

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 50113-2019

滑动模板工程技术标准

Technical standard for slipform engineering

2019-05-24 发布

2019-12-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
国家市场监督管理总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

滑动模板工程技术标准

Technical standard for slipform engineering

GB/T 50113 – 2019

主编部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

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 9 年 1 2 月 1 日

中国建筑工业出版社

2019 北 京

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2015年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2014〕189号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准的主要内容是：1 总则；2 术语和符号；3 滑模施工的工程设计；4 滑模施工的准备；5 滑模装置的设计与制作；6 滑模施工；7 特种滑模施工；8 质量检查及工程验收。

本标准修订的主要技术内容是：1 增加了采用滑模工艺建造的结构设计的有关规定；2 调整了荷载标准值，增加了荷载分项系数表和荷载基本组合、标准组合；3 提出了采用 $\phi 48.3 \times 3.5$ 钢管支承杆的规定；4 提出了滑模施工中采取混凝土薄层浇灌、千斤顶微量提升、减少滑升停歇等措施和规定；5 增加了保证混凝土观感质量的措施和条款；6 增加了滑模安全使用和拆除的有关规定；7 增加了滑模施工检查验收记录；8 删除了原规范中抽孔滑模施工、滑架提模施工、降模施工等。

本标准由住房和城乡建设部负责管理，由中冶建筑研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中冶建筑研究总院有限公司（地址：北京市海淀区西土城路33号，邮政编码：100088）。

本标准主编单位：中冶建筑研究总院有限公司

云南建工第四建设有限公司

本标准参编单位：中国京冶工程技术有限公司

中国施工企业管理协会滑模工程分会

中国恩菲工程技术有限公司

中国模板脚手架协会

北京远达国际工程管理咨询有限公司
宝鸡滑模建筑工程有限公司
东北电力烟塔工程有限公司
国合建设集团有限公司
中国瑞林工程技术有限公司
四川建筑职业技术学院
中咨工程建设监理公司
北京城建十六建筑工程有限责任公司
广州建筑股份有限公司
大连金广建设集团有限公司
黑龙江省建工集团冠群滑模有限公司
江苏揽月机械有限公司
江西建工第二建筑有限责任公司
甘肃第一建设集团有限责任公司
中色十二冶金建设有限公司
四川大中建筑工程有限公司
中国能建广东电力工程局有限公司
江西省弘毅建设集团有限公司
广州市第一建筑工程有限公司

本标准主要起草人员：彭宣常 孟春柳 张晓萌 高 峰
姚新林 张亚钊 马利波 张宗亮
虎林孝 朱远江 谢正武 李凤君
彭 骏 程宏斌 胡兴福 谢庆华
丁国平 杜秀彬 张志明 王志龙
乔 锋 柴 卫 王怀东 张 远
刘 波 李 洪 吴祥威 牟宏远
毛凤林 李俊友 胡洪奇

本标准主要审查人员：应惠清 耿洁明 于海祥 刘新玉
王 峰 赵安全 王凯晖 马奉公
阎 琪 陈 红

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	滑模施工的工程设计	6
3.1	一般规定	6
3.2	筒体结构	7
3.3	框架结构	8
3.4	剪力墙结构	10
4	滑模施工的准备	11
5	滑模装置的设计与制作	14
5.1	荷载	14
5.2	总体设计	18
5.3	部件的设计与制作	20
6	滑模施工	27
6.1	滑模装置的组装	27
6.2	钢筋	29
6.3	支承杆	29
6.4	混凝土	31
6.5	预留孔和预埋件	33
6.6	滑升	33
6.7	横向结构的施工	36
6.8	滑模托带施工	37
6.9	滑模安全使用和拆除	39
7	特种滑模施工	40

7.1 大体积混凝土施工	40
7.2 混凝土面板施工	41
7.3 竖井井壁施工	44
7.4 复合壁施工	46
8 质量检查及工程验收	48
8.1 质量检查	48
8.2 工程验收	49
附录 A 支承杆允许承载能力确定方法	51
附录 B 用贯入阻力测量混凝土凝固的试验方法	52
附录 C 滑模施工常用检查记录表	55
附录 D 滑模施工检查验收记录表	61
本标准用词说明	64
引用标准名录	65
附：条文说明	67

1 总 则

1.0.1 为在滑动模板（以下简称滑模）工程中贯彻国家技术经济政策，保证工程质量，做到技术先进、安全适用、经济合理、节能环保，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于混凝土结构滑模工程设计、施工及验收。

1.0.3 采用滑模施工的工程设计、施工及验收除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 滑动模板 slipform

模板固定于围圈上，用以保证构件截面尺寸及结构的几何形状。模板直接与新浇混凝土接触且随着提升架上滑，承受新浇混凝土的侧压力和模板滑动时的摩阻力，简称滑模。

2.1.2 滑动模板施工 slipforming construction

以滑模千斤顶、电动提升机等为提升动力，带动模板（或滑框）沿着混凝土（或模板）表面滑动而成型的混凝土结构施工方法的总称，简称滑模施工。

2.1.3 滑框倒模施工 incremental slipforming with sliding frame

用提升机具带动由提升架、围圈、滑轨组成的滑框沿着模板外表面滑动（模板与混凝土之间无相对滑动），当横向分块组合的模板从滑框下口脱出后，将该块模板取下倒装入滑框上口，再浇灌混凝土，提动滑框，如此循环作业成型混凝土结构的施工方法的总称。

2.1.4 围圈 form walers

用以保持模板几何形状的支承构件，又称围梁。模板的自重、模板承受的摩阻力、侧压力以及操作平台直接传来的自重和施工荷载，均通过围圈传递至提升架的立柱。围圈可以设置上下两道，亦可以组成桁架式围圈。

2.1.5 提升架 lift yoke

用以固定千斤顶、围圈和保持模板几何形状的滑模装置主要承重构件，直接承受模板、围圈和操作平台的全部荷载和混凝土对模板的侧压力。

2.1.6 操作平台 working-deck

用以完成钢筋绑扎、混凝土浇灌等项操作及堆放施工机具和材料的滑模施工的主要工作面；也是拔杆、井架等随升垂直运输装置及料台的支承结构。其构造形式与所施工结构相适应，直接或通过围圈支承于提升架上。

2.1.7 支承杆 jack rode or climbing rode

滑模千斤顶运动的轨道，又是滑模系统的承重支杆，施工中滑模装置的自重、混凝土对模板的摩阻力及操作平台上的全部施工荷载，均由千斤顶传至支承杆承担，其承载能力、直径、表面粗糙度和材质均与千斤顶相适应。

2.1.8 围模合一大钢模 modular combination steel panel form

以 300mm 为模数，模板和围圈合一，其水平槽钢肋起围圈的作用，模板水平肋与提升架直接相连的一种滑动模板组合形式。

2.1.9 空滑 partial virtual slipforming

模板内允许有混凝土浇灌层处于无混凝土的状态，但施工中有时需将模板提升高度加大，使模板内仅存有少量混凝土，甚或处于空模状态。

2.1.10 回降量 slid variable

滑模千斤顶在工作时，上下卡头交替锁固于支承杆上，由于荷载作用，处于锁紧状态的卡头在支承杆上存在下滑趋势，会引起千斤顶的爬升行程损失，该行程损失量通常称为回降量。

2.1.11 横向结构构件 transverse structural member

结构的楼板、挑檐、阳台、洞口四周的混凝土边框及腰线等横向凸出混凝土表面的结构构件或装饰线。

2.1.12 复合壁 combination concrete wall of two different mix

由内外两种不同性能的现浇混凝土组成的竖壁结构。

2.1.13 混凝土出模强度 concrete strength of the construction initial setting

结构混凝土从滑动模板下口露出时所具有的抗压强度。

2.1.14 滑模托带施工 lifting construction with slipforming

网架、空间桁架、井字梁等大面积或大重量的支承结构采用滑模施工时，在地面组装好，利用滑模施工的提升能力将其随滑模施工托带到设计标高就位的一种施工方法。

2.2 符 号

- A ——模板与混凝土的接触面积；
- A_1 ——卸料口的面积；
- a ——混凝土浇灌后其表面到模板上口的距离；
- B ——卸料口下方可能堆存的最大混凝土量；
- E ——支承杆弹性模量；
- F ——模板与混凝土的粘结力；
- f_1 ——模板与混凝土间的摩擦系数；
- f_2 ——滚轮或滑块与轨道间的摩擦系数；
- G ——模板系统自重；
- g ——重力加速度；
- H ——模板高度；
- h ——卸料时料斗口至平台卸料点的最大高度；
- h_m ——料斗内混凝土上表面至料斗口的最大高度；
- h_0 ——每个混凝土浇灌层厚度；
- I ——支承杆截面惯性矩；
- K ——安全系数；
- K_d ——动荷载系数；
- L ——支承杆加工长度；
- L_0 ——支承杆脱空长度；
- N ——总垂直荷载；
- n ——所需千斤顶和支承杆的最小数量；
- P ——单根支承杆承受的垂直荷载；
- P_c ——混凝土的上托力；
- P_0 ——单个千斤顶或支承杆的允许承载能力；

Q ——料罐总重；
 R ——模板的牵引力；
 t ——混凝土从浇灌到位至达到出模强度所需的时间；
 T_1 ——在作业班的平均气温条件下，混凝土强度达到 2.5MPa 所需的时间；
 T_2 ——在作业班的平均气温条件下，混凝土强度达到 0.7MPa~1.0MPa 所需的时间；
 V ——模板滑升速度；
 V_a ——刹车时的制动减速度；
 W ——刹车时产生的荷载标准值；
 W_k ——卸混凝土时对平台产生的集中荷载标准值；
 α ——工作条件系数；
 β ——模板的倾角；
 γ ——混凝土的重力密度；
 μ_s ——风荷载体型系数；
 μ_z ——风压高度变化系数；
 ω_k ——风荷载标准值；
 ω_0 ——基本风压值。

3 滑模施工的工程设计

3.1 一般规定

3.1.1 采用滑模工艺建造的工程，结构设计应符合滑模工艺的技术特点。

3.1.2 滑模施工单位应与设计单位协调，共同确定修改设计的内容、横向结构构件的施工程序以及节点构造，保证结构的整体性和施工安全。

3.1.3 建筑结构的外轮廓应力求简洁，竖向上应使一次滑升的上下构件沿模板滑动方向的投影重合，有碍模板滑动的局部凸出部分应作设计处理。

3.1.4 当建筑结构平面面积较小且高度较高时，宜按滑模工艺进行设计。

3.1.5 当建筑结构平面面积较大时，宜分区段或部分分区段进行设计，滑模分区的水平投影面积不宜大于 700m^2 ，当区段分界与结构变形缝不一致时，应对分界处作设计处理。

3.1.6 当建筑结构的竖向存在较大变化时，可择其适合滑模施工的区段按滑模施工要求进行设计，其他区段宜配合其他施工方法设计。

3.1.7 结构的截面尺寸应符合下列规定：

- 1 钢筋混凝土墙体的厚度不应小于 160mm；
- 2 圆形变截面筒体结构的筒壁厚度不应小于 160mm；
- 3 轻骨料混凝土墙体厚度不应小于 180mm；
- 4 钢筋混凝土梁的宽度不应小于 200mm；
- 5 钢筋混凝土矩形柱短边不应小于 400mm。

3.1.8 滑模施工的混凝土强度等级不宜大于 C60，并应符合下列规定：

- 1 普通混凝土不应低于 C20;
- 2 轻骨料混凝土不应低于 LC15;
- 3 同一个滑升区段内的承重构件, 在同一标高范围应采用同一强度等级的混凝土。

3.1.9 受力钢筋的混凝土保护层厚度宜比常规设计要求增加 5mm。

3.1.10 沿模板滑动方向, 结构的截面尺寸应减少变化, 宜采取变换混凝土强度等级或配筋量来满足结构承载力的要求。

3.1.11 结构的配筋应符合下列规定:

- 1 各种长度、形状的钢筋, 应能在提升架横梁以下的净空内绑扎;

- 2 对交汇于节点处的各种钢筋应作详细排列;

- 3 预留与横向结构连接的连接筋, 应采用 HPB300, 直径不宜大于 12mm, 连接筋的外露部分不应设弯钩。当连接筋直径大于 12mm 时, 应采取专门措施。

3.1.12 对兼作结构钢筋的支承杆, 其设计强度宜降低 10%~25%, 并应根据支承杆的位置进行钢筋代换。

3.1.13 预埋件宜采用胀栓、植筋等后锚固装置替代。当需用预埋件时, 其位置宜沿垂直或水平方向有规律排列, 应易于安装、固定, 且应与构件表面持平。

3.1.14 滑模工程设计中的结构分析、计算方法等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

3.2 筒体结构

3.2.1 规模较大的群体筒仓, 宜设计成多个规模较小的组合仓。

3.2.2 仓壁截面宜上下一致。当需改变壁厚时, 宜在筒壁内侧采取阶梯式变化处理。

3.2.3 筒仓底板以下的支承结构, 当采用与上部筒壁同一套滑模装置施工时, 宜与上部筒壁的厚度一致。当厚度不一致时, 宜在筒壁的内侧变更尺寸。

3.2.4 当筒仓底板、漏斗和环梁与筒壁设计成整体结构时，宜先采取常规支模现浇完成下部结构，后滑模施工上部筒体。

3.2.5 整体结构复杂的筒仓，在生产工艺许可时，可将底板、漏斗设计成与筒壁分离式，分离部分宜采用二次常规支模浇筑。

3.2.6 筒仓的顶板结构宜设计成装配式钢结构或整体现浇混凝土结构。

3.2.7 井塔类结构的筒壁，应设计成加肋壁板，壁板厚度宜沿竖向不变，也可变更混凝土强度等级；壁柱与壁板接合处宜设置斜托。

3.2.8 井塔塔身筒体结构宜采用滑模工艺进行结构设计。

3.2.9 井塔楼层结构节点的二次设计应采用下列方式：

1 主梁与壁柱的二次连接应保持壁柱的结构功能完整，在壁柱中预留槽口和预埋钢筋。

2 塔壁与楼板二次浇筑的连接，宜在壁板内侧预留槽口，其槽口深度可为 20mm；当采取预留胡子筋时，其埋入部分不得为直线单根钢筋。

3.2.10 当电梯井道单独采用滑模施工时，井道平面的内部净空尺寸应比安装尺寸每边放大 25mm 及以上。

3.2.11 烟囱等带有内衬的筒体结构，当筒壁与内衬同时滑模施工时，支承内衬的牛腿宜采用矩形，同时应深化牛腿的隔热措施。

3.2.12 筒体结构的内外两层钢筋网片之间应配置拉结筋，拉结筋的间距与形状应作设计规定。

3.2.13 筒体结构中的环向受力钢筋接头，宜采用焊接方式连接。

3.3 框架结构

3.3.1 采用滑模工艺建造的大型框架结构，其结构选型可设计成异形截面柱。

3.3.2 框架结构的布置应符合下列规定：

- 1 各层梁的竖向投影应重合，宽度宜相等；
- 2 同一滑升区段内应避免错层横梁；
- 3 柱宽宜比梁宽每边大 50mm 及以上；
- 4 柱的截面尺寸应减少变化，当需改变时，边柱宜在同一侧变动，中柱宜按轴线对称变动。

3.3.3 楼层结构中次梁及楼板的设计应符合下列规定：

- 1 当采用在主梁上预留次梁的槽口作二次浇筑施工时，设计可按整体结构计算；
- 2 二次浇筑的次梁与主梁的连接构造，应满足施工期及使用期的受力要求。

3.3.4 框架梁的配筋应符合下列规定：

- 1 当楼板为二次施工时，在梁支座负弯矩区段，应满足承受施工阶段负弯矩的要求。
- 2 梁内不宜设弯起筋，宜根据计算加强箍筋。当有弯起筋时，弯起筋的高度应小于提升架横梁下缘距模板上口的净空尺寸。
- 3 箍筋的间距应根据计算确定，可采用不等距排列。
- 4 纵向筋端部伸入柱内的锚固长度不宜弯折，当需时可向上弯折。
- 5 当主梁上预留较大次梁槽口时，应对槽口截面采取加强措施。

3.3.5 柱的配筋应符合下列规定：

- 1 在满足构造要求的前提下，纵向受力筋宜选配粗直径钢筋，千斤顶底座及提升架横梁宽度所占据的竖向投影位置应避开纵向受力筋。
- 2 当各层柱的配筋量有变化时，在保持钢筋根数不变的情况下，可调整钢筋直径。
- 3 箍筋形式应便于从侧面套入柱内；当采用组合式箍筋时，相邻两个箍筋的拼接点位置应交替错开。

3.4 剪力墙结构

3.4.1 采用滑模工艺的剪力墙结构，宜减少主次梁设计；一次滑升区段的平面面积不宜过大；面积较大时宜分隔滑升区段，按错台式实施滑升，并对相邻区段的接合部作设计处理。

3.4.2 同一滑升区段的设计条件应符合下列规定：

- 1 各楼层平面布置的竖向投影应重合；
- 2 同一楼层的楼面标高应一致，不宜有错层；
- 3 同一楼层的梁底标高及门窗洞口的高度和标高宜统一。

3.4.3 竖向墙体与横向楼板的节点应作设计处理，其施工顺序宜采用滑升一层墙体浇筑一层楼板的方式。

3.4.4 当外墙具有保温隔热功能要求时，内外墙体可采用不同性能的混凝土。

3.4.5 剪力墙结构的配筋应符合下列规定：

1 墙体内的双排竖向主筋应成对排列，拉结筋配置应作设计规定。竖向筋的接头位置宜设在楼板面处，同一连接区段竖向钢筋接头面积百分率不应大于 50%。

2 墙体中开设的大洞口，其梁的配筋应符合本标准第 3.3.4 条的规定。

3 剪力墙结构中的暗框架，其柱的配筋率宜取下限值，还应符合本标准第 3.3.5 条的规定。

4 各种洞口周边的加强钢筋配置，宜增加其竖向和水平钢筋，替代在洞口角部设置的 45°斜钢筋。当各楼层门窗洞口位置一致时，其侧边的竖向加强钢筋宜连续配置。

5 墙体竖向钢筋伸入楼板内的锚固段，其弯折长度不应超出墙体厚度。当不能满足钢筋的锚固长度时，宜采用后锚固装置接长。

6 支承在墙体上的梁，其钢筋伸入墙体内部的锚固段宜向上弯。当梁为二次施工时，梁端钢筋的形式及尺寸应适应二次施工的要求。

4 滑模施工的准备

4.0.1 滑模施工应根据工程结构特点及滑模工艺的要求，进行结构深化设计和施工方案编制。

4.0.2 滑模工程深化设计应提出对工程设计的修改意见，划分滑模作业区段，确定不宜滑模施工部位的处理方法等。

4.0.3 滑模施工方案应包括下列主要内容：

- 1 施工部署和施工进度计划；
- 2 滑模连续滑升程序与滑升速度；
- 3 材料、半成品、预埋件、施工机具和设备等连续保障计划；
- 4 施工总平面布置及滑模操作平台布置；
- 5 滑模施工技术 & 特殊部位的施工措施；
- 6 安全文明施工、质量保证措施；
- 7 高温、寒潮、雷雨、大风、冬期等特殊气候条件的滑模施工专项技术措施；
- 8 出模混凝土表面修饰与硬化混凝土成品保护措施；
- 9 绿色施工技术与措施；
- 10 滑模装置安全使用和拆除技术措施；
- 11 应急预案。

4.0.4 施工总平面布置应符合下列规定：

1 应满足施工工艺要求，减少施工用地和缩短地面水平运输距离。

2 在施工建筑物的周围应设置危险警戒区。警戒线至建筑物边缘的距离不应小于高度的 $1/10$ ，且不应小于 10m 。对于烟囱类变截面结构，警戒线距离应增大至其高度的 $1/5$ ，且不应小于 25m 。当不能满足要求时，应采取安全防护措施。

3 临时建筑物及材料堆放场地等应设在警戒区以外，当需在警戒区内堆放材料时，应采取安全防护措施。通过警戒区的人行道或运输通道，均应搭设安全防护棚。

4 材料堆放场地应靠近垂直运输机械，堆放数量应满足施工速度的要求。

5 应根据现场施工条件确定混凝土供应方式，当设置自备搅拌站时，宜靠近施工地点，其供应量应满足混凝土连续浇灌的用量。

6 现场运输、布料设备的数量应满足滑升进度的要求。

7 供水、供电应满足滑模连续施工的要求。当施工工期较长，且有断电可能时，应有双路供电或自备电源。操作平台的供水系统，应设加压水泵，满足最高点的施工要求。

8 测量施工工程垂直度和标高的观测站、点不应遭损坏，不应受振动及观测干扰。

9 操作平台上的提升架、千斤顶、液压控制台、固定施工设施等平面布置应合理，附设的安全设施应齐全。

10 应确定操作平台与地面管理点、混凝土等材料供应点以及垂直运输设备操纵室之间的通信联络方式和设备，并应有多重系统保障。

4.0.5 滑模施工技术方案应包括下列主要内容：

1 针对不同的结构类型，综合确定适宜的滑模施工方法；

2 滑模装置的设计与制作、组装及拆除；

3 进行混凝土配合比设计，确定浇灌顺序、浇灌速度、入模时限，混凝土的连续供应能力应满足单位时间所需混凝土量的(1.3~1.5)倍；

4 进行早龄期混凝土强度贯入阻力试验，绘制混凝土贯入阻力曲线；

5 绘制所有预留孔洞及预埋件在结构物上的位置和标高的展开图；

6 确定停滑、空滑、部分空滑的部位和相关技术措施；

7 确定与滑升速度相匹配的垂直与水平运输设备，当烟囱、水塔、竖井等采用柔性滑道、吊笼等装置时，应按国家现行标准进行安全及防坠落设计；

8 确定施工精度的控制方案，选配监测仪器及设置可靠的观测点；

9 制定滑模施工过程中结构物和施工操作平台稳定及纠偏、纠扭等技术措施；

10 制定施工人员上下疏散通道和安全措施。

5 滑模装置的设计与制作

5.1 荷 载

5.1.1 作用于滑模装置上的荷载，可分为永久荷载和可变荷载；永久荷载应包括滑模装置自重、作用在其上的其他荷载等，可变荷载应包括滑模装置上的施工荷载、风荷载和其他可变荷载等。

5.1.2 滑模装置的永久荷载标准值应根据实际情况计算，并应符合下列规定：

1 常用材料和构件的自重标准值应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。

脚手板自重标准值可取 0.35kN/m^2 ；

作业层的栏杆与挡脚板自重标准值可取 0.17kN/m ；

安全网的自重标准值应按实际情况采用，密目式立网自重标准值不应小于 0.01kN/m^2 。

2 模板系统、操作平台系统的自重标准值应根据设计图纸计算确定。

3 千斤顶、液压控制台、随升井架等位置固定的设备应按实际重量取值。

4 浇筑混凝土时的模板侧压力标准值，对于浇筑高度约 800mm ，侧压力合力可取 $5.0\text{kN/m} \sim 6.0\text{kN/m}$ ，合力的作用点在新浇混凝土与模板接触高度的 $2/5$ 处。

5.1.3 滑模装置的施工荷载标准值应按下列规定采用：

1 操作平台上可移动的施工设备、施工人员、工具和临时堆放的材料等应根据实际情况计算，其均布施工荷载标准值不应小于 2.5kN/m^2 ；

2 吊架的施工荷载标准值应按实际情况计算，且不应小于 2.0kN/m^2 ；

3 当在操作平台上采用布料机浇筑混凝土时，均布施工荷载标准值不应小于 4.0kN/m^2 。

5.1.4 滑模装置的其他可变荷载标准值应按下列规定采用：

1 当采用料斗向平台上直接卸混凝土时，对平台卸料点产生的集中荷载应按实际情况确定，且不应小于按下式计算的标准值：

$$W_k = \gamma[(h_m + h)A_1 + B] \quad (5.1.4-1)$$

式中： W_k ——卸混凝土时对平台产生的集中荷载标准值（kN）；

γ ——混凝土的重力密度（kN/m³）；

h_m ——料斗内混凝土上表面至料斗口的最大高度（m）；

h ——卸料时料斗口至平台卸料点的最大高度（m）；

A_1 ——卸料口的面积（m²）；

B ——卸料口下方可能堆存的最大混凝土量（m³）。

2 随升起重设备刹车制动力标准值可按下式计算：

$$W = [(V_a/g) + 1]Q = K_d Q \quad (5.1.4-2)$$

式中： W ——刹车时产生的荷载标准值（N）；

V_a ——刹车时的制动减速度（m/s²）；

g ——重力加速度（9.8m/s²）；

Q ——料罐总重（N）；

K_d ——动荷载系数，取 1.1~2.0。

3 当采用溜槽、串筒或小于 0.2m^3 的运输工具向模板内倾倒混凝土时，作用于模板侧面的水平集中荷载标准值可取 2.0kN 。

4 操作平台上垂直运输设备的起重量及柔性滑道的张紧力等应按实际荷载计算。

5 模板滑动时混凝土与模板间的摩阻力标准值，钢模板应取 $1.5\text{kN/m}^2 \sim 3.0\text{kN/m}^2$ ；当采用滑框倒模施工时，模板与滑轨间的摩阻力标准值应按模板面积计取 $1.0\text{kN/m}^2 \sim 1.5\text{kN/m}^2$ 。

6 纠偏纠扭产生的附加荷载，应按实际情况计算。

5.1.5 作用于滑模装置的水平均布风荷载标准值应按下式计算：

$$\omega_k = \mu_z \mu_s \omega_0 \quad (5.1.5)$$

式中： ω_k ——风荷载标准值 (kN/m^2)；

ω_0 ——基本风压值 (kN/m^2)，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用，可取重现期 $n=10$ 对应的风荷载，但不宜小于 0.3kN/m^2 ；

μ_z ——风压高度变化系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用；

μ_s ——风荷载体型系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用，但不宜低于 1.0。

5.1.6 滑模装置的荷载设计值应符合下列规定：

1 当计算滑模装置承载能力极限状态的强度、稳定性时，应采用荷载设计值；荷载设计值应采用荷载标准值乘以荷载分项系数，其中分项系数应按下列规定采用：

- 1) 对永久荷载分项系数，当其效应对结构不利时，对由可变荷载效应控制的组合，应取 1.2；对由永久荷载效应控制的组合，应取 1.35。当其效应对结构有利时，一般情况应取 1；对结构的倾覆验算，应取 0.9。
- 2) 对可变荷载分项系数，一般情况下应取 1.4，风荷载的分项系数应取 1.4；对标准值大于 4kN/m^2 的施工荷载应取 1.3。

2 当计算滑模装置正常使用极限状态的变形时，荷载设计值应采用荷载标准值，永久荷载与可变荷载的分项系数应取 1.0。

3 荷载分项系数的取值应符合表 5.1.6 的规定。

表 5.1.6 荷载分项系数

计算项目	荷载分项系数		
	永久荷载分项系数		可变荷载分项系数
强度、稳定性	由可变荷载控制的组合	1.20	1.40
	由永久荷载控制的组合	1.35	

续表 5.1.6

计算项目	荷载分项系数			
	永久荷载分项系数		可变荷载分项系数	
倾覆验算	有利	0.90	有利	0
	不利	1.35	不利	1.40
挠度	1.00		1.00	

5.1.7 滑模装置设计的荷载组合，应根据不同施工工况下可能同时出现的荷载，按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载组合，并应取各自最不利的效应组合进行设计。

5.1.8 对于承载能力极限状态，应按荷载的基本组合计算荷载组合的效应设计值，并应符合下列规定：

1 永久荷载、施工荷载、风荷载应取荷载设计值；当可变荷载对抗倾覆有利时，荷载组合计算可不计入施工荷载。

2 一般施工荷载的组合值系数应取 0.7；风荷载的组合值系数应取 0.6。

3 滑模装置承载能力计算的基本组合宜按表 5.1.8 的规定采用。

表 5.1.8 滑模装置承载能力计算的基本组合

强度、稳定性计算项目		荷载的基本组合
操作平台 结构提升 架支承杆	由可变荷载控制的组合	永久荷载+施工荷载+0.6×风荷载
	由永久荷载控制的组合	永久荷载+0.7×施工荷载+0.6×风荷载
模板围圈	由可变荷载控制的组合	永久荷载+施工荷载
	由永久荷载控制的组合	永久荷载+0.7×施工荷载
操作平台结构抗倾覆稳定		永久荷载+风荷载

注：表中的“+”仅表示各项荷载参与组合，不代表代数相加。

5.1.9 对正常使用极限状态，应按荷载的标准组合计算荷载组

合的效应设计值，并应符合下列规定：

- 1 永久荷载、施工荷载、风荷载应取荷载标准值；
- 2 滑模装置挠度计算的基本组合宜按表 5.1.9 的规定采用。

表 5.1.9 滑模装置挠度计算的标准组合

挠度计算项目	荷载的标准组合
模板、围圈	永久荷载+施工荷载
操作平台结构提升架	永久荷载+施工荷载+0.6×风荷载

注：表中的“+”仅表示各项荷载参与组合，不代表代数相加。

5.2 总体设计

5.2.1 滑模装置系统应包括下列主要内容：

- 1 模板系统包括模板、围圈、提升架、滑轨及倾斜度调节装置等；
- 2 操作平台系统包括操作平台、料台、吊架、安全设施、随升垂直运输设施的支承结构等；
- 3 提升系统包括液压控制台、油路、千斤顶、支承杆或电动提升机、手动提升器等；
- 4 施工精度控制系统包括建筑物轴线、标高、结构垂直度等的观测与控制设施，以及千斤顶的同步控制、平台偏扭控制等；
- 5 水电配套系统包括双路供电、随升施工管线、高压水泵、广播及通信监控设施以及平台上的防雷接地、消防设施等。

5.2.2 滑模装置的设计应包括下列主要内容：

- 1 绘制滑模初滑结构平面图及中间结构变化平面图；
- 2 确定模板、围圈、提升架及操作平台的布置，进行各类部件和节点设计；当采用滑框倒模时，进行模板与滑轨的构造专项设计；
- 3 确定液压千斤顶、油路及液压控制台的布置或电动等提

升设备的布置；

- 4 制定施工精度控制措施；
- 5 滑模装置的模板收分、关联的运输装置、最后拆除等特殊部位处理及特殊设施布置与设计；
- 6 采用清水混凝土模板的专项设计；
- 7 绘制滑模装置的组装图，提出材料、设备、构件一览表。

5.2.3 液压提升系统所需千斤顶和支承杆的最小数量可按下式确定：

$$n = N/P_0 \quad (5.2.3)$$

式中： n ——所需千斤顶和支承杆的最小数量；

N ——总垂直荷载（kN），取本标准永久荷载与施工荷载中所有竖向荷载的基本组合；

P_0 ——单个千斤顶或支承杆的允许承载力（kN），千斤顶的允许承载力为千斤顶额定提升能力的 1/2；支承杆的允许承载力按本标准附录 A 的简化方法确定，也可根据工程实际情况采用数值分析法按空间结构计算确定；取其较小值。

5.2.4 千斤顶的布置应使千斤顶受力均衡，布置方式应符合下列规定：

- 1 筒体结构宜沿筒壁均匀布置或成组等间距布置；
- 2 框架结构宜集中布置在柱子上，当成串布置千斤顶或在梁上布置千斤顶时，应对其支承杆进行加固；当选用大吨位千斤顶时，支承杆也可布置在柱或梁的体外，但应对支承杆进行加固；
- 3 剪力墙结构宜沿墙体布置，并应避开门窗洞口；当洞口部位需布置千斤顶时，应对支承杆进行加固；
- 4 平台上设有固定的较大荷载时应按实际荷载增加千斤顶数量；
- 5 在适当位置应增设一定数量的双顶。

5.2.5 采用电动提升设备应进行专门设计和布置。

5.2.6 提升架的布置应与千斤顶的位置相匹配，其间距应根据

结构部位的实际情况、千斤顶和支承杆允许承载能力以及模板和围圈的刚度确定。

5.2.7 操作平台结构应保证强度、刚度和稳定性，其结构布置宜采用下列形式：

1 连续变截面筒体结构可采用辐射梁、内外环梁以及下拉环和拉杆（或随升井架和斜撑）等组成的操作平台；

2 等截面筒体结构可采用桁架（平行或井字形布置）、梁和支撑等组成操作平台，或采用挑三脚架、中心环、拉杆及支撑等组成的环形操作平台；也可只用挑三脚架组成的内外悬挑环形平台；

3 框架、剪力墙结构可采用桁架、梁和支撑组成的固定式操作平台，或采用桁架和带边框的活动平台板组成可拆装的围梁式活动操作平台；

4 柱或排架结构可将若干个结构柱的围圈、柱间桁架组成整体式操作平台。

5.3 部件的设计与制作

5.3.1 滑动模板应保证强度和刚度，宜制作成定型模板，接触混凝土的模板表面应平整、耐磨，并应符合下列规定：

1 模板高度宜采用 900mm~1200mm，对筒体结构宜采用 1200mm~1500mm；滑框倒模的滑轨高度宜为 1200mm~1500mm，单块模板宽度宜为 300mm；

2 框架、剪力墙结构宜采用围模合一大钢模，标准模板宽度宜为 900mm~2400mm；筒体结构宜采用带肋定型模板，模板宽度宜为 100mm~500mm；

3 转角模板、收分模板、抽拔模板等异形模板，应根据结构截面的形状和施工要求设计；

4 围模合一大钢模的板面厚度不应小于 4mm，边框扁钢厚度不应小于 5mm，竖肋扁钢厚度不应小于 4mm，水平加强肋槽钢不宜小于 [8，应直接与提升架相连，模板连接孔宜为

φ18mm，其间距不应大于 300mm；小型组合钢模板的面板厚度不宜小于 2.5mm；角钢肋条不宜小于 L40×4，也可采用定型小钢模板；

5 模板制作应板面平整，无卷边、翘曲、孔洞及毛刺等，阴阳角模的单面倾斜度应符合设计要求；

6 滑框倒模施工所使用的模板宜选用组合钢模板；当混凝土外表面为直面时，组合钢模板应横向组装，当为弧面时，宜选用长 300mm~600mm 的模板竖向组装；

7 清水混凝土模板应单独设计制作。

5.3.2 围圈的构造应符合下列规定：

1 围圈截面尺寸应根据计算确定，上下围圈的间距宜为 450mm~750mm，围圈距模板边缘的距离不宜大于 250mm；

2 当提升架间距大于 2.5m 或操作平台的承重骨架直接支承在围圈上时，围圈应采用桁架式；

3 围圈在转角处应设计成刚性节点；

4 固定式围圈接头应采用等刚度型钢连接，连接螺栓每边不应少于 2 个；

5 在使用荷载作用下，两个提升架之间围圈的垂直与水平方向的变形不应大于跨度的 1/500；

6 连续变截面筒体结构的围圈宜采用分段伸缩式；

7 当设计滑框倒模的围圈时，应在围圈内挂竖向滑轨，滑轨的断面尺寸及安放间距应与模板的刚度相适应；

8 当高耸烟囱筒壁结构上下直径变化较大时，应配置多套不同曲率的围圈。

5.3.3 提升架应按实际的受力荷载进行强度、刚度计算，宜设计成装配式，其横梁、立柱和连接支腿应具有可调性；对于结构的特殊部位，应设计专用的提升架。

5.3.4 提升架的构造应符合下列规定：

1 提升架应用型钢制作，可采用单横梁 II 形架，双横梁的开形架或单立柱的 I 形架，横梁与立柱应刚性连接，两者的轴

线应在同一平面内，在施工荷载作用下，立柱下端的侧向变形不应大于 2mm；

2 模板上口至提升架横梁底部的净高度：采用 $\phi 48.3 \times 3.5$ 钢管支承杆时宜为 500mm~900mm，采用 $\phi 25$ 圆钢支承杆时宜为 400mm~500mm；

3 应具有调整内外模板间距和倾斜度的装置；

4 当采用工具式支承杆设在结构体内时，应在提升架横梁下设置内径比支承杆直径大 2mm~5mm 的套管，其长度应延伸到模板下缘；

5 当采用工具式支承杆设在结构体外时，提升架横梁相应加长，支承杆中心线距模板距离应大于 50mm。

5.3.5 操作平台、料台和吊架的结构形式应按施工工程的结构类型和受力确定，其构造应符合下列规定：

1 操作平台宜由桁架或梁、三角架及铺板等主要构件组成，应与提升架或围圈连成整体。当桁架的跨度较大时，桁架间应设置水平和垂直支撑，当利用操作平台作为模板或模板支承结构时，应根据实际荷载对操作平台进行验算和加固，并应采取与提升架脱离的措施。

2 当操作平台的桁架或梁支承于围圈上时，应在支承处设置支托或支架。

3 操作平台的外侧应设安全防护栏杆及安全网，其外挑宽度不宜大于 900mm。

4 吊架铺板的宽度宜为 500mm~800mm，钢吊杆的直径不应小于 16mm，吊杆螺栓应采用双螺帽。吊架外侧应设安全防护栏杆及挡脚板，并应满挂安全网。

5 桁架梁或辐射梁的挠度不应大于其跨度的 1/400。

5.3.6 滑模装置各种构件的制作要求应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和《组合钢模板技术规范》GB/T 50214 的规定，其允许偏差应符合表 5.3.6 的规定。其构件表面，除支承杆及接触混凝土的模板表面外，均应刷防锈涂料。

表 5.3.6 构件制作的允许偏差

名 称	内 容	允许偏差 (mm)
钢模板	高度	± 1
	宽度	$-0.7 \sim 0$
	表面平整度	± 1
	侧面平直度	± 1
	连接孔位置	± 0.5
围圈	长度	-5
	弯曲长度 $\leq 3\text{m}$	± 2
	弯曲长度 $> 3\text{m}$	± 4
	连接孔位置	± 0.5
提升架	高度	± 3
	宽度	± 3
	围圈支托位置	± 2
	连接孔位置	± 0.5
支承杆	弯曲	$< (1/1000) L$
	$\phi 48.3 \times 3.5$ 钢管直径	$-0.5 \sim 0.5$
	$\phi 25$ 圆钢直径	$-0.5 \sim 0.5$
	椭圆度公差	$-0.25 \sim 0.25$
	对接焊缝凸出母材	$< 0, 0.25$

注：L 为支承杆加工长度。

5.3.7 液压控制台的选用应符合下列规定：

1 液压控制台内，油泵的额定压力不应小于 12MPa，其流量可根据所带动的千斤顶数量、每只千斤顶油缸内容积及一次给油时间确定，大面积滑模施工可多个控制台并联使用；

2 液压控制台的换向阀和溢流阀的流量及额定压力均应大于或等于油泵的流量和液压系统最大工作压力，阀的公称内径不应小于 10mm，宜采用通流能力大、动作速度快、密封性能好、工作性能稳定的换向阀；

3 液压控制台的油箱应易散热、排污，并应有油液过滤的

装置，油箱的有效容量应为油泵排油量的 2 倍及以上；

4 液压控制台供电方式应采用三相五线制，电气控制系统应保证电动机、换向阀等按滑模千斤顶爬升的要求正常工作；

5 液压控制台应设有油压表、漏电保护装置、电压及电流表、工作信号灯和控制加压、回油、停滑报警、滑升次数时间继电器等。

5.3.8 油路的设计应符合下列规定：

1 输油管应采用高压耐油胶管或金属管，其耐压力不应低于 25MPa。主油管内径不应小于 16mm，二级分油管内径宜为 10mm~16mm，连接千斤顶的油管内径宜为 6mm~10mm；

2 油管接头、针形阀的耐压力和通径应与输油管相适应；

3 液压油应定期进行更换，并应有良好的润滑性和稳定性，其各项指标应符合国家现行有关标准的规定。

5.3.9 滑模千斤顶应逐个编号经过检验，并应符合下列规定：

1 千斤顶空载起动压力不应高于 0.3MPa；

2 当千斤顶最大工作油压为额定压力 1.25 倍时，卡头应锁固牢靠、放松灵活、升降过程应连续平稳；

3 当千斤顶的试验压力为额定油压的 1.5 倍时应保压 5min，各密封处应无渗漏；

4 当出厂前千斤顶在额定压力提升荷载时，下卡头锁固时的回降量对滚珠式千斤顶不应大于 5mm，对楔块式或滚楔混合式千斤顶不应大于 3mm；

5 同一批组装的千斤顶应调整其行程，其行程差不应大于 1mm。

5.3.10 支承杆的选用与检验应符合下列规定：

1 支承杆的制作材料宜选用 Q235B 焊接钢管，对热轧退火的钢管，其表面不应有冷硬加工层，并应符合现行国家标准《直缝电焊钢管》GB/T 13793 或《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091 中的规定。

2 支承杆直径应与千斤顶的要求相适应，长度宜为 3m~

6m。

3 采用工具式支承杆时应用螺纹连接：钢管 $\phi 48.3 \times 3.5$ 支承杆的连接螺纹宜为 M30，螺纹长度不宜小于 40mm；圆钢 $\phi 25$ 支承杆的连接螺纹宜为 M18，螺纹长度不宜小于 20mm。任何连接螺纹接头中心位置处公差均应为 $\pm 0.15\text{mm}$ ，支承杆借助连接螺纹对接后，支承杆轴线允许偏斜度应为其支承杆长度的 $1/1000$ 。

4 HPB300 级圆钢和 HRB335 级钢筋支承杆采用冷拉调直时，其延伸率不应大于 3%；支承杆表面不应有油漆和铁锈。

5 工具式支承杆的套管与提升架之间的连接构造，宜做成可使套管转动并能有 50mm 以上的上下移动量的方式。

6 对兼作结构钢筋的支承杆，其材质和接头应符合设计要求，并按国家现行有关标准的规定进行抽样检验。

5.3.11 精度控制仪器、设备的选配应符合下列规定：

1 千斤顶同步控制装置可采用限位卡挡、激光扫描仪、水杯自控仪、计算机整体提升系统等；

2 垂直度观测设备可采用激光铅直仪、全站仪、经纬仪等，其精度不应低于 $1/10000$ ；

3 测量靶标及观测站的设置应稳定可靠，便于测量操作，并根据结构特征和关键控制部位确定其位置。

5.3.12 水、电系统的选配应符合下列规定：

1 动力及照明用电、通信与信号的设置均应符合国家现行有关标准的规定；

2 电源线的选用规格应根据平台上全部电器设备总功率计算确定，其长度应大于从地面起滑开始至滑模终止所需的高度再增加 10m；

3 平台上的总配电箱、分区配电箱均应设置漏电保护器，配电箱中的插座规格、数量应能满足施工的需要；

4 平台上的照明应满足夜间施工所需的照度要求，吊架上及便携式的照明灯具，其电压不应高于 36V；

- 5 通信联络设施的声光信号应准确、统一、清楚，不扰民；
- 6 电视监控应能覆盖全面、局部以及关键部位；
- 7 向操作平台上供水的水泵和管路，其扬程和供水量应能满足滑模施工高度、施工用水及施工消防的需要。

6 滑模施工

6.1 滑模装置的组装

6.1.1 滑模装置组装前，应弹出组装线，完成各组装部件的编号、操作平台的水平标记、钢筋保护层垫块及预埋件等工作。

6.1.2 滑模装置的组装宜按下列程序进行：

1 安装提升架，使所有提升架的标高满足操作平台水平度的要求，对带有辐射梁或辐射桁架的操作平台，同时安装辐射梁或辐射桁架及其环梁；

2 安装内外围圈，调整其位置，使其满足模板倾斜度的要求；

3 绑扎竖向钢筋和提升架横梁以下钢筋，安设预埋件及预留孔洞的胎模，对体内工具式支承杆套管下端进行包扎；

4 当采用滑框倒模工艺时，安装框架式滑轨，并调整倾斜度；

5 安装模板，宜先安装角模后再安装其他模板；

6 安装操作平台的桁架、支撑和平台铺板；

7 安装外操作平台的支架、铺板和安全栏杆等；

8 安装液压提升系统，垂直运输系统及水、电、通信、信号精度控制和观测装置，并分别进行编号、检查和试验；

9 在液压系统试验合格后，插入支承杆；

10 在地面或横向结构面上组装滑模装置时，待模板滑至适当高度后，再安装内外吊架，挂安全网。

6.1.3 模板的安装应符合下列规定：

1 安装固定的模板截面尺寸应上口小、下口大，单面倾斜度宜为模板高度的 $0.1\% \sim 0.3\%$ ，对带坡度的筒体结构其模板倾斜度应根据结构坡度情况适当调整；

2 模板上口以下 2/3 模板高度处的净间距应与结构设计截面等宽；

3 圆形连续变截面结构的收分模板应沿圆周对称布置，每对模板的收分方向应相反，收分模板的搭接处不应漏浆。

6.1.4 滑模装置组装的允许偏差应符合表 6.1.4 的规定。

表 6.1.4 滑模装置组装的允许偏差

内 容		允许偏差 (mm)
模板结构轴线与相应结构轴线位置		3
围圈位置偏差	水平方向	±3
	垂直方向	±3
提升架的垂直偏差	平面内	±3
	平面外	±2
安放千斤顶的提升架横梁相对标高偏差		±5
模板尺寸的偏差	上口	-1~0
	下口	0~2
千斤顶位置安装的偏差	提升架平面内	±5
	提升架平面外	±5
圆模直径、方模边长的偏差		-2~3
相邻两块模板平面平整度偏差		2
组装模板内表面平整度偏差		3

6.1.5 液压系统组装完毕，应在插入支承杆前进行试验和检查，并应符合下列规定：

1 对千斤顶应逐一进行排气，并应排气彻底；

2 液压系统在试验油压下应保压 5min，不应渗油和漏油；

3 空载、保压、往复次数、排气等整体试验应达到指标要求，记录应准确。

6.1.6 液压系统试验合格后方可插入支承杆，支承杆轴线应与千斤顶轴线保持一致，其垂直度允许偏差宜为 2‰。

6.2 钢 筋

6.2.1 钢筋加工应符合下列规定：

- 1 横向钢筋的长度不宜大于 9m；
- 2 当竖向钢筋的直径小于或等于 22mm 时，其长度不宜大于 5m。

6.2.2 钢筋绑扎时，钢筋位置应准确，并应符合下列规定：

- 1 每一浇灌层混凝土浇灌完毕后，在混凝土表面以上至少应有一道绑扎好的横向钢筋；
- 2 竖向钢筋绑扎后，提升架横梁以上部分应采用限位支架等临时固定；
- 3 双层配筋的墙或筒壁，其立筋应成对排列，钢筋网片间应采用 V 字形拉结筋或用焊接钢筋骨架定位；
- 4 门窗等洞口上下两侧横向钢筋端头应绑扎平直、整齐，下口横筋宜与竖向钢筋焊接；
- 5 钢筋弯钩均应背向模板面；
- 6 应设置混凝土垫块或专用固定卡等保证钢筋保护层厚度；
- 7 当滑模施工的结构有预应力钢筋时，应在其预留孔道位置增加附加筋与主筋连接固定；
- 8 顶部的钢筋如挂有砂浆等污染物，在滑升前应及时清除。

6.3 支 承 杆

6.3.1 支承杆宜采用 $\phi 48.3 \times 3.5$ 焊接钢管，设置在混凝土体内的支承杆不应有油污。

6.3.2 支承杆的直径、规格应与所使用的千斤顶相适应，第一批插入千斤顶的支承杆长度不宜少于 4 种，两相邻接头位置高差不应小于 1m，同一高度上支承杆接头数不应大于总量的 1/4。

当采用钢管支承杆并布置在混凝土结构体外时，对支承杆的调直、接长、加固应作专项设计。

6.3.3 对采用平头对接、榫接或螺纹接头的非工具式支承杆，

当千斤顶通过接头部位后，应对接头进行焊接加固，当采用钢管支承杆并设置在混凝土体外时，宜采用工具式扣件加固。

6.3.4 采用钢管做支承杆时应符合下列规定：

1 钢管支承杆的规格宜为 $\phi 48.3 \times 3.5$ ，材质 Q235B，管径允许偏差均应为 $-0.5\text{mm} \sim 0.5\text{mm}$ ，壁厚允许偏差应为其厚度的 10%；

2 当采用焊接方法接长钢管支承杆时，宜对钢管一端端头进行缩口，缩口的长度不应小于 50mm，间隙应控制在 1.5mm 之内，当其接头通过千斤顶后，再进行焊接加固。也可采取在钢管一端倒角 $2 \times 45^\circ$ ，点焊 3 点以上，通过千斤顶后在接头处加焊衬管或钢筋，长度应大于 200mm；

3 当作为工具式支承杆时，钢管两端应分别焊接螺母和螺杆，螺纹宜为 M30，螺纹长度不应小于 40mm，螺杆和螺母应与钢管同心；

4 工具式支承杆的平直度偏差不应大于 1/1000；

5 工具式支承杆长度宜为 3m。第一次安装时可配合采用 4.5m、1.5m 长的支承杆，接头应错开。

6.3.5 当选用 $\phi 48.3 \times 3.5$ 钢管支承杆时应符合下列规定：

1 当支承杆设置在结构体内时，宜采用埋入方式；

2 设置在结构体外的工具式支承杆，其数量应能满足（5～6）个楼层高度的需要；应在支承杆穿过楼板的位置用扣件卡紧，使支承杆的荷载通过传力钢板、传力槽钢等传递到各层楼板上；

3 设置在体外的工具式支承杆，可采用脚手架钢管和扣件进行加固。当支承杆为群杆时，相互间应采用纵向、横向钢管水平连接成整体；当支承杆为单根时，应采取其他措施可靠连接。

6.3.6 用于筒体结构施工的非工具式支承杆，当通过千斤顶后，应与横向钢筋点焊连接，焊点间距不宜大于 500mm，点焊时严禁损伤受力钢筋。

6.3.7 定期检查支承杆的工作状态，当发现支承杆被千斤顶拔起或局部侧弯等情况时，应立即进行加固处理。当支承杆穿过较

高洞口或模板滑空时，应对支承杆进行加固。

6.3.8 当工具式支承杆分批拔出时，应按实际荷载确定每批拔出的数量，并不应超过总数的 1/4。对于 $\phi 25$ 圆钢支承杆，其套管的外径不宜大于 $\phi 36$ ；拔出的工具式支承杆应经检查合格后方可使用。

6.3.9 对于壁厚小于 200mm 的结构，不应采用工具式支承杆。

6.4 混 凝 土

6.4.1 用于滑模施工的混凝土早期强度增长速度应满足滑升速度的要求。

6.4.2 滑模施工前，应根据季节性施工等因素进行混凝土配合比的试配，应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定，并应符合下列规定：

1 混凝土宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥配制；

2 在混凝土中掺入的外加剂或掺合料应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 和有关环境保护标准的规定，其品种和掺量应通过试验确定；

3 混凝土入模时的坍落度应符合设计要求；其允许偏差应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

6.4.3 正常滑升时，混凝土的浇筑应符合下列规定：

1 应均匀对称交圈浇灌；每一浇灌层的混凝土表面应在一个水平面上，并应有计划、均匀地变换浇灌方向；

2 应采取薄层浇灌，浇灌层的厚度不宜大于 200mm；

3 上层混凝土覆盖下层混凝土的时间间隔不应大于混凝土的凝结时间，当间隔时间超过规定时，接茬处应按施工缝的要求处理；

4 在气温较高的时段，宜先浇灌内墙，后浇灌阳光直射的外墙；应先浇灌墙角、墙垛及门窗洞口等的两侧，后浇灌直墙；

应先浇灌较厚的墙，后浇灌较薄的墙；

5 预留孔洞、门窗口、烟道口、变形缝及通风管道等两侧的混凝土应对称均衡浇灌。

6.4.4 当采用布料机布送混凝土时，应进行专项设计，并应符合下列规定：

- 1 布料机的活动半径宜能覆盖全部待浇混凝土的部位；
- 2 布料机的活动高度应能满足模板系统和钢筋的高度；
- 3 布料机不宜直接支承在滑模平台上，当确需支承在平台上时，支承系统应进行专门设计；

4 布料机和泵送系统之间应有可靠的通信联系，混凝土宜先布料在操作平台的受料器中，再送入模板，并应控制每一区域的布料数量；

5 平台上的混凝土残渣应及时清出，严禁铲入模板内或掺入新混凝土中使用；

6 夜间作业时应有足够的照明。

6.4.5 混凝土的振捣应符合下列规定：

- 1 宜使用滑模专用的振捣器及浇筑用的配套工具；
- 2 振捣混凝土时振捣器不应直接接触及支承杆、钢筋；
- 3 振捣器应插入下一层混凝土内，但深度不应超过 50mm；
- 4 振捣不应过振或漏振。

6.4.6 混凝土出模后应及时检查，宜采用原浆压光进行修整。

6.4.7 混凝土的养护应符合下列规定：

1 浇筑的混凝土硬化后应及时养护，应保持混凝土表面湿润，养护时间不应少于 7d；

2 养护方法宜选用连续均匀喷雾养护或喷涂养护液；

3 混凝土的养护不应污染成品混凝土；

4 建筑物外墙外侧、较高筒体的两侧，可利用操作平台的吊架增设喷雾装置等加强养护。

6.4.8 混凝土的缺陷修整应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

6.5 预留孔和预埋件

6.5.1 预埋件安装应位置准确、固定牢靠，不应突出模板表面。预埋件出模板后应及时清理使其外露。

6.5.2 预留孔洞的胎模应具有设计的刚度，其厚度应比模板上口尺寸小 5mm~10mm，并应与结构钢筋固定牢靠。

6.5.3 当门窗框采用预先安装时，门窗和衬框的总宽度应比模板上口尺寸小 5mm~10mm，安装应有可靠的固定措施，门窗框安装的允许偏差应符合表 6.5.3 的规定。

表 6.5.3 门窗框安装的允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)	
	钢门窗	铝合金 (或塑钢) 门窗
中心线位移	5.0	5.0
框正、侧面垂直度	3.0	2.0
框对角线长度		
$\leq 2000\text{mm}$	5.0	2.0
$> 2000\text{mm}$	6.0	3.0
框的水平度	3.0	1.5

6.6 滑 升

6.6.1 滑模施工中应采取混凝土薄层浇灌、千斤顶微量提升等措施减少停歇，在规定时间内应连续滑升。

6.6.2 在确定滑升程序或滑升速度时，除应满足混凝土出模强度要求外，还应根据下列相关因素调整：

- 1 气候条件；
- 2 混凝土原材料及强度等级；
- 3 结构特点，包括结构形状、构件截面尺寸及配筋情况；
- 4 模板条件，包括模板表面状况及清理维护情况；
- 5 混凝土出模外观质量情况等。

6.6.3 初滑时，宜将混凝土分层交圈浇筑至 500mm~700mm（或模板高度的 $1/2 \sim 2/3$ ）高度，待第一层混凝土强度达到 0.2MPa~0.4MPa 或混凝土贯入阻力值为 $0.30\text{kN/cm}^2 \sim 1.05\text{kN/cm}^2$ 时，应进行（1~2）个千斤顶行程的提升，并对滑模装置和混凝土凝结状态进行全面检查，确定正常后，方可转为正常滑升。

混凝土贯入阻力值测定方法应符合本标准附录 B 的规定。

6.6.4 正常滑升过程中，应采取微量提升的方式，两次提升的时间间隔不宜超过 0.5h。

6.6.5 滑升过程中，应使所有的千斤顶充分的进油、排油。当出现油压增至正常滑升工作压力值的 1.2 倍，尚不能使全部千斤顶升起时，应立即停止提升操作，检查原因，及时进行处理。

6.6.6 在正常滑升过程中，每滑升 200mm~400mm，应对各千斤顶进行一次调平，特殊结构或特殊部位应采取专门措施保持操作平台基本水平。各千斤顶的相对标高差不应大于 40mm；相邻两个提升架上千斤顶升差不应大于 20mm。

6.6.7 连续变截面结构，每滑升 200mm 高度，至少应进行一次模板收分。模板一次收分量不宜大于 6mm。当结构的坡度大于 3.0% 时，应减小每次提升高度，当设计支承杆数量时，应适当降低其设计承载能力。

6.6.8 在滑升过程中，应检查和记录结构垂直度、水平度、扭转及结构截面尺寸等偏差数值。检查及纠偏、纠扭应符合下列规定：

1 每滑升一个浇灌层高度应自检一次，每次交接班时应全面检查、记录一次；

2 在纠正结构垂直度偏差时，应徐缓进行，避免出现硬弯；

3 当采用倾斜操作平台的方法纠正垂直偏差时，操作平台的倾斜度应控制在 1% 之内；

4 对筒体结构，任意 3m 高度上的相对扭转值不应大于 30mm，且任意一点的全高最大扭转值不应大于 200mm。

6.6.9 在滑升过程中,应检查操作平台结构、支承杆的工作状态及混凝土的凝结状态,发现异常,应及时分析原因并采取有效的处理措施。

6.6.10 框架结构柱子模板的停歇位置,宜设在梁底以下100mm~200mm处。

6.6.11 在滑升过程中,应及时清理粘结在模板上的砂浆和转角模板、收分模板与活动模板之间的灰浆,严禁将已硬结的灰浆混进新浇的混凝土中。

6.6.12 滑升过程中不应出现漏油,凡被油污染的钢筋和混凝土,应及时处理干净。

6.6.13 当因施工需要或其他原因不能连续滑升时,应采取下列停滑措施:

1 混凝土应浇灌至同一标高;

2 模板应每隔一定时间提升(1~2)个千斤顶行程,直至模板与混凝土不再粘结为止;

3 当采用工具式支承杆时,在模板滑升前应先转动并适当托起套管,使之与混凝土脱离,以避免将混凝土拉裂。

6.6.14 模板空滑时,应验算支承杆在操作平台自重、施工荷载、风荷载等组合作用下的稳定性,稳定性不满足要求时,应对支承杆采取可靠的加固措施。

6.6.15 混凝土出模强度应控制在0.2MPa~0.4MPa或混凝土贯入阻力值为0.30kN/cm²~1.05kN/cm²。采用滑框倒模施工的混凝土出模强度不应小于0.2MPa。

6.6.16 当支承杆无失稳可能时,应按混凝土的出模强度控制,模板的滑升速度应按下式计算:

$$V = (H - h_0 - a) / t \quad (6.6.16)$$

式中: V ——模板滑升速度 (m/h);

H ——模板高度 (m);

h_0 ——每个浇筑层厚度 (m);

a ——混凝土浇筑后其表面到模板上口的距离,取
0.05m~0.10m;

t ——混凝土从浇灌到位至达到出模强度所需的时间
(h),由试验确定。

6.6.17 当支承杆受压时,应按支承杆的稳定条件控制,模板的滑升速度应按下列规定确定:

1 对于 $\phi 48.3 \times 3.5$ 钢管支承杆,应按下式计算:

$$V = 26.5 / [T_1 \cdot (K \cdot P)^{1/2}] + 0.6 / T_1 \quad (6.6.17-1)$$

式中: P ——单根支承杆承受的垂直荷载 (kN);

T_1 ——在作业班的平均气温条件下,混凝土强度达到
2.5MPa 所需的时间 (h),由试验确定;

K ——安全系数,取 $K=2.0$ 。

2 对于 $\phi 25$ 圆钢支承杆,应按下式计算:

$$V = 10.5 / [T_2 \cdot (K \cdot P)^{1/2}] + 0.6 / T_2 \quad (6.6.17-2)$$

式中: T_2 ——在作业班的平均气温条件下,混凝土强度达到
0.7MPa~1.0MPa 所需的时间 (h),由试验确定。

6.6.18 当以滑升过程中工程结构的整体稳定控制模板的滑升速度时,应根据工程结构的具体情况,计算确定。

6.6.19 当 $\phi 48.3 \times 3.5$ 钢管支承杆设置在结构体外且处于受压状态时,该支承杆的脱空长度不应大于按下式计算的长度:

$$L_0 = 21.2 / (K \cdot P)^{1/2} \quad (6.6.19)$$

式中: L_0 ——支承杆的脱空长度 (m)。

6.7 横向结构的施工

6.7.1 按整体结构设计的横向结构,当采用后期施工时,应保证施工过程中的结构稳定,并应符合设计要求。

6.7.2 滑模工程横向结构的施工,宜采取逐层空滑现浇楼板施工。

6.7.3 当剪力墙结构采用逐层空滑现浇楼板工艺施工时，应符合下列规定：

1 当墙体模板空滑时，其外周模板与墙体接触部分的高度不应小于 200mm；

2 楼板混凝土强度应达到 1.2MPa 及以上，方能进行下道工序，支设楼板的模板时，不应损害下层楼板混凝土；

3 楼板模板支柱的拆除时间，除应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定外，还应保证楼板的结构强度满足承受上部施工荷载的要求。

6.7.4 当剪力墙结构的楼板采用逐层空滑安装预制楼板时，板下墙体混凝土的强度不应低于 4.0MPa，并严禁用撬棍在墙体上挪动楼板。

6.7.5 当剪力墙结构的楼板采用在墙上预留孔洞或现浇牛腿支承预制楼板时，现浇区钢筋应与预制楼板中的钢筋连成整体。预制楼板应设临时支撑，待现浇区混凝土达到设计强度标准值 70% 后，方可拆除支撑。

6.7.6 后期施工的现浇楼板，宜采用早拆模板体系。

6.7.7 所有二次施工的构件，其预留槽口的接触面不应有油污染，在二次浇筑之前，应彻底清除酥松的浮渣、污物，并按施工缝的程序做好各项作业，加强二次浇筑混凝土的振捣和养护。

6.8 滑模托带施工

6.8.1 大型空间等重大结构物，当支承结构采用滑模工艺施工时，可采用滑模托带方法进行整体就位安装。

6.8.2 当滑模托带施工时，支承结构从托带起始面正常滑升至托带结构高度位置，应采取停滑措施，在地面将被托带结构组装完毕，并应与滑模装置连接成整体；当支承结构再继续滑升时，托带结构应随同上升直到其支座就位标高，并应固定于相应的混凝土顶面。

6.8.3 滑模托带装置的设计，应能满足钢筋混凝土结构滑模施

工和托带结构就位安装的要求。其施工技术设计应包括下列主要内容：

- 1 滑模托带施工程序设计；
- 2 墙、柱、梁、筒壁等支承结构的滑模装置设计；
- 3 被托带结构与滑模装置的连接措施与分离方法；
- 4 千斤顶的布置与支承杆的加固方法；
- 5 被托带结构到顶滑模机具拆除时的临时固定措施和下降

就位措施；

- 6 拖带结构的变形观测与防止托带结构变形的技术措施。

6.8.4 滑模托带施工应对被托带结构进行附加应力和变形验算，计算各支座的最大反力值和最大允许升差值。

6.8.5 滑模托带装置的设计荷载除应按常规滑模计入荷载外，还应包括下列荷载：

- 1 被托带结构施工过程中的支座反力，依据托带结构的自重、托带结构上的施工荷载、风荷载以及施工中支座最大升差引起的附加荷载计算出各支承点的最大作用荷载；

- 2 滑模托带施工总荷载。

6.8.6 滑模托带施工的千斤顶和支承杆的承载能力应留有安全储备：对楔块式和滚楔混合式千斤顶安全系数不应小于 3.0，对滚珠式千斤顶安全系数不应小于 2.5。

6.8.7 施工中应保持被托带结构同步稳定提升，相邻两个支承点之间的允许升差值不应大于 20mm，且不应大于相邻两支座距离的 1/400，最高点和最低点允许升差值应小于托带结构的最大允许升差值，并不应大于 40mm。

6.8.8 当采用限位调平法控制升差时，支承杆上的限位卡应每隔 150mm~200mm 限位调平一次。

6.8.9 当滑模托带结构到达预定标高后，可采用常规现浇施工方法浇筑固定支座的混凝土。托带结构就位后的变形、最大挠度应符合设计要求，允许偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

6.9 滑模安全使用和拆除

- 6.9.1** 滑模装置的组装和拆除应按施工方案的要求进行，应指定专人负责现场统一指挥，并应对作业人员进行专项安全技术交底。
- 6.9.2** 组装和拆除滑模装置前，在建（构）筑物周围和垂直运输设施运行周围应划出警戒区、拉警戒线、设置明显的警示标志，并应设专人监护，非操作人员严禁进入警戒线内。
- 6.9.3** 滑模装置的安装和拆除作业应在白天进行；当遇到雷、雨、雾、雪、风速大于 8.0m/s 以上等恶劣天气时，不应进行滑模装置的安装和拆除作业。
- 6.9.4** 滑模装置上的施工荷载不应超过施工方案设计的允许荷载。
- 6.9.5** 每次初滑、空滑时，应全面检查滑模装置；正常滑升过程中应定期检查；每次检查确认安全后方可继续使用。
- 6.9.6** 当滑模施工过程中发现安全隐患时，应及时排除，严禁强行组织滑升。
- 6.9.7** 滑模装置系统上的施工机具设备、剩余材料、活动盖板与部件、吊架、杂物等应先清理，捆扎牢固，集中下运，严禁抛掷。
- 6.9.8** 滑模装置宜分段整体拆除，各分段应采取临时固定措施，在起重吊索绷紧后再割除支承杆或解除与体外支承杆的连接，下运至地面分拆，分类维护和保养。
- 6.9.9** 滑模施工中的现场管理、劳动保护、通信与信号、防雷、消防等要求，应符合现行行业标准《液压滑动模板施工安全技术规程》JGJ 65 的有关规定。

7 特种滑模施工

7.1 大体积混凝土施工

7.1.1 混凝土坝、闸门井、闸墩及大型桥墩、挡土墙等无筋和配有少量钢筋的混凝土工程，可采用大体积混凝土特种滑模施工。

7.1.2 滑模装置的总体设计除应符合本标准第 5.2 节的相关规定外，还应符合构筑物曲率、竖向坡度变化和精度控制要求。

7.1.3 当长度较大的构筑物整体浇筑时，其滑模装置应分段自成体系，分段长度不宜大于 20m，体系间接头处的模板应衔接平滑。

7.1.4 支承杆及千斤顶的布置，应受力均匀。宜沿构筑物断面成组均匀布置。支承杆至混凝土边缘的距离不应小于 200mm。

7.1.5 滑模装置的部件设计除应符合本标准第 5.3 节的相关规定外，还应符合下列规定：

1 操作平台宜由主梁、连系梁及铺板构成；在变截面结构的滑模操作平台中，应制定外悬部分的拆除措施；

2 主梁宜采用槽钢制作，并应根据构筑物的特征平行或径向布置，其间距宜为 2m~3m；其最大变形量不应大于计算跨度的 1/500；

3 围圈宜采用型钢制作，其最大变形量不应大于计算跨度的 1/1000；

4 梁端提升收分车行走的部位，应平直光洁，上部应设保护盖。

7.1.6 混凝土浇筑铺料厚度宜为 250mm~400mm；当采取分段滑升时，相邻段铺料厚度差不应大于一个铺料层厚；当采用吊罐

直接入仓下料时，混凝土吊罐底部至操作平台顶部的安全距离不应小于 600mm。

7.1.7 大体积混凝土工程滑模施工时的滑升速度宜为 50mm/h~100mm/h，混凝土的出模强度宜为 0.2MPa~0.4MPa，相邻两次提升的间隔时间不宜超过 1.0h；对反坡部位混凝土的出模强度，应通过试验确定。

7.1.8 大体积混凝土工程中的预埋件施工，应制定专项技术措施。

7.1.9 操作平台的偏移，应按下列规定进行检查与调整：

1 每提升一个浇灌层，应全面检查平台偏移情况，作出记录并及时调整；

2 当操作平台的累积偏移量超过 50mm 尚不能调平时，应停止滑升并及时处理。

7.2 混凝土面板施工

7.2.1 溢流面、泄水槽和渠道护面、隧洞底拱衬砌及堆石坝面板等工程，可采用混凝土面板特种滑模施工。

7.2.2 面板工程的滑模装置设计，应包括下列主要内容：

1 模板结构系统（包括模板、行走机构、抹面架）；

2 滑模牵引系统；

3 轨道及支架系统；

4 辅助结构及通信、照明、安全设施等。

7.2.3 模板结构的设计荷载应符合下列规定：

1 模板结构的自重（包括配重）应按实际重量计；

2 机具、设备等施工荷载按实际重量计；施工人员取 1.0kN/m^2 ；

3 当模板倾角小于 45° 时，新浇混凝土对模板的上托力取 $3\text{kN/m}^2 \sim 5\text{kN/m}^2$ ；当模板倾角大于或等于 45° 时，其上托力取 $5\text{kN/m}^2 \sim 15\text{kN/m}^2$ ；对曲线坡面，取较大值；

4 在确定混凝土与模板的摩阻力时，对新浇混凝土与钢模

板的粘结力取 0.5kN/m^2 ，混凝土与钢模板的摩擦系数取 $0.4\sim 0.5$ ；

5 在确定模板结构与滑轨的摩擦力时，对滚轮与轨道间的摩擦系数取 0.05 ，滑块与轨道间的摩擦系数取 $0.15\sim 0.5$ 。

7.2.4 模板结构的主梁应有足够的刚度，在设计荷载作用下的最大挠度应符合下列规定：

1 溢流面模板主梁的最大挠度不应大于主梁计算跨度的 $1/800$ ；

2 其他面板工程模板主梁的最大挠度不应大于主梁计算跨度的 $1/500$ 。

7.2.5 模板牵引力应按下列公式计算：

$$R = [FA + G\sin\beta + f_1 |G\cos\beta - P_c| + f_2 G\cos\beta]K \quad (7.2.5)$$

式中： R ——模板牵引力（ kN ）；

F ——模板与混凝土的粘结力（ kN/m^2 ）；

A ——模板与混凝土的接触面积（ m^2 ）；

G ——模板系统自重（包括配重及施工荷载）（ kN ）；

β ——模板的倾角（ $^\circ$ ）；

f_1 ——模板与混凝土间的摩擦系数；

P_c ——混凝土的上托力（ kN ）；

f_2 ——滚轮或滑块与轨道间的摩擦系数；

K ——牵引力安全系数，取 $1.5\sim 2.0$ 。

7.2.6 滑模牵引设备及其固定支座应符合下列规定：

1 牵引设备宜选用液压千斤顶、爬轨器、慢速卷扬机等，对溢流面的牵引设备，宜选用爬轨器；

2 当采用卷扬机和钢丝绳牵拉时，支承架、锚固装置的设计能力，应为总牵引力的（ $3\sim 5$ ）倍；

3 当采用液压千斤顶牵引时，设计能力应为总牵引力的（ $1.5\sim 2.0$ ）倍；

4 牵引力在模板上的牵引点应设在模板两端，至混凝土面

的距离不应大于 300mm；牵引力的方向与滑轨切线的夹角不应大于 10° ，否则应设置导向滑轮；

5 模板结构两端应设同步控制机构。

7.2.7 轨道及支架系统的设计应符合下列规定：

- 1 轨道可选用型钢制作，其分节长度应便于运输、安装；
- 2 在设计荷载作用下，支点间轨道的变形不应大于 2mm；
- 3 轨道的接头应布置在支承架的顶板上。

7.2.8 滑模装置的组装应符合下列规定：

1 组装顺序宜为轨道支承架、轨道、牵引设备、模板结构及辅助设施。

2 轨道安装的允许偏差应符合表 7.2.8 的规定。

表 7.2.8 轨道安装的允许偏差

序号	项 目	允许偏差 (mm)	
		溢流面结构	其他结构
1	标高	-2	5
2	轨距	3	3
3	轨道中心线	3	3

3 对牵引设备应进行检查并试运转，对液压设备应按本标准第 5.3.9 条进行检验。

7.2.9 混凝土的浇灌与模板的滑升应符合下列规定：

- 1 混凝土应分层浇灌，每层厚度宜为 300mm；
- 2 混凝土的浇灌顺序应从中间开始向两端对称进行，振捣时应防止模板上浮；
- 3 混凝土出模后应及时修整和养护；
- 4 因故停滑时，应采取相应的停滑措施。

7.2.10 混凝土的出模强度宜通过试验确定，亦可按下列规定选用：

- 1 当模板倾角小于 45° 时，取 0.1MPa；
- 2 当模板倾角大于或等于 45° 时，取 0.1MPa~0.3MPa。

7.2.11 对于陡坡上的滑模施工，应设置多重安全保险措施。当牵引机具为卷扬机钢丝绳时，地锚应安全可靠；当牵引机具为液压千斤顶时，还应对千斤顶的配套拉杆作整根试验检查。

7.2.12 面板成型后，其外形尺寸的允许偏差应符合下列规定：

- 1 溢流面表面平整度不应超过 $\pm 3\text{mm}$ ；
- 2 其他护面面板表面平整度不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

7.3 竖井井壁施工

7.3.1 混凝土或钢筋混凝土的竖井，可采用竖井井壁特种滑模施工。

7.3.2 滑模施工的竖井混凝土强度不宜低于 C25，井壁厚度不宜小于 160mm，井壁内径不宜小于 2m。当井壁结构设计为两层或三层时，采用滑模施工的每层井壁厚度不宜小于 160mm。

7.3.3 竖井应为单侧滑模施工，滑模装置应主要包括凿井绞车、提升井架、防护盘、工作盘（平台）、提升架、吊笼、通风、水电管线以及常规滑模施工的机具。

7.3.4 井壁滑模应设内围圈和内模板。围圈宜采用型钢加工成桁架形式；模板宜采用 2.5mm~3.5mm 厚大钢模，按井径可分为 3 块~6 块，高度宜为 1200mm~1500mm，在接缝处配以收分或楔形抽拔模板，模板的组装单面倾斜度宜为 5‰~8‰；提升架应为单腿 Γ 形。

7.3.5 防护盘应根据井深和井筒作业情况设置（3~5）层。防护盘的承重骨架宜采用型钢制作，上铺厚度 60mm 以上的木板，2mm~3mm 厚钢板，其上再铺一层 500mm 厚的松软缓冲材料。防护盘除采用绞车悬吊外，还应采用卡具（或千斤顶）与井壁固定牢固。

7.3.6 外层井壁宜采用边掘边砌的方法，由上而下分段进行滑模施工，分段深度应按工程地质和水文情况确定，宜为 3m~6m。当外层井壁采用掘进一定深度再施工该段井壁时，分段滑模的深度宜为 30m~60m。在滑模施工前，应对井筒岩土进行临

时支护。

7.3.7 竖井滑模使用的支承杆，宜采用拉杆式，并应符合下列规定：

1 拉杆式支承杆宜布置在结构体外，支承杆接长宜用丝扣连接；

2 拉杆式支承杆的上端应固定在专用环梁或上层防护盘的外环梁上；

3 固定支承杆的环梁宜采用槽钢制作，应由计算确定其规格；

4 环梁应使用绞车悬吊在井筒内，并采用 4 台以上千斤顶或紧固件与井壁固定；

5 当边掘边砌施工井壁时，宜采用拉杆式支承杆和升降式千斤顶；

6 当采用承压式支承杆时，支承杆应同常规滑模的支承杆布置在混凝土体内。

7.3.8 竖井井壁的滑模装置，应在地面进行预组装，检查调整达到质量标准，再进行编号，按顺序吊运到井下进行组装。每段滑模施工完毕，应对滑模装置进行复检，符合要求后，再送到下一工作面使用。需要拆散重新组装的部件，应编号后再拆运，应按号组装。

7.3.9 当滑模装置安装时，应对井筒中心与滑模工作盘中心、提升吊笼中心以及工作平台预留提升孔中心进行监测；应对拉杆式支承杆的中心与千斤顶中心、各层工作盘水平度进行监测。

7.3.10 在组装滑模装置前，沿井壁四周安放的刃脚模板应先固定牢固，滑升时，不应将刃脚模板带起。

7.3.11 当滑模中遇到与井壁相连的各种水平或倾斜巷道口、峒室时，应对滑模系统进行加固，并应做好空滑处理。在滑模施工前，应对靠近井壁 3m~5m 内的巷道口、峒室进行永久性支护。

7.3.12 滑模施工中应控制井筒中心的位移情况。边掘边砌的工程每一滑升段应检查一次；当分段滑模的深度超过 15m 时，每

10m 高应检查一次；其最大偏移量不应大于 15mm。

7.3.13 滑模施工期间应绘制井筒实测纵横断面图，并应填写混凝土和预埋件检查验收记录。

7.3.14 井壁质量应符合下列规定：

1 与井筒相连的各水平巷道或峒室的标高应符合设计要求，其最大允许偏差为 100mm；

2 井筒的最终深度，不应小于设计值；

3 井筒的内半径最大允许偏差：有提升设备时不应大于 50mm，无提升设备时不应大于 50mm；

4 井壁厚度局部偏差不应大于 50mm。

7.4 复合壁施工

7.4.1 保温复合壁贮仓、节能型高层建筑、双层墙壁的冷库、冻结法施工的矿井复合井壁等工程可采用复合壁特种滑模施工。

7.4.2 复合壁施工的滑模装置应在内外模板之间设置隔离板，并应符合下列规定：

1 隔离板应采用钢板制作；

2 在面向有配筋的墙壁一侧，隔离板在竖向上应焊接与其底部平齐的圆钢，圆钢的上端与提升架间的联系梁等应可靠连接，圆钢的直径宜为 $\phi 25 \sim \phi 28$ ，间距宜为 1000mm~1500mm；

3 隔离板安装后应保持垂直，其上口应高于模板上口 50mm~100mm，深入模板内的高度可根据现场施工情况确定，应小于混凝土的浇灌层厚度 25mm。

7.4.3 滑模用的支承杆应布置在强度等级较高一侧的混凝土内。

7.4.4 当浇灌两种不同性质的混凝土时，应先浇灌强度等级高的混凝土，后浇灌强度等级较低的混凝土；振捣时，先振捣强度等级高的混凝土，再振捣强度等级较低的混凝土，直至密实。同一层两种不同性质的混凝土浇灌层厚度应一致，浇灌振捣密实后其上表面应在同一平面上。

7.4.5 隔离板上粘结的砂浆应及时清除。两种不同的混凝土内

应加入合适的外加剂调整其凝结时间、流动性和强度增长速度，使两种不同性能的混凝土均能满足同一滑升速度的需要。

7.4.6 在复合壁滑模施工中，不应进行空滑施工。当停滑时应按本标准第 6.6.13 条的规定采取停滑措施，但模板总的提升高度不应大于一个混凝土浇灌层的厚度。

7.4.7 复合壁滑模施工到顶，最上一层混凝土浇筑完毕后，应立即将隔离板提出混凝土表面，再适当振捣混凝土，使两种混凝土间出现的隔离缝接合紧密。

7.4.8 采用轻质混凝土的预留洞或门窗洞口四周宜采用普通混凝土代替，替换厚度不宜小于 60mm。

7.4.9 复合壁滑模施工的壁厚允许偏差应符合表 7.4.9 的规定。

表 7.4.9 复合壁滑模施工的壁厚允许偏差

项目	壁厚允许偏差 (mm)		
	混凝土强度较高的壁	混凝土强度较低的壁	总壁厚
允许偏差	-5~+10	-10~+5	-5~+8

8 质量检查及工程验收

8.1 质量检查

8.1.1 滑模施工常用检查记录表应符合本标准附录 C 的规定。

8.1.2 工程质量检查工作应适应滑模施工。

8.1.3 兼作结构钢筋的支承杆的连接接头、预埋插筋、预埋件等应作隐蔽工程验收。

8.1.4 施工中的检查应包括现场地面上和操作平台上两部分，并应符合下列规定：

1 地面上进行的检查应包括下列主要内容：

- (1) 所有原材料的质量检查；
- (2) 所有加工件及半成品的检查；
- (3) 影响平台上作业的相关因素和条件检查；
- (4) 滑模综合工种、特殊作业操作上岗资格的检查；
- (5) 清水混凝土的开盘鉴定等。

2 操作平台上应紧随各工序跟班作业检查，应包括下列主要内容：

(1) 检查节点处汇交的钢筋及接头质量，隐蔽工程的质量应符合验收要求。

- (2) 检查钢筋的保护层厚度垫块和预埋件的固定；
- (3) 检查混凝土的性能及浇灌层厚度；
- (4) 检查滑升作业前影响滑升的障碍物；
- (5) 检查混凝土的出模强度、外观质量及结构截面尺寸；
- (6) 检查混凝土的养护情况。

8.1.5 滑模施工检查验收应主要包括施工方案、主要构配件、滑模装置系统、安全设施及混凝土出模质量等；有关检查内容要点、判定方法应符合本标准附录 D 的规定。

8.1.6 混凝土的质量检验应符合下列规定：

1 标准养护混凝土试块的组数，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定；

2 混凝土出模强度的检查，宜在滑模平台上用贯入阻力法进行测定，每一工作班不应少于一次，当在一个工作班上气温有骤变或混凝土配合比有变动时，应相应增加检查次数；

3 在每次模板提升后，应立即检查出模混凝土的外观质量，发现问题应及时处理，并应作好处理记录。

8.1.7 对于高耸结构垂直度的测量，应根据结构自振、风荷载及日照的影响，宜以当地时间 6：00～9：00 间的观测结果为准。

8.2 工 程 验 收

8.2.1 滑模工程的施工质量验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

8.2.2 滑模施工混凝土结构的允许偏差应符合表 8.2.2 的规定，其中整体垂直度允许偏差不应大于全高的 0.1%。

8.2.3 钢筋混凝土烟囱的允许偏差，应符合现行国家标准《烟囱工程施工及验收规范》GB 50078 的规定。

8.2.4 特种滑模施工的混凝土结构允许偏差，应符合国家现行有关专业标准的规定。

表 8.2.2 滑模施工混凝土结构的允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)
轴线位置		±8
梁、柱、墙截面尺寸		-5, 10
标 高	层高	±10
	全高	±30
表面平整 (2m 长直尺检查)		8
清水混凝土的表面平整		5

续表 8.2.2

项 目		允许偏差 (mm)
垂直度	层高小于或等于 6m	10
	层高大于 6m	12
	全高	≤ 30
门窗洞口及预留洞口中心线		± 15
预埋件中心线		± 15
筒体结构	定位中心线	0, 15
	筒壁厚度	-5, 10
	任意截面的半径	≤ 25
	全高垂直度	≤ 50

附录 A 支承杆允许承载力确定方法

A. 0. 1 当采用 $\phi 48.3 \times 3.5$ 钢管支承杆时，支承杆的允许承载力应按下式进行简化计算：

$$P_0 = (\alpha/K) \times (99.6 - 0.22L_0) \quad (\text{A. 0. 1})$$

式中： P_0 ——支承杆的允许承载力（kN）；

α ——工作条件系数，取 0.7~1.0，视施工操作水平、滑模平台结构情况确定。一般整体式刚性平台取 0.7，分割式平台取 0.8；

K ——安全系数，取值不应小于 2.0；

L_0 ——支承杆脱空长度（cm）；当支承杆在结构体内时，取千斤顶下卡头到浇筑混凝土上表面的距离；当支承杆在结构体外时，取千斤顶下卡头到模板下口第一个横向支撑扣件节点的距离。

A. 0. 2 当采用 $\phi 25$ 圆钢支承杆，模板处于正常滑升状态时，即从模板上口以下，最多只有一个浇灌层高度尚未浇筑混凝土的条件下，支承杆的允许承载力应按下式进行简化计算：

$$P_0 = \alpha \cdot 40EI / [K(L_0 + 95)^2] \quad (\text{A. 0. 2})$$

式中： E ——支承杆弹性模量（kN/cm²）；

I ——支承杆截面惯性矩（cm⁴）；

L_0 ——支承杆脱空长度，从混凝土上表面至千斤顶下卡头距离（cm）。

A. 0. 3 当支承杆因构筑物工艺要求倾斜布设时，支承杆的允许承载力应计算倾斜产生的不利影响。

附录 B 用贯入阻力测量混凝土 凝固的试验方法

B.0.1 贯入阻力试验应在混凝土拌合物中筛出的砂浆中进行。以一根测杆在 $10\text{s}\pm 2\text{s}$ 的时间内垂直插入砂浆中 $25\text{mm}\pm 2\text{mm}$ 深度时，测杆端部单位面积上所需力——贯入阻力的大小来判定混凝土凝固的状态。

B.0.2 试验仪器与工具应包括下列仪器：

1 贯入阻力仪主要包括加荷装置和测杆，加荷装置的最大测量值不小于 1kN ，精度为 $\pm 5\text{N}$ ；测杆的承压面积为 100mm^2 、 50mm^2 和 20mm^2 三种，在距贯入端 25mm 处刻一圈标记；

2 砂浆试模的高度为 150mm ，圆柱体试模的直径或立方体试模的边长不应小于 150mm ；试模需要采用刚性不吸水的材料制作；

3 标准筛应符合现行国家标准《试验筛 金属丝编织网、穿孔板和电成型薄板 筛孔的基本尺寸》GB/T 6005 的有关规定，筛孔孔径 5mm ，筛取砂浆用；

4 吸液管用以吸除砂浆试件表面的泌水。

B.0.3 砂浆试件的制备及养护应符合下列规定：

1 应从试验制备或现场取样的混凝土拌合物中，采用标准筛把砂浆筛落在不吸水的垫板上，每次应筛净，并拌合均匀，将砂浆一次分别装入试模中。

2 砂浆试样宜采用振动台或振动器振实，振动应持续到表面出浆为止，不得过振。当采用人工捣实时，可在试件表面每隔 $20\text{mm}\sim 30\text{mm}$ 用捣固棒插捣一次，然后用棒敲击试模周边，使插捣的印穴弥合，捣实后的砂浆表面宜低于试模上沿约 10mm 。

3 应把试样置于试验所规定的条件下进行养护。

B.0.4 测试方法应符合下列规定：

1 应在测试前 5min 吸除试件表面的泌水，在吸水时，试模可稍微倾斜，吸干后平稳地复原。

2 根据混凝土砂浆凝固情况，选用适当规格的贯入测杆，测试时应将测杆端部与砂浆表面接触，然后约在 10s 的时间内，向测杆施以均匀向下的压力，直至测杆贯入砂浆表面下 25mm 深度，并应记录贯入阻力仪指针读数、测试时间及混凝土龄期。更换测杆宜按附录表 B.0.4 选用。

表 B.0.4 更换测杆选用表

贯入阻力值 (kN/cm ²)	0.02~0.35	0.35~2.0	2.0~2.8
测杆面积 (mm ²)	100	50	20

3 对于常温下的混凝土，贯入阻力的测试时间可从搅拌后 2h 开始进行，每隔 1h 测试一次，每次测 3 点，直至贯入阻力达到 2.8kN/cm² 时为止。各测点的间距应大于测杆直径的两倍，且不应小于 15mm，测点与试件边缘的距离不应小于 25mm。对于速凝或缓凝的混凝土及气温过高或过低时，可将测试时间适当调整。

4 贯入阻力的计算是将测杆贯入时所需的压力除以测杆截面面积。每次测试的三点取平均值，当三点数值的最大差异超过 20%，取相近两点的平均值。

B.0.5 试验报告应符合下列规定：

1 试验的原始资料应包括下列内容：

- 1) 混凝土配合比，水泥、粗细骨料品种，水灰比等；
- 2) 附加剂类型及掺量；
- 3) 混凝土坍落度、强度等级；
- 4) 试验日期、筛出砂浆时的温度及试验环境温度；
- 5) 贯入阻力试验结果。

2 应绘制混凝土贯入阻力曲线，以贯入阻力为纵坐标 (kN/cm²)，以混凝土龄期 (h) 为横坐标，绘制曲线的试验数据

不应少于 6 个。

B. 0. 6 混凝土贯入阻力曲线的分析及应用应符合下列规定：

1 混凝土出模时应达到的贯入阻力范围，从混凝土贯入阻力曲线上可以得出混凝土的最早出模时间（龄期）及适宜的滑升速度的范围，并可以此检查实际施工时的滑升速度。

2 当滑升速度已确定时，可从事先绘制好的多组混凝土贯入阻力曲线中，选择与已定滑升速度相适应的混凝土配合比。

3 在现场施工中，可随时测定混凝土的贯入阻力，检查混凝土的出模强度及滑升时间。

附录 C 滑模施工常用检查记录表

C.0.1 滑模施工预埋件检查记录应符合表 C.0.1 的规定。

表 C.0.1 滑模施工预埋件检查记录

编号：

工程名称				施工单位			
标高	位置	编号、名称	尺寸简图	数量	加工情况	埋设情况	埋设日期
1	2	3	4	5	6	7	8
1 全部检查； 2 预埋件位置符合设计要求； 3 预埋件不应露出混凝土表面							

负责人：

质检员：

记录人：

注：（1～5）项在施工开始前填写；（6～8）项在施工过程中填写。

C.0.2 贯入阻力试验检查记录应符合表 C.0.2 的规定。

表 C.0.2 贯入阻力试验检查记录

编号:

工程名称		试验日期		试验部位		天气情况		
混凝土强度	水灰比 %	坍落度 (cm)	水泥品种	附加剂品种		混凝土配合比 (kN/m³)		备 注
				掺合料	外加剂	水泥	砂	
测 试 记 录								
测试环境		筛出砂浆时温度 (°C)		贯入阻力曲线				
测试时间								
测试温度								
测杆面积								
贯 入 力 (kN)	1							
	2							
	3							
	平均值							
贯入阻力值								
检查要求		1 检查试验设备的合格证、准用证；2 检查试验记录，符合试验方案要求；3 同一配合比、24h 内的强度增长变化规律曲线						

负责人： 质检员： 计算： 测试人：

注：1 按本标准附录 B 进行试验，绘制曲线的试验数据不应少于 6 个；
2 贯入阻力平均值达到 2.8kN/cm² 时可以停止；
3 贯入阻力 3 点数值的最大差异超过 20% 时，取相近 2 点的平均值。

C.0.3 提升系统滑升检查记录应符合表 C.0.3 的规定。

表 C.0.3 提升系统滑升检查记录

编号：

工程名称						施工单位			
日期		作业 班次		操作平台 标高	接班时				
					交班时				
混凝土浇筑开始时间			时 分		混凝土浇筑完成时间			时 分	
提升次数	时间	提升行程数	实测提升高度		平均高度 (mm/次)				
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
本班提升总高				最高油压					
检查 要求	1 检查每 1 个工作班组滑升的记录； 2 用钢卷尺检查提升高度； 3 滑升进度与混凝土出模强度相适应，符合施工方案要求								

负责人：

质检员：

填表人：

C.0.4 滑模平台垂直度测量检查记录应符合表 C.0.4 的规定。

表 C.0.4 滑模平台垂直度测量检查记录

编号：

工程名称		施工单位	
施工部位		日期	
测点	时间	标高	
序号	位移值 (mm)		方向
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
简图			
检查要求	1 检查全站仪、经纬仪等测量设备的合格证、准用证； 2 每 1 个标准楼层或小于 9m 高度，测量检查不少于 1 次； 3 垂直度控制调整符合设计要求		

负责人： 质检员： 测量人：

C.0.5 滑模平台水平度测量记录应符合表 C.0.5 的规定。

表 C.0.5 滑模平台水平度测量记录

编号：

工程名称		施工单位	
施工部位		日期	
测点	时间	基准标高	
序号	高程差 H_i (mm)		相对高程差 ΔH_i ：
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
简图			
检查要求	1 检查全站仪、水准仪等测量设备的合格证、准用证； 2 每 1 个标准楼层或小于 9m 高度，测量检查不少于 1 次； 3 垂直度控制调整符合设计要求		

负责人： 质检员： 测量人：

注：基准标高指本次测量时所取参考水平面的标高值；

高程差 H_i 指被测点与基准参考水平面的高差，高于参考平面为 (+)，低于为 (-)；

相对高程差 ΔH_i 指被测点高程差 (H_i) 与各测点高程差平均值 ($\bar{H}_i$) 的差，即：

$$\Delta H_i = H_i - \bar{H}_i$$

$$\bar{H}_i = \Sigma H_i / n$$

式中： ΣH_i ——各测点高程差之和；

n ——以同一参考平面的测点总数。

C.0.6 纠偏、纠扭施工检查记录应符合表 C.0.6 的规定。

表 C.0.6 纠偏、纠扭施工检查记录

编 号：

工程名称		施工单位	
纠偏（扭）部位			
纠偏（扭）原因			
技术要点与 操作要求			
处理结（效）果			
检查要求	1 检查纠偏（扭）方案编审程序符合性； 2 检查每次纠偏（扭）的施工记录； 3 检查每次控制调整是否达到设计要求		

负责人：

质检员：

编制人：

现场工程师：

附录 D 滑模施工检查验收记录表

表 D 滑模施工检查验收记录

工程名称		施工单位		
序号	检查项目	检查内容要点	检查判定方法说明	符合性
1	施工方案	施工方案编审程序符合性，滑模施工工艺的可行性； 滑模装置详图设计核查； 滑模装置加工制作质量	检查施工方案的编制、审核、批准手续，审查意见的整改落实情况； 检查滑模装置设计计算书的手续完整性，检查主要荷载取值等是否符合实际情况和标准规定； 检查滑模装置加工制作技术资料； 检查现场滑模装置与设计图是否一致	
2	主要构配件	材质、规格与方案的符合性； 材料质量复试； 外观质量检查； 预埋件质量检查	材料外观检查应符合国家现行标准的有关规定； 检查产品质量合格证、性能检验报告等有效性； 检查材料按规定复试的质量报告； 材料规格尺寸按规定抽检； 预埋件隐检记录	
3	模板系统	检查模板、围圈、提升架质量； 检查倾斜度调节装置等	检查模板的几何形状是否符合设计要求，倾斜度调节装置是否有效，保证结构截面尺寸，预防模板出现反锥度； 检查模板内表面平整度、模板拼缝质量； 检查围圈、提升架是否符合设计要求，有无明显变形； 检查收分模板、抽拔模板是否符合设计要求； 检查模板空滑高度是否超过允许值	

续表 D

序号	检查项目	检查内容要点	检查判定方法说明	符合性
4	操作平台系统	检查操作平台、料台等结构的强度、刚度和稳定性； 检查随升垂直运输设施的支承结构等	检查操作平台的施工荷载情况，防止局部超载； 检查操作平台上各观测点与相对应的标准控制点间的偏差记录表是否超标； 检查拔杆、井架等随升垂直运输装置及料台的支承结构是否符合设计要求； 检查利用操作平台纠偏或纠扭记录、效果	
5	提升系统	检查支承杆的工作状态； 检查千斤顶和液压系统的工作状态； 检查滑升速度	检查支承杆、千斤顶、液压控制台等规格、数量、性能是否符合设计要求； 检查液压千斤顶的给油、排油、提升等工作状态是否正常，避免漏油污染支承杆和混凝土，查看提升记录； 检查支承杆是否出现异常倾斜、弯曲，接头质量及部位是否满足设计要求； 查看提升系统滑升检查记录表	
6	滑模精度控制系统	检查建筑物轴线、标高、垂直度； 检查千斤顶的同步性； 检查平台偏扭的纠正效果	检查精度控制方案是否满足设计要求，查验仪器检定报告、合格证，查看测量记录； 检查各千斤顶的升差情况，复核调平装置； 检查千斤顶同步控制装置如限位卡挡、激光扫描仪、计算机控制装置等是否灵敏、有效	
7	水电配套系统	检查临时供电设施； 检查临时供水设施； 检查广播及通信监控设施	检查是否有双路供电或自备电源； 检查是否设高压水泵，满足最高点的供水和施工消防要求； 检查通信联络设施的声光信号是否准确、统一、清楚，不扰民，并有多重系统保障	

续表 D

序号	检查项目	检查内容要点	检查判定方法说明	符合性
8	安全设施	检查防护栏杆、脚手板、挡脚板、安全网等设施； 检查安全通道、疏散楼梯； 检查防雷接地设施、消防设施	检查安全技术交底记录； 核查安全设施现场布设是否符合设计要求，是否完善、有效； 危险警戒区、安全标识及标牌是否醒目与齐全； 复测接地电阻是否符合国家现行标准的规定； 检查灭火器材的性能、数量和消防水压是否达标； 检查安全通道、疏散楼梯是否通畅，应急照明是否有效	
9	混凝土出模质量	检查出模强度； 检查出模混凝土观感质量	检查贯入阻力试验记录或滑模早期强度测试仪记录，出模强度是否满足本标准的控制要求； 检查刚出模的混凝土原浆压实效果，检查混凝土有无拉裂、鱼鳞状外凸、偏扭痕迹、局部坍塌等现象，及时整改	
施工单位 检查结论	结论： 检查日期： 年 月 日 质量负责人： 项目技术负责人： 项目经理：			
监理单位 验收结论	结论： 验收日期： 年 月 日 专业监理工程师： 总监理工程师：			

本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，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

- 1 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 2 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 3 《烟囱工程施工及验收规范》GB 50078
- 4 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 5 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 6 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
- 7 《组合钢模板技术规范》GB/T 50214
- 8 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 9 《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091
- 10 《试验筛 金属丝编织网、穿孔板和电成型薄板 筛孔的基本尺寸》GB/T 6005
- 11 《混凝土外加剂》GB 8076
- 12 《直缝电焊钢管》GB/T 13793
- 13 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
- 14 《液压滑动模板施工安全技术规程》JGJ 65

中华人民共和国国家标准

滑动模板工程技术标准

GB/T 50113 - 2019

条文说明

编制说明

《滑动模板工程技术标准》GB/T 50113 - 2019 经住房和城乡建设部 2019 年 5 月 24 日以第 137 号公告批准、发布。

本标准是在《滑动模板工程技术规范》GB 50113 - 2005 的基础上修订而成，上一版的主编单位是中冶集团建筑研究总院，参编单位是中国京冶建设工程承包公司、中国有色工程设计研究总院、北京住总集团有限责任公司一分部、中建一局建设发展公司、首都钢铁公司建筑研究所、江苏江都建筑专用设备厂、中煤能源集团公司第 68 工程处、上海住乐建设总公司、北京市建筑设计研究院，主要起草人：彭宣常、罗竞宁、张晓萌、胡洪奇、毛凤林、张良杰、董效良、王兰明、杜永深、张崇烨、程骐、陈冰。

本标准修订过程中，编制组进行了广泛深入的调查研究，总结了我国滑模工程的实践经验，参考有关国际标准和国外先进技术标准，并在广泛征求意见的基础上，修订了本标准。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《滑动模板工程技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、理由、主要依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准的参考。

目 次

1	总则	71
2	术语和符号	72
2.1	术语	72
2.2	符号	72
3	滑模施工的工程设计	73
3.1	一般规定	73
3.2	筒体结构	76
3.3	框架结构	77
3.4	剪力墙结构	79
4	滑模施工的准备	80
5	滑模装置的设计与制作	82
5.1	荷载	82
5.2	总体设计	85
5.3	部件的设计与制作	87
6	滑模施工	91
6.1	滑模装置的组装	91
6.2	钢筋	92
6.3	支承杆	93
6.4	混凝土	95
6.5	预留孔和预埋件	98
6.6	滑升	98
6.7	横向结构的施工	107
6.8	滑模托带施工	109
6.9	滑模安全使用和拆除	111
7	特种滑模施工	113

7.1	大体积混凝土施工	113
7.2	混凝土面板施工	114
7.3	竖井井壁施工	114
7.4	复合壁施工	116
8	质量检查及工程验收	119
8.1	质量检查	119
8.2	工程验收	121

1 总 则

1.0.1 滑模工艺是混凝土工程施工方法之一，与一般模架施工方法相比，它具有施工速度快，机械化程度高，结构整体性能好，所占用的场地小、粉尘污染少，有利于绿色环保及安全文明施工，滑模设施易于拆散和灵活组配，可以重复利用等优点。

制定本标准是为了使滑模工程质量能够达到设计文件和相关标准的要求，确保施工安全和工程质量，同时更好地贯彻绿色施工等技术经济政策，以推动滑模施工技术的进步。

1.0.2 本标准主要用于指导采用滑模施工的混凝土结构工程的设计、施工及验收，包括筒仓、电梯井筒、井塔、水塔、造粒塔、烟囱、电视塔、油罐、桥墩等筒体结构，大型独立混凝土柱、构筑物底部框架、多层和高层等框架结构，多层、高层和超高层建筑物等剪力墙结构以及大体积混凝土、混凝土面板、竖井井壁、复合壁等特种滑模施工。

1.0.3 本标准是针对滑模施工特点编制的，因此采用滑模施工的工程，在设计和施工中除应遵守本标准外，还应遵守国家现行有关标准的规定，如《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《烟囱工程施工与验收规范》GB 50078、《煤矿井巷工程施工规范》GB 50511、《钢筋混凝土筒仓施工与质量验收规范》GB 50669、《液压滑动模板安全技术规程》JGJ 65、《建筑施工模板安全技术规范》JGJ 162、《水工建筑物滑动模板施工技术规范》DL/T 5400 等等。

2 术语和符号

2.1 术 语

本标准给出了 14 个有关涉及滑模工程的专用术语，并从滑模工程的角度赋予了其特定的涵义，但涵义不一定是其严密的定义。本标准给出了相应的推荐性英文术语，该英文术语不一定是国际上的标准术语，仅供参考。

2.2 符 号

本标准给出了 40 个符号，并对每一个符号给出了定义，这些符号都是本标准各章节中所引用的。

3 滑模施工的工程设计

3.1 一般规定

3.1.1 本条为新增条文。采用滑模施工并不需要改变原设计的结构方案，通常也不带来特殊的设计计算问题。滑模工艺为结构设计提供了新的条件，同时需要设计了解滑模施工的一些基本要素，为采用滑模施工创造一些必备的条件，设计在先、施工在后，没有科学合理的结构设计，也很难体现滑模施工的优势。

本章的各项规定可以作为有关各方协调共识的基础。

3.1.2 总体上，滑模工程的设计与施工，两者应该相辅相成，施工应该遵循于设计，但在具体细节上，设计应积极关注施工工艺的需要，在确保设计质量的前提下，多为滑模施工创造一些有利于施工作业的条件。如对横向结构的二次施工方案，会使结构在施工过程中改变原设计的整体结构工作状态，涉及滑升过程的整体稳定问题；对于施工提出的有碍滑升的设计局部变更修改等；但施工单位不应单方面修改，应征得设计单位认可。

3.1.3 滑模施工对建筑物的平面形态适应性较强，这是滑模工艺的又一个特点，但是对建筑物的竖向布置有些限制，模板向上滑升通过之前，任何物件不能横穿模板的垂直轨迹，因此力求平面设计时使各层构件沿模板滑动方向投影重合，尽量避免滑升过程中对模板系统做大的调整；局部横向的突出结构要作特殊处理，处理的效果应符合设计要求。

3.1.4 本条表明了能体现滑模施工优势的是平面面积小而高耸的结构。

滑模采用的模板板面高度一般为 1m~1.2m，主要用以成型建筑物的竖向结构，因此，结构物愈高，每立方米混凝土滑模设施的摊销费用就愈低，一般结构物高度大于 15m 采用滑模施工

是经济的。当建筑平面相同、滑模施工的高度为 60m 时，每平方米墙体模板费用仅为施工高度 10m 时的 1/3 左右，滑模施工安全经济。

3.1.5 如果一次滑升的面积过大，由于各道工序的工作量、设备量增大，施工人员增多，现场的统一指挥协调工作变得复杂或困难，使工程质量和施工安全难以得到有效保证，在这种情况下，我们可以将整个结构物分若干个区段进行滑模施工，也可以选择一段最适合滑模施工的区段进行滑模施工，另一部分结构采用其他工艺施工。

本条新增滑模分区水平投影面积不宜大于 700m^2 。对于一次滑升面积的大小，主要视施工能力、装备情况、工程结构特点及综合经济效益等而定，目前已有单位实践一次滑升面积达到 3600m^2 的工程实例。

同时提出分区段问题需要从设计上创造条件，尽可能利用结构的变形缝。如因条件限制，分界线不能与结构变形缝的位置一致时，则可能要在结构上作某些局部变更，因此要求设计单位对分界处作出设计处理。

3.1.6 采用滑模施工要因结构条件因地制宜，可以多种施工方法相结合，不强调单一扩大滑模施工面积和范围，避免过多地制约设计和增加施工的复杂性。如多层或高层建筑的电梯井、剪力墙可采用滑模施工，其他区段采用其他工艺施工等。

3.1.7 本条对结构截面尺寸的要求是按采用钢模板的条件提出的。

常规的滑模施工是指模板处于和结构混凝土直接接触，当模板提升时，在已浇灌的混凝土与模板接触面上存在着摩阻力，使混凝土有被向上拉动的趋势，这需要由结构混凝土的自重去克服这一摩阻力，模板的移动就可能把混凝土带起，使结构混凝土产生微裂缝。因此设计结构截面时，应包含这个因素。

当采用滑框倒模施工，提升平台时，模板停留在原位不动，不存在模板对混凝土的摩阻作用，且框与模板间的摩擦力很小。

因此结构截面尺寸可不受本条限制。

根据国家标准《烟囱工程施工及验收规范》GB 50078 - 2008 的规定其壁厚不应小于 140mm，采用滑模施工其壁厚不应小于 160mm。

3.1.8 关于滑模工程混凝土最低强度等级的要求，国家现行设计标准所规定的强度等级下限已可满足滑模施工的工艺需要。

要求同一标高上的承重构件宜采用同一强度等级的混凝土，由于滑模施工速度快，每一浇灌层厚度较薄，滑升区段全范围成水平分层布料，而且先后浇灌的顺序又不是固定的，避免新浇的混凝土混淆的可能，对结构质量更有保障。

但要注意采用高强度等级混凝土，其超早期的凝结性能和强度发展规律与普通的混凝土有所不同，因此应在滑模施工的准备阶段通过试验检验是否满足滑模工艺的要求，否则应对其改性使之既满足结构的需要也能满足滑模施工的需要。目前，滑模施工中采用 C40 已常见，C60 也有一些成功的实例。

3.1.9 受力钢筋混凝土保护层厚度（从最外层钢筋的外缘算起）对保证结构的使用寿命具有重要意义。

本标准规定滑模施工的混凝土保护层最小厚度（在室内正常环境）比常规设计所要求的增加 5mm。模板提升时，由于混凝土与模板之间存在着摩阻力，混凝土表面有可能因此出现微裂缝。虽然混凝土出模后经过原浆压光，对这种缺陷会有很大程度上的弥补，但要百分之百避免却也十分困难，此外，由于梁一般不设弯起钢筋，箍筋直径有时较粗，柱子的纵筋需要焊接或机械连接，都涉及保护层厚度的实效。当保护层厚度有可靠保障措施时，可不受本条限制。

3.1.10 滑模施工中若要较大地改变竖向结构截面尺寸，需要移动模板、接长围圈、增减墙体模板面积和平台铺板等，这是一件十分费时费力且安全风险较高的高空作业。在一定条件下，优先变动混凝土的强度等级及配筋量去适应结构设计的需要，从工程的综合效益出发，尽量减少竖向结构截面变化次数，则十分有利

于施工安全作业。

3.1.11 本条第2款,对交汇于节点处的上下、左右的纵横钢筋,需要在施工前作详细的排列检查,使每根钢筋各占其位,不相矛盾。设计者应在施工详图中有所处置,施工人员亦应在开始滑升前,对此进行仔细检查。

本条第3款是针对二次施工的楼板连接的胡子筋,直径大于12mm的胡子筋不易调直,其外露部分有弯钩,施工中易钩挂模板,也不易事后从混凝土中拉出;锚入混凝土中的部位宜弯折(U形)。

3.1.12 本条对兼作受力钢筋使用的支承杆提出要求,过去曾做过一些试验,得出压痕对其截面局部有损伤、颤动和油污对握裹力降低较大、接头质量较难保证等结论,因此规定其设计强度宜降低10%~25%。

3.1.13 设置较多的埋件往往要占用较长的作业时间,影响滑升速度,也容易产生遗漏、标高不准确、埋件阻碍模板提升、被模板碰掉或埋入混凝土中远离构件表面等缺陷。在构件上设计采用膨胀螺栓、化学螺栓、钻孔植筋等后锚固方式,相对灵活,有利于施工和保障质量。

3.2 筒体结构

3.2.1 筒体结构适宜采用滑模工艺进行设计和施工。

大面积贮仓群采用整体滑模施工,在技术上是完全可行的,但存在管理难度大、质量不易保证等缺陷。贮仓主要是环向结构,不宜在筒壁上留竖向通长施工缝的办法去划分滑模施工区。需要设计上予以创新分成小群仓,为滑模施工创造有利条件。

3.2.2~3.2.6 这些规定都是贮仓滑模施工中常遇到的问题,需要设计人员在结构方案设计时尽可能予以配合和创造条件。条文是把滑模施工作为有效施工方法之一,不强调按照一套滑模装置从基础施工滑升到顶。

3.2.7 井塔的筒壁在结构形态及受力条件等方面都不同一般的

筒体构筑物。一般在其顶部安装有大型提升设备，塔体内有楼层，井塔的平面小，高度高（一般为40m~60m），在冶金、煤炭等系统中的数量不少，筒身采用滑模施工是优越的。根据井塔的结构特点，采用加肋壁板结构，以保持壁板厚度不变，必要时可调整壁柱截面的长边尺寸，既满足受力的设计要求，又有利于滑模施工。

壁柱与壁板、壁板与壁板连接处的阴角设置斜托，可加强转角的刚度，也有利于保证滑模施工质量。

3.2.8 本条为新增条款。井塔的筒身适宜滑模施工，其他部分可采用普通支模方式。

3.2.9 井塔内部楼层结构的工作量很大，结构设计条件较多，多种结构构件相互连接，既要符合整体结构设计的要求，又存在二次施工的问题。因此条文规定应进行二次设计。

3.2.10 本次修订将扩大尺寸由每边放大30mm进一步缩小为25mm。这是因为竖向垂直度控制水平提高了，但也要预防发生施工偏差过大时，为设备安装留出调整余地。

3.2.11 带内衬的钢筋混凝土烟囱，设计上大多采用在筒壁上设置斜牛腿支撑内衬，也有不少单位采用筒壁与内衬同时滑模施工（即复合壁或双滑施工）。在实际工程中筒壁上的斜牛腿多变更为矩形牛腿；牛腿的隔热处理是烟囱结构中的薄弱点，设计与施工都应重视。

3.2.12 关于双层钢筋网片间的拉结筋设置应在设计图纸上明确。以适当间距增设八字形拉结筋，可以有效地阻止钢筋网片的平移错位。

3.3 框架结构

3.3.1 采用大型异形截面柱，可以增大层间高度，减少横梁数量，其刚度比相同截面积的常规矩形或圆形柱大几倍，可以设计出适宜滑模施工的框架结构，充分发挥滑模的优势。这种新颖的结构设计已有工程实例，如安庆铜矿主井塔架高48.7m，柱设计

为四根角型柱，层高 10m 及 12m，横梁跨度为 3.6m。

3.3.2 本条各款是为了尽量避免在高空重新改装模板系统，简化模板改装工艺所作的规定。

3.3.3 在主梁上预留槽口进行二次浇筑混凝土，对主梁承载能力及槽口处的剪切性能是否存在潜在影响，为此，在金川作过 12 根梁的对比破坏性试验（梁窝为锯齿状，次梁的高度占主梁高度的 $1/3 \sim 4/5$ ），试验结果表明二次浇筑与整体浇筑没有明显区别，故可按整体结构设计计算。

主次梁的二次施工连接构造是滑模施工中常见的问题。主次梁的截面尺寸、跨度、配置及荷载大小等等条件是多变的，而且差别很大。设计中应注意主梁槽口处在施工期间的弯曲强度、剪切强度及次梁端部钢筋的锚固性能，支座接触面的剪切强度，并注意二次浇灌的可操作性，确保混凝土密实，防止锚固钢筋锈蚀。

3.3.4 框架梁的配筋应符合下列规定：

1 设计宜将梁端的负弯矩钢筋配置成二排，让下排负钢筋在施工期发挥作用，以承受施工期的负弯矩。

2 在滑模施工中，梁的主筋又粗又长，在高空作业穿插就位比较困难，若为弯起筋就更难穿插了。

3 由于不设弯起筋，箍筋的间距一般较密，有时直径也较粗。在剪力较大区段，箍筋间距应适当加密。

4 由于梁主筋较长，如钢筋端头有较大的弯折段，施工中不便向柱头内穿插，特别是梁的主筋端头有向下的弯折段时，由于柱内已浇灌有混凝土，后安设梁的主筋，其向下的弯折段无法埋入混凝土中，因此设计上需将弯折段朝上设置。

5 在槽口部位适当加粗主筋直径，增设粗的短钢筋，必要时可减少槽口深度，保留部分梁宽截面，以保持主梁在二次浇灌前的抗弯能力。

3.3.5 柱的配筋应符合下列规定：

1 为了适应在柱内布置千斤顶，纵向钢筋的根数应少一些，

可以更容易避开千斤顶底座及提升架横梁所占的位置。

2 保持纵向钢筋根数不变，而调整直径来适应配筋量变化的要求，给施工提供方便。

3 由于有千斤顶、提升架横跨在柱头上，柱子的箍筋不能按常规施工那样由上向下套入纵向钢筋内，只能在提升架横梁以下的净空区段从侧面置放箍筋，这是受滑模工艺所限。

3.4 剪力墙结构

3.4.1 本条为新增条文。对于一次滑升面积的大小，主要视施工能力、装备情况及工程结构特点而定；错台滑升的接合部位设计应作深化处理。

3.4.2 同一滑升区段的设计条件应符合下列规定：

第1款关于剪力墙结构的布置，要求上、下各层平面的投影重合，是为了避免施工中在高空重新组装模板。

第3款要求各层门窗洞口位置一致，是为了便于布置提升架，避免支承杆落入门窗洞口内。对梁底标高等方面的要求，是为了减少滑升中停歇的次数，有益于加快施工进度。

3.4.3 本条为新增条文。一个楼层的横向结构工作量是比较大的，滑模施工每遇一个楼层需要停顿较长时间，设计上要作一定的技术性处理，优先采用滑一浇一工艺。

3.4.4 在我国一些地区剪力墙结构的高层建筑中，为满足热工性能要求，设计多采用轻质混凝土外墙，普通混凝土内墙。在滑模施工中对两种不同性质的混凝土，能在外观上直观地加以区别，同时采取相应措施做到不混淆，质量上能够得到保证。

3.4.5 本条所提到的墙体配筋仅是涉及与滑模施工有关的构造问题，其基本内容要求在设计钢筋的布置和形状时便于施工操作，使钢筋不妨碍模板的滑升，各种钢筋不相互矛盾。

4 滑模施工的准备

4.0.1 滑模施工管理难度较大，其工艺特点决定了要保证工程质量应满足施工作业连续性，因为停歇常常会造成粘模现象，易发生混凝土掉棱掉角、表面粗糙，甚至拉裂，或者在停歇位置形成环带状的酥松区，使结构混凝土存在较多质量通病。

因此滑模施工的准备工作的原则性标准：人员职责明确；现场备料充足；施工设备可靠；技术保障措施周全；施工组织严密高效。

4.0.2 施工单位应认真组织学习设计图纸，掌握结构特点，对图纸进行全面复查会审，对一些具体问题需要与设计共同协商解决办法，并通过设计单位的确认。如：适当对设计作局部修改，某些不宜滑模施工部位（如某些横向结构等）的处理方法、连接设计和构造要求；因划分滑模作业区段带来的某些结构处理等等。

4.0.3 本条对滑模施工方案的主要内容作了一般性规定。本次修订增加了第2款滑模连续滑升程序、第6款安全文明施工、第7款特殊气候条件的滑模施工专项技术措施、第8款出模混凝土表面修饰与硬化混凝土成品保护措施、第9款绿色施工技术与措施、第10款滑模装置安全和拆除技术措施、第11款应急预案。

此外，滑模施工交接班记录、滑模综合工种实操培训、现场应急演练等工作也有利于滑模安全施工和施工质量。

4.0.4 本条对滑模施工总平面布置的主要内容及要求作了一般性规定。新增第9款操作平台平面布置的内容。

4.0.5 对滑模施工技术设计的主要内容及要求作了一般性规定。本次修订增加了第1款针对不同的结构类型综合确定适宜的滑模

施工方法、第 4 款绘制混凝土贯入阻力曲线、第 6 款确定停滑及空滑部位和相关技术措施、第 10 款滑模施工人员上下疏散通道和安全措施等。

5 滑模装置的设计与制作

5.1 荷 载

5.1.1 本标准采用的荷载，是根据国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012 为依据，分为永久荷载及可变荷载；永久荷载包括滑模装置系统自重、作用在滑模装置上的荷载等，可变荷载包括施工荷载、风荷载和其他可变荷载等。荷载效应组合中，不涉及偶然荷载，这是因为禁止有撞击力等作用于滑模装置；临时结构忽略地震作用的影响。

5.1.2 本条规定了滑模装置的永久荷载标准值。

第4款关于混凝土对模板的侧压力。侧压力是设计模板、围圈、提升架等的重要依据。混凝土对模板的侧压力与很多因素有关，如一次浇筑高度、振捣方式、混凝土浇筑速度和模板的提升制度等等。所以要精确计算施工中模板所承受的混凝土侧压力是困难的，国内外在计算侧压力时，都在实测的基础上提出多种简化的近似计算方法，但彼此间的计算结果出入较大。

滑模施工中，模板在初滑和正常滑升时的侧压力是不同的，初滑时宜是在分层连续浇灌 70cm~80cm 高度，混凝土在模板内静停 3h~4h 之后进行提升，因此在这个高度范围内均有侧压力存在。四川某建研所和四川某建筑公司曾在气温为 +26℃ 条件下，用坍落度 3cm~5cm、强度等级为 C20 的混凝土，以 20cm/h 的速度分层浇灌 70cm 高度，采用插入式振捣器振捣，实测模板侧压力分布见图 1：

由图可见，混凝土上部 2/3 高度范围内的侧压力分布，基本上接近液体静压力线，下部的 1/3 高度压力线呈曲线状态，压力最大值约为 17kN/m^2 ，作用在模板下口 1/3 高度处，总合力值为 5.9kN/m^2 。

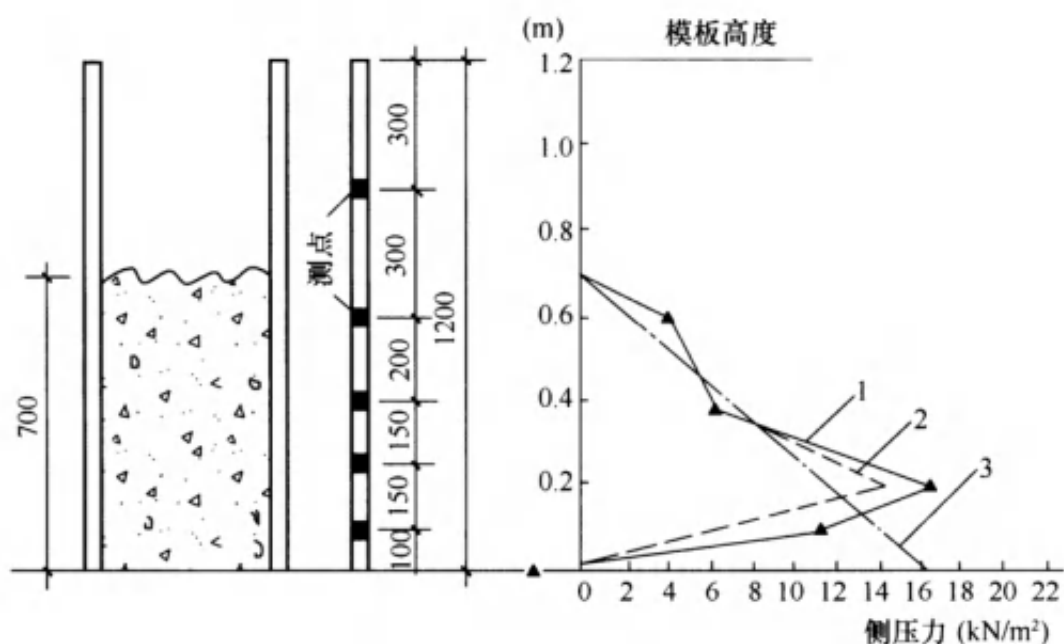


图1 初滑时混凝土侧压力

1—机械振捣后侧压力曲线；2—未振捣时侧压力曲线；3—液体静压力线

根据原民主德国、罗马尼亚及我国一些单位的实测资料，综合分析得出结论：

正常滑升时的侧压力小于初滑时的侧压力，所以应以初滑时的侧压力作为设计依据，并将其分布简化为一等量的梯形分布替代，取 $5.0\text{kN/m} \sim 6.0\text{kN/m}$ ，合力的作用点约在模板内混凝土浇筑高度的 $2/5$ 处。

5.1.3 本条规定了操作平台上的施工荷载标准值，是按国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666-2011 附录 A 的规定，施工人员及施工设备产生的活荷载标准值不应小于 2.5kN/m^2 ；当采用布料机浇筑混凝土时，施工荷载取更大的值 4.0kN/m^2 。

5.1.4 本条第 1 款当采用料斗向操作平台卸料时，对平台会产生较大的集中压力。本标准所采用的计算方法是基于以下假定条件的。

混凝土是一种不可压缩的流体，下卸到操作平台上的混凝土压力由两部分组成。一部分为当漏斗中混凝土处于最高顶面时对平台造成的压力，另一部分是落下至平台上且尚未被移走的混凝土

土造成的压力，则总的压力应为两者之和。

该集中力为可变荷载，作用点在漏斗口的垂直下方的平台上。

第5款关于模板滑升时的摩阻力。模板滑动时的摩阻力主要包括新浇混凝土的侧压力对模板产生的摩擦力和模板与混凝土之间的粘结力。影响摩阻力的因素很多，如混凝土的凝结时间、气温、提升的时间间隔，模板表面的光滑程度，混凝土的硬化特性、浇灌层厚度、振捣方法等等，实践证明，混凝土在模板中静停的时间愈长，即滑升速度愈慢，则出模混凝土的强度就高，混凝土与模板间的粘结力就大，摩阻力也就越大。

北京某建筑公司的试验结果见表1。

表1 实测摩阻力表

混凝土在模板内滞留时间 (h)	2.5	3~4	5	6~7
摩阻力 (kN/m^2)	1.5	2.28	4.04	6.57

四川某建筑公司采用1.2m高的钢模板方柱体试件，混凝土初凝时间为2.8h，终凝时间为5.5h，模板滑升速度为30cm/h。在模板正常滑升时，摩阻力沿模板高度呈曲线分布，钢模板的平均摩阻力为 $2.0\text{kN/m}^2 \sim 2.5\text{kN/m}^2$ 。

一般说，混凝土在模板中停留时间最长的情况发生在模板初滑或是滑空后开始浇灌混凝土时。正常情况下，混凝土在模板内的静停时间为3h~4h，从已有的试验结果可以看出，摩阻力值在 $1.5\text{kN/m}^2 \sim 2.5\text{kN/m}^2$ 之间。施工过程中也可能出现由于滑升不同步、模板变形、倾斜等原因造成的不利影响，摩阻力取 $1.5\text{kN/m}^2 \sim 3.0\text{kN/m}^2$ 是适宜的。

关于采用滑框倒模法时的摩阻力。采用滑框倒模时，混凝土与模板之间无相对移动，摩阻力仅表现在钢模板与钢滑轨间的摩擦和机械咬合，其摩阻力要比混凝土与钢模板之间的摩阻力小得多，据原首钢建筑公司实践结果表明，模板与滑轨间的摩阻力标准值取 $1.0\text{kN/m}^2 \sim 1.5\text{kN/m}^2$ 是合适的。

5.1.5 水平风荷载标准值计算是根据国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012，风振系数取 $\beta_z = 1.0$ ，滑模装置支撑在混凝土主体结构上，风振影响相对较小。

5.1.6 本条规定了滑模装置的荷载设计值，荷载设计值等于荷载标准值乘以荷载分项系数。

永久荷载分项系数、可变荷载分项系数根据不同的荷载控制组合分别取值。

荷载分项系数表是根据国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012 编制的。

5.1.8 本条规定了在承载能力极限状态下，应按荷载的基本组合计算荷载组合的效应设计值。

一般施工荷载的组合值系数取 0.7；风荷载的组合值系数取 0.6。

表 2 滑模装置设计计算的荷载组合

强度、稳定性计算		荷载的基本组合
操作平台结构 支承杆 提升架	由可变荷载控制的组合	$1.2 \times \text{永久荷载} + 1.4 \times [\text{施工荷载} + 0.6 \times \text{风荷载}]$
	由永久荷载控制的组合	$1.35 \times \text{永久荷载} + 1.4 \times [0.7 \times \text{施工荷载} + 0.6 \times \text{风荷载}]$
模板 围圈	由可变荷载控制的组合	$1.2 \times \text{永久荷载} + 1.4 \times \text{施工荷载}$
	由永久荷载控制的组合	$1.35 \times \text{永久荷载} + 0.7 \times 1.4 \times \text{施工荷载}$
操作平台结构抗倾覆稳定		$1.35 \times \text{永久荷载} + 1.4 \times \text{风荷载}$

注：1 表中永久荷载、施工荷载、风荷载取荷载标准值，“+”不代表代数相加。
 2 抗倾覆验算时，当可变荷载对抗倾覆有利时，荷载组合计算可不计入施工荷载。

5.2 总体设计

5.2.1 滑模装置根据作用不同划分为五个系统，一方面可以使

施工的组织者对一个庞大的施工装置的各个部分的作用和相互之间的联系有一个清晰的认识,另一方面也便于防止各部件在具体设计时不至于漏项。

本条在修订中增加了第2款吊架、安全设施,第5款防雷接地、消防设施等安全方面的要求。

5.2.2 本条提出滑模装置设计的基本内容和主要步骤,强调了滑模装置设计除应符合本标准外,还应遵守国家现行有关专业标准的规定。

本条在修订中增加了第6款采用清水混凝土的模板应进行专项设计等质量方面的要求;清水混凝土的模板宜加设内衬材料,以保证脱模后所需的饰面效果。

5.2.3 在滑模施工过程中,应以滑升过程作为滑模施工的主导工序,实现微量提升,减短停歇,在提升过程中不必强求平台上的其他施工作业停顿,同时使用平台上的起重运输设备成为不可避免,因此,计算千斤顶和支承杆可能承受的最大垂直荷载应是全部垂直荷载的基本组合(包括混凝土与模板间的摩阻力和平台起重运输设备的附加荷载),可以简化为其荷载分项系数后的总和。

从千斤顶设备承载能力来说不应大于其额定承载能力的一半,因施工工艺控制方面造成的荷载不均衡性以及设备制造中可能存在的缺陷,千斤顶在使用中至少应有不小于2.0的安全储备。

本次标准修订采用国家标准《滑动模板工程技术规范》GB 50113-2005对支承杆的允许承载能力简化计算方法,但可根据工程需要采用数值分析法按空间结构计算确定。

$$n_{\min} = N/P_0 \quad (1)$$

支承杆和千斤顶布置的总数量,除根据上述计算所需最小数量外,尚应根据结构平面布置形状和操作平台等实际状况按构造要求增加所需的数量。

5.2.4 本条第5款中新增:在适当位置增设一定数量的双顶,

以预防平台扭转或偏移。

5.2.6 提升用的千斤顶放置在提升架的横梁上，因此两者的位置应相适应。在结构的某些部位（例如在梁的部位）也可放置一些不设千斤顶的提升架，用以抵抗模板侧压力。对于筒体结构或剪力墙结构，当采用 $30\text{kN}\sim 35\text{kN}$ 的千斤顶时，提升架的间距建议不大于 2.0m 。对于框架结构、独立柱等常采用非均匀布置或集中布置提升架。提升架的设计应根据结构部位的实际情况进行，例如，设计成 Π 形、 Γ 形、X 形、Y 形或井字形等，在框架结构中的柱头或主、次梁相交处，至少应布置 2 榀提升架，组成刚度较大的提升架群。在连续变截面结构中，为满足直径变化的需要，宜将提升架布置在成对的辐射梁之间，采用收分装置使其变径，以改变提升架的位置。

5.2.7 操作平台的结构布置，应根据建筑物的结构特点，操作平台上荷载的大小和分布情况，提升架和千斤顶的布局，平台上起重运输设备情况和是否兼作楼盖系统的模板或模板的支托等施工条件来确定。本条中介绍的各类结构操作平台布置方案是我国滑模常用的方案。

5.3 部件的设计与制作

5.3.1 模板主要承受侧压力、倾倒混凝土时的冲击力和滑升时的摩阻力，因此模板拼缝紧密、应具有足够的刚度，保证在施工中不发生过大变形。鉴于经济效益和节能环保的要求，模板还应具有通用性、互换性、装拆方便。

本条第 7 款为新增条款。对清水混凝土的模板应单独设计定制，质量控制更严格。

5.3.2 本条第 7 款是指采用滑框倒模工艺时，滑轨与围圈要相对固定，并有足够刚度保证滑轨内的模板不变位、不变形。当结构截面为弧形时，滑轨应适当加密。

5.3.3 多次重复使用或通用的提升架，宜设计成装配式，还应注意工程结构截面变化的范围，一般 $50\text{mm}\sim 200\text{mm}$ 的变化可

通过提升架立柱与围圈间的支顶螺栓进行调节，大范围的变化通过横梁孔眼位置调节两立柱之间的净间距，施工中立柱的平移可通过立柱顶部的滑轮和平移丝杠进行调节。

5.3.4 本条第3款要求应在提升架立柱上设有内外模板和倾斜度的调节装置，即使不是变截面结构，施工中模板倾斜度也可能发生改变，也都需要调节单面倾斜度，且设置的调节装置对于粘模问题也能作出应急处理。

5.3.5 操作平台应具有足够的强度和适当的刚度。因为，有时要靠调节操作平台的倾斜度来纠偏，如果操作平台刚度不足，则调整建筑物的垂直度和中心线的效果将会降低，而且由于千斤顶的升差容易累积，造成平台和围圈的杆件产生过大变形。如果平台上设有提升塔架或平台塔吊时，这部分的平台和千斤顶数量应进行专门的设计和验算，本条提出的构造要求是以我国工程实践经验为基础的。

实践表明，平台外挑宽度大于900mm，易引起提升架立柱变形，改变模板锥度影响模板质量，而且结构外侧悬挑太宽，易产生兜风作用，不利于平台稳定和安全。由于平台外挑部分常设有人孔，除设置防护栏杆外，尚应设安全网。目前，也有单位采取加强措施将平台外挑宽度做到2200mm。

本条增加了第5款桁架梁或辐射梁的挠度不应大于其跨度的1/400。

5.3.6 本条规定的各类构件制作时的允许偏差，基本上采用国家标准《滑动模板工程技术规范》GB 50113-2005的规定，根据已往施工经验，这些允许偏差要求能够保证滑模装置组装的总体质量，满足施工要求，各施工单位一般也是可以做得到的。

5.3.8 输油管的内径越大，对加快进、回油速度，减少油路故障，降低油温有利，若油路出现破裂引起泄漏，极易污染混凝土和结构钢筋，处理很困难，滑模施工中操作平台上人员和设备较集中，油管遭受损伤的潜在因素较多，经验表明应适当加大油管的耐压能力，以保证油路的正常使用。

液压油应符合国家标准《液压油（L-HL、L-HM、L-HV、L-HS、L-HG）GB/T 11118.1-2011》的有关规定。

5.3.9 对滑模千斤顶提出了5个方面的要求。

不同的液压系统压力形成了不同的千斤顶提升能力和千斤顶型号系列。当前施工使用的液压千斤顶绝大多数是以8MPa的工作压力乘以活塞面积的积作为其提升能力。

1 空载起动压力大小可以衡量千斤顶的制造质量及千斤顶密封寿命。

2 本款明确了检验荷载为额定荷载的125%，即千斤顶工作压力不应超过10MPa，有利于检验工作的实际操作。

3 本款规定了液压千斤顶超压试验压力为12MPa，该压力比千斤顶最大工作压力高出20%，比千斤顶额定压力提高了50%，因而严格限制了千斤顶的上限，它保护了千斤顶和相关设备。工地上超过12MPa时强行提升的现象时有发生，这是不允许的。

4 液压千斤顶的上卡头锁固相对平稳，行程损失量稳定；下卡锁固时受冲击作用，行程损失量大，而且损失量不稳定造成千斤顶群杆的不同步，所以特别规定下卡头锁固时的回降量，一般专业厂家可以满足质量要求。

5 本款所指的是在筛选使用的千斤顶时要通过试验，在施工设计荷载下行程差不大于1mm，以限制提升时操作平台不致因千斤顶固有行程差过大，造成升差积累，而出现过大变形。

5.3.10 对滑模支承杆提出了6个方面的要求。

第1款千斤顶依靠其卡头卡固在支承杆上，支承杆的表面如有硬加工或采用硬度高的材料制造，不利于卡头钢珠和卡块齿的嵌入，严重时卡头机构在支承杆上打滑，也影响卡头寿命。

第2款支承杆在使用中长度太短，会使杆的接头数量增多，长度过大使用中易弯曲变形，这都会在施工时不利于保证质量。

第3、4、5款都是根据施工经验提出的。

第6款是根据结构钢筋原材料检验的要求提出的。

5.3.12 水、电系统是滑模装置系统工程中不可缺少的部分，但过去一些单位往往重视不够，影响施工进度和混凝土外观质量，本条文明确规定了动力、照明、通信、监控与滑模施工相关的主要部分，应符合现行国家标准《建筑工程施工现场供用电安全规范》GB 50194、现行行业标准《液压滑动模板施工安全技术规程》JGJ 65 的规定。

6 滑模施工

6.1 滑模装置的组装

6.1.1 本条对滑模装置组装前的工作提出基本要求。

6.1.2 本条是对滑模装置组装程序提出一般要求，并根据现场实际情况及时完善滑模装置系统。

第2款主要是指上下两道围圈对垂线间的倾斜度，因为模板的倾斜度主要是靠围圈位置来保证的。

第4款采用滑框倒模工艺时，框架式滑轨是指围圈和滑轨组成一个框架，框架限制模板不变位，但这个框架又能整体地沿模板外表面滑升，滑轨同样需要有正确的倾斜度来保证模板位置的正确。

第8款中提到的垂直运输系统，主要指与滑模装置相连的垂直运输系统，例如：高耸构筑物施工中采用的无井架运输系统，设在操作平台上的拔杆、布料机等，它们的重量和安装工作量都较大，其支承构件又常常与滑模装置结构相连，因此，滑模装置组装时应同时完善垂直运输系统。

6.1.3 组装好的模板应具有上口小、下口大的倾斜度，目的是要保证施工中如遇平台歪斜或浇灌混凝土时上围圈变形等情况时，模板不出现反倾斜度；避免混凝土被拉裂。但安装的倾斜度过大或因提升架刚度不足使施工过程中的倾斜度过大，提升后会在模板与混凝土之间形成较大的缝隙，新浇混凝土沿缝隙流淌，而使结构表面形成鱼鳞片，俗称穿裙子，影响混凝土外观质量。

关于模板保持结构设计截面的位置，各施工单位的经验不完全相同，一般当使用的提升架和围圈刚度较大，混凝土的硬化速度较快或滑升速度较慢时，结构设计尺寸位置宜取在模板的较上部位，如取在模板的上口以下 $1/3$ 或 $1/2$ 高度处；当提升架和围

圈刚度较小，混凝土的硬化速度较缓慢或滑升速度较快结构设计尺寸位置宜取在模板的较下部位，如取在模板上口以下 2/3，甚至模板下口处；既要注意新浇筑混凝土自重变形的影响，还应注意浇灌混凝土时胀模的影响。已有调查说明滑模施工的结构截面尺寸出现正公差的情况较多，故本条规定在一般情况下，将模板上口以下 2/3 模板高度处的净距与结构设计截面等宽。

6.1.5 本条第 1 款安装的千斤顶如排气不彻底，在使用中将造成千斤顶之间不同步或增大千斤顶之间的升差，导致部分支承杆超载，平台构件产生扭曲变形，可影响结构的外观质量，因此排气是一项重要工序。

本条第 2 款液压系统安装以后，支承杆插入之前，应进行一次耐压试验，保证在使用时系统无漏油、渗油现象。

6.1.6 插入的支承杆轴线与千斤顶轴线偏斜超差时，支承杆侧向挤压千斤顶活塞，造成排油不畅，延长回油时间。严重时甚至使排油不彻底，使在进油时活塞行程小于设计行程，因而会加大千斤顶之间的升差。

6.2 钢 筋

6.2.1 本条提出的不宜大于 9m，主要是便于加工，运输绑扎方便，筒体结构的环筋如有条件连续布筋，不受此限制。

竖向钢筋加工长度主要是有利于钢筋竖起时的稳定，以保证钢筋位置准确。若滑模施工操作平台设计为双层并有钢筋固定架时，则竖向钢筋的长度不受上述限制。

6.2.2 钢筋位置不正确会影响工程质量，因此规定一些具体措施加以保证。

第 1 款混凝土表面以上至少有一道绑扎好的横向钢筋，以便借此确定继续绑扎的横向钢筋位置。

第 2 款提升架横梁以上的竖向钢筋，如没有限位措施容易发生倾斜、歪倒或弯曲，其位置变动会带来工程质量上的问题。

第 3 款配有双层钢筋的墙或筒壁，钢筋绑扎后用拉结筋定

位。拉结筋的形状如仅仅采用直线型（S形）一种，只能保证两层钢筋网片之间距离不增大，尚不足以保证两层钢筋网片之间的距离不会变小。为阻止浇灌混凝土时挤压内侧钢筋，避免平行错位，需要设置一定数量的 V 字形或 W 形拉结筋定位。

第 5 款是为了防止钢筋弯钩钩挂模板，而造成质量缺陷。

第 6 款由于滑模提升时受摩阻力的作用，混凝土表面易产生微裂缝，施工中应有相应的措施，例如设置竖向钢筋架立的支架、钢筋网片之间设置 V 字形拉结筋及在模板上口设置带钩的圆钢筋等，以保证最外排钢筋与模板板面之间的距离。

6.3 支 承 杆

6.3.1 支承杆宜采用 $\phi 48.3 \times 3.5$ 焊接钢管，并应符合国家标准《直缝电焊钢管》GB/T 13793 - 2016 或《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091 - 2015 中的规定；与 $\phi 25$ 的实心圆钢比较，其截面积基本相同，而钢管比实心圆钢的惯性矩约大 6 倍，这对压杆的稳定是十分有利的。

支承杆表面被油污染后，如不处理，将降低混凝土对支承杆的握裹力及混凝土强度。试验表明，当埋在混凝土中的支承杆被油污染面积达到 15% 时，比同样压痕条件下无油污者的握裹力（粘结力）降低 $11.2\text{N}/\text{cm}^2 \sim 156.5\text{N}/\text{cm}^2$ ，降低幅度为 2.82% ~ 36.26%，比既无油污又无压痕的母材降低 $46.8\text{N}/\text{cm}^2 \sim 201.9\text{N}/\text{cm}^2$ ，降低幅度达 10.54% ~ 45.45%。油污面积每增加 5%，支承杆的握裹力约降低 $15\text{N}/\text{cm}^2 \sim 80\text{N}/\text{cm}^2$ ，油污面积达 75% 时，握裹力降低至一半。因此应及时更换漏油的千斤顶，并将混凝土上的油污清除干净。

6.3.2 支承杆的接头处是滑模装置的薄弱部位，因此在同一高度截面内不允许有过多的接头出现。两相邻接头位置高差应符合本条和国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 - 2011 的规定，不应小于 1m。

采用设置在结构体外的钢管支承杆，其承载能力与支承杆的

调直方法、接头方式以及加固情况等有关，因此应作专项设计，以保证支承系统的稳定、可靠。

6.3.3 采用平头对接、榫接的支承杆不能承受弯矩。采用螺纹连接的支承杆，经西安某建筑学院等单位试验，在垂直荷载作用下，其破坏荷载可达无接头支承杆的90%，但丝扣接头的支承杆，据有关资料介绍，其承受弯矩的能力很差，当试件产生弯曲时，杆的一侧出现应力，压杆即迅速破坏。因此都要求接头部位通过千斤顶后及时进行焊接加固。

6.3.4 本条规定了采用钢管支承杆时的基本要求。

第1款 $\phi 48.3 \times 3.5$ 焊接钢管在市场上壁厚通常是负公差，按规定钢管最薄厚度不宜小于3.15mm，因此可选常用厚度3.2mm及以上的焊接钢管作为支承杆，同时管径的公差应与配套使用的千斤顶卡头相适应。

第2款、第3款是埋入式和工具式 $\phi 48.3 \times 3.5$ 钢管支承接长时常用的方法。本次修订增加了连接快捷、稳定性好的钢管液压缩口连接技术。

第4款支承杆对千斤顶的爬升运动起导向作用。因此对支承杆本身的平直度和两根支承杆接头处的同轴性提出要求，这对减少操作平台中心线飘移和扭转有重要作用。

第5款要求工具式支承杆长度小于建筑物楼层的净高是为了使支承杆在事后易于拆出。

6.3.5 本条是根据使用 $\phi 48.3 \times 3.5$ 钢管支承杆时取得的经验撰写的。

当支承杆设置在结构体内时，宜采用埋入方式，不回收。当需要回收时，支承杆应增设套管，套管的长度应从提升架横梁下到模板高度的一半。

6.3.6、6.3.7 筒体结构壁厚一般较薄，非工具式支承杆与横向钢筋点焊连接，可以缩短支承杆的自由长度，对提高支承杆的稳定性十分有利。当发现支承杆被千斤顶带起、弯曲、过大倾斜等异常情况时，应立即进行处理，以防发生群杆失稳等连锁反应，

造成恶性事故。

6.3.8 分批拔出工具式支承杆时，每批拔出的数量不宜超过总数的 $1/4$ 。当一批拔出 $1/4$ 的支承杆后，其余支承杆的荷载将平均增大 33%，支承杆的平均荷载安全储备将由 2.0 降至 1.5。

根据首钢的二烧结框架滑模施工支承杆受力情况实测结果，支承杆的平均荷载为实际可能发生的最大荷载的 59.3%，按各单位对支承杆承载能力试验结果统计，当支承杆的脱空长度为 1.4m，支承杆的极限承载能力约为 30kN，此时，当拔出 $1/4$ 支承杆后，受荷载较大的支承杆的安全系数 $30/24=1.25$ 。因此规定同一批拔出的支承杆数量不应超过总数量的 $1/4$ 。

6.3.9 本次修订独立成条文，强调壁厚小于 200mm 的结构，其支承杆不应抽拔，以确保混凝土质量。

6.4 混 凝 土

6.4.1 根据滑模工程的特点，通过试验确定不同工况下的现场配合比，掌握施工用混凝土 24 小时早期强度的增长规律，采取综合措施调整到最佳的滑升速度，使混凝土早期强度的增长与滑升速度匹配，同时满足设计所要求的混凝土强度、密实度、耐久性，确保工程质量和施工安全。

在滑模施工中要特别注意防止支承杆下部失稳。

6.4.2 由于普通硅酸盐水泥早期硬化性能比较稳定，因此宜采用普通硅酸盐水泥。

外加剂和掺合料在我国已广泛使用，但过去施工中，因外加剂使用不当造成的质量事故确有发生。另外，近年来有单位研究发现滑模的粘模现象与外加剂也有一定的关系，应引起注意。

为了便于混凝土的浇灌，防止因强烈振捣使模板系统产生过大变形，滑模施工的混凝土坍落度宜大一些，其允许偏差应符合国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 - 2011 的有关规定。

6.4.3 本条提出了滑模混凝土浇灌时的一般要求。

1 采取均匀浇灌、交圈制度,是为了保证出模混凝土的强度大致相同,使提升时支承杆受力比较均衡。有计划地、匀称地变换浇灌方向,可以防止平台的飘移、倾斜或偏扭。

2 关于混凝土的浇灌层厚度问题,基于以前人们把浇灌混凝土——绑扎钢筋——提升模板作为三个独立的工序来组织循环作业,即模板的提升应在一圈钢筋绑扎完毕和一个浇灌层厚度范围内的混凝土全部浇灌完毕后,才能允许进行模板提升,然后再进行下一个作业循环。模板的提升高度也就是混凝土浇灌层的厚度。而在现场,随着现代化的施工机械设备的大量普及应用,浇灌层厚度可以达到 500mm 甚至更多都可实现。现在大家都体会到,混凝土浇灌层盲目加厚确实给施工带来很多不利的影响:

(1) 会较大地增加支承杆的脱空长度,降低支承杆的承载能力;

(2) 模板中的混凝土对操作平台的总体稳定是一个有利的因素,一次滑空高度加大,会削弱这一有利因素;

(3) 浇灌层过大会增大一次绑扎钢筋、浇灌混凝土的数量以及提升模板所需的时间,实际上是增大了混凝土在模板内的静停时间。这会增大模板与混凝土之间的摩阻力,提升时易造成混凝土表面粗糙、出现裂缝或掉楞掉角等质量缺陷;

(4) 一次提升过高,易产生穿裙子现象;

(5) 对有收分要求的筒体结构,由于提升时模板对刚浇灌的混凝土壁有一定的挤压作用,如果一次提升过高,较难保证筒壁混凝土的质量。

(6) 浇灌层厚度过厚,施工组织管理协调的难度加大。

已有的工程实践已经表明,浇灌层过大带来的一系列问题,其中最突出的是管理跟不上,混凝土表面粗糙、外观质量欠佳。因此,本标准强调采取薄层浇灌、微量提升、减少停歇的作业方式,将薄层浇灌的厚度定为不宜大于 200mm。

3 为使浇灌时新浇灌的混凝土与下层混凝土之间良好结合,浇灌的间隔时间不应超过下层混凝土凝结所需要的时间,即不出

现冷接缝。混凝土凝结时间系指该混凝土贯入阻力值达到 3.5MPa, 相当于混凝土达到贯入阻力值 0.35kN/cm^2 所需的时间, 当间隔时间超过凝结时间, 结合面应按施工缝处理。

4 高温季节浇灌混凝土的顺序, 应使出模混凝土强度基本一致, 其他几点要求是根据工程实践经验提出的, 先浇灌墙角、墙垛、厚墙等较厚部位的混凝土, 对减少模板系统的飘移是有利的。

5 预留孔洞等部位, 一般都设有胎模。强调在胎模两侧对称均匀地浇灌混凝土, 以防止侧压力不对称使胎模产生过大的位移。

6.4.4 滑模施工中采用布料机布送混凝土, 由于布料机要随着操作平台的提升而升高, 使用上有其独特的条件, 因此应进行专项设计, 以解决布料机的选型、覆盖面范围、机身高度、支撑系统、爬提方式、布料程序、操作方法、通信、安全措施等一系列技术组织问题。

6.4.5 在振捣混凝土时, 如果振捣器直接接触及支承杆、钢筋和模板, 可能使埋入混凝土中的支承杆和钢筋握裹力遭到损坏, 模板产生较大变形, 以致影响滑模支承系统的稳定和工程质量。

振捣器插入深度, 以保证两层混凝土良好结合为度, 插入下层混凝土过深, 可能扰动已凝固的混凝土, 对保证已成型的混凝土质量和支承杆的稳定不利。同时, 也不应漏振或过振。

6.4.6 本条为此次修订新增的内容, 原浆压光工艺实践表明简便易行, 对改善滑模混凝土的外观质量十分有利。

过去, 大家更多地关注操作平台上部的绑钢筋、浇混凝土、滑升等三大主要工序, 对于操作平台下部刚出模的混凝土强度普查、混凝土外观质量检查修饰等关注度不够, 对于原浆压光的时间掌控、抹灰工人数量安排重视不足, 实践表明, 专门安排熟练、足够的抹灰工, 及时采取原浆压光工艺修饰刚刚出模的混凝土表面, 对改善混凝土观感质量有重要作用, 原浆压光可以作为滑模施工另一大主要工序。

6.4.7 由于滑模施工中脱模后的早期混凝土即裸露在大气环境中，若养护不当，对混凝土强度增长是不利的，因此，应特别认真地对待养护工作。

第1款强调对所有混凝土表面进行养护，养护时间是根据国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 - 2011 的规定制定的。

第2款是提出适用于滑模施工混凝土的两种主要养护方法，将过去常用的浇水养护改为喷雾养护，因喷雾养护节水，对混凝土表面湿润均匀；喷涂养护液是近年发展较快、性能较好的一类混凝土养生剂。

修订新增加第3款混凝土的养护不应污染成品混凝土。

修订新增加第4款对薄弱环节要加强养护。

6.4.8 硬化后的混凝土质量缺陷修整，不能由工人任意处置，应按国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 - 2011 的有关规定执行。

6.5 预留孔和预埋件

6.5.1 本条对预埋件的安装提出的基本要求是：固定牢固、位置准确、不妨碍模板滑升。

6.5.2 预留孔洞的胎模或门窗框衬模厚度（宽度），应略小于模板上口尺寸，保证胎模能在模板间顺利通过，避免提升时胎模被模板卡住，使胎模被带起或增大提升时的摩阻力。

6.6 滑 升

6.6.1 本条强调了减少停歇，通过采取薄层浇灌、微量提升等综合措施将其他各工序作业均安排在限定时间内完成。

以往不少施工单位在滑模施工中仅对绑扎钢筋、浇灌混凝土、提升模板这三个主要工序重视，而对滑模施工的时间限定性常重视不够，即从事各工序操作的施工人员只关心如何去完成本工序的工作，而对应该在多长时间内完成却较少注意，或者说在

最短时间或指定时间内完成作业的意识并不十分强烈。应该指出，滑模施工的时限性要求是这一施工方法的显著特性之一。因此滑升这个工序应是滑模施工的主导工序，其他操作应在满足提升速度的前提下完成，不宜用停滑或减缓滑升速度来迁就其他作业。

当采用滑框倒模施工时，可不受本条的限制。

6.6.2 滑模施工的特点之一就是滑模施工时的全部荷载是依靠埋设在混凝土中或体外刚度较小的支承杆承受的，其上部混凝土强度很低，因而施工中的一切活动都应保证与结构混凝土强度增长相协调，即滑升程序或滑升速度的确定，至少应包含本条规定的5个因素。

第5款是本次修订新增加的内容。

6.6.3 初滑是指工程开始时进行的初次提升阶段，也包括在模板空滑后的首次提升，初滑程序应在施工方案中予以规定，主要应注意以下几点：

1 初滑时既要能使混凝土自重克服模板与混凝土之间的摩阻力，又要使下端混凝土达到必要的出模强度，因此，应对混凝土的凝结状态进行全面检查；

2 初滑一般是模板结构在组装后初次经受提升荷载的考验，因此要经过一个试探性提升过程，同时检查模板装置工作是否正常，发现问题立即处理。

本标准附录B的混凝土贯入阻力测定方法，是根据国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080-2016和参照美国材料与试验协会标准ASTM C403等制订的，其单位为 kN/cm^2 而不采用MPa，主要是与通常所称的混凝土强度有所区别。

近年来，北京某建设公司研究开发的混凝土早期强度测试仪，具有智能、便携、快速读数等优点，得到了专家的肯定。建议可在混凝土早期强度日常普查中使用，以进一步积累资料和经验。

原冶金部某建筑研究院曾对早龄期受荷混凝土的强度损失和变形进行了试验研究。试验时模拟滑升速度分别为 10cm/h、20cm/h 和 30cm/h 对试件分级加荷，同时测其变形值，直至荷载达到 $7.5\text{N}/\text{cm}^2$ 。荷载保持 24h 后卸荷，再与未加荷的试件同时送标准养护室养护。待混凝土龄期达到 28d 后试验，确定试件的强度。结果见表 3 及图 2。

表 3 早期受荷混凝土对 28d 强度的影响

模拟 滑升 速度 cm/h	试件受荷混凝土对 28d 强度的影响 (MPa)								
	0.1			0.2			0.3		
	28d 强度		差率 (%)	28d 强度		差率 (%)	28d 强度		差率 (%)
	受荷	未受荷		受荷	未受荷		受荷	未受荷	
10	28.57	32.63	-12.44	33.13	33.80	-1.98	35.87	35.90	-0.09
20	29.23	34.03	-14.11	34.63	36.53	-5.2	33.43	34.17	-2.15
30	29.20	36.73	-20.51	30.50	34.07	-10.47	33.50	34.20	-2.1

注：每个数据系 9 个试件的平均值。

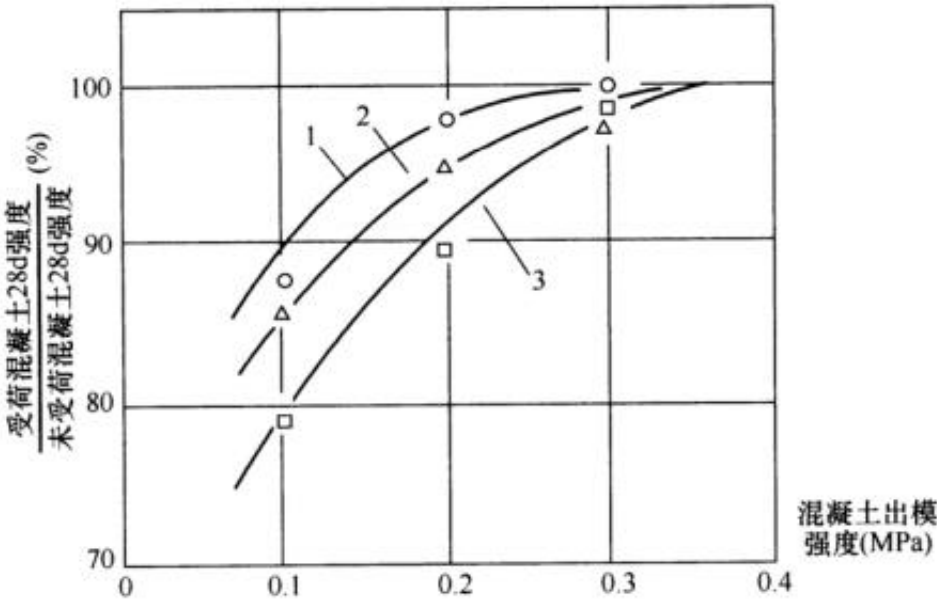


图 2 不同滑升速度和出模强度对 28d 强度的影响

1—滑升速度为 10cm/h；2—滑升速度为 20cm/h；

3—滑升速度为 30cm/h

从试验结果可以看出, 过低混凝土出模强度, 会造成 28d 抗压强度降低, 且滑升速度愈快降低的比例也愈大。当出模的最低强度控制在 0.2MPa 以上, 滑升速度在 10cm/h~20cm/h 时, 混凝土的 28d 抗压强度降低 2%~5%, 出模强度达到 0.3MPa, 混凝土 28d 强度则基本不降低。

早龄期混凝土在荷载作用下的相对变形, 随混凝土的初始强度的提高而减少, 与荷载速度的关系不大, 早期受荷混凝土变形结果见表 4。

表 4 混凝土早期受荷时的相对变形

模拟滑升 速度 cm/h	混凝土早期受荷初始强度 (MPa)					
	0.1		0.2		0.3	
	28d 强度		28d 强度		28d 强度	
	试件相对变形 ($\times 10^{-2}$)					
	受荷	未受荷	受荷	未受荷	受荷	未受荷
10	6.35	7.33	2.17	4.05	0.75	3.24
20	5.18	6.19	1.72	4.34	0.92	3.07
30	5.46	7.18	1.77	3.58	0.82	4.33

注: 相对变形值为试验荷载加至 7.5N/cm² 时测定的平均值。

此外, 国外有试验资料表明即使具有 0.1MPa (1fkg/cm²) 强度的混凝土, 在受到 1m~1.2m 高的混凝土自重压力作用下 (2.5N/cm²) 也会发生较大的塑性变形, 且 28d 强度平均损失达 16%, 当强度大于或等于 0.2MPa (2fkg/cm²) 时, 在自重作用下不仅塑性变形小, 对 28d 抗压强度基本上无影响。

国外对出模强度的要求很不一致, 从 0.05MPa 至 0.7MPa 者均有。为了不过分影响滑模混凝土后期强度或不致为弥补这种损失而提高混凝土配合比设计的强度等级, 也不因强度太高过分增大提升摩阻力, 因此, 滑模混凝土出模强度定为 0.2MPa~0.4MPa 或混凝土贯入阻力值为 0.3kN/cm²~1.05kN/cm²。

6.6.4 本条明确提出了在正常滑升过程中, 应采取微量提升的方式。

在滑模施工中能否严格做到正常滑升所规定的两次提升间隔

时间，即混凝土在模板中的静停时间的要求，是直接关系到防止混凝土出现被拉裂、防止出现冷接头，保证工程质量的关键。因此，本条规定两次提升的间隔的时间不宜超过 0.5h。当气温很高时，为防止混凝土硬化太快，提升时摩阻力过大，混凝土有被拉裂的危险，可在两提升间隔时间内增加（1~2）次中间提升，中间提升的高度为（1~2）个千斤顶行程，以阻止混凝土和模板之间的粘结，使两者之间的接触不超过 0.5h。

当采用滑框倒模施工时，可不受本条的限制。

6.6.5 提升时要求千斤顶充分进油、排油，是为了防止提升中因进油回油不充分，各千斤顶之间产生累积升差。进油、排油时间应通过试验确定。

提升模板时，如果将油压值提高至正常滑升时油值的 1.2 倍，尚不能使全部液压千斤顶升起，说明已发生了问题，此时应立即停止提升操作进行检查，找出故障原因及时处理，禁止盲目增压强行提升。

6.6.6 滑升中保持操作平台基本水平，对防止结构中心线飘移和混凝土外观质量有重要意义，因此每滑升 200mm~400mm 都应对各千斤顶进行一次自检调平。目前操作平台水平控制方法主要有限位卡调平、联通管自动调平系统，激光平面法自动调平也可选用，经验表明都可使相邻千斤顶的高差控制在 20mm 内。

6.6.7 根据一些施工单位的经验，连续变截面结构的滑升中一次收分量不宜大于 6mm。烟囱、电视塔等变坡度结构习惯上是每提升一次进行一次收分操作。提升过程中内模板有托起内壁混凝土的趋势，收分过程中外模板又有压迫外壁混凝土趋势，而一次提升高度和收分量愈大，对混凝土质量的潜在影响也愈大。如结构坡度大于 3.0%，应适当降低支承杆的设计承载能力。

6.6.8 滑模装置是由单个刚度较小的支承杆来支承，因此操作平台空间变位的可能性较大，过去有些工程由于对成型结构的垂直度、扭转等的观测不够及时，导致结构物的施工精度达不到要求的情况时有发生。而偏移一旦形成，消除就十分困难。

施工实践表明，整体刚度小、高度较高、缺少横向约束的结构，施工中容易产生垂直偏差和扭转，因此，要及时根据记录，分析滑升中存在的问题、平台飘移的规律以及各种处置方法是否恰当，以便及时总结经验，进一步提高工程质量。

针对偏差产生的原因，如能在出现偏差的萌芽阶段就采取纠正措施，一般都是比较容易纠正的。但应注意，当成型的结构已经产生较大的垂直度偏差时，纠偏应徐缓进行，避免出现硬弯。因此，滑模施工精度控制应强调勤观测、勤调整的原则。

当垂直度出现偏差后，通常将操作平台调成倾斜以纠正偏差。这种纠偏方法除了利用模板对混凝土的导向作用和千斤顶倾斜改变支承杆的方向外，还利用滑模装置的自重及施工荷载对操作平台产生的水平推力来达到纠偏的目的。为避免因平台倾斜造成支承杆承载力损失过大，本条规定操作平台的倾斜度应控制在1%以内。此外操作平台倾斜度过大还会引起模板产生反锥度，以及滑模装置的某些构件出现过大变形。

筒体结构在滑模施工中若管理不当很容易产生扭转，扭转的结果不仅有害于结构外观，更重要的是会导致支承杆倾斜，从而降低其承载能力。

6.6.9 滑升过程中，整个操作平台装置都处于动态，模板下口部位的混凝土强度相对较低，支承杆也处于不利工作状态下，因此要随时检查操作平台、支承杆以及混凝土的凝结状态，及时发现异常并解决。

如检查支承杆是否出现弯曲或倾斜、千斤顶卡固失灵；检查操作平台是否出现偏扭变形、模板出现反锥度；检查刚出模的混凝土是否出现流淌、坍塌、裂缝以及其他异常情况。并编制针对性的预案，根据现场实际情况分析原因，作出是否停滑的决定，及时采取有效措施处理，避免安全质量事故的发生。

6.6.10 主要为梁的钢筋绑扎或安装提供一定的时间、空间，而不致妨碍其操作。

6.6.11 对施工过程中落在操作平台上、吊架上以及围圈支架上

的混凝土和灰浆等杂物，每个作业班应进行及时清扫，以防止施工中杂物坠落，造成安全事故。对粘结在模板上的砂浆应及时清理，否则模板内表面粗糙，提升摩阻力增大，出模混凝土表面会被拉伤，有损结构质量。尤其是转角模板处粘结的灰浆常常是造成出模混凝土缺棱少角的主要原因，变截面结构的收分模板和活动模板连接处，浇灌混凝土时砂浆极易挤入收分模板和活动模板之间，使成型的结构混凝土表面拉出深沟，有损结构的外观质量。因此，施工中应特别注意清理，由于这些部位的模板清理比较困难，有时需要拆除模板才能彻底进行。已硬结的干灰落入模板内或混入混凝土中，会造成上下层混凝土之间出现烂渣夹层，如混入新浇混凝土中会严重影响混凝土的结构质量。

6.6.12 液压油污染了钢筋或混凝土会降低混凝土质量和混凝土对钢筋的握裹力，施工中如果发生这种情况的处理方法：对支承杆和钢筋一般用喷灯烘烤除油，对混凝土用棉纱吸除浮油，并清除掉被污染表面的混凝土。

6.6.13 本条第3款使用工具式支承杆时，由于支承杆一般都设置在结构截面的内部，模板提升时，其套管与混凝土之间也存在着较大的摩阻力，即产生的总摩阻力要比使用非工具式支承杆时更大，因此在这种情况下应在提升模板之前转动和适当托起套管，以减小由此引起的摩阻力，防止混凝土被拉裂。

当采用滑框倒模施工时，可不受本条第2款的限制。

6.6.14 正常施工中浇灌的混凝土被模板所夹持，对操作平台的总体稳定能够起到一定的保障作用。空滑是滑模施工中一个相对潜在危险的工作状态，模板与浇灌的混凝土已脱离，且支承杆的脱空长度有时会达到2m以上，抵抗垂直荷载和水平荷载的能力都很低，应验算该工况下的稳定性。

当稳定性不足时，应对空滑的支承杆采取可靠的加固措施，并检查滑模施工方案设计中模板空滑工况、现场支承杆和操作平台的加固是否符合专项设计要求。

对于支承杆和操作平台加固的方法较多，如可以临时加固支

承杆，适当增加支承杆的数量，减少操作平台施工荷载等方法来解决支承杆稳定性问题。

6.6.15 混凝土出模强度，通常要求以保证刚出模的混凝土不坍塌、不流淌、也不被拉裂，并可在其表面进行原浆压实等简单修饰和后期强度不降低等提出来的。

试验结果表明，当混凝土早期强度大于或等于 0.2MPa 时，可以达到滑模施工的要求。混凝土出模强度以采用本标准附录 B 的混凝土贯入阻力测定方法试验为准。

采用滑框倒模施工时，由于仅滑框沿着模板表面滑动，而模板只从滑框下口脱出，不与混凝土表面之间发生滑动摩擦，因此，只规定混凝土出模强度最小值为 0.2MPa。

6.6.16 当滑模施工中支承杆不可能发生失稳情况时，可按混凝土出模强度要求来确定最大滑升速度。例如，采用吊挂支承杆滑模或支承杆经过加固在任何时候都不可能因受压失稳时，则滑升速度的控制只需满足出模混凝土不流淌，不拉裂，混凝土后期强度不损失等条件，即保证达到出模混凝土要求的强度即可。

$$V = (H - h_0 - a) / t \quad (2)$$

6.6.17 当支承杆受压且设置在结构混凝土内部时（一般滑模多属这种情况），滑升速度由支承杆的稳定性来确定，支承杆的失稳有两种情况，一种是杆子上部在临界荷载下弯曲，失稳时弯曲部位发生在支承杆的脱空部分，另一种是支承杆的弯曲部分发生在混凝土内部，这种情况一般是在混凝土早期强度增长很缓慢，杆子脱空长度较小时较易发生，一旦出现，模板下口附近的混凝土被弯曲的支承杆鼓坏，造成混凝土坍塌，甚至平台倾覆等恶性事故。因此我们在确定支承杆承载力时是以滑升速度与混凝土硬化状态相适应（即不发生下部失稳）为前提，求得支承杆在不同荷载、不同混凝土的硬化状态下与滑升速度的关系。

1 对 $\phi 48.3 \times 3.5$ 钢管受压支承杆，当支承杆设置在结构混凝土体内时，我们参照 $\phi 25$ 支承杆的假定条件来确定其极限滑升速度，理论上推定 $\phi 48.3 \times 3.5$ 钢管支承杆的稳定嵌固强度值为 2.5MPa。

与 $\phi 25$ 支承杆相同, 确定 $\phi 48.3 \times 3.5$ 支承杆的允许滑升速度按其下部失稳条件进行控制, 即杆子失稳时的上端弯曲点在模板的中部, 处于半铰结状态, 下端被 2.5MPa 强度的混凝土完全嵌固。则推导出本条款允许滑升速度的计算公式, 并经试算, 可以满足当前工程需要, 但还需要深入开展这方面的工程试验研究工作。

$$V = 26.5 / [T_1 \times (KP)^{1/2}] + 0.6 / T_1 \quad (3)$$

2 对于 $\phi 25$ 支承杆, 为简化计算, 我们假定:

- 1) 模板高度假设 1.2m , 支承下部失稳是在上部不失稳的条件下发生的;
- 2) 混凝土对 $\phi 25$ 圆钢支承杆的嵌固强度取 $0.7\text{MPa} \sim 1.0\text{MPa}$;
- 3) 忽略支承杆与横向钢筋联系等有利作用;
- 4) 杆子下部失稳时, 上弯曲点的位置在模板的中部 (由于模板有倾斜度, 模板下部 $1/2$ 的混凝土已与模板脱离接触) 并处于半嵌固状态。其下端被 0.7MPa 强度的混凝土完全嵌固, 参考图 3。

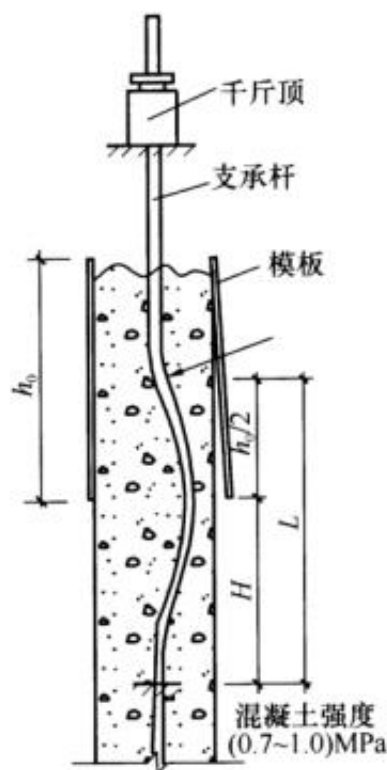


图 3 支承杆下部失稳示意图

通过上述假定把一个很复杂的问题简化为一个上端为半铰、下部全嵌固的理想压杆来处理。由此推导出本条款的计算公式：

$$V = 10.5 / [T_2 \cdot (K \cdot P)^{1/2}] + 0.6 / T_2 \quad (4)$$

6.6.18 根据施工过程中滑模工程结构或支承系统的整体稳定来控制滑升速度，一般是在以下情况下时需要：结构的自重荷载相对较大；施工中为保证结构稳定的横向结构后期施工（如高层建筑后做楼板、框架结构后做横梁等）；或支承杆系统组成一个整体承力结构。为防止整个工程结构或支承结构系统在施工中发生失稳才进行这种验算。验算中除了工程结构形式、滑模结构系统支承等具体情况外，还涉及对混凝土强度增长速度的要求，因而需要对滑升速度做出限制。

6.6.19 当 $\phi 48.3 \times 3.5$ 钢管支承杆受压且设置在结构体外时，支承杆四周没有混凝土扶持。假设其上端千斤顶卡固，假定为半铰状态，下端为铰支（即取 $\mu = 0.75$ ），可按欧拉公式推导出本条款的计算公式：

$$L_0 = 21.2 / (K \cdot P)^{1/2} \quad (5)$$

施工中应保证支承杆的脱空长度在任何情况下都应小于 L_0 的要求。

按上式计算支承杆的脱空长度结果列于表：

支承杆荷载 (kN)	10	20	30	40	50	60	70
允许的自由长度 (m)	4.74	3.35	2.74	2.37	2.12	1.94	1.79

我国曾发生过两起因支承杆下部失稳而引发的重大安全事故，总结经验教训，认为在施工中支承杆失稳是导致发生事故的最主要原因，或者说是滑升速度与混凝土凝固程度不相适应的结果，因而标准中比较明确地规定滑升速度控制的要求十分必要。应该说目前提出的滑升速度的计算方法，还需要进一步积累经验和完善。

6.7 横向结构的施工

6.7.1 按整体设计的横向结构如高层建筑的楼板、框架结构的

横梁等对保证柱、墙等竖向构件的稳定性和合理受力有重要意义。当这些横向结构不同步施工时,会使施工期间的柱子或墙体的自由高度大大增加,因此应关注施工过程中结构的稳定性。另外,由于横向构件后期施工会存在横向和纵向结构间的连接问题,这种连接应满足按原整体结构设计的要求,如果需要改变结构的连接方式,应通过设计认可,并有变更后的完整施工图。

6.7.2 本条指出采用滑模施工的楼板结构宜采用逐层空滑现浇楼板工艺施工,即滑一浇一工艺。

6.7.3 剪力墙结构采用逐层空滑现浇楼板工艺施工时,本标准提出几点要求:

1 要保证模板滑空时操作平台支承系统的稳定与安全。主要措施是对支承杆进行可靠加固,并加长建筑物外侧模板,使滑空时仍有不少于 200mm 高度的模板与外墙混凝土接触。

2 逐层现浇的楼板,楼板的底模一般是通过支柱支承在下层已浇筑的楼面上,由于一层墙体滑升所需的时间比较短,下层楼面混凝土浇筑完毕,一般停顿 1d~2d,即需要在其上面作业,而此时混凝土强度较低,应有技术措施来保证不因此而损害楼板质量。

3 楼板模板的拆除应满足国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666-2011 的规定,高层建筑的楼板模板采用逐层顶撑支设时,上层荷载是依次通过中间各层楼板和支柱传递到低层结构上的。因此本标准要求拆除支柱的上层楼板的结构强度应满足上部施工荷载的要求。

在上部施工荷载作用下,底层支柱究竟承受到多少荷载,综合对已有的研究成果总结分析,得出如下结论:

(1) 最下层支柱所承受的最大施工荷载,以作用在最上层支柱的荷载为单位荷载来表示荷载比为 1.0~1.1;

(2) 作用在最下层支柱所承受的楼板或梁上的最大荷载(即传递给最下层楼板的最大荷载)如连其自重计算在内,一般荷载比为 2.0~2.1;

(3) 最大荷载比与使用多少层支柱、隔多少天浇筑混凝土无直接关联，也基本上不受支柱刚性大小、楼板与其周边梁的刚度比例及其他因素的影响。

因此可求出楼板设计荷载与施工荷载的比值 γ 。

$$\gamma = [2.1(\rho d + W_f)]/(\rho d + W_L) \quad (6)$$

式中： ρ ——混凝土的重力密度 (kN/m^3)

d ——板厚 (m)

W_f ——楼板模板单位面积上的重量 (kN/m^2)

W_L ——设计用活荷载 (kN/m^2)

用逐层顶撑支模方法施工对于 γ 值超过 1.5 时，不仅要钢筋补强，还要待混凝土达到设计强度后才能拆模。

6.7.7 二次施工的构件与滑模施工的构件之间的连接，为保证结构形成整体，通常在节点处都作了必要的结构处理，如设置槽口、梁窝、增加插筋、预埋件、齿槽等等。这些部位比较隐蔽，因此二次施工之前应彻底清理这些部位，按要求做好施工缝处理，加强二次浇筑混凝土的振捣和养护，确保二次施工的构件节点和构件本身的质量可靠。

6.8 滑模托带施工

6.8.1 钢网架、整体钢桁架、大型井字梁等重大结构物，如果其支承结构（如墙、柱、梁）采用滑模施工时，则可利用同一套滑模装置将这种重大结构物随着滑模施工托带到其设计标高进行整体就位安装。该结构物是滑模施工的荷载，也可以作为滑模操作平台或操作平台的一部分在滑模施工中使用。滑模托带施工的显著优点是把一些位于建筑物高空的特大、特重的结构物，在地面组装成整体，随滑模施工托带至设计标高就位，这样就使大量的结构组装工作由高空作业变为地面作业，从而对提高工程质量、加快施工进度、保障施工安全有十分重要的意义，采用滑模施工托带方式来提升结构物，不仅省去了大型吊装设备，也省去了搭架安装等一系列作业和占用施工地面。因此这是一种优质、

安全、快速经济的施工方法。

6.8.2、6.8.3 由于被托带的结构是附着在其支承结构（墙、柱或梁）的滑模装置上，因此滑模托带装置不仅要满足其支承结构混凝土滑模施工的需要，同时还应满足被托带结构随升和就位安装的需要。本条指出了托带施工技术设计应包括的主要内容，包括整个工程的施工程序（包括滑模施工到被托带结构的就位固定）设计、支承结构的滑模装置设计、被托带物与滑模装置连接与分离方法和构造设计、整个提升系统的设计（包括千斤顶的布置和支承杆的加固措施等）、被托带结构到顶与滑模装置脱离后，对托带结构的临时固定方法以及在某些情况下，被托带结构需要少量下降就位的措施，施工过程中被托带结构的变形观测（包括各杆件的变形和各支座点的高差等），如施工设计中发现支座高差在施工允许范围内，而某些杆件出现了超常应力时，应该在施工之前对那些杆件进行加固。鉴于托带施工使滑模受力系统增加了很大荷载，而且在施工过程中对操作平台的调平控制和稳定提升要求更高，因此施工的前期准备和技术设计应做到更加完善和可靠。

6.8.4 被托带物由多个支承点与其支承结构的滑模装置连接。在滑模托带提升时，由托带物施加到滑模装置上的荷载，即是托带物支承点的反力。计算该支点反力时，其荷载除常规荷载外，还应包括提升中由于各千斤顶的不同步引起的升差，导致托带结构产生附加的支承反力。千斤顶的升差（即被托带结构支承点不在同一标高上）会导致被托带结构的杆件内力发生变化，升差过大时，可使某些杆件超负荷，甚至使结构破坏；另一方面也使某些支座的反力增大，使托带物施加到滑模装置上的荷载增大，甚至导致出现滑模支承杆失稳等情况。因此，在滑模托带工程的施工设计中应根据施工中可能发生的情况，对托带结构构件的内力进行验算，并对施工中提出相应的控制要求是十分必要的，例如，提升支座点之间的允许升差限制，托带结构上荷载的限制，对某些杆件进行预先加固等等。

6.8.5 本条规定了滑模托带装置设计应计取的荷载。

6.8.6 由于在滑模装置上托带了重量较大、面积较大且具有一定刚度的结构物，任何使托带结构状态（包括支座水平状态、荷载状态等）发生变化的情况都会影响到滑模支承杆的受力大小。因此，滑模托带施工时其支承杆受力大小的变化幅度，往往比普通滑模时变化的幅度更大，为适应这种情况，本条规定托带工程千斤顶和支承杆承载能力的安全储备，比普通滑模时要大。

6.8.7、6.8.8 滑模托带施工的被托带结构一般是具有相当大刚度和多个支承点的整体结构，其支承点的不均匀沉降（即支承点不在同一标高）对被托带结构的杆件内力变化有很大影响。因此施工中应控制托带结构支承点的升差，做到勤观察、勤调整。

6.8.9 修订增加了托带结构就位后，其变形、挠度应符合国家现行有关标准的规定。

6.9 滑模安全使用和拆除

6.9.1 滑模装置的组装是滑模施工刚开始的一道工序，而拆除是滑模施工最后一道工序，也是安全风险较大的一个环节。安装和拆除作业都应按照批准的专项施工方案有序的进行，根据滑模施工的经验教训，在施工过程中应加强组织管理，指定专人负责统一指挥，所有参加操作的人员应进行专项安全技术交底，熟悉安装和拆除的内容、方法和顺序，大家是一个有机整体，中途不宜随意更换作业人员，防止工作紊乱，杜绝安全事故发生。

6.9.2 在安装和拆除滑模装置时，应加倍注意安全，在建（构）筑物周围和塔吊运行范围周边应划出警戒区。警戒线应设置明显的警示标志，应设专人监护和管理，非操作人员不应进入警戒线内。

6.9.3 安装和拆除作业应在白天光线充足、能见度良好、天气正常情况下进行，以确保安全操作。夜间不应进行安装和拆除作业，在气候条件恶化时，也不允许进行作业。

风速 8.0m/s 相当于五级风。

6.9.4 滑模装置上的永久荷载施工期间变化不大，但要限制施工荷载不应超过设计荷载，以保证操作平台的安全。

6.9.5、6.9.6 初滑、空滑是滑模施工的工况之一，尤其是处于空滑状态时，模板内没有混凝土挟持，是相对危险的情况，应全面检查滑模装置；正常滑升过程中也应定期检查，如每1个标准楼层检查1次；每次检查确认安全后方可继续使用。当滑模施工过程中发现安全隐患时，应及时排除，不应为了赶工期，强行组织滑升。

6.9.7 由于使用后的滑模装置有可能已发生潜在的磨损，有时甚至发生明显的废损，装置上的混凝土残渣时有存在，平台上的一些物件可先行清理，严禁高空抛物。

6.9.8 滑模装置在平台上采用分段整体拆除、然后到地面解体，目的是为了减少高处作业，防止高空坠落事故发生。

支承杆在拆除时由于自重或割断，很可能从千斤顶中滑脱，各分段甚至整个滑模装置也有可能倾倒或坠落，因此，应对滑模平台装置采取搭脚手架、设斜支撑、钢丝绳拉结等临时固定措施，对支承杆可直接将其从千斤顶下部取出、在千斤顶以上用限位卡卡紧或焊接短钢筋头或扣件卡紧等防坠落措施。

6.9.9 行业标准《液压滑动模板施工安全技术规程》JGJ 65 - 2013 是滑模施工安全工作的专业标准，它对滑模施工的安全技术和管理都作了全面系统的规定，应遵照执行。

7 特种滑模施工

7.1 大体积混凝土施工

7.1.1 本条是根据我国现阶段的工程经验，规定了可采用滑模施工的大体积混凝土的工程范围。

我国在水工构筑物中的混凝土坝、挡土墙、闸墩及大型桥墩等大体积混凝土的工程中已取得了成功经验。

7.1.2 大体积混凝土工程施工的特点是混凝土浇筑的体积大、仓面大、强度高。一般多采用皮带机、地泵等机械化作业方式入仓下料，滑模装置设计应适应这一特点，且应注意结构物的曲率、坡度等外型特征和施工精度控制装置的有效性。

7.1.3 本条根据我国水工施工经验，对仓面长宽较大的情况，采用几套滑模装置分段独立滑升，实践证明是行之有效的。

7.1.4 本条规定了大体积混凝土中滑模施工支承杆和千斤顶布置的原则和方式。对支承杆离边距大于 200mm 的要求，主要是为了防止因混凝土的嵌固作用不足使其发生失稳或混凝土表面坍塌或裂缝。

7.1.5 本条规定是根据大体积混凝土滑模施工中滑模装置设计、组装的实践经验及工程现场试验作出的一般规定。

7.1.6 大体积混凝土的浇筑厚度应根据仓面大小、混凝土的制备能力、机械运输及布料等因数确定；当相邻段的铺料厚度高差过大时，由于模板受力不均，平台间易发生错位或卡死现象。对于采用吊罐直接入仓下料，应设有专人负责安全，600mm 仅为警戒高度。

7.1.7 对反坡部位混凝土的出模强度，应根据现场试验和实践经验确定。

7.1.9 在大体积混凝土滑模施工中，对操作平台也应做到勤观

察、勤调整，避免累积误差过大；纠偏调整应按计划逐步并缓慢地进行，当偏移量达到控制值还不能调平时，应立即停止施工另行处理。

7.2 混凝土面板施工

7.2.1 本条规定了混凝土面板工程滑模施工的范围。

20 世纪 40 年代美国工程兵就在渠道护面工程中采用滑模施工，其他如堆石坝的面板、溢洪道、溢流面、水工隧洞等在我国也普遍采用滑模施工，工程质量良好。

7.2.2 由于面板滑模装置及支承方式和一般滑模不同，例如模板结构一般采用梁式框架结构，支承于轨道上，牵引方式有液压千斤顶、爬轨器或卷扬机等形式。因此对滑模装置设计作了基本规定。

7.2.3、7.2.4 模板结构设计中，应计算浇灌混凝土时对模板的上托力影响，并对影响工程外观的模板结构刚度提出了具体要求，这是根据水电系统已往工程设计经验、现场试验综合确定的。

本标准采用的混凝土的上托力不同于其他资料中的浮托力，因滑模装置在斜面或曲面上滑动时，模板前沿堆积了混凝土，混凝土对模板不仅有浮托力，模板对混凝土还有挤压力。上托力按模板倾角大小分二种情况计取。

7.2.11 在陡坡上采用滑模施工，一旦失控急速下滑，后果十分严重，因此，应设置多种安全保险装置。

7.2.12 水工建筑中的溢流面平整度，设计详图中一般有规定。通常滑模施工的溢流面表面可以做到平整光滑，尤其是在解决大面积有曲率变化的表面平整光滑方面突显优势。对于没有溢流要求的面板工程可相对放宽控制尺度。

7.3 竖井井壁施工

7.3.1 混凝土成型的各种竖井（也称立井）井壁，包括煤炭、

冶金、有色金属、核工业、建材、水利、电力、城建等各个行业工程建设中的竖井，均可采用特种滑模施工。尤其是煤炭系统的立井采用滑模施工已有 30 余年的历史，已是一种相对成熟的井壁混凝土施工技术。

7.3.2 竖井的井壁根据井深和地质条件一般分为单层或两层结构，特殊情况分为三层结构。外层井壁在掘进时起到加固井壁岩土和防水作用，常用凿井与井壁主体并行方法（即边掘边砌）施工；内层井壁（内套壁）主要承受地层压力和安装各种设备，也起防水作用。当井筒内地下水丰富、渗水严重或地层压力较大时，还应增加一层井壁。此时各层的井壁厚度均不应小于 160mm。

7.3.3 本条提出了竖井滑模与常规滑模所需要的不同施工设施，以便施工前做好准备。

7.3.4 井壁滑模时只有内模板，施工经验表明，模板提升时，其单侧倾斜度会变小，施工时如按常规滑模倾斜度 $0.1\% \sim 0.3\%$ 组装，易将混凝土拉裂。因此，井壁滑模的模板倾斜度应大于一般滑模时的倾斜度。国家标准《煤矿井巷工程质量验收规范》GB 50213 - 2010 中规定的倾斜度为 $0.6\% \sim 1.0\%$ ，实践表明，倾斜度过大井壁表面易形成波浪或穿裙子，而且挂蜡现象也较严重。因此本标准适当减小了模板倾斜度值，规定为 $0.5\% \sim 0.8\%$ 。

7.3.5 本条对防护盘的设置提出了较具体要求。其他配套设施是指绞车、钢丝绳、提升设备、绳卡、通风、排水、给水、供电等设施的选择和使用，应按国家现行有关标准执行。

7.3.6 外层井壁采用边掘边砌时，井壁滑模的分段高度宜为 3m ~ 6m，并行作业相对安全方便，另外分段高度还应根据竖向钢筋的进料长度，尽量减少接头。

7.3.7 竖井滑模施工，宜采用拉杆式支承杆，一般设置在结构体外，一方面可回收重复使用，另一方面避免使用电焊来处理支承杆接头和对支承杆加固。

采用边掘边砌方法，当滑模施工外层井壁时，如采用升降式千斤顶，在模板及围圈系统增加伸缩装置，可将滑模装置整体下降到另一工作段上使用，这样就更能减少滑模装置的装拆时间。

压杆式支承杆设在井壁混凝土体内，作用与普通滑模支承杆相同，技术要求也基本相同。

7.3.10 滑模装置组装前，要沿井壁四周安放刃脚模板，通过刃脚模板，可将上、下两段井壁的接头处做成为 45° 的斜面便于接茬，并防止渗漏。刃脚模板安装并临时固定牢稳后，再在其上安装滑模装置。

滑升时不应将刃脚模板带起，刃脚模板拆下后可转到下一段使用。

7.3.11 本条是竖井滑模施工中遇有横向或斜向洞口时，应采取的加固措施，这些措施应在竖井支护设计中明确。

7.3.12 竖井壁采用滑模施工时，同样应按勤观测、勤调整的原则，控制井筒中心的位移，保证井筒中心与设计中心的偏差不大于 15mm。

7.4 复合壁施工

7.4.1 复合壁滑模施工是指两种不同材料性能的现浇混凝土结合在一起的混凝土竖壁，采用滑模一次施工的方法，即双滑。采用复合壁的工程一般多是由于结构有保温、隔热、隔声、防潮、防水等功能要求的建（构）筑物，如有保温要求的贮仓、节能型高层建筑外墙等。

7.4.2 复合壁采用滑模一次施工，最重要的是要使两种不同性能的混凝土截然分开，互不混淆，成型后两者又能自动结合成一体。在内外侧模板之间（双层墙壁的分界处）设置隔离板的目的是分隔两种不同性能的混凝土，防止两种不同的材料在施工时混合，以实现同步双滑，因此设计并安装好隔离板是复合壁滑模施工成功的关键。隔离板上的圆钢棍起到悬挂隔离板，固定其位置、增强隔离板的刚度、控制结构层混凝土钢筋保护层厚度，增

加两种混凝土材料结合面积的作用。为方便水平钢筋的绑扎，悬吊隔离板高于模板上口 50mm~100mm，是防止两种不同性能混凝土在入模时混淆。隔离板深入模板内的高度比混凝土浇筑层厚度减少 25mm，即模板提升后，隔离板下口的位置应在混凝土表面以上 25mm；浇灌时使结构混凝土可以从此缝隙中稍有挤出，以增加两种混凝土之间的咬合。此外，应使圆钢棍的上端与提升井架立柱或提升架之间的横向连系梁刚性连接，以保证在隔离板的一侧浇筑混凝土时，隔离板的位置不会产生大的变化。

7.4.3 强度低的混凝土对支承杆的稳定嵌固能力低，因此支承杆应设置在强度较高的混凝土内。

7.4.4 先浇灌强度较高一侧的结构混凝土，可使结构混凝土通过隔离板下口的缝隙，少量掺入轻质混凝土内，起到类似挑牛腿的作用，使两者良好咬合，同时对轻质混凝土也起到增强的作用。先振捣强度较高的混凝土，一方面是防止振捣混凝土时隔离板向强度较高侧的混凝土方向变形，减小结构混凝土层的厚度，影响结构安全和质量，另一方面先振捣较高强度一侧的混凝土，可使模板提升后钢棍留下的孔道和隔离板留下的空间由强度较高的结构混凝土充填，有利于两种不同性质的结合。

每层混凝土浇灌完毕后，应保持两种混凝土的上表面一致，否则隔离板提出混凝土后，较高位侧的混凝土有向较低位侧的混凝土流动的趋势，从而造成两种不同性能混凝土混淆。

7.4.5 隔离板的内外两侧均与混凝土相接触，其表面如粘结有砂浆等污物，会变得粗糙，这将大幅度增加隔离板与混凝土之间的摩阻力，从而在提升中将混凝土拉裂或带起，造成质量问题。因此应随时保持隔离基线的光洁和位置正确。

复合壁滑模施工是两种不同性能的混凝土双滑成型，两种混凝土的滑升速度应相同，因此，这两种混凝土都应事先进行试验，通过掺入早强剂、减水剂、缓凝剂等外加剂，调整它们的凝结时间、流动性和强度增长速度，使之相互配合，避免出现一侧混凝土因凝结过于缓慢或过于迅速，使该侧混凝土坍塌或拉裂等

有损结构质量的现象发生。

7.4.6 复合壁模板提升时，其内、外侧模板及隔离板同时向上移动，而隔离板的下口仅深入至内、外侧模板上口以下约175mm。当每次提升200mm时隔离板下口脱离混凝土表面并与表面形成25mm间隙，如提升高度增大，间隙也加大，隔离板将失去对两种不同性质混凝土的隔离作用，高位一侧的混凝土将向低位一侧流动，使两种混凝土混淆。对这一点，施工中应特别注意：其一，每次混凝土的浇灌高度和提升高度都应严格控制；其二，采用本工艺成型复合壁时不应进行空滑施工，除非有防止空滑段两种不同性能混凝土混淆的措施。

当需要停滑时，应按本标准第6.6.13条规定采取停滑措施，即混凝土应浇灌至同一水平，模板每隔一定时间提升（1~2）个千斤顶行程，直至模板与混凝土不再粘结为止。复合壁滑模施工在停滑时，还应满足模板的总提升高度不应大于一个浇灌层厚度（如200mm），因为提升高度大于一个浇灌层厚度，会使隔离板下口至混凝土表面间的间隙大于25mm，从而容易造成两种混凝土混淆。

7.4.7 施工到顶要立即提起隔离板，使之脱离混凝土，然后适当振捣混凝土，使隔离缝弥合并形成整体。

7.4.8 孔洞四周的轻质混凝土用普通混凝土代替，主要是为了对洞口起加强作用，另外也便于洞口四周预埋件的设置。

8 质量检查及工程验收

8.1 质量检查

8.1.1 本标准附录 C 列出了 6 个滑模施工常用检查记录表格。

8.1.2 滑模工程的现场质量检验工作，与一般的现浇结构或预制装配结构工程不同，施工中难以停歇，以提供专门的时间进行检查工作，应根据滑模连续作业和施工速度快的特点，在操作平台上配合各工种的综合作业及时进行检查。这就要求检查工作应是跟班检查，以满足滑模连续施工的需要。

8.1.4 本条指明在施工中的检查包括地面上和平台上两部分的检查工作。地面上的检查强调了要提前进行。操作平台上的检查强调了要跟班连续进行，内容如下：

- 1) 除应按常规要求对钢筋工程进行质量检查外，应特别注意节点处汇交的钢筋是否到位，竖向钢筋是否垂直，钢筋接头质量是否满足技术要求；
- 2) 钢筋保护层厚度是否有保证措施；
- 3) 混凝土浇灌过程中应注意检查下列情况：混凝土的流动性是否满足施工要求，混凝土是否做了贯入阻力试验曲线，每层混凝土的浇灌厚度是否小于允许值，是否均衡交圈浇灌混凝土，总体浇灌时间是否满足计划要求，有无施工缝存在以及处理质量问题等；
- 4) 提升作业时，应注意检查平台上是否有钢筋或其他障碍物阻挡模板提升、平台与地面联系的管线绳索是否已经放松等，提升间隔时间是否小于规定的时间；
- 5) 检查混凝土的出模强度、混凝土截面尺寸是否符合要求，混凝土表面是否存在粗糙、坍塌、拉裂、掉楞掉角等质量缺陷，混凝土表面是否及时采用原浆压光等；

6) 检查混凝土养护是否满足技术要求。

对检查出的有关影响质量的问题应立即通知现场施工负责人，并督促及时解决。

8.1.5 本条是针对滑模工艺特点提出的滑模装置施工质量控制的一些主要内容，显然这些不是检查工作的全部内容，也未包括一些普通混凝土模板施工检查的常规项目。本标准附录 D 列出了滑模施工检查验收有关 9 个方面的检查项目、具体要点、方法。

8.1.6 滑模工程混凝土的试块组数，应按照本标准及国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 - 2015 的有关规定执行。由于滑模施工中为适应气温变化或水泥、外加剂品种及数量的改变而需经常调整混凝土配合比，因此要求用于施工的每种混凝土配合比都应留取试块，工程验收资料中应包括这些试块的试压结果。

对混凝土出模强度的检查是滑模施工特有的现场检测项目，要求每一工作班都应进行不少于 1 次的检查，在操作平台上用本标准附录 B 的贯入阻力试验方法测定和记录。其目的在于掌握当时施工气温条件下混凝土早期强度的发展情况，控制提升间隔时间，以调整滑升速度，必要时增加测试次数，确保滑模工程质量和施工安全。日常也可用早期强度测试仪普查混凝土出模强度。

滑升中偶然出现的混凝土表面拉裂、麻面、掉角等情况，如能及早处理则效果较好，并且可利用滑模装置提供的操作平台进行修补处理工作，操作也较方便。对于出现的质量通病，应由技术人员会同监理和设计部门共同研究处理，并做好记录。

8.1.7 在施工过程中，日照温差会引起高耸构筑物或建筑结构中心线的偏移，这将给结构垂直度的测量及施工精度控制带来误差。根据原四川某建筑科学研究所、原西安某建筑学院在钢筋混凝土烟囱滑模施工过程中，对日照温差的测试结果表明，在 6:00 ~ 9:00 之间日照温差变化较小且较缓慢，其他时间的测量结果

应根据温差大小进行修正。

8.2 工 程 验 收

8.2.1 滑模工艺是钢筋混凝土结构工程的一种施工方法，按滑模工艺成型的工程，其工程验收除应按本标准要求外，还应符合国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 - 2015 的规定。

8.2.2 本条列出的滑模工程混凝土结构的允许偏差要求，主要是根据国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 - 2015 的规定提出的。

8.2.3 对筒体结构的允许偏差，根据工程经验和国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 - 2015 中电梯井的允许偏差、《烟囱工程施工及验收规范》GB 50078 - 2008 的允许偏差，经综合分析后进行了适当调整，如全高的垂直度偏差规定不大于 50mm。

8.2.4 对于特种滑模施工的允许偏差应符合国家现行有关专业标准的规定。