

《预应力锚索设计与施工工艺标准》

团体标准编制说明

标准编制组

二〇二六年七月

目 录

一、工作概况	1
二、主要技术内容	3
三、编制原则	4
四、主要实验（验证）的分析，技术经济论证，预期的经济效果	4
五、采用国际标准的程度及水平的简要说明	8
六、重大分歧意见的处理经过和依据	8
七、其他应予以说明的事项	9

一、工作概况

1、任务来源

预应力锚索是基坑与边坡工程中将结构荷载传递至稳定岩土体的重要受力构件，具有承载力高、适应性强、施工空间占用小等特点。锚索通过锚固段注浆体与地层之间的黏结作用或承压作用提供抗拔承载力，并通过张拉锁定形成主动支护，可有效限制围护结构及边坡的变形，改善岩土体受力状态，保障邻近建（构）筑物、地下管线和施工环境安全。

预应力锚索工程具有明显的隐蔽性和系统性，其工程质量受锚索类型、地层条件、材料性能、钻孔质量、注浆饱满度、张拉设备精度、锁定工艺及检测方法等多因素共同影响。传统锚索工程中，仍存在锚索类型与地层适配不足、普通水泥浆早期强度偏低和收缩泌水、多束钢绞线受力不均、锁定过程预应力损失较大、有效预应力难以准确检测以及施工与验收记录不完整等问题。上述问题易导致锚固段应力集中、浆体与地层界面黏结不足、锚头松弛和长期承载性能衰减，增加补注浆、二次张拉及后期维修工作量。

现行相关国家和行业标准对岩土锚固工程提出了基本要求，但针对拉压复合型锚索、高性能锚固注浆材料、等力张拉系统、有效预应力无损检测及全过程质量控制等新材料、新结构和新装备，尚缺少系统、统一且便于工程实施的工艺标准。不同项目在材料指标、设备配置、施工参数、试验方法和验收判据方面存在一定差异，不利于先进技术的规范化应用和工程质量的一致性控制。

为解决上述问题，编制组在总结基坑与边坡预应力锚索设计、施工、试验和检测经验的基础上，围绕“材料—结构—设备—施工—试验—验收”全过程，编制《预应力锚索设计与施工工艺标准》。本标准对锚索类型及适用条件、高性能锚固注浆材料、钻孔与注浆设备、等力张拉与锁定、基本试验、验收试验、蠕变试验以及工程质量检验作出规定，可为预应力锚索工程的设计选型、施工组织和质量验收提供统一技术依据。

综上，制定本标准有利于规范基坑与边坡预应力锚索设计与施工行为，降低隐蔽工程质量风险，推动高性能锚固材料、拉压复合型锚索、等力张拉和有效预应力检测等技术成果的工程应用，对提升岩土锚固工程安全性、耐久性和施工标准化水平具有重要意义。

2、协作单位及主要起草人

本标准由中国技术市场协会交通运输专业委员会提出，由中国技术市场协会归口。标准主编单位为青岛地铁集团有限公司、中铁一局集团第五工程有限公司；参编单位为青岛理工大学、中铁一局集团有限公司、中铁发展投资有限公司。

主要起草人为刘林胜、张超、刘泉维、杨忠年、杨绍玉、鲁棣源、王九利、李鹏、张培元、王希磊、胥青松、张斌、时晓峰、陈斌、延娟娟、赵启蒙、张嘉伟、王亚刚、秦夕朋、姬晓宇、张莹莹。编制组成员涵盖建设、施工、科研与工程管理等单位，具备预应力锚索设计、施工、材料研发、装备研制和检测评价等方面的实践基础。

3、工作过程

2025 年 12 月，由中国技术市场协会交通运输专业委员会提出，通过立项及编制大纲评审，启动《预应力锚索设计与施工工艺标准》团体标准制定工作，成立标准编制组。编制组在前期技术研究、试验验证和工程应用资料的基础上，完成标准草案和征求意见稿，并按照团体标准制定程序推进送审与报批工作。具体工作过程如下。

1) 标准调研、验证阶段（2023 年 5 月～2025 年 9 月）

编制组围绕基坑和边坡预应力锚索工程开展技术调研，系统收集现行国家、行业及地方标准，梳理拉力型、压力型、拉力分散型、压力分散型和拉压复合型锚索的受力特点及适用条件；总结高性能锚固注浆材料、钻孔注浆设备、等力张拉系统和有效预应力检测技术的研究成果与工程经验；结合基本试验、验收试验、蠕变试验和施工质量检验资料，对主要技术指标及工艺控制要求进行分析验证。

2) 标准初稿起草阶段（2025 年 10 月～2026 年 7 月）

编制组根据调研与验证结果，确定标准的适用范围、章节结构和主要内容，形成标准编制大纲及初稿。初稿重点规定了锚索分类与选型、高性能锚固材料技术指标、钻机和注浆设备要求、等力张拉与锁定工艺、试验加载制度及质量验收指标。经主编单位内部讨论和开题论证后，编制组根据意见对术语定义、参数表述和条文逻辑进行了修改完善。

3) 征求意见稿起草阶段(2026年8月~2026年9月)

编制组在标准初稿基础上进一步核对引用标准,补充施工全过程质量控制要求,对高性能锚固注浆材料强度与膨胀指标、设备计量精度、张拉加载范围、基本试验和验收试验判据以及蠕变率控制指标进行讨论和修订,形成标准征求意见稿,并按程序向建设、设计、施工、科研和检测单位公开征求意见。

4) 送审稿起草阶段(2026年10月~2026年11月)

编制组根据征求意见汇总及处理情况,对标准条文和编制说明进行逐项修改,重点完善标准适用边界、锚索类型选用条件、注浆与张拉关键工序、试验数量和验收判据之间的衔接,形成标准送审稿,提交归口单位组织审查。

5) 报批稿起草阶段(2026年12月)

编制组将根据送审稿审查会议专家意见,对标准文本及编制说明作进一步修订,核查术语、单位、引用文件和技术指标的一致性,形成标准报批稿,提交归口单位履行报批程序。

二、主要技术内容

本标准适用于基坑、边坡岩土预应力锚索支护工程的施工、试验、监测及验收,建立了从锚索类型选择、材料与部件配置、专用设备选型、钻孔与注浆施工、张拉锁定、试验检测到工程质量验收的全过程技术体系。

本标准的主要技术特点包括:一是根据锚固段受力状态和地层条件,对拉力型、压力型、拉力分散型、压力分散型和拉压复合型锚索的工作特性与适用条件进行分类规定;二是提出高性能锚固注浆材料的早强、高强和微膨胀指标,强化注浆体体积稳定性及界面黏结性能;三是对钻机、注浆泵、等力张拉千斤顶及有效预应力检测系统提出功能和精度要求;四是明确钻孔、索体制作与安放、注浆、张拉锁定等关键工序;五是统一基本试验、验收试验和蠕变试验的数量、加载制度、观测方法和判定标准;六是建立原材料、施工过程和实体工程相结合的质量检验与验收要求。

本标准共分8章。第一章“总则”明确编制目的、适用范围及与现行标准的关系;第二章“术语及定义”规定预应力锚索、拉力型锚索、压力型锚索、拉压复合型锚索、高性能锚固剂和等力张拉系统等术语;第三章“基本规定”提出施工组织、原材料和设备检查以及代表性试验锚索等总体要求;第四章“材料”规

定锚索类型、钢绞线、锚具、垫板、保护套管、注浆材料和拌和水等要求；第五章“设备”规定钻机、注浆及辅助设备、张拉锁定和检测设备；第六章“施工”规定钻孔、索体制作与安放、注浆、张拉与锁定工艺；第七章“试验”规定基本试验、验收试验和蠕变试验；第八章“工程质量检验与验收”规定原材料、承载力、施工偏差和资料归档等验收内容。附录规定标准用词和引用标准名录。

三、编制原则

- 1、依法合规、协调一致。认真贯彻国家有关法律法规、工程建设方针和团体标准管理要求，标准条文不得与现行法律法规及强制性工程建设规范相抵触，并与岩土锚固、基坑支护、材料、设备和质量验收等现行标准协调配套。
- 2、安全适用、质量优先。以保障基坑、边坡及周边环境安全为首要目标，突出预应力锚索隐蔽工程特点，强化设计选型、材料进场、钻孔注浆、张拉锁定、试验检测和竣工验收全过程控制。
- 3、技术先进、经济合理。吸收高性能锚固注浆材料、拉压复合型锚索、等力张拉、自动注浆反馈和有效预应力检测等成熟技术成果，在满足安全和耐久要求的前提下兼顾施工效率、设备通用性和全寿命周期经济性。
- 4、科学量化、便于实施。技术指标以试验研究、工程经验和现行标准为依据，尽可能采用可测量、可记录和可验收的参数，明确试验数量、加载制度、允许偏差和合格判据，增强标准的可操作性。
- 5、因地制宜、适度开放。充分考虑岩土体性质、地下水条件、锚索类型和工程等级差异，既规定基本控制要求，又允许根据设计、地层和现场条件通过专项试验合理确定参数，为后续新材料、新结构和新装备应用预留接口。

四、主要实验（验证）的分析，技术经济论证，预期的经济效果

1、主要实验（验证）的分析

编制组结合预应力锚索材料性能试验、锚索基本试验、验收试验、蠕变试验、张拉锁定测试和工程质量检测资料，对标准主要技术指标进行了归纳分析。验证内容覆盖锚固材料早期与长期性能、不同类型锚索受力适用性、注浆设备和张拉设备工作能力、锚索承载力与变形特征、长期蠕变性能以及施工质量允许偏差。

高性能锚固注浆材料重点验证早期强度、后期强度、微膨胀性和施工适应性。标准规定其 1d、3d 和 28d 硬化强度分别超过 30MPa、50MPa 和 60MPa，膨胀率不小于 1%，并要求具备适宜的胶凝时间、黏度、养护时间和储存性能。上述指标可提高锚固段早期承载能力，降低浆体泌水收缩及界面脱空风险，为缩短张拉等待时间和保证长期黏结性能提供材料基础。

锚索承载与变形性能主要通过基本试验、验收试验和蠕变试验进行验证。基本试验用于确定极限承载力和设计参数合理性，试验数量不少于 3 根，采用多循环分级加载；验收试验对工程锚索实施全覆盖分级检验，其中 5%且不少于 3 根进行多循环验收试验；对于塑性指数较大的土层及强风化、节理裂隙发育岩层中的锚索，进行不少于 3 根的蠕变试验，并以蠕变率不大于 2mm/对数周期作为控制指标。

张拉与锁定验证重点关注加载设备精度、多束钢绞线受力均匀性、锁定损失和有效预应力。标准规定压力传感器或压力表准确度不低于 0.5 级，测量值宜控制在量程的 25%~80%，反力装置能力不小于最大试验荷载的 1.2 倍；正式张拉前进行 0.1~0.2 倍设计拉力的预张拉，锁定时考虑预应力损失，在缺少测试数据时可按锁定值的 1.1~1.15 倍控制，并在锁定后进行有效预应力检测或监测。

预应力锚索设计与施工已应用于青岛地铁 1 号线、6 号线、13 号线、5 号线及济南、烟台等地铁、铁路工程边坡及工民建基坑工程中，成果同时应用于杭温高速 200m 超高边坡、隔河岩电厂 220 超高边坡、吉图珥高铁延吉段高边坡、沈白高速铁路边坡等众多边坡工程中。

表 1 主要技术验证内容及标准控制要求

序号	验证内容	主要指标或评价方法	对应条款
1	锚索类型与适用性	根据锚固段受力状态及地层条件，验证拉力型、压力型、分散型和拉压复合型锚索的适用范围；岩层锚固段长度超过 8m、土层超过 12m 时，重点论证分散型或复合型结构。	4.2.1~4.2.9
2	高性能锚固注浆材料	1d、3d、28d 硬化强度分别超过 30MPa、50MPa、60MPa；膨胀率不小于 1%；同时验证凝结时间、黏度及施工性能。	4.2.14
3	注浆与张拉设备	注浆设备具备计量、搅拌、流量和压力调节功能；传感器准确度不低于 0.5 级；反力装置能力不小于最大试验荷载的 1.2 倍。	5.3、5.4
4	基本试验与验收试验	基本试验不少于 3 根；工程锚索全部进行验收试验，其中 5%且不少于 3 根进行多循环验收；按分级加载、持荷位移及弹性位移判定。	7.2、7.3
5	蠕变及质量	蠕变试验不少于 3 根，蠕变率不大于 2mm/对数周期；同时检查锚索位置、钻孔倾斜度、浆体强度、注浆量和索体插入长度。	7.4、8.2

2、技术经济论证

预应力锚索工程的经济性不仅取决于单根锚索材料和施工费用，还与设计选型合理性、成孔成索质量、注浆等待时间、张拉成功率、返工补强以及运营期维修成本密切相关。本标准通过明确不同类型锚索的工作特性与适用地层，可减少因锚索结构选型不当造成的锚固段无效加长、承载力增长受限和材料浪费。

采用高性能早强、微膨胀锚固注浆材料，可提高浆体体积稳定性和早期承载能力，降低因泌水、收缩、离析或强度不足引起的补注浆和延迟张拉风险。注浆设备的自动填料、准确计量、充分搅拌及流量压力反馈，有利于稳定水料比和注浆质量，减少材料损耗及管路堵塞。

采用等力张拉系统及规范化的预张拉、分级加载和锁定工艺，可改善多束钢绞线之间的受力一致性，减少局部超载、夹片滑移和锁定损失。锁定后开展有效预应力检测，可及时识别锚头松弛、锚具失效或预应力衰减，避免质量问题在后续开挖或运营阶段集中暴露。

通过统一基本试验、验收试验、蠕变试验和质量检验要求，可使设计参数、施工过程和验收结论形成闭环，减少不同参与方因检测方法和合格判据不一致产生的争议。总体而言，本标准所增加的材料性能控制、设备计量和检测投入，能够通过降低返工率、缩短工序等待、减少补强维修和提高工程耐久性得到补偿，具有较好的全寿命周期经济合理性。

3、预期的经济效果

3.1 经济效益

本标准实施后，可通过合理选用锚索类型，减少无效锚固长度及过度保守的材料配置；通过高性能锚固材料和连续注浆工艺，降低注浆缺陷、材料浪费及设备清洗堵塞成本；通过等力张拉和有效预应力检测，减少重复张拉、补锁和锚头维修工作；通过统一试验与验收程序，降低质量争议和第三方复检成本。尤其是高性能锚固材料 1d 强度超过 30MPa，可为优化张拉等待时间和施工流水组织创造条件，从而提高钻孔、注浆和张拉设备周转效率，缩短基坑与边坡支护工期。

在工程全寿命周期内，锚固段体积稳定性、钢绞线受力均匀性和有效预应力保持水平的提高，可减少因锚索失效引起的围护结构变形处治、边坡加固和渗漏修复费用。随着标准在城市轨道交通、房屋建筑、市政、水利和交通边坡工程中的推广应用，预计可形成较为显著的直接施工效益和长期维护效益。

以青岛地铁 6 号线创石区间始发井为例，采用快速锚索施工工艺后，采用矿物基类高性能锚固剂，配套自动化注浆设备，形成了“快速锚索”成套施工工艺，提高了锚固段锚固性能，解决了锚索注浆周期时间长、常见的预应力损失及锚索结构失效等技术难题，将传统锚索拉拔时间由 7 天缩短到 1 天，实现了“锚的快、锚的住”，比计划工期缩短近 3 个月。成为青岛地铁 6 号线首个进入区间主题结构施工的工程，取得经济效益 10 亿元。

3.2 社会效益

本标准建立预应力锚索材料、结构、设备、施工、试验和验收相衔接的技术体系，可提高岩土锚固工程标准化、机械化和信息化水平，增强基坑与边坡工程的安全保障能力。通过规范富水砂层、断层破碎带等复杂地层的成孔与注

浆要求，强化锁定后有效预应力检测和长期蠕变控制，可降低邻近建（构）筑物、地下管线和公共设施受到不利影响的风险。

标准的实施有利于推广高性能锚固材料、拉压复合型锚索、等力张拉和智能检测等科技成果，促进建设、设计、施工、科研和检测单位形成统一技术语言和质量判据，为行业人才培养、工程监管和质量追溯提供依据，具有较好的行业示范和社会推广价值。

五、采用国际标准的程度及水平的简要说明

经调研，目前尚无与本标准技术内容和适用范围完全对应、可直接等同采用的国际标准。本标准未等同采用或修改采用国际标准，主要依据我国基坑、边坡和岩土锚固工程的地层条件、设计方法、施工装备及质量管理体系编制，并与《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086、《混凝土结构设计规范》GB50010、《预应力混凝土用钢绞线》GB/T5224、《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T14370、《通用硅酸盐水泥》GB175 和《混凝土用水标准》JGJ63 等标准协调。

在技术思路，本标准参考国内外岩土锚固工程关于锚索受力分散、分级循环加载、长期蠕变评价、预应力损失控制和施工过程监测的发展方向，并结合我国工程实践，增加高性能早强微膨胀锚固材料、拉压复合型锚索、等力张拉系统和有效预应力无损检测等内容。

与现行一般性锚固工程规范相比，本标准进一步细化了锚索类型与地层适配关系，明确了高性能锚固材料量化指标、专用施工设备功能、张拉锁定控制范围以及基本试验、验收试验和蠕变试验判据，突出新材料、新结构和新装备的一体化应用。总体技术内容符合我国预应力锚索工程的发展需求，具有较强的工程适用性和先进性。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在编制过程中，编制组围绕锚索类型适用条件、高性能锚固材料指标、张拉锁定参数、试验数量及验收判据进行了充分讨论，各单位通过试验资料、工程经验和现行标准条文进行协调，未形成重大原则性分歧。征求意见和审查过程中提出的修改意见，均按照“采纳、部分采纳或不采纳”的方式逐条研究并形成处理记录。

七、其他应予以说明的事项

本标准重点适用于基坑、边坡岩土预应力锚索支护工程。对于超深基坑、永久性高边坡、强腐蚀环境、特殊荷载、特殊锚固结构或采用新型材料和装备的工程，除执行本标准外，尚应根据工程特点开展专项设计、试验验证和风险评估，并符合国家及行业现行有关标准的规定。

由于预应力锚索工程地层条件复杂、施工工艺发展较快，本标准部分参数仍需在实施过程中持续积累工程数据。请各有关单位在执行本标准时注意总结材料性能、施工效率、预应力保持、蠕变变形和长期耐久性等资料；如发现需要修改或补充之处，请及时将意见和相关资料反馈至标准归口及解释单位，供标准修订时参考。