

新世纪我国土木工程活动与预应力技术的展望

吕志涛

1、新世纪我国土木工程活动

新世纪,我国经济将继续快速发展,因此,土木工程建设将继续增长。譬如,为迎接西部大开发,甘肃省集中力量,全方位地加强基础设施建设。近期,全面加快公路、铁路、机场、水利、能源、天然气管道、通讯、广播等建设。

1.1 建筑工程

21世纪,随着我国对外贸易的迅速发展,外商投资的迅猛增加,贸易中心、金融中心之类的高层、超高层建筑将继续兴建。尽管一些城市已作出规定,为保持历史名城和古城风貌,为改善市民的居住环境,不允许在城市中心继续兴建高楼。但是,从节约土地考虑,高层建筑将继续在城市中兴建。并且,其结构体系将会有新的发展。如具有优良的抗震、抗风性能的预应力悬挂结构、巨型建筑结构、采用H型钢的钢结构以及钢-混凝土组合结构等新型高层建筑结构体系将会出现。

新世纪的建筑,仍将以混凝土结构为主,但是,钢结构,包括型钢混凝土和钢管混凝土等组合结构在高层建筑中的应用将获得推广。混凝土高层建筑或混凝土内芯和周边钢框架组成的高层建筑或桁筒式高层建筑高度可能达到或超过500m。外伸结构在我国的应用将有所推广。局部钢管混凝土高层建筑高度可能达到或超过380m,全钢管混凝土高层建筑可能达到或超过350m。

随着经济的发展,国际化进程的加快,各省市自治区的国际展览中心等大跨度现代建筑将会大力兴建。因此,满足透明等现代要求的第三

代玻璃幕墙结构将有较大的发展和应用。

住宅建设将朝大开间结构及节能、节材、改善生态环境的绿色建筑的方向发展。运用电子信息科技,加快建筑智能化。

同时,既有建筑物的加固、改造任务将不断增加。采用碳纤维作结构加固材料的技术将被大力推广应用。上述建筑工程中有多种结构将应用预应力技术。

1.2 公路

改革开放以来,公路建设尽管有了迅速发展,但与发达国家相比,还有很大差距,尤其人均公路里程是最落后的,比巴西、印度都少。这意味着今后我国公路建设的任务还相当繁重。譬如,甘肃省为适应西部大开发,加强交通基础设施建设,仅1999年完成投资达41亿元,其中公路重点建设完成投资30多亿元。可见,公路建设大发展还将持续一段时期。

1.3 铁道

我国已有铁道5万多km。近年来,运输任务日益繁重,列车载重量逐步提高,铁路运输已成为国民经济发展的瓶颈之一。因此,我国铁道建设任务还很艰巨。譬如,我国还将在世界屋脊建设青藏铁路,全长达1100km,在昆明至拉萨间建滇藏铁路,全长达1654km,桥隧总长将达710km。

同时,提高列车运行速度,也是我国铁道部门的当务之急。我国第一条150km/h的准高速铁路-广深线1994年投入运营以来,客运量稳步提高。铁路列车提速很有竞争力。因此,我国将会同日本、法国、德国、西班牙及意大利等国那样

修建高速铁路。日本已把建设高速铁路的目标从“满足运输需要”发展到“满足国土开发需要”。法国巴黎至里尔的北方线，速度已达300km/h。磁悬浮高速铁路具有速度快、能耗少、安全好、污染小及占地少等优势，也是现代高新技术产业的发展方向。因此，我国上海浦东将建一条从地铁2号线终点龙阳站至浦东国际机场的全长30km的磁悬浮高速列车运行线工程，最高时速可达505km。尽管德国搞了三十多年的磁悬浮高速列车试验，原先计划建设的柏林-汉堡的磁悬浮列车工程，去年已决定下马。

1.4 桥梁和隧道

中承式钢管混凝土拱桥跨度可能达到或超过400m；用钢管混凝土支承骨架的上承式混凝土箱形截面拱桥跨度可能达到或超过450m；桁架组合拱桥跨度将超过350m。刚架桥跨度可能达到或超过320m。钢结构斜拉桥跨度可能达到或接近1000m；预应力混凝土斜拉桥将可能达到或接近600m；独塔单索面预应力混凝土斜拉桥跨度可能超过250m。悬索桥跨度将超过1500m。在21世纪，这些桥型都可能在我国的内江河湖海上出现。我国铁路隧道将可能超过20km，公路隧道在现有基础上将增加25%~50%。可能有十多个城市开通地铁，而有些城市将发展轻轨。我国跨海桥的建造将增多。新世纪可能建造3000m或以上的悬索和斜拉组合的钢桥，但索可能采用抗拉强度高的碳纤维或芳纶纤维代替钢材以大幅度减轻（仅为钢索重量的20%）重量。

如同建筑物那样，旧有桥梁结构采用纤维加固的场合越来越多。

越江隧道将会在南京、武汉等地的长江江面之下建成。

1.5 水利工程

新世纪将更多地开发水利发电，世界上最大的水利工程——三峡工程将建成，我国将建设更多

的薄拱坝（ $t/H=0.1-0.15$ ）。混凝土拱坝高度可能达到或超过300m。发展有混凝土面板的堆石坝（高度可能接近180~200m）和碾压混凝土坝（高度超过155m）。在复杂地形上及震区建坝，坝基处理将更为完善；坝的计算更趋合理，非线性有限元分析更为普遍。

1.6 特种结构

预应力混凝土筒形电视塔高度将达到或超过560m，预应力空间框架电视塔设计高度将达到或超过500m。预应力混凝土地上储油的容量将过20万立方米。

2. 预应力技术的展望

2.1 在新世纪土木工程的各项专业活动中，预应力技术将进一步发挥作用，并推动土木工程科技的创新和发展

在建筑工程中，预应力技术是建造大跨度公共建筑、大型会议展览中心及大开间住宅的重要技术，也是高层、超高层建筑和承受特重荷载（如转换层结构、重型传力大梁等）的不可缺少的关键技术。一句话，预应力技术在解决大、高、重建筑工程的设计和建造难题中将继续发挥其独特的优势。并且它也是调整结构内力和减少、甚至取消大面积工程伸缩缝，防止开裂的重要手段。此外，预应力技术还将推动建筑结构的创新，如预应力拉杆替代柱的悬挂建筑将获得一定的发展。南京正在设计中的一座高楼已考虑采用悬挂结构方案。

在公路工程中，预应力技术对解决路面混凝土开裂和减少伸缩缝，提高使用寿命具有好的应用前景。

在桥梁和隧道工程中，预应力技术的应用更为广阔。不论是超大跨的悬索桥（1000m以上、甚至达2000m的）、特大跨的斜拉桥（500m~1000m的），还是大中跨度的系杆拱桥（<500m）、连续梁桥、刚构桥及小跨度的简支梁

桥、板桥，都可有效地应用预应力技术。在我国今后的地铁站等地下工程中也将应用预应力技术。

在特种结构工程及海洋工程中，预应力混凝土抗裂性高、耐久性好等优越性将得到充分的发挥。世界上几座最高的电视塔，如多伦多塔、莫斯科塔及上海塔等，都是采用预应力技术建造的，否则解决不了抗风防裂等难题。预应力混凝土更是建造海洋工程的最好材料，预应力技术在海洋采油平台、海洋储罐，海上运输船以及海上防波堤、跨海大桥等海洋工程中将发挥更高的效能。

此外，预应力技术也将在水利工程或其它工程如旧建筑的加固改造、加层和拆除中获得更多的应用。一句话，预应力技术在土木工程中的应用极为广泛，并且还将进一步扩大。

2.2 在新的世纪预应力混凝土材料及技术本身也将有所创新和进一步的发展

土木工程的发展，必将推动新材料、新技术及新理论、新设计方法不断涌现。

预应力混凝土仍是土木工程中最为重要的结构材料。混凝土将继续朝高强、高性能方向发展。各国都在开展这方面研究。C120的混凝土在国外工地上使用已不是新纪录。称为高强活性粉末混凝土的抗压强度可达200~800MPa，但在工程中实用只能期望150MPa或稍高些。免振混凝土、密筋混凝土可能在结构中试用。

预应力钢材，也将有多方面的新发展。如高吨位索的需要将促使大直径、大截面钢绞线的研制、生产；超过2000MPa级的高强钢绞线也可能推出；镀锌、环氧涂层钢绞线将被采用；不锈钢绞线的应用将有大的增长。

耐久、轻质（重量只有钢材的20%）、更高强（>2000Mpa）的高性能纤维加强塑料筋将较多地获得应用，我国也将试用。近年来，人们开

始使用碳纤维加劲塑料（CFRP）、玻璃纤维加劲塑料（GFRP）、芳纶纤维加劲塑料（AFRP）。这时，RC就不再指钢筋混凝土，它可以是碳纤维、玻璃纤维、芳纶纤维加劲塑料混凝土。

预制预应力混凝土和无粘结预应力筋将分别获得发展和广泛的采用。新型无粘结CFRP预应力筋将得到开发和应用。在我国房屋建筑和桥梁中体外预应力配筋将获得较多应用。

上面讲的建筑工程中的大跨度建筑、大面积结构工程、巨型结构、转换层结构、悬挂建筑、大开间住宅和预制预应力建筑以及各型桥梁、水利工程、铁道工程、特种结构工程，等等，还有结构加固、改造与拆除，都有赖于预应力技术的进步和设备的发展。因此，我们深信柳州建筑机械总厂发展机遇很好，技术创新前景十分广阔至于具体的预应力设备如何发展的问题，有待更进一步的研究。

同时，新结构的研究和开发面将拓宽，房屋结构与桥梁各种结构之间的交叉、借鉴也将有所发展。理论和试验研究，包括预应力混凝土结构的耐久性、抗火、抗震、抗爆等性能研究及它们的设计方法研究都将有新的发展。预应力工艺与施工管理也将有普遍的提高。由于计算机的发展，结构设计中将更多地考虑空间作用和非线性。

此外，建筑业废弃物也将在一定程度上得到处理及利用。

作者简介

吕志涛：中国工程院院士、东南大学教授，东南大学预应力工程研究所所长，国务院学位委员会土木工程学科评议组成员，全国建筑物鉴定与加固标准技术委员会委员。