第二讲 世纪之交的科学管理

**第一部分、世纪之交的科学管理**

**一、时代背景**

19世纪末20世纪初，在美国开始了以电气化为主要标志的第二次工业革命。机械化加上电气化，使得美国公司正由企业家创立和管理的小公司向大规模、一体化的企业转变，各个行业中的大小企业都热切渴望更好的方法来制造和销售产品，追求更多的产量和更大的市场。但是，美国企业同时受到两方面的困扰。一方面，工厂主还不懂得有效地组织工人操作机器，只是一味地要求工人加班拼命工作。另一方面，刚刚脱离了土地的农民还不适应工厂的工作，他们不堪忍受压迫，采取消极怠工甚至破坏机器的方式进行抵抗，劳动效率十分低下，劳资矛盾十分突出。迫切需要找到解决办法，于是“泰勒制”应运产生。

**二、主要观点及做法**

1.弗里德里克·温斯洛·泰勒（1856-1915）

泰勒的观点主要包括以下几个方面：

（1）实行定额管理。要按照科学根据而不是凭主观经验制订合理的日工作量定额。

在企业内部存在着“磨洋工”现象，即工人们故意按照自己的意愿放慢工作速度，而同时却竭力使他们的老板认为他们正在努力工作，导致工人的产量会变得很低。根据泰勒的估计，工人的产出只达到最大可能的1/3。进而影响着生产效率的提高，产出水平和成本的降低。

泰勒区分了两种不同类型的磨洋工。“本性磨洋工”（natural soldiering）来源于“一种自然本能和人们倾向于松懈的趋势”；“系统磨洋工”（systematic soldiering）则来源于工人们“由他们的人际关系所导致的更为复杂的二次思考和权衡”。

对于本性磨洋工，可以通过管理者激励或强制工人们达到工作要求，从而得以解决。而系统磨洋工则是另一个问题，管理者多年来一直试图解决这个问题。根据泰勒的理解，工人们磨洋工是出于几个原因：首先，他们担心如果他们更快速地工作，他们将很快完成工作从而被解雇；其次，根据他们按照计件工资率获得工资的经验，如果他们生产更多产品，管理层很有可能会降低计件工资率来调整他们的工资，从而使他们需要干更多活才能获得相同的收入；最后，工人们一直沿用的单凭经验的方法代代相传。泰勒将责任归因于管理者，而不是工人们，因为他认为合理分配工作，提供适当的激励以克服工人们磨洋工现象是管理者的职责。

在很大程度上，磨洋工是由一种“劳动合成”（lump of labor）理论引发的。该理论假定世界上可以从事的工作量是有限的，每一位工人干的活多就意味着工作岗位的减少。固定的日工资率或小时工资率滋长了磨洋工，因为工人们没有动机在今天生产比昨天更多的产品。报酬取决于出勤和职位，而不是努力程度。努力工作不能得到任何奖励，所以，这种制度实际上是在怂恿工人变得懒惰。在泰勒时代之前，计件工资制就由来已久，它试图通过按产出支付报酬来激励个人提高劳动生产率，但这样的制度通常都是失败的，标准设定往往是不合理的，当工人们的劳动生产率提高以后，雇主就会降低计件工资率，因此，工人们为了保护自己，往往不会在工作中应用快捷手段或表现出技能的提高，从而将雇主蒙在鼓里，搞不清楚工作速度到底有多快。毫不奇怪，工人们在干多少活、挣多少钱等方面达成了共识，这不仅是为了保护自己的利益，也是为了避免被人嘲笑能力不足。管理层似乎并没有意识到由此导致的效率损失。

泰勒认为，通过确定如何以最有效率的方式完成每一项工作并且以此制定业绩标准，他可以解决工人磨洋工的问题。他相信，一旦工人们看到业绩标准设定得“科学合理”，而不是基于传统，他们就不会产生埋怨，而且他们磨洋工的动机也会被消除。问题的关键在于如何为每份工作确定一个公平的每日标准。泰勒开始着手测定，工人们运用现有的设备和材料应该能够生产多少产品，这就是所谓的“科学管理”的开端，即运用科学的实况调查来确定每一位工人完成工作任务的最有效率的方法，泰勒得出结论，工人与管理者之间的冲突是因为双方对彼此的不了解。管理层期待工人们能够提供“公平的每日工作量”和获得“公平的日收入”，而工人们也愿意这样做。然而，双方都不了解每日工作量的构成。双方都依靠模糊的感觉，导致双方持续不断的争端。

（2）实行工作标准化、程序化。要通过实验研究确定科学的操作程序和标准。包括工具摆放和材料堆放都要有规定，使之最便于取用。所有工人都要按统一的标准程序进行操作，而不是靠各自的师傅传授。

工时研究成为泰勒制的基础。通过使用秒表、磅秤以及绳子，泰勒严谨地测量了工人们和原料移动的距离。他判断，由于不合理的管理，人力和原料的很大部分被毫无必要地浪费了。泰勒的工时研究分为两个阶段：分析（analysis）和综合（synthesis）。在分析阶段，每项工作被拆分成最基本的动作。无关紧要的动作被删除，其余的动作经过仔细观察，以确定最迅速、最有效的方式。然后，对获得的这些基本动作进行明确的描述、记录和编入索引，再加上不可避免的延迟、细小事件以及休息所需时间。在综合阶段，按照正确的顺序将这些最基本的动作组合起来，以确定完成一项工作所需的时间以及确切的方法。这个阶段还将促使人们不断进行改进工具、机器、材料和方法，以及与工作相关的所有因素，最终实现标准化。

（3）推行计件工资制。要根据定额完成情况，实行差别计件工资制，工效挂钩，多劳多得。

泰勒提出了一个全新的计件报酬机制，由三个部分组成。第一，通过工时研究来观察和进行分析，以确定产量标准和工资率；第二，实施一种有级差的计件工资率，如果完成工作所花费的时间少于规定时间，将会获得更高的计件工资率。而如果花费的时间多于规定时间，则将获得较低的计件工资率；第三，根据个人绩效而不是职位高低支付报酬，主要是为了奖励个体工人的积极主动性。

位于马萨诸塞州菲奇堡市的西蒙德滚轧公司（Simonds Rolling Machine Company），1897年，泰勒在该公司对自行车滚珠轴承的生产进行了实验。在制造工序的最后阶段，120名女工负责检查成品是否有瑕疵。在一段时间内，泰勒逐渐将每天的工作时间从10.5小时缩短到8.5小时，并安排了上午和下午的休息时间，他挑选出最优秀的质检员，还将这120名女工纳入计件工资计划。实验的结果是，35名女工就能够完成120名女工的工作，而此时公司每个月的产量已经从500万个轴承增加到1700万个轴承，检查时的准确率提高了2/3，平均工资水平要比以前高出80-100%，而且“每个女孩都觉得自己获得了管理层的特殊照顾和关注”。

1899年，生铁价格急剧上涨，伯利恒公司迅速卖掉了库存中的一万吨生铁，这要求使用人力将贴块装进火车厢内。每锭生铁重92磅。利用这个机会，泰勒等人对生铁的装载进行了工时研究，收集了从事这种类型工作所需时间的信息。他们将装载生铁的工人称为“生铁处理者”，挑选了10名“最优秀的工人”，要求他们以“最快速度”干活，可以获得一种固定的计件工资率（按每吨计算）。在第一天的10小时工作内，每个工人都装载了75长吨，装满了一个火车皮。因为以前每个工人每天的平均速度是装载12.5吨，因此，这10名工人都累得筋疲力尽。基于这些数据，再考虑到不可避免的耽搁以及休息的时间，吉莱斯皮和沃利将新的产出标准设置为每个工人每天装载45长吨（1长吨相当于2240磅），然后，泰勒将计件工资率设置为每吨0.0375美元，这意味着达到新标准的工人每天可以获得1.69美元。由于当时伯利恒公司普通工人的平均日工资率是每天工作10小时获得1.15美元，因此，泰勒设计的新计件工资率增长了60%以上。但是，工厂的人工成本从实施日工资时的每吨0.072美元下降为实施计件工资率时的每吨0.033美元。

（4）培训熟练工人。对工人要进行培训，使他们熟练掌握操作标准和程序，成为一流工人。而且要为每个岗位安排最合适的人选，做到人尽其才。

（5）计划和执行分开。完善的计划才能保证流程的完善。因此要有专职部门制定工作标准、工作定额、工作计划及原材料供应等工作，工人只按计划执行操作。也就是把管理层和执行层分开，以提高效率。

总结归纳：科学观察实验，制定相应的标准；计件工资，多劳多得；培训熟练工人；把计划和执行分开

2.弗兰克·B·吉尔布雷斯（1868-1923）

（1）开始动作研究

由于家庭经济原因，弗兰克放弃了麻省理工学院的深造机会，找到了一份每天3美元工资的砌砖工作。为了学会这份新工作，他研究了砌砖工人是如何工作的，他发现他们以三种方法来完成他们的任务：当精心而缓慢地干活时，他们使用一套动作，当快速干活时他们使用第二套动作，而当教一名学徒工时又是第三套动作。就是这次简单的观察，导致弗兰克形成了动作研究（motion study）的最初规则。因为，如同弗兰克推理的那样，如果某一套动作是正确的，那么其他两套动作肯定是错误的。

弗兰克决心学会以“正确的”的方法砌砖。刚开始时，他是砌砖速度最慢的学徒工，但他很快就形成自己的看法。通过设计他自己的脚手架，并且为从砂浆的粘稠度到泥刀的使用方法，设计新的工作方法，弗兰克把砌一块砖所需的18个动作减少到6个。不到一年，他的砌砖速度比任何同事都要迅速。据估计，一位熟练工人可以每小时砌砖175块。而弗兰克可以轻松地砌砖350块。总之，在他20岁时，就可以获得熟练工人的工资。他是这样解释自己的砌砖学问：

4000年来，砌砖的动作始终未变。人们做的第一件事情是弯腰和拿起一块砖头。泰勒指出过，每块砖头的平均重量是10磅，而每个人腰部以上的平均重量是100磅，与其弯腰并拾起这两种重量，砌砖匠可以搭建一种可调节的棚架，从而使砖头就处于他伸手可及的地方。一个男孩可以让这些棚架始终处于正确高度。当砌砖匠把砖头拿在手中时，他用自己的泥刀来检验它。然而，这比弯腰去捡砖头更加愚蠢。如果手中的砖头质量不好，他就会将之丢弃，但是，在这个过程中，它也许是从地面被搬到6层楼来，然后还必须再次被搬运下去。此外，这样还使得一个每天赚5美元的砌砖匠花费了许多时间，而一个每星期挣6美元的男孩在地面上就可以对砖头进行检验。砌砖匠接下来要做的事情是将砖头不断翻转以确定它的正面。这更是浪费：每星期挣6美元的男孩应该做的工作。砌砖匠接下来要做什么？他将砖头放置在砂浆上面，然后开始用他的泥刀不断敲击砖头。为何需要不断敲击？这给砖头提供一点额外的重量，以使砖头沉入砂浆中，从而紧密结合。然而，这比其他任何动作都更加愚蠢。因为我们知道砖头的重量，而且调整砂浆的黏稠度以便使砖头的重量本身就可以让砖头沉入正确的位置，这在工业物理学上是一件简单的事情。这样一来，结果如何？在砌一块砖时不再需要18个动作，我们仅仅需要6个动作。砌砖匠现在砌2700块砖所花费的精力明显不会超过以前砌1000块砖的精力。

（2）借助电影摄影机分析动作

1892年，弗兰克是首个使用电影摄影机来分析工人动作的人，对于新兴的科学管理来说是一个重大贡献。起初，弗兰克和莉莲拍摄一位工人完整地做完自己的工作。然后，他们会前后倒带反复观看这些胶片，以研究这位工人的动作。他们将这称为“微动作研究”。后来，他们设计了新方法：将一些很小的电灯泡系在工人身上，这样一来，通过拍摄工人的动作，他们就可以获得这名工人一系列动作产生的连续白光轨迹。他们将之称为“操作活动轨迹的灯光示迹摄影记录法”。为了重现每个动作所花费的时间，他们又对灯光示迹摄影记录法进行了改进，以使它能够展现一系列光点破折号，而不是连续白光轨迹。不同的破折号形式—密集扎堆（这里的动作最为缓慢），或者以更大的间距散开—能够表明工人每个单独的动作所花费的时间。作为后来更进一步的研究，他们使用一台立体照相机，从三个维度来观察工人的动作。最后，他们开发了一种测微计时表，能够使时间精确到千分之一分钟。

（3）出版研究书籍

1908年以后，弗兰克和莉莲合作，出版了多部著作，如《现场法》（Field System,1908）、《混凝土法》（Concrete System,1908）、《砌砖法》（Bricklaying System,1909）、《动作研究》（Motion Study,1911）、《疲劳研究》（Fatigue Study,1916）、《应用动作研究》（Applied Motion Study,1917）。

（4）投身管理咨询

到1912年，弗兰克已经完全放弃建筑业务，开始将全部精力投入到管理咨询，越来越坚信“世界上最大的浪费来自不必要的、不恰当的以及无效的动作”，弗兰克积极寻找新的方法以发现和消除这种浪费。1915年，弗兰克为蒙哥马利-沃德百货公司（Montgomery Ward）的一个办公室的投递员安装了四轮轮滑鞋，以减少他们的疲劳，提高投递速度。在另一个实验中，他观察了150例阑尾切除手术，以发现一种“最佳方法”。与莉莲合作，撰写了许多文章，例如《科学管理在护士工作中的应用》、《外科手术中的动作研究》、《医院中的科学管理》。他甚至还研究了癫痫病患者的动作。他与沃尔特·坎普（Walter Camp）合作，弗兰克对高尔夫球冠军们（例如吉尔·尼古拉斯和弗朗西斯·奎斯特）的挥杆动作进行了拍摄和分析。弗兰克还对费城人队与巨人队进行的一场棒球比赛进行了拍摄和分析。弗兰克还有许多工业客户，包括伊士曼·柯达公司、李弗兄弟公司（Lever Brothers）、刺剑汽车公司（Pierce Arrow Motor Cars）、美国橡胶公司（U.S.Robber）等。

弗兰克和泰勒的工作虽然使用的术语不同，但本质上是相似的。泰勒将自己的工作称为“工时研究”，弗兰克称自己的研究为“动作研究”；使用的工具和方法不同，泰勒使用的是秒表，弗兰克使用了电影摄影机；实用的范围有所不同，泰勒的研究领域主要集中在工业企业，而弗兰克则将研究领域拓展到医疗和体育运动领域。但是，他们测量的是同一个事物-效率，为了同一个目标：减少不必要的动作，以降低疲劳和提高生产率。

3.卡尔·巴思（1860-1939）

1908-1912年卡尔·巴思协助乔治·巴布科克（George Babcock）在富兰克林汽车公司（Franklin Motor Car Company）应用科学管理体制，从而成为汽车产业合理化运动的先驱之一。在生产流水线兴起之前，所有零部件都要送到一个固定的工作区等待装配。富兰克林汽车公司共生产3种类型的汽车：旅程车、轻便汽车和小轿车，并依赖销售预测来决定适合生产哪种车型、何时生产以及生产的数量。每个月可以生产100辆汽车。但是，由于高昂的制造成本以及惊人的工人辞职率（425%），富兰克林汽车公司并没有赚到利润。在巴思应用了科学管理体制之后，富兰克林汽车公司每天可以生产45辆汽车，工人的工资增加了90%，工人辞职率降到50%以下，而且公司盈利也变得非常可观。

**三、主要成果及贡献**

1.“科学管理”进入公众视野

1910年，一场诉讼及其一系列听证会使泰勒的科学管理进入了公众视野。当东部铁路公司（俄亥俄州和波托马克河以北以及密西西比州以东运营的一些铁路公司）向美国州际商业委员会申请提高运费时，布兰代斯接受托运商（大西洋沿海地区商业组织）的委托，向州际商业委员会提出陈述，指出当时铁路公司管理低效，如果铁路公司采用科学管理，就没有必要提高运费。为了证明自己的观点，布兰代斯请来了一批证人，他们证明管理效率确实可以提高。

哈撒韦在证词中陈述了科学管理如何在泰伯制造公司提高了工人们的工资；道奇提供证据证明科学管理给链式传动带工程公司带来的进步；吉尔布雷斯指出科学管理可以应用于那些工人限期加入工会的工厂。埃默森为Atchison, Topeka & Santa Fe铁路公司制定了“标准单位成本”；将其他铁路公司的成本与这些标准相比较，他估计通过采用泰勒的方法，这些铁路公司每年可以在人力成本上节省2.4亿美元，在原料和机械维护上节省6000万美元。他的计算方法非常复杂，其中忽略了各铁路公司的差异，也未检验泰勒的方法是否能够应用于运输行业，因而缺乏精确性。但是，埃默森的证词震惊了大众传媒，并且在第二天早晨的报纸上被广泛报告。当泰勒被问及埃默森所说的每年节省3亿美元时，泰勒回答说：

我相信我们可以每天节省100万美元，正如他所说的，我们能够做到，但在华盛顿听证会上的报告还不够准确，实现这个目标不能一蹴而就，需要4-5年的时间。

随着媒体的报道，“科学管理”这个术语开始流行，而泰勒也成为了公众关注的焦点。听证会最终驳回了铁路公司提出的要求，同时也认为判断科学管理的优点还为时尚早。然而，这次的广泛宣传使得泰勒的观点为大众所知，短短24小时内，科学管理，由一位相对默默无闻的工程师开发的一种先前鲜为人知的技术，成为了国际新闻。虽然泰勒并没有在听证会提供证词，但布兰代斯的绝大多数证人都承认泰勒是他们的老师。一夜之间，泰勒成为了国民英雄。新闻报纸和杂志发表了数十篇文章介绍泰勒的工作和成果。这样的广泛宣传，以及泰勒的著作《科学管理原理》于1911年出版，为效率运动提供了新的推动力。在出版后两年里，该书被翻译成法语、德语、荷兰语、瑞典语、俄语、意大利语、西班牙语以及日语。人们组织各种学术会议，成为学术团体，研究泰勒的成果。

2.促进了劳资双方的和谐

科学管理的直接结果可以显著降低产品的制造成本，可以降至以前成本水平的1/10，甚至1/20，使更多的人可以买得起这些商品。提高了工资水平。

泰勒对于设置合适的绩效标准和计件工资率激励机制以及建立和谐的劳资关系的评论，体现了他主张劳资双方互利关系的哲学思想。与一般观点不同，泰勒并不认为工人报酬的增加就意味着雇主收益的减少。雇主们认为高工资率将会导致产品的单位成本更高，因而希望购买最廉价的劳动力和支付尽可能低的工资报酬。泰勒主张建立一种劳资双方都能接受的系统，通过这个系统，解决了“高工资与低成本之间的矛盾”，高工资与低成本是可以共存的。

管理的首要目的应该是保证雇主最大限度的富裕，以及每名工人最大限度的富裕，从而使劳资双方不要将目光仅仅盯着如何分配盈余，而是共同将注意力转向扩大盈余的规模。

泰勒主张向一等工人支付高工资，从而激励他们在标准、高效的条件下生产更多的产品，同时无须花费比以前更多的精力。这样，将会获得更高的劳动生产率以及更低的单位成本，工人们也可以获得更高的工资。因此，使产量提高的真正潜力并不是“更辛苦地工作”，而是“更聪明地工作”。

**第二部分、中国战国时期的运营管理**

《考工记》成书于我国春秋末期和战国时期，距今大约超过2000年[[1]](#footnote-0)，是我国现存的最早的一部关于手工业技术的重要专著。书中记述的技术门类、工种涉及当时的运输、生产、工具、兵器、乐器、量器、玉器、制革、染色、建筑等各个方面，体现了整套严格精细的管理制度。

1.技术分工、协作，等级式组织管理

在《考工记》的《卷上·总序》中规定：凡攻木之工七，攻金之工六，攻皮之工五，设色之工五，刮摩之工五，抟（tuán）埴（zhí）之工二。共计三十个工种（见表1）。各工职责明确，而且重要的产品都是多个工种通力协作的结果，如制车。春秋战国时期，攻伐征战频仍，对战车的需求猛增，各国都倾力制车，车在当时成为一国机械制造工艺水平的集中代表，故分工、协作在制车中得到充分体现。按专业工种划分，轮人、舆人、輈人都以制车为职务，分别负责加工车的不同部件，又加上皮革（制马具）、设色、绘画（车饰）等工种，经多方协同合成一车整体，正是“一器而聚者车为多”，“今之为车者，数官而后成”。可见，手工业生产专门化，既分工细致又通力协作，是手工业发展到一定阶段的结果，反过来它对手工业技术的提高与手工业的再发展又有重要的影响。

《考工记》中所述各专业工种均有工官管理生产，工官又分等级，书中工官称谓有“人”、“氏”和“师”。按照郑玄注释，“其曰某人者，以其事名官也；其曰某氏者，官有世功，若族有世业，以氏名官者”[[2]](#footnote-1)。“某人”、“某氏”系下级工官（类同职能工长），他们掌握技术，直接管理制作器物的工匠。而“师”为专业高级工官，地位在“人”、“氏”之上，权更大一些，不仅有监督权，还有处罚权。如《梓人》篇，“凡试梓饮器，乡衡而实不尽，梓师罪之。”意思是说，凡检验梓人负责制的饮器，举爵饮酒，二柱向眉，爵中尚有余沥未尽，梓师就要处罚梓人及其所辖的工匠。参见先秦典籍所知，两级工官之上还有“司空”，为最高技术管理职务。这样，排序就是“司空”、“师”、“人”和“氏”的三级管理层级。

综上，形成了30个工种、3个层级的3X30的矩阵模型管理组织结构。

表1《考工记》所列技术工种及职责

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 类号 | 技术门类 | 工艺学范畴 | 工种 | 序号 | 技术职责 |
| 一 | 攻木之工 | 木工艺 | 轮 | 1 | 制作车轮、车盖 |
| 舆 | 2 | 制作车箱 |
| 弓 | 3 | 制作弓架 |
| 庐 | 4 | 制作戈戟类兵器柄把 |
| 匠 | 5 | 营造城廓、宫室、修筑沟洫水利设施 |
| 车 | 6 | 制作大车、农具 |
| 梓 | 7 | 制作筍虡、饮器、射候 |
| 二 | 攻金之工 | 金属工艺 | 筑 | 8 | 制作书刀 |
| 冶 | 9 | 制作近射武器“杀矢” |
| 凫（fú） | 10 | 铸造钟(乐器) |
| 栗 | 11 | 铸造量器 |
| 段 | 12 | 制作金属农具 |
| 桃 | 13 | 铸造剑等兵器 |
| 三 | 攻皮之工 | 皮革工艺 | 函 | 14 | 制作护身披甲 |
| 鲍 | 15 | 制作皮革 |
| 韗（yùn） | 16 | 制作鼓 |
| 韦 | 17 | 制作祭服蔽膝之衣 |
| 裘 | 18 | 制作皮衣 |
| 四 | 设色之工 | 画绘、染织工艺 | 画 | 19 | 绘或绣制五彩文饰 |
| 缋（huí） | 20 | 绘或绣制五彩文饰 |
| 钟 | 21 | 染治羽毛 |
| 筐 | 22 | 染制布帛 |
| 㡛（máng） | 23 | 练丝练帛 |
| 五 | 刮摩之工 | 玉石、骨工艺 | 玉 | 24 | 琢磨礼用玉器 |
| 楖（zhì） | 25 | 制作梳篦 |
| 雕 | 26 | 制作骨质用器 |
| 矢 | 27 | 制作箭 |
| 磬 | 28 | 制作石质打击乐器 |
| 六 | 搏埴之工 | 制陶工艺 | 陶 | 29 | 制作甗、甑、鬲等饮食用陶器 |
| 瓬（fǎng） | 30 | 制作簋、豆盛食物用陶器 |

注释：《考工记》正文在“舆”之后衍生工种“輈”，系制作车辕。

资料来源：戴吾三，论《考工记》的生产技术管理，大自然探索，1996年第1期。

2.确定用料标准，提出选材方法

在长期实践的基础上，工匠提出了选材方法，进行严格的原材料把关，是质量管理的重要组成部分。

《考工记》总结并确定了青铜器物的用料配比标准，以利于统一生产。在《卷上·攻金之工》中记述，“金有六齐：六分其金，而锡居一，谓之钟鼎之齐；五分其金，而锡居一，谓之斧斤之齐；四分其金，而锡居一，谓之戈戟之齐；三分其金，而锡居一，谓之大刃之齐；五分其金，而锡居二，谓之削矢之齐；金、锡半，谓之鉴燧之齐。”齐通剂，这里指青铜器冶铸的原料配比。“金有六齐”的“金”系指青铜；“六分其金，而锡居一”及后几句话中的“金”实指“赤铜”[[3]](#footnote-2)。据此，上述引文可以解释为：“青铜有六种配料比例：六份赤铜和一份锡所组成的合金，是做钟鼎的；五份赤铜和一份锡所组成的合金，是做斧斤的”。以此类推。“金、锡半”则解释为“二份赤铜和一份锡组成的合金是做鉴燧的”。由现代材料力学可知，一般青铜含锡17-20%时最为坚利，“六齐”中的斧斤和戈戟之齐正与此相当。大刃和削、杀矢要求锋利（即硬度更高），含锡量相应增加，但韧度不及斧斤和戈戟。“六齐”中把钟鼎类的含锡量定为14.3%左右，曾候乙编钟复制研究组的研究表明：当锡含量在14%左右，铅含量在2-4%之间，乐钟的机械、工艺和声学综合性能最优[[4]](#footnote-3)。

《考工记》还对多种产品的原材料选择提出了具体方法，严把原材料关，有利于产品后期质量。如制作箭干的选材，《卷下·矢人》篇中记述：“凡相苛，欲生而抟；同抟，欲重；同重，节欲疏；同疏，欲栗。”即选择箭干的材料，其外形要天生浑圆；同是天生浑圆，以致密较重者为佳；同是致密较重，以节间长、节目少者为佳；同是节间长、节目少，以颜色如栗者为佳。又如制弓的方法，《卷下·弓人》记述了制弓的六种原材料（干、角、筋、胶、丝、漆）所起的作用；介绍了干材的级次与制备干材的要领；提出鉴别、选取教材、胶、筋、漆等的作用。再如制车原材料的选择。《卷上·轮人》篇中记述：“斩三材必以其时。”“三材”是指制作毂、辐、牙（外圈）三者的材料。郑玄注:今世毂用杂榆，辐以檀，牙以橿也。“其时”，郑玄注：材在阳，则中冬斩之；在阴则中夏斩之。按照现代木材学知识，树木因生长地点不同（如北坡、南坡）、季节不同，而使其物理力学性质有异。

3.制定技术工序，建立制作规范

技术工艺程序和器物制作规范是生产管理的重要内容。

《卷上·栗氏 段氏》篇记述了制作量器的严密工序，并为后代重视。“栗氏为量，改煎金锡则不耗。不耗然后权之，权之然后准之，准之然后量之，量之以为釜。”也就是说，工艺程序第一步：更番冶炼铜、锡，去除杂质，直到精纯；第二步：称出所需数量的铜、锡；第三步：用水平尺校正铸范（另一说以铜、锡入水，根据排开的水量，间接计算其体积）；第四步：在新铸的量器内装满水或黍，以校测容积。

车在《考工记》中被置于相当重要的地位，有一整套制作规范。《卷上·舆人》篇记述，为了下料加工方便，制车采用了模数制，即具体以轮崇（轮直径）为基准，再按一定比例规定其他部分尺寸。如轮的牙围、毂、辐三部分尺寸均从轮崇得来。“六分其轮崇，以其一为之牙围”，这样定出牙围（轮牙截面边长）尺寸；再“叁分其牙围而漆其二，椁其漆而中诎（qǖ）之，以为毂长”，定出毂长尺寸；又“以其长（指毂长）为之围”，得出毂截面周长尺寸。

为了使马与车有效配合，《卷上·輈人》依据马的形体、耐力的差别将马分为三种：国马、田马和驽马，再定出輈的制作规范。“国马之輈，深四尺有七寸；田马之輈，深四尺，驽马之力辀，深三尺有三寸”，以求辀与马之间达到一种“进则与马谋，退则与人谋”的理想效果。

4.确立检验制度，从严质量管理

《考工记》对器物制作，特别是战车、兵器，规定了严格的检验。手段完备，步骤周密，贯穿于选材、加工、装配全过程。

战车是古代战争中的“坦克”，而车轮是战车的核心部件，质量好坏至关重要。故车轮质量要经表观和定量两类检验。

表观检验是直接凭借工匠的视觉感官从外表对车轮进行评判。检验时按照从整体到部分、由远及近的顺序和步骤。先检查车轮整体：“望而视其轮，欲其幎（mì）尔而下迤也；进而视之，欲其微至也，无所取之，取诸圜也”。也就是说，远处观察，轮圈转动应均致触地；近处观察，轮子着地面积应很微小。尔后，检查车轮各部分：对轮辐，“望其辐，欲其揱（xiāo）尔而纤也；进而视之，欲其肉称也。”即远处观察，轮辐应像人手臂那样由粗渐细；近处观察，轮辐应光滑匀称。对轮毂，“望其毂，欲其眼也；进而视之，欲其帱（dào）之廉也”。即，远处观察，轮毂应匀整光洁；近处观察，裹革处应隐起棱角。经过如此程序的表观检验，可知车轮的做工是如何精致美观。

定量检验是利用器具和某些自然物组成的技术手段对车轮进行检测。具体有六大步骤：第一，“规之，以视其圜也”；用圆规检验轮是否圆正。第二，“萭（jǚ）之，以视其匡也”；用正轮之器检验轮两侧平面是否平整。第三，“县之，以视其辐之直也”；用悬垂线检验上下辐条是否对直。第四，“水之，以视其平沈之均也”；将轮子浸入水中检验轮的质量分布是否均匀。第五，“量其薮（sǒu）以黍，以视其同也”；用黍来检验两毂中轴与毂孔壁的间隙是否相同。第六，“权之，以视其轻重之侔（móu）也”；用天平衡量两轮的重量是否相同。故可规、可萭、可水、可县、可量、可权也，谓之国工。可见，步骤之细，检验之严，令人赞叹称绝。

5.立度量衡标准，并行实用单位

《考工记》中记载了以圭璧考度之制。《卷下·玉人》篇记述“璧羡度尺，好三寸，以为度。”“璧”为中心有孔的平圆形玉器。《尔雅》说：“肉倍好谓之璧”。古代，凡物之圆形而中间有孔者，其外称“肉”、中称为“好”。按照《尔雅》所释，好三寸，则肉六寸，为璧共九寸。“璧羡度尺”的意思，按《中国度量衡史》作者的解释：“羡者，余也，溢也。言以璧起度，须羡余之。盖璧车九寸，数以十为盈，故益一寸，共十寸以为度，是名璧羡度尺。”

在确立度量衡标准的同时，为方便工程设计和施工、制造，《考工记》还总结了许多实用的度量单位。如长九尺的“筵”，宽八尺的“轨”，长三尺的“柯”等。《卷下·匠人》记述在建筑施工中所用的尺度是：“室中度以几，堂上度以筵，宫中度以寻，野度以步，涂度以轨”。“几”为小桌子，“筵”为垫底的竹席，“轨”为二车辙之间的宽度。“周人明堂，度九尺之筵，东西九筵，南北七筵，堂崇一筵。”

制车中还规定了一套实用角度单位，《卷下·车人》篇中记载，“半矩谓之宣，一宣有半谓之欘（zhú）,一欘有半谓之柯，一柯有半谓之磬折”。因此，矩、宣、欘、柯、磬折分别为90°、45°、67°30'、101°15'、151°52'30"。

综上所述，《考工记》不仅是一部有关手工技术规范的汇集，而且反映了当时社会生产的管理情况，是一部中国古代的管理学著作。

**参考文献：**

**[1]温斯洛·泰罗，科学管理原理，中国社会科学出版社，1984年10月第1版。**

**[2]托马斯·麦格劳，现代资本主义—三次工业革命的成功者，江苏人民出版社，2000年第1版**

**[3]李民、王星光，略论《考工记》车的制造规范，河南师大学报（哲学社会科学版），1987年第1期。**

**[4]闻人军，考工记导读，巴蜀书社，1996年9月第二版。**

**[5]戴吾三，论《考工记》的生产技术管理，大自然探索，1996年第1期。**

**[6]戴吾三，考工记图说，山东书画出版社，2020年4月第1版。**

1. 关于《考工记》的成书年代有多种法。《考工记》的内容绝大部分是战国初年所作，有些材料属于春秋末期或更早。今本《考工记》大体上能和战国初期的出土文物相互印证，表明其基本内容作为我国上古至战国时期（公元前476年至公元前221年）的手工艺科技知识的结晶，是可以信赖的。因此，成书年代大体距今超过2000年。 [↑](#footnote-ref-0)
2. 十三经注疏，中华书局，1980。906,916,907 [↑](#footnote-ref-1)
3. 周始民，《考工记》六齐成分的研究，化学通报，1978年第3期。 [↑](#footnote-ref-2)
4. 曾候乙编钟复制研究组，曾候乙编钟复制研究中的科学技术问题，文物，1983年第8期。 [↑](#footnote-ref-3)