



日本土木技术译丛

# 公路工程设计缺陷 案例分析及对策

[日]阪神高速道路株式会社 著  
张建东 编译  
刘 朵 审校



中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01-2015-0667号

图书在版编目（CIP）数据

公路工程设计缺陷案例分析及对策 /（日）阪神高速道路株式会社著；张建东编译．—北京：中国建筑工业出版社，2018.9

（日本土木技术译丛）

ISBN 978-7-112-22294-0

I.①公… II.①阪…②张… III.①道路工程—设计—缺陷检测—研究 IV.①U412

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第118610号

書名「設計不具合の防ぎ方」

著者名 阪神高速道路株式会社

本书由日本阪神高速道路株式会社授权我社独家翻译、出版、发行。

责任编辑：刘婷婷 刘文昕

责任校对：姜小莲

日本土木技术译丛

公路工程设计缺陷案例分析及对策

[日]阪神高速道路株式会社 著

张建东 编译

刘 朵 审校

\*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京海淀三里河路9号）

各地新华书店、建筑书店经销

北京点击世代文化传媒有限公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

\*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：17¼ 字数：429千字

2019年3月第一版 2019年3月第一次印刷

定价：60.00元

ISBN 978-7-112-22294-0

（27470）

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

## 编译者序

随着我国国民经济的高速发展，公路交通基础设施的建设量逐年增大。同时，工程质量问题是建设“平安百年工程”及行业可持续发展的重要保障，打造“品质工程”是未来公路交通建设发展的必然趋势，为此，需要我们在前人的基础上总结设计与施工的经验和教训，尤其在设计阶段，尽早发现问题并加以纠正，提出对策和改进措施，避免设计错误导致严重的质量和安全隐患。

本书首先阐述了公路工程结构设计的现状和面临的问题，详细介绍和分析了日本公路工程结构物设计缺陷的案例，总结了主要发达国家设计审查制度与体制，提出了提高设计质量的诸多举措与建议。在设计缺陷案例中，选取了在工程建设中实际发生的、由于设计错误或设计不合理导致的、具有代表性的质量安全问题实例共 166 例（包括 50 例桥梁、50 例地下结构、16 例附属结构的设计缺陷案例以及 50 例使用阶段出现的质量问题案例）。每个案例分析包括问题的概要、解决方案以及当事人心得感想。案例调查分析是从过去的失误中吸取教训，通过分享经验和信息将隐性知识变成显性知识，并通过图解使其可以尽量地被直观理解，供设计人员参考以避免同类错误的发生。在设计审查的体制和责任方面，详细介绍了日本、美国、英国和德国的检查和审查机制，并结合工程实例对业主、承包商、审查人员的职责进行了探讨和比较。在上述基础上，本书提出了一系列提高设计质量的方法和建议。包括活用问题案例信息记录表、建立设计施工信息实时共享平台、提出改进的设计管理流程、明确新的检查审查体制。此外，本书通过将错误倾向的宏观统计作为设计检查体系的一部分，提出用统计分析结果对设计进行合理性评估的建议。

他山之石可以攻玉，本书所介绍的日本设计缺陷对我国工程设计人员具有很好的参考和借鉴价值。同时，建议我国设计咨询行业也可以在适当范围内建立共享设计经验和教训的信息平台，以培养年轻设计技术人员，减少类似设计错误的发生。

编译过程中，日本阪神高速道路株式会社杉江功先生、椿本尉先生、阪申土木技术咨询（上海）有限公司总经理石井康裕先生提供了宝贵意见，南京工业大学硕士研究生顾建成（现在日本东北大学攻读博士学位）对本书进行了校核，中国建筑工业出版社编辑刘文昕、刘婷婷给予了极大的协助和支持，在此深表感谢。

本书日文版《設計不具合の防ぎ方》由阪神高速道路株式会社所属的设计缺陷改进委员会编写，初版于 2012 年 12 月由日经 BP 社出版发行。

有关本书内容及翻译，欢迎读者提出宝贵意见和建议（邮箱 1165334241@qq.com）。

张建东

2018 年冬 南京

## 日文版前言

2005年4月，日本制定了“促进公共基础设施工程质量提升的法律”。此法律的宗旨是，促进公共工程质量的提升，为国民生活的提高和国民经济的发展提供保障。其基本理念在于“公共工程是现在和未来的国民生活及经济活动的基础，公共工程的质量具有重要的社会和经济价值，因此国家和地方政府以及公共工程的业主和承包商应充分发挥自己的职责，努力保证公共工程的质量，为现在和未来的国民生活做出贡献。”此外，还明确了业主和承包商的责任和义务。

然而，具有讽刺意义的是，近年来，设计、施工的质量下降问题日益明显。出于这个背景，各方面越来越积极地讨论对策和改进措施。日本土木学会2004年度会长特别委员会进行的专题讨论，除流程化问题和过度外包以外，还涉及日本道路公团民营化和大学独立法人化，甚至涉及技术人员的年龄结构等方面。国土交通省也通过座谈会等方式为提高设计质量付出了巨大的努力。如上所述，避免设计错误，或在更早的阶段发现问题并加以纠正，毫无疑问这是极其重要的。

那么，从事设计工作的机构和人员应该怎么做呢？本书首先通过对结构设计的现状和所面临的问题加以认识，明确了提高设计质量的方向，具体包括：①缺陷案例的调查分析；②探讨检查和审查的机制与方法；③加强技术力量（培养人才）。本书针对具体设计案例中出现的缺陷进行了调查分析，从过去的失误中吸取教训，是通过企业内部工程师的经验和信息共享使隐性知识变成显性知识，而且通过图解尽量使其可以直观地理解。另外，还增加了结构物耐久性提升的案例，并融入与管理部门相关的内容。本书不涉及合同和制度的改进。

当初，这一举措是设计咨询企业的工程师为了提高设计质量而实施的，但在反复讨论的过程中，大家强烈意识到，要提高设计质量和减少设计错误，必须向承包商提供关于缺陷案例和审查案例的信息。因此，本书大范围公开设计错误的案例内容，其目的在于，让大家共享信息并了解发展错误的缘由，通过广大技术人员共同努力来提高设计质量。

希望通过本书的设计缺陷案例分享来提高公路工程结构物的设计质量，尽量减少设计过失，同时通过实施PDCA的质量控制活动不断改进和提升，确保公路基础设施的工程质量和安全。

阪神高速道路株式会社  
《设计缺陷改进委员会》委员长  
金治英贞  
2012年11月

# 目 录

## 第一篇 设计质量的现状及面临的问题

1 设计缺陷的背景和原因.....	2
2 设计业务和检查审查的现状.....	4
3 提高设计质量的施策.....	11

## 第二篇 设计缺陷的案例及分析

1 概述.....	14
2 桥梁结构的设计缺陷 ( 50 例 ).....	16
2.1 缺陷案例概述.....	16
2.2 缺陷案例的分析.....	69
3 地下结构的设计缺陷 ( 50 例 ).....	76
3.1 缺陷案例概述.....	76
3.2 缺陷案例分析.....	130
4 附属结构的设计缺陷 ( 16 例 ).....	134
4.1 缺陷案例概述.....	134
4.2 缺陷案例的分析.....	152
5 使用阶段的缺陷 ( 50 例 ).....	152
5.1 缺陷案例概述.....	152
5.2 缺陷案例分析.....	205
6 总结.....	205

## 第三篇 审查检查制度和法律责任

1 日本的设计审查检查制度.....	208
1.1 公路工程 ( 国土交通省 ).....	208

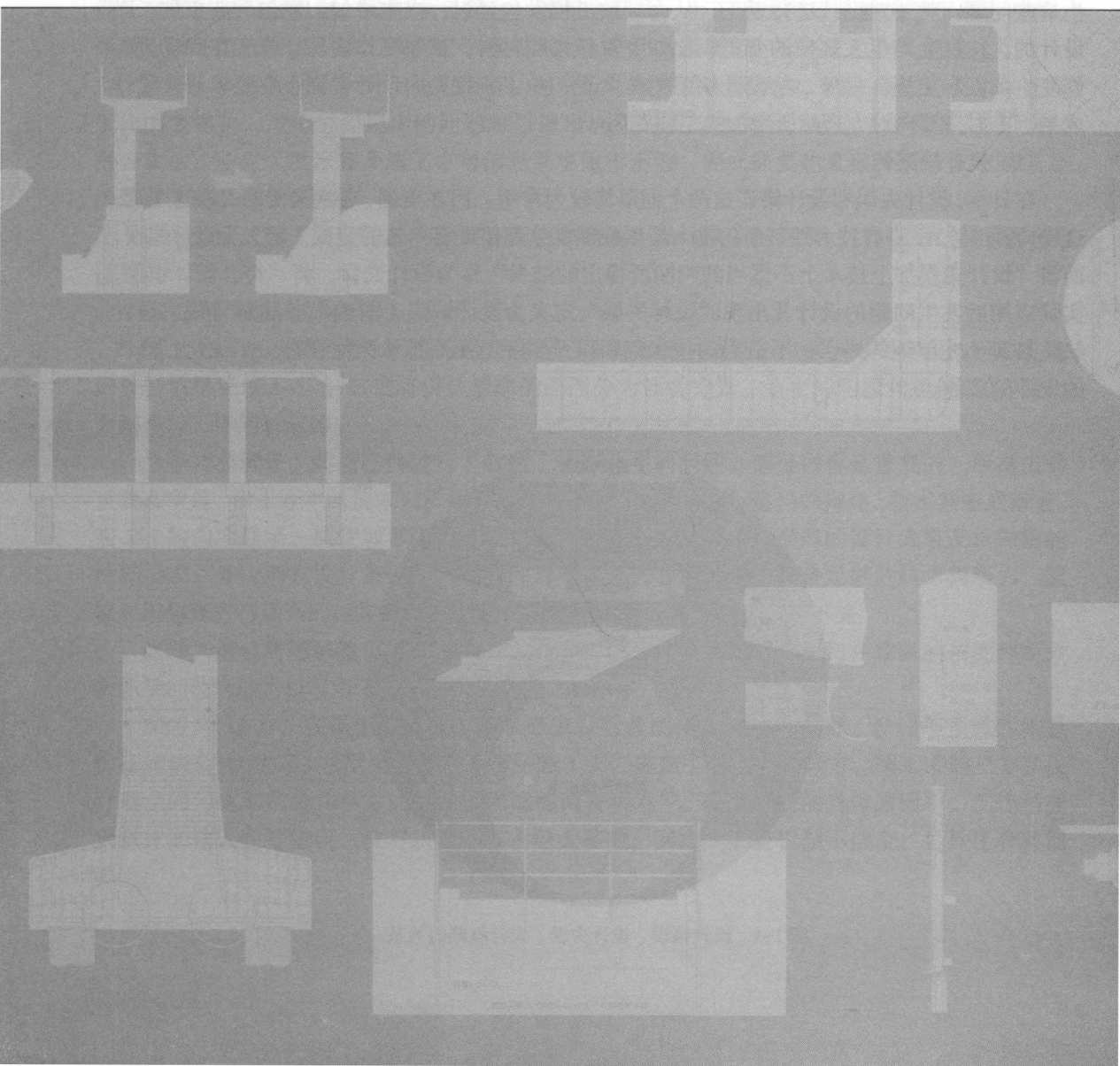
1.2	公路工程（地方政府）	210
1.3	港湾工程	210
1.4	建筑工程	211
2	美国的设计审查检查制度（加利福尼亚州）	211
2.1	概述	211
2.2	承包商的检查	212
2.3	业主的审查	213
3	英国的设计审查检查制度	214
3.1	概述	214
3.2	承包方的检查	215
3.3	发包者的审查	217
4	德国的设计审查检查制度	218
4.1	结构检查工程师制度概述	218
4.2	结构检查工程师制度下的检查工作	219
5	设计施工总承包方式的设计审查检查制度	219
5.1	设计施工总承包的设计检查的重要性	219
5.2	仁川大桥（Incheon Bridge）的检查制度	219
6	日本的设计者法律责任	220
6.1	设计单位的责任	220
6.2	设计人员的责任	221
6.3	缺陷担保责任	222
6.4	业主索赔的动向	223
7	美国的设计者法律责任	223
7.1	加利福尼亚州内自治体外包合同中对赔偿责任的规定	223
7.2	过失的解释	224
8	英国的设计者法律责任	225
9	业主、承包商、审核者的责任分担（事例）	226
9.1	土岐展览连接桥事故	226
9.2	英国对责任分担的规定	227
9.3	德国对责任分担的规定	228
9.4	美国对责任分担的规定	228
10	总结	230

## 第四篇 提高设计质量的措施及实例

1 措施概述	234
1.1 总体构思	234
1.2 缺陷案例的把握及检查表的使用	235
1.3 工程信息共享系统	237
1.4 设计流程管理	237
1.5 审查机制的建立	238
2 提高审查和设计质量的实例	239
2.1 由第三方机构进行审查的设计审查机制	239
2.2 动态分析审查	240
2.3 桥梁设计值的宏观数据分析	249
2.4 隧道设计值的宏观数据分析	257
日文版后记	267

# 第一篇

## 设计质量的现状及面临的问题



# 1 设计缺陷的背景和原因

近年来,由于土木结构物技术和标准的难度提升与精细化要求,技术人员的经验不足,以及技术传承的机会减少等原因,导致设计错误的情况随处可见,有些已经成了社会问题。细究一下产生这些问题的背景则不难发现,技术方面:设计的自由度加大,结构的复杂性,设计要求的升级,用于结构设计的通用程序的普及导致结构计算不透明;制度方面:人员、工期的限制导致复核、审查功能降低,设计工作更加专业化。

受上述因素的影响,结构物设计中出现问题的风险比以前更大。好在发生的大部分设计缺陷基本上都是在结构物完成前发现的,导致结构物安全性问题的情况不多。然而,一旦发生这些问题,就要对设计进行返工,从而导致工程发包延迟,成本增加。发包后变更施工图设计的,往往会产生大规模的变更,比如要重新订购材料,重新制作构件,或者在现场进行修复、加固和更换。另外,从设计缺陷的角度看,业主不仅要向设计咨询企业要求修改设计成果,有时还要向对方索赔所增加的工程费用<sup>[1]</sup>。

## (1) 设计缺陷的定义

在日本,设计失误和设计错误这两个词语均较为常用。而在美国,通常只使用失误这个词。这里,我们将“不带有技术性判断的输入错误或图纸绘制错误等单纯的错误”定义为设计错误,而将“设计错误加上技术上不适当的判断所得出的结果”称为设计失误,将“符合设计惯例、实际应用后发生问题的设计”定义为设计缺陷(图1-1)。也就是说,设计缺陷是对上述单纯的错误、不适当的技术判断以及实际应用后被认为需要进一步优化、修改的设计的总称。

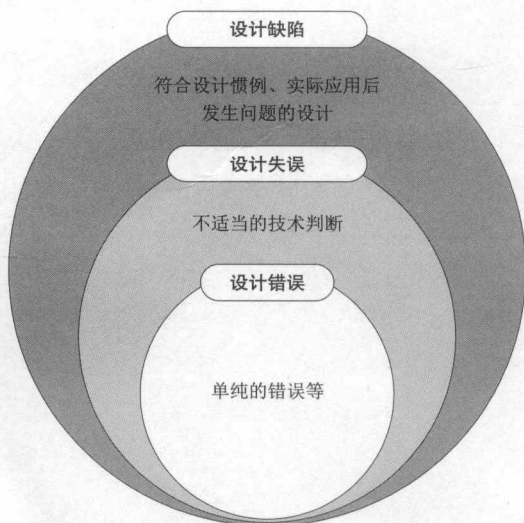


图 1-1 设计错误、设计失误、设计缺陷的关系

## (2) 设计缺陷的背景

反映设计缺陷的具体案例将在第二篇介绍，这里只简要叙述其背景。日本国土交通省鉴于第三方检查设计成果制度的实施中发现了许多设计缺陷，建立适当的设计成果质量保证机制是当务之急，因此于2006年10月设立了改进设计咨询业务成果座谈会（主席：东京大学教授小泽一雅，以下称座谈会）。2007年3月提交了中期报告<sup>[2]</sup>，该报告中叙述了对设计缺陷现状的认识、面临的问题、改进设计缺陷的基本方向以及针对改进措施制定的未来计划。

该报告认为，竞争性投标中低价竞标的现象频繁发生，呈现出中标率越低、经营业绩越差，设计错误也越多的趋势，低价竞标导致的设计成果质量下降值得关注。此外，由于设计咨询企业利润下降，该报告对整个设计咨询行业的不景气及技术传承等问题表达了忧虑。

该报告还认为，设计成果的质量通过在项目的各个阶段由承包商进行检查，业主在项目结束时也进行审核来保障，但这种保障在许多案例中是未必有效，因此迫切需要建立合适的设计成果质量保证机制。关于项目发包，该报告认为，由于无法保证足够的项目履行时间，导致对设计内容考虑不够，检查工作也不到位，设计错误增加，这一点也令人担忧。

另外，该报告认为，对于业主而言，随着近年来职员人数减少，PI、评估、技术审查等工作的多样化，对承包商提出的问题难以做出确切的回答和说明，这也是需要解决的问题。报告表示，业主、设计方及施工方对信息共享做得不够，因此需要建立一种设计方向施工方传达设计理念的有效机制。

以上是通过国土交通省的实际调查所明确的发生设计缺陷的背景，对其他发包机构同样适用。

## (3) 设计缺陷的原因

国土交通省对产生设计缺陷的原因进行了详细分析，对业主和承包商所存在的问题进行分析的结果见表1-1<sup>[3]</sup>。该表将设计缺陷的原因分为社会背景、业主的问题和承包商的问题，分别进行了详细的叙述。

关于社会背景，前面已经进行了叙述。关于业主的问题，部分内容是重复的，所指出的重要事项是，由于业主的技术人员技术实力下降，业主无法进行适当的指导、技术判断或审查。表1-1的内容显示，从管理者的角度看，业主的技术人员应提供最终的设计成果及结构物的性能要求，并应拥有设计条件、现场条件乃至管理的各种信息，具备足够的技术判断力，能够对承包商进行适当的指导，但实际上业主方技术人员的技术实力并不够。

此外，承包商理解整个设计的能力、熟练运用设计软件的能力、站在较高的角度判断分析结果的技术能力也有所下降，这也是问题之一。

2009年12月，在国土交通省、学术专家及行业团体参加的「调查、设计等领域的质量保证座谈会」（主席：东京大学教授小泽一雅）上，提出了业主、设计方、施工方的三方在设计理念的传达和信息共享方面存在的问题的调查结果<sup>[4]</sup>。出现问题的具体原因中，工作马虎大意比如输入数据错误、没有认真检查占绝大多数，其次是审查机制不健全，另外还有其他原因。

设计缺陷的原因分析

表 1-1

社会背景	①近年来,从事设计咨询工作的技术人员待遇降低(尤其是主管工程师,7年降低28%),有能力的技术人员不容易汇集到行业,而且有能力的技术人员有外流倾向,导致设计失误多发
	②少子高龄化使熟练的技术人员离开工作现场,年轻人无法继承技术,导致设计失误发生
	③业务量减少导致竞争加剧,低价承包不断增加。这样一来,包括国外在内,不得不低价向分包公司发包,导致质量下降和设计失误发生
	④拥有专业技术(施工计划的制定等)的合作公司数量有限,导致不得不向质量差的合作公司发包项目
业主的问题	⑤由于业主的技术能力下降,技术方面的工作人员数量有限,导致无法向设计咨询企业进行适当的指导,对相关问题无法进行技术上的判断,设计成果的审查做得也不够
	⑥最初对项目的条件沟通不够,导致设计成果的内容不适当
	⑦最初对项目的条件沟通不够,附加的条件又多,导致返工等情况发生,最终导致设计失误发生
	⑧由于发包不及时,导致无法保证项目所需的足够时间,审查工作不充分
设计咨询企业的问题	⑨设计计算、图纸绘制、数量统计表等工作分工细化,部分业务委托给合作公司,业务更加专业化,这样一来,虽然工作效率提高了,但能够整体把握工作的技术人员减少,导致设计失误发生
	⑩由于主要使用设计软件进行设计,使得越来越多的技术人员不能充分理解设计方法的适用条件和设计成果(设计图纸)的技术判断,导致设计失误发生
	⑪由于土木工程以外的技术人员使用设计工具(软件等)处理工作,导致无法对结构进行准确判断
	⑫有的工作不被统计在工作业绩中,导致设计人员的积极性降低,审核工作无法充分进行
	⑬由于标准频繁变更,而且内容升级,更加复杂化,技术人员无法充分应对,导致设计失误发生
⑭电脑的使用使其他工程成果的重复使用(例如用CAD复制图纸)变为可能,导致忘记修改的情况发生,不能完全对其进行检查(检查机制存在问题)	

## 2 设计业务和检查审查的现状

探讨设计缺陷时,有时是设计业务的划分和流程导致了它的发生,因此,在明确其发生阶段这一点上,准确把握表 1-1 中的因素是十分重要的。此外,在保证设计质量方面,承包商进行的检查或业主进行的审查也很重要,最好要明确其定义和范围。

一般情况下,发包工程时有两种情况,一种情况是由设计咨询企业进行施工图设计后发包,另一种情况是由设计咨询企业进行可行性设计或初步设计后发包,再由担任施工的承包商进行施工图设计。两种方法因发包机构而不同,各有利弊。桥梁因其专业性不同,多数情况下是分为上部结构工程 and 下部结构工程发包的,这些工程的发包时间不同也会导致设计流程不同。隧道等地下结构物与桥梁不同,工程一般是由一个企业承包的。

以下将承包项目中包含施工图设计与施工的建设公司称作承包商,将承包设计业务的设计咨询企业称作设计顾问,将承包设计审查辅助业务的设计咨询企业称作审查顾问。

### (1) 设计分类

设计分类因发包机构以及结构物的类别与难易度而不同,例如,阪神高速道路株式会社(以下称阪神高速)的桥梁设计分类如表 1-2 所示,分为规划、可行性设计、初步设计及施工图设计四种,每种设计的内容见表 1-2。

桥梁的设计分类

表 1-2

设计分类	内容	上部结构	下部结构
规划	建立确定最合适的跨度距离和结构形式所需的资料	根据业绩资料确定结构形式、主梁高度、主梁配置、截面形状、桥梁面积、每平方米的钢材重量等。根据惯用方法计算支点的反作用力	桥墩计算主要截面的应力,确定外形尺寸。基础计算稳定性和主要截面的应力,求出外形尺寸。沉箱的壁厚根据业绩资料确定
可行性设计	确定结构物的外形尺寸、框架形状及主要截面,绘制结构整体布置图	为下部结构的具体设计计算反作用力,同时计算主要截面,确定截面尺寸	桥墩计算主要截面,确定所需的外形尺寸。基础计算稳定性和截面,确定所需的外形尺寸
初步设计	通过计算确定结构物的外形尺寸、框架形状及主要截面,绘制图纸,以便按材料种类和材质计算所用的材料		
施工图设计	指准确、高效地建造结构物所需的所有设计。建造主体结构物时,尤其是需要临时结构物的临时设备图的需绘制该图纸		

在阪神高速地下结构物的建设中,迄今为止山岳隧道(NATM 施工方法)和明挖隧道最多。但近年来盾构隧道不断增加。隧道的设计分类如表 1-3 所示,分为四种,隧道类别和业务规模不同,具体内容也有些不同。实际上分为两个部分,一个是工程发包前进行的初步设计,另一个是工程发包后进行的施工图设计。如上所述,桥梁和地下结构物都列出了设计的分类,但实际上未明确划分的情况不在少数。例如,需要准确把握工程费用时,在初步设计中把主体结构的设计做到接近施工图设计的水平,也就是说,实际上是根据具体情况随机应变的。此外,虽然是施工图设计,但在工程发包前进行的,有的时候现场施工条件影响大的按初步设计的水准完成。这时面临的问题是,业主和设计顾问要求的设计成果的精度可能出现差异。

隧道的设计分类

表 1-3

设计分类	内容
规划	收集、整理隧道工程所需的资料,选择换气方式和施工方法,设置用地宽度,并进行基本设计,包括隧道位置、形式和截面等
可行性设计	确定结构物的外形尺寸、框架形状及主要截面,绘制结构整体布置图
初步设计	进行实地调查,根据地形、地质、地物、环境条件研究确定换气方式。这时,选择隧道的位置、形式、隧道截面、临时结构物等,通过计算确定主要截面。 根据上述结果绘制图纸,以便按材料的种类和材质计算所用的材料
施工图设计	指准确、高效地建造结构物所需的所有设计。建造主体结构物时,尤其是需要临时结构物的临时设备图的,绘制该图纸

### (2) 工程发包形态和设计的关系及设计内容

在阪神高速的桥梁建设中,上部结构采用钢结构的情况较多。这种情况下,施工图设计

通常是由担任施工的承包商（桥梁公司）进行的，因此多数情况下，对上部结构和下部结构进行施工图设计的机构是不同的，具体实施设计的时间也是不同的。考虑到下部结构是根据上部结构的特点进行，如图 1-2 所示，先进行上部结构的工程发包，完成施工图设计后进行下部结构施工图设计的做法是理想的做法，但由于道路建设的工程需要先进行下部工程，因此要实现这样的设计工程十分困难。

实际上，大部分的发包案例是图 1-3 所示的上下部结构工程同时发包或图 1-4 所示的先进行下部结构施工图设计下部工程先发包，不得不在最终的上部结构反力尚不确定的情况下开始下部结构的施工图设计。这种情况下，根据经验来考虑上部结构的反力和刚性的余量，再进行下部结构的施工图设计。然而，由于城市高速公路所受限制较多，且结构复杂，在施工图设计中大幅度改变可行性设计或初步设计的结构的情况也不少，导致设想的反力和刚性有时出现不一致。

如上所述，工程发包形态对设计缺陷的发生有一定的影响，座谈会上提到的担任施工的承包商利用专业性进行施工图设计是有缺点的。也就是说，设计顾问应将上部结构和下部结构作为一体来进行施工图设计，保证设计理念的一致性和设计精度，并消除上部结构物和下部结构物的设计成果的不连续性。

与此相反，隧道开挖的设计主要是由设计顾问进行初步设计，然后由隧道工程的承包商进行主体结构物和临时结构物的施工图设计，因此不像桥梁那样因工程发包形态复杂而导致较多的弊端，且责任归属明确。图 1-5 所示为隧道开挖的施工图设计流程。

### （3）检查、审查及监管

要想以有限的资源完成设计而且不出现设计缺陷，首先要求相关的设计人员具备技术实力，其次，需要具备高效的检查审查系统，该系统应能对设计缺陷的风险进行审查。此外，还需要考虑通用事项，如统一设计条件，设计负责人尤其是内部工程师不仅要考虑自己负责的工程，还要考虑工程整体，包括其他工程在内。这些并不是什么新的想法，而是从过去到现在一直受到重视的做法，但从现状看，并未有效地发挥作用。

本书将发现设计缺陷并加以纠正的行为分成检查和审查两种加以说明。也就是说，将承包商确认设计的结构物是否满足性能要求的行为称为检查；将业主确认承包商是否满足质量要求进行检查以及用业主的质量技术标准的行为称为审查，审查的水平取决于结构物的种类、复杂性以及发包机构的技术水准。

另外，将业主为保证设计成果的质量以及包括工程和成本在内的设计业务的正确实施而采取必要的措施定义为监管（管理）（图 1-6）。

在以上定义下，承包商进行的具体检查工作包括：设计条件的整合，设计文件中施工现场协商事项的整合，设计资料、设计计算书和数量清单的检查等。检查人员必须拟定一份规定检查事项的检查计划，并将该计划纳入工作方案中，并按设计文件中规定的或监督员指定的业务项目确认成果，同时必须由检查人员进行检查。近来，有的承包商尝试除检查人员外，还通过公司内部的事业团队进行检查。

业主进行的设计审查包括：对承包商检查人员制定的检查计划进行确认，对设计条件进行确认（包括输入分析程序的设计内容的确认），参考标准设计图等对结构施工图设计图进行确认，以及将类似工程的设计结果及其他工区的设计成果进行比较等。

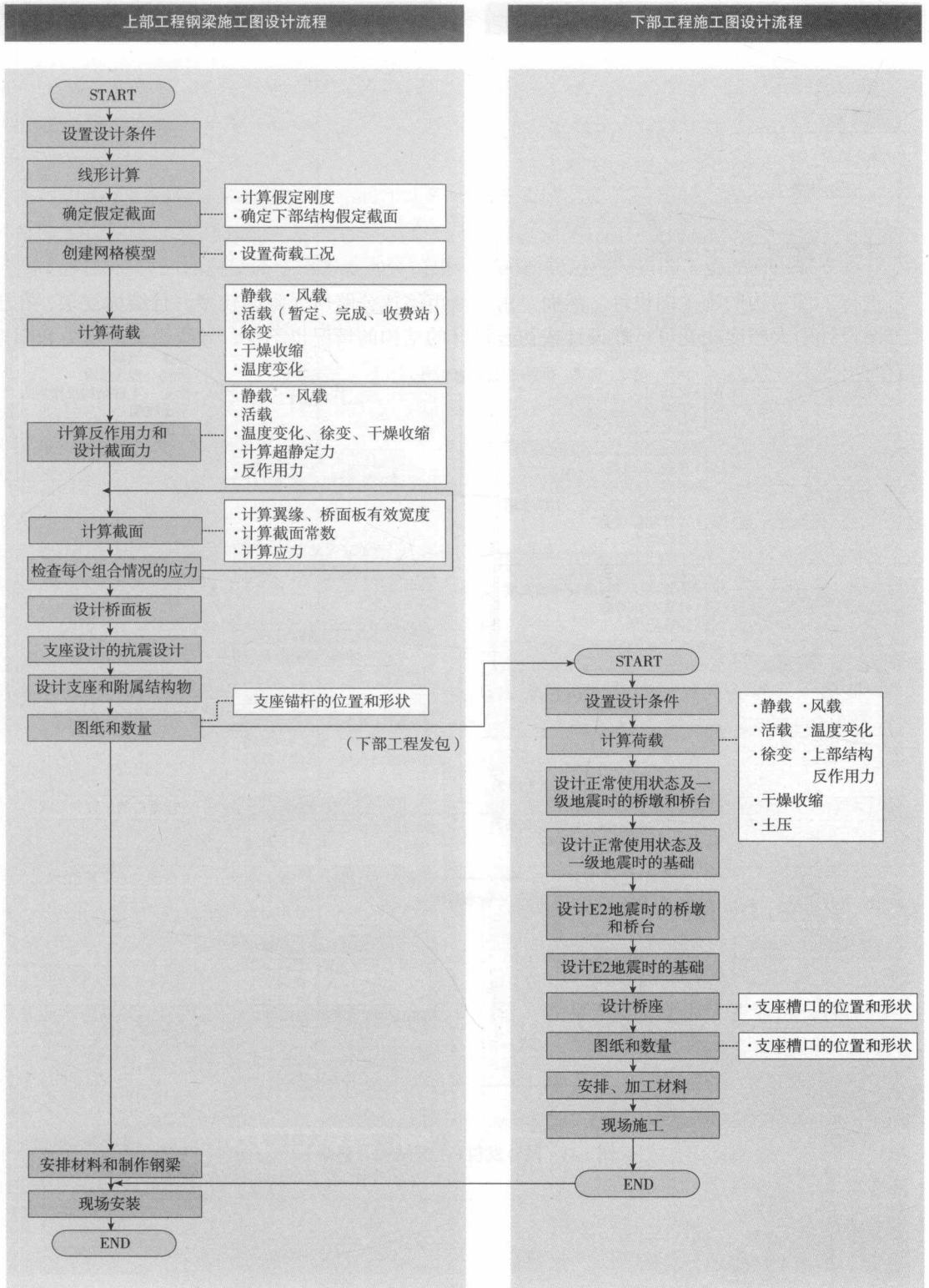


图 1-2 上部工程先发包(上部结构为钢梁)

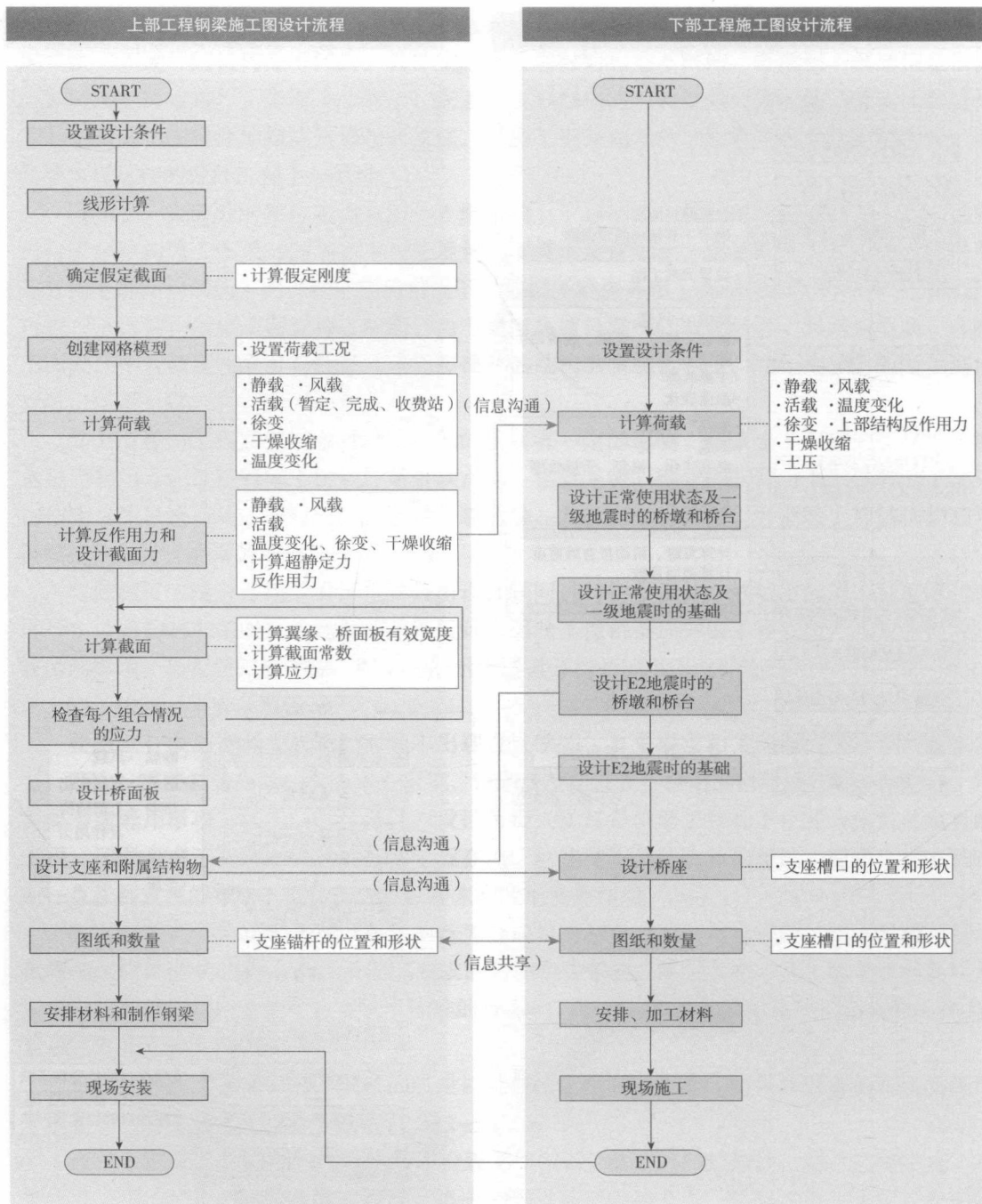


图 1-3 同时发包(上部结构为钢梁)

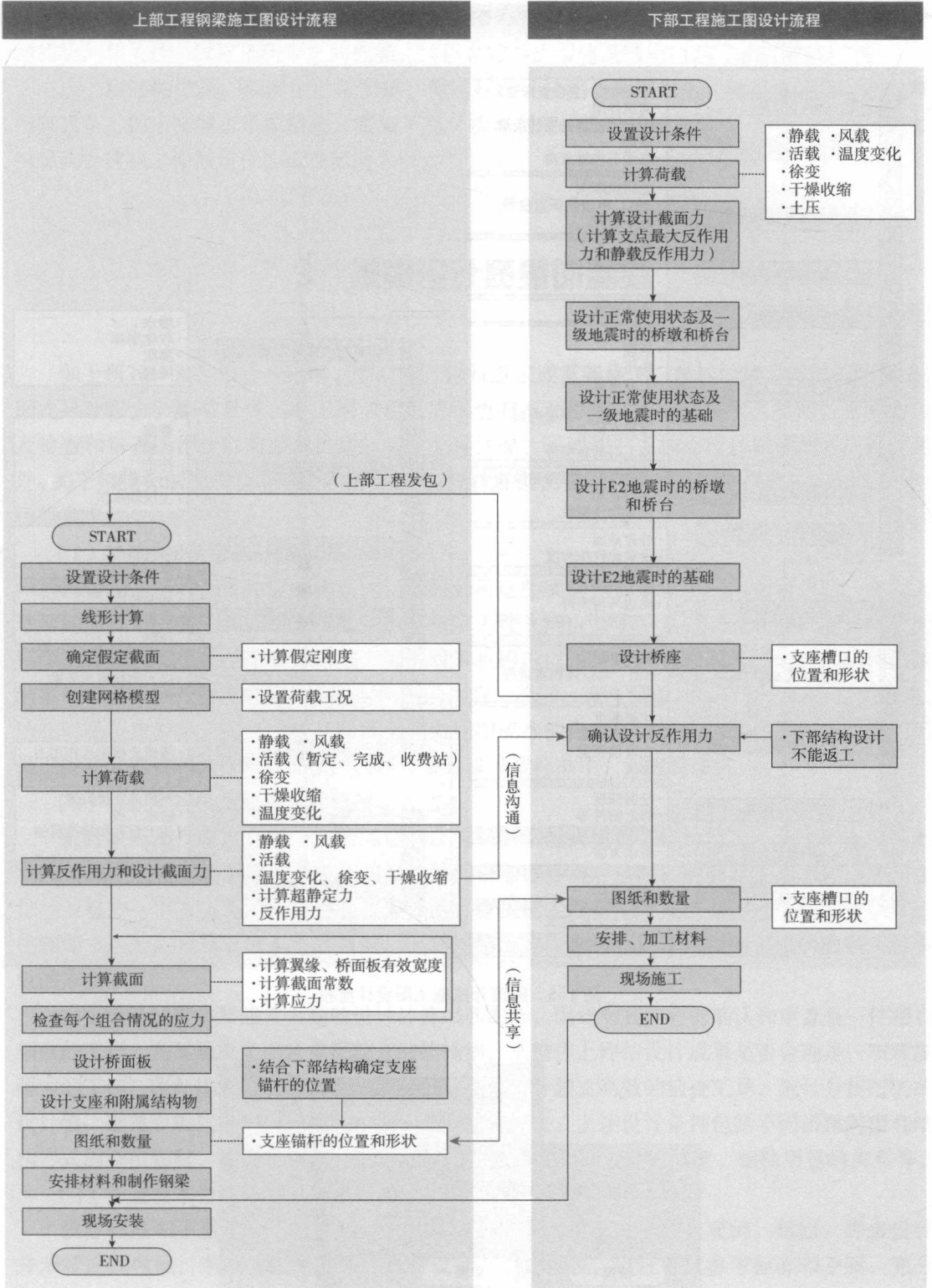


图 1-4 下部工程先发包 (上部结果为钢梁)