

重庆市公路工程行业标准桥梁预应力及索力张拉施工质量检测验收规程

重庆市公路工程行业标准

CQJTG/T F81—2009

桥梁预应力及索力张拉施工 质量检测验收规程

Quality Check and Acceptance Regulations
for Bridge Prestress and Cable Force Tensioning Operation

2009-05-26 发布

2009-08-01 实施

重庆市交通委员会发布

重庆市公路工程行业标准

桥梁预应力及索力张拉施工质量检测验收规程

Quality Check and Acceptance Regulations
for Bridge Prestress and Cable Force Tensioning Operation

CQJTG / T F81—2009

主编单位:重庆交通大学 等

批准部门:重庆市交通委员会

实施日期:2009年08月01日

人民交通出版社

2009·北京

重庆市公路工程行业标准
桥梁预应力及索力张拉施工
质量检测验收规程

CQJTG /T F81—2009

重庆交通大学 等 主编

人民交通出版社出版发行

(100011 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号)

各地新华书店经销

北京交通印务实业公司印刷

开本: 880×1230 1/16 印张: 3 字数: 86千

2009年7月 第1版

2009年7月 第1次印刷

印数: 0001 ~ 3000册 定价: 18.00元

统一书号: 15114·1348

关于印发《桥梁预应力及索力张拉施工质量检测验收规程》(CQJTG/T F81—2009)的通知

渝交委科[2009]17号

各区县(自治县)交通局(委),委属及各相关单位:

按照原交通部《公路工程行业标准管理导则》(交公路发[2001]620号)和《公路工程标准体系》(JTG A01—2002,交公路发[2002]288号)对公路工程行业地方标准管理和编制、修订的相关规定,重庆市交通委员会2008年立项,由重庆交通大学主编、重庆高速公路发展有限公司等单位参编的《桥梁预应力及索力张拉施工质量检测验收规程》已完成各项编制任务并通过我委组织的专家审查,现批准该规程为我市公路工程行业推荐性标准,编号为CQJTG/T F81—2009,自2009年8月1日起施行。

各单位在执行期间,如有问题和建议,请函告主编单位重庆交通大学(重庆市南岸区学府大道66号,邮编400074),以利今后修订时参考、采纳。

特此通知。

重庆市交通委员会

二〇〇九年五月二十六日

前 言

桥梁预应力和索力张拉施工是桥梁施工的关键环节,具有施工工序步骤多、技术含量高、操作难度大等特点。现有大量在役桥梁调查和检测结果表明,相当部分的桥梁质量隐患来源于预应力和索力张拉施工的质量控制不力,而当前国内外针对张拉施工质量缺乏有效的过程控制手段和方法。为此,结合现代检测技术,开展桥梁预应力及索力张拉施工质量检测方法和验收标准的深入研究,并在此基础上形成规范性文件,以指导张拉施工质量的全过程控制,确保桥梁预应力和索力张拉施工质量符合设计和使用要求,具有重大的现实意义。

经重庆市交通委员会 2008 年立项,重庆交通大学、重庆高速公路发展有限公司等单位编写完成了《桥梁预应力及索力张拉施工质量检测验收规程》。本规程明确了对桥梁预应力及索力张拉施工质量进行跟踪检测和分批验收,提出了检测指标及控制精度,确定了合理的抽检频率和验收标准。

各有关单位在使用本规程过程中若有任何问题或建议,请函告重庆交通大学山区桥梁结构与材料教育部工程研究中心预应力技术研究部(重庆南岸学府大道 66 号,邮编 400074),以便今后修订时参考。

主 编 单 位: 重庆交通大学(山区桥梁结构与材料教育部工程研究中心)
重庆交通建设(集团)有限责任公司

参 编 单 位: 重庆高速公路发展有限公司(垫利分公司)
重庆市交通委员会基本建设工程质量监督站
重庆交通科研设计院

主要起草人: 王继成 徐 谋 向中富 罗 杰 李洪霞 钟 宁 周志祥
李海鹰 彭 凯 王福敏 彭兴国 陈伯奎 程德宏 沈小俊
韩 均 濮家利 李佑荣 何 兵 温 泉 石 飞 危接来

目 录

1 总则	1
2 术语	2
3 材料和器具	4
4 张拉施工准备	6
4.1 预应力筋制作	6
4.2 管道、预应力筋与索安装	7
5 张拉施工	8
6 张拉施工质量检测	11
6.1 一般规定	11
6.2 检测控制指标	11
7 张拉施工质量验收	13
7.1 一般规定	13
7.2 验收	13
附录 A 周期荷载性能试验	15
本规程用词说明	16
附件:《桥梁预应力及索力张拉施工质量检测验收规程》(CQJTG/T F81—2009)	
条文说明	17
1 总则	19
2 术语	21
3 材料和器具	22
4 张拉施工准备	23
5 张拉施工	26
6 张拉施工质量检测	30
7 张拉施工质量验收	40

1 总则

1.0.1 为规范桥梁预应力及索力张拉施工质量的检测与验收,确保施工质量符合设计和使用要求,特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于桥梁体内、体外预应力及索力张拉施工质量的检测和验收。

1.0.3 施工过程中出现滑丝、断丝、夹片破裂、千斤顶漏油、压力表不回零等问题时,应停止张拉,待查明原因且解决后,方可继续施工。

1.0.4 必须采用可靠的工艺手段并实施张拉施工质量跟踪检测和分批验收,严格控制有效预应力、索力大小及其不均匀度。

1.0.5 桥梁预应力及索力张拉施工质量的检测与验收除应符合本规程要求外,还应符合《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041)等现行行业标准、规范的规定。

2 术语

2.0.1 索 cable

包括斜拉索、吊索和系杆索。

2.0.2 张拉控制应力 tensioning control stress

张拉预应力筋时所控制的最大应力值,其值为张拉设备所控制的总张拉力除以预应力筋截面面积得到的应力值(对后张构件为梁体内锚下应力)。

2.0.3 张拉应力 tensioning stress

张拉预应力筋时在张拉端体外所施加的应力,其值为张拉设备显示的总张拉力除以预应力筋截面面积得到的应力值。

2.0.4 超张拉系数 over-tensioning coefficient

为消除各种因素引起的预应力损失而设定的张拉控制应力提高系数。

2.0.5 锚固损失 anchorage loss

放张锚固后,因预应力筋回缩和锚具、梁体变形引起的预应力损失。

2.0.6 锚下有效预应力 effective prestress under anchorage

预应力筋张拉锚固后,实际张拉控制应力扣除锚固损失和弹性压缩损失,预应力筋锚下留存的应力。

2.0.7 补张拉 compensation tensioning

预应力筋的有效预应力未达到设计要求,再次对其进行张拉,使之符合要求。

2.0.8 有效预应力及索力检测 check of effective prestress under anchorage and cable force

预应力筋、索张拉锚固后,对锚下有效预应力、索力大小及其不均匀度进行的检测评定。

2.0.9 锚下有效拉力 effective tensioning force

索张拉锚固后,扣除锚固损失,索筋所留存的拉力。

- 2.0.10** 有效预应力同束不均匀度 unevenness of effective prestresses in a tendon
同一束中各单根钢绞线锚下有效预应力最大值和最小值的偏差程度。
- 2.0.11** 有效拉力同索不均匀度 unevenness of effective tensioning forces in a cable
同一索中各单根钢绞线锚下有效拉力最大值和最小值的偏差程度。
- 2.0.12** 有效预应力同断面不均匀度 unevenness of effective prestresses on a cross section
同一断面上各束预应力筋平均有效预应力最大值和最小值的偏差程度。
- 2.0.13** 有效拉力同断面不均匀度 unevenness of effective tensioning forces on a cross section
纵向与横向断面上对称索有效拉力偏差程度。
- 2.0.14** 关键项目 dominant item
分项工程中对安全、卫生、环境保护和公众利益起决定性作用的实测项目。
- 2.0.15** 一般项目 general item
分项工程中除关键项目以外的实测项目。

3 材料和器具

3.0.1 桥梁预应力束、斜拉索、吊索和系杆索所采用的钢丝、钢绞线、高强钢筋和精轧螺纹钢等的质量及力学性能指标,应符合国家现行相关标准《预应力混凝土用钢丝》(GB/T 5223)、《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T 5224)的规定和要求。无粘结预应力钢绞线还应符合现行标准《无粘结预应力钢绞线》(JG 161)的相关规定。

3.0.2 预应力筋锚具、夹具和连接器应具有可靠的锚固性能、足够的承载能力和良好的适应性,其硬度、静载锚固性能、动载锚固性能、疲劳性能及承受周期荷载性能等应符合国家现行标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T 14370)及《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》(JGJ 85)的相关规定,有抗震要求的构件所用锚具还应做周期荷载性能试验(附录 A)。

3.0.3 无粘结预应力筋锚具系统质量检验除应符合本规程第3.0.2条的规定外,其夹片还应具有良好的跟进性能和可靠的防松装置。无粘结预应力筋与锚具组装件应做周期荷载性能试验(附录 A)。试验后,锚具夹片若有微裂纹产生,则不能用于无粘结预应力筋的锚固。

3.0.4 锚具与夹具应满足下列要求:

- 1 锚具应满足分级张拉、补张拉以及放松预应力筋的要求。
- 2 夹具应具有良好的自锚、退锚和重复使用性能。
- 3 锚具和夹具应镀膜防锈。
- 4 需敲击才能松开的夹具,必须保证其对预应力筋的锚固无不良影响,且对操作人员的安全不造成危害。

3.0.5 连接器性能应符合本规程第3.0.2条的规定。用于后张法的连接器,必须满足锚具的性能要求;用于先张法的连接器,必须满足夹具的性能要求。

3.0.6 用于预应力张拉设备的锚具和用于后张法的连接器应事先做张拉及锚固工艺试验。

3.0.7 预应力管道可采用金属或塑料制作,金属波纹管应符合现行《预应力混凝土用金属螺旋管》(JG/T 3013)的有关规定;塑料波纹管应符合现行《预应力混凝土桥梁用塑

料波纹管》(JT/T 529)的有关规定。

3.0.8 桥梁斜拉索、吊索和系杆索及其附件应委托有资质的专业单位制作,严格执行国家或行业标准,并应进行成品索检测和验收。

4 张拉施工准备

4.1 预应力筋制作

4.1.1 预应力筋的制作应在专业预应力筋加工车间或工作台上进行。

- 1 钢绞线、钢丝束中的每根钢丝不得有接头或死弯。
- 2 无粘结预应力筋制作时,涂料层的涂敷和护套的制作应一次完成。
- 3 涂料层油脂应充足饱满,沿预应力筋全长连续,护套厚薄均匀。

4.1.2 预应力筋的下料长度应满足预应力筋设计尺寸及张拉需要,且满足:

1 钢丝束两端采用镦头锚具时,若钢丝束长度小于或等于 20m,同一束中各根钢丝下料长度的相对差值不应大于其长度的 1/3 000;若钢丝束长度大于 20m,同一束中各根钢丝下料长度的相对差值不应大于其长度的 1/5 000,且不大于 5mm。

2 长度不大于 6m 的先张构件,当钢丝成组张拉时,同组钢丝下料长度的相对差值不得大于 2mm。

4.1.3 钢丝、钢绞线及精轧螺纹钢筋应采用切割机或砂轮锯切断。

4.1.4 预应力筋下料完成后,应用梳板或相应锚具梳束、编束,逐根理顺,并绑扎成束,严禁相互缠绕;对用连接器接长的预应力束,以及合龙后的贯穿长束,绑扎间距宜控制在 1.0 ~ 1.5m 之间,严禁用电弧将预应力筋焊接成束。

4.1.5 制作预应力筋时应对整束和束中各单根钢绞线进行编号,每根钢绞线两端编号应相同,且对编号进行严格保护。

4.1.6 合格的预应力筋束应按编号整齐平顺地存放在距地面 20cm 以上的支架或垫木上,不得叠压存放。支架间距宜控制在 1.0 ~ 1.5m 之间,并应进行临时防护。筋束存放处应干燥、通风,不得接触有腐蚀性的物质。

4.1.7 成品预应力束应进行验收,并签发合格证,悬挂标志牌。

4.2 管道、预应力筋与索安装

4.2.1 安装管道时,应去掉端头毛刺、卷边和折角,应保证管道直线段平顺、曲线段圆滑、管壁无破损、接头处密封良好。各断面必须定位准确,安装牢固可靠,管道安装允许偏差见表 4.2.1。

表 4.2.1 管道安装允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)	检查方法和频率
管道坐标	梁长方向	抽查 30%, 每根查 10 个点
	梁高方向	
管道间距	同排	抽查 30%, 每根查 5 个点
	上下层	

注:该公差属于张拉施工质量验收中的检控项目,应严格控制。

4.2.2 波纹管的接长应布置在直线段,可采用直径稍大的同型波纹管作为接头管,被接管旋进套管内的长度不得少于 100mm,接头两端与被接管交接处应用密封胶带或塑料热缩管封裹,以防接缝处进浆堵塞管道。

4.2.3 锚具安装位置应准确,固定牢靠,锚垫板与预应力筋在锚固区应相互垂直。

4.2.4 利用螺母锚固的支撑式锚具,安装前应逐个检查螺纹的配合情况;大直径螺纹的表面应涂润滑油脂,以使张拉和锚固时能顺利旋合和拧紧。

4.2.5 锚具、夹具和连接器在安装前,应擦拭干净,需要在锚固构件上涂抹介质以改善锚固性能时,应在锚具安装时涂抹。

4.2.6 穿束应整束穿入,可前后拖动,不得扭转。对于长度大于 100m,钢绞线根数大于 12 的预应力筋,宜采用能确保整束穿束的辅助工装。

4.2.7 预应力筋安装完毕后应调整两端长度,使之满足张拉操作需要,对预应力筋外露部分应进行临时防护。

4.2.8 斜拉桥斜拉索的安装宜根据塔高、布索方式、索长、索径、索的刚柔程度、起重设备和施工现场状况等综合选择安装方法。施工中不得损伤索体保护层和索端锚头及螺纹,不得堆压弯折索体。

4.2.9 吊索和系杆索的安装应保证在安装过程中索体不受损伤。安装时应采取措施,防止索体扭转。

5 张拉施工

5.0.1 张拉前混凝土强度、龄期、外观和尺寸应符合设计要求。

5.0.2 曲线预应力筋和长度超过 25m 的直线预应力筋,在设计无规定时,应采用两端张拉。

5.0.3 张拉以应力控制为主,伸长值控制为辅。伸长值允许偏差应控制在 $\pm 6\%$ 内。

5.0.4 安装张拉设备时,应使张拉力合力作用线与预应力筋或索的轴线重合。

5.0.5 钢绞线和钢丝类预应力筋在张拉前应进行初张拉,初应力宜采用张拉控制应力 σ_{con} 的 15%。

5.0.6 预应力构件张拉时,同一断面上宜采用多台千斤顶,按照设计要求分批、对称、分级张拉到位。

5.0.7 钢丝、钢绞线、精轧螺纹钢筋的张拉控制应力值 σ_{con} 和张拉应力值 σ_{ten} 应符合设计要求,一般情况下:

- | | |
|-----------|--------------------------------|
| 1 钢丝、钢绞线: | $\sigma_{con} \leq 0.75f_{pk}$ |
| | $\sigma_{ten} \leq 0.80f_{pk}$ |
| 2 精轧螺纹钢筋: | $\sigma_{con} \leq 0.90f_{pk}$ |
| | $\sigma_{ten} \leq 0.95f_{pk}$ |

式中: f_{pk} ——预应力钢筋抗拉强度标准值。

5.0.8 预应力张拉程序应符合设计要求,当设计无规定时,应按表 5.0.8-1、表 5.0.8-2 进行。

表 5.0.8-1 先张法预应力筋张拉程序

预应力筋种类	张拉程序
钢筋	$0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow 1.05\sigma_{con}$ (持荷 5min) $\rightarrow 0.9\sigma_{con} \rightarrow \sigma_{con}$ (锚固)
钢丝、钢绞线	$0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow 1.05\sigma_{con}$ (持荷 5min) $\rightarrow 0 \rightarrow \sigma_{con}$ (锚固)
	对于夹片式等具有自锚性能的锚具:低松弛力筋 $0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow 1.03\sigma_{con}$ (持荷 5min 锚固)

注:1. 超张拉数值超过最大张拉应力限值时,应按本规程第 5.0.7 条规定进行张拉。

2. 张拉钢筋时,为保证施工安全,应在超张拉放张至 $0.9\sigma_{con}$ 时安装模板、普通钢筋及预埋件等。

3. 对夹片式锚具,超张拉系数取 0.03,有条件时应采用实测的锚固口摩擦损失系数。

表 5.0.8-2 后张法预应力筋张拉程序

预应力筋种类		张拉程序
钢筋、钢筋束		0→初应力→1.05 σ_{con} (持荷 5min)→ σ_{con} (锚固)
对于夹片式等具有自锚性能的锚具	钢绞线	低松弛力筋 0→初应力→1.03 σ_{con} (持荷 5min 锚固)
	钢丝束	
其他锚具	钢绞线束	0→初应力→1.05 σ_{con} (持荷 5min)→ σ_{con} (锚固)
	钢丝束	0→初应力→1.05 σ_{con} (持荷 5min)→0→ σ_{con} (锚固)
精轧螺纹钢	直线配筋	0→初应力→ σ_{con} (持荷 5min 锚固)
	曲线配筋	0→ σ_{con} (持荷 5min)→0(上述程序可反复几次)→初应力→ σ_{con} (持荷 5min 锚固)

注:1. 两端同时张拉时,两端千斤顶升降压应同步,其伸长值应基本一致。

2. 梁的竖向预应力筋可反复张拉到控制应力,以尽可能消除构件间的非弹性变形,然后按正常张拉程序张拉测伸长值和锚固;也可采用先张拉、锚固,在压浆前再次重新张拉、锚固的方法张拉。

3. 超张拉数值超过最大张拉应力限值时,应按本规程第 5.0.7 条规定进行张拉。

4. 对夹片式锚具,超张拉系数取 0.03,有条件时应采用实测的锚圈口摩擦损失系数。

5.0.9 后张预应力筋断丝、滑移限制见表 5.0.9。

表 5.0.9 后张预应力筋断丝、滑移限制

类别	检测项目	控制数
钢丝束和钢绞线束	每束钢丝断丝或滑丝	1 根
	每束钢绞线断丝或滑丝	1 丝
	每个断面断丝之和不超过该断面钢丝总数的百分比	1%
单根钢筋	断筋或滑移	不容许

5.0.10 预应力、索力张拉锚固后,锚具夹片顶面应平齐,其错位不得大于 2mm,且全部夹片高差不得大于 3mm。

5.0.11 预应力、索力张拉锚固后,应及时进行有效预应力、有效拉力检测,确认合格后方可切割预应力筋、索多余部分,切割后预应力筋的外露长度不应小于 30mm,索不应小于 200mm。严禁使用电弧焊切割。

5.0.12 对于夹片式、锥塞式等锚具,在张拉锚固过程中或锚固完成以后,不得大力敲击或震动。

5.0.13 张拉锚固后需要放松预应力、索力时,应符合以下规定:

- 1 对于承压式锚具,可用张拉设备松开锚具,将预应力、索力缓慢地卸除。
- 2 对于夹片式、锥塞式锚具,可采用专用放松装置将锚具松开。
- 3 严禁在预应力筋、索存在拉力的状态下直接将锚具卸去。

- 4 对于需再次锚固的预应力筋、索,严禁有夹痕的部分进入受力段。
- 5 应有可靠的放张方案和详尽的放张记录。

5.0.14 封锚混凝土应密实并与周围混凝土粘结牢固,锚固区预应力筋端头的混凝土保护层厚度不得小于20mm,当处于易受腐蚀的环境中时,保护层应适当加厚。对突出式锚固端,锚具表面距混凝土边缘不得小于50mm,封锚混凝土内配置1~2片钢筋网,并应与预留锚固筋绑扎牢固。

5.0.15 斜拉桥斜拉索索力张拉顺序、级次数和量值应按设计规定分级同步张拉,张拉宜以索力值为准,以伸长值做校核;对于平行钢绞线拉索,有条件时可采用单根钢绞线张拉;在施工过程中,应通过检测对张拉应力加以修正,保证各单根钢绞线有效拉力大小和不均匀度满足设计要求。

5.0.16 斜拉桥斜拉索张拉完成后,应对各个锚固单元进行顶压,并安装防松装置;应对拉索进行最后组装,并进行抗震防护与防腐处理。对于无粘结拉索,防腐填料不允许采用环氧树脂、水泥浆等固结材料。

5.0.17 悬索桥、拱桥的吊索和系杆索应分多次逐步张拉至设计值。在施工过程中,应通过检测对张拉力加以修正,确保张拉时每一根吊索和系杆索的索力符合设计要求。

6 张拉施工质量检测

6.1 一般规定

6.1.1 检测目的

对预应力、索力张拉施工质量进行跟踪检测与控制,以便及时调整施工工艺。

6.1.2 预应力、索力检测频率

根据桥梁安全等级、预应力筋、索工作形式的不同,检测频率应满足下列要求:

- 1 检测以抽检为主,预应力筋不宜少于 10%。
- 2 体外筋、环形筋、无粘结筋、竖向筋、负弯矩段预应力筋不得少于 15%。
- 3 连续梁、连续刚构桥等边、中跨合龙段预应力筋不得少于 20%。
- 4 斜拉索、吊索和系杆索不得少于 15%。

6.1.3 检测内容

1 预应力检测内容:

- 1) 摩阻测试(包括锚圈口、锚垫板和管道摩阻);
- 2) 对称张拉、两端张拉的张拉同步性;
- 3) 检测整束预应力筋、单根钢绞线的有效预应力。

2 索力检测内容:

- 1) 张拉跟踪检测与控制;
- 2) 检测整索、单根钢绞线的有效拉力。

6.1.4 检测时间

预应力筋张拉锚固后,应在 24h 内进行有效预应力检测。索力检测应在张拉锚固后 1h 内进行。

6.2 检测控制指标

6.2.1 一般项目

预应力、索力张拉过程控制:

- 1 预应力张拉前应进行摩阻测试

桥梁预应力及索力张拉施工质量检测验收规程(CQJTG/T F81—2009)

- 1) 张拉施工前,应对不同孔道进行两孔以上的摩阻测试。
- 2) 摩阻测试确定的管道摩擦系数 μ 和孔道每米局部偏差对摩擦的影响系数 k 在征得设计单位的意见后用于修正张拉控制应力。
- 2 预应力张拉跟踪控制
 - 1) 张拉施工时,应对张拉全过程进行跟踪控制。
 - 2) 张拉跟踪控制频率:①一般桥梁不宜少于10%;②连续梁桥、连续刚构桥不宜少于20%;③合龙段不宜少于20%。
 - 3) 多顶张拉同步性控制精度为 $\pm 2\%$ 。
 - 4) 张拉控制应力精度为 $\pm 1.5\%$ 。
 - 5) 张拉至控制应力后,应保证足够的持荷时间。
- 3 索力张拉跟踪控制
 - 1) 张拉施工时,应对张拉全过程进行跟踪控制。
 - 2) 张拉跟踪控制频率不宜少于30%。
 - 3) 平行钢丝索同步张拉控制精度为 $\pm 2\%$ 。
 - 4) 平行钢绞线索同步张拉控制精度为 $\pm 2\%$ 。
 - 5) 张拉应保证足够的持荷时间。
 - 6) 张拉控制力精度为 $\pm 1\%$ 。

6.2.2 关键项目

1 有效预应力检测控制

1) 有效预应力控制

对 $f_{pk} = 1860\text{MPa}$ 、公称直径为15.2mm的单根钢绞线,张拉锚固后锚下有效预应力大小应满足表6.2.2-1的要求。

表 6.2.2-1 有效预应力大小的控制要求

设计张拉控制应力(MPa)	有效预应力(kN)	允许偏差(%)
$0.7f_{pk}$	168	± 5
$0.75f_{pk}$	178	± 5

2) 有效预应力不均匀度的控制应满足表6.2.2-2的要求。

表 6.2.2-2 有效预应力不均匀度的控制要求

项 目	允许偏差(%)	项 目	允许偏差(%)
有效预应力同束不均匀度	± 5	各束有效预应力同断面不均匀度	± 2

2 索力检测控制

1) 平行钢绞线索:单根钢绞线有效拉力大小允许偏差为 $\pm 3\%$,钢绞线有效拉力同索不均匀度允许偏差为 $\pm 3\%$;整索有效拉力大小允许偏差为 $\pm 2\%$,整索有效拉力同断面不均匀度允许偏差为 $\pm 2\%$ 。

2) 平行钢丝索:整索有效拉力大小允许偏差为 $\pm 2\%$,整索有效拉力同断面不均匀度允许偏差为 $\pm 2\%$ 。

7 张拉施工质量验收

7.1 一般规定

7.1.1 预应力、索力张拉施工完毕,对施工过程中发生的质量问题,经处理后已达到设计要求的,方可进行验收。张拉施工质量验收除应符合本规程规定外,还应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041)等相关规范的要求。

7.1.2 应以“验评分离、强化验收、完善手段、过程控制”为原则,客观公正地对张拉施工质量进行验收评估。

7.1.3 张拉施工分项工程验收

1 根据材料类别可划分为预应力筋、索、波纹管和锚具等检验批,其质量标准和检验方法均应符合国家现行有关产品标准和本规程的规定。

2 根据施工工艺流程可划分为制作及安装、张拉、封锚三个检验批。每个检验批的质量验收都必须通过项目质检人员和监理工程师的书面确认。

7.1.4 张拉施工质量要求

后张法管道安装位置偏差、摩阻大小及张拉控制精度等合格率不得低于 85%;有效预应力、有效拉力大小和不均匀度合格率不得低于 90%。

7.2 验收

7.2.1 质量标准

预应力、索力张拉施工质量检测各项目的控制要求和允许偏差列于表 7.2.1-1 ~ 表 7.2.1-6。

1 一般项目

表 7.2.1-1 后张预应力筋制作安装允许偏差

项 目	允许偏差(mm)	检查方法和频率
管道坐标	梁长方向	抽查 30%,每根查 10 个点
	梁高方向	

桥梁预应力及索力张拉施工质量检测验收规程 (CQJTG/T F81—2009)

续上表

项 目		允许偏差(mm)	检查方法和频率
管道间距	同排	10	抽查 30%, 每根查 5 个点
	上下层	10	

表 7.2.1-2 张拉过程控制频率

类 别	控制频率	类 别	控制频率
一般桥梁预应力筋	≥10%	桥梁合龙段预应力筋	≥20%
连续梁桥、连续刚构桥预应力筋	≥20%	斜拉索、吊索、系杆索	≥30%

表 7.2.1-3 张拉控制精度

类 别		控制精度
张拉同步性	预应力筋	±2%
	索	±2%
张拉控制应力	预应力筋	±1.5%
张拉控制力	索	±1%

2 关键项目

表 7.2.1-4 预应力、索力检测频率

类 别		检测频率
预应力筋	一般预应力筋	≥10%
	体外筋、环形筋、无粘结筋、竖向筋、负弯矩段筋	≥15%
	边、中跨合龙段预应力筋	≥20%
	索	≥15%

表 7.2.1-5 预应力筋有效预应力检测质量汇总

项 目		允许偏差
不均匀度	有效预应力同束不均匀度	±5%
	有效预应力同断面不均匀度	±2%
大小	单根钢绞线有效预应力大小	±5%
	整束平均有效预应力大小	±5%

表 7.2.1-6 索力检测质量汇总

类 别	检测质量		允许偏差
平行钢丝索、 平行钢绞线索	不均匀度	整索有效拉力同断面不均匀度	±2%
	大小	整索有效拉力大小	±2%
平行钢绞线索	不均匀度	有效拉力同索不均匀度	±3%
	大小	单根钢绞线有效拉力	±3%

7.2.2 对连续梁桥、连续刚构桥和斜拉桥等重要桥梁,宜将张拉施工质量检测的结果当日形成报告,对预应力、索力张拉施工质量进行综合分析。

附录 A 周期荷载性能试验

A.0.1 用于有抗震要求的结构中的锚具、无粘结筋的锚具、预应力筋—锚具组装件应满足循环次数为 50 次的周期荷载试验。

A.0.2 当锚固的预应力筋为钢丝、钢绞线时,试验应力上限取预应力筋抗拉强度标准值 f_{pk} 的 80%,下限取预应力筋抗拉强度标准值 f_{pk} 的 40%。

A.0.3 当锚固的预应力筋为有明显屈服台阶的预应力钢材时,试验应力上限取预应力钢材抗拉强度标准值 f_{pk} 的 90%,下限取预应力钢材抗拉强度标准值 f_{pk} 的 40%。

A.0.4 试件经 50 次循环荷载后,预应力筋在锚具夹持区域不应发生破断,并且锚具无任何破损现象。

A.0.5 试验应符合重复精度要求,以确保其可靠性和稳定性。

本规程用词说明

- 1 为便于执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:
 - 1) 表示很严格,非这样做不可的:
 - 正面词采用“必须”;
 - 反面词采用“严禁”。
 - 2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
 - 正面词采用“应”;
 - 反面词采用“不应”或“不得”。
 - 3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:
 - 正面词采用“宜”;
 - 反面词采用“不宜”。
 - 4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的:
 - 正面词采用“可”;
 - 反面词采用“不可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行时写法为:“应按……执行”或“应符合……的要求”。非必须按所制定的标准执行时,写法为“可参照……执行”。

附件

《桥梁预应力及索力张拉施工质量检测验收规程》

(CQJTG/T F81—2009)

条 文 说 明

1 总则

1.0.1 预应力技术在桥梁施工中占有重要地位,已成为当今桥梁建设中的关键课题。预应力施工不当会导致很多工程事故,如有效预应力过大,将导致梁体的过大变形;有效预应力过小,易导致梁体下挠、垮塌,从而危及工程安全。索力大小与不均匀度将影响梁体的线形和索自身的使用寿命。本规程的制定,可使预应力与索力的张拉施工和检测控制有一个统一的标准,确保工程质量,消除施工隐患,更好地推动预应力技术在工程建设中的应用。

1.0.2 本规程根据新的检测控制手段和技术,制定了对现场施工的单根钢绞线、整束、整片梁、全桥的预应力和索力张拉施工质量进行验收评估的标准,适用于简支梁桥、连续梁桥、连续刚构桥、中下承式系杆拱桥、悬索桥、斜拉桥等的新建、改建及换索工程的预应力束、斜拉索、吊索和系杆索张拉施工。

本规程规定的检测控制方法可检测后张法构件压浆前锚下有效预应力,对于先张法构件,只适合检测混凝土浇筑前各力筋受力不均匀度;对预应力筋,张拉锚固后 24h 内进行检测,对拉索和吊索,张拉锚固后 1h 内应及时检测,发现施工问题,当场处理,确保张拉质量。

1.0.3 预应力张拉过程中可能出现以下问题:

1 滑丝

引起滑丝的主要原因有:①张拉时锚具锥孔与夹片之间有杂物;②钢绞线有油污;③锚固效率系数小于规范要求值;④钢束中钢绞线受力不均匀;⑤切割锚头钢绞线留得太短;⑥夹片、锚具的强度不够。

2 断丝

引起断丝的主要原因有:①预应力同束不均匀度过大,导致单根绞线(钢丝)应力大于其极限强度;②钢绞线(钢丝)本身质量有问题;③千斤顶多次重复使用,导致张拉力不准确;④锚具存在质量问题。

3 夹片破裂

其主要原因一般是夹片存在质量缺陷,表现特征是张拉中可听到破裂声,甚至出现夹片飞出。

4 千斤顶漏油严重

其主要原因一般是千斤顶内密封圈老化破损或千斤顶缸壁划伤,表现特征是正常加压时,压力表工作不正常或活塞不移动。

5 压力表不回零

其主要原因是压力表内弹簧失效或油路有问题。

如遇上述任一异常情况,应立即停止张拉,查明原因。无论是原材料、张拉机具还是张拉工艺的问题,都要采取相应措施,消除隐患后,方可继续施工。

2 术语

本章将本规程出现的与预应力相关的术语列出。术语的解释,部分是国际公认的标准,也有部分是概括性的含义。

这里特别强调张拉应力与张拉控制应力的区别;锚下有效预应力 σ_{eff} ,分为张拉锚固后的(只经过锚固损失)和长期营运中的(经过梁体徐变、预应力筋松弛等一切损失后)两种。

3 材料和器具

3.0.1 预应力筋材料包括高强钢筋、钢丝、钢绞线等,以及用做预应力材料的高强钢管、钢梁等。预应力筋可根据结构受力特点、环境条件和施工方法选用。

预应力筋的力学性能指标包括屈服强度、极限强度、延伸率、松弛率、弹性模量等。本规程重点强调实际预应力工程中较多采用的钢丝、钢绞线以及精轧螺纹钢筋的质量。

3.0.2 静载试验中,当钢绞线破断时,断口不允许发生在夹片处,否则为不合格。

周期荷载试验是十分重要的,有些锚具经疲劳荷载试验合格,但在进行周期荷载试验时夹片却出现裂纹(磁粉探伤检查)。终生受力的锚具,若夹片有微裂纹产生,将导致锚固失效,造成工程事故。

3.0.5 在先张法或后张法施工中,张拉后永久留在混凝土结构或构件中的连接器,都必须符合锚具的性能要求。其中中心有锥孔(夹片孔)的部分就作为一般锚具使用,在连接器的周边开有固定槽,用来固定带有挤压套的钢绞线,从而在张拉时作为固定锚具使用;如为张拉后必须放张和拆卸的连接器,则必须符合夹具的性能要求,放张后要多次重复使用。

3.0.7 刚性或半刚性管道一般为金属材料,刚性管道应具有光滑的内壁并可被弯曲成适当的形状而不出现卷曲或被压扁;半刚性管道应是波纹状的金属管。在实际工程中,传统的金属管道能形成对预应力筋的防护,但在混凝土开裂或在使用时间过长的情况下,仍有锈蚀的可能,往往不能对预应力筋起到良好的保护作用。为提高管道的防腐蚀性能,金属管道应尽量采用镀锌材料制作。

3.0.8 斜拉索、吊索和系杆索及其附件应配套制作,如斜拉索需有可靠的防腐处理、配套的锚固体系、防松和防震装置,其要求很高,应严格执行国家标准或行业标准与规定,所以必须委托有资质有实力的专业单位制作,才能达到相应的检测和验收标准,而且还需配套相应的换索工装。

4 张拉施工准备

4.1 预应力筋制作

4.1.1 预应力筋的制作在预应力工程施工中较为关键,应加强控制,严格按照规范及设计要求进行。大型工程中均应设置具有良好防雨、防尘、防污染设施的专用预应力筋加工车间。若预应力工程量较小或无合适的场地时,也应设置有防雨、防污染的预应力筋制作工作台。不得在没有任何防护设施的场地上进行预应力筋制作。

4.1.2 预应力筋下料长度应准确。计算时应考虑结构的孔道或台座长度、锚夹具的厚度、千斤顶长度、锚头预留量、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和外露长度等因素。对于锚头锚用钢丝,下料长度十分重要,直接影响单根钢丝受力均匀度,必须严格按照规程要求下料;对于钢绞线,下料要求虽没有钢丝那么严格,但仍应加以控制,可按下列公式计算:

1 两端张拉

$$L = l + 2(l_1 + l_2 + 100\text{mm})$$

2 一端张拉

$$L = l + 2(l_1 + 100\text{mm}) + l_2$$

式中: l ——构件的孔道长度(mm);

l_1 ——夹片式工作锚厚度(mm);

l_2 ——张拉用千斤顶长度(含工具锚)(mm)。

4.1.3 钢丝、钢绞线及精轧螺纹钢筋的切断,应采用切割机或砂轮锯,不得采用电弧切割。用电弧或乙炔—氧气切割,会使切割部位受高温加热而改变物理力学性能,难以保证预应力筋的质量。

4.1.4 下料完毕后,进行预应力筋的梳束、编束时,用锚具梳顺,钢绞线由锚具锥孔大端穿入。锚具各孔事前需一一做好编号。注意:编号时锚具各孔与绞线编号一致。每隔1.0~1.5m 绑扎一次,以使绞线顺直、等长,绑扎成束顺直不扭转,便于穿束,严禁在钢绞线不顺直的情况下绑扎成束。

用连接器接长,分段张拉锚固的预应力束,各孔内绞线极易缠绕,对预应力束的梳、编、穿束工艺提出了更高的要求。带挤压套的绞线在完成P型锚具(连接器周边槽)安装

后必须逐根编号,套入锚具(最好用梳束板)进行梳理,锚具各孔位也应做好对应编号,其位置应与锚具安装孔位保持一致。P型锚具与梳理锚具之间各绞线线形平顺,不得相互缠绕,同时应采用扎丝对已梳理顺直的绞线逐段绑扎,绑扎间距不宜大于1m。

本条规定的目的是确保预应力筋平顺不扭结,绑扎牢固,使其在安装过程中不散索,以保证张拉时各根预应力筋受力均匀。

4.1.5 为便于穿束过程中调整筋束,使其不发生扭转,在束两端安装工作锚、工具锚时,不得使预应力筋交叉错位而相互缠绕;制束时应对每一根预应力筋进行编号,每根预应力筋两端编号应相同。

4.1.6 合格的预应力筋束应按编号整齐排放并进行临时防护,使验收合格的筋束得到妥善的保护,防止其在安装存放期间受损或被污染、腐蚀。

4.1.7 对成品预应力筋进行验收,签发合格证,挂标志牌,是预应力筋质量控制的重要措施,目的是防止不合格预应力筋进入安装工序或将筋束装错孔号,一旦预应力筋发生质量问题,便于迅速查出原因。

4.2 管道、预应力筋与索安装

4.2.1 为保证安装质量,应事先按设计图纸中预应力筋的曲线坐标在相应的结构钢筋上定出曲线位置及线形并用钢筋托架固定,间距要符合设计要求。安装就位后,必须用铁丝将管道与钢筋托架固定,以防预应力管道偏离设计位置。该位置直接影响预应力筋的束界、摩阻等,因此给出了允许偏差加以限制,并纳入张拉施工质量验收的检控项目。

4.2.2 波纹管接长布置在直线段是为了连接方便。为使连接可靠,其旋入长度应大于100mm,并对其实施相应防护。

4.2.3 锚具安装时应位置准确,锚垫板轴线应与连接孔道管轴线重合,否则在安装千斤顶时容易造成位置偏差和轴线夹角偏差。张拉时,不仅预应力损失较大,还会出现预应力筋在张拉端的锚垫板下被拉断,这是由于锚垫板平面与预应力筋轴线不垂直,造成预应力筋截面偏心受拉导致绞线折弯受力严重不均,受力大的因损伤而屈服。因此特别要求锚具(锚垫板)及千斤顶的安装轴线应与预应力筋保持在一条直线上。

4.2.4 凡是利用螺母锚固的锚具,一般是张拉至规定应力时,在带负荷状态下拧紧螺母。如果螺纹配合过紧或有碰伤可能会拧不动,故要求在安装锚具之前逐个检查螺纹的配合情况,保证在锚固时能顺利拧紧。

4.2.6 预应力束穿束时应整束穿入,注意前端封头,以便于导向穿束,严禁扭转。若遇阻力,可前后拖动(平动),或牵引。

对于预应力筋长度较长、整束根数较多的现浇预应力构件,可采取以下方法:钢绞线下料完毕后在其一端套入锚圈作为梳束工具(也可用限位板),用砂轮锯将该端钢绞线各根端头切割20~30cm,但保留中心一根钢丝,将中心丝穿入具有与锚具相似位置孔的牵引螺塞后再镦头,镦头直径大于牵引螺塞孔的直径,以满足整束穿束时拖动绞线平动的要求。牵引螺塞上各孔距略大于钢绞线中心丝直径,镦头后的整束钢绞线通过牵引螺塞与螺旋套连接,螺旋套另一端由卷扬机上的钢丝绳牵引。绞线穿束前钢绞线端头(包括切割部分)须用胶带缠绕保护,防止穿束过程中钢绞线端头散索。将牵引螺塞与螺旋套连接,螺旋套另一端由卷扬机上的钢丝绳牵引,由卷扬机缓慢牵引整束绞线平动完成整束穿束。若受场地限制可利用转向滑轮,也可增加卷扬机。钢绞线牵引时应采用锚圈边梳理边绑扎,绑扎间距宜为1.0~1.5m。在穿束过程中,注意克服预应力筋与波纹管的摩阻,便于对系统的保护。

4.2.7 无论是直线还是曲线预应力筋,安装完毕后均应调整两端长度,以满足张拉工艺的操作需要。对外露部分进行临时防护,防止其在施工中被雨水、尘土、混凝土、水泥浆及其他有害物质污染、腐蚀。

4.2.8 斜拉索的安装

1 平行钢丝斜拉索安装前应根据塔高、索长、索重、斜度和风力等因素计算其安装过程中锚头距索管口2.0m、1.0m,距锚板0.70m以及锚头带锚环时的牵引力,以综合选择架设方案和设备。斜拉索抗振约束环和减振器未安装前,必须确保索管和锚端防水、防腐和防污染。

2 平行钢绞线斜拉索安装前,需在桥面适当位置安装钢绞线放线架、导向轮、切割工作平台以及切割和镦头的相关设备;在塔柱外索鞍两侧附近安装工作平台和起吊设备。

3 HDPE外套管起吊时,不准在未加支垫保护的桥面上拖拽,与其有连接关系或成套关系的所有部件均须与其临时固定。HDPE管临时固定时,应保证其两端距梁上预埋管口和塔上锚垫板各留出1m左右空间。起吊过程中,其下方严禁站人。

4 施工中不得损伤索体保护层和锚具外螺纹。应保护拉索不被腐蚀、加热、磨损和其他不利影响。

5 锚具和钢绞线组成无粘结斜拉索,要保证能对钢绞线实行单根更换,否则被视为不合格。

4.2.9 吊索和系杆索安装应配备专用工装,最好由制作单位提供。

5 张拉施工

5.0.1 混凝土强度直接影响梁体强度,而龄期影响弹性模量,进而危及梁体变形。张拉前混凝土表面特别是锚垫板附近若有蜂窝及其他缺陷,应在拆模后立即进行处理,必要时对密实度进行抽检,处理完毕后方可张拉。这样做的原因是:张拉时,锚垫板周围受力复杂,拉应力大,倘不密实易造成混凝土裂纹,甚至爆裂。

5.0.2 两端张拉工艺是用张拉设备对预应力筋两端同步或先一端再另一端张拉的工艺,适用于较长的预应力筋束。对于两端同步张拉工艺,有利于力的传递,施工效率高,但占用设备多,实施难度较大;对于两端先后张拉工艺,虽然两端锚垫板处有效预应力可达到相等,但效率低。在孔道壁光滑(如金属波纹管孔道)、孔道长度不长、管道曲率半径较大,及锚具回缩应力损失较大的情况下,一端张拉比较有利,而且它张拉次数少,施工简便,成本低,更能满足结构的特殊要求,但需准确地计算孔道反摩阻和预应力筋回缩。采用一端张拉时,由于管道摩阻的作用,摩阻力集中在一端的锚、夹具和千斤顶上,朝固定端或跨中方向预应力筋的拉应力有所降低,如图 5-1 所示。预应力钢筋锚固后,锚具变形、钢筋回缩和接缝压缩等会引起预应力损失。由于管道反摩阻的影响,预应力损失在张拉端最大,沿构件的长度方向逐渐减小,最后至零。有两种情况:①假定锚固后预应力的损失影响长度 $S \geq L/2$,这说明跨中应力受到了钢筋回缩等的影响而有所减小,张拉端锚固后的应力小于固定端的应力,可采用一端张拉;②假定锚固后预应力的损失影响长度 $S < L/2$,这时张拉端锚固后的应力大于固定端,可采用两端张拉,若仍采用一端张拉,需在另一端进行补张拉。补张拉过程中,对两端的有效预应力进行测试,就可以算出摩阻损失。

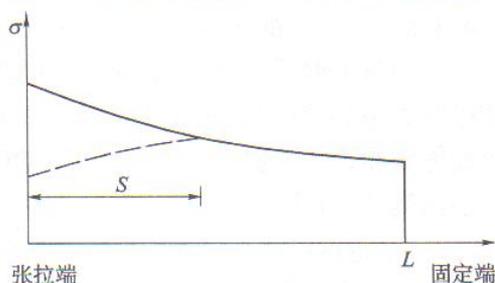


图 5-1 考虑反摩阻作用的预应力筋沿长度方向的应力变化

对于短束,进行一端张拉可减小由于筋束回缩、接缝压缩等造成的预应力损失。

5.0.4 见本规程条文说明 4.2.3。

5.0.5 预应力筋张拉前,应进行调束,以保证张拉锚固后有效预应力同束不均匀度。倘严重不均,必然影响同断面有效预应力分布,导致部分单根钢绞线张拉时屈服断裂,在使用阶段出现工程病害。

5.0.6 预应力筋的张拉,应采取多项同步分级张拉工艺,使梁在施加预应力的过程中受力均匀、对称且同步。施加预应力后,各束受力不均匀度好,不会发生像传统逐束张拉时,梁体受到偏心力矩发生弯曲扭转的情况,施加预应力过程中对称、同步,受力均匀,不产生有害变形。

张拉施工时,各张拉机具应在保压持荷均达到稳定后同步放张。为排除混凝土的弹性压缩不均、预应力筋回缩及锚具变形不均等对张拉后有效预应力的影响而产生同断面有效预应力不均匀,采用设计规定的分级张拉程序,尽量消除各束预应力损失不均带来的有效预应力偏差。必要时可测出全断面的锚下有效预应力,求出张拉顺序影响系数,校正张拉应力,以消除先后张拉影响。

5.0.7 张拉应力为张拉控制应力与锚圈口摩阻损失之和,其值必须小于预应力筋的屈服极限,此时预应力筋处于弹性状态,经多次张拉后能够恢复到初始状态。

钢丝、钢绞线无屈服台阶的预应力筋在张拉时,应考虑对预应力筋进行超张拉。对于竖向束等短束,主要根据由锚具变形、钢筋回缩和接缝压缩造成的预应力损失情况来调整张拉应力,必要时采用低回缩值锚具;对于长束、环形束,主要根据摩阻损失情况来调整张拉应力。确定张拉应力时必须考虑预应力筋束有效预应力的不均匀度,最大张拉应力不允许超过其屈服强度的0.94倍。

对于端部设有锚圈(有锚圈口摩阻损失的锚具)的锚具,张拉控制应力小于张拉应力;对于端部不设锚圈(无锚圈口摩阻损失的锚具)的锚具,张拉控制应力等于张拉应力。端部设有锚圈的锚具,张拉时,张拉应力最大值一般不得超过 $0.8f_{pk}$;端部不设锚圈的锚具,张拉应力一般不得超过 $0.75f_{pk}$ 。也就是说,梁的张拉应力一般不应超过 $0.8f_{pk}$,梁的张拉控制应力一般不得超过 $0.75f_{pk}$ 。

5.0.8 明确张拉控制应力与锚下有效预应力的区别,张拉控制应力是张拉时对预应力筋锚下所施加的最大应力值,而锚下有效预应力是锚固后张拉控制应力扣除了各种因素的预应力损失(此时主要是绞线回缩和梁体压缩, $\sigma_{\text{eff}} = \sigma_{\text{con}} - \text{锚固损失}$)。至于经长期衰减、徐变后的锚下有效预应力,对无粘结筋即为沿程有效预应力,对有粘结筋则仍为锚下永存拉应力。

梁的竖向预应力筋(精轧螺纹钢)可反复张拉到控制应力,以尽可能消除构件间的非弹性变形,然后按正常张拉程序张拉测伸长值和锚固;也可采用先张拉、锚固,在压浆前再次重新张拉、锚固的方法张拉。这种方法比较复杂,施工较为烦琐。建议采用低松弛钢绞线并实施单根超张拉,张拉应力可相应提高,取 $\sigma_{\text{ten}} < 0.85f_{pk}$,必要时宜采用承压式低回缩值锚具,张拉时应保证持荷时间,使应力充分传递。这种方法较为简便,能尽可能消除梁体锚具变形,有利于有效预应力的建立,有利于反拱度。

锚圈口摩阻系数 k ,按各厂家所提供的资料,其数据为0.023~0.026,所以可取0.03。如有条件进行实测,就会更加准确可靠。

5.0.9 预应力筋张拉过程中出现断丝的主要原因是,同束中各单根钢绞线或钢丝受力不均匀,而受力不均皆由其梳、编与整束安装不规范所致。如果在梳束、编束、穿束时严格遵照本规程施工工艺进行,则各单根钢绞线、各单根钢丝受力不均匀度完全可以控制在 $\pm 5\%$ 以内,张拉应力最大值为 $0.8f_{pk}$,能够保证各束张拉后的受力不均匀度,并且张拉中同一断面的断丝是完全可以避免的。如张拉中一旦出现断丝,必须检查认定,确定原因。若绞线不合格则换绞线,锚具不合格则换锚具;若梳、编、穿束存在问题,则必须全部退锚,重新穿束。

若有断丝现象发生,其他未断丝绞线有的可能已经屈服失效,有的达到极高的应力值,即使经长期衰减后仍然大于其疲劳强度($0.65f_{pk}$),在使用阶段受到汽车等活载作用将导致钢绞线早期疲劳断裂,造成梁体下挠甚至垮塌。这在连续刚构桥中尤为明显,因此必须对断丝进行相应的处理,以消除预应力筋早期疲劳而导致的工程隐患。

同束有效预应力过大,将影响单根绞线使用寿命;过小,则有效预应力不足,造成材料浪费。由于钢绞线和钢丝的屈服点为其抗拉强度的 0.85 倍,对应张拉应力为 $0.8f_{pk}$ (考虑到张拉中单根钢绞线受力不均匀, $0.8/0.85=0.94$,即为屈服强度的 0.94 倍),经绞线回缩和锚具压缩等损失后,有效预应力一般不会超过 $0.7f_{pk}$ 。同时考虑到现有施工条件,同束中各钢绞线有效预应力偏差控制在 $\pm 5\%$ (10%)的范围内,经衰减后使用阶段有效预应力一般不超过 $0.6f_{pk}$,由活载引起的附加应力可取 $0.05f_{pk}$,因此在活载作用下绞线的有效预应力不超过 $0.65f_{pk}$,满足疲劳强度要求。

5.0.10 预应力筋张拉锁定后夹片应平整,一般不允许有错位,特别在无粘结筋中更不允许。因为错牙影响夹片对预应力筋的咬合面积,如果错位,将使咬合力减小,从而影响筋束的锚固效果,甚至发生滑丝的危险。

5.0.11 切断后,要求预应力筋外露长度不小于 30mm ,是为了确保不滑丝,且便于封锚;而索不小于 200mm ,是为了便于今后换索。

5.0.12 大力敲击或震动过大,会导致锚具松退失效,十分危险。

5.0.13 后张法或先张法的预应力筋锚固后,如需要放松,都必须使用专门的放松设备,在确保安全的情况下缓慢地放松。禁止在预应力筋存在应力的状态下将其切断。张拉锚固后需要放松预应力、索力的,应有可靠的放张方案和详尽的放张记录。

先张法预应力筋的放张顺序应符合设计要求。当设计无具体要求时,可按下列规定放张:对承受轴心预压力的构件,所有预应力筋应同时放张;对承受偏心预压力的构件,应先同时放张预压力较小区域的预应力筋,再同时放张预压力较大区域的预应力筋;当不能按上述规定放张时,应分批、分级、对称放张。

后张法预应力筋张拉锚固后,如遇特殊情况需要放张,宜在工作锚上安装拆锚器,采

用小型千斤顶逐根放张。

5.0.15 平行钢丝斜拉索宜采用整体张拉,张拉施工的设备和方法应根据设计的索型、锚具、布索方式,塔和梁的构造确定,其张拉的顺序、级次数和量值应按设计规定执行。斜拉索锚固时不宜在锚环与承压板间加垫,需要加垫时,其垫圈材料和强度应符合承压要求,并应设成两个密贴带扣的半圆。

平行钢绞线斜拉索建议采用单根钢绞线张拉到设计值。在张拉过程中,一索张拉完成后,通过检测各单根钢绞线索力,确定其张拉顺序影响系数,再进行单根张拉,保证各单根绞线拉力不均匀度满足设计要求。也可采用如下方法:单根钢绞线上埋设传感器,将埋设传感器的首根钢绞线张拉到设计值,以此作为张拉应力基准,以后各根绞线按此基准张拉,以受张顺序影响各不相同的张拉应力张拉到位。

5.0.17 吊索的张拉及加载必须根据主梁和主缆的刚度、自重通过计算机模拟计算的方法得出最佳加载程序。整个张拉过程中,必须对索塔的变形、主缆线形、吊索拉力和伸长量、主梁标高、应力进行严格的检测记录。

6 张拉施工质量检测

6.1 一般规定

6.1.1 本规程强调检测的目的是控制预应力与索力张拉施工的过程,即通过检测张拉锚固后锚下有效预应力与有效拉力的大小,分析施工中存在的问题,完善施工工艺和方法,以严格梳编穿束控制有效预应力同束不均匀度,以全程跟踪并控制张拉,使有效预应力与有效拉力的大小和同断面不均匀度符合精度要求。

6.1.2 检测以抽检为主,检测频率一般不小于10%,但对重要部位,还应加大检测频率。预应力张拉施工前进行规程学习,张拉开始时要加大检测力度,取检测总量的40%,边检测边指导,待质量稳定后,以总量的50%进行长期抽检,最后10%在张拉结束前检测。这样,通过检测保证工艺的全面贯彻,达到全面控制的目的。同时,检测也是控制施工结果的有力手段。

我们在长期检测中发现:开始时各束有效预应力同断面不均匀度、各绞线有效预应力同束不均匀度都比较大,经过一段时间的检测控制后有明显的改观,但有时也出现很大的反复(如图6-1~图6-4)。这说明严谨的施工工艺的全面掌握需要一个过程。因此,为有效控制预应力张拉施工质量,检测频率最小不宜小于10%。对于难度较大、要求较高的重要桥梁预应力与索力施工,应适当提高检测频率(15%~20%),同时加强技术指导和监督,将严格的施工工艺贯彻和保持下去,形成良好的施工作风。实践证明,此检测频率是必要的,也是可行的。

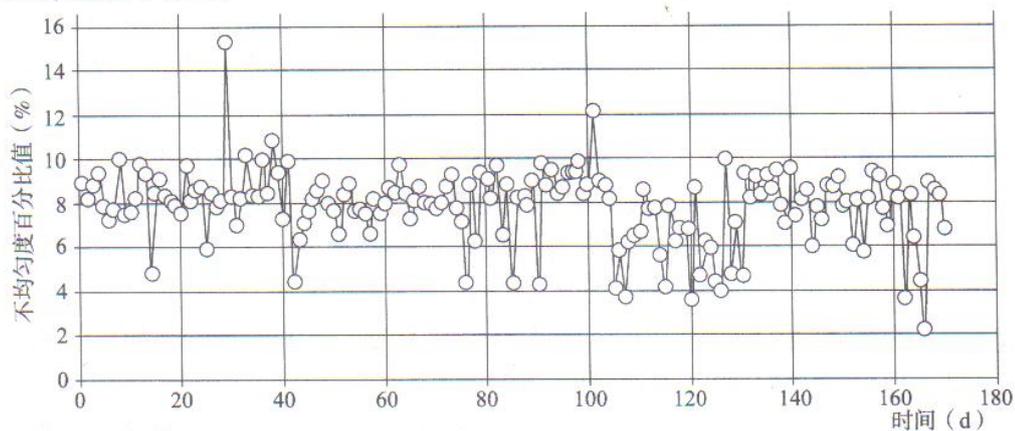


图 6-1 实测有效预应力同束不均匀度走势图(一)

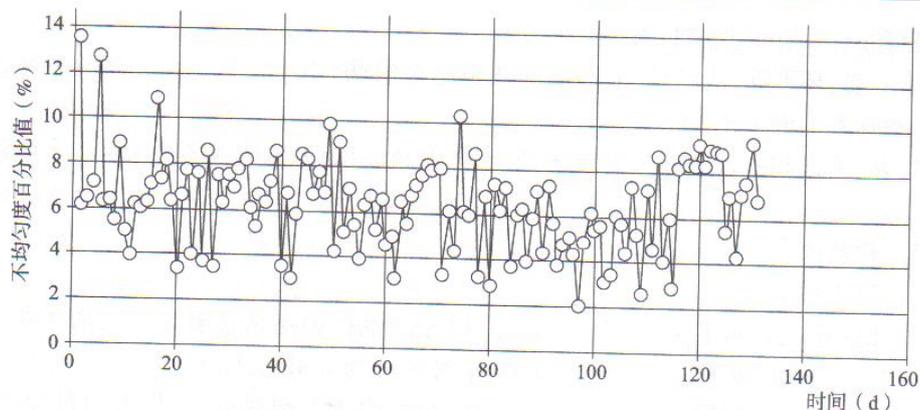


图 6-2 实测有效预应力同束不均匀度走势图(二)

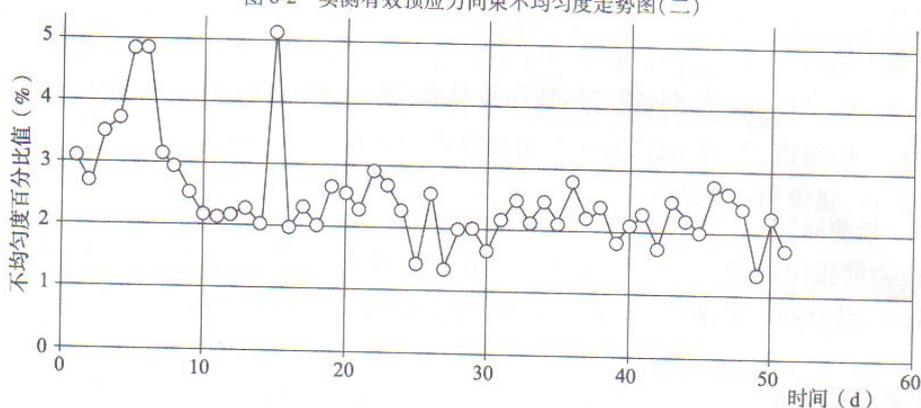


图 6-3 实测有效预应力同断面不均匀度走势图(一)

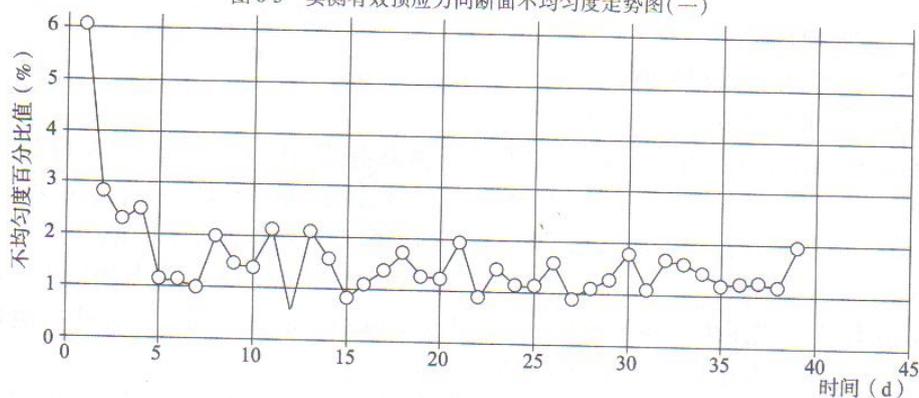


图 6-4 实测有效预应力同断面不均匀度走势图(二)

对连续梁桥,由于按节段挂篮施工,采用连接器,每一节段短,连接器由周边 P 型锚进入中心锚具,绞线易打绞,必须严格梳编穿束,否则不均匀度偏差将十分严重,故应加大检测频率(不得小于 20%)。

对连续刚构桥的跨中节段,合龙前后必须实行全面的检测。合龙段筋束长、贯穿节段多,加之每束绞线根数多,易发生相互缠绕而导致有效预应力不均。为确保合龙段预应力施工质量,必须加大对边、中跨合龙段的检测控制力度,其检测频率不得小于 20%,同时

进行摩阻和回缩测试,并控制限位板尺寸。

对外筋、环形筋、无粘结筋、竖向筋和负弯矩段筋,由于有效预应力建立困难,影响大,其检测频率不得小于 15%。

斜拉索、吊索和系杆索施工难度大,要求精度高,应加大检测频率(不得小于 15%)。

6.1.3 检测内容

1 预应力检测内容

1)后张法预应力施工中,预应力的实际损失值直接影响到有效预应力的大小,为使预应力张拉时有比较准确的张拉控制应力,应进行现场摩阻测试。

2)通过现场检测控制,避免因张拉不当引起的梁体不利变形,确保有效预应力充分传递,使其达到设计要求。

2 索力检测内容

索张拉时,进行跟踪控制,使之达到同步要求;进行索力检测,控制有效拉力同断面大小和不均匀度。

6.1.4 检测时间

预应力筋张拉后,24h 内进行检测,以便准确掌握张拉质量,及时进行灌浆封锚;索张拉后,1h 内进行检测,能做到检测控制及时,方便可靠,达到张拉质量控制的目标。

6.2 检测控制指标

6.2.1 一般项目

预应力、索力张拉过程控制:

1 预应力张拉前应进行摩阻测试

在后张法预应力施工中,预应力损失既影响实际有效应力的建立,又影响有效预应力在同断面上的分布,所以在张拉前,应进行摩阻测试(保证不同类型孔道都有两孔以上的测试)。由于管道定位误差等原因,现场测得的摩阻系数可能比理论值偏大。

本规程规定对锚圈口、锚垫板和管道进行摩阻测试,以确定张拉应力和超张拉系数。摩阻测试可用空心式压力传感器或压力表进行(若采用空心式压力传感器进行测试,为保证测试精度,一定要满足垂直度和同轴度要求)。

通过摩阻测试,准确获得有效预应力,然后就预应力分布状态进行计算分析。倘预应力筋太长,可采取多项测试。摩阻测试计算见《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)附录 G-9。

2 预应力张拉跟踪控制

张拉直接影响有效预应力大小和同断面的不均匀度,其控制频率应与预应力检测频率一致:一般桥梁不宜小于 10%;对于连续梁桥、连续刚构桥等重要桥梁应加大控制频率(20%),确保张拉操作人员的工作和张拉器材的使用达到良好的效果。

张拉控制精度也是按有效预应力精度提出的。考虑锚下有效预应力影响因素多,控制难度大,因此对张拉控制精度作了必要调整。

梁体中有效预应力同断面大小和不均匀度,对其预应力度、受力、变形、反拱度等均有很大影响。一般要求,梁体同一断面中有效预应力偏差控制在 $\pm 2\%$ 的范围内。由于各束预应力筋的钢绞线根数未必一样,可采用同一断面中各束单根绞线锚下有效预应力平均值的不均匀度来反映张拉施工的控制水平。实践证明,现场施工条件既可以达到上述要求,又能保证张拉应力的稳定性与精确性。

张拉跟踪控制需保持张拉过程中两端的同步性。传统方法是,在张拉时,梁体两端操作人员通过步话机联系,相互报告张拉值、伸长值的数据。由于两端张拉同步性要求高,在张拉过程中,应增加停顿次数。加载到张拉控制应力,应保证其精度和足够的持荷时间,再缓缓同步放张锚固。但数据记录、表报处理费时费事。

另外,也可在张拉各千斤顶上分别安装压力传感器、位移传感器和专用显示仪,自动检测张拉力和伸长值,显示其数据(本千斤顶)并利用无线传输自动发射,还可实时显示其他各千斤顶的张拉数据,并根据对方当前的张拉力值,及时调整,以确保两端的张拉精度(同步性、张拉控制应力和持荷时间)。仪器能自动记录所有张拉数据,可根据需要打印出来。控制精度相对较高,操作较为方便。

如图6-5、表6-1所示为某桥某梁段的张拉跟踪控制。其持荷时间充分,超过了6min,最终两端张拉力为4 296kN与4 295kN,同步精度高且与设计张拉力4 296.6kN偏差小:同步性最大偏差为1.80%,在规定的 $\pm 2\%$ 范围内;最终张拉应力最大偏差为0.04%,在规定的 $\pm 1.5\%$ 范围内。同理,图6-6、表6-2为另一梁段的张拉跟踪控制结果。

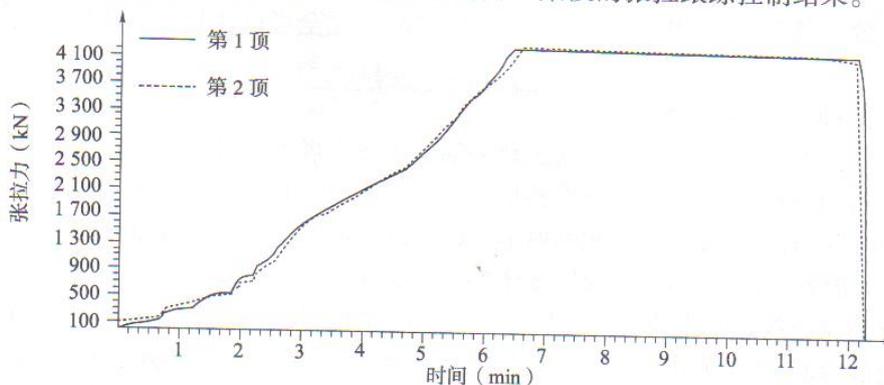


图6-5 预应力张拉控制

注:设计张拉力4 296.6kN。

表6-1 预应力张拉控制

张拉力	50%	60%	70%	80%	90%	100%
第1顶(kN)	2 148	2 577	3 007	3 437	3 866	4 296
第2顶(kN)	2 113	2 590	3 061	3 458	3 785	4 295
差值(kN)	35	13	54	21	81	1
误差百分比	1.63%	0.50%	1.80%	0.61%	2.10%	0.02%

注:第1顶和第2顶的张拉力为4296.6kN。

桥梁预应力及索力张拉施工质量检测验收规程(CQJTG/T F81—2009)

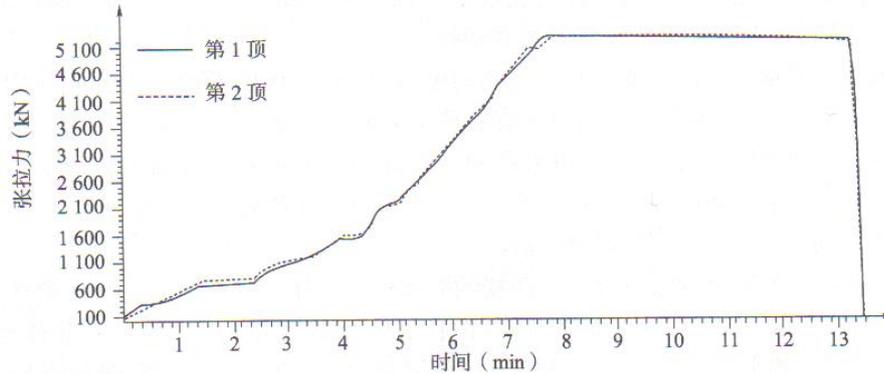


图 6-6 预应力张拉控制

注:设计张拉力 5 273.1kN。

表 6-2 预应力张拉控制

张拉力	50%	60%	70%	80%	90%	100%
第 1 顶(kN)	2 636	3 163	3 691	4 218	4 745	5 273
第 2 顶(kN)	2 593	3 212	3 722	4 178	4 839	5 268
差值(kN)	43	49	31	40	94	5
误差百分比	1.63%	1.55%	0.84%	0.95%	1.98%	0.09%

注:第 1 顶和第 2 顶的张拉力为 5 273.1kN。

以上数据说明,无论用什么方法,只要认真操作,完全可以达到本规程所提出的张拉控制指标。

3 索力张拉跟踪控制

索力张拉跟踪控制应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041)的规定。

1) 平行钢丝拉索张拉时,索塔顺桥向两侧的拉索和横桥向对称的拉索必须对称同步张拉;同步张拉时不同步索力的相差值不得超出设计规定;两侧不对称的或设计拉力不同的拉索,应按设计规定的索力分级同步张拉,其控制精度为 $\pm 2\%$ 。

2) 平行钢绞线拉索张拉时宜采用单根钢绞线张拉,按分级、等值的原则进行。张拉宜以索力值为准,伸长值作校核。其张拉控制精度为 $\pm 2\%$ 。出现下列情况时,所有钢绞线应重新张拉:单根索力与平均索力的偏差大于 3%;实际总索力(同断面有效拉力)与设计值偏差超过 2%。

3) 拉索张拉完毕后,应进行全桥线形调整:以主梁线形控制为主,索力控制为辅,按设计方认可的偏差控制。

如图 6-7、表 6-3 所示为某桥斜拉索某节段张拉跟踪控制。张拉过程中,其持荷时间充分,超过了 5min,最终张拉力为 5 500kN、5 467kN、5 500kN 和 5 471kN,张拉同步精度高且与设计张拉力 5 500kN 偏差小:同步性最大偏差为 2.65%,在规定的 $\pm 2\%$ 范围内;最终张拉力最大偏差为 0.60%,在规定的 $\pm 1\%$ 范围内。同理,图 6-8、表 6-4 为另一节段的

张拉跟踪控制结果。

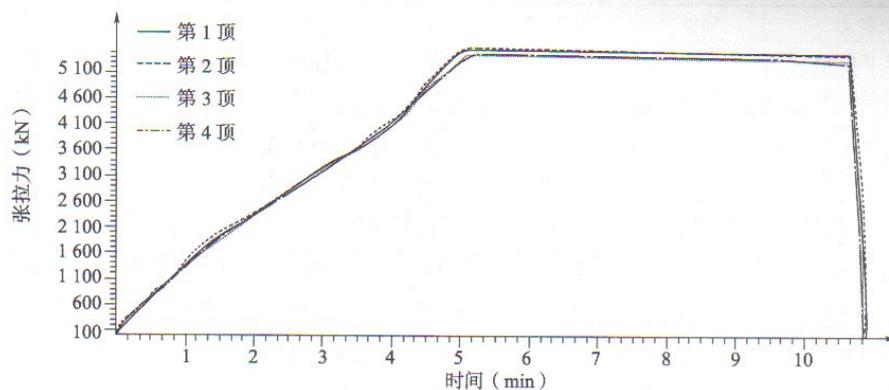


图 6-7 索力张拉控制
注:设计张拉力 5 500kN。

表 6-3 索力张拉控制

张拉力	50%	60%	70%	80%	90%	100%
第 1 顶(kN)	2 750	3 300	3 850	4 400	4 950	5 500
第 2 顶(kN)	2 742	3 270	3 955	4 457	4 942	5 467
第 3 顶(kN)	2 750	3 300	3 850	4 400	4 950	5 500
第 4 顶(kN)	2 722	3 262	3 902	4 409	4 933	5 471
差值(kN)	28	38	105	57	17	33
误差百分比	1.02%	1.15%	2.65%	1.28%	0.34%	0.60%

注:第 1 顶和第 2 顶的张拉力为 5 500kN,第 3 顶和第 4 顶的张拉力为 5 500kN。

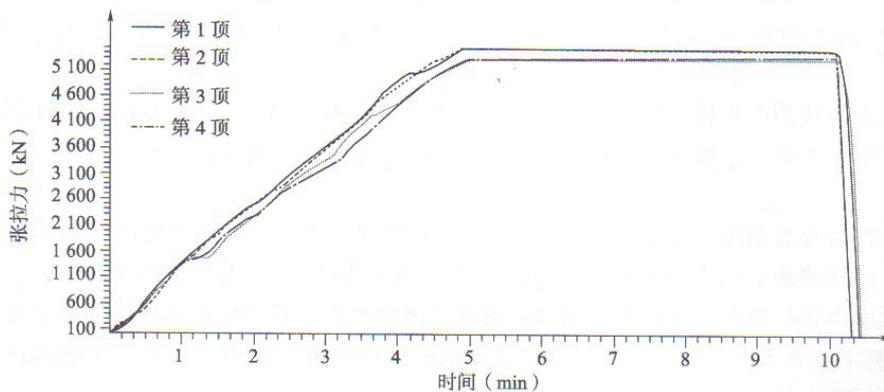


图 6-8 索力张拉控制
注:设计张拉力 5 530kN、5 370kN。

桥梁预应力及索力张拉施工质量检测验收规程 (CQJTG/T F81—2009)

表 6-4 索力张拉控制

张拉力	50%	60%	70%	80%	90%	100%
第 1 顶(kN)	2 765	3 318	3 871	4 424	4 977	5 530
第 2 顶(kN)	2 731	3 257	3 900	4 374	4 828	5 528
差值(kN)	34	61	29	50	149	2
误差百分比	1.23%	1.84%	0.75%	1.13%	2.99%	0.04%
第 3 顶(kN)	2 685	3 222	3 759	4 296	4 833	5 370
第 4 顶(kN)	2 620	3 085	3 563	4 140	4 812	5 356
差值(kN)	65	137	196	156	21	14
误差百分比	2.42%	4.25%	5.21%	3.63%	0.43%	0.26%

注:第 1 顶和第 2 顶的张拉力为 5 530kN,第 3 顶和第 4 顶的张拉力为 5 370kN。

以上数据说明,索力的张拉控制精度是必要而且可行的。

6.2.2 关键项目

1 有效预应力检测控制

$f_{pk} = 1\ 860\text{MPa}$,公称直径为 15.2mm 的钢绞线,是目前预应力工程中应用最广泛、效果最佳的预应力筋。

大量实测资料显示,对于 $f_{pk} = 1\ 860\text{MPa}$,公称直径为 15.2mm 的单根钢绞线,当设计张拉控制应力为 $0.7f_{pk}$ 时,对应的有效预应力应为 168kN;当设计张拉控制应力为 $0.75f_{pk}$ 时,对应有效预应力为 178kN。对于其他型号的钢绞线,其有效预应力根据设计的张拉控制应力,通过试验、计算确定。

对于大小允许偏差,《公路桥涵施工技术规范》(修订稿)规定,无粘结筋张拉锚固后有效预应力大小偏差为 $\pm 5\%$ 。对于不均匀度允许偏差,按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)的规定,张拉应力最大值为 $0.8f_{pk}$,其对应屈服强度为 $0.85f_{pk}$,留有 5% 考虑各单根绞线受力不均匀度。为了留有余地,本规程用 4% 考虑不均匀度,相对 80% 而言正好为 5%。因此同束有效预应力的大小和不均匀度允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

同束有效预应力检测的传统方法是在钢绞线上贴应变片,但其可靠性差、精度低,并受贴片水平影响。也可采用割断钢绞线安装力传感器进行测试,但存在价格、安装、安全等问题。

对整束有效预应力检测,传统方法是于锚下埋设空心式传感器来检测同断面有效预应力。目前普遍采用钢弦式压力传感器,但其对安装要求高,否则测试误差很大。

预应力张拉锚固自动检测控制仪能准确测出单根钢绞线和整束预应力筋锚下有效预应力(精度达到 1.5% FS),并且可通过计算机系统自动分析其不均匀度。该测试仪器已在许多工程中得到应用,效果良好。

对检测过程中有效预应力偏小的预应力筋,可以对其进行补张。对有效预应力偏大的预应力筋,严禁进行放张,因为如果放张后使带有夹痕的预应力筋进入应力区,将导致

绞线过早疲劳,甚至断裂。其超差范围应小于5%,数量不应超过10%,否则退锚重新穿束张拉。

需要说明的是,同束有效预应力的检测是预应力检测控制中最重要的部分。有效预应力大小和同断面不均匀度通过同步张拉跟踪控制,同束不均匀度是通过严格的梳束、编束和穿束来控制的。本规程强调对施工过程的控制,而检测只是手段,建立合理完善的施工工艺,并严格进行操作,是保证预应力张拉施工质量的关键。表6-5是试用本规程施工的同桥有效预应力同束不均匀度检测统计表;表6-6是同桥有效预应力同断面不均匀度检测统计表。数据说明:本规程提出的有效预应力同束与同断面不均匀度指标,不仅必要,而且可行。

表 6-5 同桥有效预应力同束不均匀度统计表

桥名	不均匀度					束数
	≤5%	5%~8%	8%~10%	10%~20%	>20%	
石坝大桥	9	26	7	3	0	45
毛嘴大桥	0	2	2	0	0	4
石柱岸引桥	0	7	5	0	0	12
干河沟大桥	6	5	5	0	0	16
清油洞大桥	6	26	4	0	0	36
大庆大桥	1	5	0	0	0	6
鱼溪河大桥	4	27	10	0	0	41
垒子口大桥	6	4	0	0	0	10
下果园立交桥	10	15	0	0	0	25
溶溪河大桥	4	46	31	6	0	87
杉木洞大桥	6	17	9	0	0	32
板溪大桥	3	53	44	5	0	105
皂楠树大桥	3	7	1	1	0	12
青木林大桥	2	8	2	0	0	12
瓦厂坝大桥	4	18	11	0	0	33
洪安立交1号桥	0	1	3	0	0	4
红岩溪中桥	9	19	2	0	0	30
玉屏大桥	1	34	10	0	0	45
车田大桥	2	25	24	0	0	51
苗路河大桥	2	1	0	0	0	3
一碗水大桥	0	4	2	0	0	6
官庄大桥	16	34	10	0	0	60
梅江大桥	14	39	17	0	0	70
田家湾大桥	1	11	0	0	0	12
大扩中桥	4	11	5	0	0	20
楼房湾大桥	30	2	0	0	0	32
白观音大桥	5	23	52	2	0	82
水土互通立交	1	5	13	1	0	20

桥梁预应力及索力张拉施工质量检测验收规程 (CQJTG/T F81—2009)

续上表

不均匀度 桥名	不均匀度					束数
	≤5%	5% ~ 8%	8% ~ 10%	10% ~ 20%	>20%	
沟口大桥	3	12	0	0	0	15
天宝互通立交	1	5	10	0	0	16
合计	153	492	279	18	0	942
所占百分比	16.24%	52.23%	29.62%	1.91%	0	—

表 6-6 同桥有效预应力同断面不均匀度统计表

不均匀度 桥名	不均匀度					梁数
	≤1%	1% ~ 2%	2% ~ 4%	4% ~ 10%	>10%	
石坝大桥	2	5	7	1	0	15
毛嘴大桥	0	0	1	0	0	1
石柱岸引桥	0	1	2	1	0	4
干河沟大桥	0	2	2	0	0	4
清油洞大桥	0	0	6	0	0	6
大庆大桥	0	1	0	0	0	1
鱼溪河大桥	0	3	4	0	0	7
垒子口大桥	0	1	1	0	0	2
下果园立交桥	0	3	2	0	0	5
溶溪河大桥	6	18	4	1	0	29
杉木洞大桥	0	2	5	0	0	7
板溪大桥	5	23	6	1	0	35
皂楠树大桥	0	4	0	0	0	4
青木林大桥	0	0	2	0	0	2
瓦厂坝大桥	0	2	6	0	0	8
洪安立交 1 号桥	0	1	0	0	0	1
红岩溪中桥	0	4	1	0	0	5
玉屏大桥	5	6	4	0	0	15
车田大桥	1	11	4	1	0	17
苗路河大桥	0	1	0	0	0	1
一碗水大桥	0	0	2	0	0	2
官庄大桥	52	2	0	0	0	54
梅江大桥	4	7	6	0	0	17
田家湾大桥	0	0	3	0	0	3
大圹中桥	1	1	3	0	0	5
楼房湾大桥	1	4	3	0	0	8

条文说明

续上表

不均匀度 桥名	≤1%	1% ~2%	2% ~4%	4% ~10%	> 10%	梁数
白观音大桥	0	4	11	1	0	16
水土互通立交	0	2	3	0	0	5
沟口大桥	2	1	2	0	0	5
天宝互通立交	0	1	3	0	0	4
合计	79	110	93	6	0	288
所占百分比	27.44%	38.19%	32.29%	2.08%	0	—

对于有粘结筋(压浆前)和无粘结筋,钢绞线均能进行单根检测与校正控制,但对于平行钢丝束不能进行单根检测调整,必须通过严格的施工工艺进行不均匀度控制,再进行整束检测。

张拉施工可采用整束检测来控制。施加预应力的过程中,梁体承受很高的应力,若预应力不均匀度过大将使应力重新分配,改变其合力作用位置,带来附加弯矩,产生有害变形,随着梁体收缩蠕变,情况将更加严重,危及结构安全。

2 索力检测控制

索力检测控制可用频谱仪,也可用预应力张拉锚固自动检测控制仪。

对斜拉桥、悬索桥和系杆拱桥的索(平行钢丝束),锚固后不能进行单根钢绞线检测调整,只进行同断面有效拉力检测,通过严格的施工工艺(尤其是张拉跟踪控制)进行不均匀度控制,在张拉施工阶段能够满足本规程 $\pm 2\%$ 的要求。

7 张拉施工质量验收

7.1 一般规定

7.1.1 在规范的施工工艺下,按照预应力筋检测控制要求,判断有效预应力的大小和不均匀度是否满足要求,以防止预应力筋出现断丝、疲劳,确保预应力工程的施工质量。

7.1.4 由于张拉施工质量验收是本规程第一次提出,为便于全面实施,在确保质量的前提下,参照相关标准,将检验评定合格率规定如下:后张法管道安装位置偏差、摩阻大小及张拉控制精度等合格率不得低于85%;有效预应力、有效拉力大小和不均匀度合格率不得低于90%。

7.2 验收

7.2.1 强调施工跟踪控制,过程分批验收,最后汇总验收。同断面有效预应力与设计相符,各单根钢绞线应力均匀,则证明预应力施工质量符合要求。同断面中根数不相同的整束预应力筋,对其有效预应力平均值进行评价,以判断在整个梁体中同断面有效预应力大小和不均匀度是否满足要求;若符合要求,则整个梁体的预应力大小及布局符合要求,梁体不利变形小,梁的预应力施工符合标准。

通过整桥预应力施工质量评估,整个工程的验收有了比较客观和科学的评价依据。通过对同束有效预应力、同梁同断面有效预应力大小和不均匀度的检测控制,保证筋束使用寿命和桥梁线形符合设计要求,防止因预应力施工不当而造成的梁体下挠和腹板裂纹。通过对检测数据的统计分析,得出整座桥的预应力张拉施工质量,建立全面的桥梁预应力施工验收评估体系。

7.2.2 连续梁桥、连续刚构桥和斜拉桥,其预应力、索力要求高影响大,施工技术性很强,因此需当日提供检测报告,及时分析其张拉施工质量,便于迅速采取调控措施,确保质量。其综合分析报告要针对预应力与索力大小和不均匀度、张拉同步控制等,可人工编写,亦可采用计算机系统编写。

《完》