

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

悬索桥主缆空中纺线法架设施工标准

Construction standard for main cable of suspension bridge

erected by air spinning method

(征求意见稿)

征求意见稿

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

中国工程建设标准化协会标准

悬索桥主缆空中纺线法架设施工标准

Construction standard for main cable of suspension bridge

erected by air spinning method

征求意见稿

主编单位：中交第二公路工程局有限公司

发布机构：中国工程建设标准化协会

实施日期：2023 年 xx 月 xx 日

前言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2021年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2021〕11号）的要求，由中交第二公路工程局有限公司承担《悬索桥主缆空中纺线法架设施工标准》（以下简称“本标准”）的制定工作。

编写组在总结悬索桥主缆空中纺线法架设工程经验和相关科研成果的基础上，以完善和提升悬索桥主缆空中纺线法架设施工技术为核心，参考国内外相关资料，完成了本标准的编制工作。

本标准分为8章，主要内容包括：1总则、2术语、3基本规定、4猫道设计及架设、5施工准备、6纺丝施工、7主缆紧缆及缠丝施工、8施工监控。

本标准基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本标准提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本标准相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。本标准由中国工程建设标准化协会公路分会归口管理，由中交第二公路工程局有限公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本标准日常管理组：中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路8号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：she@rioh.cn），或中交第二公路工程局有限公司（地址：西安市雁塔区科技六路33号，邮编：710075，电子邮箱：*****），以便修订时研用。

主编单位：中交第二公路工程局有限公司

参编单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

中交二公局第二工程有限公司

贵州中交贵黄高速公路有限公司

德阳天元重工股份有限公司

江苏法尔胜缆索有限公司

西南交通大学

主 编：霰建平

主要参编人员：金仓 刘勋 刘新华 侯润锋 苏洋 舒宏生 郭瑞 伏亚峰 杨博
施津安 喻胜刚 唐茂林 闫忠斌 冯云成 翟晓亮 黄安明 薛花
娟 孙艳明 张浩伟 白文哲 谭沸良

主 审：刘永健

参与审查人员：

参 加 人 员：

征求意见稿

目录

1 总则.....	7
2 术语.....	8
3 基本规定.....	10
4 猫道设计及架设.....	13
4.1 一般规定.....	13
4.2 猫道的结构设计.....	13
4.3 猫道设计的荷载要求.....	16
4.4 猫道架设技术要求.....	16
5 施工准备.....	18
5.1 材料准备及存放.....	18
5.2 纺丝施工临时结构的设计与安装.....	18
5.3 纺丝施工专用设备及施工机具要求.....	19
6 纺丝施工.....	22
6.1 一般规定.....	22
6.2 主缆钢丝架设.....	23
6.3 主缆索股整形及线形调整.....	25
6.4 纺丝施工质量管控与检查.....	25
7 主缆紧缆及防护施工.....	27
7.1 一般规定.....	27
7.2 紧缆施工.....	27
7.3 防护施工.....	27
8 施工监控.....	28
8.1 监控指标.....	28
8.2 施工监控要求.....	29
8.3 施工监控测试.....	30

8.4 施工监控计算.....	30
附录 A 空中纺线法架设主缆悬索桥用钢丝连接套筒检验方法.....	32
用词说明.....	34
引用标准名录.....	35

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为规范采用空中纺线法（AS 法）的悬索桥主缆架设施工，按照安全、环保、实用的原则，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于采用空中纺线法设计的悬索桥主缆架设施工。

条文说明

由于空中纺线法的索股钢丝数量、锚固连接构造、鞍槽构造等与预制平行索股法存在较大差异，因此缆索系统结构设计 with 预制平行索股法不同。

1.0.3 本标准规定了悬索桥空中纺线法架设主缆的猫道设计及架设、施工准备、纺丝施工、主缆紧缆及防护施工、施工监控等内容。

1.0.4 主缆空中纺线法架设施工除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

条文说明

中国公路学会团体标准《公路悬索桥空中纺线法设计与施工技术指南》偏向于采用空中纺线法的缆索系统设计内容，施工内容为原则性指导意见；本标准偏向于具体施工内容，两者侧重点不同，使用时注意相互参照结合。

2 术语

2.0.1 空中纺线法 air-spinning method (AS 法)

通过牵引机械往复拽拉索股钢丝，现场制作平行钢丝索股的主缆施工方法。

2.0.2 股靴 strand shoe

主缆采用空中纺线法设计与架设的悬索桥中，连接主缆索股与锚固系统的构件。

2.0.3 钢丝连接套筒 splice

钢丝对接的机械连接构件，用于传递钢丝的轴向拉力。

2.0.4 纺丝张力 air-spinning tension

纺丝过程中主缆钢丝的控制张力。

2.0.5 高张力法 high-tension method

主缆钢丝的纺丝张力为空缆线形钢丝张力，也称为自由悬挂钢丝法 (Free hanging method)，每完成一个纺丝行程，需进行钢丝垂度调整。

2.0.6 低张力法 low-tension method

主缆钢丝的纺丝张力为空缆线形钢丝张力的 50%，其余自重通过钢丝形状保持器传递给猫道。

2.0.7 恒张力控制法 controlled tension wire adjustment method

主缆钢丝的纺丝张力控制为空缆线形钢丝张力的 80%~85%，架设过程中钢丝张力恒定，不需要对单根钢丝进行垂度（张力）调整，也称为等强度 AS 法。

2.0.8 牵引系统 hauling system

带动钢丝往复循环，实现钢丝现场架设的动力系统。

2.0.9 纺丝轮 spinning wheel

索股纺丝过程中的钢丝牵拉装置，由多个动滑轮及与牵引索连接的定位架组成，作用是将牵引索动力传递给纺线钢丝，通过往复牵拉实现钢丝的架设。

2.0.10 放线机 unreeler

钢丝放出设备，具有速度调节和控制功能，保证主缆钢丝按照既定的速度放出。

2.0.11 张力塔 tension tower

钢丝张力保持装置，保证钢丝以恒定的张力放出。

2.0.12 索股成型器 cable former

位于猫道上保证索股及钢丝按照设计位置排列的装置，并通过其承担除过纺丝张力的主缆钢丝恒载并且传递给猫道。

2.0.13 死丝 dead wire

在去程纺丝过程中，直接落入索鞍鞍槽及索股成型器隔槽内的钢丝称之为死丝。

2.0.14 活丝 live wire

在去程纺丝过程中，落在索股成型器顶部滚轮上的钢丝称之为活丝。回程纺丝时，活丝再落入索鞍鞍槽及索股成型器隔槽内。

2.0.15 基准丝 datum wire

经过准确测量制作，与主缆第一根索股的第一层钢丝空缆线形相同、作为索股成型器高度调节定位基准的钢丝。

3 基本规定

3.0.1 空中纺线法作为欧美悬索桥主缆施工的主流技术，几乎适用于欧美所有的悬索桥建设。结合国内施工习惯，空中纺线法架设主缆更适合于预制索股运输条件差的山区悬索桥以及索股超重的大跨度悬索桥建设当中，特别对于采用隧道锚的悬索桥建设具有良好的技术经济性。相较于预制平行索股法主要有以下特点：

- 1) 锚固数量较少，有利于减小锚面尺寸；
- 2) 索股丝盘体积小、重量轻，便于运输；
- 3) 现场起吊牵引设备功率较小；
- 4) 减少工厂制索费用；降低猫道材料用量，经济性较好。

3.0.2 对于 AS 法与 PPWS 法两种架缆工艺的选择，需从架设难度、施工风险、架缆质量、施工工期和技术经济性等方面进行综合对比，两种工法各有优缺点。对于 AS 法来说，跨径越大，综合效率越显著。

条文说明

由于钢丝入股靴、入鞍槽等操作时间基本相同，而主缆跨径越大，高速纺丝运行占比越大，因此综合施工效率相对提高。通过查阅国外相关资料，AS 法并无明确的跨径范围要求。

3.0.3 施工前应编制专项施工方案，经论证和审批后方可实施。

3.0.4 根据专项施工方案完成施工前各项准备工作，包括施工场地规划、场地建设、机械设备安装及必须的验收工作等。

3.0.5 主缆空中纺线法架设施工应严格执行三级安全技术交底制度，交底应采用书面形式并签字确认。

3.0.6 施工操作人员应经培训、考核合格后方可上岗。特殊作业人员应按相关规定经过专业培训，并取得相应资格证书，持证上岗。

3.0.7 纺丝轮一个往返架设完成的钢丝数量应与设计采用的索股钢丝排列相匹配。

条文说明

为了方便索股钢丝在鞍槽内的排列，鞍槽内整排钢丝数量宜为纺丝轮单次往返完成纺丝数量的整数倍。

3.0.8 纺丝作业宜左右幅交替施工，单幅主缆索股架设时另一幅主缆进行索股整形、垂度调整等工序。

条文说明

左右幅倒换施工，部分专用设备可以共用，减少一次性设备投入，且更符合工序要求，减少劳动力投入。

3.0.9 空中纺线法架设主缆基本工艺流程如图 3.0.9 所示。

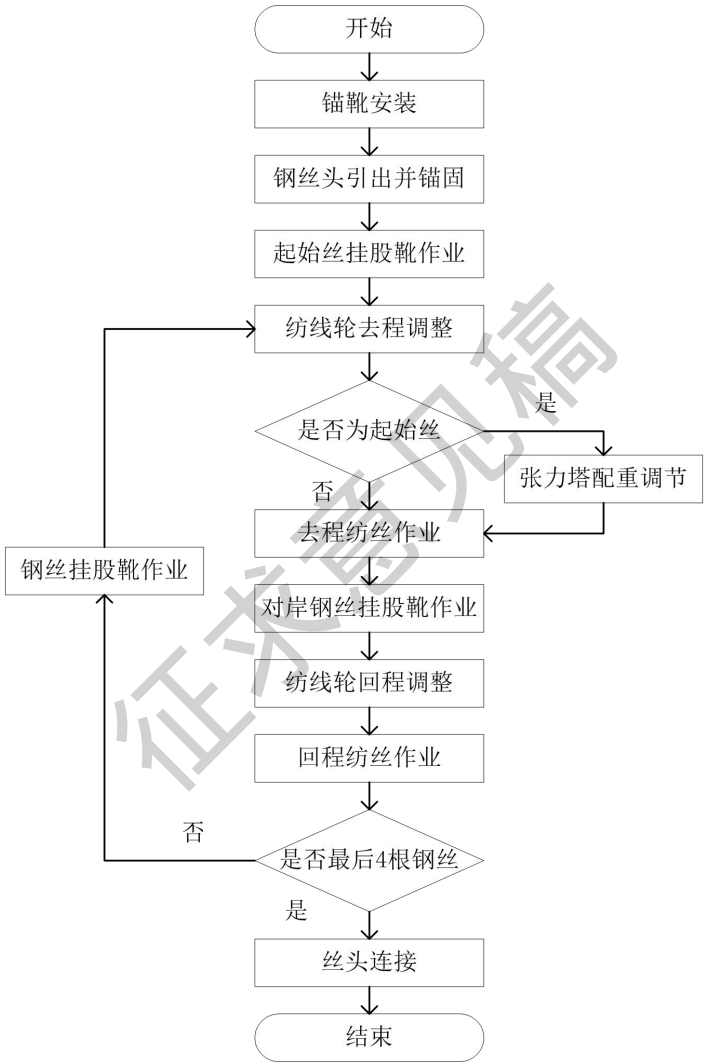


图 3.0.9 空中纺线法架设主缆工艺流程图

条文说明

本流程图为单索股纺丝施工流程图，以单次牵引 4 根钢丝为例。双索股纺丝施工时流程图与单索股基本一致，不同的是一个纺丝轮去程纺丝施工，另一个纺丝轮同步回程纺丝施工。

3.0.10 施工场地布置一般包含钢丝回倒区、张力放丝区、牵引设备区等，以方便管理和操作为原则，根据桥位处场地情况灵活设置。

3.0.11 施工宜安排白班和夜班，每班基本人数配置建议见表 3.0.11 所示。

表 3.0.11 空中纺线法施工排班建议表

序号	位置	每班人数	备注
1	放丝区	≥8 人	钢丝回倒及工字轮更换，一般配置 4 套钢丝回倒机组，每套机组配置 2 人；建议每班不少于 8 人
2	卷扬机操作人员	≥2 人	牵引系统卷扬机操作，至少 1 人操作、指挥，1 人监控观察
3	锚碇区域	3 人/处	钢丝入股靴操作
4	散索鞍位置	3 人/处	散索鞍钢丝入鞍，每个索鞍处 3 人
5	主索鞍位置	3 人/处	主索鞍钢丝入鞍，每个索鞍处 3 人
6	索股成型器位置	1 人/个	成型器出钢丝入槽，每个成型器处 1 人

条文说明

现场纺丝施工人数可根据智能化自动设备的使用及工人的熟练程度，灵活调整，表中所列的为常规纺丝建议每班人数。

3.0.12 纺丝施工专用设备区应设置安全围挡，运行过程中除专业操作、维修及管理人员以外的人员禁止进入。

4 猫道设计及架设

4.1 一般规定

4.1.1 猫道设计应遵循安全可靠、施工方便、经济合理和可重复利用的原则。

4.1.2 猫道系统设计应综合考虑猫道承担的钢丝自重、人员机具荷载、猫道垂度的调整量及纺丝过程中的猫道下挠控制量等。

4.1.3 猫道设计的风荷载应根据《公路桥梁抗风设计规范》（JTG/T 3360-01）的相关规定，按桥梁设计时所采用的相应参数执行。

4.1.4 猫道系统应根据抗风稳定性计算确定抗风控制措施，必要时可通过猫道风洞试验，获得试验参数后对猫道进行结构动力分析及抗风稳定性验算。可采取适当增加猫道横向联系、设置抗风缆等措施增强其抗风稳定性。

4.1.5 猫道架设应制定合理的施工组织计划，编制专项施工方案，经论证和审批后方可实施。

4.1.6 猫道经全面验收合格后方可投入使用。主要验收内容包括：

1) 猫道的施工方案经过论证、审批，设计图纸、计算书齐全，主要受力结构经过第三方计算复核。

2) 承重索、牵引索、连接构件、锚固构件、照明系统等的各项检查试验记录、报告或者合格证明齐全。

3) 主要技术参数与设计图、设计计算书相符。

4) 承重索和扶手索的固定措施应符合方案要求，承重索无断丝、断股或者变形情况，面网及侧网固定牢靠。

5) 抗风稳定措施符合设计要求，连接可靠。

6) 猫道上的电缆线敷设应采用绝缘保护措施。

7) 猫道附属设施应齐全，设置安装警示标志，安装警示灯。

4.1.7 猫道设计和架设基本要求尚应符合《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T3650）相关规定。

4.2 猫道的结构设计

4.2.1 猫道线形应与主缆空缆线形基本保持一致，猫道面层顶部与主缆下沿净距宜控制在 1m 左右，以利于操作。

4.2.2 猫道净宽应综合考虑主缆直径、纺线法架设施工作业空间以及抗风稳定性计算确定。

条文说明

空中纺线法不需在猫道上设置索股滚筒，只需在索股成型器两侧顶部设置活丝滚轮，因此宽度较预制平行钢丝索股猫道要窄，恒载相对较小，这是空中纺线法猫道材料节省的原因之一。表 4.2.2 列出国内外部分悬索桥猫道设计主要参数，图 4.2.2 所示为两种架缆工艺猫道结构断面图，以供参考。

表 4.2.2 国内外部分悬索桥猫道设计主要参数

工艺	桥名	承重索形式	设计恒载 (kg/m)	主跨 (m)	猫道宽度 (m)	猫道承重索	
						根数	直径(mm)
PPWS	关门桥	分离式		712	4.0	8	φ 40
	大鸣门桥	分离式		876	4.0	6/8	φ 66
	南备赞瀬户大桥		319	1100	4.5	10	φ 56
	明石海峡大桥	分离式	319	1991	5.5	12	φ 52/64
	赤水河大桥	连续式	245	1200	4.0	8	φ 54
	江阴长江大桥	连续式	295	1385	3.8	6	φ 38
	金安金沙江大桥	连续式	285	1386	4.0	10	φ 54
	润扬长江大桥	连续式	286	1490	4.0	10	φ 54
	西堠门大桥	连续式		1650	4.2	12	φ 54
	棋盘洲大桥	连续式	218	1038	4.0	8	φ 48
AS	奥克兰新海湾大桥			704	3.05	4	φ 51
	下津井瀬户大桥	分离式	396	940	4.5	10	φ 42
	博斯普鲁斯二桥	连续式	126	1090	3.125	10	φ 26.9
	香港青马大桥	连续式		1377	3.6	6	φ 36
	大贝耳特东桥	连续式	110	1624	3.0	8	φ 26.9
	李舜臣大桥	连续式		1545	4.0	8/10	φ 32
	阳宝山特大桥	连续式	166	650	4.0	6	φ 48

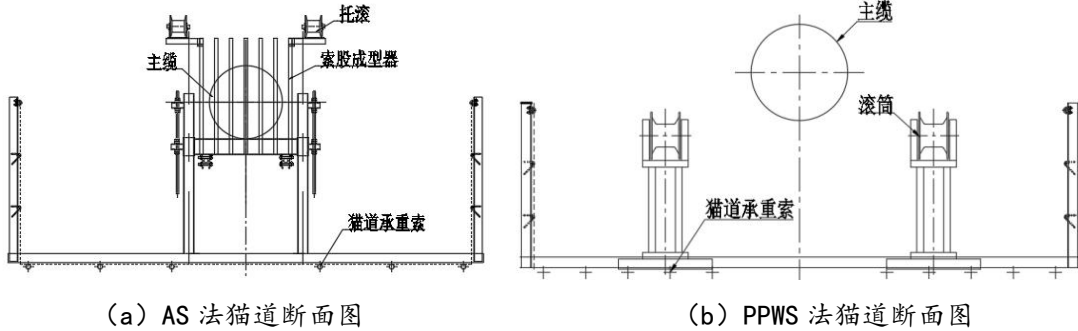


图 4.2.2 两种架缆工艺猫道结构断面图

4.2.3 猫道宜采用多跨连续式结构；承重索和抗风缆宜采用钢丝绳，每幅猫道的承重索不宜少于 6 根。

条文说明

在恒张力控制法和低张力法纺丝过程中需要对猫道垂度进行多次调整，为了方便操作，猫道宜采用多跨连续式结构。

4.2.4 宜设置猫道门架，其数量、间距应根据主缆跨径布置、猫道变形计算、门架之间的钢丝挠度及牵引力计算等综合确定。

条文说明

猫道门架的设置一般与索股成型器结合，其间距与猫道变形、门架之间的钢丝挠度、纺丝长度、牵引力大小等有关，需经过计算综合确定。表 4.2.4 列出国内外部分悬索桥猫道门架间距，以供参考。

表 4.2.4 国内外部分悬索桥猫道门架间距

序号	桥名	主跨 (m)	猫道门架间距 (m)
1	大贝耳特东桥	1624	65
2	李舜臣大桥	1545	66
3	阳宝山特大桥	650	40
4	韩国广安大桥	500	30（主跨）、25（边跨）
5	韩国南海二桥	920	40

4.2.5 猫道门架应具备高度调整功能，主体框架宜选择薄壁方钢管。

条文说明

通过调整猫道门架立柱高度以调节门架承重索、牵引索的线形，以实现其与猫道承重索线形基本一致的要求。相比于预制平行钢丝索股法牵引系统的猫道门架，空中纺线法所需牵引力大幅减小，因此猫道门架重量比较轻，这也是空中纺线法猫道材料节省的原因之一。

4.2.6 采用低张力法和恒张力控制法架设主缆时，宜在索股成型器下方设置猫道垂度调整系统，满足纺丝过程中对猫道进行垂度调整的功能，保证纺丝精度要求。

条文说明

由于恒张力控制架设法及低张力架设法猫道需要承受索股纺丝张力以外的钢丝自重，随着索股钢丝架设数量的增多，猫道会在一定程度上产生下挠。为了保证架设精度，在纺丝过

程中超过猫道下挠控制量即对猫道垂度进行调整。一般而言，只在首层索股架设中进行猫道垂度调整，后续索股架设过程中由首层已调整好的索股承担纺丝张力以外的钢丝自重。

4.3 猫道设计的荷载要求

4.3.1 空中纺线法架设主缆的猫道设计荷载包含以下内容：

- 1) 恒载：猫道结构自重，含索股成型器荷载。
- 2) 风荷载：施工阶段风荷载与最大阵风荷载。
- 3) 施工荷载：施工机具荷载、施工人员荷载、纺丝施工钢丝重量荷载（考虑 2 根索股，每根索股按照除过纺丝张力以外的钢丝自重荷载）等。
- 4) 温度荷载：根据施工期桥位处温度范围来定，若无特殊要求按温降 15℃考虑。

条文说明

恒载计算原则与 PPWS 法猫道基本相同，不同之处在于：恒载包含索股成型器荷载，不含索股滚筒荷载；猫道上施工人员较多、荷载相对较大；纺丝施工钢丝重量荷载相比于索股重量，降低很多；综合来看施工荷载（活载）是减小的。

4.3.2 承重索强度计算荷载组合与安全系数应符合《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T3650）相关规定。

4.4 猫道架设技术要求

4.4.1 承重索架设前应对钢丝绳进行预张拉，消除其弹性变形。预张拉控制力应不小于钢丝绳最小破断拉力的 50%，每次张拉持荷时间不小于 60 分钟，并进行 2 次。预张拉时的测长和标记宜在温度较稳定的夜间进行。承重索预张拉宜在工厂内完成。

4.4.2 猫道的架设应按横桥向对称、顺桥向边跨和中跨平衡的原则进行，且应将裸塔塔顶的变位及扭转控制在设计允许的范围內。

4.4.3 承重索、面层及横向通道架设过程中，应合理设置牵引及反拉装置，确保施工安全。

4.4.4 猫道承重索垂度调整在架设的各工况中进行，按照由主跨开始、逐步向锚固端推进的原则进行。

条文说明

单根猫道承重索架设完成后，考虑变位长度影响情况下对垂度进行粗调，基本达到设计计算目标垂度。待猫道承重索全部架设连接就位后，根据设计计算猫道承重索空索线形，逐

根按照变位处增加长度修正后的垂度进行精确调整。表 4.4.4 为猫道垂度计算工况表。

表 4.4.4 猫道垂度计算工况表

调整时间	调整方式	调整跨	荷载	垂度计算考虑因素
承重索架设时	单根、粗调	主跨、边跨	猫道承重索空索	主塔变位长度
承重索架设完成	单根、精调	主跨	猫道承重索空索	主塔变位长度
主跨变位架安装后	整体、精调	主跨	猫道承重索空索	主跨侧变位长度
边跨变位架安装前	单根、精调	边跨	猫道承重索空索	边跨侧变位长度
边跨变位架安装后	单根、精调	边跨	猫道承重索空索	
锚固处整体调整	整体、精调	边跨	猫道承重索空索	
面网、横通道等全部恒载安装后	整体、精调	先主跨 后边跨	猫道全部恒载	温度

4.4.5 连续式猫道垂度调整顺序及措施如下：

- 1) 主塔猫道承重索标记点与塔顶转索鞍标记点对准，拧紧压板固定螺栓，锚固猫道承重索。
- 2) 主跨猫道承重索垂度调整。
- 3) 考虑变位长度的影响，计算确定每根猫道承重索跨中垂度，利用塔顶门架上的卷扬机及滑车组逐根调整直至满足垂度要求后，在塔顶转索鞍处锚固好。
- 4) 安装主跨侧变位架，逐根复测承重索跨中标高，与计算值比较，如有误差，再次调整。
- 5) 边跨猫道承重索调整。猫道锚固梁就位初始设计位置，利用小拉杆调节单根承重索，消除猫道承重索制作精度误差并调整跨中标高到考虑变位长度差的修正标高。
- 6) 安装边跨侧变位架，与计算值比较，如有误差，锚固处小拉杆处再次调整。
- 7) 铺设猫道面层（面网、横梁、横通道、扶手等）。
- 8) 复测主跨跨中标高。考虑温度修正，塔顶转索鞍间千斤顶辅助整体复调主跨垂度。
- 9) 复测边跨跨中标高。考虑温度修正，猫道锚固大拉杆整体调整边跨垂度。
- 10) 猫道主跨侧下拉到位。

4.4.6 猫道架设完成后，应对垂度调整系统进行试用，确保满足设计及施工要求。

5 施工准备

5.1 材料准备及存放

5.1.1 主缆钢丝成卷供应，应具有出厂质量证明书和试验报告单；进场时除应检查其外观和标志外，还应抽取试样进行力学性能检验，检验试验方法应符合现行国家标准的规定，检验合格后方可使用。

5.1.2 钢丝卷盘存放场地应平整硬化，排水良好，底部垫高不小于 30mm，存放整齐。

5.1.3 钢丝卷盘应采用尼龙吊带进行转运，避免造成钢丝损伤。

5.1.4 钢丝打盘过程中注意钢丝镀层的防护，并采用不同颜色的水性漆对钢丝进行着色，以便于施工过程中的观察。宜采取自动喷漆装置，并避免漆层过厚。如具备条件，可由供应商在工厂内完成钢丝的喷涂着色。

条文说明：

在纺丝施工前，钢丝应预先着色，根据不同颜色的钢丝按照设计图进行钢丝排列，形成平行的钢丝索股。

5.1.5 根据施工进度提前 1~2 天进行钢丝打盘，连续纺丝施工过程中保证足够的满盘钢丝工字轮待用。

5.2 纺丝施工临时结构的设计与安装

5.2.1 索股成型器的设计、安装与调整满足以下要求：

- 1) 索股成型器宜与猫道门架结合设计，布置间距宜相同，两者可共用横梁。
- 2) 索股成型器应采取高度可调整结构，调整高度满足索股架设需求。高度调整方式宜采用套管+螺杆形式，可在猫道门架上横梁处通过手拉葫芦调整成型器安装高度，调整后采用螺杆锁定。
- 3) 索股成型器中间应根据索股宽度设置隔槽，隔槽宽度宜与主索鞍槽宽度保持一致；隔槽内应设置木质垫块，架设不同索股时进行钢丝支承高度调整。单根索股垂度调整时拆除垫块。
- 4) 索股成型器安装与猫道保持垂直，稳定支脚安装在下坡方向。
- 5) 索股成型器两侧顶部应设置活丝滚轮，纺丝过程中对活丝进行临时支撑及限位。
- 6) 正式纺丝前设置基准丝对索股成型器高度进行精确调整，通过索股成型器自身高度调整装置及设置于索股成型器隔槽内垫块高度组合调整，保证基准索股架设第一层钢丝与基

准丝垂度保持一致。

条文说明

索股成型器既是主缆索股的成形胎架,同时又是将部分钢丝自重荷载传导至猫道的支撑结构,其控制精度是保证索股纺丝精度的直接因素。

5.2.2 纺丝牵引系统的设计与安装满足应符合下列要求:

- 1) 主缆空中纺线法施工采用循环式高速牵引系统,设计最高运行速度宜不小于 6m/s。
- 2) 卷扬机后方应设置牵引索张紧装置,满足纺丝过程中索长(张力)调节需要。
- 3) 牵引系统宜设置平衡配重,避免温度、不同位置牵引索张力不同等因素影响而造成的系统波动,保持牵引系统稳定运行。
- 4) 门架导轮组宜采取橡胶包裹方式,减小纺丝轮高速牵引运行产生的振动、噪音。
- 5) 猫道门架导轮组、锚碇门架导轮组及塔顶门架导轮组宜设计成托压索轮结构,安装后复查横桥向安装精度,保证牵引索位于同一平面内运行,以防止运行过程中牵引索脱槽。
- 6) 纺丝轮应采取空间角度可调整结构,满足去程和回程时不同角度要求。
- 7) 牵引系统试运行全面核查纺丝轮运行稳定性,对牵引系统导轮组位置及猫道门架高度进行精确调整。

5.2.3 基准丝的设计、制作及架设应符合下列要求:

- 1) 基准丝宜根据缆跨布置分段设置,由监控单位提供制作长度、标记点位置,在工厂精确下料及标记。
- 2) 基准丝宜与基准索股第一层钢丝垂度一致。
- 3) 基准丝可采用纺丝轮进行架设,置于与基准索股同层并相邻的索鞍鞍槽、索股成型器隔槽相应位置,两端锚固在猫道或散索鞍门架上,并根据标记点位置精确调整、定位。
- 4) 基准丝架设后静止一定时间消除温度、弹性及非弹性形变对其的影响,静止时间宜不少于三天。

5.3 纺丝施工专用设备及施工机具要求

5.3.1 纺丝施工专用设备及装置的配备建议如表 5.3.1 所示。

表 5.3.1 纺丝施工专用设备及装置配备表

项目	设备名称	数量	备注
钢丝回倒机组	放卷机	≥4 台	成卷钢丝放丝装置
	张紧机	≥4 台	钢丝倒盘增力装置,确保钢丝排列整齐
	工字轮(空	≥8 台	由 2t 丝卷接长至大卷钢丝的容纳装置,4 台工作,

	盘)		至少始终保证 4 台待用
	收线机	≥4 台	钢丝收丝设备，与工字轮配合使用
主动放丝系统	放线机	≥8 台	纺丝时的放丝设备，设计速度为最高纺丝速度的 2 倍，与工字轮配合使用
	工字轮（满盘）	≥16 台	纺丝过程中 8 台工作，至少始终保证 8 台待用
	张力塔	≥8 套	纺丝恒张力保持装置
牵引系统	纺丝轮	≥4 套	纺丝施工牵拉钢丝装置，单套循环系统配置 2 套
	高速卷扬机	≥2 台	与最高纺丝速度相匹配，具有正反转牵引功能，单套循环系统配置 1 台
集成控制系统		1 套	主动放丝系统与牵引系统联动、同步控制

注：表中数量仅为建议配置，使用时需根据施工组织计划及设备工作效率进行匹配设计。

5.3.2 纺丝施工专用设备的设计应符合下列要求：

- 1) 放卷机为被动放线，速度与收线机相匹配；可容纳不小于 2t 的钢丝卷，能够自动适应放卷过程中的卷径变化；且具有张力调节功能，使得钢丝放卷过程中带有一定张力。
- 2) 张紧机旋转速度与收线机相匹配，可采取摩擦增力方式，旋转部分外侧应设置安全防护罩。
- 3) 收线机自带动力，通过拽拉钢丝带动放卷机和张紧机运动；应设置排线装置，并能够自动适应收线过程中的卷径变化。
- 4) 放线机自带动力主动放丝，设计最高速度为纺丝牵引最高设计速度的 2 倍，应具备变频控制功能。
- 5) 张力塔应设置一定的安全高度，以具有足够的联动控制反馈缓冲时间，从而实现纺丝速度的匹配调整。
- 6) 高速卷扬机宜采取双摩擦轮形式，根据设计最大牵引速度、牵引力的计算确定其输入力、输出力、功率等技术参数，并具备紧急制动功能。

5.3.3 集成控制系统应符合下列要求：

- 1) 钢丝回倒机组电控系统应具备张力显示及变频控制功能，实时监测钢丝卷从放卷机放出时的张力及通过张紧机后的张力。
- 2) 纺丝施工时，以卷扬机牵引控制系统为主，主动放线控制系统为辅，两个子系统相互之间进行通讯、参数互相控制。
- 3) 高速卷扬机带动的纺丝轮应根据设定的速度曲线进行往复运动，宜具备牵引索张力监测和牵引速度检测功能；牵引系统在运行过程中与主动放线系统进行运行参数联动，具备紧急情况下自动停机功能。

4) 主动放丝系统速度应与牵引系统匹配。张力塔应设置上极限位、下极限位 2 个限位开关，同时在张力塔相应位置安装位置传感器，以便实时监测张力塔配重块的位置数据。

5) 宜设置视频实时监控系統并具备索股及钢丝排列显示、历史曲线、历史报警、报表数据记录等功能。

5.3.4 纺丝施工专用设备的安装及调试应符合下列要求：

- 1) 钢丝回倒机组张紧力恒定，收线机上工字轮内钢丝缠绕整齐无交叉。
- 2) 牵引系统和主动放丝系统联合调试，检验同步运行控制情况；调试时速度由慢至快，逐渐过渡到设计速度。设计速度调试运行时间宜不少于 3 个循环。设备能力足够的情况下建议以最高速度运行不少于 2 个循环。
- 3) 牵引系统正式使用前分别进行空载试验和带载试验，检验牵引系统高速运行的稳定性。
- 4) 纺丝时钢丝恒张力通过张力塔配重块提供。配重块应准确称重，并宜在钢丝出口端设置张力监测装置。配重块初始位置宜调整至张力塔中间高度位置。

5.3.5 施工机具基本需求如表 5.3.5 所示，根据施工方案进行合理数量配置。

表 5.3.5 施工机具基本需求表

序号	名称	作用
1	止线装置	纺丝时起始丝锚固及钢丝入锚时的临时锚固
2	夹线器	钢丝固定及牵拉
3	四边形整形器	索鞍处索股形状保持
4	股靴定位装置	股靴位置定位
5	索股成型器	猫道上进行主缆索股排列及传力装置
6	导向板	钢丝入索鞍及索股成型器的导向装置

6 纺丝施工

6.1 一般规定

6.1.1 当桥面高程处风速超过 15m/s 时或者雨雪天气明显影响施工质量（钢丝出现如交叉、扭绞等现象）及工人操作时，应停止纺丝施工作业。

6.1.2 工字轮容纳钢丝宜不小于 6t，尽量减少纺丝过程中的钢丝接长操作、换盘等停机时间。

6.1.3 空中纺线宜采用恒张力控制法，钢丝架设张力宜为自由悬挂张力的 80%~85%。施工中通过调整张力塔的配重块保持钢丝的恒张力。

条文说明

AS 施工技术经过高张力法、低张力法发展到恒张力控制法，施工工艺逐渐成熟，施工效率大大提高。综合考虑纺丝效率以及纺丝的抗风性能，现代悬索桥施工宜采用恒张力控制法架设主缆。

6.1.4 纺丝施工最高速度宜控制在 4~6m/s。架设第 1 根索股时，最高运行速度宜控制在设计最高运行速度的 30%左右，以现场管理、作业人员完全掌握施工质量、安全控制及操作要点为目标；纺完后及时进行工艺总结。

6.1.5 钢丝连接套筒的制造、试验、验收等应满足设计及下列要求：

- 1) 连接套筒规格应与钢丝直径匹配。
- 2) 连接套筒进场应有原材料质保书、力学性能和化学成分检测报告以及套筒出厂合格证。
- 3) 连接套筒使用前应出具符合钢丝技术要求的连接静载强度试验报告和连接疲劳强度试验报告。
- 4) 连接套筒实测项目应符合表 6.1.5 的规定。

表 6.1.5 钢丝连接套筒实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方式和频率
1	外径（mm）	±0.5	游标卡尺，抽查 1%
2	长度（mm）	±2	游标卡尺，抽查 1%

- 5) 外观质量应满足下列要求：
 - a) 连接套筒端部应光滑平顺，无毛刺。
 - b) 连接套筒表面全部按规定要求进行防护处理，防护层应均匀致密，无漏喷和附着不牢层。

c) 各外露不加工表面防护涂层平整光洁，均匀一致，无破损、气泡、裂纹、针孔、凹陷、麻点、流挂和皱皮等缺陷。

6.1.6 钢丝采用套筒连接时应在纵横轴向至少各压接 1 次。套筒连接工艺需通过工艺试验及拉拔试验确定，宜形成标准的工艺操作流程。

条文说明

AS 法主缆施工单根索股是一个闭合的环形索股，钢丝在施工过程中必然存在对接施工，对接要按照标准操作工艺进行，确保接头的抗拉强度。

6.1.7 单根索股纺丝完成后，在首尾丝保持纺丝张力的情况下，采用便携式压接机对首尾钢丝进行压接，形成闭环。

6.1.8 钢丝连接套筒宜均匀地沿主缆全长布置，并尽量减少接头数量。接头位置应满足设计要求，否则在施工过程中移出接头、重新对接。

6.1.9 工字轮上钢丝宜控制在剩余不少于 2 层时及时进行更换，确保安全。

6.1.10 钢丝换盘时应保持颜色一致，采用固定式压接机和连接套筒进行钢丝接长。

6.1.11 每个索鞍鞍槽、索股成型器隔槽处应设置钢丝落位导向装置，确保钢丝入鞍位置正确。

6.1.12 纺丝过程中，猫道垂度调整应满足以下要求：

1) 猫道垂度调整只针对第一层索股架设，单根索股架设过程中可能进行多次调整，调整量满足监控指令要求。

2) 猫道垂度调整时，实时测量猫道的垂度变化，达到要求后复核测量，直至满足监控精度要求。调整精度宜控制在调整量的 10% 以内。

3) 单根索股架设完毕后，进行下一根底层索股架设时，恢复猫道初始垂度。

6.2 主缆钢丝架设

6.2.1 股靴安装应满足下列要求：

1) 锚固拉杆偏角不应超过 $\pm 0.5^\circ$ 。

2) 先安装拉杆，然后安装临时接长拉杆，最后安装股靴、垫圈和螺母。股靴宜采用定位装置进行初步固定。

3) 股靴初步定位后，通过中心定位孔进行角度精确调整。调整完成后紧固螺母，拆除

定位装置。

6.2.2 钢丝起始丝头通过卷扬机牵引至散索鞍前方的猫道处临时锚固牢靠，然后将锚固区钢丝牵引、绕入股靴，同步缓慢启动牵引系统及主动放线系统，开始按照设计纺丝张力进行去程纺丝。

6.2.3 去程纺丝操作应符合下列规定：

- 1) 牵引系统和主动放线系统同步运行；
- 2) 纺丝轮上缘与主缆向外成一定角度，保证下缘的死丝落入鞍槽内，上缘的活丝落入活丝滚轮上；
- 3) 纺丝轮出发和到达以及通过散索鞍和主索鞍前后时减速运行，保证纺丝轮的顺利通过，运行速度曲线如图 6.2.3 所示；



图 6.2.3 主缆纺丝施工运行速度曲线

- 4) 死丝在索鞍鞍槽内及索股成形器隔槽内按照设计编号进行排列。
- 6.2.4 回程纺丝操作技术要求应符合下列规定：
- 1) 反转牵引系统，此时主动放丝系统停止工作；
 - 2) 纺丝轮上缘与主缆向内成一定角度，保证上缘的活丝落入鞍槽内；
 - 3) 回程纺丝速度与去程纺丝速度曲线基本一致；
 - 4) 逐渐将活丝导入鞍槽内，按照设计编号进行排列。
- 6.2.5 去程或回程纺丝至股靴位置时，在散索鞍前方的猫道上进行带张力的钢丝临时锚固，停止牵引系统，采用小型卷扬机将钢丝牵引至股靴位置处，人工入锚，反转牵引系统后，逐渐恢复钢丝张力。
- 6.2.6 在纺丝过程中，股靴内以及股靴 5m 范围内、索鞍内以及主散索鞍 5m 范围内禁止出现钢丝接头。

6.3 主缆索股整形及线形调整

6.3.1 单根索股架设完成后即进行整形，形成紧密的索股。

6.3.2 宜采用工装进行整形，同时可采用木锤或橡胶锤敲打，通过振动减小索股的空隙率。

6.3.3 先整形索鞍及索股成型器处，成型器区间采取二分法进行，整形最小间隔不宜大于 3m。

6.3.4 每处整形完毕后采用强力纤维带进行绑扎，沿索股长度方向每隔 3m 缠绕定型绑扎带，每处宜缠绕 4~6 层。

条文说明

厂内预制平行索股，为了保持丝股架设时的截面形状，需沿丝股长度方向每隔 1.5m 缠绕定型绑扎带。而 AS 法由于钢丝始终保持纺丝张力，索股架设完成后，形成了基本的空缆线形，定型绑扎带不需要缠绕过密。根据阳宝山特大桥的施工经验，每隔 3m 进行绑扎定型即可满足要求。

6.3.5 索股整形完成后，其后续工序可按照预制平行钢丝索股的要求进行施工。索股线形调整及索力的调整应满足《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T3650）相关规定。

6.4 纺丝施工质量管控与检查

6.4.1 钢丝连接套筒及钢丝接长的质量控制应符合下列规定：

- 1) 连接套筒应按照批组进行验收，包括工厂检验和现场检验，进行连接套筒的表面质量、几何尺寸检验以及现场拉伸试验，检验及试验要求详见本标准 6.1.5 节及附录 A。
- 2) 钢丝采用砂轮切割机或者断线钳切割并打磨平整，不应采用气割。
- 3) 钢丝接长后，对连接套筒压接后的长度进行测量，检验是否达到标准的压接长度。
- 4) 压接完成后，采用防腐喷漆对压接套筒位置进行全面喷涂。
- 5) 为保证索股的安全，要求主缆同一截面上的接头数不得多于 1 个，同一根索股相邻两接头沿索股轴线方向的间距不得小于 3m，不同索股之间的接头须错开 50cm。股靴、鞍槽及两侧 5m 范围内不得有钢丝接头，索夹及相邻 1m 范围内主缆的外层钢丝不得有接头。施工过程中加强观察，若发现接头及时移出以上部位。
- 6) 对每一验收批，抽取 3 个试件进行钢丝与套筒挤压连接工艺试验，纺丝场地和主缆上连接应分别进行试验。
- 7) 挤压后套筒外的压痕道数应符合型式检验确定的道数，且不得有肉眼可见的裂缝。
- 8) 连接套筒挤压连接钢丝后实测项目应符合表 6.4.1 的规定。

表 6.4.1 连接套筒挤压连接实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方式和频率
1	接头连接强度	$\geq$ 连接钢丝的公称抗拉强度	见附录 A, 抽查 3 组/150 个, 不足 150 个按照 150 个计
2	钢丝压入套筒深度	$\geq$ 设计压入深度的 0.95 倍	抽查 3 组/150 个, 不足 150 个按照 150 个计
3	挤压后套筒长度	原套筒长度的 1.05~1.15 倍	游标卡尺, 100%
4	压痕处套筒直径	原套筒直径的 0.80~0.95 倍	游标卡尺, 100%

6.4.2 纺丝施工过程中的质量控制应符合下列规定:

- 1) 纺丝过程中注意对钢丝的成品保护, 不应出现钢丝弯折和镀锌层的损伤等情况;
- 2) 当出现钢丝弯折影响钢丝抗拉强度时, 应将钢丝截断, 采用连接套筒进行压接。若弯折位置截面内已经存在一个接头, 根据本标准 6.4.1 条的原则, 在安全距离以外将带套筒的此段钢丝截断, 重新采用连接套筒进行钢丝对接。
- 3) 钢丝入股靴、重新接长、最后的首尾丝连接时应在钢丝临时锚固处对钢丝位置进行标记。纺丝过程中应定期检查临时锚固位置处钢丝是否出现滑移, 直至钢丝临时锚固解除。若钢丝在临时锚固位置出现滑移, 应及时复位。
- 4) 每轮钢丝入鞍槽、股靴、索股成型器隔槽后即按照设计排列顺序进行钢丝排序。
- 5) 纺丝过程中时刻关注钢丝的排列顺序、窜丝以及移动情况, 保证钢丝的排列整齐和平顺。

6.4.3 专用设备的管控与检查应符合下列规定:

- 1) 每班设备操作人员在上岗后对设备状况进行逐一检查;
- 2) 建立操作日志, 记录每班设备运行情况;
- 3) 每班交接前, 上一班设备操作人员将操作日志移交给下一班操作人员并说明运行情况。
- 4) 设备出现故障时或停机时由专业维保人员及时进行维修、保养。

7 主缆紧缆及防护施工

7.1 一般规定

7.1.1 主缆紧缆及防护施工基本要求应满足《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T3650) 21.6.7、21.6.8、21.6.9 条规定。

7.1.2 主缆紧缆及防护检验应符合《公路工程质量检验评定标准(第一册 土建工程)》(JTG F80/1) 相关规定。

7.2 紧缆施工

7.2.1 预紧缆施工应符合下列规定：

- 1) 预紧缆宜从跨中开始，采用二分法分若干区间进行。
- 2) 宜采取预紧缆工装，施工时做好钢丝表面防护。
- 3) 预紧缆过程中宜采取橡胶锤或木锤敲击主缆，通过振动加速达到目标空隙率。
- 4) 预紧缆的目标空隙率应符合设计要求，设计未要求时，宜为 26~28%。

7.2.2 正式紧缆施工应符合下列规定：

- 1) 正式紧缆目标空隙率应满足设计要求；设计未要求时，采用一般部位 19~22%，索夹内 17~20%。
- 2) 紧缆机应具备力、位移控制功能，正式使用前进行全面检查、验收。
- 3) 紧缆机紧固蹄即将靠近主缆时慢速控制，紧缆过程中应避免夹丝。
- 4) 紧缆后主缆表面应无污染，钢丝防护层有损伤应及时修复。

7.3 防护施工

7.3.1 分段防护施工前应及时清除主缆表面的水分及污物，再次检查钢丝及连接套筒防护层情况，发现损伤及时修复。防护施工时应保证主缆表面干净、干燥、钢丝防护层完好无损。

7.3.2 缠丝材料、钢丝技术参数、防护材料等应满足设计文件要求。

7.3.3 缠丝机应具备导入力实时显示、调整功能，正式使用前进行全面检查、验收。

7.3.4 缠丝前应对缠丝机导入力进行标定。

8 施工监控

8.1 监控指标

8.1.1 AS 制索误差应不超过索股理论无应力长度的 $1/10000$ 。

条文说明

PPWS 法制索长度误差包括基准丝误差、编股误差、灌锚误差、顶压误差等，根据我国多座桥梁的统计，现有工艺的误差约为 $1/6000 \sim 1/8000$ ，该误差与日本本州四国联络桥公团《预制平行钢丝索股》（HBS G3503-1989）中的误差相当（ $1/6900$ ）；AS 法由于采用现场制索，更适应索股处的曲线变化、锚固系统误差等，制索长度误差包括猫道变形的影响，以及猫道与钢丝的温差、风荷载影响，参考 COWI 公司对于挪威 Halogaland 桥提出的指标，AS 制索误差应不超过理论长度的 $1/10000$ 。经过分析阳宝山大桥统计的前 10 根索股现场实测纺丝架设单索股的最大制索误差为理论长度的 $1/31829$ ，满足指标要求，甚至达到了 PPWS 法中基准丝的目标制造精度。但这是由于阳宝山大桥跨度较小，且施工所用猫道参考了 PPWS 法猫道设计参数导致刚度偏大，在整个主缆纺丝过程中猫道的变形较小，使得最终索股的制索精度很高。

8.1.2 AS 法架设主缆股内应力总偏差应不超过 4%。

条文说明

目前《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）针对 PPWS 法规定同一索股内的钢丝长度的相对允许误差相当于抗拉强度 1% 的应力伸长值，这部分误差可认为是自重的垂度效应、标记制作及测量引起的。AS 法主缆架设具有猫道变形、猫道与钢丝的温差以及风荷载等因素的影响，AS 法架设的主缆股内应力偏差会更大。参考国外资料，光阳大桥和大贝尔特东桥采用 AS 法架设的主缆股内应力偏差均在 3%~4% 之间，故将 AS 法架设主缆的股内应力总偏差定为不超过 4%，此误差对应主缆内钢丝总应力偏差，是制索误差、股内偏差及其他索股架设误差综合的结果。

根据阳宝山大桥基准索架设完成后实测的股内钢丝最大标高误差数据以及纺丝阶段丝股标高变化与索长变化量的关系，可折算得到各跨基准索内丝股的最大长度误差，具体为：贵阳岸丝股最大长度误差 0.88cm，成桥后应力差 1.68%；中跨丝股最大长度误差 0.63cm，成桥后应力差 0.35%；黄平岸丝股最大长度误差 1.56cm，成桥后应力差 2.48%。

8.1.3 纺丝过程中应对猫道线形进行调整，保证索股内钢丝受力均匀，由钢丝自重垂度引起的同一索股内钢丝长度的相对允许偏差不应超过跨度的 $1/10000$ 。

条文说明

AS 法纺丝阶段钢丝自重垂度的直观表现为猫道下挠，施工过程中为确保由钢丝自重引起的股内钢丝长度误差在允许范围内，需要对猫道的挠度进行控制。经过分析可知索股的弹性伸长量与悬索桥跨径相关，则猫道的下挠量也与跨径有关。为满足主缆股内应力偏差的要求且能更加直观地对该项误差进行控制，参考韩国李舜臣大桥（主跨 1545m）和丹麦大贝尔特东桥（主跨 1624m）的猫道挠度控制量（20cm），将 AS 法架设主缆由钢丝自重因素引起的股内偏差定为不超过跨度的 1/10000，股内偏差是指单股索内钢丝长度与设计理论长度相比的偏差量。

阳宝山特大桥主跨跨径为 650m，猫道的挠度控制参数计算中参考了悬索桥施工规范中对于 PPWS 法索股精度的要求，理论计算取值为 5cm，现场实际控制猫道最大变形不超过 6cm，则该桥由钢丝自重引起的股内偏差为跨径的 1/10833，小于 1/10000，满足指标要求。

8.2 施工监控要求

8.2.1 通过施工全过程仿真分析，施工过程误差调整、施工期参数识别及模型修正、重要性及敏感性分析和控制量与被控制量确定、现场测量系统、评价预警系统，对桥梁结构施工进行控制分析。

8.2.2 主缆施工各个阶段，监控单位应给出对应指令以确定施工标准。

8.2.3 监控单位应根据现场实际测量结果及时进行误差反馈，调整施工参数。

8.2.4 主要监控指令见表 8.2.4 所列。

表 8.2.4 主要监控指令列表

序号	监控指令	监控指令提供时间
1	基准丝无应力长度指令	主缆空中纺丝施工前
2	基准丝线形指令	
3	钢丝自由悬挂张力和引入力指令	
4	主缆成型器高度指令	
5	基准索股架设线形指令	主缆基准索股架设前
6	索股垂度调整与索长调整量的关系指令	
7	散索鞍约束解除前的锚跨索股张力调整指令	
8	一般索股架设线形指令	基准索股稳定观测完成之后
9	猫道垂度调整指令	一般索股编缆及架设期间
10	索股锚跨张力调整指令	

11	散索鞍临时约束的解除时机指令	
12	散索鞍临时约束解除前架设的索股微调指令	散索鞍临时约束解除后
13	锚跨张力微调指令	主缆索股架设完成后

8.3 施工监控测试

8.3.1 AS 法丝股架设阶段的测试包含以下内容：

- 1) 索股钢丝引入力测试；
- 2) 施工期间主缆处、桥塔处及桥位处构件温度和气象数据测试。

条文说明

主缆钢丝引入力测试的主要目的为确保编缆钢丝长度保持一致、控制钢丝的线形和提高工效减少钢丝整理作业。温度对钢丝和猫道线形具有显著的影响,在纺丝编缆期间应对钢丝、猫道的温度进行测试以便作为线形计算参数。除温度外,湿度、日照辐射等亦对施工有一定影响,因此建议增加桥塔处一定高度处气象数据的测试,作为误差控制的因素。

8.3.2 AS 法丝股架设阶段的测量包含以下内容：

- 1) 基准丝线形测量；
- 2) 基准丝上下游相对垂度测量；
- 3) 猫道挠度测量；
- 4) 桥塔偏位测量；
- 5) 股靴初始位置测量。

8.4 施工监控计算

8.4.1 基准丝作为索股成型器调整的位置参照，监控应给出基准丝的线形、计算长度及标记位置。

8.4.2 主缆空中纺线法架设施工前，监控单位应计算钢丝自由悬挂张力，以此确定钢丝的纺丝控制张力。

8.4.3 根据主缆架设全过程监控计算，确定索股成型器的预设高度及调整高度。

8.4.4 监控单位应对纺丝过程中猫道的垂度及调整量进行计算。

8.4.5 监控单位应给定股靴初始安装位置及调整量计算。

条文说明

AS 法架设主缆时，钢丝接长是无法避免的，监控单位应对单根钢丝的无应力长度进行计算，钢丝供给单位可以利用该数据确定每盘钢丝的长度，避免架设时在同一位置出现接头。索股成型器是 AS 法编缆的主缆支撑，是主缆传递横向力和一部分自重到猫道的重要结构，其高度设置直接影响传力。此外，成型器高度也会影响编缆长度和质量。采用应力法进行 AS 编缆时，会有一部分钢丝自重传到猫道上，引起猫道的下挠。猫道下挠后，后期继续编制的钢丝长度将会与前期已编制的钢丝长度（钢丝无应力长度）不一致，当这些钢丝存在于一根索股中时，会引起同一索股的应力分布不均匀。因此必须对猫道的挠度进行控制，给出满足相关技术指标的猫道下挠控制值。编丝完成后，将采用夹具和缠包带对已架设钢丝紧固成索股。如果 AS 法编制的索股长度与理论索股长度相差很大，索股架设时的股靴设计调整量有可能无法满足调整要求。监控单位必须对股靴调整量进行验算。

征求意见稿

附录 A 空中纺线法架设主缆悬索桥用钢丝连接套筒检验方法

A.1 验收组批规则

钢丝连接套筒进行组批验收，批的数量为 150 个接头，不足此数时也作为一个验收批。

A.2 几何尺寸检验

A.2.1 工厂检验

对每一验收批，应随机抽取 10%的钢丝连接套筒作尺寸检查。钢丝连接套筒几何尺寸应符合表 A.1 的规定。如尺寸质量合格数大于等于抽检数的 90%，则该批为合格。如不合格数超过抽检数的 10%，则应逐个进行复验。

A.2.2 现场检验

对每一验收批，应随机抽取 2%的钢丝连接套筒作尺寸检查。如有不合格，则双倍复检。双倍复检仍有不合格则应逐个进行复验。

表 A.1 钢丝连接套筒几何尺寸

规格型号	外径（mm）	长度（mm）
Gd _w	d _t ±0.5	l _t ±2

A.3 拉伸试验

A.3.1 工厂检验

每批抽取 3 个试件进行钢丝压接，压接后进行钢丝与连接套的组件拉伸试验。3 个接头试件的抗拉强度均不得低于该级别的钢丝标准抗拉强度的 1.00 倍。如有一个试件的抗拉强度不符合要求，则加倍抽样复验。复验中如仍有一个试件检验结果不符合要求，则该验收批单向拉伸试验判为不合格。

A.3.2 现场检验

每批抽取 3 个试件进行钢丝压接，压接后进行钢丝与连接套的组件拉伸试验。3 个接头试件的抗拉强度均不得低于该级别的钢丝标准抗拉强度的 1.00 倍。在出厂检验合格的基础上，连续 10 个验收批单向拉伸试验合格率为 100%时，可以扩大验收批所代表的接头数量一倍。

A.4 表面质量检验

A.4.1 工厂检验

对每一验收批，工厂应随机抽取 10%的连接套筒作外观检查。如外观质量合格数大于等于抽检数的 90%，则该批为合格。如不合格数超过抽检数的 10%，则应逐个进行复验。

A.4.2 现场检验

对每一验收批，应随机抽取 2%的连接套筒作外观检查。如有不合格，则双倍复检。双倍复检仍有不合格则应逐个进行复验。

A.4.3 镀（涂）层厚度检验

1 工厂检验：对每一验收批，工厂应随机抽取 10%的连接套筒作镀（涂）层检验。如外观质量合格数大于等于抽检数的 90%，则该批为合格。如不合格数超过抽检数的 10%，则应逐个进行复验。

2 现场检验：对每一验收批，应随机抽取 2%的连接套筒作镀（涂）层检验检查。如有不合格，则双倍复检。双倍复检仍有不合格则应逐个进行复验。

A.5 压接设备要求

A.5.1 挤压作业前，清理钢丝端头的铁锈、油污等，如端头有变形，应先矫正或打磨整形。

A.5.2 在钢丝端部画出定位标记与检查标记，定位标记与钢丝端头的距离为钢套筒长度的一半，检查标记与定位标记的距离宜为 5mm 以上，钢丝插入套筒的深度应以定位标记为准，检查标记用于检查压接后钢丝是否到位。

A.5.3 挤压不同批号挤压套筒时必须进行试压，确定达到压痕直径所需压力值。

A.5.4 液压钳就位时应对正套筒压痕位置的标记，并使压模运动方向与钢丝轴线相垂直。

A.5.5 钢丝挤压作业不少于 2 次，液压钳的施压顺序应由套筒的中部顺次向端部进行，每次施压时控制压痕深度。

A.5.6 有下列情况之一时，应对压接设备的挤压力进行标定。

- 1) 新挤压设备使用前；
- 2) 旧挤压设备大修后；
- 3) 油压表受损或强烈振动后；
- 4) 套筒压痕异常且查不出其他原因时；
- 5) 挤压设备使用超过一年；
- 6) 挤压的接头数超过 5000 个；
- 7) 其他特殊情况。

用词说明

为便于在执行本文件条款时区别对待，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”。

征求意见稿

引用标准名录

本标准引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本标准；不注日期的，其最新版适用于本标准。

公路桥涵施工技术规范 JTG/T 3650

公路桥梁抗风设计规范 JTG/T 3360-01

公路工程质量检验评定标准（第一册 土建工程） JTG F80/1

征求意见稿