

### 寒区公路混凝土梁支架法现浇施工 技术规程

Technical specification for construction on cast-in-situ highway concrete girder by  
falsework in cold regions

(征求意见稿)

起草单位：东北林业大学

地 址：哈尔滨市香坊区和兴路 26 号

联 系 人：王立峰

电 话：18645065527

邮 箱：9431629@qq.com

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

# 目 次

前言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 材料.....	3
4.1 一般规定.....	3
4.2 存储及施工要求.....	4
4.3 其他.....	4
5 施工准备.....	4
5.1 一般要求.....	4
5.2 技术准备.....	4
5.3 材料与设备准备.....	5
5.4 现场准备.....	5
5.5 监测系统准备.....	6
5.6 绿色施工准备.....	6
5.7 人员施工培训.....	6
6 支架结构计算.....	7
6.1 一般规定.....	7
6.2 支架类型及选型.....	8
6.3 荷载种类、取值及组合.....	10
6.4 支架计算内容.....	12
6.5 梁式支架构造要求.....	16
6.6 满堂支架构造要求.....	18
7 施工.....	21
7.1 基础施工及地基处理.....	21
7.2 支架搭设.....	21
7.3 支架预压.....	22
7.4 模板安装.....	23
7.5 钢筋及预应力管道安装.....	24
7.6 混凝土浇筑.....	24
7.7 预应力施工.....	25
7.8 支架拆除.....	25
8 检查与验收.....	26
8.1 一般规定.....	26
8.2 地基及基础验收.....	27

8.3	材料特性及构配件验收.....	28
8.4	支架搭检查验收.....	28
8.6	混凝土验收.....	30
8.7	预应力张拉验收.....	30
9	安全环保措施.....	31
9.1	安全措施.....	31
9.2	维护管理.....	31
9.3	环保措施.....	31
9.4	寒区生态保护.....	32
附录 A (资料性)	检查验收记录表.....	33

# 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由黑龙江省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：东北林业大学、黑龙江省交通规划设计研究院集团有限公司、龙建路桥股份有限公司、黑龙江省公路建设中心、黑龙江省龙建路桥第一工程有限公司、黑龙江省龙建路桥第五工程有限公司、黑龙江省交通投资集团有限公司哈尔滨运营分公司、龙建科工（黑龙江）有限公司、黑龙江省建设技术发展中心有限公司、黑龙江省交投公路建设投资有限公司、黑龙江省龙建路桥第三工程有限公司、黑龙江省龙建路桥第四工程有限公司、哈尔滨工业大学、黑龙江省八达路桥建设有限公司、黑龙江省鼎捷路桥工程有限公司、深圳（哈尔滨）产业园投资开发有限公司。

本文件主要起草人：王立峰、肖子旺、李巍、李绪森、李顺龙、刁万民、张传友、韩毅、武俊刚、姜晓岩、侯昭涛、任凤军、梁旭源、曹庆超、李作龙、王魁林、张文佳、张红菊、王铁军、李忠龙、于飞、张升爽、黄日康、井贵中。

# 寒区公路混凝土梁支架法现浇施工技术规程

## 1 范围

本文件规定了寒区公路混凝土梁支架法现浇施工中的使用材料、支架结构设计、施工工艺、预压控制、检查验收及拆除作业的技术要求。

本文件适用于黑龙江省境内公路工程混凝土梁支架法现浇施工以及装配式桥梁的墩柱、盖梁等局部构件施工。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB 1499 钢筋混凝土用钢
- GB 50009 建筑结构荷载规范
- GB 50010 混凝土结构设计标准
- GB 50017 钢结构设计标准
- GB 50135 高耸结构设计标准
- GB 50661 钢结构焊接规范
- GB 50666 混凝土结构工程施工规范
- GB 55023 施工脚手架通用规范
- JC 475 混凝土防冻剂
- JG 156 竹胶合板模板
- JGJ 59 建筑施工安全检查标准
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JGJ 82 钢结构高强度螺栓连接技术规程
- JGJ/T 104 建筑工程冬期施工规程
- JGJ 128 建筑施工门式钢管脚手架安全技术标准
- JGJ/T 194 钢管满堂支架预压技术规程
- JGJ/T 231 建筑施工承插型盘扣式钢管支架安全技术标准
- JTG D60 公路桥涵设计通用规范
- JTG 3363 公路桥涵地基与基础设计规范
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**混凝土梁支架现浇** cast-in-situ concrete girder by falsework

采用支架在梁体的原位、旁位或高位现场浇筑混凝土梁。

### 3.2

**满堂式支架** full framing

一种由立杆、横杆、斜杆和扣件等构件组成的支撑体系，其立杆密集布置于梁体下方，形成整体稳固的承重结构。

### 3.3

**梁柱式支架** post-and-beam skeletal framing

采用多跨连续梁形式搭设，用于支承模板或其他施工荷载的临时结构。

### 3.4

**贝雷梁** bailey beam

由多个标准的钢桁架片通过插销连接形成的梁式结构。

### 3.5

**砂箱** sand box

设置于支架立柱顶部的刚性框架装置，内部填充砂子，主要用于施工完成后实现支架的均匀下落。

### 3.6

**加固杆** reinforcing tube

用于增强支架刚度而设置的杆件，包括剪刀撑、水平加固杆、扫地杆。

### 3.7

**剪刀撑** diagonal bracing

在架体外侧或内部成对设置的交叉斜杆，分为竖向剪刀撑和水平剪刀撑，其中竖向剪刀撑又分为纵向剪刀撑和横向剪刀撑。

### 3.8

**水平加固杆** ledger

设置于架体层间门架两侧的立杆上，用于增强架体刚度的水平杆件。

### 3.9

**扫地杆** bottom reinforcing tube

设置于架体底部门架立杆下端的水平杆件，分为纵向、横向扫地杆。

### 3.10

#### 施工预拱度 Construction pre-camber

为抵消支架变形和梁体在荷载作用下产生的位移，在支架安装时所预留的与变形和位移方向相反的校正量。

### 3.11

#### 支架预压 falsework preloading

模拟梁体荷载对支架进行预加载，以检验支架承载能力和量测支架弹性、非弹性变形量。

### 3.12

#### 落梁 lowering of girder

采用下落装置将高位现浇的混凝土梁下放至设计位置。

### 3.13

#### 寒区 cold region

海拔高、气候寒冷，以1月平均气温 $-10^{\circ}\text{C}\sim-30^{\circ}\text{C}$ 、7月平均气温高于 $10^{\circ}\text{C}$ 但暖季少于5个月、年平均气温小于等于 $5^{\circ}\text{C}$ 、日平均气温大于 $10^{\circ}\text{C}$ 天数少于150d且积温 $500^{\circ}\text{C}\sim 1500^{\circ}\text{C}$ 为核心指标，辅以固态降水占年降水量比重大于等于30%或年平均积雪日数大于30d的区域。

## 4 材料

### 4.1 一般规定

4.1.1 寒区支架法现浇用钢材应采用 Q235 和 Q355 钢，其质量应分别符合现行国家标准 GB/T 700、GB/T 1591 和 GB/T 19879 的规定。

4.1.2 寒区支架结构工作温度存在低于 $-20^{\circ}\text{C}$ 情况，对 Q235 碳素结构钢，不宜采用 Q235-A 级钢（包括 Q235-A·F 沸腾钢），其中焊接构件也不宜采用 Q235-B·F 沸腾钢。对 Q345 低合金高强度结构钢，除焊接构件不使用 Q345A 级钢之外，对螺栓连接的构件，不做限制。

4.1.3 扣件、螺栓等连接件需经防锈处理，承载力应满足 JGJ 231-2021 要求。

4.1.4 承重结构采用的钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫、磷含量的合格保证，对焊接结构尚应具有碳含量的合格保证。焊接承重结构以及重要的非焊接承重结构采用的钢材还应具有冷弯试验的合格保证。

4.1.5 钢筋材料性能应符合 GB 1499.1、GB 1499.2 要求，优先选用 HRB400、HRB500 等高强度钢筋。

4.1.6 水泥应选用普通硅酸盐水泥，且需符合 GB 175 要求，碱含量应小于 0.6%，水泥进场温度应控制在  $15^{\circ}\text{C}$  以上

4.1.7 粗骨料宜选用 5~31.5mm 连续级配，含泥量应小于 1%，泥块含量应小于 0.5%。

- 4.1.8 细骨料含泥量应小于 3%，泥块含量应小于 1%，砂料场应采用保温被覆盖，砂温不应低于-5℃，含水率不宜大于 1%。
- 4.1.9 防冻剂应符合 JC 475 标准要求，进场需检验其凝结时间、抗压强度比等关键性能指标。宜采用复合型早强减水剂，缩短混凝土低温环境下的凝结时间，提高早期强度。不建议使用含氯盐类防冻剂。
- 4.1.10 木材不应用于除临时支撑或辅助结构以外的承重结构，选用强度等级应大于 TC17。

## 4.2 存储及施工要求

- 4.2.1 材料存储过程中应采取防潮、保温措施，使用前采用保温被覆盖料场。
- 4.2.2 材料应集中统一堆放，放场地宜设置在地势比较高的位置，确保放场地整洁，在下雪、雨之前一定要将钢筋覆盖。
- 4.2.3 应严格控制骨料含水率，确保其不含冻块，含水率宜控制在 1%以内。
- 4.2.4 施工中可适当加大外加剂的用量，减少混凝土的单方用水量，提高混凝土的防冻性能。
- 4.2.5 混凝土搅拌车必须采取保温措施，且搅拌车出站后应尽快到达现场，尽量防止混凝土的热量损失。
- 4.2.6 混凝土搅拌车到场后要根据计划的安排浇筑顺序，避免因停滞时间过长影响入模温度。
- 4.2.7 现场试验人员应对入场每车混凝土进行电子测温，保证混凝土出罐温度不低于 15℃，入泵温度不低于 10℃，入模温度不低于 5℃。
- 4.2.8 拌合用水应符合 JGJ 63 要求，根据大气温度，水温分级控制要求应符合一下规定：
- a) 大气温度 5℃~-5℃时，水温不低于 50℃；
  - b) 大气温度-5℃~-10℃时，水温不低于 70℃；
  - c) 大气温度-10℃~-20℃时，水温不低于 80℃。
- 4.2.9 化学外加剂的配量及原材料加热温度，由混凝土供应方提供试配，制订出不同温度条件下（-5℃、-10℃、-15℃）的配合比方案，项目部根据结构不同部位，不同温度条件，提出申请使用。

## 4.3 其他

- 4.3.1 支架平台、通道表面应铺设防滑钢板或钢丝网，并定期清除冰雪。
- 4.3.2 所有材料进场前需提供出厂合格证、检测报告，并按批次进行复检。

## 5 施工准备

### 5.1 一般要求

- 5.1.1 支架设计应满足梁体结构尺寸、施工荷载及环境条件的强度、刚度和稳定性要求。
- 5.1.2 施工前应编制专项施工方案及临时结构安全性验算，经审批后实施。方案应包括支架选型、支架计算、基础处理、搭设流程、预压控制、监测预警及应急预案等内容。
- 5.1.3 支架搭设区域应进行地质勘察和场地平整，基础承载力应满足设计要求；遇软弱地基时，应采取换填、压实或桩基等加固措施。
- 5.1.4 施工准备阶段需同步编制《季节性施工专项方案》，需明确冬季施工时段划分（日平均气温小于-5℃连续 3d 启动冬施）；极端天气停工标准（风力大于 6 级或暴雪红色预警）；春融期地基软化监测与加固预案。

### 5.2 技术准备

5.2.1 施工单位应组织技术人员核对设计文件、地勘报告及既有管线分布资料，明确施工范围内障碍物位置及保护要求。

5.2.2 测量控制应符合下列规定：

- a) 依据设计图纸测设支架轴线、高程控制点，误差满足 JTG/T3650 要求；
- b) 关键节点（支架基础、连接部位）设置永久性测量标志。

5.2.3 试验检测应符合下列规定：

- a) 材料进场前进行复验，包括钢材力学性能、混凝土骨料冻融循环指标等；
- b) 焊接工艺、螺栓连接等进行工艺评定。

5.2.4 冻土区施工前需补充下列勘察内容：

- a) 冻土类型及最大冻结深度；
- b) 地基融沉系数和冻胀率指标；
- c) 地下冰层分布及含水率检测。

5.2.5 支架设计宜采用建筑信息模型技术进行三维建模，并模拟下列工况：

- a) 风雪荷载下支架应力分布；
- b) 混凝土浇筑温度场与支架变形耦合分析；
- c) 冻土融沉导致的基础不均匀沉降预警阈值。

### 5.3 材料与设备准备

5.3.1 支架材料应符合本文件第 4 章要求，进场时提供质量证明文件并按批次抽检。

5.3.2 保温材料、防冻剂等寒区专用物资应提前储备，储存条件应满足防潮、防冻要求。

5.3.3 起重机械、焊接设备等应通过安全检测，操作人员持证上岗。

5.3.4 冬季施工应配备混凝土加热、运输保温及支架除冰雪专用设备。

5.3.5 气温低于 $-10^{\circ}\text{C}$ 时，起重机液压油应更换为低温抗凝型号。

5.3.6 混凝土泵车管道包裹电伴热带，维持温度大于 $10^{\circ}\text{C}$ 。

5.3.7 负温焊接的室外温度不应低于 $-20^{\circ}\text{C}$ ，在焊接区域应设置防护棚并进行焊前预热。

5.3.8 冬季施工材料预热标准应符合以下规定：

- a) 粗骨料温度大于 $10^{\circ}\text{C}$ ，细骨料大于 $15^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 钢筋焊接前需在暖棚内静置 24h，温度大于 $5^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 模板表面预热至 $5^{\circ}\text{C}$ 以上方可浇筑混凝土。

### 5.4 现场准备

5.4.1 施工场地应设置围挡、警示标识及临时排水设施，并清除冰雪、杂物。

5.4.2 施工场地积雪清扫后，积雪不应堆放在机电设备、构件堆放场地附近。

5.4.3 保证消防道路的畅通。

5.4.4 支架搭设前应完成下列工作：

- a) 基础处理验收合格；
- b) 材料分类堆放，设置清晰标识；
- c) 安全通道、操作平台及防护设施搭设完成。

5.4.5 进行冻土区地基预处理应符合以下规定：

- a) 换填材料采用碎石土（粒径 $5\text{mm}\sim 40\text{mm}$ ）或石灰稳定土（掺量 6%），分层碾压至压实度不小于 96%；
- b) 基础底部铺设双向土工格栅，抗拉强度大于 $80\text{kN/m}$ ，格栅上覆 30cm 砂砾垫层；
- c) 地基周边设置截水盲沟（深度大于冻深加 $0.5\text{m}$ ），防止融雪水渗入。

- 5.4.6 安装锅炉和供汽管道，设置必要的安全设施，对锅炉进行试火试压，并通过有关安全部门的检验。
- 5.4.7 搭设施工所需的暖棚。
- 5.4.8 搭建现场临时设施时需满足：
  - a) 工棚采用双层彩钢板夹芯结构，抗风等级不小于 10 级；
  - b) 材料堆场顶棚坡度大于 15°，设融雪电热檐槽（功率大于 200W/m<sup>2</sup>）；
  - c) 面层铺设粗砂防滑层，厚度不小于 5cm。

## 5.5 监测系统准备

- 5.5.1 支架搭设及预压期间应设置变形监测点，监测频率不少于每日 2 次。
- 5.5.2 采用自动化监测设备时，数据采集精度应小于 0.1mm，并实时传输至管理平台。

## 5.6 绿色施工准备

- 5.6.1 冻土敏感区域施工宜采用低温热源技术，混凝土养护优先选用地源热泵供热，禁用明火加热。
- 5.6.2 砂石骨料堆场应设置雾炮系统。运输车辆建议安装定位和密闭监测装置，违规泄漏自动报警。
- 5.6.3 划定植被保护带，宜采用装配式栈桥跨越敏感区。
- 5.6.4 提前向环保部门备案所使用融雪剂，不应使用尿素类融雪剂。
- 5.6.5 规划废弃混凝土破碎再生站，支架钢材与保温材料分类回收池，清洗水三级沉淀循环等废弃物零排放管控系统。

## 5.7 人员施工培训

- 5.7.1 支架法现浇施工前，应对参加施工的所有人员进行施工方法、施工质量、操作要点、安全事项等技术培训。
- 5.7.2 对冻土钻孔操作员、低温焊接技师、支架监测数据分析师等冻土施工特定工种进行寒区施工专项考核。
- 5.7.3 现场施工人员应培训掌握：
  - a) 了解当天的天气预报和测温人员的测温报告，并及时做好记录。做好天气突变的防范措施；各种材料的控制等；
  - b) 根据混凝土养护测温记录，推算混凝土强度增长情况，决定同条件试块试压时间以及混凝土外表面的保温措施；
  - c) 检查冬季施工热源设备的运行情况；
  - d) 检查保温措施的实施情况；
  - e) 检查冬季施工的安全防护措施执行情况；
  - f) 在化冻阶段着重检查支架、机具设备和构件堆放场地的变化。
- 5.7.4 开展极端天气应急预案演练，演练内容包括：
  - a) 风雪中支架紧急加固；
  - b) 低温环境人员失温救援；
  - c) 专用防冻牵引装置使用；
  - d) 暴风雪天气逃生演练（撤离路线、应急物资使用）。
- 5.7.5 对施工班组实行自检、专检、交接检的“三检制”。任何一检不合格均不得进入下道工序，杜绝“带病施工”。通过“三检”的工序最后由监理工程师验收。

## 6 支架结构计算

### 6.1 一般规定

6.1.1 支架结构应采用以概率理论为基础的极限状态设计法，用分项系数的设计表达式进行设计。

6.1.2 支架结构重要性系数应根据桥梁环境条件、支架高度等确定，结构重要性系数可按表 1 选用。积雪厚度每增加 10cm，重要性系数提高 0.05（上限 1.3）；冻融循环次数大于等于 20 次/年时，重要性系数提高 0.1；冻胀性土地基（粉土、黏土）提高 0.1，非冻胀地基（砂砾）维持原值。

表1 支架结构重要性系数及使用范围

结构重要性系数 $\gamma_0$	使用范围
1.2	1) 跨越高速公路、通航河道等高风险区域； 2) 支架高度大于等于 20m（满堂式）或大于等于 25m（梁柱式）； 3) 冻土活跃区（冻融循环大于等于 15 次/年）； 4) 积雪厚度大于等于 50cm 区域； 5) 其他特殊条件下现浇桥梁工程。
1.1	1) 一般区域支架； 2) 支架高度小于 20m（满堂式）或小于 25m（梁柱式）； 3) 非冻胀地基且积雪厚度小于 50cm 区域。

注：支架高度指梁体底面至支架基础顶面的高差。

6.1.3 支架结构材料应以钢结构为主，材料选用和设计强度取值应符合相关标准的规定。

6.1.4 支架结构应根据受力情况分别计算其强度、刚度及稳定性，计算结果应满足以下要求：

- a) 支架结构或构件的应力应满足有关规范要求；
- b) 支架结构受弯构件的弹性挠度应满足表 2 的规定；
- c) 支架结构的抗倾覆稳定系数不得小于 1.5。

表2 支架结构受弯构件弹性挠度限值表

结构类型	挠度限制 $C_R$	备注
结构表面外露模板	$\leq L/400$	$L$ 为模板跨度
结构表明隐蔽模板	$\leq L/250$	$L$ 为模板跨度
支架受弯构件	$\leq L/400$	$L$ 为构件跨度

6.1.5 支架结构应进行预拱度计算并合理设置。

6.1.6 梁柱式模板支撑架的搭设高度不宜超过 30 m；当超过 30 m 时，应另行专门设计。

6.1.7 梁柱式模板支撑架的构造应便于构件制作、运输、安装，架体构件宜采用常备式、定型工具式钢构件，架体构件应满足重复使用的要求。

6.1.8 杆件连接宜采用螺栓连接或销轴连接或其他工具式连接。

6.1.9 同一跨支撑架宜采用相同类型的基础、立柱和承重梁结构。

6.1.10 当采用落架装置落架时，应根据支撑架结构型式、承受荷载大小及需要的落架量，在支撑架的顶部设置专用落架装置。

6.1.11 支撑架搭设场地和构配件堆放场地应有可靠排水设施，不应有积水。

6.1.12 支架结构设计应包括模板、支架、地基和基础；支架结构设计成果应包括支架总体结构及细部结构设计图、材料数量表、设计计算书和设计说明书等。

## 6.2 支架类型及选型

6.2.1 支架结构按结构形式可分为满堂式支架、梁柱式支架及其组合形式支架。

6.2.2 满堂式支架也称为连续支架系统，是由多个支撑点连成一体，形成一个连续的支撑面，适用于跨度较大或承载要求较高的施工场景。

6.2.3 梁柱式支架系统通常由立柱、横梁和斜撑组成，结构较为简单，适用于承载力要求较低、跨度较小的施工场合。梁柱式支架的安装和拆卸较为方便，适用于中小型工程或临时支架需求。

6.2.4 组合式支架是通过组合满堂式支架和梁柱式支架的特点，形成一种既能提供较大承载力又能满足灵活性需求的支架形式。适用于一些特殊施工环境和临时性结构需求。

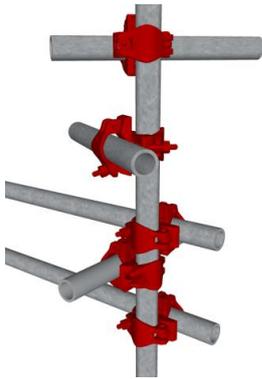


图 1 扣件式支架

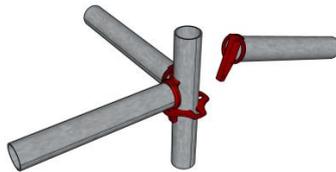


图 2 轮扣式支架

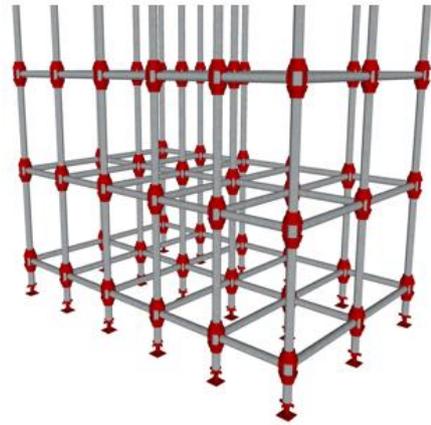


图 3 碗扣式支架

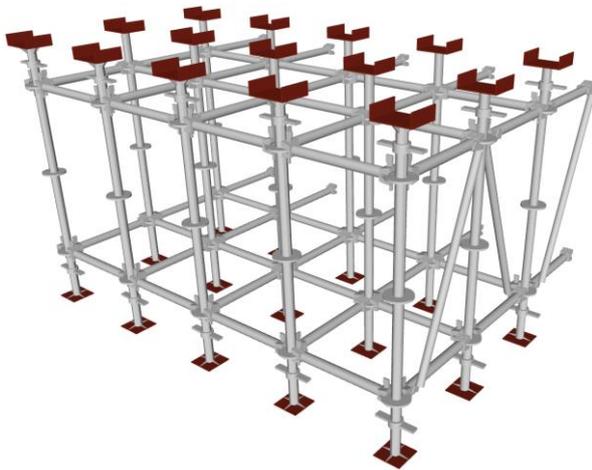


图 4 盘扣式支架

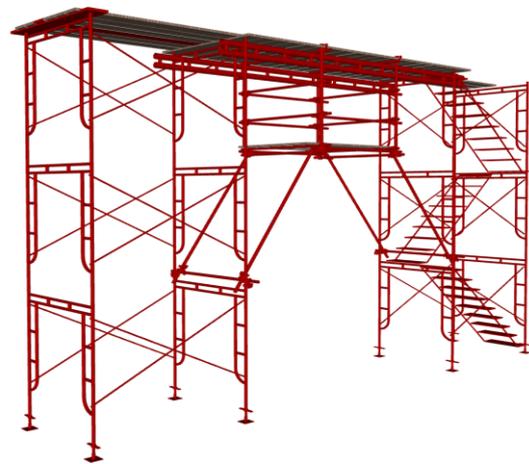


图 5 门式支架

6.2.5 满堂支架选型要点有：

- 一般推荐盘扣式支架，盘扣式支架搭设出来的满堂支架垂直度比扣件式的好，节间距也比较标准；
- 扣件式支架、门式支架、轮扣支架不建议选作满堂支架；
- 应采取加密立杆纵横间距，缩短步距的方式提高单杆稳定承载能力，加密立杆和缩短步距的范围应该超出腹板每侧 3 排；
- 满堂支架选型风险情况见表 3。

表3 满堂支架选型风险表

桥梁跨度(m)	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58
梁高(m)	0.4	0.7	0.9	1.2	1.5	1.7	2.0	2.3	2.5	2.8	3.1	3.3	3.6	3.9
支架高度(m)	28	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	26	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	24	△	△	△	△	△	△	×	×	×	×	×	×	×
	22	△	△	△	△	△	△	△	×	×	×	×	×	×
	20	◇	◇	◇	◇	◇	△	△	△	△	△	×	×	×
	18	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	△	△	△	×		×
	16	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	△	△	△	△	×
	14	○	○	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	△	△	△	△
	12	○	○	○	○	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	△	△
	10	○	○	○	○	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	△	△
	8	○	○	○	○	○	○	○	◇	◇	◇	◇	◇	◇
	6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	◇	◇	◇	◇
	4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

注：表中“×”为禁止，“△”为高风险，“◇”为中风险，“○”为低风险。

## 6.2.6 梁柱式支架选型要点有：

- 梁柱式支架选型表仅从支架跨径考虑，不同的荷载下，根据计算结果调整纵梁数量和横向间距布置；
- 风险等级低的支架并不能完全避免支架侧向整体失稳或侧向倾覆，这与荷载的集度、支架平面联系刚度和间距有关，需在设计时通过构造保证；
- 一般情况下，贝雷支架跨度小于 12m 时，其侧向整体失稳的安全系数是足够的；
- 梁柱式支架的支点位置相当重要，尽量布置在支架的强节点上，相对来说贝雷的强节点在立杆上；
- 型钢支架在特殊情况下采用，例如净高受限的通道，塔柱横梁现浇支架等特殊位置；一般来说，采用制式支架更经济；
- 万能杆件由于拼拆麻烦，螺栓费用高，一般很少采用，只有在大跨度方案中会采用；
- 梁柱式支架选型风险情况见表 4。

表4 梁柱式支架选型风险表

支架跨度(m)	轧制型钢	321贝雷梁不加强	321贝雷梁加强	单层64军梁(1.5m)	2000型贝雷梁(不加强)	2000型贝雷梁(加强)	2m高万能杆件	双层64军梁(1.5m)	4m高万能杆件	关键控制计算
2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	强度、挠度、
4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

支架跨度(m)	轧制型钢	321贝雷梁不加强	321贝雷梁加强	单层64军梁(1.5m)	2000型贝雷梁(不加强)	2000型贝雷梁(加强)	2m高万能杆件	双层64军梁(1.5m)	4m高万能杆件	关键控制计算
6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	支点局部稳定
8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
10	◇	○	○	○	○	○	○	○	○	
12	◇	○	○	○	○	○	○	○	○	
14	△	◇	○	○	○	○	○	○	○	
16	△	◇	◇	◇	◇	○	○	○	○	
18	×	△	◇	◇	◇	◇	○	○	○	
20	×	△	△	△	△	◇	◇	○	○	
22	×	×	△	△	△	△	◇	◇	○	
24	×	×	×	×	×	△	△	◇	◇	增加侧向稳定分析
26	×	×	×	×	×	×	△	△	◇	
28	×	×	×	×	×	×	×	△	△	
30	×	×	×	×	×	×	×	×	△	
32	×	×	×	×	×	×	×	×	×	不建议采用
34	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
36	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
38	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
40	×	×	×	×	×	×	×	×	×	

注：表中“×”为禁止，“△”为高风险，“◇”为中风险，“○”为低风险。

6.2.7 支架结构类型应根据水文、地质、地形、梁体结构、荷载和施工条件等因素合理选用。满堂式支架、梁柱式支架适用范围应符合表5的要求。

表5 支架结构使用范围

支架类型	使用范围
满堂式支架	1) 支架高度不大于 20m; 2) 梁体高度不大于 7m; 3) 地基不需特殊处理即可满足承载力和沉降变形要求。
梁柱式支架	1) 地形高差大; 2) 跨越公路、河道、管线; 3) 特殊地质条件。

### 6.3 荷载种类、取值及组合

6.3.1 梁柱式支架和满堂支架荷载标准值取值如表6所示。

表6 荷载标准值

荷载类型		梁柱式支架标准值	满堂支架标准值
支架模板, 支架自重 (Q <sub>1</sub> )		按设计图纸计算确定, 并可参考 GB 50017、JG/T 156 和 JTG D63 等进行确定。	按设计图纸计算确定, 并可参考 JGJ 166 和 JGJ 128 确定。
新浇混凝土 (Q <sub>2</sub> )		普通钢筋混凝土可采用25kN/m <sup>3</sup> ~26kN/m <sup>3</sup> (以体积计算的含筋量小于等于2%时采用25kN/m <sup>3</sup> , 大于2%时采用26kN/m <sup>3</sup> ), 对特殊混凝土应根据实际情况确定。	
施工人员和施工材料、机具行走运输或堆放荷载 (Q <sub>3</sub> )	模板及直接支承模板的小楞	均布荷载可取2.5kPa, 另外以集中荷载2.5kN进行验算。	
	直接支承小楞的梁或拱架	均布荷载可取1.5kPa	
	支架立柱及支承拱架的其他结构构件	均布荷载可取1.0kPa	
振捣混凝土时产生的荷载 (Q <sub>4</sub> )		4.0kN/m <sup>2</sup>	
浇筑混凝土时产生的冲击荷载 (Q <sub>5</sub> )		2.0kN/m <sup>2</sup>	
新浇筑混凝土对侧面模板的压力 (Q <sub>6</sub> )		/	
风荷载 (Q <sub>7</sub> )		$w_k = \beta_z \mu_s \mu_z w_0$ 式中: $w_k$ ——风荷载标准值; $\beta_z$ ——高度 $z$ 处的风振系数; $\mu_s$ ——风荷载体型系数; $\mu_z$ ——风压高度变化系数; $w_0$ ——基本风压。	
水流荷载 (Q <sub>8</sub> )		参考JTG D60等设计规范	
船舶及漂流物冲击荷载 (Q <sub>9</sub> )		不考虑支架承受的冲击力	
雪荷载及冬季保温设施荷载 (Q <sub>10</sub> )		$S_k = \mu_r s_0$ 式中: $S_k$ ——雪荷载标准值; $\mu_r$ ——屋面积雪分布系数; $s_0$ ——基本雪压。	

## 6.3.2 支架结构计算时应考虑以下工况:

- 工况一: 浇筑混凝土;
- 工况二: 模板安装完毕;
- 工况三: 拆除侧模;
- 工况四: 连续梁分段施工。

6.3.3 支架结构计算荷载组合应符合表 7 规定。

表7 荷载效应组合

支架结构部位名称		荷载组合		
		计算强度	计算刚度	计算稳定性
底模板、模板下 纵横梁		$1.2 \times (Q_1+Q_2) + 1.4 \times (Q_3+Q_4+Q_5+Q_{10})$	$Q_1+Q_2+Q_{10}$	-
侧模板		$1.4 \times (Q_4+Q_6)$	$Q_6$	-
支架 结构	满堂式	$1.2 \times (Q_1+Q_2) + 1.4 \times (Q_3+Q_4+Q_5+Q_{10})$	$Q_1+Q_2+Q_{10}$	式一: $1.2 \times (Q_1+Q_2) + 0.9 \times 1.4 \times (Q_3+Q_4+Q_5+Q_7+Q_8+Q_{10})$ 式二: $0.9 \times Q_2 + 0.9 \times (Q_3+Q_7)$
	梁柱式	$1.2 \times (Q_1+Q_2) + 1.4 \times (Q_3+Q_7+Q_8+Q_{10})$		

注：表中“式一”用于本文件 6.3.2 的工况一、三、四；“式二”用于本文件 6.3.2 的工况二。

#### 6.4 支架计算内容

6.4.1 纵向、横向水平杆的抗弯强度应按公式 1 计算：

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq f \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

$M$ ——弯矩设计值；

$W$ ——截面模量；

$f$ ——钢材的抗弯强度设计值。

6.4.2 水平构件中的底模、方木应按下列公式 2 进行抗剪强度计算：

$$\tau = \frac{3Q}{2bh} \leq f_v \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中：

$\tau$ ——剪应力 (N/mm<sup>2</sup>)；

$Q$ ——剪力设计值 (N)；

$b$ ——构件宽度 (mm)；

$h$ ——构件高度 (mm)；

$f_v$ ——抗剪强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)。

6.4.3 模板支架水平构件的挠度应符合下列公式 3 规定，当简支梁承受均布荷载时  $V$  的取值为公式 4；当简支梁跨中承受荷载时  $V$  的取值为公式 5。

$$V \leq [V] \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$V = \frac{5ql^4}{384EI} \dots\dots\dots(4)$$

$$V = \frac{Pl^3}{48EI} \dots\dots\dots(5)$$

式中:

- [V]——容许挠度;
- $q$ ——均布荷载 (N/mm);
- $l$ ——梁的计算长度 (mm);
- $E$ ——弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>);
- $I$ ——截面惯性矩 (mm<sup>4</sup>);
- $P$ ——跨中集中荷载 (N)。

6.4.4 立杆的轴向力设计值, 组合风荷载时按照公式 6 计算, 不组合风荷载则按公式 7 计算。

$$N_{ut} = \gamma_G \sum N_{Gk} + 0.85 \times 1.4 \sum N_{Qk} \dots\dots\dots(6)$$

$$N_{ut} = \gamma_G \sum N_{Gk} + 1.4 \sum N_{Qk} \dots\dots\dots(7)$$

式中:

- $N_{ut}$ ——计算段立杆的轴向力设计值 (N);
- $\gamma_G$ ——荷载分项系数;
- $\sum N_{Gk}$ ——模板及支架自重、新浇混凝土自重与钢筋自重标值产生的轴向力总和 (N);
- $\sum N_{Qk}$ ——施工人员及施工设备荷载标准值、振捣混凝土时产生的荷载标准值产生的轴向力总(N)。

6.4.5 对单层模板支架, 不组合风荷载时立杆的稳定性应按公式 8 计算, 组合风荷载时立杆的稳定性应按公式 9 计算。对两层及两层以上模板支架, 考虑叠合效应, 不组合风荷载时立杆的稳定性应按公式 10 计算, 组合风荷载时立杆的稳定性应按公式 11 计算。

$$\frac{N_{ut}}{\varphi AK_H} \leq f \dots\dots\dots(8)$$

$$\frac{N_{ut}}{\varphi AK_H} + \frac{M_w}{W} \leq f \dots\dots\dots(9)$$

$$\frac{1.05N_{ut}}{\varphi AK_H} \leq f \dots\dots\dots(10)$$

$$\frac{1.05N_{ut}}{\varphi AK_H} + \frac{M_w}{W} \leq f \dots\dots\dots(11)$$

$$K_H = \frac{1}{1+0.005(H-4)} \dots\dots\dots (12)$$

$$M_W = 0.85 \times 1.4 M_{Wk} = \frac{0.85 \times 1.4 w_k l_a h^2}{10} \dots\dots\dots (13)$$

式中:

$N_{st}$ ——计算段立杆的轴向力设计值 (N) ;

$\varphi$ ——轴心受压构件的稳定系数;

$A$ ——立杆的截面面积 (mm<sup>2</sup>) ;

$K_H$ ——高度调整系数;

$f$ ——钢材的抗压强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>) ;

$M_W$ ——计算立杆段由风荷载设计值产生的弯矩 (N·mm) ;

$W$ ——截面模量 (mm<sup>3</sup>) ;

$H$ ——模板支架高度 (m) ;

$M_{Wk}$ ——风荷载标准值产生的弯矩 (N·mm) ;

$w_k$ ——风荷载标准值(N/mm<sup>2</sup>);

$l_a$ ——立杆纵距(mm);

$h$ ——立杆步距(mm)。

6.4.6 立杆计算长度应按公式 14 和公式 15 计算,取二者计算结果的最大值。

$$l_0 = h + 2a \dots\dots\dots (14)$$

$$l_0 = \mu kh \dots\dots\dots (15)$$

式中:

$l_0$ ——立杆计算长度 (mm) ;

$h$ ——立杆步距 (mm) ;

$a$ ——模板支架立杆伸出顶层横向水平杆中心线至模板支撑点的长度 (mm) ;

$\mu$ ——考虑支架整体稳定因素的单杆等效计算长度系数;

$k$ ——计算长度附加系数。

6.4.7 立杆基础底面的平均压力应满足公式 16 的要求。

$$P = \frac{N}{A} \leq f_a \dots\dots\dots (16)$$

$$f_a = K_c f_{ak} \dots\dots\dots (17)$$

式中:

$P$ ——立杆基础底面的平均压力;

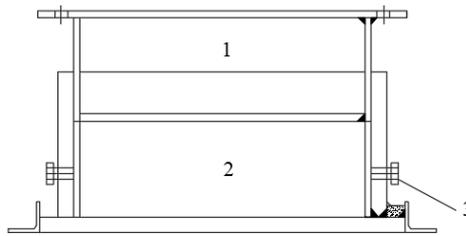
$N$ ——上部结构传至基础顶面的轴向力设计值；  
 $A$ ——基础底面面积；  
 $f_a$ ——修正后地基承载力容许值；  
 $K_c$ ——支架地基承载力调整系数，对碎砖、砂土、回填土应取0.4；对黏土应取0.5；对岩石、混凝土应取1.0；  
 $f_{ak}$ ——地基承载力容许值。

6.4.8 砂箱验算砂箱示意图如图6，砂箱筒钢板厚度应满足公式18要求。

$$t_0 \geq \frac{p \cdot r}{f} \dots\dots\dots (18)$$

式中：

$t_0$ ——砂箱筒壁厚度(mm)；  
 $p$ ——砂箱筒壁所受侧压力(N)；  
 $r$ ——砂箱内半径(mm)；  
 $f$ ——型钢抗压强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)。



标序号说明：  
 1——筒塞；  
 2——筒体；  
 3——螺钉。

图6 砂箱示意图

6.4.9 砂箱筒壁所受侧压力应按公式19计算。

$$p = \frac{K \cdot N_0}{A_0} \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi_0}{2} \right) \dots\dots\dots (29)$$

式中：

$K$ ——安全系数，取1.2；  
 $N_0$ ——砂箱所受最大轴力设计值(N)；  
 $A_0$ ——砂箱内筒受压面积(mm<sup>2</sup>)；  
 $\varphi_0$ ——砂的内摩擦角，取35°。

6.4.10 柱帽(图7)井字型肋板承载力计算应满足公式20要求。

$$\frac{\gamma_0 \cdot M_1}{W} \leq f_2 \dots\dots\dots (20)$$

式中：

$\gamma_0$ ——重要性系数;  
 $M_l$ ——肋板承受的弯矩设计值(N·mm);  
 $W$ ——截面模量(mm<sup>3</sup>);  
 $f_2$ ——型钢抗拉, 抗压和抗弯强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)。



图 7 桩帽示意图

6.4.11 法兰盘验算参考 GB 50135, 刚性法兰盘承受压力和弯矩时, 普通螺栓拉力应按公式 21 计算。

$$N_{\max}^b = \frac{N\delta y'_n}{\sum (y'_i)^2} \leq N_t^b \dots\dots\dots (21)$$

式中:

$N_{\max}^b$ ——普通螺栓最大拉力;  
 $N$ ——单根钢管立柱的所受荷载;  
 $\delta$ ——钢管立柱偏心;  
 $y'_n$ ——第n个受拉螺栓中心距受压区形心轴的距离;  
 $y'_i$ ——第i个受拉螺栓中心距受压区形心轴的距离;  
 $N_t^b$ ——普通螺栓允许拉力。

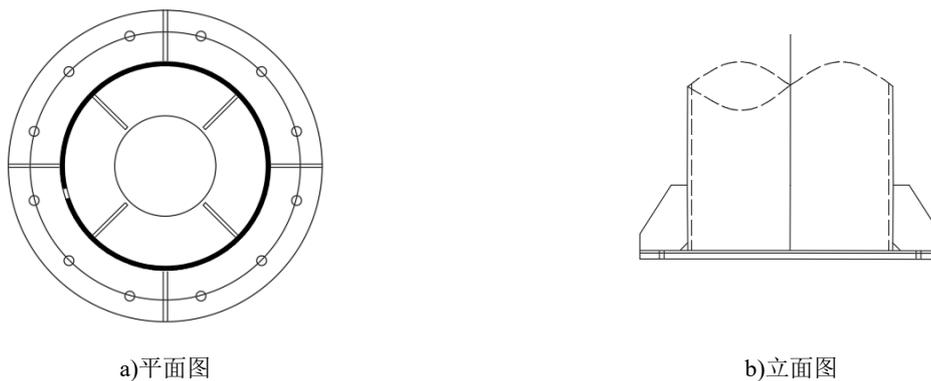


图 8 法兰盘示意图

6.5 梁式支架构造要求

6.5.1 梁式支架结构体系自下而上由支架基础、桩顶横梁(纵梁)、支架立柱(含纵、横向连接系)、支架卸落设备、横桥向承重梁、支架顶部结构(模板、分配梁)等组成。

6.5.2 梁式支架基本构造应符合下列规定:

- a) 支架构造简单, 构件安装方便, 并能重复使用;
  - b) 梁式支架的总体构造和细部构造均设置成几何不变体系;
  - c) 梁式支架立柱之间根据其受力要求和结构特点设置纵横向连接系, 增强梁式支架的整体刚度和稳定性;
  - d) 同一桥跨的支架采用相同类型的基础、立柱和承重梁结构;
  - e) 支墩的立柱底面根据其基础的承压强度设置钢垫板与立柱及基础应密贴并连接牢固;
  - f) 支墩的立柱顶端构造考虑局部应力采取加强措施, 立柱顶上横梁与立柱顶端应紧密接触并连接牢固;
  - g) 根据支架结构型式、承受荷载大小及需要的落架量, 在支架的适当部位设置落架装置。
- 6.5.3 支墩的立柱钢管应符合下列构造要求:
- a) 钢管应采用法兰盘或环焊缝对接, 接头强度大于自身强度;
  - b) 当钢管的长细比大于 150 时, 采用连接系形成格构式框架柱; 连接系与钢管之间通过节点板进行连接, 连接强度不得小于连接系自身强度;
  - c) 临近墩身的单排钢管采用刚性结构将钢管与墩身进行可靠连接。
- 6.5.4 立柱之间连接系的设置应符合下列规定:
- a) 连接系的设置满足立柱长细比的要求以及稳定性计算的要求;
  - b) 型钢或钢管立柱高度大于 5m 时, 横向(梁体断面方向)相邻柱件设置横向连接系;
  - c) 万能杆件立柱高度大于 10m 时, 设置横向连接系。
- 6.5.5 型钢或钢管立柱的接长应符合下列规定:
- a) 钢管立柱采用法兰盘或环焊缝对接;
  - b) 型钢立柱采用螺栓连接或焊接连接;
  - c) 立柱采用螺栓连接或法兰盘连接时, 螺栓连接牢固;
  - d) 相邻立柱的接头错开设置。
- 6.5.6 立柱顶落架装置的构造应符合下列规定:
- a) 组装好的落架装置上下支撑面平行, 并由锁定装置锁定;
  - b) 安装在支撑架上的落架装置上下支撑面与支撑架结构连接牢固;
  - c) 落架装置的上部设横向分配梁;
  - d) 落架装置的预留下沉量在拟浇筑梁体计算挠度的基础上增加 30mm~50mm。
- 6.5.7 采用砂箱作为落架装置时, 应符合下列构造要求:
- a) 砂箱由上下独立的两根钢管及端头钢板焊接制成, 上钢管外径与下钢管内径的差值为 5mm~10mm, 上钢管内灌筑 C30 混凝土, 下钢管底部设置可开关的出砂孔。上下钢管间设置锁定装置;
  - b) 砂箱的高宽比小于 1, 最大下沉量小于砂箱高度的 1/3, 且小于 150mm;
  - c) 落架装置的上部应设横分配梁;
  - d) 砂箱中使用干燥中砂, 砂含泥量不大于 1%。
- 6.5.8 型钢或钢管立柱应由柱头、柱身和柱脚组成, 各部分的构造应符合下列规定:
- a) 柱脚: 立柱与基础的连接采用直接埋入或与基础预埋件焊接、螺栓连接等方式, 预埋件钢垫板与立柱及基础密贴并连接牢固;
  - b) 柱头: 立柱顶端考虑局部应力的影响采取加强构造措施, 立柱顶端与横梁紧密接触并连接牢固;
  - c) 柱身与柱头或柱脚承力钢板间设置加劲肋。
- 6.5.9 采用型钢作支撑架横梁或纵梁时, 应符合下列构造要求:
- a) 两根及以上型钢构成的组合梁, 采用填板、加劲肋将型钢连接成整体;

- b) 型钢采用通长型钢梁。若型钢接长使用时，采用焊接或螺栓连接，接头强度不得小于型钢自身强度；
  - c) 在有较大集中荷载的横梁或纵梁支承位置设置支承加劲肋。确保支承加劲肋与横梁或纵梁连接牢固；
  - d) 当纵梁跨度超过 8m 时，在跨中和支座位置设置横向连接将同跨内全部纵梁连接成整体；
  - e) 纵梁在横梁的搁置位置以及横梁在立柱顶部位置均设置可靠的限位装置。
- 6.5.10 采用贝雷梁、万能杆件等常备式定型钢构件作支撑架横梁或纵梁时，应符合下列构造要求：
- a) 根据桁架梁的跨度和结构特点，设置通长横向连接系将同跨内全部纵梁连接成整体，横向连接系的设置满足桁架梁横向稳定性计算结果要求。贝雷梁两端及支承位置均应设置通长横向连接系，且其间距不大于 9m；
  - b) 桁架梁的支承位置设置在其主节点上。若支承位置未位于主节点上，或处于剪力较大的支座附近时，通过增设加强竖杆或 V 形斜杆对桁架进行局部加强，以确保其满足局部承载力的计算要求；
  - c) 在桁架梁支承位置设置限位装置；
  - d) 柱顶横梁适当加长，以便于支撑架纵梁横移拆除；
  - e) 当横梁或纵梁设置坡度时，支座处所采取的防滑移固定措施符合抗滑移计算结果的要求。

## 6.6 满堂支架构造要求

### 6.6.1 满堂支架基本构造应符合下列规定：

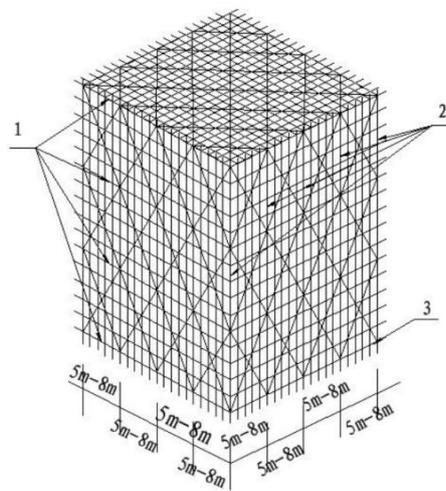
- a) 支架的总体构造和细部构造均设置成几何不变体系；
  - b) 支架的立杆之间根据其受力要求和结构特点设置水平和斜向等支撑连接杆件，增强支架的整体刚度和稳定性；
  - c) 支架的构造简单、合理，结构受力明确，安装、拆除方便；
  - d) 能抵抗在施工过程中可能发生的振动或偶然撞击；
  - e) 同跨支架采用同一类型、直径、壁厚和材质的支架材料构筑；
  - f) 满堂式支架的高宽比小于 2。当高宽比大于 2 时，扩大下部支架宽度或采取其他构造措施，扩大部分支架的高度和总宽度应大于支架总高度的一半；
  - g) 满堂式支架的高度超过其平面最小边尺寸时，采用刚性结构将支架与墩身可靠连接；连接结构的竖向间距小于支架的最小平面尺寸，横向间距小于 2m；
  - h) 支架的地基顶面设置混凝土垫层；采用其他材料作垫层时，验证地基承载力和防排水性能。
- e) 垫层顶面高程应综合考虑梁底标高、地形条件、支架步距和立杆长度、底座及顶托伸出立杆的长度计算确定；当垫层顶面不能设置在同一高程时，可采用纵向台阶形式，且应采取加固措施保证台阶稳定。

### 6.6.2 碗扣式钢管支架结构应符合下列规定：

- a) 碗扣式支架根据所承受的荷载选择立杆的间距和步距，底层纵、横向水平杆作为扫地杆，距地面高度应小于或等于 350mm，立杆底部设置可调底座或固定底座，立杆底部可调底座高度小于或等于 200mm；立杆上端包括可调螺杆伸出顶层水平杆的长度小于 0.7m。
- b) 立杆间距和水平杆步距应根据支架所承受的荷载通过设计计算确定，并利用支架安装、拆除作业；
- c) 每根立杆的底部均配置可调底座，其中底座螺杆插入立杆内的长度不小于 150mm，而螺杆伸出立杆的长度则不大于 150mm。底座下面宜设置垫木，垫木长度应大于 3 跨；
- d) 每根立杆的顶部设置 U 形可调顶托，顶托上设置方木或型钢承受梁体荷载。顶托螺杆插入立杆的长度不小于 150mm，伸出立杆的长度为 100mm~300mm。

### 6.6.3 碗扣式支架斜杆设置应符合下列要求：

- a) 当立杆间距大 1.5m 时，在拐角处设置通高专用斜杆，中间每排每列设置通高八字形斜杆或剪刀撑；
- b) 当立杆间距小于或等 1.5m 时，满堂支架四周从底到顶连续设置竖向剪刀撑；中间纵、横向由底至顶连续设置竖向剪刀撑，其间距小于或等于 4.5m；
- c) 剪刀撑的斜杆与地面夹角应在  $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$  之间，斜杆每步与立杆扣接。
- 6.6.4 普通型碗扣式支架剪刀撑应根据架体的类型设置，并应符合下列规定：
- a) 在架体外侧周边及内部纵、横向每 5m~8m，由底至顶设置连续竖向剪刀撑，剪刀撑宽度为 5m~8m；
- b) 在竖向剪刀撑顶部交点平面设置连续水平剪刀撑。当支架高度超 4.8m，或施工总荷载大于  $15\text{kN/m}^2$ ，或集中线荷载大于  $20\text{kN/m}$  的支架，顶端和底部设置水平剪刀撑，中间水平剪刀撑设置间距大于 4.8m。

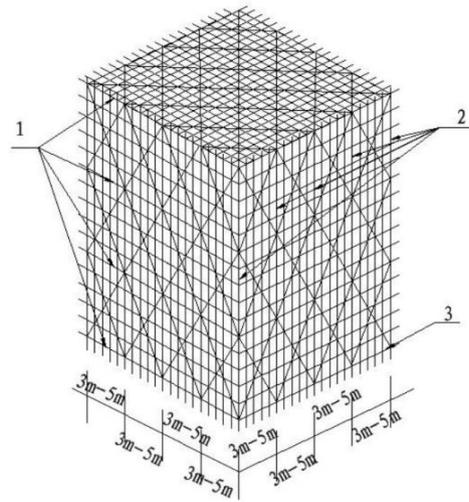


标引序号说明：

- 1——水平剪刀撑；
- 2——竖向剪刀撑；
- 3——扫地杆设置层。

图 9 普通型水平、竖向剪刀撑布置图

- 6.6.5 加强型碗扣式支架剪刀撑应根据架体的类型设置，并应符合下列规定：
- a) 当立杆纵、横间距为  $0.9\text{m}\times 0.9\text{m}\sim 1.2\text{m}\times 1.2\text{m}$  时，在架体外侧周边及内部纵、横向每 4m，由底至顶设置连续竖向剪刀撑，剪刀撑宽度为 4 跨；
- b) 当立杆纵、横间距为  $0.6\text{m}\times 0.6\text{m}\sim 0.9\text{m}\times 0.9\text{m}$  (含  $0.6\text{m}\times 0.6\text{m}$ ,  $0.9\text{m}\times 0.9\text{m}$ ) 时，在架体外侧周边及内部纵、横向每 5 跨 (且不小于 3m)，由底至顶设置连续竖向剪刀撑，剪刀撑宽度为 5 跨；
- c) 当立杆纵、横间距为  $0.3\text{m}\times 0.3\text{m}\sim 0.6\text{m}\times 0.6\text{m}$  (含  $0.3\text{m}\times 0.3\text{m}$ ) 时，在架体外侧周边及内部纵、横向每 3m~3.2m 由底至顶设置连续竖向剪刀撑，剪刀撑宽度为 3m~3.2m；
- d) 在竖向剪刀撑顶部交点平面设置水平剪刀撑，剪刀撑宽度为 3m~5m。



标引序号说明:

- 1——水平剪刀撑;
- 2——竖向剪刀撑;
- 3——扫地杆设置层。

图 10 加强型水平、竖向剪刀撑布置图

- 6.6.6 支架周围有主体结构时, 为了增加支架的整体稳定性, 应设置对拉构件。
- 6.6.7 支架的高宽比宜小于或等于 2; 当高宽比大于 2 时, 应扩大下部架体尺寸或采取其他构造措施。
- 6.6.8 满堂式支架内门洞构造应符合下列规定:
  - a) 门洞净高不宜大于 5.5m、净宽不宜大于 4m 当需设置的机动车道净宽大于 4m 时或与梁体中心线斜交时, 按照梁柱式支架构造要求设置门洞。满堂式支架内门洞总体构造如图 11 所示;
  - b) 门洞顶部横梁结构及横梁下立杆间距计算确定;
  - c) 横梁下立杆与相邻支架连接牢固, 纵、横向剪刀撑加密设置;
  - d) 立杆基础采用明挖基础, 基础结构满足防撞要求;
  - e) 立杆与横梁之间设置纵、横向分配梁;
  - f) 门洞顶部采用木板或其他硬质材料全封闭, 两侧设置安全网;
  - g) 通行机动车的门洞, 且符合净空的相关构造要求。

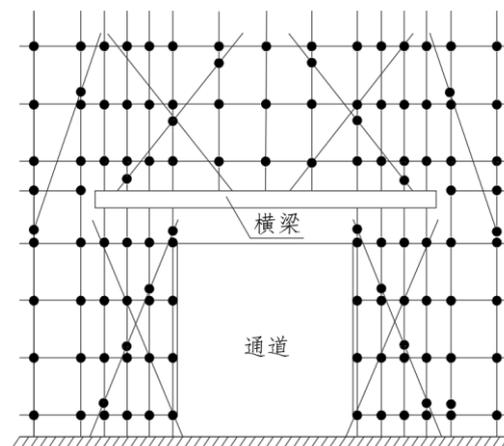


图 11 模板支撑架人行通道设置

## 7 施工

### 7.1 基础施工及地基处理

7.1.1 施工区域基础作业应优先规避既有构筑物及地下管线。若受条件限制必须邻近施工，需采取隔离防护（如钢板桩围护）或实时监测（沉降阈值小于 3mm）等主动防护措施立柱的柱脚预埋件应在基础混凝土浇筑前准确定位并埋设稳固。

7.1.2 支架范围内地面附着物和腐殖土、淤泥、冻融循环深度内的冻土等软弱土质应全部清除。清理后的坑槽应及时填筑避免积水浸泡。

7.1.3 立柱柱脚预埋件须在基础混凝土浇筑前完成精准定位，安装允许偏差应满足：平面位置小于等于 5mm，标高偏差绝对值不大于 3mm，并通过焊接或螺栓固定确保稳固性。

7.1.4 扩展基础施工中遇下列情形时，应对地基进行专项处理，且压实系数不小于 0.96，分层压实厚度不小于 300mm。

- a) 土层分布不均或原位承载力不足；
- b) 软弱地基（如淤泥质土、有机质土）。

7.1.5 桥梁墩台的基坑应填筑到承台顶面以上、且不低于地下水位；地基表层清除后的坑槽应填筑到原地面以上。填筑应分层进行、逐层压实；填筑材料及其压实度应满足地基承载力要求。

7.1.6 基础施工完成后，应对地基承载力、基础强度、平面尺寸、预留预埋情况进行检查。合格后方可施工垫层，垫层施工时应控制其顶面标高和平整度。

7.1.7 地基和基础经验收合格后，应按安全专项施工方案的要求对支撑架进行施工放样。

7.1.8 支架地基基础应在支架硬化范围外合理设置排水沟，并满足：

- a) 纵坡坡度大于等于 0.5%，沟底采用 C20 混凝土硬化；
- b) 排水沟与支架基础净距大于等于 1.5m，防止渗水软化地基；
- c) 定期清理（每周至少 1 次），雨后增加巡查频次。

7.1.9 梁柱式支架的明挖基础和桩基础应按照的相关规定进行施工。

### 7.2 支架搭设

#### 7.2.1 满堂支架施工

7.2.1.1 支架安装前应根据支架设计图在垫层顶面标识出支架立杆的平面位置线。

7.2.1.2 支架安装应从一端向另一端或从跨中向两端延伸，按照垫木、底座、立杆、水平杆（水平加固件）、剪刀撑的顺序自下向上逐层搭设，每层高度不宜大于 3m。

7.2.1.3 底座和垫板应准确地放置在定位线上；垫板宜采用长度不少于 2 步距，厚度不小于 50mm 的硬质木垫板；底座的轴心线应与地面垂直。

7.2.1.4 碗扣式钢管支架的首层应采用不同长度的立杆交错布置，使相邻立杆的接头设置在不同步距内。

7.2.1.5 支架立杆在 1.8m 高度内的垂直度偏差不得大于 5mm；支架全高的垂直度偏差应小于支架高度的  $1/600$ ，且不得大于 35mm。

7.2.1.6 水平杆安装时应控制直线度和水平度；各层水平框架的纵、横向直线度应小于立杆间距的  $1/200$ ，相邻水平杆的高差应小于  $\pm 5\text{mm}$ 。

7.2.1.7 剪刀撑、交叉支撑等加固杆件应与立杆和水平杆等同步安装，扣件、锁臂等应安装齐全并及时拧紧，扣件螺栓的拧紧扭矩不应小于  $40\text{N}\cdot\text{m}$ 、且不应大于  $65\text{N}\cdot\text{m}$ 。

7.2.1.8 立杆顶托上的下层承重方木接头一般应设置在顶托上，否则应采用绑条钉牢，并加垫木支垫；同一断面上的承重方木接头数量不应超过 50%。上层方木应交错搭接在下层方木上。

7.2.1.9 各层支架安装过程中，应及时校正立杆间距、垂直度、纵横向直线度和水平杆水平度等，避免误差累积导致支架质量不合格。

7.2.1.10 作业层设置应符合下列要求：

- a) 必须满铺脚手板，外侧应设挡脚板及刚性护身栏杆；
- b) 护身栏杆应采用刚性横杆在立杆的 0.6m 和 1.2m 处设置两道；
- c) 作业层下的水平安全网应按 JGJ 59 规定设置。

7.2.1.11 采用钢管扣件作加固件、斜撑时应符合 JGJ 130 的有关规定。

7.2.1.12 支架搭设到顶时，应组织技术、安全、施工人员对整个架体结构进行全面的检查和验收，及时解决存在的结构缺陷；验收合格后在醒目位置悬挂好支架验收合格标示牌。

## 7.2.2 梁柱式支架施工

7.2.2.1 在墩台、身上预埋的与支撑架立柱连接的预埋件，其位置及标高应符合方案设计。

7.2.2.2 立柱安装过程中应及时校正，垂直度偏差不应大于立柱高度的 1/600，且不得大于 35mm。

7.2.2.3 型钢或钢管立柱安装应符合下列要求：

- a) 应根据施工现场吊装设备的吊装能力和场地条件分节、分层安装；
- b) 立柱与基础及柱身接头之间应连接牢固，上下层应在同一中心线上；
- c) 立柱柱身采用螺栓连接接长时，柱间接头空隙应采用适当厚度的钢板填塞紧密，并进行高差调整，确保垂直度满足要求；
- d) 立柱采用焊接连接时，应符合 GB 50661 中三级焊缝的质量要求，接头强度不得小于型钢或钢管自身强度；
- e) 高强螺栓连接质量应符合 JGJ 82 技术要求。普通螺栓连接应牢固、无松动；
- f) 下层连接系或格构柱缀件安装完成后方可进行上层型钢或钢管安装。连接系或格构柱缀件安装之前，应采取临时措施稳定钢管。

7.2.2.4 万能杆件立柱或万能杆件棉架横梁和纵梁安装应符合下列要求：

- a) 立柱的立杆、水平杆、斜杆及节点板等构件应逐节拼装完整形成稳定结构，螺栓应及时拧紧。拼装过程中应及时检查、调整立柱柱身直度；
- b) 立柱拼装完成后应逐个拧紧螺栓。螺栓头尾的垫圈都不得多于 2 个，螺杆伸出螺母不得少于 3 丝；
- c) 立柱顶部应设置 2 层垫梁。垫与立柱及垫梁之间应连接牢固，垫梁顶应支垫平整。

7.2.2.5 横梁和纵梁安装应符合下列要求：

- a) 横梁和纵梁安装前应对立柱顶标高进行复核，并准确标识安装位置；
- b) 横梁宜拼装成整体后吊装就位，并应调整横梁中心线与立柱中心线重合。横梁与立柱应连接紧密、牢固；横梁与其支承之间有空隙时，应采用适当厚度的钢板填塞密实并焊接牢固；
- c) 型钢梁采用焊接方式接长时，应符合现行国家标准 GB 50661 中三级焊缝的质量要求，焊接接头强度不得小于型钢自身强度；
- d) 贝雷梁、万能杆件等桁架梁应在平整、坚实的场地上拼装形成独立稳定单元，并采取临时稳定措施后再进行吊装；
- e) 桁架梁应拼装成一跨及以上长度的节段，根据吊装设备吊装能力采用单片或多片组合进行吊装；吊点位置应设置在距桁架梁两端约 0.2 倍拼装阶段长度的节点上。桁架梁就位后，应采取措施保证其横向稳定后方可松脱吊钩；
- f) 横梁和纵梁安装时应严格控制侧向弯曲，侧向弯曲矢高不应大于跨度  $l/1000$  且不得大于 20mm。

## 7.3 支架预压

7.3.1 支架应在检查验收合格后，在投入使用前进行预压试验。

- 7.3.2 地基条件、基础、构造形式相同和高度相近的支架，可选择代表性浇筑段进行预压，首次浇筑段的支架必须进行预压。
- 7.3.3 支架预压完成后，应对预压结果进行检查验收，对预压发现的问题进行整改，并应根据预压结果调整支架的预拱度。
- 7.3.4 支架预压荷载应符合设计要求；当设计文件无要求时，不应小于支架所承受的混凝土梁体和模板自重(不含已安装的底模重量)之和的 1.1 倍。
- 7.3.5 支架的预压区域应根据混凝土梁体断面形状划分为若干预压单元，各预压单元内的荷载分布应与支架实际永久荷载的分布基本一致。每个预压单元内的预压荷载宜采用均布形式，实际荷载强度的最大值不应超过该预压单元内预压荷载强度平均值的 110%。
- 7.3.6 支架预压应选用重量稳定和易于计量、装卸的材料；当采用砂(土)作加载材料时，应采取防止雨水影响其重量的措施。
- 7.3.7 支架预压可按支架预压单元内预压荷载最大值的 60%、80%、100%分 3 级进行，加载重量偏差应控制在同级的 $\pm 5\%$ 以内。
- 7.3.8 加载过程中应进行预压监测，如发生异常情况时应立即停止加载，经查明原因并采取措施保证支架安全后方可继续加载。
- 7.3.9 支架预压加载和卸载应按照对称、分层、分级的原则进行，严禁集中加载和卸载。
- 7.3.10 支架预压时应进行竖向和水平位移监测，监测内容包括：
- 基础沉降变形；
  - 支架竖向位移；
  - 支架顶面水平位移；
  - 横梁和纵梁的挠度。
- 7.3.11 支架预压监测点布置应符合下列规定：
- 监测断面应设置在预压区域的立柱和纵梁跨中位置；
  - 立柱的基础、横梁顶面和纵梁跨中应对称梁体中心线各布置 5 个以上监测点。纵梁上设置有满堂式支架时，还应在满堂式支架顶面对应设置监测点。
- 7.3.12 支架预压监测频率应符合下列规定：
- 支架加载前，应监测记录各监测点位置的初始值；
  - 每级加载完成 1h 后进行支架的变形观测，以后间隔 6h 监测记录各监测点的位移量，当相邻两次监测位移平均值之差不大于 2mm 时，方可进行后续加载；
  - 全部预压荷载施加完成后，应间隔 6h 监测记录各监测点的位移量；当连接 12h 监测位移平均值之差不大于 2mm 时，方可卸除预压荷载；
  - 支架卸载 6h 后，应监测记录各监测点位移量。
- 7.3.13 支架沉降监测宜采用水准仪，测量精度应符合三等水准测量要求；支架平面位移宜采用全站仪进行观测。支架预压应进行监测数据记录。
- 7.3.14 支架预压完成后，应根据监测数据计算分析基础沉降量和支架弹性变形量、非弹性变形量及平面位移量，评价支架安全性并调整支架预拱度和立模标高，形成支架预压试验报告。

## 7.4 模板安装

- 7.4.1 梁体模板安装应按照底模→外侧模→内模→端模的顺序进行；梁体模板拆除应按照与安装相反的顺序进行。
- 7.4.2 梁体底模和外侧模应根据计算预拱度值并结合支架预压结果设置施工预拱度。
- 7.4.3 梁段模宜采用整体钢模，并按设计位置、尺寸和角度设置张拉槽口，将锚垫板固定在端模上。
- 7.4.4 梁体外侧模安装过程中及完成后，均应采用临时锚固或支持措施防止其失稳。

#### 7.4.5 梁体内模安装应符合下列规定：

- a) 内模安装应在梁体底板、腹板钢筋及腹板内预应力筋安装完成后进行；
- b) 内模拼装成节段后用吊装就位，应采取措施防止吊装变形；采用散拼内模时，内模框架与内模同时安装；
- c) 内模在箱梁底板顶面部分不封闭，梁体内箱下倒角宜设置适当宽度的压脚模板，变高度连续梁混凝土浇筑时，采取措施防止底板混凝土向低处自由流动；
- d) 内模的支架立杆采用架立钢筋支撑。

#### 7.4.6 梁体外模拆除宜在纵向预应力张拉完成后进行。

### 7.5 钢筋及预应力管道安装

7.5.1 钢筋及预应力管道应在梁体底模和外模安装完成后同步协调进行安装。安装顺序为：先安装底板、腹板钢筋及预应力管道（含竖向预应力筋），经检查合格后安装内模，最后安装顶板钢筋及预应力管道（含横向预应力筋）。

7.5.2 当梁体高度较大时，腹板钢筋安装前应在箱内搭设钢管脚手架作为支撑体系，以防止腹板钢筋在安装过程中失稳，并利于施工人员操作。

7.5.3 钢筋焊接时应对焊接影响部位的模板和预应力管道采取保护措施，并配备灭火器材，防止焊渣灼伤预应力管道或引燃非钢质模板。

#### 7.5.4 预应力管道施工尚应符合以下规定：

- a) 预应力管道类型、规格和质量应符合设计要求和相关技术标准规定。
- b) 波纹管接头位置宜避开孔道弯曲处。金属波纹管接长可采用大一号同型波纹管作为接头管，接头管长度不得小于 30cm，且接头管两端应采用密封胶带或塑料热缩管封装严密；塑料波纹管接长可采用专门焊接机焊接或采用本身具有密封性能的塑料连接器连接。
- c) 管道安装前，应按照设计规定的管道坐标进行放样，并应采用定位钢筋将管道固定在梁体钢筋骨架上。定位钢筋的结构形式、间距应符合设计要求；设计无要求时，定位钢筋间距不宜大于 0.5m，对于曲线管道应适当加密；
- d) 梁体混凝土浇筑前，应在纵向预应力管道中穿入内衬塑料管；在混凝土浇筑过程中应安排专人抽动内衬塑料管，防止预应力管道堵塞。

### 7.6 混凝土浇筑

7.6.1 浇筑混凝土前，充分清理模板内外部的杂物或污垢，并对混凝土的和易性以及坍落度进行详尽的检查。

7.6.2 混凝土原材料加热应优先采用加热水的方法，当加热水仍不能满足要求时，再对骨料进行加热。

7.6.3 骨料必须清洁，不得含有冰雪和冻块，以及易冻裂的物质。在掺有含钾、钠离子的外加剂时，不得使用活性骨料。水和骨料可根据工地具体情况选择加热方法，但骨料不得在钢板上灼炒。水泥应储存在暖棚内，不得直接加热。

7.6.4 混凝土出机温度不宜低于 10℃，混凝土灌注温度应大于 5℃，宜在中午进行浇筑工作。

7.6.5 混凝土搅拌时，应采用加热水的方法。不得使 80℃ 以上的热水与水泥直接接触。建议先与骨料拌合，再掺入水泥进行搅拌，以防止水泥假凝，并确保搅拌时间不少于 180 秒。

7.6.6 外加剂不得用蒸汽直接加热，外加剂加热应在稀释桶内进行，稀释外加剂的水使用热水，热水温度应以不丧失外加剂的作用为限。水泥不允许以任何方式加热。

7.6.7 为确保掺加防冻剂的混凝土拌合物达到理想的匀质性，寒区混凝土施工相比常温下的搅拌时间需额外延长 10 秒以上再出机。

7.6.8 浇筑混凝土需要分层进行，每一层的高度需小于等于 30cm。在分层浇筑时，为了避免空洞的出

现，需要采用振动器捣振。

7.6.9 混凝土浇筑完成后，应立即用塑料布覆盖以保持水分，并在其外侧覆盖保温被进行保温。保温被的覆盖要保证整齐严密。

7.6.10 经过相关施工工艺处理后的混凝土，应及时覆盖塑料薄膜并加盖草帘、棉毡等保温材料进行养护。覆盖方法根据施工工程部位及气温情况而定：气温在  $0^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$  时盖一层棉毡或草帘和一层塑料薄膜；气温在  $-5\sim 0^{\circ}\text{C}$  时盖两层棉毡或草帘和一层塑料薄膜；以此类推。当气温低于  $-15^{\circ}\text{C}$  时，则需采用加温和其他保温材料如岩棉、苯板等进行保温。

7.6.11 与支座不做刚性连接的连接梁，应在长度不超过 20m 的段落上同时加热。多跨刚架的连接横梁，如刚架支柱的高度与横梁截面高度之比小于 15 时，梁的混凝土浇筑与加热应分段进行，段之间的间隔长度不应小于  $1/8$  梁的跨度，也不得小于 0.7m。间断处应在已浇筑的混凝土冷却至  $15^{\circ}\text{C}$  以下时，才可用混凝土填实并加热养护。

7.6.12 在混凝土中应预埋导线，并由专人负责测温工作。需监测的大气温度、混凝土的出罐及入模温度以及内部温度。

7.6.13 分层浇筑厚大的整体式结构时，已浇筑层的混凝土温度，在未被上一层混凝土覆盖前，不应低于计算规定温度，也不得低于  $2^{\circ}\text{C}$ 。

7.6.14 在模板外部保温时，除基础可随浇筑随保温外，其他结构须在设置保温材料后方可浇筑混凝土。钢模表面可先挂草帘、麻袋等保温材料并扎牢后再进行浇筑。

7.6.15 混凝土终凝后，应立即进行覆盖保温养护，确保养护时间不少于 14d，以防止早期养护不足对 28d 强度造成严重影响。

7.6.16 在混凝土强度未达到 1.2MPa 之前，必须严格控制人员活动，不应上脚踩踏，同时也不得进行模板及支架的安装等作业。

7.6.17 拆模后的混凝土表面，同样需要及时覆盖保温材料，以防止混凝土因表面温度骤降而产生裂缝。

## 7.7 预应力施工

7.7.1 两端张拉的纵向预应力筋宜在混凝土浇筑后安装；如在混凝土浇筑前安装，则应采取可靠措施防止混凝土浇筑过程中管道堵塞。

7.7.2 预应力张拉前，施工单位应对预应力混凝土梁的锚具、喇叭口及管道摩阻等进行现场测试；设计单位根据实测数据调整预应力筋张拉控制有关参数。

7.7.3 预应力筋初始张拉应力应结合管道几何参数和实测摩阻系数确定，宜在终张拉控制应力的 10%~25% 取值。

7.7.4 为防止混凝土产生早期裂纹，支架法现浇的混凝土梁宜采取预张拉措施；预张拉前应拆除端模、松开内模。当设计无要求时，可在梁体顶板和底板（或腹板）各选取 2~3 束对称的预应力束作为预张拉束，在混凝土强度达到设计强度的 60% 时进行预张拉，预张拉应力宜为设计终张拉应力的 30%。

7.7.5 预应力筋终张拉时，混凝土强度、弹性模量及龄期应符合设计要求；张拉顺序及控制应力应符合设计规定。

7.7.6 预应力管道压浆应按照设计要求的方法进行。当设计无具体要求时，应采用真空辅助压浆工艺，并应符合以下规定：

- a) 管道压浆在预应力筋终张拉完成后 48h 内完成；
- b) 管道压浆按先纵向、再竖向、后横向的顺序进行。纵向预应力管道应自下而上进行压浆；竖向预应力管道从最低点向上压浆；同一管道应连续压浆，一次完成；
- c) 管道压浆过程中及压浆后 3d 内，梁体温度不低于  $5^{\circ}\text{C}$ ，否则采用养护措施使其满足规定温度。

## 7.8 支架拆除

- 7.8.1 支架的落架和拆除应根据设计文件要求编制专项施工技术方案，并对操作人员进行技术交底，明确支架落架、拆除顺序和安全措施。
- 7.8.2 钢筋混凝土梁的支架落架和拆除应在混凝土强度达到设计强度后方可进行；预应力混凝土梁的支架落架和拆除应在梁体预应力施工完成后方可进行。
- 7.8.3 支架落架应按设计要求的顺序进行；当设计无要求时，宜按照“从梁体跨中向梁端”的顺序和“纵桥向对称均衡、横桥向基本同步”的原则分阶段循环进行支架落架。
- 7.8.4 模板支架拆除遵从下列规定：
- 模板支架拆除前，由施工现场技术负责人检查验证，确认支架可拆除；
  - 拆除时确保未拆除部分处于稳定牢固状态，必要时对未拆除部分采取临时加固支撑措施，确保安全后方可拆除；
  - 预应力混凝土梁支架和模板拆除时，侧模板应在预应力张拉前松开，保留翼缘板处竖向支撑立杆，以确保荷载的竖向传递，防止立杆拆除后翼缘板部位的荷载传递到底腹板位置，造成支架下沉，引起梁体开裂；
  - 拆除时按照批复的施工方案进行，不应违反作业程序或使用机械拖拽的方法拆除。
- 7.8.5 支架卸落应分级（每次卸落量控制在 10mm~20mm）、循环进行，单跨现浇梁应从跨中向两端循环卸落；悬臂端应先落悬臂部分梁体支架（从悬臂端向桥墩循环卸落），然后再按先跨中后两边顺序进行循环卸落。
- 7.8.6 多跨连续梁整联浇筑时，支架卸落脱模宜各跨同时均匀分次卸落；如逐跨卸落时，宜由两边向中跨对称卸落。
- 7.8.7 支架卸落过程中，应观察梁端支架变形情况，发现集中荷载节点出现异常情况时应立即停止卸落，及时采取加固措施，确保梁体安全。
- 7.8.8 柱梁式模板支架拆除应根据实际情况选用横移法或整孔卸落法。
- 7.8.9 当墩身高度较低、且场地允许吊机作业时可采用横移法拆除支架。采用横移法拆除支架时，应将整孔贝雷梁按照吊机的起吊能力分解成若干块，以钢管立柱顶的横梁为锚固点，利用导链葫芦或电动卷扬机将分解后的贝雷梁拖拉至吊机可起吊的位置，再用吊机吊至地面散拆。
- 7.8.10 当支架高度较高时，可采用整孔卸落法拆除支架。采用整孔卸落法拆除支架前，应在箱梁上预留孔道，在桥面上设置竖向顶升千斤顶和精轧螺纹钢吊挂扁担梁，精轧螺纹钢穿过箱梁预留孔，其下端设置扁担梁，托住纵梁主梁，利用千斤顶的行程反复顶升，接长精轧螺纹钢，逐步将纵向主梁下放至地面。
- 7.8.11 柱梁式模板支架基础应与支架一同拆除，并恢复场地原貌。

## 8 检查与验收

### 8.1 一般规定

- 8.1.1 梁柱式模板支撑架应按施工进度在下列阶段进行检查与验收：
- 施工准备阶段，构配件进场时；
  - 在地基与基础施工完后，架体搭设前；
  - 架体搭设过程中；
  - 架体搭设完成后；
  - 安全防护及附属设施安装完成后。
- 8.1.2 检查验收应具备下列资料：
- 安全专项施工方案、施工设计图纸及变更文件；

- b) 支撑架原材料及构配件的产品标识、产品质量合格证及材质、产品性能检验报告或进场复检报告；
- c) 构配件进场、基础施工、架体搭设、防护设施施工阶段的施工记录及质量检查记录；
- d) 安装过程中出现的重要问题及处理记录。

8.1.3 支撑架在基础、立柱、梁部、安全防护及附属设施体系各阶段施工完成后，应由施工单位项目负责人组织分阶段检查验收，验收内容和质量要求应符合本规范第 8.2~8.7 节的规定，形成阶段检查验收记录，验收分为以下两种形式，当前一阶段未检查验收合格时，不得进行后一阶段的施工。

- a) 当由施工单位直接施工时，验收组的人员应包括：施工单位项目技术负责人、安全、质量和施工人员、现场专业监理工程师。验收合格，经施工单位项目技术负责人及现场专业监理工程师签字后，方可进入后续工序的施工；
- b) 当由专业分包单位施工时，验收组的人员包括：专业分包单位项目技术负责人、施工单位项目技术负责人、安全、质量和施工人员，现场专业监理工程师。验收合格，经专业分包单位项目技术负责人、施工单位项目技术负责人及现场专业监理工程师签字后，方可进入后续工序的施工。

8.1.4 架体搭设完成在投入使用前，应在阶段检查验收的基础上按照下列规定进行完工验收：

- a) 完工验收应由施工单位项目负责人组织；
- b) 完工验收组的人员应包括：施工单位项目技术负责人、安全、质量和施工人员、支撑架专业分包单位项目技术负责人、监理单位项目总监和专业监理工程师；
- c) 完工验收通过对支撑架工程实体和本规范第 8 章规定的资料两方面的内容进行检查评价，形成完工验收记录，形成完工验收记录；
- d) 支撑架验收合格，并经施工单位项目技术负责人、项目负责人及项目专业监理工程师、总监理工程师签字后方可投入使用。

## 8.2 地基及基础验收

8.2.1 扩展基础质量检查项目、质量要求、检验方法、检验数量应符合表 8 规定。

表8 扩展基础施工质量检查验收表

序号	检查项目	质量要求	检验方法	检验数量
1	地基承载力	符合方案设计要求	触探等	每个基础不少于3个点
2	基础平面位置	±50 mm	测量	全部
3	基础结构尺寸	不小于方案设计	尺量	全部
4	基础顶面高程	±10 mm	测量	每个基础不少于3个点
5	预埋件位置/数量	符合方案设计要求	测量、查看	全部
6	混凝土强度	符合方案设计要求	取样试验	每个基础3组试件
7	施工记录、试验资料	完整	查看资料	全部

8.2.2 钻(挖)孔桩基础质量检查项目、质量要求、检验方法、检验数量应符合表 9 的规定。

表9 钻(挖)孔桩基础施工质量检查验收表

序号	检查项目	质量要求	检验方法	检验数量
1	孔的中心位置	±50 mm	测量	全部
2	孔径、孔深	不小于方案设计值	检孔、测量	全部
3	垂直度	钻孔: <1% 挖孔: <0.5%	测量	全部
4	沉渣厚度	摩擦桩: ≤200 mm 端承桩: ≤50 mm	测量	全部
5	钢筋笼	钢筋间距: ±20 mm 结构尺寸: ±20 mm 顶面标高: ±20 mm	尺量	每个
6	混凝土强度	符合方案设计要求	取样试验	每根桩2组试件
7	桩顶高程和桩头处理	符合方案设计要求	测量、查看	全部
8	施工记录、试验资料	完整	查看资料	全部

### 8.3 材料特性及构配件验收

8.3.1 支撑架原材料及构配件进场后应检查验收其材质、规格尺寸、焊缝质量、外观质量等。

8.3.2 进入现场的新购支撑架原材料及构配件应具备下列证明资料:

- a) 产品标识及产品质量合格证;
- b) 供应商配套提供的型材、铸件、冲压件、常备式定型钢构件等材料的材质、产品性能检验报告。

8.3.3 重复使用的支撑架材料及构配件, 应经检查合格后方可使用, 必要时应通过荷载试验确定其实际承载能力。

8.3.4 柱梁式模板支架的构配件基本尺寸、质量和性能符合下列规定:

- a) 柱梁式模板支架搭设前, 对支架与配件的基本尺寸、质量和性能进行检查合格后方可使用;
- b) 钢管与配件表面平直光滑, 焊缝饱满, 无裂缝、开焊、焊缝错边、硬弯、凹痕、毛刺、锁柱弯曲等缺陷;
- c) 钢管与配件表面涂刷防锈漆或镀锌;
- d) 周转使用的钢管与配件, 在每次周转时检查其完好性和质量状况, 复核后方可周转使用;
- e) 在施工现场每使用一个安装拆除周期, 对钢管、配件采用目测、尺量的方法检查一次。

### 8.4 支架搭检查验收

8.4.1 搭设前, 对支架的地基与基础应进行检查, 经验收合格后方可搭设。

8.4.2 碗扣式支架搭设质量在下列情况下应进行检验:

- a) 首段以高度达到 6m 时;
- b) 达到设计高度后;
- c) 遇六级以上大风、大雨、大雪后施工前的检查;
- d) 停工超过一个月恢复使用。

8.4.3 门式支架搭设完毕或每搭设 4 步高度, 应对搭设质量及安全进行一次检查, 经检验合格后方可交付使用或继续搭设。

8.4.4 满堂支架的验收, 除应检查验收文件外, 还应对搭设质量进行现场核验, 在对搭设质量进行全面检查的基础上, 对下列项目应进行重点检验:

- a) 基础符合设计要求，平整坚实，底座、支垫符合相关规定；
- b) 门架跨距、间距或立杆间距符合设计要求；
- c) 加固杆的设置应符合设计和本文件的要求；
- d) 门式支架的通道口、转角等部位搭设符合构造要求；
- e) 架体垂直度及水平度应合格；
- f) 安全网的张挂及防护栏杆的设置齐全、牢固。
- 8.4.5 钢管支架在使用过程中施工单位及现场监理应每天监测、检查，发现问题应及时处理并上报。检查时，下列项目应进行检查：
- a) 杆件的设置和连接，支撑、门洞桁架等的构造符合本文件和专项施工方案的要求；
- b) 地基应无积水，垫板及底座应无松动，门架立杆无悬空；
- c) 锁臂、挂扣件、扣件螺栓无松动；
- d) 安全防护设施符合本文件要求；
- e) 应无超载使用。
- 8.4.6 钢管支架在使用过程中遇有下列情况时，应进行检查，确认安全后方可继续使用：
- a) 遇有六级以上大风，大雨、大雪过后；
- b) 冻结的地基土解冻后；
- c) 停用超过一个月；
- d) 架体遭受外力撞击等作用；
- e) 架体部分拆除；
- f) 其它特殊情况。
- 8.4.7 支架在施加荷载或浇筑混凝土时，应设专人观测检查，发现异常情况应及时处理。
- 8.4.8 支架在拆除前，应检查架体构造、节点连接，当发现有剪刀撑等加固杆件缺少、架体倾斜失稳或门架立杆悬空情况时，对架体应先行加固后再拆除。
- 8.4.9 满堂支架在拆除前，应检查架体各部位的连接构造、加固件设置，应明确拆除顺序和拆除方法。
- 8.4.10 模板加工质量检查项目、质量要求、检验方法应符合表 10 规定。

表10 支架安装验收表

项目	允许偏差 (mm)	检验方法
模板的长度和宽度	±5	钢尺测量
相邻两版表面高低差	1	钢尺测量
模板表面最大的局部不平	3	尺量/平板仪测量
轴线位置	±10	全站仪测量
表面平整度	5	2m靠尺和塞尺测量
模板高程	10	水准仪测量
相邻两版表面高差	2	钢板尺和塞尺测量
模板尺寸	+5, 0	钢尺测量
预留孔洞中心线位置	10	全站仪测量
预留空洞截面内部尺寸	+10, 0	钢尺测量
预埋件中心线位置	3	全站仪测量

## 8.5 钢筋验收

钢筋安装加工质量检查项目、质量要求、检验方法应符合表 11 规定。

表11 钢筋安装加工验收表

项目		规定值/允许值 (mm)	检验方法
受力钢筋间距	两排以上排距	±5	尺量：每片梁检查10个断面
	同排	±10	
箍筋、构造钢筋、螺旋筋间距		±10	尺量：每片梁检查5~10个间距
钢筋骨架尺寸	长	±10	尺量：按骨架尺寸总数50%抽检
	宽、高	±5	
弯起钢筋位置		±20	尺量：每骨架抽查30%
保护层厚度	梁	±5	尺量：每片梁沿模板周边检查8处
	板	±3	

## 8.6 混凝土验收

混凝土浇筑质量检查项目、质量要求、检验方法应符合表 12 规定。

表12 混凝土浇筑验收表

项目		规定值/允许值	检验方法
混凝土强度 (MPa)		在合格标准内	按规范和要求检查
梁轴线偏移 (mm)		10	全站仪或经纬仪：测3处
梁(板)顶面高程 (mm)		±10	水准仪：检查3~5处
断面尺寸 (mm)	高度	±5, ±10	尺量：每跨检查1~3个断面
	顶宽	±30	
	箱梁底宽	±20	
	顶、底、腹板或肋板厚	±10, 0	
长度 (mm)		±5, -10	尺量：每梁(板)
坡度 (%)		±0.5	水准仪：检查1~3处
平整度 (mm)		8	2m直尺：每侧面每10m梁长测1处

## 8.7 预应力张拉验收

预应力张拉验收项目、质量要求、检验方法应符合表 13 要求。

表13 预应力张拉验收表

项目		规定值/允许值 (mm)	检验方法
管道坐标	梁长方向	±30	尺量：抽查30%，每根查10个点
	梁高方向	±10	
管道间距	同排	10	尺量：抽查30%，每根查5个点
	上下层	10	
张拉应力		符合设计要求	查油压表读数：全部
张拉伸长		合设计规定，设计未规定时±6%	尺量：全部
断丝滑移		每束 1 根，且每断面不超过钢丝总数	目测：每根(束)

## 9 安全环保措施

### 9.1 安全措施

- 9.1.1 冬季施工应为作业人员配备防寒服、防滑靴、保暖手套等劳保用品，严禁冻雨及大雪等极端天气外出作业。
- 9.1.2 支架作业平台宽度大于等于 1.2m，临边设置双道防护栏杆（高度 1.2m+0.6m），底部设 18cm 高挡脚板。
- 9.1.3 高空作业人员必须佩戴五点式安全带，锚固点独立设置且承载力应大于等于 15kN。
- 9.1.4 起重设备、焊接机等应更换低温润滑油，液压系统加装电加热装置。
- 9.1.5 配电箱、电缆线需采用耐低温材料，接头处进行防水密封。
- 9.1.6 每日施工结束后断开电源，防止冻融导致短路。
- 9.1.7 塔吊、架桥机等设备基础应避开冻胀土区域，并每月进行地脚螺栓紧固力检测。
- 9.1.8 支架顶部风荷载按（GB 50009）基本风压乘以 1.2 倍系数取值；
- 9.1.9 积雪厚度大于等于 30cm 时，需核算支架附加雪荷载（大于 0.8kN/m<sup>2</sup>）。
- 9.1.10 跨路施工时设置防撞墩、限高架及 LED 警示灯，夜间照明照度大于等于 50lx；
- 9.1.11 冰雪路面施工区域撒布环保型融雪剂（氯离子含量小于 0.1%），每 2h 巡查 1 次。
- 9.1.12 配备应急物资：防冻伤药品、除冰铲、便携式取暖器等。每季度开展低温高空坠落、支架坍塌专项演练。

### 9.2 维护管理

- 9.2.1 在越冬期间，应设置温度监测系统，特别是在夜间温度变化剧烈的地区，监测支架的钢材、混凝土及地基的温度变化。
- 9.2.2 大雪、暴雪或冰冻天气过后，应对支架结构进行全面检查，确认没有由于气候变化导致的结构受损，如支架倾斜、支撑位移等情况。
- 9.2.3 在停工或冬季不施工期间，支架应进行必要的加固，避免因长时间不使用导致结构失稳或材料疲劳。
- 9.2.4 在停工或冬季不施工期间，需建立定期巡查制度，每隔一周对支架的稳定性、节点连接情况、地基沉降状况等进行检查和记录。
- 9.2.5 检查地基是否有冻胀、沉降等现象，如发现问题应及时采取处理措施。对于地基冻胀，可采用解冻措施，如采用热水浇灌、蒸汽加热等方式，使地基解冻。对于地基沉降，可采用振动压路机或注浆加固等措施。
- 9.2.6 应根据降雪量制定定期积雪清理计划，确保积雪不会在支架上堆积。对于积雪较多的施工现场，建议采用机械辅助清理方式，减少人工清理带来的风险。在手动清理过程中，清理人员应穿戴防滑鞋，并配备安全绳索。
- 9.2.7 对于易积雪的结构部位，如平台、节点等，应提前铺设防滑垫或电加热防冰膜，防止形成冰层。

### 9.3 环保措施

#### 9.3.1 施工噪声控制

- 9.3.1.1 宜选用低噪音设备，距居民区 200m 范围内，夜间（22:00-6:00）不应进行支架搭拆、混凝土浇筑等高噪声作业。
- 9.3.1.2 施工现场的强噪声机械（如振动棒、电锯、电刨、砂轮机、切割机等）设置封闭的机械棚，封闭要求有良好的隔音效果。

9.3.1.3 灵活采用隔音布，凡需临时隔音的地方用隔音布进行封闭，如在砼泵送时，对强噪音的拖泵采用隔音封布闭，外加沿工作面设一道隔音布，随工作面一同上升。

9.3.1.4 在工作间歇时段关闭所有机器及装置，或调至最低运行速度。

9.3.1.5 结构施工阶段，6: 00~22: 00 现场噪音不宜高于 75dB，22: 00~6: 00 现场噪音不宜高于 55dB，夜间施工必须取得各方许可方能进行。

9.3.1.6 牵涉到产生较大噪声的成品、半成品加工、制作作业，应尽量放在工厂、车间完成，在运到现场使用、安装。

### 9.3.2 施工扬尘控制

9.3.2.1 运输沙、石、水泥、土方、垃圾等易产生扬尘污染的车辆，应保证封闭且不撒漏。除对车辆冲洗外，对场地应进行洒水降尘等措施。

9.3.2.2 砂石料仓全封闭，出入口设洗轮机，堆场周边安装喷雾降尘装置（冬季切换为干雾系统防冻结）。

9.3.2.3 冻土区开挖前喷洒环保型抑尘剂，裸露土方覆盖双层防尘网。

9.3.2.4 施工运输车辆、挖掘土方设备驶出工地前应在出入口做除泥除尘处理，地盘内车速限制在 10 公里每小时。

9.3.2.5 建筑及拆卸废料、轮胎、电缆或其他固体废物不得在施工现场露天焚烧。

9.3.2.6 喷射压缩机可用于清洁板模或混凝土施工的表面，不得用于清洗或清除汽车、仪器、其他物料及人体上的尘埃。

### 9.3.3 施工废弃物处理

9.3.3.1 混凝土废渣破碎后可用于临时道路垫层，粒径应不大于 50mm。

9.3.3.2 场区积雪应每日清理，清除的积雪运输至指定消纳场，不应掺杂融雪剂直接排入河道。

9.3.3.3 结冰的废弃混凝土块可采用低温破碎机（-20℃工况）处理。

9.3.3.4 含融雪剂的积雪应单独堆放，融化后经 pH 值检测（6.5~8.5）达标后方可排放。

9.3.3.5 建筑设备及人员活动应控制在指定施工区域，减少对周边水域的干扰。

## 9.4 寒区生态保护

9.4.1 支架基础施工应避免多年冻土活跃层，采用热棒技术控制地基温度波动不大于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$

9.4.2 临时便道宜铺设木屑或橡胶垫，减少对冻土植被的碾压破坏。

9.4.3 林区施工宜设置红外感应警示器，避免惊扰迁徙动物。

9.4.4 夜间宜采用琥珀色照明灯具（波长大于 590nm），降低对夜行生物影响。

9.4.5 限制工程区域内的破坏，可通过调整地盘设计、施工方法等，保留原有植物及树木。

9.4.6 施工过程中发现稀有或受保护的动植物应暂停施工，隔离该动植物或相关地带，项目经理通知相关主管部门并确保已采取适当保护措施后开始工程。



表A.2 完工验收记录

项目名称		支撑架结构形式			
实施单位		高度		跨度	
专项方案编、 审、论证程序 符合性		安全技术交底情况			
验收意见及结论					
序号	项 目	验收意见			
1	支撑架原材料及构配件				
2	地基处理基础施工				
3	立柱				
4	梁部				
5	安全防护及附属设施				
6	其他				
参加验收人员签字					
序号	验收单位	职称或职务	验收人签字		
施工单位 检查结论	结论： 检查日期： 检查人员： 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： 专业监理工程师： 总监理工程师：				