

论钻探工程技术体系

王 达

(中国大陆科学钻探工程中心,北京 100011)

摘 要:概述了钻探工程在整个工程体系中的地位,阐述了钻探技术体系的构成,并举例说明钻探工程技术体系的内涵,在此基础上对钻探工程技术现代化的标志、关键问题提出独特的看法。

关键词:钻探;工程技术体系;现代化;技术发展方向

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2007)S1-0001-06

Dissertation on the System of Drilling Engineering Technique/WANG Da (Chinese Continental Scientific Drilling Program, Beijing, Beijing 100011, China)

Abstract: The article summed up the position of drilling engineering in construction system, states and illustrates the structure and the connotation of drilling engineering. On this basis, the author puts forward the distinctive opinion on the modernization of drilling engineering technique.

Key words: drilling; engineering technique system; modernization; technique development orientation

探矿工程学科(地质矿产钻探、坑道探矿和山地工程)在我国已经历了 50 多年的风雨考验,提供了大量的矿产资源勘探成果,为国民经济建设做出过巨大贡献。随着社会进步和科学技术事业的发展,这门工程学科逐步扩大了应用领域,除了在地质找矿中继续发挥着重要作用外,还延伸到工程建设各个领域。学科的名称也相应发生了变化,有的叫“勘查技术”,有的叫“地质工程”,有的则根据其技术特征称之为“钻掘工程”,总之这是科技进步的一种体现。当我们在探讨一项工程学科现代化发展方向的时候,不能不对科学、技术、工程活动的本质进行一些研究。

1 工程活动在人类社会活动中的地位

科学、技术和工程是 3 个不同的对象,3 种不同的社会活动,它们有本质的区别,同时也有密切的联系。科学活动是以发现为核心的活动,技术活动是以发明为核心的活动,工程活动是以建造为核心的活动。科学活动成果的主要形式是科学概念、科学定律、科学理论,是论文和著作;技术活动成果的主要形式是发明专利、技术诀窍、图纸、配方,当然也可以是技术文献和论文;而工程活动成果的主要形式是物质产品、物质设施。“科学活动的主角”是科学家,“技术活动的主角”是发明家,“工程活动的主

角”是企业家、工程师和工人。科学的对象是带有一定普遍性和可重复性的“规律”,技术的对象是带有一定普遍性和可重复性的“方法”,而任何工程项目都是一次性、个体性的项目。三者各有独特的本性,各有特殊的、不能被其他活动所取代的社会地位和作用。强调科学、技术、工程有本质的区别,绝不意味着否认它们之间有密切的联系,相反,科学、技术、工程三者是人类社会活动的统一体。

在社会实践中人们往往混淆了这些活动的特征,或者用一种活动代替另一种活动,或者突出强调了某一种活动而有意无意地贬低了另一种活动。例如人们在讲科学技术的时候,往往突出了科学而忽视了技术,在讲工程技术的时候又只注意到技术而忽视了工程。

什么是工程?工程是人类为了生存和发展运用科学和技术的原理,有组织地利用资源所进行的建造活动,也有人说工程是连接科学发现、技术发明与产业发展之间的桥梁。

工程的种类十分庞大,一级工程学科就有几十种,二级工程学科几百种,三级、四级工程学科上千种。就像一颗大树,主干是整个工程,大枝干是一级学科,小枝干是二级学科,树枝、树叶则是三级、四级学科,学科之间还有交叉、融合,不断产生新的边缘性学科。世界上对工程学科的划分没有统一的标

收稿日期:2007-05-30

作者简介:王达(1943-),男(汉族),天津人,中国大陆科学钻探工程中心教授级高级工程师,中国地质学会探矿工程专业委员会主任委员,《探矿工程(岩土钻掘工程)》编辑委员会主任委员,博士生导师,探矿工程专业,从事地质调查、钻探工程及矿产资源管理等工作,北京市西城区黄寺大街 24 号院 21 楼。

准,我国对工程学科的划分也没有统一的标准,教育系统有自己的学科分类与代码,而科技系统、图书、专利、标准各有各的分类方法。

我们所从事的钻探工程如何定位呢?

笔者认为如果给钻探工程下一个定义的话,应该这样表述:钻探工程是利用各种机械的、物理的方法,在地层或岩石(含人造岩石)中钻孔、取心取样、提取地下信息或利用通道,完成探测、开采资源、建造、安装的一种工程技术。

钻探与钻井工程是广泛应用于资源勘查、开发和建设工程领域的一种工程技术,主要应用领域有:

- (1) 地下固体矿产资源勘探开发工程;
- (2) 地下流体资源勘探开发工程(石油、天然气、煤层气、水、地热等);
- (3) 地球科学研究钻探工程(大陆及海洋科学钻探);
- (4) 环境与灾害探测与治理工程;
- (5) 建筑工程(地基勘察、基础施工、地下管道等);
- (6) 矿山工程;
- (7) 国防工程;
- (8) 其他工程建设钻井工程。

2 钻探工程技术体系

2.1 钻探工程技术体系的构成

尽管钻探工程技术在不同的应用领域采用的具体技术方法不同,但是基本的技术体系都是由钻探对象、钻探设备和钻探工具、钻探工艺方法组成的。如图1所示。

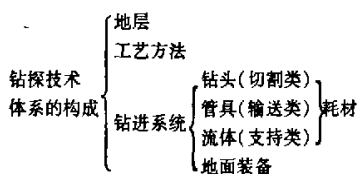


图1 钻探工程技术体系的构成

按技术特征钻探工程可划分为十大钻探技术体系:

- (1) 科学钻探技术体系;
- (2) 石油天然气钻进技术体系;
- (3) 固体矿产地质岩心钻探技术体系;
- (4) 水文水井钻进技术体系;
- (5) 工程地质勘察钻探技术体系;
- (6) 基础工程施工钻进技术体系;
- (7) 非开挖管道铺设钻进技术体系;

- (8) 建筑物管道孔钻进技术体系;
- (9) 矿山爆破孔及凿岩钻进技术体系;
- (10) 大型竖井钻凿技术体系。

2.2 不同钻探技术体系的特征

不同的钻探技术体系具有不同的技术特征,如表1所示。

下面举例说明不同钻探技术体系的特征。

2.2.1 例一:固体矿产地质岩心钻探技术体系(含坑道岩心钻探)

2.2.1.1 地层

钻遇地层最为广泛,沉积岩、火山岩、变质岩均能遇到,但以坚硬、破碎、复杂的结晶岩为主。

2.2.1.2 钻孔

深度中等,一般1000 m以内,近来随着勘探深部矿床,孔深加大到1500~2000 m;钻孔口径小,一般终孔口径为76~95 mm;矿山坑道钻的孔深和口径一般比地表钻探更小。

2.2.1.3 工艺方法

以金刚石取心钻探方法为主体,无岩心硬质合金钻探仅在上部地层和煤炭等少数矿种中使用,可扩展到绳索取心、液动锤等方法。

2.2.1.4 钻进系统

以孕镶人造金刚石钻头为主,少量使用天然金刚石和超硬复合材料;采用薄壁钻杆和取心钻具;钻机需要高转速,钻机小型化;冲洗液以低固相为主,技术指标要求较低。

砂矿钻探由于其地层的特殊性,有时会采用以冲击方法为主的工艺,相应的钻进系统与上述方法略有不同。

2.2.2 例二:科学钻探技术体系

2.2.2.1 地层

钻遇地层广泛,沉积岩、火山岩、变质岩均能遇到,但以坚硬、破碎、复杂的结晶岩为主(与地质岩心钻探钻遇地层相近);海洋科学钻探一般在洋壳中进行,但将来会向地幔层进入。

2.2.2.2 钻井

深度最大,一般在数千米,甚至达到万米以上,环境科学钻探也可能浅一些;口径大,一般开孔时达到500~700 mm,终孔160~220 mm;海洋科学钻探口径还要大。

2.2.2.3 工艺方法

由于科学目的的需要,对取心要求十分严格,多采用地质岩心钻探取心技术和石油钻井工艺两者相结合的工艺方法,称为组合式钻探技术。

表1 不同钻探技术体系特征表

	地质岩心钻探	石油天然气钻井	科学钻探	水文水井钻探	工程勘察钻探	基础工程钻井	非开挖管道铺设钻进	建筑管道孔钻进	矿山爆破孔钻进	大型竖井钻凿
地层	沉积岩、火山岩、变质岩均能遇到,但以坚硬、破碎、复杂的结晶岩为主	以沉积岩为主	沉积岩、火山岩、变质岩均能遇到,但以坚硬、破碎、复杂的结晶岩为主	以沉积岩为主	第四系地层	第四系地层为主,极少量嵌岩	第四系地层	混凝土	各类岩石	沉积岩及结晶岩,地层较完整
工艺方法	孔中深,直径小,以金刚钻取心钻探方法为主体,可扩展到绳索索取心、液动锤等方法	孔深,直径较大,以牙轮、复合片钻头全面钻进为主,少量使用天然表镶金刚石钻头,很少取心	孔深,直径较大,采用地质岩心钻探和石油钻探两者结合的工艺方法	孔中浅,直径较大,与石油钻井类似,但大为简化	孔浅,直径小,取心方式除回转钻进外,有时采用冲击钻进,要求严格,有原位测试要求	孔浅,直径特大,分干式与湿式方法,干式采用旋挖或抓取的取土工艺,湿式靠泥浆正、反循环携带岩(土)屑	孔短,直径大,为近水平孔导向钻进,不取心,小钻导孔,反拉扩孔,硬质合金钻头	孔极浅,直径从小到大均有,以成孔为目的	孔浅,直径较小,以成孔为目的,以空气潜孔锤或顶部冲击为主	孔中浅,直径极大,多采用反循环工艺,有时向上钻进(天井钻机)
钻进系统	以孕镶人造金刚石钻头为主,少量使用天然金刚石和超硬复合材料;钻机小型化,高转速、小扭矩,人工辅助操作较多;采用薄壁钻具,冲洗液以低固相为主,技术指标要求较低	以牙轮、复合片钻头为主,少量天然金刚石钻头;钻机大型化,电驱动,低转速、大提升力,电液气控制程度高;钻具强度高,配套齐全;冲洗液及固控系统复杂,要求很高	以金刚石取心钻头为主,个别井段使用牙轮、复合片钻头;钻机大型化,电驱动,高转速、大提升力,电液气控制程度高;钻具强度高,配套齐全;冲洗液及固控系统复杂	以牙轮钻头为主,少量使用取心钻头;钻机中型,低转速、较大提升力,人工辅助操作较多;钻具规格与石油钻井相似,但档次低;冲洗液以泥浆类为主,但要求较低	以硬质合金钻头为主;钻机更小型化、低速,人工辅助操作较多;钻具与地质钻探相似,取心要求较高;冲洗液以低固相、无固相为主,要求对地层污染少	干式有螺旋、筒装、抓斗等,湿式为拼装牙轮或滚刀;钻机大型,低速、大扭矩,移动性好;干式钻机与钻具为一体;湿式钻具与水井钻具相同;干式无冲洗液,湿式以泥浆为主	以硬质合金钻头为主;钻机小型至大型均有,近水平方式,回拖力大,液压化程度高;钻具与地质钻探相似;冲洗液以泥浆为主	以人造金刚孕镶薄壁钻头为主;钻机最小型,手持,移动性好;钻具简单;水坝坝基检查孔与地质钻孔	以硬质合金球齿钻头冲击为主;钻机中型,转速低,移动性好;钻具多为单根钻杆,空气吹孔	大型组合式滚刀钻头;钻机大型化,井口宽敞,井架与龙门吊分别设立,机械式或液压式传动,低速、大扭矩;气举反循环特殊钻具;冲洗液以泥浆为主

2.2.2.4 钻进系统

在结晶岩地层以孕镶人造金刚石钻头为主,少量使用天然金刚石和超硬复合材料表镶钻头;在沉积岩地层少量不取心井段使用牙轮钻头,取心井段采用复合片钻头;采用高强度钻具,有时使用大直径绳索索取心钻具,有时使用铝合金钻杆,最新的海洋科学深钻使用被称为“隔水管”的特殊钻具;钻机需要高转速,采用改装的石油钻机,多采用顶驱,海洋科学钻探采用特殊钻探船,电液气控制程度高;冲洗液以低固相为主,技术指标要求很高,固相控制要求高。

2.2.3 例三:基础工程施工钻进技术体系(主要指桩基冲孔)

2.2.3.1 地层

以第四系地层为主,极少量嵌岩至风化壳,有时会钻遇卵砾石地层。

2.2.3.2 钻井

很浅,一般仅几十米;桩基础孔口径很大(0.5

~2 m 甚至更大)。

2.2.3.3 工艺方法

分干式与湿式方法,干式采用旋挖或抓取的取土工艺,湿式采用回转或冲击方式钻进,靠泥浆正、反循环携带岩(土)屑。

2.2.3.4 钻进系统

干式钻头有螺旋钻、筒装钻、抓斗等,湿式钻头一般为拼装牙轮、滚刀或冲击钻头,切削具多为硬质合金;干式钻机大型化,低速大扭矩,移动性好,电液控制程度高;湿式回转钻机一般为改装水井钻机,冲击钻机分机械式、液压式,均为钢丝绳带钻头;干式钻机与钻具为一体;湿式钻机的钻具与水井钻具相同;干式无冲洗液,湿式以泥浆为主。

基础工程中的软地基处理,边坡喷锚支护有特殊的施工方法,与桩基础施工不同。

由上述的分类可以看出钻探与钻井技术体系多种多样,工程门类十分庞大,在整个工程技术体系中应当占据更高级的地位,成为一个完整、独立的分

支学科。但是令人遗憾的是,目前还不具备这样的客观条件,钻探工程自身的技术发展也还没有使这种认识成为工程界共识。这就需要钻探工程界的同仁共同努力,极大地推进钻探工程技术的现代化发展,从学科基础理论到工艺技术方法,从装备设计制造到标准体系建立都能形成独立而完整的体系。

3 钻探技术现代化是当务之急

3.1 钻探技术现代化的必要性和紧迫性

由于地质工作体制发生重大变化,一段时间以来我国矿产地质勘查工作出现较大滑坡,影响最大的是勘查技术,尤其以钻探技术最为严重。当前,我国已进入矿产资源消费高增长时期,重要矿产资源供需矛盾日益突出,对外依存度迅速提高,供应不足已成为制约经济可持续发展的重大“瓶颈”之一,钻探技术与装备的落后则极大地影响了矿产资源勘查的进度和效果。

近来随着国外勘查商强势进入我国,引入大量先进装备和技术,对原来地勘单位的探矿队伍和工厂造成强烈冲击。改造队伍、改变机制、开发新技术新装备,使我国钻探工业尽快赶上世界先进水平已成当务之急。

中国正在步入经济发展的快车道,在我国有一批行业(如铁路、钢铁、机床、石油钻井)通过技术改造,已经大大缩小了与世界先进水平的差距,但是地质钻探行业的落后面貌尚无大的改观。

原因很多,关键问题是钻探技术的重要性没有引起有关决策者的认识,钻探工作者对自身的责任也缺乏认识,对自身的能力缺乏自信。

现在是大声疾呼要推动钻探技术现代化的时候了!

3.2 钻探技术现代化的衡量标准

现代化是一个历史性的、动态的概念,因而现代化水平的判断标准是随着时代不同而不同的。

现代化又是一个专业性很强的概念,不同行业、不同领域现代化水平的判断标准也是不同的。达到甚至超过当今世界先进水平是一个通用的衡量标准。

什么才是钻探技术现代化的水平?

笔者认为钻探技术现代化水平的标志有以下几点。

(1) 钻探工艺技术水平要与世界先进水平看齐。

采用世界主流施工技术占大多数(如地质岩心

钻探体系中金刚石、绳索取心比率达70%以上),有大量独立开发的新技术(如液动锤)。

(2) 装备水平具有很强的国际竞争能力。

衡量指标有技术性能参数、故障率(无故障工作时间)、使用寿命、操纵性能、安全性、运移性等;设计理念的现代化,主传动系统液压化,控制系统电气化和智能化;产品可大量出口。

(3) 创新能力进入世界先进行列。

新技术、新装备的研发方面,具有市场促进不断更新的机制,不断涌现具有自主知识产权的新技术。

(4) 钻探主要技术经济、资源消耗和环境指标要达到世界先进水平。

钻探台月效率、每米成本;资源利用率和环境保护方面:质量轻、效率高、油耗小、污染少、环保好。

3.3 对我国现今钻探技术水平的评价

以地质岩心钻探来论述。

(1) 20世纪80年代,我国形成了以绳索取心为主体的金刚石钻探技术、以反循环为主体的多工艺钻探技术、以低密度钻井液为主体的护孔堵漏技术等三大技术体系,标志着现代地质岩心钻探生产技术体系基本建立。

(2) 现在主体钻探工艺技术方法仍停留在20世纪80年代的水平,金刚石钻探获得普遍应用,绳索取心技术仅占30%左右,液动锤、反循环和钻井液技术应用较少。

(3) 钻探装备主体上仍然是液压立轴式钻机,使用年限多已超过10~15年,新度系数不到0.1,甚至已经报废;20世纪90年代研制的CD系列新型立轴式钻机没有获得广泛应用;近年来通过引进和仿制开始推广应用全液压动力头式钻机,但数量还很少。

(4) 岩心钻探平均台月效率仅有300~400 m,好的只有500 m左右。

在我国地质勘查领域,国有地勘单位一家独大的局面仍是当前主流,钻探现场技术与管理总体水平落后国外15~20年。近年来,通过改制,各地成立了一些新型股份制或民营地质钻探承包公司,这些公司积极借鉴国际先进的技术和管理经验,在水平上比国内同行高出一大截,台月效率超过1000 m,施工质量优良,受到来华投资矿业的外商的青睐。

水文水井、工程勘察和桩基施工钻探情况基本相似。只有石油钻井技术发展步伐很快,由于我国油价随着国际油价的上涨一直维持很高的价位,石

油钻井的工作量很大,成本也高,多年来始终将引进消化吸收国际先进水平的技术作为主要手段,特别是在执行 API 标准方面十分彻底,因此无论是石油装备还是钻井技术和管理均已接近国际先进水平。

4 钻探工业现代化的几个关键问题

我国钻探工业现代化之路有一系列亟待解决的问题,其中关键的影响全局的重大问题有以下 4 个。

4.1 战略与决策问题

首先是国家的作用。有人认为市场经济下工程技术进步单纯靠市场、靠竞争就能发展起来,钻探技术研究没有必要由国家投资,从事这方面研究的科研单位全部轰赶到市场就行。于是积极推进转企的改革。科研所转企是国家科技体制改革的方向之一,对于市场前景好、条件具备的研究所应当向这个方向积极努力发展,确实也有一大批科研单位通过转企,获得了新生。但是对于服务于整体上尚没有形成市场机制的地质工作的钻探工程来讲,目前还不具备这样的外部条件,或者更准确地说不完全具备条件。为什么市场条件更好的矿产资源勘探研究单位不转企而进入创新体系,同样的从事物探和分析测试的勘查技术研究单位也不转企,唯独只将钻探技术研究所列入转企行列?这充分反映了上层决策的偏颇。实践结果也表明单纯靠市场,严重影响了钻探技术的现代化发展,反过来给地质调查和矿产资源勘查工作拖了后腿。当务之急是要让各级决策部门认识到国家在地质勘查和钻探技术发展上需要注入同样力量,在地勘行业科技发展规划的制定与实施中给以同样的关注和支持。国家通过科技规划和计划给予关注是一方面,通过对科研事业单位的资金投入也是重要的方面,通过对企业改制、重组和技术创新的扶持也是不可缺少的。

4.2 自主创新问题

我国在相当长的时间里,在工程技术方面是从仿制起步的,就钻探工程技术和装备来看,几十年来大多是引进和仿制的,但是仿制不是创新!仿制虽然可以较快地提高我国的工程技术水平,但总是要跟在别人的后面,特别是在国际化方面受到知识产权的困扰,难以进入世界市场。自主创新是国人梦寐以求的,但什么是自主创新呢?温家宝总理在全国科学技术大会上的讲话中指出:“自主创新,就是从增强国家创新能力出发,加强原始创新、集成创新和在引进先进技术基础上的消化吸收再创新”,原始创新就是技术发明,集成创新就是融合多种技术

创造新的产品、完成新的工程和形成新的产业,再创新就是在引进消化吸收国外先进技术的基础上,实现更高水平的新产品、新技术。总之,引进国外钻探装备可以迅速提高我国的装备水平,通过消化吸收再创造,可以迅速追赶国外先进水平,但单纯靠买是买不来钻探技术整体现代化的,仿制之路只能解燃眉之急,现代化最终只能靠我国的自主创新。

4.3 顶尖科技创新人才和野外施工现场技术人员问题

创新的关键是人才,新技术推广应用的关键还是人才,中国大陆科学钻探工程之所以取得一大批创新技术成果,得益于集中了一大批国内最优秀的钻探技术精英。当前科研单位存在人才流失问题,有体制、机制、管理等方方面面的问题,但是比起基层地勘单位来,钻探技术人员总的状况还算好的,缺少的是理论基础扎实、研究经验丰富、具有创新意识的技术带头人。钻探施工现场的一线钻探技术人员特别是钻探技术工人的短缺,才是当前钻探技术水平低下的更重要的原因。像绳索取心钻探技术、液动锤应用技术在 20 世纪 80 年代就已经在我国奠定了良好的基础,可是如今在大多数野外队这些技术的应用水平却十分落后,甚至没有人接触过。随着新一代全液压钻机、机电液联合控制系统和智能化的钻进参数仪表的应用,对现场装备的维护与管理水平要求越来越高。新技术、新装备呼唤具有高学历、高素质、高水平且实践经验丰富的工程技术人员在野外一线服务,这就要求各地勘单位高度重视选拔人才,并采取切实有效的措施稳定住一线的人才。

4.4 标准问题

人们常说:“一流企业卖标准,二流企业卖品牌,三流企业卖产品”,可见标准对于企业的重要性。钻探行业也是这样,20 世纪 80~90 年代我国在推广应用金刚石钻探(含绳索取心)技术 20 多年的基础上,全面制定了从金刚石及其复合材料、钻头、管材、钻具、到钻机、泥浆泵等设备直至配套工具的各类标准几十种,特别是与世界通用钻探标准 DCDMA(美国金刚石岩心钻机制造商协会)和 ISO(国际标准化组织)建立了良好的合作关系。在吸取国际钻探标准经验的基础上历时 10 多年制定了我国自己的《金刚石岩心钻探钻具设备》(GB/T 16950-1997)和《金刚石绳索取心钻探钻具设备》(GB/T 16951-1997)两项基础性标准,并于 1998 年 5 月 1 日开始实施。然而实施起步之初即遇到全

国大范围地质工作体制改革,地勘单位属地化管理,新成立的国土资源部不再带领庞大的地勘队伍,而相应的行业管理职能一时没有到位,致使新标准没有得到有力的贯彻执行,被束之高阁。例如《金刚石岩心钻探钻具设备》(GB 16950-1997)规定的钻孔公称口径(见表2),与1982年《岩心钻探规程》的口径系列(36、46、56、66、76、91)有很大区别,和《金刚石钻头标准》(DZ 2.1-87)的系列(28、36、46、59、75、91)也有较大区别,结果造成目前的混乱。近来在审查危机矿山找矿项目的钻探工程设计时,发现基层单位采用的钻孔口径和使用的钻具系列规格五花八门,这给生产制造单位和使用单位都带来了极大的不便。

表2 规格代号与对应的公称口径

规格代号	R	E	A	B	N	H	P	S
公称口径	28	36	46	60	76	95	120	146

目前应用的《岩心钻探规程》是1982年颁布的部颁标准,新的《岩心钻探规程》曾于1999年修订成稿,然而一直没有批准发布,现在看这个稿子已经落后了,望有关管理部门尽早重新修订,尽快颁布执行,以统一目前混乱的市场状态。

我国在绳索取心钻具标准方面借鉴了世界先进标准的经验,独树一帜,固然有其先进性的一面,但是也有与国际常用标准不能通用的弊病。当时国家采取了双轨制的政策,即贯彻国标的同时,允许企业

根据订货生产制造符合国际常用标准的钻具。这项政策从当时看是正确的,但随着我国经济的快速发展,钢铁制造业已成为世界的龙头老大,地质管材的规格系列要考虑在国际上能够被普遍应用,又不可能太繁复,种类太多。

近年来,国际上通行的宝长年Q系列绳索取心钻具也有了很新的设计,如高强度系列(BRQHP)、轻薄系列(BRQLW)等,地面和坑下的规格也不同。近10多年来我国与国际标准化组织ISO/TC82/SC6的联系几乎中断,对世界范围内钻探设备标准化近期的活动几乎毫无知晓,国土资源标准体系中钻探工程的标准工作几乎停顿。当前应该尽快恢复钻探工程技术标准化工作,重新考虑我国的钻具系列标准,制定下来的规格就应当通过政府的职能(我国协会小职能还太弱小,不足以担此重任)坚决贯彻,淘汰落后的标准,强制执行新标准,推行认证制度,不符合国家标准的产品不准进入市场。

参考文献:

- [1] 李伯聪. 工程哲学引论[M]. 郑州:大象出版社, 2002.
- [2] 徐匡迪. 工程师应不断提高自己的哲学思维能力[J]. 中国科学院院刊, 2006, 21(3).
- [2] 王达. 中国大陆科学钻探工程科钻一井钻探工程技术[M]. 北京:科学出版社, 2007.