定。

7. 组合钢模板及配件制作质量要符合现行国家标准《组合钢模板技术规范》(GB 50214—2001) 的规定。

2.1.2 模板承重结构和构件使用 Q235 沸腾钢的限制

根据我国现行国家标准《钢结构设计规范》(GB 50017—2003) 中的规定，在下列情况中不能使用 Q235 沸腾钢：

1. 工作温度低于 -20°C ，承受静力荷载的模板受弯及受拉的承重结构或构件。

2. 工作温度等于或低于 -30°C 的所有模板承重结构或构件。

上述两条限制，主要是根据我国实践经验总结的，考虑了钢材的抗脆断性能来规定

的。因沸腾钢脱氧不充分,含氧量较高,内部组织不够致密,硫、磷的偏析大,氮是以固溶氮的形式存在,故冲击韧性较低,冷脆性和时效倾向较大。所以,需对其使用范围加以限制。其中的工作温度系采用《采暖通风与空气调节设计规范》(GB 50019—2003)中所列的“最低日平均温度”。

2.1.3 钢材在使用前要具有物理和化学指标的合格保证

1. 抗拉强度:是衡量钢材抵抗拉断的性能指标,而且直接反映钢材内部组织的优劣,并与疲劳强度有着比较密切的关系,所以要具有试验的合格保证。

2. 伸长率:是衡量钢材塑性性能的指标。而塑性又是在外力作用下产生永久变形时抵抗断裂的能力。因此,钢材除应具有较高的强度外,尚应要求具有足够的伸长率的合格保证。

3. 屈服强度(或屈服点):是衡量结构的承载能力和确定强度设计值的重要指标,故要具有合格保证。

4. 冷弯试验:是钢材塑性指标之一,也是衡量钢材质量的一个综合性指标。通过冷弯试验,可以检验钢材组织、结晶情况和非金属夹杂物分布等缺陷,在一定程度上也是鉴定焊接性能的一个指标。因此,焊接的模板承重结构以及重要的非焊接承重结构所采用的钢材还应具有冷弯试验的合格保证。

5. 硫、磷含量:硫、磷是建筑钢材中的主要杂质,对钢材的力学性能和焊接接头的裂纹敏感性有较大影响。硫能生成易于熔化的硫化铁,当热加工到 $800\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 时,能出现裂纹,称为热脆。硫化铁又能形成夹杂物,不仅促使钢材起层,还会引起应力集中,降低钢材的塑性和冲击韧性。磷是以固溶体的形式溶解于铁素体中,这种固溶体很脆,加以磷的偏析比硫更严重,形成的富磷区促使钢变脆(冷脆),因而降低钢的塑性、韧性及可焊性,故要具有合格保证。

6. 碳含量:因建筑钢的焊接性能主要取决于碳含量,碳的合适含量,宜控制在 $0.12\%\sim 0.2\%$ 之间,超出该范围幅度越多,焊接性能变差的程度就越大。

7. 钢结构的脆断破坏问题已引起普遍注意,而模板结构在冬期施工中也处于低温环境下工作,也同样存在一个脆断问题,因此,根据国家标准《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)的规定,对模板承重结构依据不同低温情况对钢材应具有的冲击韧性提出了合格保证的要求。具体为:当模板结构工作温度不高于 -20°C 时,对 Q235 钢和 Q345 钢要求具有 0°C 冲击韧性的合格保证;对 Q390 钢和 Q420 钢要求具有 -20°C 冲击韧性的合格保证。但还应注意不得采用沸腾钢。

2.2 冷弯薄壁型钢材

2.2.1 冷弯薄壁型钢材质要符合国家标准

2.2.1.1 承重模板结构的材料应符合下列要求

用于承重模板结构的冷弯薄壁型钢的带钢或钢板,要采用符合现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700)规定的 Q235 钢和《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591)规定的