

水工建筑物滑动模板施工技术规范

SL 32—92

中华人民共和国水利部
能源部

关于颁发《水工建筑物滑动模板施工技术规范》的通知

水建[1992]5号

为适应水工建筑物滑动模板施工的需要，原水利电力部委托水利水电地质勘探基础处理公司科研所主编的《水工建筑物滑动模板施工技术规范》，经审查批准为中华人民共和国水利行业标准，其名称与编号为《水工建筑物滑动模板施工技术规范》SL32—92，自一九九二年六月一日起实施。

本规范由水利部建设开发司负责解释。在实施中，应注意总结经验，发现问题请函告水利部建设开发司及主编单位。

本规范由水利电力出版社出版发行。

一九九二年二月二十九日

1 总 则

1.0.1 本规范适用于水工建筑物中的混凝土坝，闸门井、调压井(塔)、闸墩、面板(堆石坝的混凝土面板、溢流面等)以及斜洞等混凝土工程的滑动模板(以下简称滑模)施工。

1.0.2 本规范按结构物体型及其相应模板装置和施工条件将滑模工程分为四类：

- (1)混凝土坝等大体积混凝土；
- (2)井筒(塔)、闸墩；
- (3)面板；
- (4)斜洞。

1.0.3 水工建筑物采用滑模施工时，除应遵守本规范外，还应遵守《水工混凝土施工规范》(SDJ207)和《液压滑动模板施工技术规范》(GBJ113)的有关规定。

1.0.4 滑模施工的安全和劳动保护，必须遵守国家现行有关规定。

1.0.5 滑模工程的设计与施工，应积极采用新技术、新工艺、新材料、新设备，在应用过程中要认真总结经验，不断提高滑模施工的技术水平和经济效益。

2 滑模施工对工程设计的要求

2.0.1 采用滑模施工的工程结构设计，应考虑滑模施工工艺的特点，宜设计成等截面或渐变截面，避免有碍模板滑动的局部突出结构或连接构件，无法避免的突出结构或连接构件可作二期施工处理。

2.0.2 钢筋、预埋件、预制件的布置及细部结构的设置，应有利于模板正常滑动和易于安装、固定。

2.0.3 混凝土建筑物的接缝、止水、排水和灌浆设施等结构及其布置方式，应结合滑模施工条件设计。

2.0.4 面板结构的分缝尺寸，宜力求统一。

溢流面的设计厚度宜为 0.5 ~ 1.2m，其底部的一期混凝土或浆砌石表面，可设计成台阶形并抹角。

2.0.5 在进行井筒、闸墩等结构设计时，可将支承杆作为结构钢筋使用。

2.0.6 拦污栅槽等工程结构，宜为二期施工，在确保金属结构安装精度的条件下，可采用滑模施工一次成型。

2.0.7 对有温度控制要求的工程，在进行温度控制设计和制定温度控制措施时，应充分考虑滑模施工连续浇筑的特点，尽量减少因利用浇筑层顶面散热而中途停歇的次数。

3 施工准备

3.1 施工组织设计

3.1.1 施工单位应认真研究工程设计图纸，与建设单位商定因采用滑模施工对工程设计的修改意见，结合本单位的技术力量、机械设备等条件，确定切实可行的滑模施工方案。

3.1.2 施工前应根据工程特点和施工条件，编制施工组织设计，主要内容为：

- (1)施工总平面布置图；
- (2)滑模施工技术设计；
- (3)质量保证措施；
- (4)安全、防火措施；
- (5)施工程序和进度；
- (6)材料、机具、设备和加工件供应计划；
- (7)劳动组织计划；
- (8)预算。

3.1.3 滑模施工技术设计，应包括以下内容：

- (1)滑模装置技术设计(包括安装、拆除措施)；
- (2)确定混凝土配合比，测定其早期强度并分析其增长规律；
- (3)混凝土拌和、运输、浇筑系统的设计；
- (4)确定混凝土的脱模强度、模板滑动速度、混凝土外露面保护措施及停滑措施；
- (5)施工精度控制的设计(对双曲拱坝等应作出调节数值计算)，观测仪器的选配与设置；
- (6)机具、材料及预埋件的垂直、水平运输方法和施工人员交通设施等；
- (7)供风、供水、供电系统的设计；
- (8)特殊气候(高低温、雷雨、大风等)情况下的施工技术措施；
- (9)通讯、信号、照明等辅助设施的设计；
- (10)施工操作细则。

3.2 开工前的必备条件

3.2.1 开工前必须建立严密的统一施工指挥系统，制定岗位责任制、交接班及安全操作、质量检查等各项规章制度。

3.2.2 应对滑模装置、牵引机具、液压系统、施工精度控制系统进行检查、调试，对滑模装置部件进行预组装，并经检查合格后，方可运往现场安装。

3.2.3 对于载人电梯及罐笼等设施，必须设安全保险机构，并经安全部门检查合格后，方可启用，运行期间尚应定期检查。

3.2.4 必须对液压设备、起重、运输机械操作人员进行技术培训，经考核合格后方可上岗操作。

3.2.5 滑模施工的动力及现场照明供电，应设双回路供电或备用电源，不具备上述条件时，应有其他应急措施。

3.2.6 供电、供水、供风系统及通讯、信号、照明等辅助设施布设完毕，应检查合格。

3.2.7 对所需各种材料、机具、预埋件和加工件等，应按计划备足，并按规定位置编号堆放整齐。

3.2.8 防火、防雷等设施，应经有关部门检查合格。

3.2.9 施工精度控制系统，应经检测、校正合格。

4 各类建筑物的滑模装置设计

4.1 一般规定

4.1.1 滑模装置设计必须满足工程结构物成型的需要；应具有足够的强度、刚度及整体稳定性；运转灵活、安全可靠、便于运输、安装和拆除；并尽可能考虑其通用性。

4.1.2 滑模装置设计，应包括以下内容：

- (1)根据工程设计图纸，进行模板、操作平台、牵引或提升以及精度控制等系统的布置；
- (2)确定滑模装置结构型式及安装、拆除方法；
- (3)确定作用在滑模装置上的荷载，对模板和各种构件进行结构计算，绘出加工及组装图，提出所需材料的材质、规格和数量；
- (4)进行牵引力或提升力计算，确定牵引或提升机具的型式、结构，提出规格、数量；
- (5)提出结构特殊部位的处理措施；
- (6)绘制总装配图。

4.2 混凝土坝等大体积混凝土

4.2.1 滑模装置应具有模板系统(包括模板、围圈、提升收分车)、操作平台系统(包括主梁、连接梁、吊脚手架、铺板等)、液压提升系统(包括液压控制台、千斤顶、支承杆、油路等)和精度控制系统等部分。

4.2.2 滑模装置的设计必需适应混凝土机械化和半机械化入仓下料的浇筑方法。

4.2.3 滑模装置设计荷载的分类及取值规定如下：

- (1)滑模装置自重。
- (2)施工荷载，包括：
 - 1)操作平台上机具设备的实际重量；
 - 2)操作平台上施工人员及堆放材料的重量。
- (3)模板与混凝土之间的摩阻力。
- (4)混凝土对模板的侧压力及倾倒混凝土时对模板的冲击力。
- (5)模板调坡、收分时产生的附加压力。
- (6)操作平台上的垂直运输设备运行时的附加荷载。
- (7)风荷载。

设计荷载参考值见附录 A。

4.2.4 千斤顶和支承杆的最少数量，应按以下规定确定。

4.2.4.1 计算提升力：

- (1)当模板竖直时，取 4.2.3 条中的(1)、(2)、(3)项之和；
- (2)当模板调坡时，取 4.2.3 条中的(1)、(2)、(3)项之和，再加上(4)、(5)项在竖直方向的

分力。

4.2.4.2 千斤顶的允许承载能力取其额定能力的 $1/2 \sim 1/3$ 。

4.2.4.3 支承杆的允许承载能力按附录 B 中的公式计算。

4.2.5 长度较大的结构物，可统仓整体滑升。其滑模装置应分段自成体系，分段长度不宜大于 20m，体系间的模板应相互搭接。

4.2.6 操作平台的主梁应根据结构物的体形特征平行或径向布置，其间距宜为 $2 \sim 3\text{m}$ 。提升收分车的布置应与主梁相适应。

4.2.7 支承杆(千斤顶)的布置，应力求受力均匀，不应妨碍混凝土入仓下料。宜沿结构物上、下游边缘成组布置，横缝面均匀布置。支承杆至混凝土边缘的距离不应小于 20cm。

4.2.8 操作平台应由主梁、连接梁及铺板构成，必须呈稳定结构，主梁与连接梁应用螺栓连接，平台四周应铺板，安装护栏。

操作平台与提升收分车应组成稳定结构，吊脚手架与提升收分车亦组成稳定结构。

4.2.9 在设计变截面工程结构的滑模操作平台时，应制定滑升过程中外悬部分的拆除措施。

4.2.10 液压控制台的位置要适中，不应妨碍混凝土入仓下料。应分组布置油路，使其传递压力均匀。分油管与千斤顶宜采用快速接头并联连接。

4.2.11 液压系统的设备应按以下要求选配：

(1)油泵的额定压力宜采用 12MPa，其流量应根据带动千斤顶的数量一次给油时间计算确定；

(2)电动机的功率按油泵的要求确定；

(3)换向阀的公称流量与压力，不应小于油泵的流量与压力，阀的公称内径不应小于 10mm；

(4)油管的耐压力应大于油泵压力的 25%；

(5)油管接头、限位阀及针阀的通径与耐压力，应与油管相适应；

(6)油箱的有效容量不应小于千斤顶和油管总容量的 2 倍，应选用易散热、易排污的油箱；

(7)液压油应严格过滤，并应有良好的滑润性和稳定性。

4.2.12 部件设计与制作应遵守以下规定：

4.2.12.1 模板：

(1)应优先采用组合钢模板，当组合钢模板不能满足技术要求时，再另行设计、制作；

(2)在设计荷载作用下，模板的变形量不宜大于 2mm；

(3)单块模板尺寸宜为 $(1000 \sim 1500)\text{mm} \times (300 \sim 500)\text{mm}$ ，面板的钢板厚度不得小于 2mm；

(4)模板接缝必须严密，拆装应方便；

(5)模板上口至操作平台主梁下缘的高度，无钢筋时不得小于 250mm，有钢筋时不得小于 500mm。

4.2.12.2 围圈：

(1)在设计荷载作用下的变形量，不应大于计算跨度的 $1/1000$ ；

(2)上、下围圈间距宜为 $500 \sim 750\text{mm}$ ，上围圈至模板上口的距离，不应大于 250mm；

(3)宜用不等边角钢、槽钢或工字钢制造围圈。

表 4.2.12 部件制作允许偏差值

名称	内容	允许偏差(mm)
模板	表面不平整度	± 1
	长 度	± 2
	宽 度	- 2

	侧面平直度 连接孔位置		2 ± 0.5
围圈	长度		- 5
	曲线长	长度 3m	± 2
		长度 > 3m	± 4
	连接孔位置		± 0.5
提升收分车或提升架	高 度		± 3
	跨 度		± 3
	围圈支托位置		2
	连接孔位置		± 0.5
支承杆或爬杆	弯 曲		2‰L
	直 径		- 0.5
	丝扣接头中心		± 0.25

4.2.12.3 提升收分车：

- (1)提升收分车应由立柱、横梁、围圈支托、调坡丝杠、收分丝杠和滚轮等部件组成；
- (2)立柱应有足够的刚度，在设计荷载作用下，立柱的最大变形量不应大于 2mm；
- (3)收分丝杠、调坡丝杠应达到四级精度；
- (4)收分方式可采用丝杠棘轮手柄或液压操作机构。

4.2.12.4 主梁：

- (1)主梁宜按静定结构设计，梁的最大变形量不得大于计算跨度的 1/500；
- (2)梁的长度应根据工程结构的最大平面尺寸和安装提升收分车的需要确定；
- (3)梁端提升收分车行走的部位，必须平直光洁，上部应加保护盖；
- (4)宜用槽钢制作主梁。

4.2.12.5 支承杆：

- (1)可采用 $\phi 25\text{mm}$ 、A₃ 圆钢制作支承杆，加工长度宜为 3 ~ 5m；
- (2)在使用支承杆前，必须调直，采用冷拉调直的延伸率不应大于 3%；
- (3)支承杆的接头，宜用 M10 丝扣连接，丝扣长度不应小于 20mm，接头应合缝平顺、松紧适度；
- (4)工具式支承杆的套管，其长度应达模板下缘，钢管内径应比支承杆直径大 3 ~ 5mm；
- (5)对于代替受力钢筋的支承杆，其接头应满足有关规范要求。

4.2.12.6 滑模装置部件制作的允许偏差应符合表 4.2.12 的规定。制作、安装应遵守《钢结构工程施工及验收规范》(GBJ205)。

4.2.13 精度控制系统应包括千斤顶同步控制机构、垂直度、水平度观测仪器和基准标志及测站等部分。

(1)操作平台水平度控制可采用激光平面控制仪、水杯自动控制装置、水准仪和千斤顶限位卡等；

(2)垂直观测可采用激光铅直仪、经纬仪和线锤等；

(3)测量标志及测站的设置，应便于测量操作、防潮及安全。

4.3 井筒(塔)、闸墩

4.3.1 井筒(塔)、闸墩的滑模装置应根据工程结构体形设计，应具有模板系统(包括模板、围圈、提升架)、操作平台系统(包括操作平台、下料平台、吊脚手架)、液压提升系统(包括液压控制台、千斤顶、支承杆、油路)和施工精度控制系统等部分。竖向导轨式滑模尚应具有竖向导轨系统。

4.3.2 滑模装置设计荷载见 4.2.3 条规定。

4.3.3 千斤顶和支承杆的最少数量，应按以下规定确定。

- (1)计算提升力时取 4.2.3 条中(1)、(2)、(3)项之和或(1)、(2)、(6)项之和的大值；
- (2)千斤顶的承载能力同 4.2.4.2 款；
- (3)支承杆的允许承载能力参照附录 B 中的公式计算。

4.3.4 支承杆和千斤顶的布置，应遵守使其受力均匀的原则，沿结构物周边均匀布置。在荷载集中或摩阻力较大处可根据需要加密布置。

4.3.5 提升架均匀布置时，其间距宜为 1.0~1.5m，不宜超过 2m，特殊部位可根据需要布置。

4.3.6 圆形井筒结构滑模的操作平台，宜采用辐射梁环梁与随升井架等组成整体稳定结构，也可采用桁架梁。

井筒结构滑模混凝土的下料平台，宜安装旋转分料溜槽入仓。

4.3.7 闸墩工程可单墩或多墩同步滑升。其操作平台宜采用平台梁或桁架梁，并与提升架组成整体稳定结构。

4.3.8 对于布设扇形钢筋的闸墩，宜采用竖向导轨式滑模施工，导轨系统的设计应遵照以下规定：

- (1)导轨系统应包括底座、导轨柱、水平撑、对拉螺栓、风缆等；
- (2)可采用组合型钢作导轨柱，其高度超过设计墩顶高程 1.0~1.5m；
- (3)导轨柱的间距宜为 4~5m，其间应以水平撑与交叉斜拉筋连接，柱顶与操作平台横梁应组成稳定结构。

4.3.9 液压提升系统的布置及设备选配，按 4.2.10 条及 4.2.11 条之规定。

4.3.10 滑模装置的部件设计、制作，应符合以下规定。

4.3.10.1 模板：

- (1)圆弧模板及墩头模板的配板，应满足工程结构体形精度要求；
- (2)模板的设计、制作应遵守 4.2.12.1 款的规定。

4.3.10.2 围圈：

- (1)围圈转角应设计成钢结点；
- (2)其他规定见 4.2.12.2 款。

4.3.10.3 提升架：

- (1)提升架应由立柱、横梁和围圈支托构成；
- (2)可采用单横梁“Ⅱ”型或双横梁“开”型结构作提升架。提升架横梁宜用槽钢制作，立柱宜用槽钢或角钢制作；
- (3)横梁与立柱的结点必须是刚性连接。立柱最大侧向变形量不应大于 2mm。

4.3.10.4 外挑平台：

- (1)外挑平台应由桁架或三角架、铺板组成，应与提升架连成整体。外挑宽度不宜大于 1500mm；
- (2)吊脚手架的铺板宽度，宜为 800mm。圆钢吊杆的直径不宜小于 16mm。

4.3.10.5 支承杆的选材、制作见 4.2.12.5 款。

部件制作的允许偏差见表 4.2.12。

4.3.11 精度控制系统的规定见 4.2.13 条。

4.4. 面板

4.4.1 面板工程的滑模装置应具有模板系统(包括模体、行走机构抹面架)、牵引系统和轨道系统(包括轨道及支架)等部分。

4.4.2 模体的结构设计，应遵守以下规定：

4.4.2.1 模体应由主梁、面板和轮架(包括滚轮或滑块)等构成。

(1)可用组合型钢梁或桁架作主梁，宜将其设计成分节组合结构；

(2)宜用 4~6mm 厚的钢板焊接成整体面板，模板高度宜为 1000~1500mm。

4.4.2.2 滑行坡面较平缓时，可采用配重方式平衡混凝土上托力，滑行坡面较陡时，宜在轮架上增设反向轮承受混凝土上托力。反向轮缘与轨道上翼缘间隙不应大于 3mm；兼有横向坡度时，还必须设侧向阻移滑轮。

4.4.2.3 圆形、马蹄形隧洞底拱衬砌的模体，宜采用桁架式主梁。桁架下弦及面板轮廓，应根据底拱型体设计。模体尺寸应根据洞径、混凝土塌落度、模体滑动速度等确定。

4.4.2.4 溢流面、泄槽等滑模的抹面架，应设调平机构。

4.4.3 模体的设计荷载与挠度计算，应遵守以下规定：

4.4.3.1 设计荷载：

(1)模体自重(包括配重)按实际重量计；

(2)施工荷载：机具、设备按实际重量计；施工人员按 1.0kN/m² 计；

(3)钢模板与混凝土的粘结力，一般按 0.5kN/m² 计；

(4)新浇混凝土对模板的上托力：模板倾角小于 45° 时，取 3~5kN/m²，大于 45° 时，取 5~15kN/m²；对曲线坡面取大值。

4.4.3.2 部件挠度：

(1)溢流面滑模模体主梁的最大变形量，应小于 1/800 计算跨度；

(2)其他面板滑模模体主梁的最大变形量，应小于 1/500 计算跨度；

(3)面板最大变形量，应小于 2mm。

4.4.4 滑模牵引力 T 应按公式(4.4.4)计算：

$$T = [\tau A + G \sin \varphi + |G \cos \varphi - p| f_1 + G \cos \varphi f_2] K \quad (\text{kN}) \quad (4.4.4)$$

式中 A ——模体与混凝土的接触面积，m²；

τ ——模体与混凝土的粘结力，钢模板按 0.5kN/m² 计；

φ ——模体倾角；

G ——模体系统自重(包括配重、施工荷载)，kN；

p ——混凝土的上托力，kN；

f_1 ——钢模体与混凝土的摩擦系数，取 0.4~0.5；

f_2 ——滚轮或滑块与轨道的摩擦系数，对滚轮取 0.05，对滑块取 0.15~0.5(钢对钢)；

K ——牵引力安全系数，取 1.5~2.0。

4.4.5 滑模牵引机具的设计，应遵照以下规定：

(1)可选用液压千斤顶、爬轨器、慢速卷扬机作牵引机具，溢流面滑模的牵引机具，宜选用爬轨器；

(2)牵引点应设在模体两端；

(3)用液压千斤顶或钢丝绳牵引时，牵引点至模体底面的距离，不应大于 30m，牵引方向与轨道切线的夹角，不应大于 10°；

(4)模体两端应设同步走行调整或控制机构；

(5)液压牵引机具的设计，按 4.2.10 条及 4.2.11 条的规定。

4.4.6 设计轨道时应遵守以下规定：

(1)宜用工字钢或钢轨作轨道，分节长度应有利于运输、吊装、不变形；

(2)在设计荷载作用下，支点间轨道的变形量不应大于 2mm；

(3)轨道接头必须布置在支承架的顶板上。

4.4.7 可采用以下方法架立轨道：

(1)溢流面的先浇块，可在基座面上放样钻孔，埋设插筋或地脚螺栓，固定轨道支架，在支架上架设轨道；

(2)钢筋混凝土面板堆石坝的面板先浇块，可在已填筑的堆石坡面浇筑混凝土条带，用条带上的预埋件固定轨道梁；

(3)当先浇闸墩，后浇溢流面时，应在浇筑闸墩过程中，严格按放样点位埋设预埋件，固定轨道支架；

(4)溢流面或其他面板结构后浇块，宜在先浇块内预埋套筒螺栓固定轨道。

4.5 斜洞

4.5.1 斜洞滑模适用于圆形斜洞全断面钢筋混凝土衬砌的施工。衬砌内径及其相应倾角应参照表 4.5.1 的规定，超出表 4.5.1 的规定时，必须进行论证。

表 4.5.1

衬砌内径(m)	斜洞倾角
2.5	40 °
5.0	50 °
7.5	60 °

4.5.2 启衬的桩号应定在下弯段与斜洞交接面处，终止桩号应定在上弯段与斜洞交接面以下，终止段长度应根据模体的总长度和拆模安全操作距离确定，宜为 3 ~ 6m。

滑模拆除场地应设模体托出支承架、托辊、轨道及操作平台等设施。

4.5.3 应先将下弯段衬砌好，或在下弯段上部先衬砌一段，作为安装滑模的基座。可采用以下安装启衬方式：

(1)对口启衬，即将模体与基座对口衔接；

(2)套模启衬，即将模体套入环形基座内，套入长度应根据洞径大小、模体的倾斜度及启衬混凝土的脱模时间确定，宜为 60 ~ 120cm。

4.5.4 滑模装置应具有模板系统(包括模体、导向机构和操作平台等)、轨道系统(包括轨道支承结构和轨道)、牵引系统及混凝土下料系统等部分。

4.5.5 模体的结构型式应按以下规定设计：

4.5.5.1 应将模体设计成上口大、下口小的锥体，模体锥度宜为 0.6% ~ 0.8%。

4.5.5.2 模体应由面板、加劲肋、纵向檩条和支撑桁架等组成，宜将其设计成组合结构；宜采用 4 ~ 10mm 厚的钢板作面板，5 ~ 10 号槽钢作加劲肋，10 号槽钢作檩条，用角钢作支

撑桁架。檩条的变形量 $f_{\max} \leq \frac{1}{1000}$ 计算跨度。支撑桁架节点变形应小于 3mm。

4.5.5.3 模体的长度按公式(4.5.5)计算。

模体长度计算公式(符号见图 4.5.5)：

$$L = l + l' \tag{4.5.5-1}$$

$$L = Dt \operatorname{tg} \beta \tag{4.5.5-2}$$

$$\beta = 90^\circ - (\alpha + \phi) \tag{4.5.5-3}$$

$$l' = vt \tag{4.5.5-4}$$

式中 L ——模体长度；
 D ——模体外径；

ϕ ——斜洞倾角；

l' ——模体顶拱有效长度；

α ——混凝土浇筑工作坡度角(新浇混凝土面与水平面交成的锐角),与混凝土配合比、塌落度、外加剂和采用的振捣器类型有关,宜为 $6^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ；

l ——模体顶拱无效长度；

v ——模体滑动速度,宜为 $0.15 \sim 0.3\text{m/h}$ ；

t ——顶拱混凝土(A点到A'点)的脱模时间。

4.5.6 混凝土的脱模强度以顶拱不坍塌为准。应计算脱模后拱圈在混凝土衬砌自重及腰线以下的山岩反力共同作用下的内力,据以确定混凝土脱模时应达到的强度,并必须经试验核定。其取值不宜小于 $0.7 \sim 0.8\text{MPa}$ 。

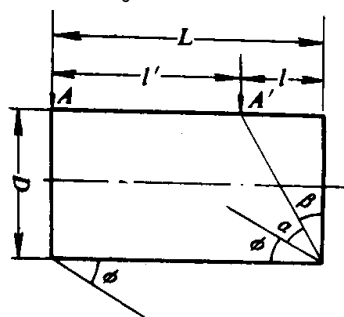


图 4.5.5

4.5.7 模体的设计荷载包括以下内容：

- (1)模体和操作平台的自重,按实际重量计算；
- (2)施工荷载,包括操作工人、材料和机具设备；
- (3)顶拱新浇混凝土(包括超挖部分)自重,按实际重量计算；
- (4)混凝土对模体的侧压力及倾倒混凝土时的冲击力,按附录 A 的规定计算；
- (5)模体与混凝土的粘结力和摩擦力。

4.5.8 牵引系统的设计应遵守以下规定：

- (1)地锚、岩石锚杆和锁定装置的设计承载能力,应为总牵引力的 $3 \sim 5$ 倍；
- (2)牵引钢丝绳的承载能力为总牵引力的 $5 \sim 8$ 倍；
- (3)牵引力的方向应与洞轴线相重合,不重合时应设导向轮；
- (4)应选用慢速或调速型的卷扬机。

4.5.9 初滑启动时摩擦力较大,可采取辅助牵引措施,辅助牵引力为设计牵引力的 $1.0 \sim 1.2$ 倍。

4.5.10 模体牵引装置的设计应遵守以下规定：

4.5.10.1 牵引点应位于模体的中轴线上,如选用两套动滑轮组时,两组滑轮座应平行对称地布置。

4.5.10.2 牵引装置结构宜设计成圆盘形。应按总牵引力的 $3 \sim 5$ 倍的设计荷载进行计算。其结构应具有足够的刚度,主梁及辅助梁均按 $f_{\max} \leq 1/800$ 计算跨度校核。

4.5.10.3 牵引装置与模体宜采用拉杆连接,并固定在模体的纵向檩条上。拉杆宜采用圆钢制作。如用型钢时,必须对其进行抗扭曲校核,全部拉杆设计的总荷载为滑模总牵引

力的 3 ~ 5 倍。

4.5.11 模体前方导向机构应与模体连接牢固，支承构架应具有足够的刚度，导向轮应运转灵活。

4.5.12 轨道的布置应保证模体滑移平稳和便于安装及拆除，必须将两条轨道平行对称地布置在斜洞底板中心线的两侧，埋入混凝土衬砌内的深度宜为 15 ~ 25cm。轨道位置对应的圆心角宜为 60°。

轨道支承架(墩)的间距控制在 100 ~ 150cm。其结构形式宜采用型钢构架或混凝土墩，上敷钢垫板或插钢筋以焊接固定钢轨。

钢轨的设计布置应具有足够刚度，其最大变形量不应大于 1/500 计算跨度。

4.5.13 混凝土下料系统的设计必须保证混凝土不分离及施工安全。

4.5.14 沿斜洞上下交通运输系统的布置，必须安全可靠、方便施工。

5 各类建筑物的滑模施工

5.1 一般规定

5.1.1 滑模施工各工种必须密切配合，各工序必须衔接，以保证连续均衡施工。

5.1.2 现场安装滑模前，必须做好以下准备工作：

- (1)清理建筑物的基础，检查其尺寸和标高，处理遗留问题，并经验收合格；
- (2)按照工程设计图纸放样，标出建筑物的设计轴线、边线、滑模装置主要构件的位置；
- (3)核对滑模装置各类部件的规格、数量，并检查其质量；
- (4)搭设安装平台或临时施工支架。

5.1.3 安装完毕的滑模，应经总体检查验收后，才允许投入生产。

5.1.4 滑模施工的混凝土，除应满足工程设计规定外，尚应满足以下要求：

- (1)混凝土早期强度增长速度，必须适应模板滑动速度；
- (2)混凝土塌落度应与滑模施工工艺相适应；
- (3)混凝土中掺入外加剂或粉煤灰的品种、数量，应经试验确定。

5.1.5 滑模混凝土的浇筑，应遵守以下规定：

(1)应分层、平起、对称、均匀地浇筑混凝土，各层浇筑的间隔时间，不得超过允许间歇时间；

(2)振捣混凝土时，不得将振捣器触及支承杆、预埋件、钢筋和模板、振捣器插入下层混凝土的深度，宜为 50mm 左右，模板滑动时严禁振捣混凝土；

(3)在浇筑混凝土过程中，应及时把粘在模板、支承杆上的砂浆、钢筋上的油渍和被油污的混凝土清除干净；

(4)对脱模后的混凝土表面，必须及时修整。

5.1.6 对脱模后的混凝土，应避免阳光曝晒，必须及时养护，养护期不应少于 14 天，溢流面不应少于 28 天。采用喷水养护时，应防止冲坏混凝土表面，始终保持混凝土表面湿润。采用喷刷养护液封闭养护时，应防止漏喷、漏刷。

5.1.7 不应使预埋件超出混凝土浇筑体表面，其位置偏差应小于 20mm，必须安装牢固，出模后应及时使其外露。

5.1.8 每次滑升前应严格检查并排除妨碍滑升的障碍物。采用液压千斤顶提升机具时，应保证所有千斤顶均能充分进油、回油。

5.1.9 滑模起滑后，因故中途停滑时，必须执行停滑措施。

5.1.10 严寒季节或夏季进行滑模施工时，应根据当地施工期的气候条件，制定保温或降温的技术措施。

5.1.11 滑模装置的拆除，应按施工技术措施规定的程序进行。

5.2 混凝土坝等大体积混凝土

5.2.1 安装滑模前，应对提升收分车及主梁进行预组装。滑模装置的安装，应按以下顺序进行：

- (1)安装主梁、连接梁等；
- (2)安装提升收分车、支托及围圈；
- (3)安装操作平台、铺板及栏杆；
- (4)安装千斤顶、液压控制台、油路，经调试检查合格后，再插入支承杆；
- (5)挂装模板，检查、校正好倾斜度；
- (6)空车试滑后，拆除临时支架，滑升至适当高度后，安装吊脚手架、挂安全网；
- (7)敷设养护水管；
- (8)安装观测觐标架及其他附属设施等。

5.2.2 滑模装置安装的允许偏差，按表 5.2.2 中的标准检查验收。

表 5.2.2 安装滑模装置的允许偏差

序号	内容		允许偏差(mm)
1	模板装置中线与结构物轴线		3
2	主梁中线		2
3	连结梁、横梁中线		5
4	模板边线与结构物轴线	外露	5
		隐蔽	10
5	围圈位置	垂直方向	5
		水平方向	3
6	提升架的垂直度		2
7	模板倾角度	上口	+0， - 1
		下口	+2
8	千斤顶的位置		5
9	圆模直径、方模边长		5
10	相邻模板的平整度		2
11	操作平台水平度		10

5.2.3 混凝土浇筑铺料层厚宜为 25 ~ 40cm。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 60cm。

5.2.4 工程结构为竖直面混凝土的脱模强度应控制在 0.2 ~ 0.4MPa，拱坝等有倒悬坡部位混凝土的脱模强度必须经专门论证后确定。

5.2.5 模板的滑升，应执行以下规定：

(1)应按施工组织设计规定的速度滑升，平均滑升速度宜为 0.05 ~ 0.10m/h，两次提升间隔时间不宜超过 1.5h；

(2)有调坡、收分的拱坝、双曲拱坝等结构物，每次滑升应同时并严格按精度计算控制数据调坡、收分；

(3)拱坝等工程采用大仓面浇筑的滑模装置，采取分段滑升时，相邻段铺料高差，不得大于一个铺料层厚。

5.2.6 键槽、止浆片、止水片、灌浆管、冷却水管等预埋件的施工，应制定施工技术措施。

5.2.7 操作平台的偏移，应按以下规定进行检查与调整：

- (1)每提升一个浇筑层，必须全面检查平台偏移情况，作出记录并及时调整；
- (2)操作平台发生较小偏移时，应及时调平；
- (3)操作平台的累积偏移量超过 5cm，尚不能调平时，应停止滑升进行处理。

5.2.8 模板滑升至顶，混凝土达到脱模强度后，应使模板与混凝土脱开，并及时加固操作平台。

5.3 井筒(塔)、闸墩

5.3.1 液压滑模装置的安装按下列程序进行。

5.3.1.1 井壁：

- (1)安装主梁和起重、运输机具；
- (2)吊装操作平台(包括下料平台、旋转分料斗等)，安装完毕后必须起吊平台试运行；
- (3)对井壁围岩作安全处理和清洗；
- (4)安装千斤顶、液压设备，经空载试压后插入支承杆(或爬杆)；
- (5)安装圈梁、绑扎环向钢筋；
- (6)安装提升架、围圈和模板；
- (7)滑升至一定高度后，安装吊脚手架，挂安全网。

5.3.1.2 井筒(塔)：

- (1)安装操作平台；
- (2)安装提升架、围圈、外模板；
- (3)绑扎钢筋、安装内模板；
- (4)安装液压控制台、千斤顶及油路；
- (5)空载试压后，插入支承杆；
- (6)安装精度控制系统；
- (7)安装外悬操作平台及下料平台；
- (8)安装旋转溜槽、电梯井架；
- (9)滑升至适当高度后，安装吊脚手架及载入吊笼；
- (10)安装养护水管，挂设安全网。

5.3.1.3 闸墩：

- (1)安装提升架、围圈；
- (2)安装模板、绑扎钢筋；
- (3)安装操作平台；
- (4)安装千斤顶及液压系统；
- (5)经空载试压后插入支承杆(或爬杆)；
- (6)滑升至适当高度，安装吊脚手架、挂安全网、敷设养护水管；
- (7)竖向导轨式滑模，应首先安装导轨系统。

5.3.2 模板的倾斜度应有利于滑升，单侧模板的倾斜度宜为模板高度的 0.1% ~ 0.3%。
以模板 1/2 高度处的净距为结构截面设计宽度。

滑模装置安装的允许偏差见表 5.2.2。

5.3.3 绑扎钢筋应遵守以下规定：

- (1)绑扎钢筋的进度必须与滑升速度相适应，确保顺利滑升；
- (2)钢筋的绑扎位置应准确、符合设计要求；
- (3)每个浇筑层面上，最少应外露一道绑扎好的水平钢筋；
- (4)水平钢筋的长度不宜超过 7m，直径小于 12mm 的竖直钢筋，其加工长度不宜超过 6m；

- (5)所有钢筋弯钩必须一律背向模板；
- (6)应首先保证竖向钢筋下端位置准确，上端用限位支架固定，对双筋结构应用拉筋定位；
- (7)采用竖向导轨式滑模滑升具有扇形钢筋的闸墩时，可一次将钢筋绑扎、焊接到顶；
- (8)利用支承杆作结构物的受力钢筋时，其接头通过千斤顶后，应立即焊接；
- (9)第一批插入千斤顶的支承杆，加工成四种长度，且应交错排列，使其在同一断面处的接头数不超过总数的 25%。

5.3.4 当发生支承杆失稳或被千斤顶带起等异常情况时，应立即查明原因，并及时处理。

- 5.3.5 浇筑混凝土应遵守以下规定：
- (1)分层厚度应与混凝土的施工工艺和振捣器的性能相适应；
 - (2)平面形状呈圆形的井、筒等结构物，宜对称交圈，均匀浇筑；
 - (3)平面形状呈矩形的闸墩等结构物，宜从结构物两端或四周向中间对称均匀浇筑；
 - (4)结构物边角、伸缩缝处的混凝土应浇高些，浇筑预留孔、伸缩缝处的混凝土时，应对称均匀地布料。

5.3.6 混凝土脱模强度的规定见 5.2.4 条。对操作平台的检查与调整见 5.2.7 条。

- 5.4 面板
- 5.4.1 滑模的安装程序依次为轨道支承架、轨道、模体、牵引机具、操作平台及辅助设施。

- 主要部件的安装，应满足以下要求：
- (1)轨道支承架应按设计图纸安装，其位置应准确，安装完毕必须经测量检查；
 - (2)轨道的安装精度，应满足表 5.4.1 的规定；
 - (3)接头处轨道中心，宜与支承架顶板中心基本一致，接头必须平顺无突变；

表 5.4.1 安装轨道的允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)	
		溢流面	其他
1	标高	- 2	5
2	轨距	± 3	± 3
3	轨道中心线	3	3

- (4)爬轨器下卡块与轨道翼缘的间隙宜为 2 ~ 3mm；
- (5)卷扬机牵引机具的安装应按有关规程或规定执行；
- (6)模体在工厂必须试组装，并经检查验收合格后，方可运至现场。吊装就位时严禁碰撞轨道。

5.4.2 滑模装置的制作、组装的允许偏差，应遵守以下规定：

5.4.2.1 部件制作的偏差，不应超过表 5.4.2-1 的规定；

表 5.4.2-1 部件制作允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	模板长、宽	± 2
2	模板局部平整度	2
3	轨道中心线	2
4	轨道长	± 3
5	爬杆接头直径	- 0.5

注：面板局部平整度用 2m 直尺检查。

5.4.2.2 组装滑模的允许偏差，应遵照表 5.4.2-2 的规定。

表 5.4.2-2 组装滑模的允许偏差

序号	项目	允许偏差(mm)
1	轮距	± 3
2	轮轴中心至面板表面距	± 2
3	面板总长	± 5
4	面板对角线长度	± 7
5	面板错台	1

5.4.3 轨道支承架预埋螺栓的安装与埋设，应符合设计要求，牢固可靠；预埋套筒螺栓时，其顶部应低于混凝土面 2cm。

5.4.4 振捣混凝土时应防止模板上浮，浇筑混凝土过程中应防止泌水下流。

5.4.5 混凝土的脱模强度，应通过试验确定，可按以下参考值取用：

(1)模板倾角小于 45 ° 时，可取 0.05 ~ 0.10MPa；

(2)模板倾角大于 45 ° 时，取 0.10 ~ 0.30MPa，或贯入阻力为 0.5 ~ 3.5MPa。

贯入阻力试验方法见附录 C。

5.4.6 陡坡上的滑模施工，应有保证安全的措施。牵引机具为卷扬机钢丝绳时，地锚要安全可靠，牵引机具为液压千斤顶时，应对千斤顶的配套拉杆作整根试验检查，并应设保证安全的钢丝绳、卡钳、倒链等保险措施。

5.4.7 滑升至设计高程，应执行停滑措施。拆下模体后应进行清理，并垫平放稳。

5.5 斜洞

5.5.1 现场安装模体前必须做好以下准备工作：

5.5.1.1 宜浇筑好斜洞下弯段衬砌或启衬环混凝土，作为钢模安装的基座。

5.5.1.2 模体在运至现场安装前必须在制造厂进行预组装，并须检查验收合格。模体的制作安装允许偏差，应符合表 5.5.1 的规定。

表 5.5.1 模体制作安装允许偏差

序号	项目		允许偏差(mm)	备注
1	钢模表面凸凹度		1	
2	面板拼缝缝隙		2	
3	面板沿轴向平整度		2	用 2m 直尺检查
4	模体直径	上口	+ 3	已考虑钢模倾斜度之后
		下口	- 2	
5	模体长度		± 5	
6	模体轴线及斜洞中心线		3	

(1)钢模面板应平整、圆滑，不得有锈蚀、孔洞、毛刺和焊渣；

(2)模体尾端严禁翘曲卷边；

(3)模体预组装完毕并经检查验收合格后，应刷涂或喷涂一层防锈脱模剂。

5.5.1.3 其他准备工作的内容及要求，见 5.1.2 条的规定。

5.5.2 滑模装置的安装，应按以下程序和要求进行：

5.5.2.1 轨道支承架(墩)及轨道的安装。轨道安装的允许偏差应符合表 5.4.1 的规定。

5.5.2.2 卷扬机、地锚、岩石锚杆及滑轮组的安装。其承载能力应符合 4.5.8 条(1)项的规定。

5.5.2.3 模体、导向机构及牵引系统的安装。

(1)导向机构与模体连结必须牢固可靠，并应有足够的刚度。轮距安装的允许偏差应不大于 3mm；

(2)牵引装置与钢模的连接拉杆应对称均布不得扭曲，拉杆安装长度的允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$ ；

(3)钢模安装的允许偏差，见表 5.5.1 的规定；

(4)各种组合紧固连接螺栓必须牢固可靠，不得漏装。各种焊缝的焊接标准应符合结构设计的规定。

5.5.2.4 操作平台的安装。操作平台安装的水平允许偏差(水平度)为 20mm。安装完好后，必须加设安全栏杆和挂装安全网。

5.5.2.5 混凝土下料系统的安装。

5.5.2.6 精度控制系统的安装。

5.5.3 滑模施工的混凝土在不掺入早强剂时，混凝土的入仓温度不宜低于 18℃，浇筑仓面的环境温度不宜低于 16℃。

5.5.4 混凝土的浇筑应遵守以下规定：

(1)混凝土的浇筑顺序，宜先浇筑顶拱，后依次浇筑边拱和底拱；

(2)在混凝土浇筑的全过程中钢模顶部埋入混凝土的长度必须遵守施工设计的规定；

(3)混凝土浇筑经振捣后的工作坡度角在混凝土浇筑时应采取措施予以保持；

(4)底拱仓面有积水时，应及时予以排除。

5.5.5 伸缩缝及止水结构的安装必须牢固可靠，该部位的混凝土，应同时从两侧逐渐向上均衡地浇筑。

5.5.6 滑模牵引启动应按下列程序和要求进行：

5.5.6.1 启动前：

(1)上下指挥通讯和信号应畅通；

(2)应认真检查牵引系统、模板系统和导向、轨道系统的完整性和可靠性，并须排除一切妨碍模体启动滑升的障碍物；

(3)调准牵引拉力表。

5.5.6.2 启动时：

(1)卷扬机应空运转 1 ~ 2min，牵引时应慢速平稳；

(2)设有辅助牵引加力设施时，其加力动作应和卷扬机牵引协调一致；

(3)牵引过程中应随时观察和检测拉力表、地锚、岩石锚杆、牵引机具、钢模结构、轨道系统等的受力变形情况，发现卡模超载，机件、构件变形过大或破坏以及混凝土表面被破坏或坍塌掉块现象时，应立即停车，查找出原因，处理后再行开车。

5.5.7 减少钢模启动时的摩阻力宜采用下列措施：

(1)在浇筑混凝土前，在钢模外表面涂刷一层脱模剂；

(2)在钢模表面距其尾部 1 ~ 1.3m 的一段范围内铺一层 0.7 ~ 1mm 厚度的镀锌铁皮。

5.5.8 滑模牵引滑升应遵守以下规定：

(1)当滑模顶拱埋入混凝土的深度达到施工设计规定的埋入长度的 65% ~ 70%、并预测钢模尾部的混凝土达到或接近脱模强度时即可启动；

(2)每次滑升的间隔时间宜为 1 ~ 1.5h，最大不超过 2h；

(3)钢模发生偏移时，必须随时予以调整，一切调偏工作都应遵守多次少量的原则，每次调整量不得超过 2cm。

5.5.9 当滑模施工接近终止桩号，应将模体拆除时所需用的设施安装好，并将支承架、轨道、托辊和操作平台搭设安装完毕。

5.5.10 滑模施工封拱应按以下程序和要求进行：

(1)当滑模上口滑升到距终止桩号前 3 ~ 5m 时，应预埋堵头模板的拉筋，并作好一切封拱的准备工作；

(2)当底拱混凝土浇筑到封面桩号以前，应把堵头模板支立加固好，并在顶拱堵头模板的中部预留一个宽度为 60 ~ 80cm 的封拱窗口，随着混凝土浇筑随时进行封拱，封拱混凝土应饱满密实；

(3)在封拱过程中，模体滑升速度应与混凝土的入仓浇筑速度配合好，模体每隔 0.5 ~ 1h 滑升一次，每次滑升行程宜为 3 ~ 5cm。

当顶拱混凝土封面全部完成后，仍需以此间隔时间及滑升行程继续滑升，直至模体与混凝土衬砌全部脱出为止。

6 质量检查

6.0.1 滑模施工工程质量的检查，必须遵守部颁质量检查制度和规程。

6.0.2 混凝土浇筑前，必须对滑模装置安装的质量全面复检验收，必要时进行加载试验。

6.0.3 混凝土的施工质量检查(包括钢筋、止排水、伸缩缝和预埋件等)，除遵守《水工混凝土施工规范》(SDJ207)的有关规定外，尚应检查：

(1)混凝土的分层浇筑厚度、模板(体)的滑动速度等；

(2)脱模后的混凝土有无塌落、拉裂和蜂窝麻面；

(3)混凝土脱模强度(每一工作班不应少于两次)。

6.0.4 对结构钢筋、插筋、各种预埋件的数量、位置以及钢筋、支承杆接头的焊接质量等进行检查。

6.0.5 每滑升 1 ~ 3m，应对建筑物的轴线、体形尺寸及标高进行测量检查，并做好记录。

6.0.6 滑模施工过程中检查发现的质量问题，必须及时予以纠正和处理，并作好施工记录，作为评定施工质量和竣工验收的基本资料。

附录 A 滑模装置设计荷载参考值

A.0.1 滑模装置自重，按实际重量计算。

A.0.2 操作平台上的荷载：

施工人员、工具和堆放材料；

设计平台铺板及檩条时为 2.5kN/m^2 ；

设计平台梁或桁架时为 1.5kN/m^2 ；

设计围圈、提升收分车或提升架时为 1.0kN/m^2 ；

计算支承杆数量时为 1.0kN/m^2 ；

平台上放置手推车、储料斗、液压控制台、电焊设备、安设随升井架时，应按实际重量计算。

A.0.3 混凝土对模板的侧压力按《水工混凝土施工规范》附录一计算。

A.0.4 模板调坡收分时的附加压力，建议按 $5 \sim 6\text{kN/m}^2$ 计算。

A.0.5 模板与混凝土的摩阻力：

钢模板 $1.5 \sim 3.0\text{kN/m}^2$ ；

调坡时 $2.0 \sim 4.0\text{kN/m}^2$ 。

A.0.6 向模板内倾倒混凝土的冲击力：

用溜槽、串筒或 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为 2.0kN ；用吊罐直接向仓内下料时为 6kN/m^2 。

A.0.7 随起重设备刹车制动力按式(A1)计算：

$$W = \left(\frac{A}{g} + 1 \right) Q = KQ \quad (\text{A1})$$

式中 W ——刹车时产生的荷载， N ；

A ——刹车时的制动减、加速度， m/s^2 ；

g ——重力加速度， 9.81m/s^2 ；

Q ——料罐总重， N ；

K ——动荷载系数。

式中 A 值与安全卡的制动灵敏度有关，其数值应根据经验确定，为防止因刹车过急对平台产生过大的荷载，可取 g 值的 $1 \sim 2$ 倍。 K 值在 $2 \sim 3$ 间取用。

A.0.8 风荷载按《工业与民用建筑结构荷载规范》(TJ9—74)的规定取值计算。模板及其支架的抗倾倒系数不应小于 1.15 。

附录 B 支承杆允许承载力与数量计算

B.0.1 支承杆允许承载力计算公式：

模板处于正常滑动状态，即从模板上口以下，最多只有一个浇筑层高度，在尚未浇筑混凝土的条件下，支承杆的允许承载力可用式(B1)计算：

$$[P] = 40 \frac{\alpha EJ}{K(L_0 + 95)^2} \quad (\text{kN}) \quad (\text{B1})$$

式中 α ——工作条件系数，取 $0.7 \sim 1.0$ ，视施工操作水平、滑模操作平台结构而定，一般整体式刚性平台取 0.7 ，分割式平台取 0.8 ，采用工具式支承杆取 1.0 ；

L_0 ——支承杆脱空长度，即从混凝土上表面至千斤顶下卡头的距离， cm ；

E ——支承杆弹性模量， kN/cm^2 ；

J ——支承杆的截面惯性矩， cm^4 ；

K ——安全系数，取值不得小于 2 。

B.0.2 支承杆和千斤顶的数量：

当支承杆的允许承载力小于千斤顶的允许承载力时，按支承杆的允许承载力计算数量；反之按千斤顶的允许承载力计算数量。

支承杆和千斤顶的总数量，应根据允许承载力计算的数量、结构构造所需数量和调整操作平台所需数量的总和来确定。

附录 C 用贯入阻力法测定混凝土凝固状态的试验方法

贯入阻力试验是在筛出混凝土骨料的砂浆中进行，亦即以一根测杆以其重力用 10s 的时间垂直沉入砂浆中达 25mm 深度，测定这时测杆端部平面上压强大小，用来判定混凝土凝固状态。具体作法如下：

C.1 试验仪器与工具

C.1.1 贯入阻力仪：测杆荷载的指示精度应准确至 5N ，测杆承压面积有 1.0 、 0.5 、 0.25 、

0.125、0.1cm³等五种，每根测杆在距贯入端 25mm 处刻一圈标记。

C.1.2 砂浆试模：试模高度为 15cm，试模需用刚性的且不吸水的材料制作。

C.1.3 捣固棒：直径 16mm，长约 50cm，一端为半球形。

C.1.4 筛子：筛取砂浆用，筛孔孔径为 5mm。

C.1.5 移液管：用以吸除砂浆表面的泌水。

C.2 砂浆试件的制备及养护

C.2.1 从要进行试验的混凝土拌和物中，取有代表性的试料，用筛子把砂浆筛落在不吸水的垫板上，砂浆数量满足需要后，再由人工搅拌均匀，然后装入试模中，捣实后的砂浆表面要低于试模上沿约 1cm。

C.2.2 砂浆试件可用振动器，也可用捣固棒人工捣实。用振动器振动时间以砂浆平面大至形成为止；人工捣实时，可在试件表面每隔 2~3cm，用棒插捣 1 次，然后用棒敲击试模周边，使插捣的印穴弥合，再用抹子轻轻抹平表面。

C.2.3 把试件置于所要求的条件下养护，避免阳光直晒，为不使水分过快蒸发可加覆盖。

C.3 测试方法

C.3.1 在测试前 5min 吸除表面泌水，在吸除时，试模可稍微倾斜但要避免振动和强力摇动。

C.3.2 根据混凝土砂浆表面凝固情况，选用适当规格的贯入测杆，测试时首先将测杆端部与砂浆表面接触，然后约在 10s 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，并记录阻力仪指针读数、测试时间及混凝土的龄期。

C.3.3 对于一般混凝土，在常温下贯入阻力的测试可以从搅拌结束 2h 后开始进行，每隔 1h 测试一次，每次 3 点，直至贯入阻力达到 2.8kN/cm² 为止。对于速凝或缓凝的混凝土及气温过高、过低时，可把测试时间作适当调整。

C.3.4 计算贯入阻力。将测杆贯入时所需的力除以测杆截面面积，即得贯入阻力。每次测试的 3 点取平均值，当 3 点的数值最大差异超过 20% 时，取相近两点的平均值。

C.4 试验报告

C.4.1 给出试验的原始资料：

- (1)混凝土的配合比、水泥、粗细骨料品种、水灰比等；
- (2)外加剂类型及掺量；
- (3)混凝土塌落度；
- (4)筛出砂浆的温度及试验环境温度；
- (5)试验日期。

C.4.2 绘制混凝土贯入阻力曲线：以贯入阻力为纵坐标(kN/cm²)，以混凝土龄期为横坐标，绘制曲线的数据不得少于 6 个。

C.4.3 分析和应用：

(1)按施工技术规定所要求的混凝土脱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滑动的最早时间(龄期)及适宜的滑动速度范围，并可藉此检查实际施工时的滑动速度；

(2)当滑动速度已确定时，可从绘制好的许多混凝土贯入阻力曲线中，根据滑动速度所要求的混凝土脱模强度，选出与已定滑动速度相适应的混凝土配合比；

(3)现场施工，及时测定所浇筑的混凝土的贯入阻力，用以校核模板滑动时间是否合适。

附录 D 名词统一表

名词	曾用名词	备注
滑动模板	滑升模板、爬模、拉模、拖模	本规范简称“滑模” 用于面板、筒壁、竖向导轨滑模 隧洞、面板滑模 大体积混凝土滑模操作平台主要 部件连接主梁的构件 可在工字钢上爬升的一种机具
提升架	千斤顶架“门”字架“开”字架	
提升收分车	收分台车、收分小车	
围圈	围 肋	
支承杆	千斤顶、爬杆、顶杆	
爬杆	拉 杆	
模体		
主梁	辐射梁	
连接梁	横 梁	
操作平台	主操作平台、工作台、平台	
液压控制台	液压操纵箱、油泵、操作台	
爬轨器	爬 钳	
随升井架	平台井架、浮升井架	
扇形钢筋	辐射筋	
摩阻力	粘摩阻力	
上托力	浮托力	

附加说明

主编单位：水利水电地质勘探基础处理公司

水利水电第一工程局

参加单位：浙江省水电工程局、水利水电第五工程局、水利水电第六工程

局、水利水电第十二工程局、北京市水利局、北京市水利科学

研究所、浙江省水利厅

主要起草人：贾宗唐 冯丹宇 金诚和 周英 杨有霖 王泰和

杨英山 刘纪昌 佟素珍 杨则珂 吴振琰