

# 技术总体组织在工程中的地位与作用

王连成

(中国航天机电集团总公司第二研究院, 北京 100854)

**[摘要]** 随着工程对象系统规模的扩大和复杂程度的提高, 在工程技术组织中涌现出了一类崭新的组织——工程技术总体组织。文章概述了它们产生的历史意义, 讨论了它们的体系结构、地位与作用、工作对象与工作内容, 论述了它们的工作应依据的理论基础以及必须掌握和使用的主要工作方法和手段, 分析了它们的组成人员的结构和它们与工程技术专业组织之间的正常关系。

**[关键词]** 工程; 工程系统; 工程系统论; 工程组织; 总体组织

**[中图分类号]** V57; N949 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2002)04-0016-06

工程技术总体组织是承担工程对象系统不同层次系统需求分析、系统总体设计、系统需求分解和系统集成任务, 并对下属工程技术组织(技术专业组织或低层次的技术总体组织)承担技术指导、协调和控制责任的工程技术组织。

从20世纪中叶开始, 随着工程对象系统规模的扩大和复杂程度的提高, 工程技术组织的体系结构发生了革命性变化。其突出标志是工程技术总体组织(以下简称为总体组织)开始以独立的身份登上工程舞台。

古人云: 千军易得, 一将难求。总体组织是工程技术组织中的“将才群体”。千百万个工程案例雄辩地证明: 一切工程对象系统产品的优劣或其工程的成功与失败, 都毫无例外地打着总体组织技术素质或水平的烙印。这个普遍的工程科学结论不仅成为当代工程实践的重要依据, 而且也构成了当代工程理论研究的一项重要课题。

## 1 工程史上具有里程碑意义的事件<sup>[1]</sup>

当工程对象系统的规模较小或复杂程度较低时, 相应的工程组织不仅规模较小, 而且内部也无精确分工。此时, 工程对象系统产品的分析、设

计、制造和集成任务主要依靠相应技术领域内的少量专家完成。工程科学将这个工程时代叫做“技术专家时代”。

伴随着用户对工程对象系统技术指标要求的多样化, 工程对象系统规模相应扩大, 其复杂程度呈几何增长的趋势。此时, 再也难以找到熟悉工程对象系统全部技术细节的所谓“完整专家”。即使有可能找到, 建造或实现工程对象系统产品的任务也不可能再依赖一个或几个人去完成, 而必须依靠一个由多学科工程技术人员组成的工程技术团队。在这个团队中, 既有大量传统意义上的技术专家和由他们组成的工程技术组织, 还涌现出了一大批崭新的具有跨学科工程技术知识和能力的工程技术人员和由他们组成的工程技术组织。为区分和表征这两类工程技术组织在作用和组成人员类型方面的基本差异, 工程科学对照地把前一类组织叫做技术专业组织, 把后一类组织叫做技术总体组织。

随着时间的推移, 总体组织的地位和作用越来越突出, 它们的素质和水平在很大程度上决定着工程对象系统产品的整体水平和质量。因此, 工程科学将这个工程时代叫做“系统分析员时代”或“系统工程师时代”。

[收稿日期] 2001-06-26; 修回日期 2001-08-27

[作者简介] 王连成(1942-), 男, 河北景县人, 中国航天机电集团总公司第二研究院研究员

总体组织的涌现是工程对象系统及其工作或操作环境日趋复杂化的产物，是工程理论家和工程管理专家思考工程规律，特别是研究层出不穷的工程危机产生原因所引出的必然结论。

总体组织的存在从根本上改变了工程技术组织的体系结构，使其成为上下、左右协调的完整系统，从而为工程技术问题的系统解决提供了组织保证；而总体组织作用的发挥则从根本上改变了工程过程和工程方法论的性质和面貌，即使工程过程有可能呈现前后呼应、因果有序的结构链，又为自顶向下方法与自底向上方法的完美结合和统一提供了可能，从而为工程对象系统产品的最优建造或实现奠定了方法论基础。

因此，总体组织的涌现是工程科学和工程实践发展的历史性标志，并足以构成工程史上的一个具有里程碑意义的事件。

## 2 体系结构

对于大型复杂工程对象系统，不仅其工程技术组织本身呈现层次型结构，而且嵌入其中的总体组织一般也呈现层次型结构。

根据一般系统论和工程系统论的基本概念，所有工程对象系统都可以分解为若干个子系统，并且这些子系统往往又可被分解为它们各自相应的子子系统，如此等等。因此，按照完全相同的逻辑，就像整个工程对象系统产品的建造或实现需要一个系统级总体组织的支持一样，任何一个低层次的工程对象系统的子系统或子子系统的建造或实现，也都需要一个相应的总体组织的支持。由此得到如图1所示的工程技术总体组织的体系结构图。由图1可见，在工程对象系统与工程技术总体组织之间存在着一一对应关系。

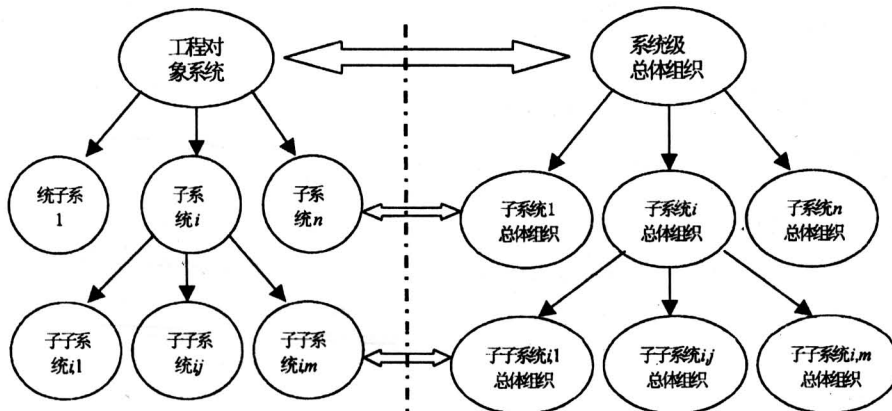


图1 工程技术总体组织的体系结构

Fig.1 Architecture of engineering technology integration organization

在中国航天工程技术组织中，对应某类航天工程对象系统的技术总体组织叫做总体设计部，简称总体部；相应地，对应航天工程对象系统子系统或子子系统的技术总体组织分别叫做总体研究室和总体工程组，简称总体室和总体组。

显然，总体组织所处的层次不同，其人员规模一般不会相同，对人员素质的要求也不尽相同。在大多数情况下，总体组织所处的层次越高，其规模越大，对人员的素质要求亦越高。

当然，图1所给出的只是工程技术总体组织体系结构的一种参考模型。在工程实践中，不仅不同类型的工程对象系统的工程可能有不同的工程技术总体组织体系结构模型，而且，相同类型工程对象

系统的工程也可能有不同或不完全相同的工程技术总体组织体系结构模型。因此，为使工程技术组织运转有效或高效，不同的总体组织体系结构模型应该选择不同的组织协调机制。但是，不管采用哪一种体系结构模型，欲使工程取得成功，在一切存在系统性技术问题的地方，都应该存在相应的总体组织。这是建立一切现代大型工程技术组织所应该遵循的主要原理和基本规则。

## 3 地位与作用<sup>[1,2]</sup>

如果使用系统论的概念，总体组织是工程技术组织系统的协调器组织。所谓系统“协调器”，是能够根据系统外部环境状况和内部条件及其变化，

通过协调或组织系统各组成部分的联系和动作,有效地实现系统预定目标的那个系统成分。因此,它们又可叫做系统控制器或系统组织者。

显然,如果没有系统协调器,则不可能存在一个系统,或者只是存在一个无能力对付外部环境变化或无能力抑制内部混乱状态,而无法达到其预定目标的系统。

对应于总体组织的体系结构图,总体部是整个工程对象系统的技术协调器,又称为系统级或顶级技术协调器;相应地,总体室和总体组则分别是工程对象系统某个子系统和某个子子系统的技术协调器,又称为子系统级和子子子系统级技术协调器。

以总体部为例,作为系统级技术协调器,要求它必须起到两种相互联系的作用:一是与工程对象系统用户的接口作用,二是在整个工程组织内部的技术协调作用。

与用户的接口作用要求它完整而准确地弄清用户需求,并保证向用户交付一个符合他们要求的工程对象系统产品;在整个工程组织内部的技术协调作用要求它通过对用户需求进行分析,将用户操作要求转换成具体的系统设计,接着通过多次折中平衡(即协调)过程,将系统级设计要求合理地分配给子系统。同时,为保证这些要求得以实现,它还要对相关低层次的工程技术组织在技术上起指导、协调和控制作用,以便有可能根据用户要求集成起一个合格的工程对象系统产品。

总体室和总体组具有相似的作用。但与总体部相比,存在如下两点差异:一是它们工作的对象不是整个工程对象系统,而只是它的某个子系统或某个子子系统;二是它们不是直接而是间接面对工程对象系统用户,即它们的所谓“用户”实际上是一个相临层次的总体组织。

#### 4 工作对象与工作内容<sup>[1,2]</sup>

技术协调器作用规定了总体组织的工作对象或工作重点只能是工程对象系统或它的子系统、子子系统的技术整体或全局,而不是构成这些整体或全局的任何一个层次的局部或细节。即不管工程过程处在哪个生命周期阶段,也不管工程对象(包括系统、子系统和子子系统)处于何种工程形态,总体组织都应该始终将自己的工作重点集中到相应层次的系统(系统概念的相对性意味着这里的系统也包括子系统和子子系统)上,即集中到它所属的子系

统的外部特征、子系统之间的接口以及由于子系统之间的相互作用所产生的系统级性质和行为上。

大量工程案例表明,要做到这一点并非易事。那些不合格的总体组织常常自觉或不自觉地将自己的工作对象或工作重点转移或分散到子系统本身的内部技术细节上,乃至自我陶醉,不能自拔。由于任何子系统的成功并非意味着相应系统的成功,因此,总体组织决不能轻率或随意地转移自己的工作对象或工作重点,以免“捡了芝麻,丢了西瓜”,旁落相应层次工程的技术全局。

总体组织的工作对象性质相应地规定了它们的主要或基本工作内容是:采用各种可能的方法和先进的技术手段,彻底弄清用户或上一层级总体组织的需求,界定相应层次系统的范围和技术目标;对用户或上一层级总体组织需求进行深入系统分析,采用系统综合方法首先建立相应层次系统的概念或逻辑模型;经由体系结构设计,确定相应层次系统的物理配置和接口关系,确立系统设计基线;分解系统设计指标到子系统级,并根据子系统设计的反馈意见,修改和细化系统设计;跟踪并监视子系统设计与生产过程,以满足系统需求和降低工程风险为目标,随时协调可能出现的技术矛盾;最终通过测试和集成向用户或上一层级总体组织交付一个合格的相应层次的产品。

由此可见,总体组织的工作既有“软工作”(纸面作业或计算机作业),又有“硬工作”(生产、加工或制造)。但是,与非总体组织相比,总体组织的主要工作是“软工作”,而不是“硬工作”。

实践证明,总体组织的软工作做得越充分,非总体组织的硬工作就越顺利,相应层次的系统成功的机会也就越大;反之,总体组织的软工作做得越粗糙,非总体组织的硬工作就越难进行,或者在失控的情况下盲目自发地进行,从而使相应层次的系统无法集成,或者只能集成一个蹩脚的系统。

#### 5 理论基础<sup>[2,3]</sup>

如前所述,总体组织不是传统意义上的工程技术组织,而是具有跨学科工程技术知识和能力的工程技术组织。所谓具有跨学科工程技术知识和能力,主要是指它的组成人员具有站在与相应层次系统相关的诸多技术专业知识之上,高屋建瓴地分析、处理相应技术全局问题的知识和能力,并非指它应该由与相应层次系统相关的多种工程技术专业

知识的人员组成，也不是指它的每个组成人员都应该具有多种工程技术专业知识。

在全部现代工程科学知识宝库中，能够使其具有这种知识和能力的知识不是别的什么知识，而是由一般系统论及其在工程领域内的派生物——工程系统论所提供的知识。

工程系统论是一般系统论与工程实践相结合的产物，是一般系统论在工程领域内的具体表现形态。它把工程看作一个全局和一个开放系统，研究工程目标完整性与准确性的保证方法和途径，研究工程与其环境的相互作用关系，研究工程系统的组成和组成成分之间的相互作用关系，研究造成工程系统不完整性、复杂性和无序性的原因，同时相应地研究保持工程系统完整性、简化其复杂性和保持其有序性的方法和途径。它力图通过这些研究找出存在于所有工程系统中的共同规律，并通过科学的概括和总结，形成属于它自己的一套完整概念、原理和方法论体系。

显然，这个面向工程和基于工程的理论和方法论体系为工程技术总体组织解决任何层次的技术全局问题提供了最基本和最有效的理论武器。它自然并且足以成为各级总体组织工作的理论基础。没有任何总体组织可能例外，舍此没有其他选择。

千百万个工程案例雄辩证明：没有工程技术总体组织，任何大型复杂工程对象系统的工程都不可能取得成功；不以一般系统论及其派生物——工程系统论为理论指导，任何工程技术总体组织亦都不可能取得成功。

## 6 工作方法和工作手段<sup>[2,3]</sup>

根据“当且仅当方法论的性质与被解决问题的性质相适应时，方法论才可能是最有效的”这样一条公理，系统方法论自然应该是解决系统问题的最有效的方法论；相应地，由系统方法论派生出来的工程系统论的方法论（简称为工程系统方法论）自然应该是可供总体组织使用的解决工程技术全局问题最有效的方法论。

工程系统方法论的基本性质在空间上是自顶向下的，即先考虑和处理相应层次系统级的问题，而后再逐级考虑和处理它以下各系统层次的问题；在时间上是全生命周期的，即从系统开发和系统存在的全过程考虑和处理相应层次系统在每一个生命周期阶段的问题。

工程系统方法论由一组相关的系统方法组成。其中主要包括结构化系统分析方法和系统综合、系统组织与系统集成方法两个大类。前者用于把一个复杂的难以管理或难以处理的工程对象或工程问题转化成易于管理或易于处理的工程对象或工程问题；后者用于将分立的系统成分在逻辑/物理上联结/连接成一个协调有序的整体，使所得到的系统具有其任何一个系统成分都不可能单独具有的所谓“突现”性质，足以实现预定系统目标，并在整体上达到或接近最优。

总体组织既使用工程系统方法论完成自己本身的工程使命，也使用工程系统方法论去协调和解决其下属工程技术组织在工程过程中所出现的各种技术矛盾。为了有效地应用工程系统方法论，总体组织应充分利用现代信息技术和网络技术提供的巨大潜力，努力创造适于自己工作特点的工作手段或工程支持环境。除了其他物质条件之外，在总体组织所要求的工作手段或工程支持环境中，最重要的组成部分是基于网络和数据库技术的计算机辅助系统工程环境，并且，这个环境应该是系统的、完整的、集成的、分层次的和多面向性的。只有依赖这个环境的支持，总体组织才可能获得驾驭大型复杂工程对象系统工程技术全局的能力；也只有依赖这个环境的支持，总体组织才有可能以最低的成本和最高的效率完成自己的工程使命。

## 7 组成人员结构<sup>[4]</sup>

总体组织的性质要求其主要组成人员应是不同层次的工程技术系统人员，而不应是传统意义上的工程技术专家。

所谓工程技术系统人员，应是具有跨学科工程技术知识，并能够高屋建瓴地观察和处理相应层次系统工程技术全局问题的工程技术人员。他们既承担工程对象系统相应层次的分析、系统设计和系统集成任务，又承担对相关低层次的工程技术组织和人员在技术上指导、协调和控制的责任。

当然，总体组织的技术系统人员不可能承担完全相同的技术任务，也不可能要求他们具有完全相同的知识结构和能力。以一个典型的软、硬件结合的工程对象系统的工程为例，其典型的系统级总体组织（即总体部）的人员结构如图2所示。在图2中，总揽全局的技术系统人员无疑是典型的系统人员。容易理解，负责某个侧面的技术系统人员也是



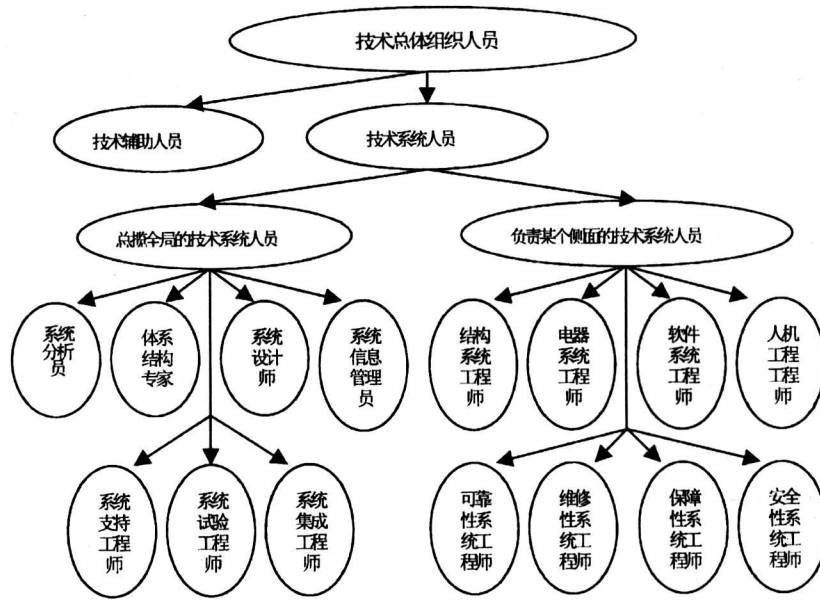


图 2 典型的系统级总体组织人员结构图

Fig.2 A typical architecture of members of top-level technology integration organization

系统人员，因为他们所面对的也是相应层次的系统，而不是它们的某个局部。

### 8 与其他工程技术组织的关系<sup>[4]</sup>

如前所述，现代大型复杂工程对象系统的工程团队，主要由技术总体组织和技术专业组织两大类工程技术组织组成，并且，技术专业组织的数量和规模一般都要大于技术总体组织的数量和规模。因此，技术总体组织的涌现和地位与作用日益突出并不意味着它们可以剥夺或替代技术专业组织的作用。恰恰相反，现代工程的技术大厦需要两大类组织的共同支持，它们都不可或缺，谁也离不开谁，谁也无法取代谁。它们只有工作对象和技术分工的差异，而无地位高低之分。而且，只有保持它们之间的紧密协同，现代工程的技术目标才有望实现。

为此，在工程实践中，必须明确并建立和保持两者之间的如下三种正常关系：

1) 相对关系 在大多数工程技术组织的树型结构体系中，除了最顶层的技术总体组织和最底层的技术专业组织之外，中间层次的技术组织往往都具有二重性，即相对上层的技术总体组织，它们是技术专业组织；相对下层的技术专业组织，它们又是技术总体组织。

2) 互补关系 任何工程对象系统产品都是技术总体组织与技术专业组织合作的产物。技术总体

组织承担全局性的技术任务；技术专业组织承担局部的技术任务。没有全局技术目标的规定，就没有局部技术目标确定的依据；没有局部技术目标的实现，就不可能有一个集成的系统。

3) 作用与反作用关系 在工程过程中，一方面技术总体组织向技术专业组织提出技术指标要求，指导技术专业组织进行工程技术活动，并最终验收技术专业组织的工程成果；另一方面技术专业组织通过自己的工程实践，针对系统（或子系统，子子系统）设计缺陷、技术指标分配偏差和技术实现困难，向技术总体组织提出修改或改进系统（或子系统，子子系统）设计的建议，从而使技术总体组织有可能不断修正、改进和完善原来的系统（或它的子系统，子子系统）设计。这种作用与反作用关系不仅是工程过程的正常秩序，而且也是保证工程对象系统完整性的必要条件。

正确认识和处理两者之间的这些正常关系，并通过有效的协调机制把它们紧密协同起来，组成一个强有力的工程技术系统（又叫做团队），不仅是保证现代大型复杂工程取得成功的必要组织条件，而且也是工程技术总体组织本身走向成熟和拥有实力的基本标志。

#### 参考文献

[1] 王连成. 总体部的历史经验与工程系统论[N]. 中国

- 航天报,1998-09-30(3)
- [2] Wang Liancheng. Engineering system theory—a new engineering meta-discipline[J]. Journal of System Engineering and Electronics, 1999, 10(1): 1~3
- [3] 王连成. 工程 工程系统 工程系统论与工程科学体系[J]. 中国工程科学, 2001, 3(6): 15~18
- [4] 王连成. 试论航天工程系统人员的地位、作用与资格[N]. 中国航天报, 1999-03-30(4)

## A study on Role and Function of Technology Integration Organizations in Engineering

Wang Liancheng

(Second Academy of Astronautics Mech. & Elec. Group, Beijing 100854, China)

[Abstract] Along with scale expanding and complexity enhancing of engineering object system, technology integration organizations which are of new style organizations come forth in engineering technology organization. This paper summarizes the historical significances of their emergence, discusses their architecture, roles and functions, working objects and contents, and describes the theoretical basis that they should know well and dominating methodologies and aids that they. Finally, the paper analyses the structure of their personnel and the normal relationship between them and the technological speciality organizations.

[Key words] engineering; engineering system; engineering system theory; engineering organization; system integration organization

(cont. from p. 15)

## Mulching Agriculture Using Thin Plastic Film in China

Chen Qien

(Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030006, China)

[Abstract] This article reviews studies and applications of mulching agriculture using thin plastic film in China. Plastic film mulching makes great effects on traditional mulching techniques of China. Over past 20 years with application of thin plastic film, some great changes have taken place in agricultural production of China, such as expanding suitable cultivated regions, regulating cropping distribution, increasing cropping index and promoting agricultural development in arid, semi-arid and salinized soil regions. Main mechanisms of yield increasing by plastic film mulching are: raising soil temperature, protecting soil water from evaporation, steadying soil environment, improving light and energy utilization efficiencies and promoting crop roots development. Problems and prospects of mulching agriculture using thin plastic film are reviewed at the end of the article.

[Key words] plastic film mulching; agricultural technique changes; mechanisms and effects