

在画家的眼里，这是一只巨型的凤凰，正在翱翔云天，一往无前；

在诗人的眼里，这是一个伟大民族复兴的图腾，她犹如涅槃的凤凰，在经历了无数的苦难之后，正在展翅高飞，奋勇而矫健；

在工程师眼里，这是一个世界级的巨型工程，也是一个前无古人的施工难题。它是全球最大的单体航站楼，也是全世界建筑施工技术最复杂的难题集合体——

有谁能创造人间奇迹，将这只瑰丽雄伟的凤凰从蓝图变为现实？

从2015年正式施工至今，短短4年间，“凤凰高飞”这个最美丽的神话已经在北京城建人手中变成了鲜活的现实。

“钢铁凤凰是怎样起飞的？”

本报记者近日专访了北京城建负责大兴国际机场主航站楼工程项目的总工程师段先军——

如今，距离9月30日顺利通航的最后期限越来越近了，奋战在北京大兴国际机场的每一位建设者都铆足了劲，争取早日让新国门与大家见面。他们用智慧和汗水再次让世人见证了“中国智慧”与“中国速度”。

北京城建大兴国际机场主航站楼工程项目总工程师段先军就是其中的一员。在北京大兴国际机场的施工现场，大家都知道这样一句话“有问题找段总”。他是大伙眼中的“问题终结者”。那么在一个个难题面前，段先军是用什么办法完美解决的？

从2015年开工以来，段先军已经记不清自己对家人爽了多少次约定，但作为一位建设者，他却从没有失信于集团，失信于国家。“这个任务是党和国家对我们的信任，我们一定要攻坚克难，竭尽全力完成。”段先军说。4月30日室内装修基本完成，5月开始消防调试验收，6月中旬进行质量竣工验收……每一个时间节点都清晰地印在每一个建设者的心里，更深深烙在了段先军的心上。

看到图纸的第一感觉：特别难

“我们之前干过很多机场，像T2、T3项目都是我们团队干的，在建造机场方面也积累了一些经验，但是当我看到北京大兴国际机场这个项目的图纸时，我第一印象就是特别难。”提起最开始接触北京大兴国际机场项目时，段先军坦言。

有着丰富施工经验的段先军，一看到图纸就想到今后在施工中必定要遇到的三个问题。

第一个问题：如何运送材料的问题。“这次的工程项目与以往的机场都不一样。以往的机场设计的时候虽说很大，但一般都有一个主方向，比如说很长或很宽，这样不影响运送施工材料。但新机场不一样，它是又长又宽，我们施工技术人员一看就知道其中很难。”段先军说。

施工中会用到大量的材料以及设备，目前的塔吊只能覆盖80米直径的范围，而北京大兴国际机场的施工长度是500多米。若按照常规方法来施工，往中心点运送材料得经过塔吊三次中转，才能把材料放到指定位置。段先军给记者简单计算了一下，每次调转大约得花费七八分钟的时间，那么一批货物最终要半个小时才能达到指定位置，这样会大大降低施工进度。工人只能白白等着材料过来才能干活，从而浪费了很多时间。

第二个问题是屋顶的钢结构过于复杂。“常规的楼造型再复杂，但它有很多柱子来支撑，支撑点多，曲线好控制。但是这个楼却不一样，一个大屋顶，支撑点特别少。”段先军说。

机场主航站楼屋面网架的投影面积有18万平米，



■本报记者 杨琳琳/文 彭程/摄



相当于25个标准足球场大小，而这个庞大的结构仅以8根C型柱为主要支撑，技术难度可想而知。因为其中有很多要考虑的地方，且计算量也很大，一般是距离越大计算也越不精准。此外，还要考虑到屋顶的排水问题。同时，整个屋顶的起伏也很大，最高落差有27米，“我当时一看，心里就想：我的天，太难了。”

第三个问题就是通风问题。这么大一个建筑结构，如何保障人们进入这个内环境的整体舒适度。如果是小房子，那么两边留个通风口，中间用空调一吹，很容易就能达到有效通风。但是这么大的一个空间，周围边上的空调系统如何能很好的作用在中间区域的位置，也需要施工者去考虑。

这些只是段先军看到设计图纸时，想到的问题，他心里明白施工过程中肯定还会遇见更多意想不到的问题。

开工了，最怕接电话

“我是2015年8月26日进厂的。当时这里还是一片荒草，连测量点都找不到。”段先军边说边笑。今年是施工的第五个年头，从最开始的一片荒芜，到如今的凤凰欲飞，这群建设者是最好的见证。

对一座建筑来说，混凝土结构的基础建设非常重要。“装修虽说难，但是它风险小。对装修来说，最不好的情况就是干得不好把它给拆了，但是结构类的都不允许你有犯错的机会，所以那时候压力很大。”段先军说。

2015年年底到2016年年初是打桩的关键时期，也是压力最大的时候，因此深谙其中利害的段先军经常是凌晨一两点钟还在现场紧盯着。

这里曾经是古河道，地形复杂，地下全是淤泥，非常容易坍塌。那时段先军最怕的就是接电话。一个星期天，好久没见家人的段先军答应带孩子去逛动物园，结果刚进动物园，电话就来了。段先军挂了电话，



跟妻子和孩子说了一句：“你们自己看吧。”就匆匆赶往施工现场了……

常规建筑的基础都是打地基，打桩，但是北京大兴国际机场项目注定不能走“寻常路”。“混凝土的膨胀系数是1.2×10⁻⁵，一百米就有零点几毫米，500米乘下来就有好几公分的伸缩。膨胀太大的话，就会导致拉裂，所以常规的方法根本无法解决这些问题。”此外，这些基础结构将来是要支撑柱子的，原本就是屋顶大，柱子少，所以每一根柱子都要承受很大的压力，如果还要承受由于热胀冷缩带来的拉力的话，那么这个柱子就需要做很强，做很大，才能抵抗约束。然而当约束越强，那么当遇到地震时，地震的作用就越大，最终地震的破坏性就越大。为了解决这个问题，段先军多方查找国内外的相关资料，寻求最新的工艺。

“功夫不负有心人”。段先军了解到，目前日本有一些这方面的经验可以借鉴，采取放任的方式。“一个位置的约束很大，力很大，那么在这个点加一个橡胶支柱，从而弱化各方面的力，达到一个动态平衡。但是加一个橡胶支柱之后，对屋顶上部的建筑结构又带来了一些新的施工难题。我们当时就是解决了地震因素、解决了温度伸缩，之后依然有很多问题。这个工程对我们来说可真不是过五关斩六将，那么简单。”

在北京大兴国际机场项目中，他们国内首创层间隔震技术，从使用的隔震弹性滑板支座来看，无论是体量还是单个支座的吨位都创下国内之最，建成之后将成为全球最大的单体隔震建筑，抗震设防烈度能达8度。

打完桩，干完地基压力小点；结构干完，压力又小点……随着每一天的顺利施工，段先军肩头的压力也在慢慢减少。这成了他最好的减压方式。

人工与智能的完美结合

19万余米焊缝长度，12300多个连接点，仅仅80天时间，主航站楼钢结构便成功封顶，焊缝探伤一次合格率高达100%，而且安装的误差精度更是控制在1毫米

之内，创造了吊装世界最大面积机场航站楼钢结构屋面的奇迹。那么到底是如何做到的？段先军道出了其中的秘密：这得益于人工与智能的完美结合。

作为总工程师，段先军明白，面对工期紧，技术难题多的现状，按照常规挂牌很难达到目的，所以结合工程特点，引进了很多先进技术，焊接机器人就是其中之一。“传统都是用人工，焊工得时刻盯着焊口，加上需要焊的管子比较厚，一个结口焊下来需要一两个小时，每名工人一天工作八小时也焊不了几个结口，让焊接机器人去焊的话，就方便很多。”段先军介绍，目前焊接技术已是相当成熟的技术了，很多规则的接口完全可以使用焊接机器人去操作。

在施工过程中，一个工人可以负责两台焊接机器人工作。这样，原来的工人就成了管理者，而原先一个人一天可以焊三五个，现在一天可以焊出十几个，工作效率也提高了不少。同时使用焊接机器人还有一个好处就是能够保证工作质量统一。如果是人工焊的话，一方面受焊工手艺的影响，另一方面也会受自身状况的影响。比如，工人在疲劳状态下也会影响焊接质量。而焊接机器人就完全不一样了，它们都是自动化的程序，焊接质量很稳定。

除了引进先进的技术设施，让段先军引以为豪的是，他与国内两家知名企业合作开发的国内最先进的工程项目信息化管理平台。就拿屋顶的钢结构来说吧，屋顶的钢结构纵横交错，很复杂，同时屋面排水问题也是一个很不好解决的问题。屋面有排水沟，需要先把雨水汇到一个蓄水池里，之后再排出来，但这个池需要很大，那么建立蓄水池就很棘手。第一它要受屋顶网架结构的影响，其次就是这个池建在哪里，选点也很难。“直接在现场用肉眼选在哪里建，是找不出来的。而我们用三维模型就好办了。”说起技术问题，段先军总是滔滔不绝。

前期他们安排了很多工程师去收集数据，建立模型，之后检验这个池应该建在哪儿，再根据这个池去

找节点去分摊压力，施工过程一下子方便了很多。

有了先进的智能化施工系统，不光解决了施工过程中的具体问题，还解决了施工中的协同问题。像北京大兴国际机场这么一个大工程，下面涉及到水专业、建筑专业、排水专业等十几个专业，需要很多专业一起协作，才能确保工程施工顺利。

同时，有了信息化管理平台，让施工进度跟模型的结合也更商务化。施工中干到哪部分常常需要一个钱的数值去衡量产值，而要靠人去计算的话很麻烦，但是段先军前期就把工程造价跟这个工程结合了起来，利用模型很快就能估算已施工工程的造价了。工程量是恒定，但是每个月的进度不一样，那么每个月的造价就是一个动态的，随着工程不断变化的。

此外，还有一个使用信息化管理平台的好处就是让整个工程变得可视化，每一个点都有痕迹可循。“干活过程中的质量如何，这个活儿是谁干的，以后有问题也可以及时追溯到责任人。包括安全质量，我们现在也在做大数据，这些安全问题，违章的都有哪些，在以后的工作中能更好的关注这些点。以前可能干完一个工程过去就过去了，现在我们可以通过这个管理平台进行反思，干活过程中哪些方面还是需要我去提高的，或者说需要下一步注意。有了这个平台，能更好的记录与反思。同事们都说干了一个工程，再反思一遍等于干了两个工程。”段先军得意地说。

在段先军的主持下，项目引进了数控自动化钢筋加工机械、焊接机器人、卫星定位的RTK、放样机器人、三维扫描仪等先进设备，开发了项目协同办公OA系统、工程资料管理PKPM系统、BIM5D管理系统、塔吊监控及防碰撞系统、可视化安防监控系统、劳务实名制一卡通系统，打造了一个现代的智慧化工地。

挑战一个又一个国际难题

“虽然第一眼看到这个工程时，已经知道之后面临的困难不小，但还是想有些突破，不管是在行业方

面的突破还是在自身方面的突破，都是一种收获。”段先军说。

工程大，超大平面混凝土结构施工让水平运输成了一个不小的难题。不解决这个问题，施工材料就不能及时输送至施工点，从而影响施工进度。直到现在，回想起当时的情况，段先军仍然面露愁容。“当时第一种方法就是吊车接力，将材料一点一点运到核心区，但是这样下来就会很慢。那么我们就想如何能高效运料，比如直接用汽车拉过去，但是汽车走哪呢？汽车要走路，要么就设在地面上，要么就把它架起来。如果是地面的话，这些地方的地面结构不能做，影响工程进度；所以只能架起来，那么架哪儿呢？怎么架呢？这个桥也不能太贵，因为以后还要拆……这个是我们需要思考的。”

最终，在北京大兴国际机场工程施工中，段先军以技术研发数据为支撑，创造性地在工程超宽结构南北两侧设置总长度1100m的两座钢栈桥，把整个区域分为三部分，运用研发的大吨位“小火车”运输材料，每个桥两边是塔吊，一次塔吊就能直接将货料运到核心区，解决了超大平面混凝土结构施工水平运输难题，提高工效3~4倍，为按时完成施工任务提供了一份保障。

做到屋顶的钢结构的时候，下面的楼层也是高高低低，屋顶也是高高低低，按照常规的方式是需要搭建很多支撑架子，然而这些架子比较大，搭这个架子需要一两个月，拆又要一两个月，在加上施工的三多个月，工期会拖很长，时间上受不了，成本也受不了。

为了解决这一问题，经过多次研讨，最终想出：把屋顶分成很多块，在对应的楼板上提前拼好，之后把它提上去。人借助楼层拼接，让施工成了低空作业，省时省力，但同时新的问题出来了：提上去之后各个单元之间的接缝，接不上怎么办？这些接缝的地方受很多因素的影响，比如温度的因素，施工精度的影响，如何解决施工偏差的问题。还有就是屋顶原本是一个整体，人为把它分成多个部分，它的受力的问题。还有一个问题是这些钢结构是在地面上拼装的，在这个过程中，你要保证它的弯曲弧度与在屋顶吊着的时候是一样的，这也增加了施工难度。因此，施工中的难度很大，要确保刚好吊到屋顶时正当恰好，这非常考验一位工程师的技术。

解决一个问题，又产生了很多新问题。段先军就在这些问题中穿梭，他犹如一根针，试图成功穿越这些问题。如果说段先军打造的信息化管理平台是一个可视化的大脑，那么段先军的大脑则是一个功能更加强大的大脑。“作为一名工程师要有数学概念，通过建立模型来确定每一个位置、每一个角度，确保两个单位完美对接。”

在段先军看来，一个技术工程师要注意到各种细小的问题，确保每一步施工都安全可靠。屋顶的钢结构什么时间施工，在很多普通人的眼中根本不算个问题。但是事实上这是一个很讲究的问题。“这么大的钢结构，早上施工与下午施工会因为热胀冷缩的原因相差十几公分，因此需要选一个合适的时间点来施工。”他们当时确定的是晚上十点多钟，把这些拼缝最终一起合拢。为什么选择在晚上10点呢？段先军有条不紊地道出了其中的秘密：温度。当时施工的时间是6月份，白天的温度都接近30多度，晚上的气温20多一点，最接近施工完成后正常运营时的温度。而施工时候的温度形态跟以后正常运营的温度形态尽量吻合，那么变化就越小，对结构来说，更安全。

“一般来说做地基打桩的时候我就需要考虑上部结构怎么去建，钢结构之后我就要考虑下面这些装饰如何做，为屋面板，吊顶做准备，结构差不多的时候，我就需要考虑精装修的问题，如何铺石材，如何挂墙板啊？如何机电配合……”作为一名工程师，凡事段先军都会提前想好策略，更好的确保顺畅施工。

采访结束时，段先军还不忘跟记者开玩笑说：“我之前的头发可不是这么少。”一句看似简单的玩笑话，其中却包含着很多的内容。如今，离工程竣工的日子越来越近了，段先军与众多的建设者依然在岗位上奋斗着。北京大兴国际机场古铜色的屋顶在阳光下犹如凤凰的羽毛，5条由中心放射出的指廊，犹如翅膀。这只由钢铁铸成的金凤凰，正蛰伏在这里，等待着9月展翅翱翔……