

第 1 章

概 述

本书的目的

本书的目的是使读者获得施工项目费用估算的基础知识。有经验的估算人员一致认为，各公司所使用的估算程序各不相同，甚至在一个公司内的每个人之间也不尽相同；尽管如此，它仍存在普遍应用的基本概念和思想。本书提出了估算的基本概念和思想，并帮助读者了解其他人开发的估算方法和程序。本书也可用作指导读者开发他（她）自己的估算程序。

材料、人工和机械设备的价格随地点和时间的不同而有许多变化，因此，没有一本书能够可靠地给出能用于投标的价格。然而，当估算人员学习了如何确定给定项目的材料、人工和机械设备数量的方法，并且对这些项目采用合适的单价，他就能准确地估算出直接费用。

本书的重点在于基本估算，而不是工作手册估算。基本估算注重于对要完成工程的分析，其中包括工程的类型和数量、施工期间要使用的机械设备类型和规格、安装工程的人工和机械设备的生产率，以及其他能影响施工时间和费用的该项目独特的工地条件。在这些项目明确后就可确定建筑此工程的估算时间和费用。在基本估算中，典型问题是：我们的人工和机械设备必须在工地停留多长时间？一旦回答了这个问题，人工和机械设备的费用就能够容易地计算出来，即：将人工和机械设备的单价/小时或单价/日乘以他（它）们在工地的时间。根据材料的数量和品种，材料的费用也可从材料供应商那里得到。完成这一工程的时间和费用都可在基本估算中获得。



工作手册估算则注重于完成材料数量的估计，从国家出版的价格手册中查取单位费用，并将数量乘以材料和人工的单位费用即可确定估算费用。采用工作手册估算费用快捷、简单且易于完成。然而，工作手册并没有反映单位费用随工程规模、气候条件、竞争价格、工人技术和生产率的差异和许多其他因素的影响而产生的差异。在工作手册估算中，费用直接由人工、材料数量确定，没有考虑工人和（或）机械设备将在工地停留多长时间。工作手册估算的重点是获得完成工程的费用而不是完成工程所需的时间。

本书随后章节提出估算施工费用的原则和概念。它将重点放在了思想方法上，它要求估算人员分析工地条件和评估完成工程所需的人工、机械设备和施工方法。这些都是只有估算人员才能完成的工作，因为编制可靠的估算需要工作经验和准确的判断。

为了做一份完整的估算使投标成功，估算人员必须将有关施工方法和工程技术知识综合成一个计算和合计项目费用的有序的过程。这一过程要求估算人员有组织地收集大量资料和完成大量的计算。计算机是推进这一过程的理想工具，它可缩短完成估算的时间并提高费用估算的精度。计算机能够随时依据补充的资料在数秒内完成计算，使估算人员能更多地注意选择施工方法，评估人工和机械设备的生产率，从分包商和材料供应商处了解价格，并将重点放在投标策略上。目前，计算机已经广泛应用于费用估算。

本书最后一章专门讲述计算机估算。虽然计算机是估算的有效工具，但估算人员仍然必须控制估算过程。简而言之，计算机应该服务于估算人员，而不是估算人员为计算机工作。估算人员必须掌握所使用的软件，包括它的性能和局限性两方面。计算机估算的结果只是与使用此计算机的估算人员计算的结果一样好。计算机本身不能进行判断，只有估算人员才具有判断能力。

估算

估算（estimating）不是一门能进行精确计算的学科。它需要具备施工知识、经验和判断力。估算材料费用可能会以较高的精度完成。然而，精确估算人工费用和机械设备费用却相当困难。

估算材料费用是一份相对简单而且容易的工作。特定工程的材料数量能由该特定工程的图纸上的尺寸准确地计算出来。在计算完材料的数量后，估算人员能从供应商处获得市场的单价，然后将材料数量乘以现行单价即可估算材料费用。采用一材料损耗的百分数是对材料费用的惟一调整，这可能需要估算人员来判断。

估算人工和机械设备费用比估算材料费用困难要大得多。人工和机械设备的费用与生产率有关，而一个工地和另一个工地之间的生产率又各不相同。估算人员及其工作小组应当用他们的判断和施工操作方面的知识对每一工地的工地条件进行评估。劳动力的技能、工地条件、管理的质量和许多其他因素都影响劳动生产率。劳动力的工资可较精确地确定，需要人工的数量可由工程图纸和技术规范确定。然而，估算人员必须依据其判断和有关工程方面的知识确定预期的劳动生产率。同样，需要估算人员根据机械设备的知识以及工程的条件来确定预期的机械设备生产率。



估算人员及估算组的重要性

不论是否使用计算机，估算人员及其工作小组在编制估算中都起着极其重要的作用。他们必须收集、组织和储存资料，必须收集以前完成的项目的费用记录，以及供应商、卖主和分包商的费用报价，必须完成对工地条件、人工、机械设备和生产率的评估。估算人员必须审查和校核估算的所有部分以保证反映施工的实际费用。估算人员还必须将估算做成文件，以使其能在施工过程中控制费用。

在这些活动中使用计算机能对估算有所帮助，但估算人员必须管理和控制估算过程。估算人员必须能在压力下工作，因为大多数估算是在严格的时间限制中编制的。一份估算的质量和精度极大程度地依赖于估算人员的知识和技能。

估算的目的

估算的目的是确定按照合同图纸和技术规范完成一个项目所需的预计费用。对任何给定的项目，估算人员能以合理的精度确定材料、人工和机械设备的直接费用。然后，在直接费用的基础上增加一般管理费（建筑项目需要的间接费用）、不可预见费（任何潜在的不可预见的工程费用）以及利润（完成工程的补偿费用）就可确定标价。项目的标价应该足够高，以使承包商有合理的利润完成此项目；且应该足够低，以使其在业主预算（budget）的范围之内。

在估算中有两项明显不同的工作：确定完成一个项目可能的实际费用和可能的实际时间。由于人们对项目的计划和进度的不断重视，常常要求估算人员提供生产率、工班规模、机械设备分布，以及完成单项工程项目所需要的估算时间。这些资料及费用能够使估算与施工项目管理的计划相结合。

因为施工费用估算是在项目施工之前做的，因此估算最好能与实际费用接近。直到项目完成，并记录了所有费用，才能知道项目的真实费用。这样，估算人员并不是制定一个项目的费用，而只是简单地预计为施工此项目承包商可以接受的金额。

估算的类型

根据项目发展的阶段，一个项目有多次估算和再估算。估算贯穿于项目全过程，从第一个估算开始一直到设计以及施工的各个阶段，如图 1-1 所示。最初的费用估算是以后诸估算对比的基础。人们经常期望以后的估算能与最初的估算相吻合（即等于或小于）。然而，通常情况是最终的项目费用往往会超过最初的估算。

虽然每个项目都有自己独特之处，但它一般都包括三方：业主（the owner）、设计人（the designer）和承包商（the contractor）。每一方都有责任估算项目不同阶段的费用。在一个项目的早期，即设计之前，未来的业主在作出施工决定之前都希望知道项目的约略费用。当该项目设计开始后，设计人必须估算不同设计方案的费用，把最终

设计确定下来，以满足业主的预算和项目预期的使用功能。承包商必须知道按照最终合同文件、图纸和技术规范完成所有工程需要的费用和时间。

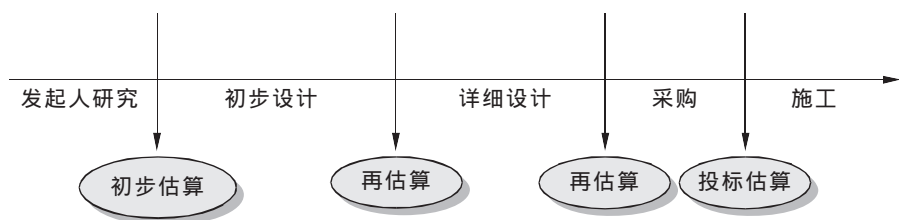


图 1-1 项目发展各阶段的估算和再估算

根据费用估算编制的目的和编制估算时已知的资料数量，费用估算至少可分为两种不同的类型：约略估算（approximate estimates），有时亦称为可行的（feasibility）、筛选的（screening）、认可的（authorization）、初步的（preliminary）、概念的（conceptual）、数量级的（order-of-magnitude）、设备系数（equipment-factored）或预算（budget）估算；详细估算（detailed estimates），有时亦称为最终的（final）、投标的（bid/tender）或确定的（definitive）估算。

现在还没有已经制定好的用以定义估算的行业标准。各个公司根据其对特定的施工类型和公司内部的操作程序的经验定义估算的名称和变化的百分比。不同的机构也定义了费用估算的分级。例如：表 1-1 系费用设计改进协会（Association for the Advancement of Cost Engineering, AACE）制定的费用估算分级。总的来说，早期估算定义为在详细设计完成之前编制的估算，这一定义适用于国际 AACE 的第 5 级、第 4 级和第 3 级。

表 1-1 AACE 国际费用估算分级（18R-1997）

估算级别	项目定义水平/%	最后使用情况——估算的典型目的	预期的准确性范围/%
第 5 级	0~2	概念选择	-50~+100
第 4 级	1~5	研究或可行性研究	-30~+50
第 3 级	10~40	预算、认可或控制	-20~+30
第 2 级	30~70	控制或投标	-15~+20
第 1 级	50~100	校核估算或投标	-10~+15

约略估算

未来的业主为一个项目制定预算。例如，一政府机构在发行债券选择前可能要了解其大约的费用，或者可能需要知道大约的费用以保证项目的费用不超过财政年度拨款额度。私有施工项目未来的业主一般在项目的开发阶段进行可行性研究，研究的一部分内容是进行经济分析，将施工费用与项目完成所能获得的潜在收益作比较。私营实业公司和其他类型的多种建筑业业主，为财政年度期间建议的所有项目编制年度的施工预算。要实现以上目的，约略估算已足够精确。



项目的设计人必须估算不同设计方案的费用，以得到符合业主预算的、经济的设计方案。建筑师可将一建筑物换算为面积（平方英尺）或体积（立方英尺），然后将数量乘以每单位的估算费用。工程师可将一结构中混凝土的立方码数乘以每立方码的估算费用以确定项目的估算费用。为获得可靠的约略估算费用，需要大量的经验和良好的判断，这是因为估算人员必须调整由于材料数量、工艺技能、地点和施工难度产生的单位费用。对于评估设计方案或向业主提交初步施工费用估算，约略估算已足够精确，但是若要用于投标，约略估算尚不够充分精确。

当完成一个项目的时间非常重要时，业主可在设计完成之前选择施工承包商。施工承包商可能被要求根据与该项目有关的有限的、已知资料提供一套近似的费用估算。此承包商为不同的工作项目确定近似的费用估算。例如每立方码基础的费用、每磅结构钢的费用和完成一套房间每平方英尺的费用。根据初步的工程量，承包商计算出项目施工的初步费用。于是业主可以根据此近似的费用估算与承包商协商施工合同。这种类型的施工项目要求业主具有管理项目的知识、承包商具有良好的项目实施记录。对设计/建筑承包商进行筛选时，通常是根据项目的约略估算。

详细估算

项目费用的详细估算是通过确定材料费、人工费、机械设备费、分包工程费、管理费和利润编制而成的。承包商在向业主提交投标书或正式申请之前根据全套合同文件编制详细估算。详细估算对于业主和承包商两方都很重要，因为它指出标价——业主必须为项目竣工付出的费用，也是承包商为建筑这一项目将接受的金额。

编制详细估算一般遵循一个系统的程序，它由承包商为其所独有的施工操作建立。此过程开始于对全套合同文件（招标文件及合同要求、图纸和技术规范）的彻底审查。承包商也希望考察所建议项目的工地，去观察能影响施工费用的因素，例如：储存材料的空间、交通情况、安全情况和现有的地下公用设施。

费用的汇编开始于制定一份把施工项目的所有工作组织得很好的检查表。估算人员根据图纸上所有材料编制一份材料数量估算（material quantity takeoff）。此估算包括施工期间所需的所有工程的材料数量和计量单位以及完成此数量估计后进一步计算的价格。将材料数量乘以材料的单价就得出了材料费用。所需机械设备的工程量除以机械设备生产率再乘以机械设备的单价就得出了机械设备费用。同样，用人工的生产率去除所需人工的工程量再乘以人工的单价就得出了人工费用。

有许多项目的大部分工程是由分包商完成的，他们往往专长于某一特定类型的工程。对于建筑类型的项目，分包工程有清场、干砌墙、刷油漆、盖屋顶等。对于大型/公路类型项目，分包工程有护栏、划路面标线和栅栏等。估算人员向可能的分包商提供一套图纸和技术规范，并要求他们对特有的工程进行投标。分包商和供应商通常在最后即将递交投标书之前通过电子邮件、传真或电话报出他们工程的费用。



项目的直接费 (direct cost) 包括材料费、人工费、机械设备费和分包费。直接费估算完成后, 估算人员必须确定间接费 (indirect cost), 如税金 (tax)、保证金 (bond)、保险费 (insurance), 以及为完成项目所需的管理费。人工和材料的税金随地点的不同而异。保证 (金) 的要求规定在项目的规范中, 例如: 投标保证 (金)、材料和人工支付保证 (金) 和履约保证 (金)。保险要求也在合同招标文件中有所规定, 例如工人的补偿、承包商的公共责任和财产损失及承包商的工人风险保险等。基本估算是直接费与间接费的总和。

需进行不确定性风险分析, 把适当的不可预见费加在基本估算上。不管一个项目的详细估算数额是多少, 总会有一些在施工期间出现的不可预见的工作。在确定一个估算的不可预见费时必须慎重。不可预见费太低会降低项目的利润, 而不可预见费太高则会影响中标。

在计算了直接费和间接费, 进行了风险分析并确定了不可预见费之后, 把利润加到估算上确定投标价格。利润 (profit) 金额的弹性较大, 它取决于许多因素, 例如: 项目规模的大小和复杂程度、承包商的工程进度、招标文件的准确性和完整性、工程的竞争度、资金的可利用情况以及在项目区域内施工活动的数量。对于大的项目, 利润可低至 5%, 对于风险很高或现有项目重建的小项目, 利润可高达 30%。表 1-2 列出完成项目详细估算所需的步骤。

表 1-2 编制详细估算的步骤

1. 审查项目的范围。考虑地点、安全性、交通状况、可获得的储存空间、地下公共设施、支付的方法等对费用的影响。
2. 确定数量。对项目中的所有工作做一工程量估计表, 并记录每一项目的数量和计量单位。
3. 收到供应商的投标。接收并列项目的每个供应商的费用。
4. 给材料单价。算出材料费用:
$$\text{材料费用} = \text{数量} \times \text{单价}$$
5. 给人工单价。根据可能的劳动生产率及工班大小, 确定人工费用:
$$\text{人工费用} = (\text{工程量} / \text{劳动生产率}) \times \text{人工单价}$$
6. 给机械设备单价。根据可能的机械设备生产率及其分布情况, 确定机械设备的费用:
$$\text{机械设备费用} = (\text{工程量} / \text{机械设备生产率}) \times \text{机械设备单价}$$
7. 获得专业承包商的投标。接收并列出项目的每个专业承包商的费用。
8. 计算税金、保证金、保险和管理费。列出材料和人工税金、保证金、保险及工程管理等费用。
9. 不可预见费用及标高金 (markup)。根据风险程度加上潜在的不可预见的工程费用。
10. 利润。加上按照招标文件完成工程的报酬。



估算的组织

工作项目的综合及其完善的组织对于编制任何一个项目的估算都是必要的。承包商都会为公司进行的某类工程开发自己编制的施工费用程序。承包商的估算方法和使用的表格在该类工程的经验已发展多年。

组织工程项目估算有两种基本方法: 一种方法是按照工程项目的书面技术规范的



分类识别该工程项目，如同施工规范研究院（Construction Specification Institute，CSI）对建筑施工项目那样分类。另一种方法是使用工程分解结构（Work Breakdown Structure，WBS），由它们在项目中的部位识别该工程项目。

 建筑施工项目

建筑施工承包商通常以严格遵循 CSI 数字系统的方式组织他们的估算，将工程分为 16 个大的部分。对工程的组织提供一份系统的校核表作为工程量估计、价格计算和最终估算费用计算的指导。因为估算在每一部分中都有 10~80 个项目，一个综合估算将至少有 160~1 280 个费用的行项。

典型的建筑施工项目的估算一览表如表 1-3。每个大的部分又可分为较小的工作项目。例如，第 2 部分的工作为工地工程，工地工程又分为清场、开挖、压实、人工修整、白蚁控制、墩钻孔、基础排水、景观和路面等工作，表 1-4 给出了这些项目的材料和人工所需的直接费。

表 1-3 使用 CSI 方式建筑施工项目投标价一览表 单位：美元

部分	内容	材料费	人工费	分包费	合计
1	一般要求	16 435	36 355	4 882	57 672
2	工地工程	15 070	20 123	146 186	181 379
3	混凝土工程	97 176	51 524	0	148 700
4	圬工	0	0	212 724	212 724
5	金工	213 224	59 321	0	272 545
6	木工及塑料工	38 753	10 496	4 908	54 157
7	隔热和防水保护	0	0	138 072	138 072
8	门窗	36 821	32 115	0	68 936
9	终饰	172 587	187 922	0	360 509
10	特制品	15 748	11 104	9 525	36 377
11	设备	0	0	45 729	45 729
12	家具	0	0	0	0
13	特殊施工	0	0	0	0
14	运输系统	0	0	0	0
15	机械	0	0	641 673	641 673
16	电力	0	0	354 661	354 661
项目总计：		605 814	408 960	1 558 360	2 573 134
材料税（5%）		30 291			2 603 425
人工税（18%）			73 613		2 677 038
不可预见费（2%）				53 541	2 730 579
保证金/保险				34 091	2 764 670
利润（10%）				276 467	3 041 137

标价=3 041 137

（原文此处有误，已改正——译者注）



表 1-4 部分 2 工地工程费用估算

费用编号	内容	数量	材料费/美元	人工费/美元	分包费/美元	合计/美元			
2110	清场	总额	0	0	3 694	3 694			
2220	开挖	8 800 立方码	0	11 880	9 416	21 296			
2250	压实	950 立方码	0	2 223	722	2 945			
2294	人工修整	500 平方码	0	1 750	0	1 750			
2281	白蚁控制	总额	0	0	3 475	3 475			
2372	墩钻孔	1 632 延英尺	14 580	2 800	14 524	31 904			
2411	基础排水	14 处	490	1 470	0	1 960			
2480	景观	总额	0	0	8 722	8 722			
2515	路面	4 850 平方码	0	0	105 633	105 633			
合计			15 070	+	20 123	+	146 186	=	181 379
(原文此处有误, 已改正——译者注)									

大型工程施工项目

大型工程施工承包商一般按所施工项目的 WBS 系统组织他们的估算。一个电力施工项目估算的 WBS 组织的例子见表 1-5~表 1-7。项目的主要范围是按类规定的: 开关站、输电线路、分站等, 如表 1-5 所示。每一类又细分为需要对本类施工的工程, 例如: 表 1-6 提供了所有需要施工 2 100 类输电线路 A 的工程类别的工作分解: 钢塔制作、塔基础、钢塔架设等。每一分类又进一步分解为需要施工的每一分类的工程组成部分, 例如: 表 1-7 提供了对所有需要施工分类 2370 塔基础的工程组成部分的工程分解: 钻孔、钢筋、基础混凝土及短角钢。WBS 对导出项目估算所需的所有资料提供系统的组织。

表 1-5 使用 WBS 组织工作的电力施工全项目类别报告投标价一览表 单位: 美元

编号	分类	材料费	人工及机械设备费	分包费	合计			
1100	开关站	1 257 295	323 521	3 548 343	5 129 159			
2100	输电线路 A	3 381 625	1 259 837	0	4 641 462			
2300	输电线路 B	1 744 395	0	614 740	2 359 135			
3100	春湾分站	572 874	116 403	1 860 355	2 549 632			
4200	配电线路 A	403 297	54 273	215 040	672 610			
4400	配电线路 B	227 599	8 675	102 387	338 661			
4500	配电线路 C	398 463	21 498	113 547	533 508			
项目合计		7 985 548	+	1 784 207	+	6 454 412	=	16 224 167
(原文此处有误, 已改正——译者注)								



表 1-6 输电线路 A—编号 2100 的类别报告

单位：美元

编号	说明	材料费		人工费		机械设备费		合计	
2100	输电线路 A								
2210	钢塔制作	692 775		0		0		692 775	
2370	塔基础	83 262		62 126		71 210		216 598	
2570	钢塔架设	0		144 141		382 998		527 139	
2620	绝缘材料及导电材料	2 605 588		183 163		274 744		3 063 495	
2650	防护线装置	0		78 164		63 291		141 455	
编号 2100 合计		3 381 625	+	467 594	+	792 243	=	4 641 462	

表 1-7 塔基础—编号 2370 的组成分别报告

单位：美元

编号	说明	数量	材料费	人工费	机械设备费	合计			
2370	塔基础								
2372	基础钻孔	4 198 延英尺	0	25 428	44 897	70 325			
2374	钢筋	37.5 吨	28 951	22 050	15 376	66 377			
2376	基础混凝土	870 立方码	53 306	13 831	10 143	77 280			
2378	短角钢	3 142 个	1 005	817	794	2 616			
编号 2370 合计			83 262	+	62 126	+	71 210	=	216 598
(原文此处有误，已改正——译者注)									

(原文此处有误，已改正——译者注)

其他类型的大型工程项目，如公路、公共设施及石油化工工业厂房，在独特于其工程类型的 WBS 中组织。而总估算是与所施工的项目相对应的 WBS 的费用汇总。

不管所选择的组织工程项目估算是哪一种，是 CSI 还是 WBS，都必须对估算中的每个工作项目指定一个编号，在承包商组织的过程中，它为所有估算的工作项目所专有。财务、工地费用、采购和进度计划也使用同样的编号，以便能在施工期间追踪该工作项目。

工程量估计

为编制估算，估算人员在校阅工程计划和技术规范后需要完成工程量估计，以确定建筑此项目所需的工程类型和工程量。在开始工程量估计前，估算人员必须知道这个项目如何施工，并且编制一份需要施工该项目的全部项目都组织得很好的校核表。

项目所需的材料数量可由图纸准确确定。估算人员必须审查每张图纸，计算材料数量，并在估算的适当行项中记录材料数量和计量单位。不同材料的单价可从材料供应商处获得，并作为估算项目材料费用的依据。如果此材料报价不包括运输费，估算人员需将适当的材料运输费包括在项目内。材料的税金应加在最终估算所有材料的总费用上。



每个估算人员必须开发一套工程量估计方法，以保证不漏掉或重复计算工程量。在估算过程中，普遍的错误是完全漏掉了一个项目，或是重复计算了一个项目。一个组织得很好的工作校核表将减少漏掉工程量计算的可能性。对工程量计算仔细地再校核将发现那些可能被重复计算了的项目。对那些施工期间易发生损耗的项目，估算人员还必须适当地加上一个损耗百分比，例如，5%的损耗可加在为砌砖计算的砂浆体积上。

工程量（原文中材料量应为工程量，下同——译者注）的估计对于费用估算极其重要。因为它是确定人工费和机械设备费数量和计量单位的基础。例如，桥墩混凝土的数量可能计算为 20 000 立方码。需要浇筑此混凝土的人工工时和人工费也应根据 20 000 立方码的混凝土进行计算。同样，需要安排此混凝土施工的机械设备的数量和费用也应根据 20 000 立方码的混凝土来计算。因此，估算人员必须仔细且准确地计算项目中的所有工程量，并明确计量单位。

◆ 人工和机械设备组合

在编制工程量估计前，必须作出如何进行这一项目的评估。这一评估包括分析工地条件、人工和机械设备组合并对工程进行细划分。例如，考虑一个土工修整和路面项目。在通常情况下，土工修整的数量估计为材料的立方码。工地条件的评估主要考虑土的类型，包括存在的岩石，要求的运距，以及为完成这一工程选择的适当的机械设备。如果土和岩石都存在，此工程可再细分为普通土开挖和岩石开挖。对于运距较远的普通土开挖，铲运机可用于土的开挖、运输和摊铺。对于岩石开挖，可采用钻孔设备和爆破设备，或用推土机松动岩石和装载机连同卡车运输松散的岩石。表 1-8 是一土工修整操作人工和机械设备组合的举例。

表 1-8 土工修整操作的施工组合

监督人员及皮卡（即小吨位运货汽车）	自动 9 轮轮胎压路机
小型自载铲运机	自动平地机
中型铲运机	洒水车
辅助铲运机的小型推土机	单轴平板自卸卡车
带松土机的推土机	双轴自卸卡车
前端装载机，3 立方码	普工
液压挖土机	技工
小型拖拉机 倒锄/箱形刀片	交通信号旗手
自动振动羊足碾	

路面工程可细分为三类：主线路面、短期路面、路缘石及边沟和人工路面。对每种细分都需要不同的人工和机械设备。表 1-9 列出了市区沥青工程所需的典型的人工和机械设备，表 1-10 列出了路缘石及边沟混凝土路面工程所需典型的人工和机械设备。