



中国工程建设标准化协会标准
Standard of China Association for Engineering
Construction Standardization

道路自平衡预应力中空棒技术规程

Technical Specifications on Self-balanced Prestressed
Hollow Bars for Highway Engineering

(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
Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

道路自平衡预应力中空棒技术规程

Technical Specifications on Self-balanced Prestressed
Hollow Bars for Highway Engineering

主编单位：杭州图强工程材料有限公司

发布机构：中国工程建设标准化协会

施行日期：XX年XX月XX日

人民交通出版社股份有限公司

XX 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2017 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2017〕36 号）的要求，杭州图强工程材料有限公司主编单位承担《道路自平衡预应力中空棒技术规程》（以下简称“本规程”）的制订工作。

本规程的主要内容：自平衡预应力中空棒的应用范围、产品构造、规格、技术要求以及设计和施工验收等相关内容规定。

本规程是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，使用本规程相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由杭州图强工程材料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，请函告本规程日常管理组，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：shc@rioh.cn），或 XX 主编单位（地址：，邮编：，电子邮箱：），以便修订时参考。

主 编 单 位：杭州图强工程材料有限公司

参 编 单 位：

主 编：

主要参编人员：

主 审：

参与审查人员：

目 次

1 总则	错误!未定义书签。1
2 术语	2
2.1 术语	2
3 型号与规格	4
3.1 结构	4
3.2 型号	5
3.3 规格	5
4 技术要求	6
4.1 一般规定	6
4.2 材料	6
4.3 外观、尺寸和质量	6
4.4 力学性能	7
5 设计	9
5.1 一般规定	9
5.2 中空棒应力计算	9
5.3 中空棒预应力损失	10
5.4 锚固区计算	11
5.5 构造规定	12
6 施工	12
6.1 一般规定	12
6.2 中空棒制作、储存	13
6.3 张拉与锁定	14
6.4 安放和放张拆卸	14
6.5 注浆防护	15
7 工程质量检验与验收	17
7.1 一般规定	17

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

7.2 质量检验	17
7.3 不合格中空棒处理	18
7.4 验收	18
附：条文说明	19

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

域代码已更改

征求意见稿

1 总 则

1.1.1 为使自平衡预应力中空棒（以下简称中空棒）的设计、施工符合技术先进、安全适用、经济合理、质量可靠的要求，制定本规程。

1.1.2 本规程适用于公路桥梁混凝土构件中使用预应力中空棒的设计、施工及验收。

1.1.3 预应力混凝土工程可参考使用。

1.1.4 中空棒的设计与施工，应综合考虑混凝土构（部）件类型、受力特点、使用功能、荷载特征与施工技术条件，合理选择中空棒型号与布置方式，强化计算分析，合理发挥和使用混凝土固有的强度。

1.1.5 中空棒的设计、施工除应遵循本规程外，尚应符合国家现行有关标准的要求。

1.1.6 规范性引用标准

下列文件对于本标准是必不可少的。引用文件未标明日期，其最新版本适用于本文件。

GB/T 11352 一般工程用铸造碳钢件

GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分 热轧带肋钢筋

GB/T 1591 低合金强度结构钢

GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）

GB/T 3077 合金结构钢

JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范

GB/T 3639 冷拔或冷轧精密无缝钢管

GB/T 6482 波形内螺纹尺寸和允许偏差

GB/T 669 优质碳素结构钢

GB/T 709 热轧钢板及钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差

GB/T 8162 结构用无缝钢管

2 术语

2.1 术语

2.1.1 自平衡预应力中空棒 **self-balanced prestressed hollow bar**

由中空棒体作为受力杆件，固定端带有螺母和垫板，工作端带有螺母、垫板和预应力施加及自锁系统，利用张拉施加预应力，并通过内置芯棒实现结构自平衡，从而存储预应力，浇筑于混凝土构件后，通过释放芯棒而实现预应力施加到混凝土中，属于一种新型的先张预应力棒材。

2.1.2 中空棒体 **hollow steel bar**

中空棒主体结构，承受芯棒顶压所产生的拉力。表面可为光面、螺纹表面。

2.1.3 通孔螺母 **Through-hole nut**

通常作用于产品工作端，内有螺纹，旋于中空棒体，预应力转换后，通过垫板对混凝土施加预应力，也可与垫板一体。

2.1.4 盲孔螺母 **Blind nut**

通常作用于产品固定端，带有内螺纹锁紧中空棒体与芯棒并传递其间的相互作用力，固结于混凝土内部形成锚固力，也可与垫板一体。

2.1.5 预应力施加及自锁系统 **Prestressing and self-locking system**

作为预应力施加及自锁的工具，在中空棒进行张拉施加预应力后，通过自身内部构件与中空棒体配合进行自锁，实现预应力存储。

2.1.6 加压连接套 **Prestressed steel sleeve**

用于中空棒体和锁定螺杆的连接，传递施加及锁定存储的预应力。

2.1.7 锁定螺杆 **Locking screw**

用于预应力施加后锁紧和释放。

2.1.8 芯棒 **Reaction bar**

用于中空棒内预应力转换前的反向支撑。

2.1.9 垫板应力传递螺旋筋 **Prestress transfer helical reinforcement**

在预应力通过垫板传递混凝土过程中，防止垫板下的混凝土应力过大而开裂的一种加筋构件。一端固定于垫板，直径较大，另一端较小。

根据锚下应力计算确定的应力扩散钢筋，是螺旋筋或钢筋网片。

征求意见稿

3 型号与规格

3.1 结构

3.1.1 中空棒由盲孔螺母、垫板（及垫板应力传递螺旋筋）、中空棒体、通孔螺母、预应力施加及自锁系统组成。中空棒结构示意图见 [图 3.1.1](#)。

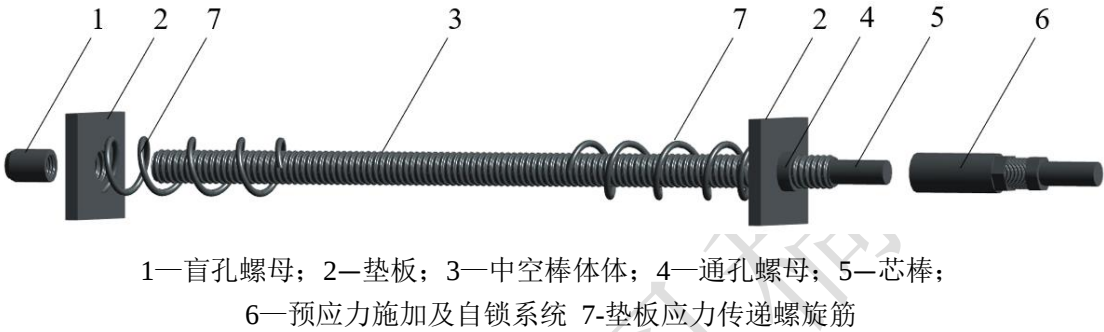


图3.1.1 中空棒结构示意图

3.1.2 中空棒体外表面可分成光面型和螺纹型两种型式：

1 光面型中空棒体，两端一定长度上设置公制螺纹，其余部位为光表面，见 [图 3.1.2 图 3.1.2](#)（a）。适用于预应力布置密集或所需长度 1.0~5.0m 的混凝土工程。

2 螺纹型中空棒体，外表面全长设置连续贯通的大节距螺纹，并与螺母和自锁系统相配，见 [图 3.1.2 图 3.1.2](#)（b）。大节距螺纹宜采用 GB/T 6482 规定的左旋波形螺纹，并符合其尺寸及允许偏差的规定。适用于所需长度 2.0~9.0m 的混凝土工程。



（a）光面型



（b）螺纹型

图3.1.2 中空棒体表面形式

3.1.3 预应力施加及自锁系统由芯棒、锁定螺杆、加压连接套、垫块组成，见图 3.1.3 图 3.1.4。

域代码已更改

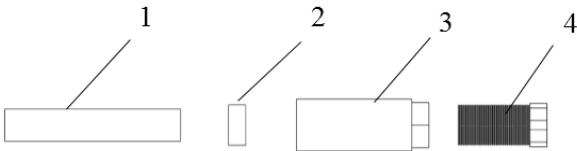


图3.1.3 预应力施加及自锁系统示意图

1—芯棒；2—垫块；3—加压连接套；4—锁定螺杆

3.1.4 垫板应力传递螺旋筋采用焊接方式与垫板进行连接，亦可通过计算采用钢筋网片代替螺旋筋。

3.2 型号

3.2.1 中空棒型号按照下列规定进行表示。

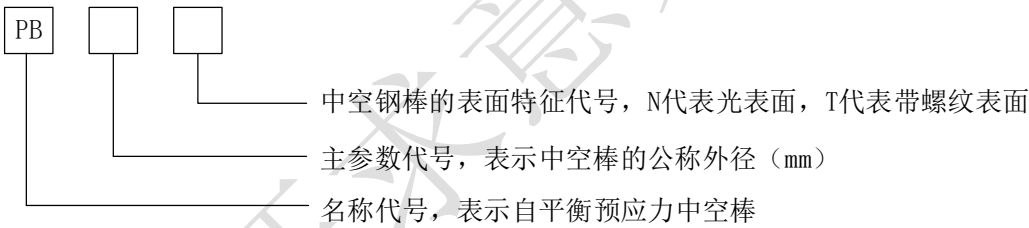


表3.2.1 中空棒体的表面特征代号

序号	中空棒的表面特征	代 号	备 注
1	光面型	N	未提及预应力时可省略
2	螺纹型	T	

标记示例：

- a) 中空棒，公称直径25mm，光面型，则标记为：PB25。
- b) 中空棒，公称直径38mm，螺纹型，则标记为：PB38T。

3.3 规格

3.3.1 中空棒的规格宜符合表 3.3.1 表 3.3.1 的规定。

域代码已更改

表3.3.1 中空棒规格

型号	中空棒体直径 (mm)	中空棒体壁厚 (mm)	芯棒直径 (mm)
PB25	25	3	16

PB33	33	4	20
PB38	38	5	25

3.3.2 中空棒长度应根据设计有效预应力作用长度进行加工，长度宜为1m~9m。

4 技术要求

4.1 一般规定

4.1.1 中空棒采用的材料和部件应满足结构使用的设计要求和稳定性，相互之间不得产生不良影响。

4.1.2 中空棒和各部件的材料、尺寸和力学性能等的质量标准及验收标准，除本规程提出的专门要求外，均应符合国家行业标准的有关规定。

4.2 材料

4.2.1 中空棒体宜选用符合 GB/T3077 规定，牌号为 35SiMn 的无缝钢管。

4.2.2 芯棒宜选用符合 GB/T3077 规定，牌号为 35SiMn 的钢棒。

4.2.3 锁定螺杆、加压连接套、通孔螺母、盲孔螺母宜选用符合 GB/T3077 规定，牌号为 40Cr 的钢管。

4.2.4 垫板、垫块宜选用 GB1591-2008 规定的牌号 Q355 钢板。

4.2.5 垫板应力传递螺旋筋宜选用符合 GB/T 1499.1-2017 规定的牌号为 HRB400 的钢筋冷弯而成。

4.3 外观、尺寸和质量

4.3.1 中空棒体、芯棒的表面不应有裂纹、折叠、离层和结疤等缺陷，两端面应与轴线垂直，并清除毛刺。

4.3.2 中空棒体的公称直径、壁厚、截面积、单位质量及偏差应符合表 4.3.2 表 4.3.2 的规定。

域代码已更改

表4.3.2 中空棒体的公称直径、壁厚、截面积、单位质量及偏差

中空棒型号	公称直径 mm	壁厚 mm	面积 mm ²	质量	
				单位质量 kg/m	允许偏差 %
PB25	25	3	207	1.62	±4
PB33	33	3.8	348	2.73	
PB38	38	5.2	536	4.21	

4.3.3 芯棒的公称直径、截面积、单位质量及偏差应符合表 4.3.3 表 4.3.3 的规定。

域代码已更改

表4.3.3 芯棒的公称直径、截面积、单位质量及偏差

中空棒型号	公称直径 mm	面积 mm ²	质量	
			单位质量 kg/m	允许偏差 %
PB25	16	201	1.58	±4
PB33	20	314	2.46	
PB38	25	490	3.85	

4.3.4 中空棒体的长度偏差不应大于±10mm，芯棒长度应与中空棒体相匹配。

4.3.5 中空棒体、芯棒的弯曲度不应大于 2.5 mm/m，芯棒重复使用前应测量其弯曲度。

4.3.6 盲孔螺母、通孔螺母、锁定螺杆、加压连接套内外表面不得有裂纹、折叠等缺陷。

4.3.7 盲孔螺母宜采用圆柱形盖形螺母。

4.3.8 大节距螺纹中空棒适配螺母，其内螺纹尺寸和允许偏差应符合 GB/T6482 波形内螺纹尺寸和允许偏差的要求。

4.3.9 垫板几何尺寸和允许偏差应符合表 4.3.9 表 4.3.9 的规定；当采用圆形垫板时，其不应小于相应方形垫板面积。

域代码已更改

表4.3.9 垫板尺寸及允许偏差

中空棒型号	边长 mm	边长允许偏差 mm	厚度 mm	厚度允许偏差 mm
PB25	80×100	±5	10	+0.5
PB33	100×100		15	+0.5
PB38	105×105		20	+0.5

4.3.10 垫板应力传递螺旋筋或钢筋网片直径宜选直径为 8mm 的光圆钢筋。

4.4 力学性能

4.4.1 制作预应力中空棒的中空棒体、芯棒钢材的屈服强度、极限抗拉强度和断后伸长率应符合表 4.4.1 表 4.4.1 的规定。

域代码已更改

表4.4.1 中空棒体、芯棒的屈服强度、抗拉强度和断后伸长率

中空棒 型号	材料	中空棒体					芯棒	
		屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	屈服力 kN	极限拉力 kN	断后伸 长率 %	屈服力 kN	极限拉力 kN
PB25	35SiMn	725	870	150	180	15	145	175
PB33		725	870	250	305	15	230	275
PB38		725	870	390	470	15	360	430

4.4.2 中空棒体的抗拉强度标准值 f_{pk} 、抗拉强度设计值 f_{sd} 和抗压强度设计值 f'_{sd} 应按表 4.4.2 表 4.4.2 采用。

域代码已更改

表4.4.2 中空棒体抗拉、抗压强度设计值

中空棒型号	f_{pk} (MPa)	f_{sd} (MPa)	f'_{sd} (MPa)
PB25、PB33、PB38	725	600	400

4.4.3 中空棒体的弹性模量宜按表 4.4.3 表 4.4.3 采用，当有可靠实验依据时，可按实测数据确定。

域代码已更改

表4.4.3 中空棒体弹性模量

中空棒型号	E_p ($\times 10^5$ MPa)
PB25、PB33、PB38	2.00

4.4.4 盲孔螺母、通孔螺母、锁定螺杆、加压连接套的极限拉脱力不应小于表 4.4.1 表 4.4.1 规定的中空棒体的极限拉力值。

域代码已更改

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 中空棒为有粘结预应力，适用于混凝土结构构件，中空棒长度宜在 1m 至 9m 范围内，对于特殊长度条件下使用的中空棒，必须在充分技术论证和必需试验基础上进行设计。

5.1.2 中空棒规格、长度和设置间距应根据结构构件设计要求、受力大小、结构构造等因素综合确定。

5.1.3 中空棒的设计使用年限不应低于所使用结构构件的设计使用年限，且其防腐保护等级和构造应达到相应的要求。

5.1.4 采用中空棒的结构构件设计应包括以下内容：

- 1 根据结构构件的受力需求情况合理选择中空棒规格；
- 2 确定中空棒的张拉力和预应力量值；
- 3 中空棒的锚固长度和预应力损失计算；
- 4 中空棒在结构中的锚固构造设计。
- 5 中空棒的张拉控制应力值 σ_{con} 应满足设计要求，并应小于 $0.85f_{pk}$ ， f_{pk} 为中空棒体抗拉强度标准值，按照表 4.4.2 表 4.4.2 的规定采用。

域代码已更改

5.2 中空棒应力计算

5.2.1 计算采用中空棒混凝土构件弹性阶段的结构应力，当计算由作用和中空棒张拉引起的应力时，采用压浆前的净截面；压浆后采用换算截面。

5.2.2 由预加力产生的混凝土法向应力及相应阶段预应力中空棒的应力，应按照 JTG 3362 的规定进行计算，中空棒的预应力损失值，按本规范第 5.3.2 条至第 5.3.5 条规定计算。

5.2.3 预应力中空棒传递长度 l_{tr} 按照表 5.2.3 采用，预应力传递长度 l_{tr} 范围内中空棒的实际应力值，在构件端部锚垫板下应力 σ_n 按照表 5.2.3 采用，在预应力传递长度末端取有效预应力值 σ_{pe} ，两点之间按之间变化取值。

表5.2.3 中空棒的预应力传递长度 l_t

中空棒型号	Δl (mm)		锚垫板下应力 σ_n
	张拉端	固定端	
25	230	205	$0.90\sigma_{pe}$
33	280	210	$0.85\sigma_{pe}$
38	290	215	$0.80\sigma_{pe}$

5.3 中空棒预应力损失

5.3.1 在正常使用极限状态计算中，使用预应力中空棒的结构构件应考虑由下列因素引起的预应力损失：

锁定螺杆锁定回缩变形	σ_{l2}
混凝土的弹性压缩	σ_{l4}
中空棒体应力松弛	σ_{l5}
混凝土的收缩、徐变	σ_{l6}

预应力损失值宜根据实测数据确定，当无可靠实测数据时，可按本节的规定计算。

5.3.2 由锁定螺杆锁定回缩变形引起的预应力损失可按下式进行计算：

$$\sigma_{l2} = \frac{\sum \Delta l}{l} E_p \quad (5.3.2)$$

式中： Δl ——锁定螺杆锁定回缩变形值（mm），按表 5.3.2 采用；

l ——中空棒体张拉端至锚固端之间的距离（mm）；

E_p ——中空棒体弹性模量（Mpa）。

表5.3.2 锁定螺杆锁定回缩变形值

中空棒型号	Δl (mm)
25	0.2
33	0.3
38	0.4

5.3.3 混凝土弹性压缩引起的预应力损失可按下式进行计算：

$$\sigma_{l4} = \alpha_{EP} \sigma_{pc} \quad (5.3.3)$$

式中： α_{EP} ——中空棒体弹性模量与混凝土弹性模量的比值；

σ_{pc} ——在计算截面中空棒体重心处，由全部中空棒预应力产生的混

域代码已更改

凝土法向应力 (MPa)。

5.3.4 由中空棒应力松弛引起的预应力损失可按式(5.3.4)进行计算:

$$\sigma_{l5} = k\sigma_{con} \quad (5.3.4)$$

式中: k ——中空棒松弛系数, 按表 5.3.4 采用;

σ_{con} ——中空棒张拉控制应力 (Mpa)。

表 5.3.4 中空棒松弛系数值

中空棒型号	k
25	0.06
33	0.06
38	0.12

5.3.5 混凝土收缩、徐变引起的预应力损失 σ_{l6} , 可按照 JTG 3362 中的规定进行计算。

5.3.6 预应力中空棒的预应力损失分两个阶段, 第一阶段是中空棒制作阶段, 预应力张拉与锁定时损失 σ_{l1} ; 第二阶段为安装放张中空棒传力锚固后的损失 σ_{l3} , 各阶段损失值可按下式进行组合。

第一阶段损失: $\sigma_{l1} = \sigma_{l2}$;

第一阶段损失: $\sigma_{l1} = \sigma_{l4} + \sigma_{l5} + \sigma_{l6}$ 。

5.4 锚固区计算

5.4.1 中空棒端部锚固区的锚下劈裂力设计值 T_b 宜按式 (5.4.1-1) 计算:

$$T_b = 0.3P \quad (5.4.1-1)$$

劈裂力作用位置至锚固断面的距离:

$$d_b = 0.75h \quad (5.4.1-2)$$

式中: P ——中空棒锚固力设计值, 取 1.2 倍张拉控制力;

h ——锚固端截面高度 (Mpa)。

5.4.2 中空棒在截面上偏心设置时, 产生的横向力宜按式 (5.4.1-1) 计算:

5.5 构造规定

5.5.1 中空棒应设置在构件的钢筋主骨架中，其外边缘至混凝土表面的距离不应小于 50mm。

5.5.2 中空棒两端垫板边缘距离混凝土边缘不应小于 20mm，中空棒布置间距不宜小于 150mm。

5.5.3 单根配置的中空棒体垫板下宜设置长度不小于 150mm 的垫板应力传递螺旋筋；对于连续布置多根预应力中空棒，在构件端部中空棒体外边缘不小于 100mm 的长度范围内，宜设置 3~5 片与中空棒垂直的钢筋网片。

5.5.4 中空棒体注浆用无收缩水泥浆，按 40mm×40mm×160mm 试件，标准养护 28d，按现行 GB/T 17671 的规定，测得的抗压强度不应低于结构本身混凝土强度等级。

5.5.5 在中空棒张拉完成后，埋封于混凝土结构内的锚头应设置构造钢筋与结构连接，然后浇筑混凝土封锚。封锚混凝土强度等级不应低于构件本身混凝土强度等级。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 中空棒施工前，应在熟悉和掌握结构总体施工方案以及设计图纸的基础上，制定详细的施工组织设计，确定施工方法、施工程序、使用机械、加工和安装进度、质量管理和安全管理措施。

6.1.2 加工制作和施工前，应检查原材料和施工设备的主要技术性能是否符合设计要求。

6.1.3 中空棒的加工、张拉和放张施工应由受过专业培训并具有施工经验的单位承担，各主要施工工序应由专业技术人员进行指导和监督。

6.1.4 中空棒的预应力张拉和安装施工应进行详细的施工记录，并作为原始资料汇入竣工报告。

6.2 中空棒制作、储存

6.2.1 中空棒的制作、储存应符合下列一般规定：

- 1 中空棒体、芯棒的制作和组装宜在工厂或施工现场的专门作业棚内进行；
- 2 中空棒体、芯棒两端应采用机床加工平整。
- 3 加工完成的中空棒半成品在储存、转运时，应避免机械损伤、介质侵蚀和污染。

6.2.2 中空棒体、芯棒的制作应符合下列规定：

- 1 制作前中空棒体、芯棒应平直、除油和除锈，严格按照设计尺寸下料，中空棒体下料长度偏差不应大于 $\pm 20\text{mm}$ ，芯棒下料长度应与之相匹配；
- 2 在中空棒体和芯棒张拉端表面明显位置，应进行尺寸标注和编号，在安放前，标记不得损坏。

6.2.3 中空棒的组装应符合下列规定：

- 1 组装前应对各个部件进行目测外观检查，有裂纹、损伤、弯曲度超限等缺陷的部件应进行调换，对于端面毛边应进行磨平处理；
- 2 组装时，应先安装盲孔螺母，并应保证盲孔螺母与中空棒体旋紧到位。
- 3 预应力施加和锁紧系统组装前宜在螺纹部位涂抹黄油，锁定螺杆旋紧到位。

6.2.4 中空棒的存储应符合下列规定：

- 1 中空棒制作完成后应尽早使用，不宜长期存放；
- 2 组装完成的中空棒不得露天存放，宜存放在干燥清洁的场所，应避免机械损伤和侵蚀性液体溅落在中空棒上；
- 3 当存放环境相对湿度超过 85% 时，中空棒应进行防潮处理；
- 4 对存放时间较长的已组装中空棒，在使用前必须进行严格检查。

6.3 张拉与锁定

6.3.1 中空棒的张拉应符合下列规定：

- 1 中空棒张拉宜采用专用张拉设备进行，张拉前应对张拉设备进行标定；
- 2 专用张拉设备额定顶推力宜为所需张拉力的 1.5 倍，且不得小于 1.2 倍；
- 3 中空棒张拉安装时，应保持中空棒水平，专用张拉设备油缸的承压面平整，并应与中空棒轴线方向垂直；
- 4 中空棒张拉前，应取张拉控制应力的 10%~25%对中空棒进行预张 1~2 次，使中空棒完全平直，各部位接触紧密。
- 5 张拉时，中空棒两端轴线方向不得站人。

6.3.2 张拉过程中应观察中空棒体是否出现弯曲，弯曲度超限时应及时停止张拉，并卸载调直后再试行张拉，如若仍不符合要求，不得再行张拉，该中空棒另行处理。

6.3.3 张拉至 105%~110%张拉控制力后应持荷 10min，然后卸载至张拉控制力进行锁定，并旋紧锁定螺杆储存预应力。

6.3.4 对已张拉、存储预应力的中空棒应做以下要求；

- 1) 吊挂红色标牌，注明张拉日期、预应力值、操作工名字等；
- 2) 在中空棒两端挂有“危险！不得压重、敲打，两端禁止站人！”警示牌；
- 3) 存放仓库应按安全生产相关规定，专人负责，不得有另外物品堆放。

6.3.5 中空棒张拉后应按照安放位置、施工使用顺序分类单排平放，不得在中空棒上叠放重物，搬运时小心轻放。尽早使用。

6.3.6 对已有弯曲、扭曲等现象出现的中空棒，不得使用，应对其进行另外处理。

6.4 安放和放张拆卸

6.4.1 中空棒的安放应符合下列规定：

- 1 中空棒安放前，应检查中空棒的加工质量，核查型号和尺寸，确保满足设计要求，并摘掉标牌存档；
- 2 安放中空棒时，应防止挤压和弯曲，可采用钢筋焊接垫板固定中空棒；

3 中空棒的安放位置与设计偏差应不大于 10mm;

4 中空棒安放后, 不得随意敲击, 不得挂靠重物;

5 通孔螺母和预应力施加和锁紧系统应采用 PVC 管进行防护, 并将 PVC 管外露端部临时封堵, 混凝土浇筑施工时不应损坏 PVC 防护套。

6.4.2 中空棒的预应力放张与拆卸应符合下列规定:

1 预应力放张前, 应将 PVC 防护套管拆除;

2 预应力放张时构件混凝土的强度和弹性模量(或龄期)应符合设计规定; 设计未规定时, 混凝土强度应不低于设计强度的 80%, 弹性模量应不低于混凝土 28d 弹性模量的 80%。

3 预应力的放张顺序应符合设计规定; 设计未规定时, 应均匀、对称、相互交错放张;

4 预应力的放张时应先松动、拆除锁定螺杆, 再拆除加压连接套, 并取出垫块;

5 根据工程特性可采取抽取或不抽取芯棒, 如工程不适用抽取芯棒时, 应该采用防腐措施, 抽取芯棒时应采用专用抽芯夹具夹持抽取;

6 预应力放张后, 对裸露结构构件外的中空棒体, 应采用机械切割的方式进行切断。

6.4.3 拆卸后的锁定螺杆、垫块、加压连接套及芯棒应存放至指定区域, 做好防潮措施, 应及时返厂修复, 重复使用。

6.5 注浆防护

6.5.1 中空棒放张后, 孔道应尽早注浆, 且应在 48h 内完成, 否则应采取避免中空棒锈蚀的措施。

6.5.2 中空棒孔道宜采用专用注浆料, 材料强度应满足本规程 5.4.3 的要求, 水泥浆液性能应符合 JTG/T50 后张预应力孔道压浆浆液性能指标要求。

6.5.3 孔道注浆前的准备工作应符合下列规定:

1 应在工地试验室对注浆材料进行试配, 各种材料的称量(均以质量计)应精确到 $\pm 1\%$; 各项性能指标均应符合要求后方可正式注浆;

2 应对中空棒孔道进行清洁处理。对孔道内可能存在的油污，可采用已知对金属管道无腐蚀作用的中性洗涤剂或皂液，用水稀释后进行冲洗；冲洗后，应使用不含油的压缩空气将孔道内的说有积水吹出；

3 应采用压浆设备进行清洗，清洗后的设备内不应有残渣和积水。

6.5.4 注浆时，应将注浆管插入距中空钢管底部 100mm~200mm 处，浆液自下而上连续灌注，一次完成；注浆时应缓慢、均匀地进行，不得中断，且确保从孔内顺利排水、排气。

6.5.5 浆液自拌制完成至压入孔道内的持续时间不宜超过 1h，且应在初凝前用完。

6.5.6 对水平孔道，压浆的压力宜为 0.5~0.7MPa；对竖直孔道，压浆的压力宜为 0.3~0.4MPa。

6.5.7 压浆时，每一工作班组应制作留取不少于 3 组尺寸为 40mm×40mm×160mm 的试件，标准养护 28d，进行抗压强度和抗折强度试验，作为质量评定依据。试验方法应按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》（GB/T 17671）的规定执行；质量评定方法可参照相应工程的混凝土工程质量评定方法执行。

7 工程质量检验与验收

7.1 一般规定

7.1.1 中空棒体、芯棒、锁定螺杆、加压连接套、通孔螺母、盲孔螺母的原材料、半成品与成品应进行材料质量检验，检验不合格的原材料和产品不得使用。

7.1.2 中空棒组装、预应力张拉、安放后，应按设计要求和质量合格条件进行质量检验和验收试验。

7.1.3 对检验不合格的中空棒应进行处理。

7.2 质量检验

7.2.1 中空棒体、芯棒、锁定螺杆、加压连接套、通孔螺母、盲孔螺母的质量检验应包括下列内容：

- 1 原材料出厂合格证；
- 2 材料现场抽检试验报告；

7.2.2 抽样与评判标准以《周期检验计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）》（GB/T2829）为依据。

1 中空棒体、芯棒、螺母、预应力施加及自锁系统等的力学性能应成批检验。成批试验以每批由同一材料、同一规格的成品组成，每批数量以 5000 件（不足 5000 件按 5000 件计算）为一个检验批，每批随机抽取 3 件作为试件。当有一个试件的检验结果不符合规定时，应从同一批中重新任取两倍数量的相应试件进行复验。如复验结果仍不合格，则该批产品不合格。

2 其余项目的检验以每 5000 件（不足 5000 件按 5000 件计算）为一个检验批，按 2%随机抽检。当抽检合格率小于 95%时，应另抽取同样数量的产品重新检验。当两次检验的总合格率不小于 95%时，该批产品合格。

7.2.3 中空棒的施工质量检验应符合表 7.2.3 表 7.2.3 的规定。

域代码已更改

表7.2.3 中空棒施工质量检验标准

项目	序号	检查项目	允许偏差或允许值	检查方法
主控项目	1	中空棒长度 (mm)	20	用钢尺量
	2	预应力值	设计要求	现场拉拔抽检, 同一型号不少于 10%, 且不少于 3 根
	3	弯曲度 (mm/m)	2.5	工字平尺、塞尺
一般项目	1	安放位置 (mm)	10	用钢尺量
	2	倾斜度 (°)	1	测斜仪等
	3	浆体强度	设计要求	试件送检

7.3 不合格中空棒处理

7.3.1 中空棒验收不合格时, 应增加中空棒试件的数量; 增加的试件应为不合格中空棒的 3 倍。

7.3.2 对于检查项目不符合要求的, 应进行整改, 整改后经重新检验合格后方可使用。

7.4 验收

7.4.1 中空棒验收应提交下列文件资料:

- 1 原材料的质量合格证和质量鉴定文件;
- 2 施工记录;
- 3 隐蔽工程检查验收记录;
- 4 中空棒的基本试验、验收试验记录及相关报告;
- 5 混凝土或注浆体强度尺寸等检查记录与报告;
- 6 重大问题处理文件。

中国工程建设标准化协会标准

公路自平衡预应力中空棒技术规程

CECS XX: 20XX

条文说明

目 次

1 范 围.....	21	域代码已更改
3 型号与规格.....	21	域代码已更改
3.1 结构	21	域代码已更改
4 技术要求.....	21	域代码已更改
4.1 一般规定	21	域代码已更改
5 设计.....	22	域代码已更改
5.2 中空棒应力计算	22	域代码已更改
5.3 中空棒预应力损失	22	域代码已更改
5.4 锚固区计算	23	域代码已更改
5.5 构造规定	23	域代码已更改
6 施工.....	23	域代码已更改
6.1 一般规定	23	域代码已更改
6.2 中空棒制作、储存	24	域代码已更改
6.3 张拉与锁定	24	域代码已更改
6.4 安放和放张拆卸	24	域代码已更改
6.5 注浆防护	25	域代码已更改
7 工程质量检验与验收.....	25	域代码已更改
7.2 质量检验	25	域代码已更改
7.3 不合格中空棒处理	26	域代码已更改

1 范 围

1.1.1、1.1.2 自平衡预应力中空棒技术在我国桥梁建造领域属于一种全新的张拉技术，将在未来得到大范围的推广与应用，需要完整的、系统的技术指南与标准，指导工程设计与施工操作。我国尚未编制相关标准与规程，故编制本规程十分必要。

3 型号与规格

3.1 结构

3.1.1 关于预应力中空棒垫板应力传递螺旋筋：

根据构件特性及预应力大小，设计可选择是否设置垫板应力传递螺旋钢筋。预应力偏大时，或中空棒表面采用光面时应设置垫板应力传递螺旋钢筋。根据锚下应力计算（可通过有限元计算）确定的应力扩散钢筋，采用螺旋筋或钢筋网片。预应力值不大、垫板也可考虑不设，便于施工。如工程实践中，PSB38型箱梁腹板需设置，PSB25型桥面接头可不设置。

3.1.2 根据研究和试验，自平衡中空棒表面选择光面型和螺纹型二种，是两种预应力体系。光面型通过垫板施加预应力，计算较简单明确；螺纹型受力机理相对复杂，但在外表形态上，钢筋和混凝土的握裹更紧密，表面粘结效果好，比光面型的粘结性能更优秀。

4 技术要求

4.1 一般规定

4.1.1 中空棒材料和部件应满足结构设计的物理力学指标和构造要求，还应具有足够的化学稳定性。

4.1.2 中空棒材料和部件均应提供质量证明材料，主要部件还应进行试验验证。

5 设计

5.2 中空棒应力计算

5.2.3 预拉力由中空棒端部的压力和中空棒与混凝土之间的粘结力共同承担，粘结力作用的长度为预应力传递长度。

5.3 中空棒预应力损失

5.3.1 中空棒的预应力施加形式在作用原理上属于先张法。参照 JTG 3362，采用自平衡预应力中空棒施加预应力时，应考虑由下列因素引起的预应力损失：锁定螺杆锁定回缩变形、混凝土的弹性压缩、中空棒体应力松弛、混凝土的收缩和徐变。

5.3.2 对中空棒储存预应力的过程为，先用千斤顶张拉至设计值，然后旋进工作螺母，之后千斤顶回油，完成锁定。由于中空棒的变形在张拉阶段已经完成，因此锁定阶段的变形为螺母处的局部变形，与张拉力和螺纹构造有关，和中空棒的长度无关，因此此项损失的设计指标不能用应力或变形百分比，而应是变形的绝对值。

5.3.3 在施加预应力的过程中，混凝土将会产生一定的弹性压缩，中空棒将随混凝土共同变形，此部分预应力损失与其他形式施加的预应力并无区别，可参照 JTG 3362 进行计算。

5.3.4 中空棒的设计应力值较高，因此设计时需要计入钢材应力松弛的影响。本条参照 JTG 3362 中关于精轧螺纹钢筋松弛损失的规定进行计算。

5.4 锚固区计算

5.4.1 混凝土结构中拉应力是设计关注的重点。通过试验与有限元数值模拟，得到的劈裂应力分布较为一致，在设计参数上略有差异。试验得到的数据规律性较好，因此本规程设计参数数值以试验为准。

劈裂力可以通过张拉力求得，考虑一定的安全系数，取为 $0.3P$ ，分布范围为 $0.15h \sim 1.75h$ 。由此可以求得平均劈裂应力，其峰值约为均值的 2 倍，可能超出混凝土的抗拉强度从而产生裂缝，在配筋设计时应特别注意。

5.5 构造规定

5.5.5 预应力中空棒的锚头一般布置在结构或构件的端部，是受环境影响较大的部位，且锚头又处于高应力状态，因此对其进行封闭保护是非常重要的一项工作。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 科学、合理、有序地组织中空棒施工，对确保施工质量的影响很大。因此，中空棒施工前应制定详细的施工组织设计。施工组织设计应对中空棒施工的主要环节（中空棒制作、储存，张拉与锁定，安放和放张拆卸，注浆防护）有明确的技术要求，确定施工方法、施工程序、施工机械、加工和安装进度、质量管理和安全管理措施等事项。

6.1.2 为确保中空棒的质量，在施工前一定要对中空棒原材料和施工设备的主要性能指标进行检查，包括中空棒体、芯棒、顶棒、锁定螺杆、加压连接套、通孔螺母、盲孔螺母、垫块、垫板、垫板应力传递螺旋筋等材料，并按本规程相关要求检查其力学性能，当发现与设计要求不符时，应及时采取补救措施或进行更换调整。

6.2 中空棒制作、储存

6.2.1~6.2.4 规范中空棒的制作、储存,是为了保证中空棒的加工满足中空棒使用功能要求。

6.3 张拉与锁定

6.3.1 5 本款的规定主要是为保证施工的安全,防止发生人员伤亡事故。

6.4 安放和放张拆卸

6.4.2 2 中空棒放张时构件混凝土应达到的强度, JTG/T F50-2011 中规定为 80%;对混凝土应达到的弹性模量,近年来的工程实践表明,放张时仅强调强度而忽视混凝土的弹性模量的做法对构件而言是不利的,故 JTG/T F50-2011 中将混凝土弹性模量亦作为一项控制指标,且在不低于 28d 弹性模量的 80%时方可进行放张作业。因此,中空棒能否放张应由构件混凝土的强度和弹性模量两项指标进行双控制。对混凝土的弹性模量,在工地试验时对该指标进行试验检测时较为复杂,存在一定困难,故亦可以龄期代替弹性模量指标,其理由为:对混凝土早期抗压强度和弹性模量的试验研究表明,混凝土的弹性模量随龄期单调增长,与龄期呈指数函数关系,但其增长速度渐减并趋于收敛,混凝土的强度等级越高则早期弹性模量发展越快,但差异不是很大,且其变异系数有随龄期的增长而减小的趋势。通常情况下, C40 混凝土 3d 弹性模量约为 28d 弹性模量的 84%, 7d 弹性模量可为 28d 弹性模量的 95%; C50 混凝土 3d 弹性模量约为 28d 弹性模量的 90%, 7d 弹性模量可为 28d 弹性模量的 95%,因此,通过对混凝土龄期的控制代替对弹性模量的控制是可行的。但应采用多长的龄期进行控制,这需要考虑到既要满足弹性模量的要求,同时应防止早期混凝土长时间不放张或不张拉导致开裂。通常情况下,混凝土的龄期不宜少于 7d,最短不宜少于 5d。

3 先张法构件放张的原则,就是要防止在放张过程中构件发生翘曲、裂纹及预应力筋断折等现象。如果采用骤然切断的方法,会使构件两端受到冲击力而出现裂纹,均匀地放松可防止发生这些现象。

6.5 注浆防护

6.5.1 孔道注浆的目的，主要是防止中空棒锈蚀，并通过凝结后的浆体将预应力传递至混凝土结构中。对防锈蚀而言，孔道的注浆越早越好，且可防止中空棒的松弛，使构件尽快安装。条文规定张拉锚固后的 48h 内完成孔道的注浆在实际施工中是可以做到的。

6.5.2 专用注浆料是指由水泥、高效减水剂、膨胀剂和矿物掺合料等多种材料干拌而成的混合料，在施工现场按一定比例加水并搅拌均匀后，用于充填中空棒孔道的注浆材料。所谓专用，是指专门用于中空棒预应力孔道注浆的材料，且均应由工厂化制造生产。本规程推荐并倡导这种做法的目的在于其更能保证中空棒孔道注浆的质量、可靠性和耐久性。

为保证中空棒孔道注浆的质量和耐久性，所用水泥浆液的性能应具备以下特征：（1）具有高流动度；（2）不泌水，不离析，无沉降；（3）适宜的凝结时间；（4）在塑性阶段具有良好的补偿收缩能力，且硬化后产生微膨胀；（5）具有一定的强度。

6.5.4 因为空气和水的密度较浆液小，注浆时自下而上灌注浆液，可使空气和水聚集在上面，逐步由最高点的排气孔排除；如自上而下灌注，则空气易窜入浆液内形成气塞，阻碍浆液的流动，并在其凝结后产生气孔。

6.5.5 注浆材料加水拌制成浆液后，应尽快使用，如延续时间过久，将降低其流动度，增加压注时的压力，且不易密实。

6.5.6 压浆泵需要的压力，以能将浆液压入并充满孔道孔隙为原则，一般在出浆口应先后排出空气、水、稀浆及浓浆。

7 工程质量检验与验收

7.2 质量检验

7.2.1~7.2.3 中空棒质量检验包括原材料质量检验和中空棒预应力检验。本节列出了中空棒质量检验的基本内容和检验标准。对设计有特殊要求的中空棒还应按设计要求增加检验的内容和标准，以确保预应力中空棒工程的质量。

7.3 不合格中空棒处理

7.3.1 本条旨在对预应力中空棒的承载能力与质量作出客观的评价。针对验收中空棒出现不合格情形时所采取的增加验收中空棒数量作出了规定。

征求意见稿