[拱桥缆索吊装施工](#_Toc526693746)作业技术规程

（征求意见稿）

**目录**

[目  次](#_Toc4250)

[前  言](#_Toc12816)

[1 范围](#_Toc8336)

[2 规范性引用文件](#_Toc31063)

[3 术语和定义](#_Toc27481)

[4 一般规定](#_Toc9410)

[5 施工准备](#_Toc31983)

5.1临建设施建设

[5.2 施工便道](#_Toc3867)

[5.3 施工临时用电](#_Toc20652)

[5.4 生产生活用水](#_Toc2863)

[5.5 施工机械设备](#_Toc26545)

[6 施工作业](#_Toc20727)

[6.1 测量作业](#_Toc28659)

[6.2 基础施工](#_Toc15626)

[6.3 锚碇系统](#_Toc26703)

[6.4 扣塔、缆塔](#_Toc15568)

[6.5 绳索系统](#_Toc21133)

[6.6 缆索起重机](#_Toc21765)

**0 前言**

本标准按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准主要起草单位：××××、××××、××××、××××

本标准主要起草人：×××、×××、×××、×××

**1 范围**

本标准规定了拱桥缆索吊装从施工准备到施工作业，完成施工全过程中的施工作业操作技术要求。拱桥缆索吊装施工作业全过程包括塔架基础、锚碇系统、扣塔与缆塔拼装、导索转移与跨越、后风缆与通风缆挂设、风缆初张拉、结构体系转换、主索安装与索力调整、起重索上塔、牵引索收紧、天车安装、支索器安设、缆吊调试与试吊等工序。

拱桥缆索吊装施工作业应遵守国家安全生产的有关法律法规，建立健全安全生产管理体系，明确安全生产责任，严格执行安全操作技术规程，保障施工人员的职业健康，保证施工安全。

本标准适用于桥梁工程缆索吊装施工作业。

**2 规范性引用文件**

下列文件对本文件的应用是必不可少的。凡是注明日期的引用文件，仅所标注日期的版本适用于本文件。凡是未标注日期的引用文件，其最新版本适用于本文件。

JTG F90-2015 公路工程施工安全技术规范。

GB 50702 建设工程施工现场消防安全技术规范。

JTJ 46 施工现场临时用电安全技术规范。

国务院第393号令 建设工程安全生产管理条例

JTJ 211 海港总平面设计规划。

JTJ 212 河港工程总体设计规范。

GB 5749 生活饮用水卫生标准。

JTG/T F50 公路桥涵施工技术规范。

JTG C10 公路勘测规范。

GB 50017 钢结构设计规范。

GB/T 700 碳素结构钢。

JTJ 166 建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范。

JGJ 130 建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范。

GB 15831 钢管脚手架扣件。

GB/T 3609.1 职业眼面部防护 焊接防护 第1部分：焊接防护具。

GB 15701 焊接防护服。

JGJ 276 建筑施工起重吊装工程安全技术规范。

GB 6067.1起重机械安全规程 第一部分：总则。

GB 5144 塔式起重机安全规程。

JGJ 80 建筑施工高处作业安全技术规范。

GB 3608 高处作业分级。

GB 5725 安全网。

GB 6095 安全带。

**3 术语和定义**

T/HBTS XXX-201X（C）界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了T/HBTS XXX-201X（C）中的某些术语和定义。

3.1缆索吊机 Cable crane

缆索吊机也称为缆索起重机,，是由绳索系统、塔架系统、锚固系统、缆风系统、机械和电气系统、视频监控系统等组成的可起吊运输重物跨越山谷、河流等障碍物机械系统。

3.2锚碇系统 Anchorage system

锚碇系统是指将缆索中的拉力通过锚碇传入基础的锚固构造。在缆索吊机中的锚碇系统主要采用锚索锚碇、风缆锚碇及主索锚碇。根据锚碇的基础结构可以分为地锚、桩锚和岩锚三大锚碇系统。

3.3扣缆塔 Crank Tower

扣缆塔是扣塔和缆塔合一的一种塔架结构，缆塔位于扣塔上方，通过铰座连接。扣塔由基础、扣塔塔架等部分组成，缆塔由下铰座分配梁、铰座、缆塔塔架及塔顶横梁（含滑道）等部分组成。

3.4主索 Principal

主索是缆索吊机的主要承重索，主索通过两岸缆塔顶部的主索鞍，锚固于两岸缆塔锚碇。

3.5起重索 Heavy cable

起重索是指承担提升、拖运工作的绳索。

3.6天车 overhead travelling crane

天车是用于起吊、放下和搬运重物、并使重物在一定距离内水平移动的起重、搬运的设备，缆塔吊机的天车由走行轮、索引轮以及上、下挂架（滑车组）等部分组成。

3.7风缆系统 Wind cable system

为保证永久结构或临时结构在施工过程中的稳定而进行专门设计的包括风缆及其附属设施的临时装置。缆索吊机的风缆系统由缆塔风缆和扣塔后风缆组成。缆塔风缆的作用是保证塔架稳定并将塔顶位移控制在容许范围以内。扣塔后风缆的作用是平衡扣塔底部弯矩，使之在容许范围以内。

3.8索鞍 Saddle

供悬索或拉索通过塔顶的支撑结构。索鞍由分配梁、垫梁、鞍座及主索导向结构组成。索鞍的上座由肋形的铸钢块件组成，上设有弧形索槽，安放悬索或拉索。

3.9地质灾害 Geological hazards

地质灾害是指在自然或者人为因素的作用下形成的，对缆索吊机工程施工造成生命财产损失和环境造成破坏的地质作用(现象)。如崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、水土流失以及地震等。

3.10坍塌 collapse

坍塌是指山体、建筑物或堆积物体等在外力或重力作用下，超过自身的强度极限或因结构稳定性破坏而造成伤害、伤亡的事故，如扣缆塔垮塌、脚手架坍塌、施工平台倒塌等。

3.11机械伤害 Mechanical damage

机械伤害主要指桥梁工程施工所采用的机械设备运动(静止)部件、工具、加工件直接与人体接触引起的夹击、碰撞、剪切、卷入、绞、碾、割、刺等形式的伤害。也包含与工程部件接触所造成的坍塌、垮塌，以及车船的碰撞事故等。

3.12火灾 fire accident

火灾是指在时间或空间上失去控制的燃烧所造成的灾害。在土木工程建设中火灾也是最经常、最普遍地威胁公众安全和工程安全的主要灾害之一。

3.13风灾 wind disaster

工程建设风灾包括风振是指当风速、风力和风致振动超过一定限度时，它也可以给工程和施工人员带来巨大[灾害](https://baike.so.com/doc/5688712-5901409.html)。

3.14淹弱 Drowning

淹溺是指工程建设的水上作业人员落水淹没于水中，由于液体充塞呼吸道及肺泡或反射性引起喉痊孪发生窒息和缺氧，并处于临床死亡状态，这种状态称为淹溺。

3.15特种设备 special equipment

涉及生命安全、危险性较大的锅炉、压力容器（含气瓶）、压力管道、电梯、起重机械和场（厂）内专用机动车辆等。

3.16特种作业人员 special operator

从事容易发生事故，对操作者本人、他人的安全健康及设备、设施的安全可能造成重大危害的作业从业人员。

3.17危险性较大工程 major hazard working procedure

在施工过程中存在的、可能导致作业人员群死群伤或造成重大财产损失、作业环境破坏或其他损失的工程。

4 一般规定

4.1拱桥缆索吊装施工程序

拱桥缆索拼装施工程序包括锚碇施工，拼装扣塔→导索过江→扣塔后风缆挂设→扣塔通风缆挂设→风缆初张拉→拼装缆塔→导索转移→缆塔后风缆挂设→缆塔通风缆挂设→风缆初张拉→结构体系转换→主索安装→主索索力及精度调整→起重系统及其牵引系统安装→安装天车与支索器→缆吊调试与试吊。从施工准备、施工作业到吊机试机与荷载试验的施工全过程，其施工程序复杂、工艺繁多、高空作业、水上作业、带电作业、吊装特种作业等高危高风险作业，因此，有必要制定缆索吊装施工作业技术规程，以明确缆索起重机拼装施工和拱桥吊装施工全过程的施工生产和作业操作中的技术规程和要求。

拱桥缆索吊装施工作业除应符合本规程规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定，必须遵守国家有关法律法规，符合施工安全生产条件，建立施工安全生产责任制，健全施工安全生产管理制度，设立项目经理为第一责任人的安全生产管理机构。

4.2拱桥缆索吊装施工作业的基本原则

4.2.1拱桥缆索吊装施工生产应贯彻“安全第一、政府监督、行业监管、施工监控、全程监理、预防为主、全面防护”的方针。

4.2.2拱桥缆索吊装工程，应根据拱桥设计配套缆索起重机设计，根据拱桥施工组织方案配套缆索起重机吊装专项施工方案；应进行现场调查，制定相应的施工作业技术方案和安全保障措施；依据质量第一、安全环保、便利施工、加快进度、节约造价的工程总原则进行施工总体布置；临时用电方案安全可靠，满足生产生活需要；生活与生产设施隔离，并满足消防要求；设置专用便道与临时码头，场内与场外道路相连，交通与疏散道路畅通；所有施工技术方案都应进行安全验算，并经监理工程师审核，重大方案组织专家论证、审查；分析与辨识施工作业安全危险源，进行施工安全风险评价。

4.3拱桥缆索吊装施工作业安全管理体系

4.3.1拱桥缆索吊装施工除应符合本规程规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定；必须遵守国家有关法律法规，符合施工安全生产条件，建立施工安全生产责任制，健全施工安全生产管理制度。

4.3.2拱桥缆索吊装施工设立项目经理为第一责任人的安全生产管理机构，必须配备配备1名以上具备相应资质的安全生产管理技术员，并在每一工班班组应设立1名兼职安全员。

4.3.3拱桥缆索起重机的安装与拆除工作属于高空作业，施工前，应对高空作业人员进行身体检查，严禁不适合高空作业的各类人员上岗作业。高空作业各工种人员都必须登记备案，持证上岗，以策安全。

4.4拱桥缆索吊装施工作业安全经费预算与使用

拱桥缆索吊装施工应按施工图预算提取2.0%安全生产费用，专款专用。安全生产费用主要用于安全生产管理、安全教育培训、施工人员劳保防护、安全生产设施、设备和安全施工生产措施、消防器材等。具体规定如下：

4.4.1拱桥缆索吊装施工应为从业人员配备合格的安全防护用品和用具，并定期更换。

4.4.2施工现场应按规定配备满足要求且有效的消防设施和器材。

4.4.3拱桥缆索吊装施工作业所必备的安全防护设施、水上救生设施设备等，施工作业人员应按规定穿着安全带、救生衣，符合高处作业、临边作业、临水作业条件的。

4.4.4配备应急救援物资等。

4.5拱桥缆索吊装施工作业专项方案与风险评估

4.5.1拱桥缆索吊装专项施工方案的编制

a）工程概况：工程基本情况、施工平面布置、施工要求和技术保证条件。

b）编制依据：相关法律、法规、规范性文件、标准、规范、图纸、施工组织设计。

c）施工作业计划：施工进度计划、材料计划、设备计划、劳动力计划（包括专职安全生产管理技术员和工班兼职安全生产员、特种作业人员等）。

d）施工工艺技术：技术参数、工艺流程、施工方法、检查验收等。

e）施工保障措施：组织保障、技术措施、检测监控、应急预案和现场处置方案等。

f）相关图纸、计算书和复核计算结果。

4.5.2拱桥缆索吊装施工安全风险评估报告的编制

a）编制依据

1) 项目风险管理的方针及策略。

2) 相关的国家和行业标准、规范和规定。

3) 项目设计和施工方面的文件及审查意见。

4) 设计阶段风险评估成果。

b）工程概况

c）评估过程和评估方法。

d）专项风险评估，包括风险源普查、辨识、分析（包括风险致因）、预估预测（包括风险概率和风险损失）、风险评价。

e）对策措施、风险决策和建议。

f）结论：

1) 风险源风险等级汇总。

2) Ⅲ级和IV级风险存在的部位、方式等情况。

3) 分析评估结果的科学性、可行性、合理性及存在的问题。

4.6拱桥缆索吊装施工作业指导书的编制

4.6.1编制依据：施工图纸、专项施工方案、施工规范、相关安全技术规定等。

4.6.2编制内容：分项工程施工方案、工序工艺流程、施工注意事项、施工安全指南、操作作业要点、技术参数与质量标准、检查验收内容等。

4.6.3施工作业保障措施：施工方案交底、作业操作技术交底、施工设施设备检查、安全防护措施检查、应急预案和现场处置方案措施的检查与落实、安全管理与施工监理及监控的跟班。

4.6.4班前喊话; 个人安全防护措施的检查、施工注意事项和施工安全指南要点强调。

4.6.5班后施工作业的检查验收与交接，安全与遗留问题的交接。

4.7拱桥缆索吊装施工作业培训与技术交底

4.7.1拱桥缆索吊装施工作业培训制度

a）拱桥缆索吊装施工作业的电工、焊接与热切割作业人员、架子工、起重机信号司索工、司机安装拆卸工、以及国家有关部门认定的其他作业人员应按相关规定经过专门培训，取得国家有关部门相应资格证书，持证上岗。

b）开工前，业主应在质监部门和地方安全管理部门指导下，对从事桥梁施工作业的所有技术人员和施工工人，进行从业人员技术培训和岗前安全生产教育，并组织考试考核，未经培训考核，不得上岗。

c）业主和监理安全工程师应组织对从事桥梁施工和缆索吊装施工的技术人员和施工工人进行定期和不定期的施工作业技术考核，以及安全生产教育的学习考核。

d）施工单位项目部每个施工班组应坚持岗前10分钟当班施工作业要点和安全须知的集中告知喊话教育。

e）施工人员应熟悉施工作业设施设备和水上的救生设备,掌握救生知识,了解掌握高频对讲机的用途,遇有紧急情况,马上与有关部门联系。

4.7.2拱桥缆索吊装施工作业的技术交底

拱桥缆索吊装施工作业技术与安全交底，主要包括设计要求、施工专项方案要求、施工作业指导书要求、生产作业具体要求、作业操作要点和安全生产注意事项、质量标准与检查内容、以及施工作业的风险状况、应急预案与处置措施等内容。逐级施工作业技术与安全交底要求如下：

a）设计单位对监理单位和施工单位的设计方案交底，主要内容包括桥梁施工图设计方案和拱桥缆索吊机的设计方案，设计关键技术和安全技术，设计的安全风险分析等。

b）施工监控单位对监理单位和施工单位的监控方案交底，主要内容包括施工监控范围、内容、程序、方法，监控指令的下达与执行等。

c）监理单位对施工单位的监理工作大纲和实施细则交底，主要内容包括监理工作要点，施工检查验收内容、程序和方法等。

d）施工单位技术负责人对施工技术人员的施工方案交底，主要内容包括施工组织设计，专项施工方案，施工关键技术和安全技术，施工的检查验收内容、程序、方法，施工安全风险源与安全风险的分析评价，应急预案与安全事故的防止措施等。

e）施工技术人员对分项工程施工班组工人的施工作业指导书交底，主要内容包括分项工程和施工工序与工艺，工序生产作业的技术要求和安全要求，质量的检查验收标准，主要安全风险源，施工安全注意事项等。

f）施工班组兼职安全员对班组工人安全交底，主要内容包括针对施工作业的安全生产注意事项，正确安全防护用品和用具的正确使用，消防器材等的正确使用，安全事故应急、逃生和自救等。

4.8拱桥缆索吊装施工前的检查和验收

4.8.1施工作业人员岗前检查

a）凡进入施工现场人员，必须戴好安全帽，分工明确，挂牌上岗；高空作业人员必须系挂安全带，安全带应满足国标《安全带》（GB 6095）要求；上层作业人员严禁向下扔东西和掉物件，以免伤人。

b）工作前应先检查使用的工具是否牢固，板手等工具必须用绳链系挂在身上，钉子必须放在工具袋内，以免掉落伤人。

c）进入施工现场的高空和水上施工人员必须戴好安全帽，穿戴救生衣，并配备高频电话，保持昼夜畅通，并配备救生设备。

d）施工人员要有较好的身体条件,经医生检查认为不适宜高空作业和水上作业的人员，不得进行高空作业和水上作业。

4.8.2开工前的安全验收

a）施工条件和施工现场环境满足安全环保要求，施工作业场所应设置警戒区。

b）机具设备完好，满足使用性能要求。拱桥缆索吊机本身以及缆索吊机安装施工使用的起重设备等都属于特种设备，应按相关规定取得生产许可证，应经检验合格并取得使用登记证书。机械设备上的各种安全防护、保险限位装置及各种安全信息装置必须齐全有效。必须按照使用说明书规定的技术性能、承载能力和使用条件操作使用，严禁超载、超速作业或任意扩大使用范围。

c）拱桥缆索吊装施工作业的安全防护设施必须完好与齐全，并设置有安全防护和逃生设施。

d）用于施工作业的临时设施和受力构件必须满足设计和规范要求。

4.9一般安全条款

4.9.1在雨、霜、雾、雪等天气进行高处作业时，应采取防滑、防冻措施，并应及时清除作业面上的水、冰、雪、霜。

4.9.2特大风雨雪前后，应对高处作业安全设施逐一检查，发现异常立即采取加固措施。

4.9.3在高空作业面、交叉作业面和吊装区域,及电气机械设备附近,在检查别人的同时，要看清自己的位置，要加强自我保护的防范意识和技能。

4.9.4在缆索起重机安装和使用过程中，如需中途停歇，应将支撑、搭头、柱头板等钉牢。拆除间歇时，应将已活动的构件、牵杠、支撑等运走或妥善堆放，防止因踏空，扶空而坠落。

4.9.5装拆构件时，作业人员要站立在安全地点进行操作，防止上下在同一垂直面工作，操作人员要主动避让吊物，增强自我保护和相互保护的安全意识。

4.9.6拆构件必须一次性拆清，不得留下无撑构件。拆下的构件要及时清理，堆放整齐。

4.9.7二人抬运构件时要互相配合，协同工作。传递构件，工具应用运输工具或绳子系牢后升降，不得乱抛。组合钢构件装拆时，上下应有人接应。构件及配件应随装拆随运送，严禁从高处掷下，高空拆卸工作应有专人指挥。并在下面标出工作区，用绳子和红白旗加以围栏，设置警戒圈和警示标牌，暂停人员过往。

4.9.8不得在扣缆塔架上或支架上堆放大批构件等材料。

4.9.9高空作业要搭设脚手架或操作台，上、下要使用梯子，不许站立在无防护的临边上工作、行走。操作人员严禁穿硬底鞋及有跟鞋作业。

4.10严禁条款与应急预案

4.10.1应急预案和演练

拱桥缆索吊装施工应编制应急预案和现场应急处置方案，配备应急物资，并应定期组织相关人员进行应急培训和演练。

4.10.2警戒、安防与逃生

拱桥缆索吊装施工作业场所应设置警戒区，配置安全防护、逃生设施。

4.10.3严禁条款

a) 严禁有病人和不满16岁的童工参加施工作业，严禁穿拖鞋、高跟鞋、易滑的鞋及赤脚、赤膊、敞怀和酒后作业。

b) 拱桥缆索吊装施工在大雨、大雪、大雾和六级以上大风等恶劣天气下不得作业。

**5 施工准备**

5.1临建设施建设

缆索起重机拼装施工场地的布置包括锚碇防护区、钢结构加工场、钢筋加工场等。应结合拱桥施工组织设计统筹规划布置、整体设计。施工现场的生产区、生活区、办公区应分开设置。

钢筋加工场内应布置原材料存放区、加工区及成品存放区；钢结构加工场内应布置钢结构存放区、拼装区及吊装区；2个场内需根据钢筋加工成品和钢结构加工成品的最大吊装重量设置与之匹配的起重设备。

5.1.1加工场所等施工作业区宜设置围墙或围栏防护，实行封闭管理。防潮材料应搭建防雨防潮仓库；危化材料和气瓶库应分别搭建符合相关规定要求的仓库设施，并按要求配备防火防毒器材，应醒目悬挂警示标识，危化和气瓶仓库与其他建筑物防火间距应不小于15米，并应远离明火区、人员密集区建（构）筑物集中区；加工棚等宜采用轻钢结构，并应采取防风雨雪等措施。场内外应设置排水沟渠，并不得将污染水源直接排泄到河流。

5.1.2场内应明确标识各种材料堆放、存放和加工制作场所；原材料、成品、半成品应有序堆放存放，水泥、钢材等防潮材料应高出地面50厘米以上；场内应明确划定机械设备停放场所，整齐停放；拌和设备及起重设备应设置防倾覆和防雷设施；场内还应设置明显的安全警示标志；各相关工种的加工作业区还应设置明显的作业操作规程。

5.1.3临时建筑必须按《建设工程施工现场消防安全技术规范》（GB 50702）的相关要求，布设消防设施。

5.2 施工便道与交通

缆索起重机拼装施工便道应结合桥梁工程施工便道规划设计，应连接临时码头和施工栈桥，应根据运输荷载，使用功能，水文地质等环境条件进行设计，并应设置限宽、限速、限载等标志，便道建成后应组织验收，便道使用中，使用单位应承担养护责任和交通安全管理责任。不得对当地原有道路和水系产生干扰破坏，保障施工便道交通安全。

5.2.1缆索起重机拼装施工便道宜采用双车道施工便道，双车道施工便道宽度不宜小于6.5米。

5.2.2施工便道的纵坡和路拱应根据路面类型和现场自然条件确定，最大纵坡应小于9%，最小路拱应大于1.5%。

5.2.3施工便道应根据需要设置排水沟和管涵等排水设施。应设置危险路段路边防护设施和防碎落防滑坡设施。

5.2.4施工便道应全线硬化，设置警示标志和防护设施。

5.2.5施工便道与既有道路交叉处应设置道口警示标志，有限高限宽限重要求的应设置相应的警示标志。

5.3施工临时水电

5.3.1施工临时用电安全管理

缆索起重机拼装施工临时用电应纳入桥梁工程施工组织用电计划考虑。应符合《施工现场临时用电安全技术规范》（JTJ 46）的有关规定。还必须符合《公路工程施工安全技术规定》（JTG F90-2015）第4.4节有关规定。

5.3.2生产生活用水

施工现场搭设的水塔、水箱等储水设施应稳固、牢靠，并应采取防倾覆措施。

a）生活用水水质应符合现行《生活饮用水卫生标准》（GB 5749）的有关规定。

b）生产用水：混凝土用水pH值为5.0，钢筋混凝土结构混凝土用水氯离子含量不得超过500mg/L;硫酸盐含量不得超过2000mg/L。

5.4施工机械设备

缆索起重机设备进场前应检验机械设备证件、性能、状况；进场后，应向操作人员进行安全技术交底和培训。

5.4.1特种设备现场安装、拆除的施工队伍和施工人员必须具有相应作业资质。并应按相关安全技术规定施工作业。

a) 龙门吊等轨道行走类设备应设置夹轨器和轨道限位器。轨道的基础承载能力、宽度、平整度、坡度、轨距、曲线半径等应满足设计说明书和技术规范要求。

b) 施工现场专业机动车辆驾驶人员应按照相关规定经过专门培训，并应取得相应资格证书。

5.4.2施工现场机械设备应状态良好，行走设备应设置反光警示标识。

5.4.3机械设备集中停放的场所应设置消防通道，配备消防器材。

5.4.4缆索起重机及其他机械设备都应制定安全技术操作规程，建立设备安全技术档案。

**6 施工作业**

6.1测量作业

钢桁拱桥施工测量作业主要任务是在已有的桥梁GPS三角网或导线网基础上的施工放样。桥梁施工测量的GPS三角网或导线网和水准网必须每年在汛期前后进行复测。

缆索起重机拼装施工测量除应符合本规程的规定外，尚应符合现行行业标准《公路勘测规范》（JTG C10）的有关规定。

测量施工放样作业应满足以下规定：

6.1.1尽量将导线网点和水准点引至距离作业点最近的且通视条件良好洪水水位线之上的边坡稳定的河岸岸边，避开密林草丛、外电架空线路和交通道路。

6.1.2缆索起重机拼装施工放样测量导线网点和水准点应建立固定式的临时测量点，并设置保护桩。

6.1.3桥位处如遇陡坡或不良地质地段，测量人员应系安全带、穿防滑鞋等，并应加强监护。

6.1.4高处测量的测量人员应正确佩戴和使用个体防护用品。

6.1.5水上测量作业首先要建立稳固可靠的测量平台，测量船应悬挂号灯或号型，平台应设置防护围栏和警示标志，测量人员应穿救生衣，作业时应派交通船守护，并应设专人负责瞭望。

6.1.6夜间测量照明应满足作业要求，测量人员应穿反光标志服。

6.2缆索吊机的基础施工作业

缆索吊机的基础施工包括塔架基础和锚碇基础施工，其作业方式包括了扩大基础的基坑作业、深基础的钻孔（挖孔）作业，以及钢筋和混凝土工程作业等。

6.2.1基础施工作业的一般规定

缆索吊装系统的塔架基础和缆索的锚碇，是整个缆索吊装的基础工程，关系到整个缆索吊装系统的承载能力和安全稳定。因此，对于缆索吊装系统的塔架基础和缆索的锚碇基础必须按照设计施工图和施工技术规范要求，严格认真施工、监理和检查验收，并做好施工记录和检查验收签证。

a）缆索起重机组拼安装施工时，应加强施工监控工作，密切关注缆索起重机结构的整体稳定性，检测基础的沉降、结构的变位和变形，锚索和缆风索的受力情况等，确保施工安全。

b）缆索起重机使用时，应定期不定期经常对锚碇、塔底预埋件及连接件、缆索磨耗、塔架节点螺栓、索鞍、锚固点及卷扬机等重要处的关键部位进行检查，发现问题及时处置。

c）在拱肋吊装施工过程中，应监控扣锚索索力、锚固受力与变形，塔架变形、转角和位移，基础沉降变形与位移等，以指导拱桥的吊装施工，控制合龙误差。

6.2.2扩大基础安全施工作业

a）施工计划安排

挖基作业，应选择在干旱少雨季节，并应连续施工，有支护的基坑应采取防碰撞措施，基坑附近有管网或其他结构物时，应有可靠的防护措施，中等以上降雨期间基坑内不得施工。

b）施工准备工作

基坑开挖作业前，应全面检查并记录边坡滑塌、裂缝、变形以及基坑涌水、涌砂等情况。坑沿顶面出现裂缝、坑壁松塌或遇有涌水、涌砂影响基坑边坡稳定时，应立即加固防护，在确认安全后方可恢复施工。大型深基坑除应遵守边开挖、边支护的施工原则外，尚应建立边坡稳定信息化动态监控系统。

c）基坑的开挖、降水、支护施工作业应符合下列规定：

1) 开挖应视地质和水文情况、基坑深度按规定坡度分层进行，不得采用局部开挖深坑或从底层向四周掏土的方法施工。

2) 应根据水文、地质条件和开挖方式，以及施工环境条件等因素，确定坑壁的支护措施，并严格执行。结构的支护应通过设计计算确定，支护结构和支撑的强度、刚度及稳定性应满足基坑开挖施工的要求。

3) 开挖过程中应监测边坡的稳定性、支护结构的位移、沉降和应力等不良变形反应。加固坑壁应按照设计要求逐层开挖、逐层加固，坑壁或边坡上有明显出水点处应设置导管排水。

4) 基坑顶面应设置截水沟。排水作业不得影响基坑安全。

5) 直接喷射混凝土加固坑壁，喷射前应清除坑壁上的松软层及岩渣。锚杆、预应力锚索和土钉支护施工参数应通过抗拉拔力试验确定。

6) 弃渣不得阻塞河道、影响泄洪。

7) 深基坑四周距基坑边沿不小于1米处应设立钢管护栏、挂密目式安全网，靠近道路侧应设置安全警示标志和夜间警示灯带。

d）重力式锚碇基础施工作业要点

1) 重力式锚碇基坑作业除应符合以上条款有关规定外，尚应沿等高线自上而下分层进行开挖，及时支护坑壁，在坑外和坑底应分别设置截水沟和排水沟。夜间施工基坑周围应设置警示灯。

2) 重力式锚碇基础施工应符合《公路工程施工安全技术规范》（JTG F90-2015）第8.5节和第8.6节有关沉井和地下连续墙施工的有关规定。尚应在施工过程中加强观测，做好防渗和裂隙的压浆封闭等控制，确保施工稳定。

e）岩锚和隧道锚爆破施工作业要点

岩锚和隧道锚宜在开挖场所附近选取一处地质条件相似的地方进行爆破试验，对爆破施工方案的各种参数应进行试验和修正，并应据此确定岩锚和隧道锚的爆破方案。

6.2.3桩基础施工作业

a）桩基础施工准备阶段工作要点

1) 桩基施工作业应符合堤防、水利、防洪，以及航道等相关部门的有关规定。桩基础钻孔作业区域应设置警戒区。停钻时，钻头、钻杆应置于孔外安全位置。停止施工的钻孔桩孔口应加盖防护，四周应设置护栏及明显的警示标志，夜间应悬挂示警红灯。

2) 开钻前应绘制钻孔地质剖面图，制定详细可行的钻孔桩施工指导作业书，包括钻孔施工工艺、钻孔前的设备检修、人员培训与准备、泥浆循环系统的准备、材料的准备、事故预案、应急方案、质检方案等，并备有可靠的自发电系统和满足要求的混凝土供应系统。

3) 钻孔施工要准备好测量和试验检验仪器，钢筋笼吊具，混凝土灌注工具，与桩径相匹配的足够容量的储料斗和料斗、快速卡口导管、导管夹箍、隔水球阀、测绳及测铊校验仪器。准备好备用发电机组，应试运转状况良好，能在停电的情况下迅速投入使用。设备检修人员和配件应准备妥当。备用设备应保证原有设备在遇到意外事故后能继续生产，混凝土生产、运输、浇筑连续。完成混凝土原材料如水泥、砂、碎石、水、外加剂的进场检验工作，并报监理工程师签认；原材料备料数量应能满足连续生产的需要。

4) 钻孔桩机操作工、指挥、电工、焊工、机修工等配套齐全，持证上岗，进入现场必须遵守操作规程和安全生产纪律。

5) 钻孔应连续作业，建立交接班制，做好施工记录。

6) 山坡上钻（挖）孔灌注桩施工应清除坡面上的危石和浮土；存在裂缝的坡面或可能坍塌区域应采取防护措施。

b）塔架和锚碇基础工程钻孔施工作业应符合以下技术规定：

1) 塔架和锚碇基础钻孔施工作业应符合堤防、水利、防洪，以及航道等相关部门的有关规定。桥梁桩基础钻孔作业区域应设置警戒区。

2) 施工平台行走通道连接应牢靠稳定平坦，满足钻机正常工作和移动的要求。钻机安设应平稳、牢固。不得产生水平位移和沉降，并应经常检查、调平。

3) 钻孔正常钻进后，根据地层情况调整冲程与泥浆性能。钻至护筒底2～4m范围土层时，采用浓泥浆、小冲程、高频率冲砸，使孔壁坚实不坍不漏。

4) 钻孔应连续进行，中途不得随意停顿。停钻时，钻头应提出孔内。冲孔时要认真填写施工记录，过程中坚持钻碴取样并编号保存，判断地质类别，记入钻孔记录表内，并与设计所提供的地质图相对照。如遇和地勘资料出入较大的情况，应及时报告设计单位和监理单位，观察、分析和协商应变对策。

5) 采用配重减压钻进施工，重锤导向。在钻压小于钻具重量的80%（扣除水浮力），应以中低速钻进，并保证钻孔垂直度（钻孔的垂直度偏差控制在0.5%）。钻进过程根据不同的地层控制钻压和钻进速度，尤其在地质变化位置、护筒口位置更要采用低速钻进。严禁大钻进和高速钻进。

6) 塔架和锚碇基础工程相邻两孔不能同时进行钻孔作业，以免干扰，一孔灌注混凝土完成24小时后，其邻孔才能开始钻孔。

7) 发生卡钻时，不得强提，应查明原因并处理。宜采用冲、吸等方法，将钻头周围土层松动后提钻，并采取措施保持孔壁稳定。

8) 停钻时，钻头、钻杆应置于孔外安全位置。停止施工的钻孔桩孔口应加盖防护，四周应设置护栏及明显的警示标志，夜间应悬挂示警红灯。

9) 钻孔作业中发生坍孔和护筒周围冒浆等故障时，必须立即停钻；钻机有倒塌危险时，必须立即将人员和钻机撤至安全位置，经技术处理并确认安全后，方可继续作业。坍孔不严重时，采取改善泥浆性能、加高水头后进行钻孔；当护筒底口发生坍孔时应采取护筒跟进、或下放设置内护筒等办法进行施工；当坍孔严重时，应尽快回填，采用粘土并加入适量的碱和水泥，回填高度应高于坍孔处2～4m，待其固化后，提高泥浆比重快速穿过该地层。

10) 遇大雨、大雾和六级以上大风，应停止钻桩作业，当风力超过六级或台风警报时，应将机架放倒在地面上。暴风雨过后，必须进行一次全面检查，发现问题，及时处理。

c）特殊不良地质条件下（如岩溶、采空区等）的钻孔灌注桩施工作业应符合下列规定：

1) 施工前，应核对桩位处的地质资料；地质情况有疑问时，应补充完善地质资料。

2) 如发现水头下降和少量漏浆现象，应查明原因，采用高性能膨润土造浆补水。如发生大量漏浆及塌孔等现象，应立即停止作业，采取保证平台、钻机和作业人员安全的措施。

d）钻孔过程中，应经常检查钻渣并与地质剖面图核对，发现不符时应及时采取安全技术措施。

e）桩孔完成经验收合格后，应连续作业，尽快下放钢筋笼并灌注水下混凝土。

f）缆塔吊机、钻机等高耸设备应设置避雷装置。

6.2.4扣塔基础和锚碇基础的钢筋工程施工作业应符合以下规定：

a）钢筋下料采用切割机切断，钢筋端面须平整并与钢筋轴线垂直，不得有马蹄形或者扭曲，钢筋端部不得有弯曲，出现弯曲时应调直。丝头加工时使用水性润滑液，不得使用油性润滑液，丝头加工完毕经检验合格后，应立即带上丝头保护帽或拧上连接套筒，防止装卸钢筋时损坏丝头。

b）钢筋加工机械所有转动部件应有防护罩。钢筋对焊机应安装在室内或防雨棚内，并应设可靠的接地、接零装置。多台并列安装对焊机的间距不得小于3米。对焊作业闪光区四周应设置挡板。

c）钢筋冷拉作业区两端应装设防护挡板，冷拉钢筋卷扬机应置于视线良好位置，并应设置地锚。钢筋或牵引钢丝两侧3米内及冷拉线两端不得站人或通行。

d）作业高度超过2米的钢筋骨架应设置脚手架或作业平台，钢筋骨架应有足够的稳定性。

e）吊运预绑钢筋骨架或成捆钢筋应确定吊点数量、位置和捆绑的方法，不得单点起吊。

f）钢筋冷弯作业时，弯曲钢筋的作业半径内和机身不设固定销的一侧不得站人或通行。

g）钢筋笼下放应采用专用吊具。钢筋笼孔口连接时，孔内钢筋笼应固定牢靠。作业人员不得在钢筋笼内作业，安全带不得扣挂在钢筋笼上。

6.2.5扣塔基础和锚碇基础的混凝土工程施工作业应符合以下规定：

a）混凝土工程首先必须依据设计要求进行混凝土配合比试验，编制科学合理的混凝土拌合、运输、输送、振捣、养生方案。

b）泵送混凝土应符合下列规定：

1) 混凝土输送泵应安装稳固，管道布设应平顺，安装应固定牢靠，接头和卡箍应密封、紧固。

2) 泵送前应检查泵送和布料系统。首次泵送前应进行管道耐压试验。泵送混凝土时，操作人员应随时监视各种仪表和指示灯，发现异常应立即停机检查。

3) 泵送出料软管应设专人牵引、移动，布料臂下不得站人。

4) 混凝土输送管道接头拆卸前，应释放输送管内剩余压力。

5) 清理管道时，应设警戒区，管道出口端前方10米不得站人。

c）大体积混凝土应符合以下规定：

1) 浇筑过程中应检查模板、支架、钢筋骨架的稳定、变形情况，发现异常，应立即停止作业，并应整修加固。

2) 大体积混凝土浇筑应采取冷却措施，加强混凝土施工温度观测，严格控制水化热。

3) 不得用电缆线、软管拖拉或吊挂振捣器。混凝土振捣检修或作业停止，应切断电源。

d）混凝土养护安全技术符合以下要求：

1) 覆盖养护时，预留孔洞周围应设置安全护栏或盖板，并应设置安全警示标志，不得随意挪动。

2) 晒水养护时，应避开配电箱和周围电气设备。

e）浇筑桩基混凝土时，孔口应设防坠落设施。

6.3锚碇系统施工作业

6.3.1锚碇系统受力要求

a）所采用的金属材料的力学性能及化学成分必须满足设计要求。

b）锚碇系统的强度、刚度和稳定性应满足最不利工况要求。锚索必须具有足够的抗拔力，锚索的钢丝绳和卡具的安全系数应大于2.0。

c）桩基重力式锚碇根据受力大小由设计群桩或嵌岩桩锚固，锚碇面向缆塔方向浇注成斜表面，通过预埋在锚碇承台内的精轧螺纹钢筋将锚固梁锚固在斜表面上。

d）预应力岩锚利用多束预应力筋或钢绞线斜向预应力锚索锚固于山体岩层。预应力锚索钢绞线在自由段采用套管包裹，钢绞线在锚固段的长度应不小于设计受力要求，且大于30cm以上；须将胶皮或套管剥除，使锚固段在水泥浆与山体中可靠锚固。预应力锚索上端在锚碇表面张拉锚固。锚碇应采用高标号混凝土，强度等级应满足设计要求，且大于C40。

6.3.2锚碇锚固系统制作与安装作业

a）组成刚架杆件和锚杆、锚梁的原件加工尺寸和刚架的预拼安装质量应符合设计和有关技术规范要求，并经监理工程师检查验收签字认可后，方可进入下一道工序施工。

b）在批量生产前，须按设计要求的抽样方式和频率，对拉杆、连接器进行破坏拉力试验，试验结果应满足设计要求

c) 锚固系统必须安装牢固，在浇筑混凝土时不许扰动，不变位。混凝土达到设计规定的强度后，方可按规定程序进行张拉。

6.3.3锚碇混凝土施工作业

a）所用的水泥、砂、石、水、外掺剂及混合材料的质量和规格必须符合有关规范的要求，按规定的配合比施工。

b）地基承载力必须满足设计要求。

c）锚体上下层不得有错台。先后浇筑的混凝土层间预埋钢筋的规格、长度、数量、间距必须满足设计和施工技术规范要求。

d）水化热产生的混凝土内最高温度及内外温差，必须控制在允许范围内。

e）不得出现空洞和露筋现象。

f）锚石不得积水、渗水。

6.3.4钢筋混凝土桩锚体的施工作业

a）钢筋、机械连接器、焊条等的品种、规格和技术性能应符合国家现行标准规定和设计要求。

b）受力钢筋同一截面的接头数量、搭接长度、焊接和机械接头质量应符合施工技术规范要求。

c）钢筋安装时，必须保证设计要求的钢筋根数。

d）受力钢筋应平直，表面不得有裂纹及其它损伤。

e）钢筋机械接头应符合以下要求：

1) 连接件的混凝土保护层厚度宜符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010中的规定，且不应小于0.75倍钢筋最小保护层厚度和15mm的较大值。必要时可对连接件采取防锈措施。

2) 结构构件中纵向受力钢筋的接头宜相互错开。钢筋机械连接的连接区段长度应按35d 计算，当直径不同的钢筋连接时，按直径较小的钢筋计算。

3) 位于同一连接区段内的钢筋机械连接接头的面积百分率要求为：Ⅲ级接头不超过25%，Ⅱ级接头不超过50%，Ⅰ级接头不受限制。机械连接接头的等级宜选用Ⅰ级。

4) 安装接头时可用管钳扳手拧紧，钢筋丝头应在套筒中央位置相互顶紧，标准型、正反丝型、异径型接头安装后的单侧外露螺纹不宜超过2P；对无法对顶的其他直螺纹接头，应附加锁紧螺母、预紧凸台等措施紧固。

5) 钢筋焊接接头宜采用双面焊缝。采用搭接电弧焊时，两钢筋搭接端部应预先折向一侧，两接合钢筋的轴线应保持一致；采用帮条电弧焊时，帮条应采用与主筋相同的钢筋，其总截面面积不应小于10d（d为钢筋直径）。电弧焊接与钢筋弯曲处的距离不应小于10d，且不宜位于构件的最大弯矩处。

e）岩锚工程施工作业

1) 预应力钢绞线原材料的性能和质量检查应符合现行国家标准的规定。

2) 预应力钢绞线进场时应分批验收，验收内容包括质量证明书、包装、标志和规格，并抽取样品进行表面质量、直径偏差和力学性能试验。

3) 水泥、压浆剂进场时应分批检查质量证明文件，并抽取样品进行检验。

4) 对压浆材料进行配合比试验，其强度须满足设计要求。

5) 按照《岩土锚杆（索）技术规程》要求对锚索进行试验。

6.4扣塔、缆塔施工作业

6.4.1扣缆塔安装前的检查工作

a）索塔（塔架）安装前，应先全面检查塔基工程：确保塔脚各类预埋件埋设可靠、位置准确；验收合格且书面确认后，方准转入索塔（塔架）拼装施工。塔脚位置安装误差应控制在如下范围内：

1) 同一塔脚上底面高差：<±1mm；同一塔架两塔脚底面高差：<±2mm。

2) 同一塔架两塔脚中线：垂直于桥轴线方向<±1mm；平行与桥轴线方向<±5mm。

b）设置在扣塔（墩）基础的塔（墩），应确保塔（墩）脚处位置准确及预埋件安装牢靠。

c）在扣塔（墩）基础施工的同时，应做好塔（墩）施工用临时设施设备（如大型吊装设备、高塔吊等）的提前布置和准备工作。

6.4.2扣缆塔施工作业

a）扣缆塔施工平台使用材料应采用专业化钢结构制造加工厂家生产的标准化成品材料。周转材料使用前应按照现行钢结构设计和施工相关规范要求检查，达不到设计与规范要求的不得使用。

b）钢管桩（柱）的吊装、存放和运输应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）的有关规定。

c）扣缆塔（墩）所有预埋件横向偏差不大于5mm，四角高差不大于2mm，预埋件必须确保焊缝质量，预埋件周围混凝土浇筑必须振捣密实。

d）扣缆塔安装节段，当扣塔每安装到一定高度，必须观测塔柱轴线垂直度，确保塔柱垂直度不小于施工图设计规定值。

e）扣缆塔施工完成后应检查验收。

6.5绳索系统施工作业

所选用的钢丝绳规格型号应当符合设计要求，并具有产品合格证书，穿绕正确；钢丝绳端固定应当牢固、可靠；压板固定时应当可靠；卷筒上的绳端固定装置应当有防松脱或自紧的性能；金属压制接头固定时，接头不应有裂纹；卸扣固定时，应当安装正确，卸扣数量应当满足国标《起重机械安全规程》（GB/6067）的要求。小车牵引绳上垂度必须可以调整。

各类绳索连接牢固可靠，使用的卸扣数量即松紧程度必须满足设计文件和施工规范的要求。

缆索起重机绳索穿挂时，缆索打梢、过缆，以及临时联结与锚固时，必须稳妥可靠，严防绳索脱落崩摔伤人。

6.5.1承重索（主索）施工作业

主索通过两岸缆塔顶部的主索鞍，锚固于两岸缆塔锚碇。主索可随主索鞍横桥向移动，移动范围应经偏载稳定计算严格限定，并能以覆盖横桥向所有吊装范围。主索施工作业应符合以下规定：

a）所选用的承载索规格型号应当符合设计要求，应具备有产品合格证书；

b）主索及其他钢丝绳投入使用前应严格验收，严禁使用断丝、变形、锈蚀等超出相应规范规定的钢丝绳，施工过程中应注意检查和防护。

c）承载索梁段以浇铸的方式固定于索套内；索夹在主索上定位后，应紧固螺栓。紧固同一索夹的螺栓时，各螺栓受力应均匀。承载索不应有断丝、跳丝等缺陷；

d）承重索的安装垂度、跑车至跨中时的垂度应当满足设计要求。承载索必须安装有垂度调整装置；

e）承载索两端铰点应当转动灵活。

6.5.2起重索与牵引索的施工作业

a）当利用吊索上的吊钩、卡环钩挂重物上的起重吊环时，安全系数不得小于6.0。当用吊索直接捆绑重物，且吊索与重物棱角间采取了妥善的保护措施时，安全系数不得小于6.0。

b）吊点的位置应符合设计规定，设计无规定的应经计算确定。

c）吊点安装完成后，上下挂架应平行且处于水平状态，绳索排列有序，无交叉扭结现象，且与轮槽吻合，起落灵活，不相互摩擦。

d）吊钩不应有裂纹、剥裂等缺陷，存在缺陷必须更换，不得补焊；吊钩应当有标记，不允许使用铸造吊钩，并符合国标《起重吊钩》（GB10051）的规定。

e）制动不良不得吊运作业。

f）跑车安装并连接好后，其结构应紧固、稳定可靠，各部尺寸应符合设计要求。同一线上的走行轮应对正一致，不同线同一排位置上的走行轮应对齐平行，不能出现倾斜与歪扭现象。轮槽与主索钢丝绳应吻合，以保证走行时既不受绳索阻挂，也不磨损钢丝绳，同时又顺畅灵活。

6.5.3缆风、扣索与锚索的施工作业

a）缆塔风缆和扣塔后风缆系统的强度、刚度和稳定性应满足最不利工况要求。

b）挂索节段，应逐层对称施工，确保挂索过程中由于索体自重及风力组合产生的不平衡水平力不超过设计容许范围。

c）扣索张拉节段，为确保塔顶不产生过大的不平衡水平力，张拉过程中应采用张拉力与塔顶变形双控制，确保张拉过程锚（扣）索水平分力相等，同时进行塔顶位移观测控制小于设计规定值。

d）扣索、锚索应逐根分批、分级张拉，每一张拉节段完成后，观测塔顶水平位移，保证扣塔（墩）基础承受的不平衡力在容许范围。扣索、锚索的钢丝绳和卡具的安全系数应大于2.0。

e）应按设计要求调索，并应设专人检查张拉段和扣锚段工作状况，记录索力和位移变化。

f）由于张拉吊索均为高空作业，施工中应积极做好防护工作，以策安全。

g）当遇有六级以上大风和不利天气影响时，应停止施工，并积极采取防护措施，确保缆索起重机结构安全。

h）扣索和锚索在拱桥合龙，经检查达到拆除条件后方可拆除，应对称、均衡、分级拆除，拆除过程中应监控拱轴线及扣索内力。

6.5.4索鞍施工作业

a）对设置在塔顶或鞍部顶面的起重支架及附属的起重装置等应进行专门设计，其强度、刚度和稳定性应符合要求。

b）地面各作业施工区域场地应设置警戒区，并应设置地面安全通道、作业卷扬机防护棚等安全防护设施。

c）索鞍吊装时，应垂直起吊，吊装过程中构件的下方陆域不得站人或有人员过往，水域不得有船舶通过。

d）索鞍吊装作业还应满足起重吊装的如下规定：

1) 缆索起重机所用材料、设备等进场前，应进行验收，材料应无损伤无变形，强度、刚度应满足设计要求；

2) 起重吊装应符合现行《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》（JGJ 276）和《起重机械安全规程 第一部分：总则》（GB 6067.1）的有关规定。

3) 起重机司机、起重信号司索工、起重机械安装拆卸工人应按照有关规定经专业机构培训，并应取得相应的从业资格。

4) 起重作业人员应穿防滑鞋、戴安全帽，高处作业时应按规定佩挂安全带。

e）索鞍吊装还应满足高处作业的规定：

1) 高处作业应符合现行《建筑施工高处作业安全技术规范》（JGJ 80）的有关规定。高处作业下方警戒区设置应符合现行《高处作业分级》（GB 3608）的有关规定。

2) 高处作业场所临边应设置安全防护栏杆，防护栏杆应能承受1000N的可变荷载；防护栏杆应由上、下两道横栏组成，上栏高度1.2米，下栏高度0.6米；横栏长度大于2米时，应加设栏杆柱；防护栏杆下方有人员及车辆通行或作业的，应挂密目安全网封闭，防护栏杆下部应设置高度不小于0.18米的挡脚板。高处作业人员不得沿立杆或栏杆攀登。

3) 高处作业的场所孔、洞应设防护设施及警示标志。

4) 安全网质量应符合现行《安全网》（GB 5725）的规定，安装和使用安全网应符合下列规定：

i. 安全网安装应系挂安全网的受力主绳，不得系挂网格绳。安装完毕应进行检查验收。

ii. 作业面与坠落高度基准面高差超过2米时，临边应挂设水平安全网。作业面与水平安全网之间的高差不得超过3米，水平安全网与坠落高度基准面的距离不得小于0.2米。

iii.安全网安装或拆除应根据现场条件采取防坠落安全措施。

5) 安全带使用除应符合现行《安全带》（GB 6095）的规定外，尚应符合下列规定：

i. 每次使用前都应进行安全带检查：织带磨损、灼伤、酸碱腐蚀或出现明显变硬、发脆以及金属部件磨损出现明显缺陷或受到冲击后发生明显变形的，应及时报废。新更换安全绳的规格及力学性能必须符合规定，并附加设绳套。

ii. 安全带应高挂低用，并应扣牢在牢固的物体上。缺少或不宜设置安全带吊点的工作场所宜设置安全带母索。

iii.安全带的安全绳不得打结使用，安全绳上不得挂钩。安全带的各部件不得随意更换或拆除。

iv. 安全绳的有效长度不应大于2米，有2根安全绳的安全带，单根绳的有效长度不应大于1.2米。

v. 严禁安全绳用作悬吊绳。严禁安全绳与悬吊绳共用连接器。

vi.高处作业不得同时上下交叉进行。

vii.高处作业人员应定期进行体检。

6.5.5滑轮施工作业

所选用的滑轮规格型号符合设计要求，应有产品合格证书；滑轮的最小卷绕直径应当符合国标《起重机设计规范》（GB/T3811）的规定；钢丝绳绕进或绕出滑轮时最大偏角≤5°；应当有防止钢丝绳脱槽的装置；装配好的滑轮应当能灵活转动，绳槽槽底及槽侧跳动应当符合有关标准规定。

缆索用滑车及卷扬机事先应作详细检查。滑车须检查其销轴、轮柄、轮缘及油套是否完好。卷扬机安装时必须检查底座是否平稳牢靠，满足设计受力标准。

6.5.6钢丝绳卸扣施工作业

绳索锚固、联结、打梢等用的卸扣应与缆索相匹配并能满足受力要求；卸扣数量和间距应满足表6-1规定。

表6-1钢丝绳卡接使用卸扣数量和间距/mm

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 公称尺寸 | 绳索夹/个 | 夹间距 | 公称尺寸 | 绳索夹/个 | 夹间距 |
| 6 | 2 | 70 | 26 | 5 | 170 |
| 8 | 2 | 80 | 28 | 5 | 180 |
| 10 | 2 | 80 | 28 | 5 | 180 |
| 12 | 3 | 100 | 36 | 7 | 230 |
| 14 | 3 | 100 | 40 | 8 | 260 |
| 16 | 3 | 120 | 44 | 9 | 290 |
| 18 | 4 | 120 | 48 | 10 | 310 |
| 20 | 4 | 120 | 52 | 11 | 330 |
| 22 | 4 | 140 | 56 | 12 | 350 |
| 24 | 5 | 150 | 60 | 13 | 370 |

卷筒的直径与钢丝绳直径的比值应当符合国标《起重机械安全规程》（GB/6067）的要求；卷筒的两侧边缘的高度应当超过最外层钢丝绳，其高出值不得超出钢丝绳直径的2倍；卷筒壁不应有裂纹或其他缺陷，壁厚应当符合设计要求。

6.6缆索起重机施工作业

缆索起重机的安装与拆除、运行与维护作业操作除应符合现行《公路工程施工安全技术规范》（JTG F90-2015）和《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）外，尚应符合《水利水电工程缆索起重机安全操作规程》（DL/T 5266）的有关规定。

6.6.1缆索起重机操作流程与检查验收

a）缆索起重机操作流程

缆索起重机的安装、试验、使用到拆除全过程应制定专项施工方案、检查验收方案、试验方案、施工作业指导书与操作指南，缆索起重机使用手册和安全操作规程，制定安全技术保障措施、应急预案，组织专家审查，并按相关程序向当地市场监督局、质监局和监理单位报验报批报备。进行安全技术的交底与培训。安装完成后使用前应组织对安装基础验收，以及对机电设施设备检查；检查验收后按照批准的试验方案进行动静载载荷试验，试验合格后方可交付使用。

b）使用前的检查验收

缆索起重机的安装必须按程序进行，安装完成后应组织检查验收，主要验收工作有：缆机基础验收，轨道安装验收，缆机结构安装自下而上的检查，机构安装与结构安装同步检查，电气系统安装验收，以及绳索系统安装验收等所有安装工作的检查验收。

6.6.2缆索起重机安装作业

a）安装过程应严格遵守本规程前款高空作业的有关规定。

b）吊装过程应严格遵守本规程起重作业相关规定：

1) 起吊设备的选用、吊点的设置应安全可靠，吊装时捆绑、悬挂应符合相关安全要求。

2) 安装过程中，正在吊装的部件连接稳固前不得停止起吊作业。已就位的部件，应保证其安全稳定。安装过程中所有运动件应固定可靠。

c）结构件及机构安装的控制数据应符合技术要求。严禁在钢结构构件上随意开孔和焊接他物。运行机构的制动器，调整不应过松或过紧，以不发生溜车和冲击现象为宜。

d）电气设备安装，要求电气设备接零、接地良好，接地电阻不大于4Ω，避雷装置可靠。控制室应配置足量、有效的灭火器。

e）绳索系统安装符合以下规定：

1) 安装过程中应设专人统一指挥，并保持通信系统畅通。承载索过江应设置安全警戒区域，船舶、车辆和人员不得擅自进入安全警戒区域，并设专人监视。

2) 地锚必须进行拉拔试验，验收合格。

3) 承载索长度应精准测量，做好标识。承载索用卷扬机、导向滑轮等设备和工器具按安装要求布置牢固可靠。承载索绞盘应固定牢靠，刹车装置运行可靠，承载索溜放时应设置反向在拽拉控制，以防溜索失控。承载索索头浇筑应满足要求。

6.6.3缆索起重机试验

a）按审核批准的试验大纲对安装完成的缆机进行单项和联动调试，测试结果应符合设计计算要求。试验内容包括空载试验（对三大机构进行空载运行，测试性能）、静载试验（100%和125%额定荷载试验，对塔架结构部分塑性变形进行测量和承载索垂度测量）、动载试验（100%和110%额定荷载试验，对机构性能检测）。记录试验结果。报经地方政府有关部门检验合格，颁发安全使用合格证书。

b）设置安全警戒区域。设立统一指挥。对操作人员进行试验工作与安全技术交底。

6.6.4缆索起重机安全设施的施工作业

a）缆索起重机应设上下梯子，梯子应牢固、稳定、防滑。电梯的安装应满足特种设备安装要求和相关规定。

b）缆索起重机上应设置工作平台，工作平台上应满铺脚手，四周必须安装牢固的栏杆和扶手。

c）缆索起重机应挂设安全网。安全网应满足国标《安全网》（GB 5725）要求。

d）缆索起重机塔架应安装避雷装置。

e）缆索起重机使用时，主索两端和起重索均应设置安全限位装置。

6.6.5缆索起重机的作业操作

a）缆索起重机施工作业与操作要点：

1) 缆索起重机运行必须满足安全装置有效，电源可靠，设有专用照明系统和最高点与吊钩的红色信号指示灯。

2) 缆索起重机指挥、操作人员必须经过培训考核合格上岗，缆索起重机运行作业前必须进行安全技术交底，统一着装和安全防护装备，通讯工具畅通。指挥人员与操作人员必须配合默契，坚决服从正确的操作指令，有权拒绝违反安全规定的指令，但带队操作过程中任何人员发出的“紧急停止”指令都必须先服从再处理。

3) 大件物件吊装应制定专项安全技术措施。起重操作应垂直提升，不得斜拖、斜拉、超载，不得采取自由下降方式。只要吊钩挂着物件操作人员不得离开操作台，不准将限位装置用作停车。如遇紧急情况，可使用紧急停车装置按钮，切断电源，紧急停车后应启动应急下放物件措施。

4) 多台缆机吊运同一重物时，钢丝绳应保持垂直；多台起重机的升降、运行应保持同步；各台起重机所承受的荷载均不得超过各自额定的起重能力。如果达不到上述要求，应降低额定起重能力至80%。

5) 起吊作业应起落平稳，严禁斜拉、斜吊，严禁超载作业，严禁吊人作业，六级以上大风应停止作业。严禁在制动不良情况下起吊作业。

6) 工作完毕，应将起吊滑车吊钩走行到规定位置，并收紧吊钩，卷扬机应予制动并切断电源，电源闸刀盒应配锁。

7) 缆机的安装与运行都应建立安全技术档案资料，包括产品质量合格证明、定期自检记录和质监部门检测检验证明与检验合格文件、使用维护说明、安装技术资料、日常维护保养记录、故障与事故记录、缆机制作安装与维修改造文件等。

b）缆索起重机施工作业操作的安全规定：

1) 以班组为单位，作业前必须进行岗前安全训导提醒；相关岗位操作人员都必须按照启动要求做好启动前检查记录，每次合主开关前，必须将所有控制开关置于零位；检查通讯畅通，电压稳定情况（电压变动范围额定值不得低于95%，也不得超过110%），发现问题应报告处理。

2) 当班机长在得到各部检查情况正常的报告和机上所有人员离开带电及机械转动部位的报告后，可以发出启动指令。操作者得到启动指令开启主开关后，高压供电系统、风机、电动机空载运转，检查确认无异常后可投入运行。

3) 缆机的起升或下降必须逐挡加速。操作平稳。禁止越当变速，宜避免紧急制动。当变换机构的运行方向时，应先将手柄回至零位，停顿后再反向操作，不得直接变换操作手柄方向。当起吊重量接近额定起重量时，应检查好制动器工作性能和捆绑的牢固度，然后再继续操作。

c）停机（包括正常停机、临时避险停机和故障停机）的条件规定

1) 正常停机包括：无任务停机、检修停机和交接班停机。

2) 临时停机包括：避雷电大风大雨停机、避超出容许值的高温低温停机或不可抗力条件停机，以及瞬时风速超限停机等。

c) 故障停机包括：缆机行走装置制动器或电气故障停机、关键结构损伤停机、机构和运转部位运行时出现异常状态引起的停机、终端限位和安全保障装置故障或不能正常工作造成的停机、停电停机，以及其他必须处理的重大问题引起的停机。

d）停机操作规定

正常停机前必须将吊运物件下放并脱钩，升起吊钩并将小车牵引至主塔架侧停靠，并将操作手柄置于零位。交接班停机时要断开操作控制电源主开关。较长时间停机应断开除照明意外的所有低压开关。当电网突然停电后应断开各高低压电源总开关。当遇暴风雨等异常情况，除按正常停机外，应确认高压开关已断开，操作室、主塔机房、电气柜等门窗已全部上锁、夹轨器锁紧后。机上人员方可离开。

e）交接班制度

1) 下班前班机长应做到“查设备运行及保养情况和记录；查随机工具和配件是否齐全；查油料消耗情况。”组织全班人员小结运转情况，做好记录，做好交班准备工作。交接班必须在机上和信号点进行。

2) 做到“交生产任务完成情况和作业情况；交设备运行及保养情况和记录；交随机工具、油料和配件消耗情况；交检查及故障处理情况；交安全措施及注意事项。”

3) 当班发生的机械、电气故障，应及时处理。本班未处理完应当当面向下班组详细交待故障情况、处理办法和过程，交接班发现的问题应及时逐级上报处理。

4) 交接班时应认真填写交接班记录，交接完毕双方应签字。

6.6.6缆索起重机维修作业

a）缆机维修保养一般规定如下：

1) 缆索起重机要维护良好的状态和性能，应按有关规定定期进行维修保养工作，定期检查检修，并认真做好维修保养记录。如检查为异常，应及时处理。

2) 维修保养人员应持证上岗。

3) 维修保养工作应在停机状态下进行，并在主电源开关处挂“停机检修”警示牌。维修保养工作人员应严格遵守高空作业操作要求。维修液压系统时，应在解除系统压力状态下进行。电焊作业必须在停机状态下进行，接地线应就近搭接，并应严禁跨轴承、丝杠、电气元件、钢丝绳等重要部件。

4) 紧急状态下进行维修时，应制定专项维修方案，安全保证措施和应急预案，经上报批复和方可实施。

b）机械部分维修保养规定

1) 每天都应该对缆机安全保护装置、支索器等进行维护保养。

2) 缆机运行过程中应经常检测制动器开关工作是否正常，以及摩擦片磨损自动补偿功能是否正常。

3) 机械部分的维修保养工作要经常检查连接轴器的运行情况，发现有异常声音、振动、漏油及其他异常情况时，应立刻停机维修。

4) 缆机应定期检查夹轨器钳口间隙，查看钳口是否平整并与轨道边缘是否正确吻合；定期检查绳索系统，及时更换断丝和磨损到极限的绳索和滑轮，并做好记录；定期检查起重小车，调整和控制尺寸，严禁超标；定期检查螺栓联结，如有松动应及时拧紧；定期对整机的钢结构进行检查不得有因外力造成的变形、焊接开裂及严重锈蚀的部位。

c）电气部分的维修保养规定

1) 进行电气部分维修保养工作时，应采取绝缘保护措施，将空吊钩升至安全高度，并应严格按照电气安全操作规程有序进行。在装拆晶闸管等特殊电气部件时，必须使用专用工具。

2) 缆机应定期检查各部位接地系统的完好情况，接地系统电阻不得大于4Ω，电气柜盘、电机外壳等接地电阻应不大于10Ω。严禁用接地线做载流零线。维修时所使用的携带式照明灯，电压必须在36V以下。

3) 当发生电气保护装置动作或熔断器熔断等情况时，应查明原因、排除故障、妥善处理。不得强行合闸或加大保险容量。

4) 在装拆PLC及交、直流驱动电路板（模块）之前应断开相应的电源开关，并戴上防静电手套。不得随意更改原机设定的控制参数及原有接线回路。检查故障临时装接的辅助连线，故障排除后必须立即拆除，复原，严禁更改PLC程序。

6.6.7缆索起重机拆除

缆索起重机在完成桥梁架设任务后应予以拆除，拆除前应对已使用过的缆索起重机进行全面的安全与技术性能检查，以制定缆索起重机拆除专项方案。缆索起重机拆除专项方案应组织专家审查，由监理工程师批准后实施。缆索起重机拆除应符合以下规定：

a）按审核批准的方案进行拆除。拆除前应进行安全技术交底，做好记录。按照安装的逆程序进行拆除。应避免拆除性损伤。

b）应保证未拆除部分的安全，禁止强行分离。

c）对已拆除的仪表、仪器、电气元件，经过保养后，进行包装，应有防雷、防潮、防震等措施。对所有机构部分进行检查、检修、清洗和防腐处理。拆除完后统一进行清理、登记、编号、包装、移交移库，做好记录。