

中图分类号:

UDC:

学校代码: 10055

密级:

南开大学
硕士学位论文

建设工程周期信息管理在坝工三维设计中的应用研究

Study on Building Lifecycle Management (BLM) Concept

Application on Dam 3d Design

论文作者 _____ 指导教师 _____ 教授 _____

申请学位 _____ 工程硕士 _____ 培养单位 _____ 软件学院 _____

学科专业 _____ 软件工程 _____ 研究方向 _____

答辩委员会主席 _____ 评阅人 _____

南开大学研究生院

二〇一三年九月

南开大学学位论文使用授权书

根据《南开大学关于研究生学位论文收藏和利用管理办法》，我校的博士、硕士学位获得者均须向南开大学提交本人的学位论文纸质本及相应电子版。

本人完全了解南开大学有关研究生学位论文收藏和利用的管理规定。南开大学拥有在《著作权法》规定范围内的学位论文使用权，即：(1)学位获得者必须按规定提交学位论文(包括纸质印刷本及电子版)，学校可以采用影印、缩印或其他复制手段保存研究生学位论文，并编入《南开大学博硕士学位论文全文数据库》；(2)为教学和科研目的，学校可以将公开的学位论文作为资料在图书馆等场所提供校内师生阅读，在校园网上提供论文目录检索、文摘以及论文全文浏览、下载等免费信息服务；(3)根据教育部有关规定，南开大学向教育部指定单位提交公开的学位论文；(4)学位论文作者授权学校向中国科技信息研究所及其万方数据电子出版社和中国学术期刊(光盘)电子出版社提交规定范围的学位论文及其电子版并收入相应学位论文数据库，通过其相关网站对外进行信息服务。同时本人保留在其他媒体发表论文的权利。

非公开学位论文，保密期限内不向外提交和提供服务，解密后提交和服务同公开论文。

论文电子版提交至校图书馆网站：<http://202.113.20.161:8001/index.htm>。

本人承诺：本人的学位论文是在南开大学学习期间创作完成的作品，并已通过论文答辩；提交的学位论文电子版与纸质本论文的内容一致，如因不同造成不良后果由本人自负。

本人同意遵守上述规定。本授权书签署一式两份，由研究生院和图书馆留存。

作者暨授权人签字：

20 年 月 日

南开大学研究生学位论文作者信息

论文题目					
姓 名		学号		答辩日期	
论文类别	博士 ☐ 学历硕士 ☐ 硕士专业学位 ☒ 高校教师 ☐ 同等学力硕士 ☐				
院/系/所	软件学院		专业	软件工程	
联系电话			Email		
通信地址(邮编):					
备注:				是否批准为非公开论文	否

注：本授权书适用我校授予的所有博士、硕士的学位论文。由作者填写(一式两份)签字后交校图书馆，非公开学位论文须附《南开大学研究生申请非公开学位论文审批表》。

南开大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师指导下进行研究工作所取得的研
究成果。除文中已经注明引用的内容外，本学位论文的研究成果不包含任何他人创作的、
已公开发表或者没有公开发表的作品的内容。对本论文所涉及的研究工作做出贡献的其
他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本学位论文原创性声明的法律责任由本人
承担。

学位论文作者签名：_____ 年 月 日

非公开学位论文标注说明

(本页表中填写内容须打印)

根据南开大学有关规定，非公开学位论文须经指导教师同意、作者本人申请和相关
部门批准方能标注。未经批准的均为公开学位论文，公开学位论文本说明为空白。

论文题目			
申请密级	☐ 限制(≤2 年) ☐ 秘密(≤10 年) ☐ 机密(≤20 年)		
保密期限	20 年 月 日至 20 年 月 日		
审批表编号		批准日期	20 年 月 日

南开大学学位评定委员会办公室盖章(有效)

注：限制★2 年(可少于 2 年);秘密★10 年(可少于 10 年);机密★20 年(可少于 20 年)

摘要

建设工程领域中的低效率和浪费现象迫使人们去思考如何对建设工程的生产方式和组织方式进行变革。BIM、PIP 技术作为 BLM 理念的主要实现方法，在水利工程建设的生命周期项目的整体信息进行良好的管理、创建共享的一种全新的理念。BLM 是利用信息技术的手段在工程建设的各过程各环节统一在一个数字信息系统内集中管理和创建建设工程项目信息的思想理念。本文对 BLM 思想进行了深入研究，并针对 BLM 理念在三维数字化坝工设计领域的应用提出了综合的解决方案。

本文在大量检索比较了国内外相关研究成果和文献资料的基础上，重点进行了一下研究：

- 1、对建筑工程周期管理的 BLM 理念进行系统的分析和定义，BLM 思想与理念的形成、思想理念、内涵进行详细研究；
- 2、对基于 BLM 思想信息管理的基础结构和 BLM 思想的信息化模型进行了研究，对信息技术的概念、信息技术的产品和信息技术的应用进行探讨；
- 3、对 PIP 的概念、PIP 的产品和 BLM 信息模型进行了探讨；
- 4、以 BLM 理念在三维数字化坝工设计领域的应用为突破口，实现了坝工结构设计中的水工结构图形数据库，并基于该图形数据库进行了建模、计算、出图等功能的实现，BLM 思想在坝工设计中的应用证实了该理念的巨大优势，具有很好的推广和使用价值。

本文的研究为 BIM 技术在我国水电工程中的推广和 BIM 技术在其他行业的应用提供了参考。

关键字：工程建设；BLM；三维设计；数字化坝工；坝工设计

Abstract

The revolution of production and organization in engineering is put forward by people because low efficiency and waste phenomenon in it. The BLM is an idea that applies BIM and PIP's technology to make construction project information establish, manage and share well in its whole life cycle. BLM is not a single technology or product, but it is a strategy making use of information technology, procedure integration to set up and manage centrally information in whole life cycle of construction project. BLM is not the information system which there is a certain specific function, but it is a solution of information management based on BIM's and PIP's technologies in construction project. Here, the idea of BLM is researched intensively as well as the solution of application on 3D dam design with BLM is raised.

The following issues are discussed on the basis of a large of software products and document literature at home and abroad.

1. The idea of BLM in whole life cycle of construction project is analysed and defined systematically. What's more, the formation including the idea, thought and connotation of BLM is used for more detailed research.
2. The concept and product of PIP are discussed the same as information model of BLM.
3. According to application of BLM on 3D dam design, the data base of hydraulic structure, which achieves modeling, calculating and drawing based on, is proposed. The BLM in dam design shows the huge advantages and value in use.

The reference to application of BLM technology on domestic water-power engineering and other industries is provided in this paper.

key words: Construction Building; Building Lifecycle Management; 3D Design; Digital Dam; Dam design;

目 录

第一章 绪论	1
第一节 研究背景	1
第二节 国内外应用研究现状	2
1.2.1 哈雷-戴维森博物馆 (Harley-Davidson Museum)	3
1.2.2 澳大利亚 Tulalip 度假酒店	4
1.2.3 天津港国际邮轮码头	6
1.2.4 2010 年上海世博会德国国家馆	6
第三节 论文研究内容	8
第二章 建筑工程周期管理 (BLM) 理论研究	9
第一节 BLM 思想形成的背景	9
2.1.1 制造业的 PLM 管理技术	9
2.1.2 基于网络的协同技术和建设工程信息模型 (BIM) 技术	10
2.1.3 建筑业所面临的问题	12
第二节 建筑工程周期管理 (BLM) 的思想及内涵	15
2.2.1 BLM 的思想和理念	16
2.2.2 BLM 的内涵	17
第三节 BLM 关键技术——BIM 研究	18
2.3.1 BIM 的内涵	18
2.3.2 BIM 的主要理念	19
2.3.3 BIM 的技术特点	20
2.3.4 BIM 的标准化	9
第四节 BLM 的信息模型门户 PIP	25
2.4.1 PIP 的内涵	25
2.4.2 PIP 的核心功能	26

第三章 BLM 理念在坝工设计中关键技术的实现	27
第一节 应用 BLM 理念的总体实施框架	27
第二节 BLM 理念应用的平台	27
3.2.1 基于 BIM 技术的 Civil3D	27
3.2.3 基于 Civil3D 的二次开发	28
第三节 BIM 数据库的建立	31
3.3.1 坝工图形数据库	31
3.3.2 图形库截面图设计	32
3.3.3 在 VB 中建立数据的节点 (treeview)	34
3.3.4 操作界面功能区设计	36
3.3.5 坝工结构工程图形数据库主要内容	38
第四节 集成计算分析研究	40
第五节 坝工三维实体信息模型的图形输出	40
第六节 BLM 理念在三维坝工设计中应用实例	27
3.6.1 西北某水电站工程概况	42
3.6.2 常用结构材料图形数据库设计	42
3.6.2 坝工结构应用模型库的建模、计算、出图	43
第四章 结论与展望	50
第一节 结论	50
第二节 展望	51
参考文献	52
致 谢	54
个人简历 在学期间发表的学术论文与研究成果	55

第一章 绪论

第一节 研究背景

在我国，建筑业对经济发展做出了巨大贡献。2000年以来，中国经济发展保持了较长时段的快速发展时期，与建筑业密切相关的投资总额增速持续保持在15%以上的增速，建筑业本身产值也达到了20%左右。

2012年，我国建筑安装工程累计完成固定资产投资236439.72亿元，同比增长22.10%；建筑业完成固定资产投资4305.6亿元，同比增长24.56%；建筑业全年完成总产值13.53万亿元，较2011年增长16.2%^[1]。

然而，和其他行业相比，建筑业生产效率却极低。在过去四十年，制造业等其他行业在生产效率不断提高的过程中，建设工程行业生产效率却不断下降(丁士昭2005)^[2]。

水电工程项目也是存在同样的问题。水电项目无一例外地都是针对特定的地形、地质、水利等方面的特点进行几乎全新的设计。其设计、建造、生产组织机构庞大，协调困难，很难达到计划的精确管理，因此，如何在设计的过程中避免可能出现的错误，如何在设计阶段就对水电工程项目的施工难度、施工费用等进行准确的估计和运算、如何让水电项目设计的各个专业的人员进行有效地沟通和合作，这给水电工程项目的设计人员提出了特别高的要求^[3]。

目前我国在坝工设计中使用最多的是Autodesk公司的AutoCAD软件，设计模式为传统的二维的设计。CAD技术的广泛使用从根本上改变了该行业的涉及水平和能力，有效的减少了设计不足的发生，从传统手工画图板手绘图纸转变为计算机的辅助制图，解放了制图人员的劳动量，这种方式在当时大大的提高设计效率，随着水电工程的迅猛发展已有的设计方式已无法满足的当前的设计需要，主要表现在：

1、可视化差，交流困难

当采用传统设计模式进行工程的设计特点、思想功能时，不能进行直观的进行设计的展示和介绍。

2、设计相关的所有信息管理困难

项目涉及到的大量原始数据和规范等依然依靠人工的去收集、查询，同时

采用落后的数据管理方法对庞大、复杂的工程数据进行管理，管理系统不统一，不同专业的设计工程人员掌握着大量零散的电子图纸、文档，无法进行系统的归类管理。所以造成在实际工程的应用中数据的利用效率低下，往往一些工作量再重复进行，不同人员掌握的数据进行更新后其他人员不能进行快速更新和替换。

3、效率低下

根据已有的坝工设计流程，结构设计工程师必须将坝工工程的三维结构构思好，根据已有的专业知识进行图形的二维表达，将对应构件设计尺寸进行标出，在这种大量繁琐的工作中腾不出更多的时间在坝工结构的优化设计和创造性设计上。

4、无法避免设计的错误

水利工程的建造复杂、规模大，周期长、耗资大，因此在如此长期的设计、施工过程中必须尽可能减少出错的状况，但由于水利工程的复杂性和庞大性特点，在设计、施工过程中往往会出现很多预料之外的问题，造成工程的返工、延期等状况。

5、工程图纸的变更设计工作量大

工程的设计图纸在设计、审验、施工过程中，会由于设计原因或者是未预料状况的发生需要对设计进行修改和调整，传统方法的设计方式无数据库支持必须重新对图形进行绘制，工作量重复性大，效率低。

基于以上问题的存在，本课题拟对BIM技术支撑下的BLM理念进行更深入的探讨和研究，并对其在水利工程设计中的应用做了详细研究，为水利水电工程设计的数字化、信息化提供一种新的解决方法。

第二节 国内外应用研究现状

前文所提到的设计理念中，有一个很重要的概念：**BLM**即建筑工程周期管理（**Building Lifecycle Management**），指贯穿于建筑全过程（从概念设计到拆除至再利用全过程），用数字化的方法创建、管理、共享所建造的资本资产信息（Autodesk公司对BLM的定义）。基于以上原因，本文对BLM理念进行了详细的分析和阐述，对BLM理念在水工结构设计中的应用进行探讨，对BIM(Building

information Modelling)技术在水利工程结构设计、三维建模、出图等技术上的详细使用方法进行了研究^[4]。

建筑信息模型技术是Autodesk公司2002年率先提出，同时基于BIM信息技术下的BLM理念开始广泛受到关注^[5]。

1.2.1 哈雷-戴维森博物馆（Harley-Davidson Museum）

欧特克有限公司(Autodesk)作为全球最大的二维、三维数字设计和工程软件公司授予Mortenson公司欧特克建筑信息模型（BIM）大奖。Mortenson公司将建筑信息模型（BIM，Building Information Modeling）的解决方案进行设计和制图，成功应用在哈雷-戴维森博物馆（Harley-Davidson Museum）在内的近百个知名项目中。Mortenson在BIM过程中使用了Autodesk Revit Structure、Autodesk Revit Architecture、Autodesk Revit MEP、Autodesk Navisworks软件、AutoCAD Civil 3D等^[6]。



图1.1 哈雷-戴维森博物馆展示区模型实景图片

哈雷-戴维森博物馆(见图1.1) 2008年7月对外开放，面积达13万平方英尺，位于密尔沃基市，从其外部设计方案与博物馆内摩托车展览元素相互融合，很好的进行了展示。

项目进程中的最大问题是减少复杂的机械、电气和管道设备系统造成的视觉干扰，做到最好的平衡外观设计方案。为达到此目的，Mortenson工程的项目部利用Autodesk公司的revit软件，成功的将内部的管路构件通过隐藏功能进行控制展示（详见图1.2）。为更好的进行组件安装，设计人员可以很好的利用Autodesk Navisworks进行各构件的检查和比对。

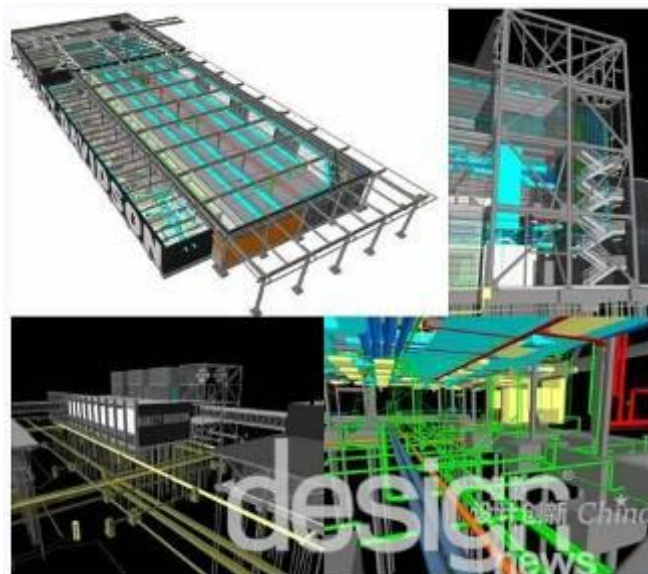


图1.2 哈雷摩托车博物馆建筑群的建筑模型

1.2.2 澳大利亚 Tulalip 度假酒店

位于澳大利亚西部马里斯维尔Tulalip度假酒店是一家配备水疗中心和会议中心的高级酒店，共12层，造价1.3亿美元，拥有387间客房。

这个项目在设计、建设整个过程采用了BIM技术，将工程的建筑设计师、现场技术人员、业主和分包商统一到一个信息模型系统下。工程参与各单位利用Autodesk Navisworks软件，将建立的工程三维数字信息模型和生产的平面图集成到统一系统下，供工程施工参见单位技术人员使用，如图1.3-1.5所示，项目设计人员推行“边设计、边施工”的方法，通过利用BIM技术、IWP和Autodesk Navisworks三维模型技术，在设计文件完成60%时即开始施工，通过该软件的统一协调和组织，在整个设计、施工管理过程中，信息传递的协调减少了30%，主体结构的施工得到了很大提高，为26%。通过使用该方法，工程的总工期在22个月内即完成了整个工程的所有建设工作，提前了3个月完成了项目。



图1.3 叠加在现场照片上的建筑模型



图1.4 MEP 模型



图1.5 Tulalip内部墙体结构

1.2.3 天津港国际邮轮码头

位于东疆港区南端的天津国际邮轮港，第一期工程计划进行70万平方米。设计能力为一年能容纳50万旅客通过。设计完成的5万多平方米国际邮轮客运大厦（见图1.6），对于这样一个项目来说，而且还涉及到很多复杂的工种，结构复杂、施工工期短。针对这个问题，CCDI应用BIM技术得到了很好的解决，设计效率和施工质量都得到了和好的提高，节约了项目的投入成本。BIM软件在工程的设计前期也能发挥其强大的分析功能，设计师可以通过该BIM软件进行空间设计、光照分析等，尤其在能源分析这一项更加凸显了它的重要性。使用BIM技术对施工进行指导，能加快可持续设计的进度，对实现绿色建筑发挥着重要的作用。随着施工图逐渐趋于完工，BIM技术还将应用在项目施工管理控制及方案制定上，以及工程的运营管理，直至建筑推倒重建，BIM技术都发挥着不可缺少的作用，因此应该以20年或以上的时间来计算成本，将更加具有优势。



图1.6 国际邮轮客运大厦

1.2.4 2010 年上海世博会德国国家馆

2010世博园区位于上海黄浦江两岸，规划用地5.28平方公里。2009年7月，

德国国家馆在上海2010年世博会顺利完成主体结构封顶（见图1.7）。

由于德国馆建筑造型设计和空间关系复杂，作为承担该项模设计的上海现代建筑设计集团在项目初期就制定了高规格标准来进行该项目，在最开始就由信息技术经验丰富的科研团队来接手项目。通过综合比较各软件的优缺点，项目组充分发挥BIM技术平台的系统优势，逐一解决项目规划、设计的重点问题。

“对设计师来说，BIM技术带来的是三维可视化，但是这个技术只能代表BIM技术的其中一个层次。从更深层次的角度来说，BIM模型相当于一个完整的数据库，该数据库涵盖了工程规划、设计、施工、运营管理各阶段的记录数据信息，像建筑结构的几何属性、隐蔽工程的数据信息等，从工程开始准备直至工程运营管理到工程报废，工程的任何信息数据都可进行完整的保存和在这个数据库里包含了贯穿建筑各阶段的所有信息数据，包括建筑构件的几何物理性能、供应商信息等等^[7]。

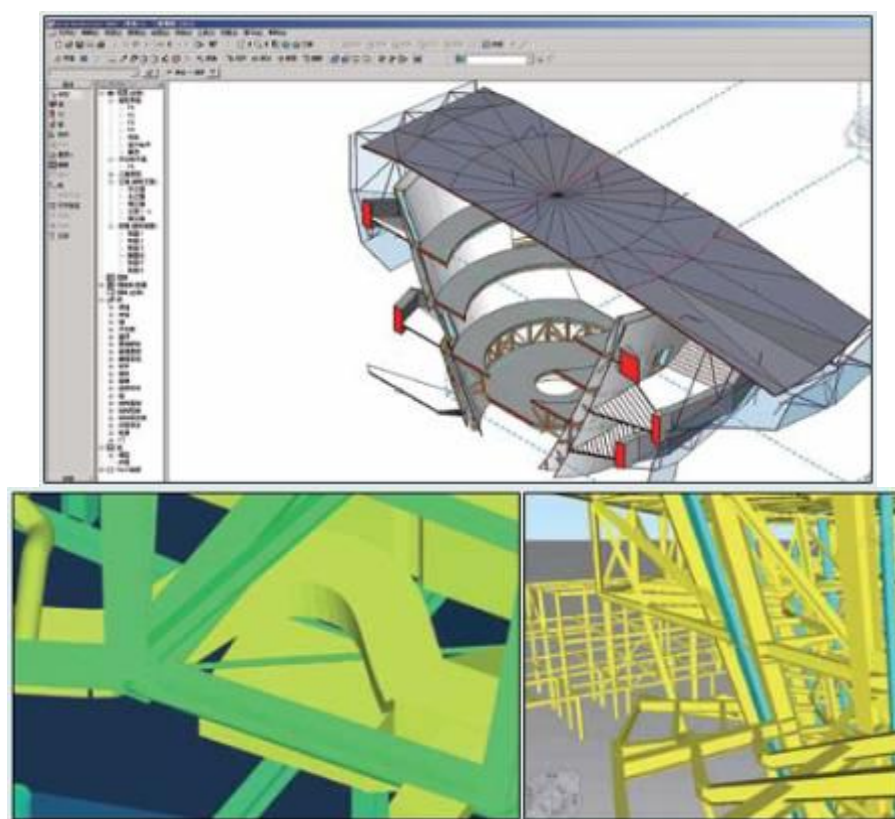


图1.7 上海世博会德国国家馆

如今BIM技术在各行各业的广泛应用已经是无可争议，美国在BIM领域制定自己的国家标准（NBIMS）。欧洲一些国家在BIM技术领域也得到了快速发展，其中一些国家基于BIM技术的应用软件高达60-70%的普及率。2007年的一项调查

统计发现，美国的建筑师中有**74%**左右已经应用了**3D**模型，但他们当中有**34%**使用的是智能化建模软件，即大约**25%**的设计人员应用过**BIM**软件。据预测，至**2012**年，可能将会有**60-70%**的设计人员使用**BIM**软件。

总体上来讲在**BIM**技术应用上国外领先于国内，但是目前为止不少文献都承认即使在国外**BIM**技术应用还是限于局部，真正实现**BIM**技术的理念就是全生命周期（**BLM**）、辅助决策这是我们下一步的努力方向。关于**BIM**技术在建筑工程中已经开展的应用，美国宾夕法尼亚大学归纳为：他们分设计阶段建造阶段运营阶段，**BIM**技术目前已经有了一些应用，它体现在项目实施的指南。

国内在**BIM**技术推广和应用上主要体现在在国内应用主要覆盖：一个是碰撞监测；第二是多维度信息集成，有效支持项目综合管控；第三有效支持虚拟装配^[7-16]。

第三节 论文研究内容

BLM理念是集成化管理思想在建设工程信息管理中的体现，是建设工程在信息化过程中的革命性的转变。

本论文研究的主要内容：

1、**BLM**作为新出现的一种理念在建设工程信息管理领域，其内涵和外延还会不停的进行补充和发展。通过查阅已有的相关文献资料，本文拟对**BLM**的思想进行深刻的挖掘和剖析，对其在水利工程领域的基本概念进行归纳和分析，并对其形成的因素和背景进行细致的研究。

2、**BIM**技术、**PIP**技术分别是实现建设工程信息化的技术手段，本文分别对**BIM**和**PIP**的内涵、**BIM**的内容等进行详细分析。

3、分析**BIM**技术在水利工程三维数字化结构设计中的应用，提出在**Civil3D**平台上建立水利工程图形截面数据信息库。

4、对所建立的水利工程图形数据信息库进行平面、三维模型的建模方法进行研究和实现，对**BIM**技术在建模、计算、出图等阶段进行应用研究和实践，总结**BLM**理念在水利工程中应用的优点。

第二章 建筑工程周期管理（BLM）理论研究

第一节 BLM 思想形成的背景

2.1.1 制造业的 PLM 管理技术

基于当前的信息管理技术，制造业在对一个新产品进行开发和制作的过程中，逐渐形成了产品寿命周期管理(Product Lifecycle Management, PLM)这一新的名词^[17]。

PLM的产品生命周期全过程覆盖了从产品诞生到消亡，其关键是进行产品数据管理的Product Data Management（PDM），记录了所有产品信息的数据库。

按照 CIM Data 给出的定义，PLM 是一种应用于在单一地点的企业内部，以及在产品研发领域具有协作关系的企业之间的管理技术，在全生命周期信息的管理、应用的产品解决方案中加以应用，流程、管理、应用系统和信息可以很好地集成在与产品相关的人力资源产品生命周期内。

PLM 主要由产品创新的工具类软件（CAX 软件）、产品创新的管理类软件，其中包括 PDM 和在网上共享产品模型信息的协同软件等（CPDM 软件）和与之相关的咨询服务三部分组成。从本质上来说，PLM 与我国提出的 C4P（CAD/CAPP/CAM/CAE/PDM），或者技术信息化基本上可以认为是代表相同的领域，也就是指与产品创新有关的信息技术的全部内容。

PLM是众所公认的高科技技术，PLM如实的验证了产品生命周期信息管理的这一理论，产品信息的载体有各种不同的媒介，PLM主要管理的是数字化信息。针对如何解决实际情况，PLM在处理产品信息的过程中主要步骤为创建、管理、使用、分发和共享，对产品生命周期信息后期的维修和保管主要流程为施工、分发和共享。

PLM是一组包括完整技术、组织和过程的协同解决方案，而这些要素在建设工程管理中都是以相同元素为基础，PLM和 BLM两者的相应基础如表2.1分析。

新一代PLM思想在制造业能够进行实施的原因主要包括：一是企业经营全球化趋势；再一个就是Internet电子商务技术的兴起。由于新的协同和电子商务技术的出现，处在中国不同地方的设计人员之间也可以同时进行工作。在该理

念的影像下传统的制造企业开始讲自己企业的非核心业务外包出去，而更专注于自己的核心竞争业务，最终达到整个产品在价值链上的价值利润通过企业与业务伙伴的商务协同达到最大化。

表2.1 PLM的主要内容和BLM的相应基础

	PLM 的主要内容	BLM 的相应基础
技术	PIM 系统的主要功能 ● 电子仓库管理 ● 文档管理 ● 产品结构与配置管理 ● 零部件管理 ● 工程流管理 ● 项目计划管理等 PLM 与 CAD / CAM、ERP、SCM (Supply Chain Management, 供应链管理) 等集成。	已经应用的子系统或应用程序 ● 文档管理 ● CAD ● 进度控制软件 ● 沟通与协作平台 ● 合同、材料等其他项目管理软件 ● 工程流管理 ● 设施（物业）管理系统 已经进行了部分集成，如文档管理与沟通与协作平台集成、项目管理集成系统
组织	● 项目组织的核心小组，负责产品的整个生命周期 ● 集成产品开发的组织	● 业主方团队 ● 设计团队 ● 施工团队与设计施工团队 ● 设施（物业）管理团队 但缺乏一个负责整个生命周期核心团队
过程	● (IPT, Integrated Product Team) ● 加工与装配协同工作组织的建立与管理 ● 客户服务与支持团队 ● 流程定义和流程重组（集成） ● 最佳实践，如 PACI 和 CMII 等 ● 过程管理和工作流程管理 ● 并行工程	● 流程分析与优化 ● 过程管理和工作流程管理 ● 设计过程的并行

总的来说，建筑业与制造业有很多相似的地方，这体现在它们的发展速度以及其采用的解决方法和处于什么样的状态下。针对建筑业和制造业两种行业来说，斯坦福大学Sanvido教授从总体和过程的不同角度进行过比较，结论是两者之间的相似点总起来更多一些。两者之间的共同点更好地说明了将制造业的PLM思想引入到建筑业的可实现性。

2.1.2 基于网络的协同技术和建设工程信息模型（BIM）技术

20世纪60年代开始，辅助建筑设计 (Computer-Aided Architectural Design) 在建筑设计业中的应用经历了cad、面向对象的cad、基于模型设计的集中式、集成式数据库以及建设工程生命周期管理BLM等几个发展阶段，如图2.1所示。但

是传统意义的CAD应用只是“计算机辅助制图”，而并不是真正意义上的“计算机辅助设计”，设计图元与设计数据自己无法确定相关性，不可避免的会中断建筑信息。所以，目前最重要的就是将不同阶段的工程建设信息更加完美地结合起来。可以认为BIM对BLM的实现和发展起着非常重要的作用，因为现在大部分有关BLM理念的探讨工作都是围绕着BIM技术进行的^[18]。

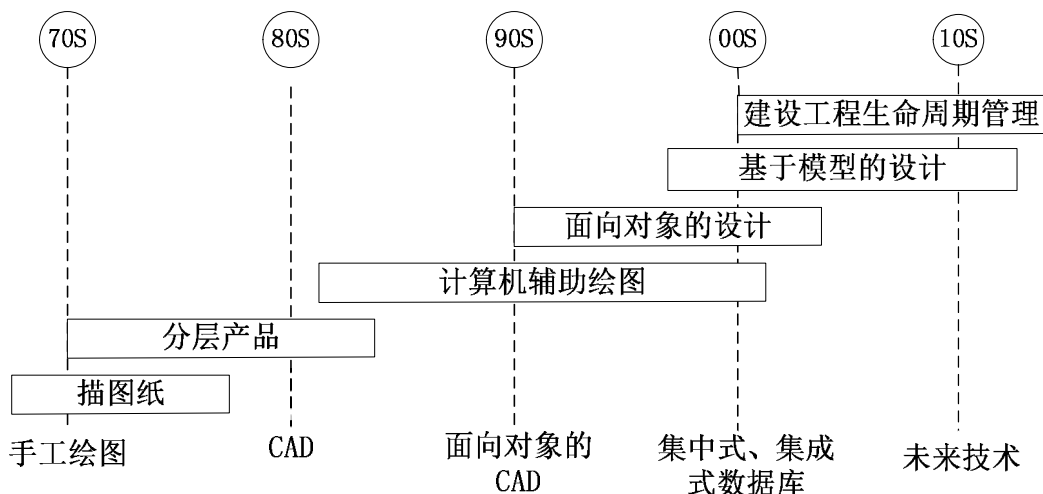


图 2.1 建筑设计信息化技术的发展历史和发展趋势

随着知识、信息社会的巨大发展，完整、准确的信息和知识对建设工程生命周期重要意义越来越被人们所认识。项目的设计规划时期、决策实施时期和后期运营时期应该进行统一的统筹和管理，而不是采用缺失、割裂的方法，参与项目的各方采用统一的合同和工程计量价值计算方法，并在此基础上进行信息共享和协同工作。

随着计算机技术的高速发展，随之而发展起来的信息、通讯和数据库等技术也得到了飞速发展，IT 技术在建筑业的应用也发展出了自己的特色方向，即集成化、网络化、可视化和智能化等。协同工作技术就是基于互联网发展起来的，比如项目信息门户（Project Information Portal，简称 PIP）^[19]。

协同工作技术的根本特点：一个是高度集成化；另一个信息交流和协同工作的模式变化。通过与其他系统的集成，可以对建设工程寿命周期不同阶段的信息管理和工作协调进行相互间的配合。比如设计阶段不同专业的设计师之间的相互配合、设计方和施工方之间进行的信息交流，以及施工方对施工信息的获取等等，以 PIP 为主核心的工作配合技术，为信息的收集、共享和配合工作

都提供了前提条件。图 2.2 显示了信息在建设工程全生命周期管理的 ICT 标准和技术在建筑业生命周期管理运营中的应用情况(Roadcon2003)。

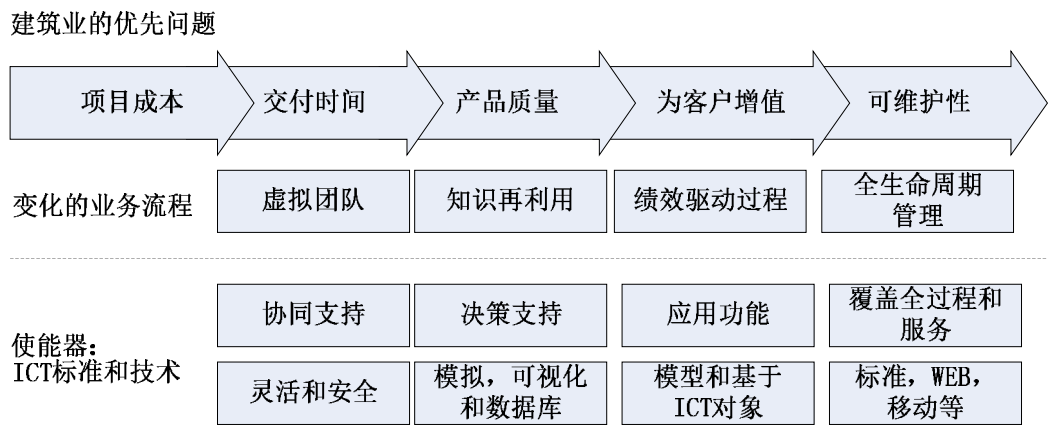


图2.2 ICT在建设工程中的应用

基于施工信息集成技术、BIM技术、基于网络的协同技术的原理为BLM理念的实践应用积累技术上的可能。

生产企业期望应用生命周期的理念来解决建筑业的生产效率不高和铺张浪费的问题的需要越来越强烈。另外，竞争更为激烈的外部市场也迫使业主、设计方和承包商等借鉴先进制造业的成功经验，提高企业的产出比和市场竞争能力。

2.1.3 建筑业所面临的问题

1) 基本建设领域中的低效率和浪费现象

建筑业的低效率、浪费严重以及高能耗现象一直是被社会不看好的对象。通过调查，在以往的40年里，以美国建筑业为例，其生产效率指数降低了大概20%，如图2.3(Paul, T.2004)所示，相对于建筑业的其他非农业的生产效率指数提高在100%以上。



图 2.3 建筑业与非农业产业生产效率的对比

在世界范围内普遍存在建筑业效率不高的情况，建筑业的低效率必然导致大量项目目标控制的超预算、建设成本的高浪费、以及项目争议的增加。造成建筑业生产效率低下的原因主要包括：行业结构不统一；建筑业生产人员的技术能力缺乏持续提高；传递过程中信息的扭曲、缺损和流失；创新投入的不足；信息技术做得不到位、对客户的关系量不够；过程的不连续；产品与构件的生产和装配方式达不到先进水平；对全寿命周期的概念不清楚；缺乏沟通与合作精神，同时还缺乏对人的尊重和敬仰等(丁士昭 1997/2005, Esan, J. 1995, Crane, A. 2004, Cooper, R. et al 2004)。

2000年，美国《经济学家》杂志上曾指出建筑业因为效率低下、工程不能按期完工等原因，每年给美国建筑业投资的总额中6000亿美元有近1/3的投入损失(Economist 2000)。英国的Latham. M.报告也显示，由于建筑业的低效率造成的大约30%~40%建设成本的浪费(1994)。

我国国内的建筑业生产效率极低也非常低下，此外，调查报告表明，建筑业投入增加比率最大的6个方面分别是：工期加速(Acceleration)(24%)、现场条件的不一致(26%)、分包商的不履行(Non-performance)(30%)、业主/承包商冲突(35%)、过分的变更指示(36%)和工程设计错误(43%) (Deloitte/Touche, 2003)等。

2) 建筑业信息化水平较低

较建筑业特点十分相近的制造业生产制作速度很高，主要原因是制造业在先进制造技术的应用和信息化的投入高，生产人员的生产效率高，生产过程的控制精确，减少了人为错误。相比之下，建筑业虽然和制造业的总产值非常接

近，在信息技术的投资上非常少，相对于制造业的投入只有行业平均值的1/7 (Bass, C.2004)。

3) 不同阶段的建筑工程项目生命周期信息丢失严重

建筑工程生命周期的数据信息根据其作用分为两类：**As-built**信息和工作信息，前者是描述如何获得建筑物的资料信息，包括施工方案的改变等。后者则为从项目前期规划、设计到后期施工等各个阶段的工程信息。基于纸介质的信息传递以及各阶段信息的单独管理是信息在不同阶段间造成流失的主要原因。

- Ⅰ 关于建设工程生命周期中有关信息流失的情况，仅仅从信息总量方面来看可知，生命周期的使用阶段却极少的信息被用于工程设计阶段和施工阶段。
- Ⅰ 在工程设计、规划阶段，设计者由于没有工程建造信息的积累而不能获得原来的**As-built**资源，可采取的资源信息十分的稀少。
- Ⅰ 在施工过程中，由于二维平面设计的信息表达不足，再加上这些信息传递过程的不顺畅等，项目的承担单位在投标阶段不能很全面的收集好资源信息，因此在整个施工过程中不能获取全面的信息，在进行项目验收时也就不能交付业主一个完全的**As-built**信息，大量有用的信息被流失。
- Ⅰ 等到了可以运营阶段，慢慢地会获得以往得不到的经验资源，而反馈的资源信息将以纸张形式存入最后的资料夹之中，无法和前期的设计、施工等信息进行统一的集成，信息的反馈、再利用性极差。

因此，传统的项目管理方式造成在建筑工程生命周期的信息不断地丢失和减少，最终所拼凑建立的信息模型已经是一个残缺不全的数据，各个阶段又在同一个项目进行中不断重复地创建各自不完全、孤立的信息。

4) 追求新的理念

随着社会的不断进步，建筑业在追求新时代的理念，新的项目更具有丰富化和科技化的特点；市场竞争越来越激烈；每个项目的一次性设计和建造过程导致低效率越来越大。

制造业的先进管理理念和技术逐步在建筑业得到了进一步的研究和应用，人们开始由浅入深的认识到建筑业和制造业的相同和不同的部分，建筑业要从根本上解决这些自身的问题就必须解决建筑业所面临的来自外界的各种挑战，必须从思想和理念上对传统建筑业的生产方式进行革命性的创新才能，才能为

以后的研究和实践方向提供有利的参考价值。

第二节 建筑工程周期管理（BLM）的思想及内涵

建筑业由于建筑产品的单件性和复杂性，不能进行通畅的信息资源管理。BIM技术作为建筑业产品设计数据管理(PDM)的助手促进了建筑业的信息化管理的发展，BIM是大部分行业产品的主要依托。采用BIM技术，行业的所有资源信息都可以放在一个同一个模型之中，贯穿整个项目的设计方、施工方、监理方、甲方等所有有关人员使用这一个模型，所有信息的修改和管理能实时反映在这个模型中，为信息的传递节约了成本，同时降低了信息传递过程中的缺失和扭曲现象(GreenwayConsulting, 2003)。

BLM理念的形成和BIM技术一直是紧密相连的。建筑业的发展评论网站(<http://www.laiserin.com>) 2003年举行了针对BIM技术的讨论会，作为Autodesk、Bentley、Graphisoft的三个国际著名建筑业软件生产商都参加了讨论，Phil Bernstein代表Autodesk公司做了报告指出，BIM信息模型可以使建筑业的生产效率得到提高，提出了BIM技术之外另外一个与BIM有相同地位的技术为BLM，BLM主要是将工程全生命周期内的BIM的有利资源加以深入挖掘，它不仅仅将BIM技术应用于设计中，还将BIM技术的先进数字化功能发挥至极致，以这种先进功能为主要依据，发展不同于以往的新途径，大大提高了工作效率。BLM理念和内涵从此时开始得到建筑业广泛认可^[20-22]。

BLM意为Building Liefcycle Information Management，其准确翻译为“建设工程全寿命周期管理”。因此，BLM理念是BIM技术、PLM思想的发展和建筑工程信息化的趋势共同配合工作的，如图2.4所示。

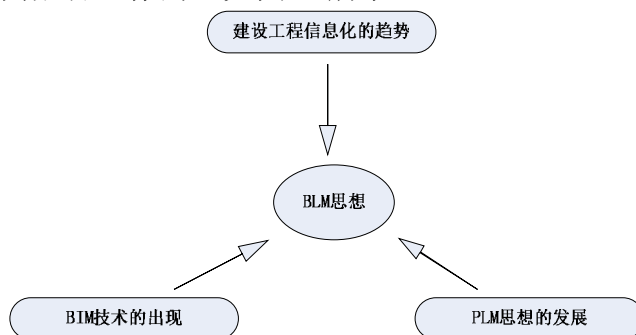


图 2.4 BLM 思想的形成

2.2.1 BLM 的思想和理念

BLM即Building Lifecycle Management的简写，即建筑工程周期管理，Autodesk公司对BLM的定义为：从概念设计到最终的结构拆除至再利用的全过程，贯穿于建筑前期规划、设计、施工和后期的运营维护及回收再利用全过程，将该过程用先进技术的方法来掌控所获取的资源信息。

根据定义BLM思想主要包含以下几个方面^[23]：

- Ⅰ 保证信息从一开始到最后的转换各环节没有信息的丢失；
 - Ⅰ 保证项目在各个阶段所获取资源的有用性和多样性；
 - Ⅰ 更有利于信息共享，保证在项目的全生命周期建设过程中各参与方可获得独特的信息；
1. 更加能够掌控全生命周期建设工程所需信息。

BLM的中心思想是要设定统一的数据标准格式，以保证能更好的掌控全生命周期建设工程所需信息的准确性，因此要达到此要求必须具备以下条件：

- Ⅰ 要保证创建和保存信息以数字化的形式呈现。
 - Ⅰ 项目的各参与方根据其权限，具备自己的数据入口。
 - Ⅰ 协同各方的数字化信息。
 - Ⅰ 建立实时更新的机制以保证数字化信息及时得到更新。
2. 保证在设计和施工过程中所创建信息资源的精确性。

BLM思想和理念认为创建建设工程设计信息的根本就是要保持信息在传递过程中保持有用性和准确性。在项目的规划、设计阶段建立的有关建筑物的设计信息以图形形式呈现和存在。传统的用于表达建筑物和各构件之间位置关系等属性的载体通常为二维图形，但二维图形的局限性决定了其对复杂建筑关系进行表达时存在较大的困难，因此要通过很多抽象的符号定义进行描述和表达，这就容易在进行信息传递时产生较大的异议，并产生理解上的偏差。造成信息的传递不准确。

同时，抽象表达的图形往往不能直接用于模型之中。另一方面，虽然图形是用计算机软件通过建模来完成的，但是缺乏有关图形的资料信息，表现不出图形之间的相关性。在数字化的形式下更好的创建建设工程设计信息，达到一次就能完成输入的信息，并且保证其无误性。BLM利用BIM技术创建建设工程设计信息，保证信息的数字化形式，从而保证信息的准确性。

3. 在建设工程项目各参与方之间更好的共享信息

BLM理念以BIM技术为前提条件，利用PIP技术把项目各个阶段所用到的有关信息进行统一配合，以便为了更好地进行信息跟踪。PIP在BIM技术强大的设计信息的基础上进一步开发了用于管理这些资源信息的工作平台。

如图2.5所示，在建设工程的全寿命周期内，BLM将整个工程中每个参与方进行总的协调，将各自所参与完成的工作加以优化。通过使用PIP管理和共享信息改善参与方之间的沟通方式，减少项目生命周期中信息的流失。并且BLM思想和理念不是单单的关注独立的任务，而是把整个综合型项目过程集成在一起。

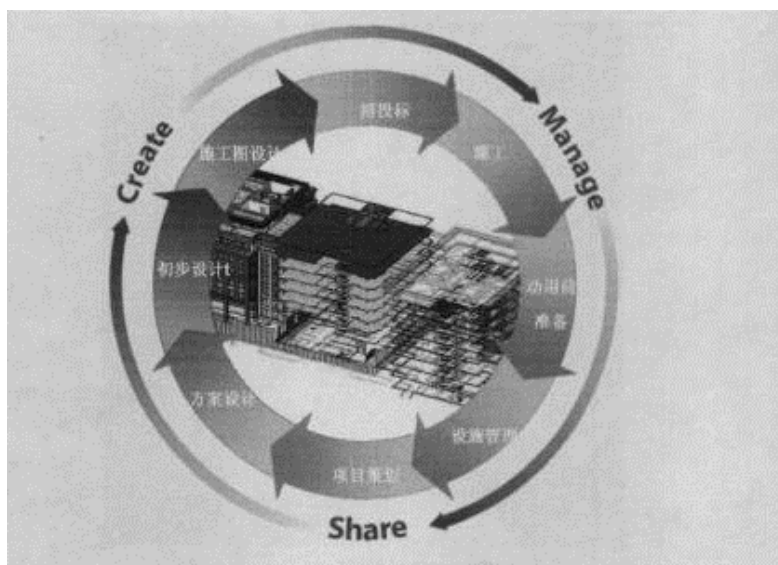


图 2.5 BLM 的思想和理念（Autodesk，2004）

2.2.2 BLM 的内涵

BLM是一种利用BIM技术和PIP技术的有效进行建设工程信息的创建、管理和共享的理念。BLM的目的是完成强大的资源信息管理方式的运行，达到的最终结果是能够更好的利用全寿命周期的有关信息^[24-25]。

如图2.5所示表明理想的建设工程信息管理在全寿命周期内信息的积累过程。图2.6所示为信息获取与立项建设工程信息管理中在BLM信息管理模式下有效的积累增长对比情况；信息流失指的是传统建设工程的知识信息积累所产生的建设工程信息流失。BLM信息管理模式应用信息的合成、信息的前沿性以及信息产生和处理的自动化进行信息积累，在建设工程全寿命周期内使信息保持准确

性和一致性，BLM的管理理念将为建设工程管理所达到的目标就是一种理想的信息管理模式。

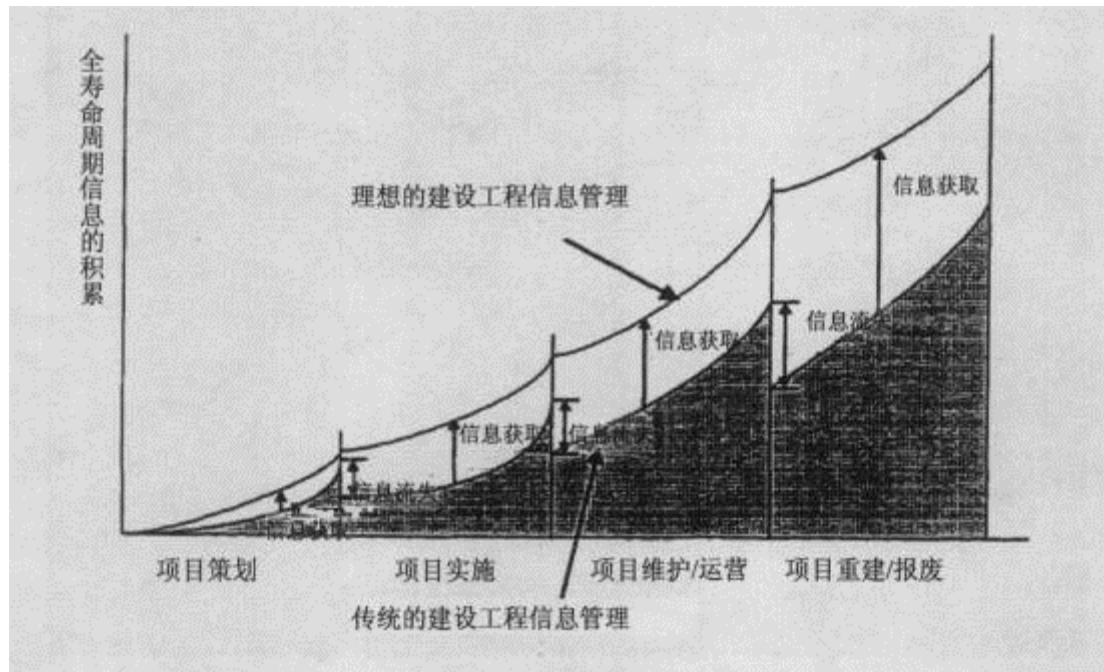


图 2.6 传统建设与理想工程信息管理的信总量积累对比

第三节 BLM 关键技术——BIM 研究

2.3.1 BIM 的内涵

2002年Autodesk公司提出了BIM的概念，后来美国的国家建筑科学协会(National Institute of Building Sciences, NIBS)下属的设施信息委员会(Facilities Information Council, FIC)给出了比较完整和准确的定义，图2.7为NIBS关于BIM概念的螺旋示意图。国内对BIM的定义是以建筑工程项目的各项相关联的资源信息作为前提条件，来创建三维模型，从三维模型中可以获得建筑物所具有的真实信息。它具有可视化，协调性，模拟性，优化性和可出图性五大特点^[26-28]。

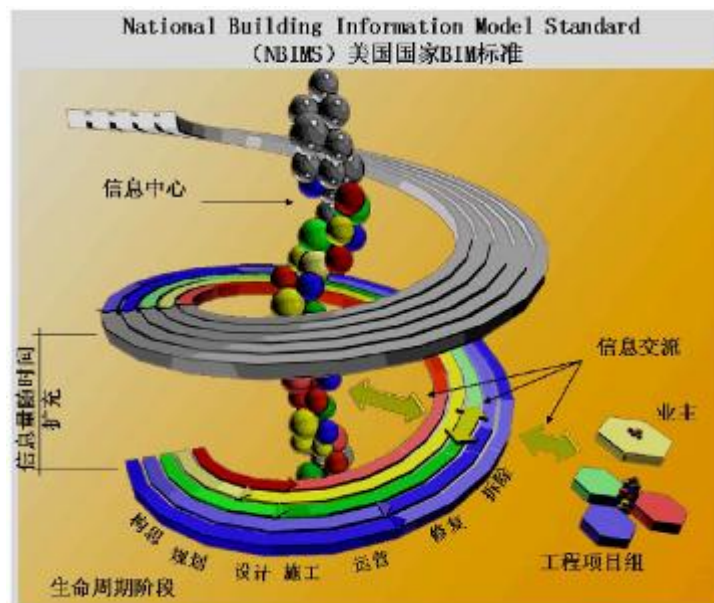


图 2.7 BIM 概念的螺旋示意图

BIM技术可以应用于工程设计建造管理中并实现数据化，从各种项目的相关信息中可以获得所需参数，在项目前提计划、施工运行和后期完善的全生命周期过程中进行数据共享，使相关人员对不同领域的建筑信息作出正确的评价，为设计方、施工方、参建方等相关人员保障了交流的顺利进行，并且可以提高建筑项目的生产效率、降低成本和减少工期等。这个定义准确的界定了这种信息技术在当前建设工程领域中的角色和地位，尤其是明确提出了标准化的要求。这也是一项技术在一个行业中得到广泛应用，并推动行业向前发展的一个基本前提条件。

2.3.2 BIM 的主要理念

建筑信息模型目前正在进行工程建设行业的一次新的变革，该模型利用高科技的建模技术，提高项目设计、施工和后期维护的速度，采用该信息模型，工程建筑企业可以获得不同于以往的新的信息资源。

针对建筑工程项目中的某一单独构件，BIM技术将其作为基本数据元素，将描述基本数据元素的几何特征、施工特点、物理属性、价格信息等所有相关的抽象信息有机地附着在一起，形成一个复合数据式的建筑模型，将这些复核数据进行整合，形成一个综合性的数据资料库。这些数据除了具有反映了建筑元素的几何特征、物理属性等特性的基本信息外，还包含了各建筑元素间空间关

系和逻辑关系的反应情况，形成了一个完整的、有层次的、描述深刻的虚拟空间的数字化建筑物信息系统。

BIM技术充分发挥了其有利的优势且与下列三个基本理念紧密联系：

- 1) 数据库替代绘图
- 2) 分布式模型
- 3) 工具+流程=BIM价值

1、数据库替代绘图

针对BIM技术来说，某个建筑项目的中央数据库可作为某种产品所有实体和功能特征的中央储存库。设计文件发挥着其应有的作用，利用BIM技术，从数据库中产生的这些文件，能够很好的阐述了最真实的对项目共享的理解。整个项目最核心的部分不仅仅只局限于文件之中，而是体现在不管从何种角度来说，数据库发挥的都是最真实的作用，是可信可靠的有利保障。所以说从数据库中获取文件有一定的针对性。

2、分布式模型

仅一个BIM工具并不能完成所有的工作。BIM技术的工具类型目前有创作与分析两种类型。大多用户目前采用的都是一种将创作性工具与分析性工具相配合的“分布式”方法。

3、工具+流程=BIM价值

美国总承包商协会的BIM论坛（www.bimforum.org）根据其特性，将这种二分法称为“孤独的BIM”和“社会性BIM”。值得说明的是，一种新的方法正在快速运作和普及称作“一体化项目交付”（Integrated Project Delivery，简称IPD），意思为利用三维模型，加强各阶层相互交流的过程。

2.3.3 BIM 的技术特点

根据IFC给出的定义，总结BIM的技术的特点，主要表现为：

- 1)多元化信息，包括几何信息、属性信息、功能信息、抽象信息等。
- 2)参数化驱动，各种数据与模型实时关联一致。
- 3)统一的数据标准形式，保证信息传递和集成。
- 4)协调性。

1、信息多元化

在BIM信息模型中，工程的各构件不仅仅是一个视觉的图形信息构件，同

时涵盖除几何信息以外的参数属性，如材料弹性模量、质量密度信息、构件的单价等信息，同时包括构件的工程量信息、力学性能信息等（见图2.8）。

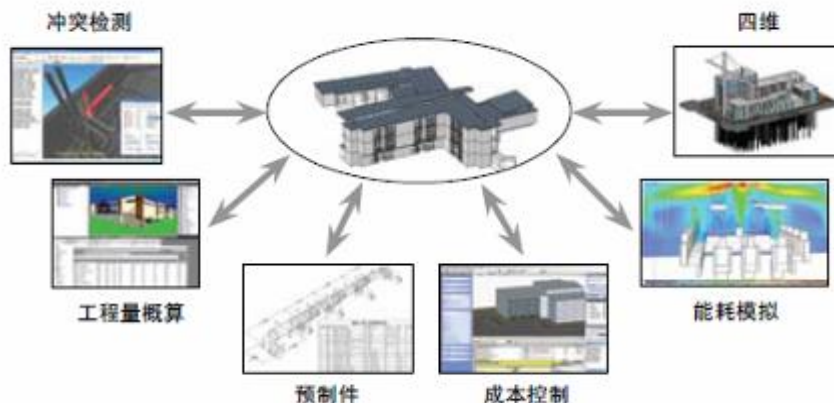


图 2.8 分析程序将数据从设计模型中分离出来，再进行快速的运作

2、参数驱动，各种数据实时关联一致

“参数化”的涵义包括两个部分内容：一个是参数化图元；另一个是参数化修改引擎。比如像以构件的形式出现的Revit Building中的图元，设定好的各项参数都包含了数字化建筑构件中所有关于图元的资料，各个构件之间的不同在于都可以通过调整参数来表现出来。参数化修改引擎与参数化图元的不同是，采用智能建筑三维图、属性和符号意义，每一个构件都可以通过一个变更命令使各部分机能相互配合。它所提供的参数都可以在其它相关联的区域表现出来，可以实现使用者对建筑设计或文档做出任何的修改和完善。该方式的参数化的优点是只要对任一视图下的参数进行更改和变动都能实时的、参数化的传播到其他所有视图，这样就保证了所有相关联图纸的一致性，不需要对所有更改视图相关联的视图进行修改。大大的提高了工作效率和降低出现错误的可能性，从而保证图纸设计的工作质量和统一性^[29-31]。

3、统一的数据标准形式，保证信息传递和集成。

所有BIM的数据都是开放的遵守(Industry Foundation Classes, IFC)标准的，任何以为IFC标准的BIM软件都可以无缝的读取其他软件输出的IFC格式文件，以保证各不同软件间的传递和集成。因此该标准的建立为建筑信息模型的传递提供了基础性保障，为进行模型的设计、协同、分析与制造生产和优化模拟提供了方便，如图2.9-2.10所示。

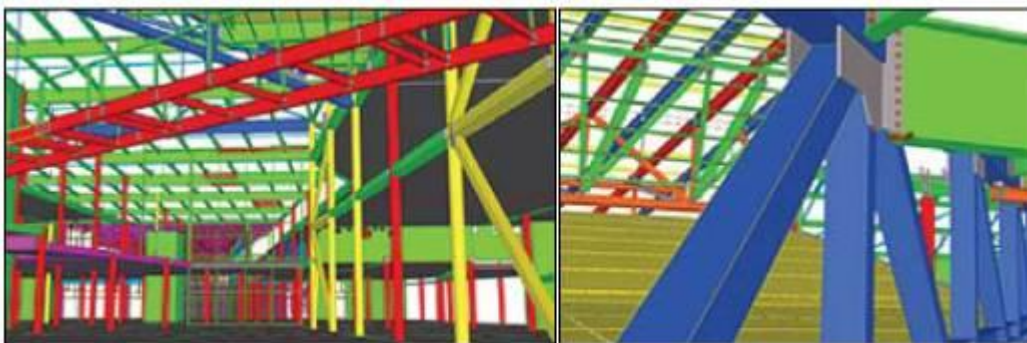


图 2.9 结构模型广泛应用于设计、协同、分析与制造生产

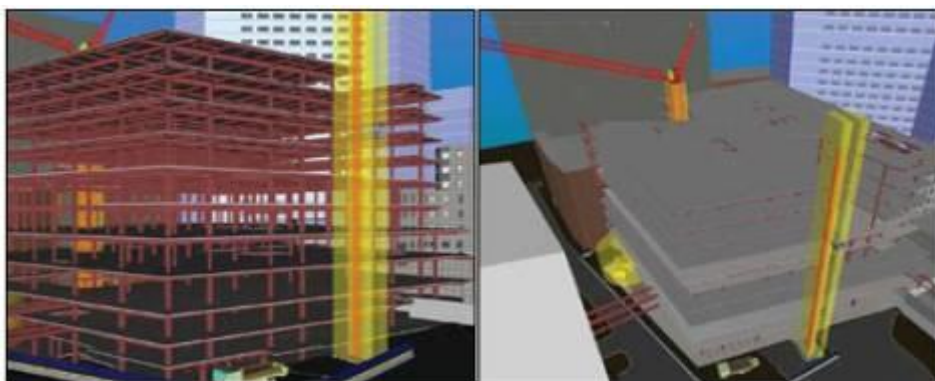


图 2.10 施工物流模型节省成本并优化现场工作

4、参与各方协同合作

协同是建筑业中的重点内容，可以用于业主、施工及设计单位，不同的部门之间都进行着相互配合的工作，如图2.11所示。如果在工程的实施过程中遇到问题进行不下去时，各个部门的代表人就要聚集起来交流和研讨问题，找出引起问题发生的前因后果，商量出解决的办法并对工程进行改善，做出相应的修补措施等等。

在进行设计的过程中，由于不同领域设计师之间的交流受到阻碍，会产生不同领域之间的碰撞问题，以暖通专业为例，在进行管道布置的时候，不同领域的设计师都是把施工图纸绘制在各自的施工图纸上的，而没有进行彼此间的交流和沟通，等进行到施工阶段，就有可能出现工作人员在布置管线时很巧合的碰到在此处有结构设计的梁等构件，从而影响了管线的布置，这种情况就称之为碰撞的问题，要想处理和解决这种碰撞问题，就得采用BIM信息模型的协调性服务来进行解决，也就是说在建筑物建造前期，BIM建筑信息模型可对不同领域的有关碰撞问题进行相互间的交流，从而达成一致，给出彼此都认可的数据

来。然而BIM的协调工作不仅仅表现在解决各专业间的碰撞情况，它同样能够处理如下情况：布置电梯井的时候不能与其他设计布置及净空要求起碰撞，禁止火种作业的区域不能与其他设计布置起碰撞，有需要地下进行排水的工程不能与其他设计布置起碰撞等。

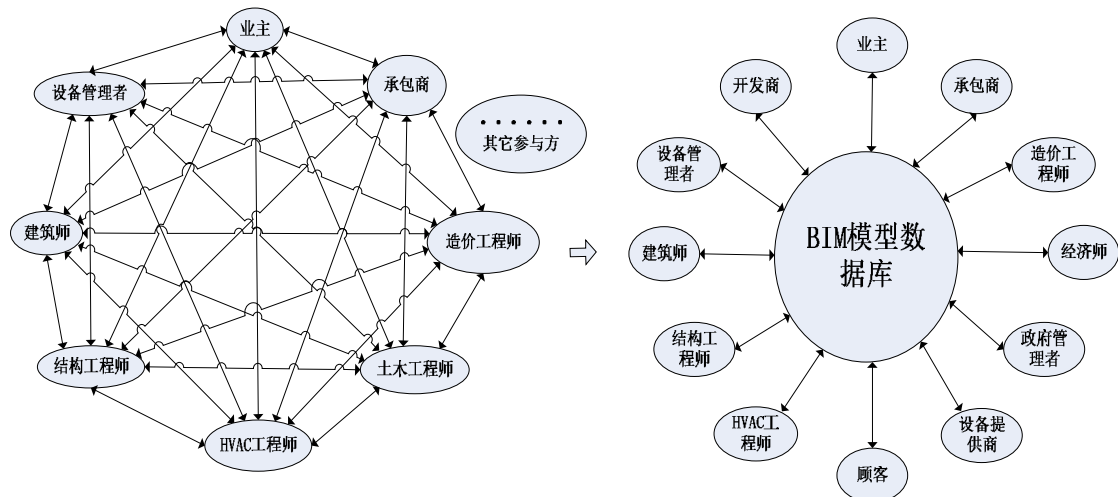


图2.11 各专业从杂乱协作模式转变到有序协作模式

2.3.4 BIM 的标准化

BIM的标准化通常指的是两个层面内容：一是信息模型描述数据格式的统一化，其中包括数据的描述结构、数据的录入格式等标准问题；二是建筑信息模型库的标准化，统一常用构件、材料等方面的问题。

目前，建筑工程领域普遍接受的和应用的数据标准是International Alliance for Interoperability（国际交互操作性联盟，简称IAI）统一的工业基础分类标准Industry Foundation Classes（简称IFC）。IAI与国际标准组织ISO已经认可IFC的标准。

IFC标准可以应用到所有基于BIM的商业软件之间进行数据交换，该标准是一个开放性的数据交换格式。IFC标准为各软件提供了一种标准的数据格式，供支持IFC格式软件之间进行数据文件的传递。国际上软件平台采用支持IFC标准必须要经过一个过程，在该过程中对公众进行开放认证，这种对公众进行认证的模式很好的完善了IFC标准。

如图2.12所示，表明了IFC数据模型不同层次的内容和涵义以及IFC数据模型的总体层次结构^[27]。

1、资源层(Resource Layer)。资源层主要用来反映建筑构件的一般属性信息（详见图2.12（d）），包括各种不同类型的实体(entities)，如几何模型资源、材料属性资源、人员组织资源、日期时间资源、外部引用资源、几何约束资源、工程量、施工持续时间、工具资源、成本资源等等。该层是用来构建上一层实体的基本属性信息。

2、核心层(Core Layer)。核心层主要定义一些抽象的概念，是作为上一层实体的性质描述（详见图2.12(c)）。如控制扩展名纲要(Contorl Extension Schema)和过程扩展名纲要(Porecss Extensoin Sehema)定义控制项目的概念、建设过程，如工序、工作任务、进度等。

3、协作层(Interoperability Layer)。协作层主要包括共享建筑元素、共享管理元素、共享设备元素、共享空间元素、共享建筑维修元素等（详见图2.12（b））。如共享的建筑要素包括楼板、楼梯段、门、墙等建筑构件；共享的空间元素包括卫生间、楼梯间等；共享的管理要素主要指关键施工技术、施工组织设计等过程。

4、领域层(Domain Layer)。领域层作为IFC模型的最高管理层，覆盖了如建筑领域、结构构件领域、电器领域、结构分析领域、管道消防领域等各个领域特性（详见图2.12（a））。



(a)



(b)

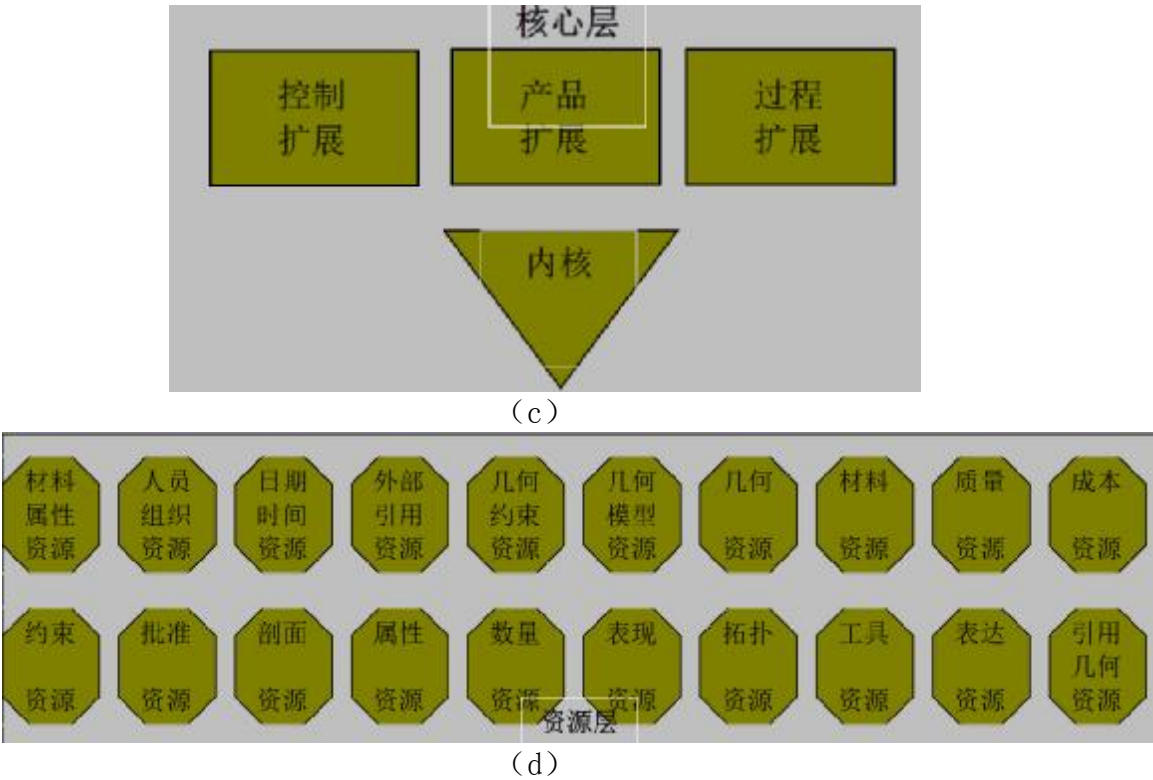


图2.12 IFC数据模型的总体结构

第四节 BLM 的信息模型门户 PIP

2.4.1 PIP 的内涵

PIP（Personal Information Portal）是一种个人信息管理的软件，可以管理个人的各种信息，包括文档，文件，数据表格，网页。即可以存储，也可以查询。

项目信息门户是信息模型管理的工具，它是提供给项目各参与方为项目的共同工作、信息交流、共同使用的管理工具，是在对项目管理的各参与方提供的信息模型进行集中管理的基础上在网络平台上提供一个获取需求信息的单一入口。

“项目全生命过程”指的是项目规划论证阶段、设计准备过程、设计论证过程、建设过程、后期维护阶段和建成运行阶段。

“信息和知识”涵盖了组织、经济、管理、技术等信息。其中技术类信息，如工程结构、建筑设计，工程的土建施工和原材料供应等所有的信息数据，其中还有工程图纸、变更文件和关键技术的施工组式设计等。

2.4.2 PIP 的核心功能

PIP的关键技术是构件BLM信息管理模式的必须条件，其中包括的三个重点内容为：(丁士昭，2005)：

1. Porject Communication，项目参建方的交流信息；
2. Documnent Management，文档资料的管理；
3. Project Collaboration，项目各参与方的共同工作。

第三章 BLM 理念在坝工设计中关键技术的实现

本章结合工程项目，以坝工三维CAD可视化设计与制图软件系统为研究对象，进行BLM技术在三维数字化坝工设计中的应用。

第一节 应用 BLM 理念的总体实施框架

应用Autodesk公司的基于BIM技术的软件Civil3D在设计阶段可以构建结构专业的建筑信息模型。对Civil3D进行二次开发，自动生成准确的工程施工图纸、材料统计表、设计报告等，并可以在Civil3D中嵌入需要的各种标准设计程序，优化设计程序和各构件的设计程序等，完成不同阶段、不同专业的相应设计需要，这样就可以极大地发挥BIM技术的优势特点，实现工程的三维信息模型设计。总体实施框架如图3.1所示。

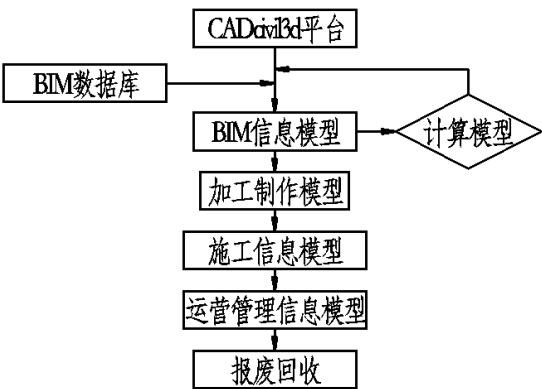


图3.1 坝工设计软件的总体实施框架

第二节 BLM 理念应用的平台

3.2.1 基于 BIM 技术的 Civil3D

在目前市场上推出的五花八门的 CAD 软件中，最流行且拥有最多用户的软件当属 Autodesk 公司的 AutoCAD 系列产品。其中，以 Autodesk Civil 3D 为代表

的新一代的土木工程三维设计平台最令人瞩目。Autodesk Civil 3D 可以创建精确的三维可视化模型,涵盖了 AutoCAD 最新版本的所有特性,可以兼容 DWF、DXF、DWG 的一些格式文件,还可以在 3dmax、Maya、Revit 等软件产品间进行信息的无障碍数据传递。

针对这种模型的设计理念,采用实时更新、动态关联的新一代技术,为土木工程为对象的设计人员提供了通用的方法,使其能够在二维与三维模型相结合的状态下进行设计,该方式的设计方法既保证了设计准确性,也能极大的提高设计效率。

本论文采用的软件是AutoCAD Civil3D2007。其界面如图3.2所示。

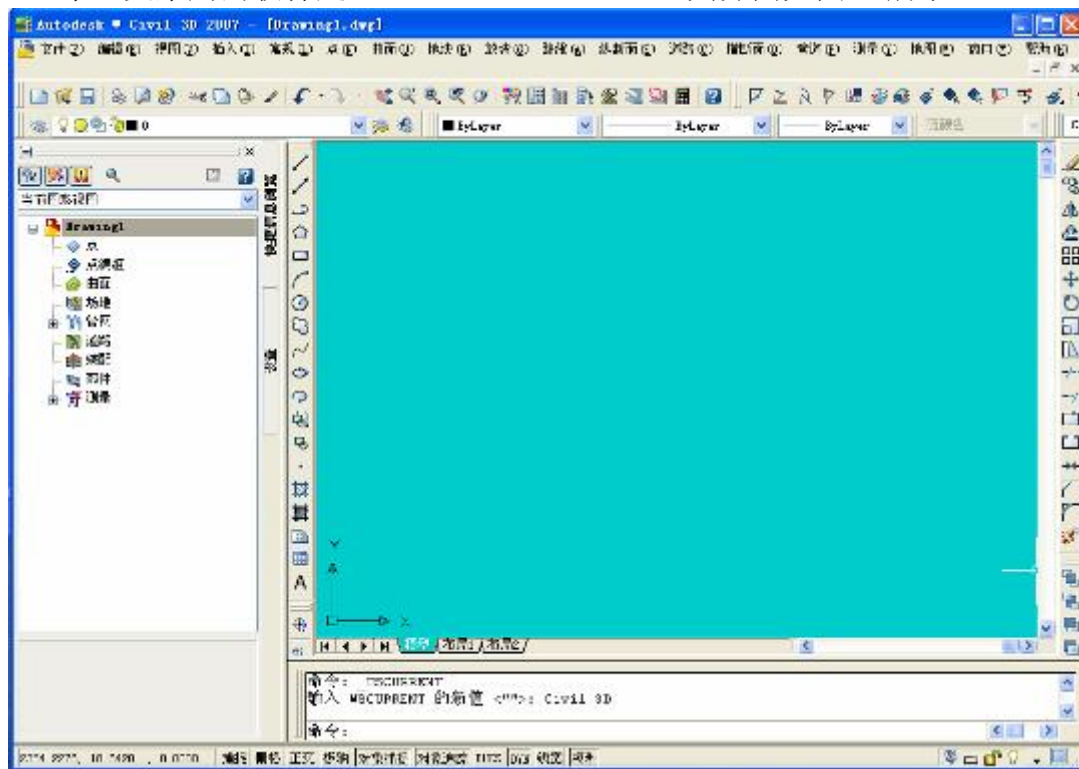


图3.2 AutoCAD Civil3D 用户界面

3.2.3 基于 Civil3D 的二次开发

Autodesk Civil3D 具有进行专业二次开发的平台接口,基于该软件基础上可以实现 AutoCAD 二次开发,也能在 Autodesk Civil3D 特有的三维工程对象模型进行扩展应用开发, Autodesk Civil3D 提供了 VBA 或 COM API 等丰富的数据接口,可在其基础上进行水电行业软件的开发研究。

（1）Civil3D API接口介绍

Civil3D的API是对象嵌入OLE连接或组件对象COM接口的编程技术，Civil3D提供了大量的COM组件和OLE对象，用户可以利用这些对象、组件所拥有的特性，选择不同的软件，且能够支持OLE和COM等的编程，如VBA，Visual Basic，Visual Basic.NET，C++等软件对Civil3D进行二次开发，在二次开发的应用软件中得到几近全部的Civil3D软件的特征，建立用户自己所需要和感兴趣的Civil3D功能性。

（2）Civil3D API对象简述

Activex 是微软公司的一个技术标准，它以程序对话实现程序之间的操作。通常存在两个应用程序，一个负责程序的控制，一个负责程序的被控，其名分别服务程序和客户程序。本文采用的 VB.NET 作为客户程序受控于 Civil3D 的服务程序。

进行 Civil3D 应用程序开发的步骤，（1）进行 Civil3D 应用程序的连接，（2）对对象进行 Civil3D 的定义，（3）进行 Civil3D 的功能性编程。Civil3D 是一种对象树的层次结构，相应的对象接口可以通过树形展开查看，一般包括有 App 对象，Doc 对象，Model 对象和 Paper 对象，其对象关系如图 3.3 所示。

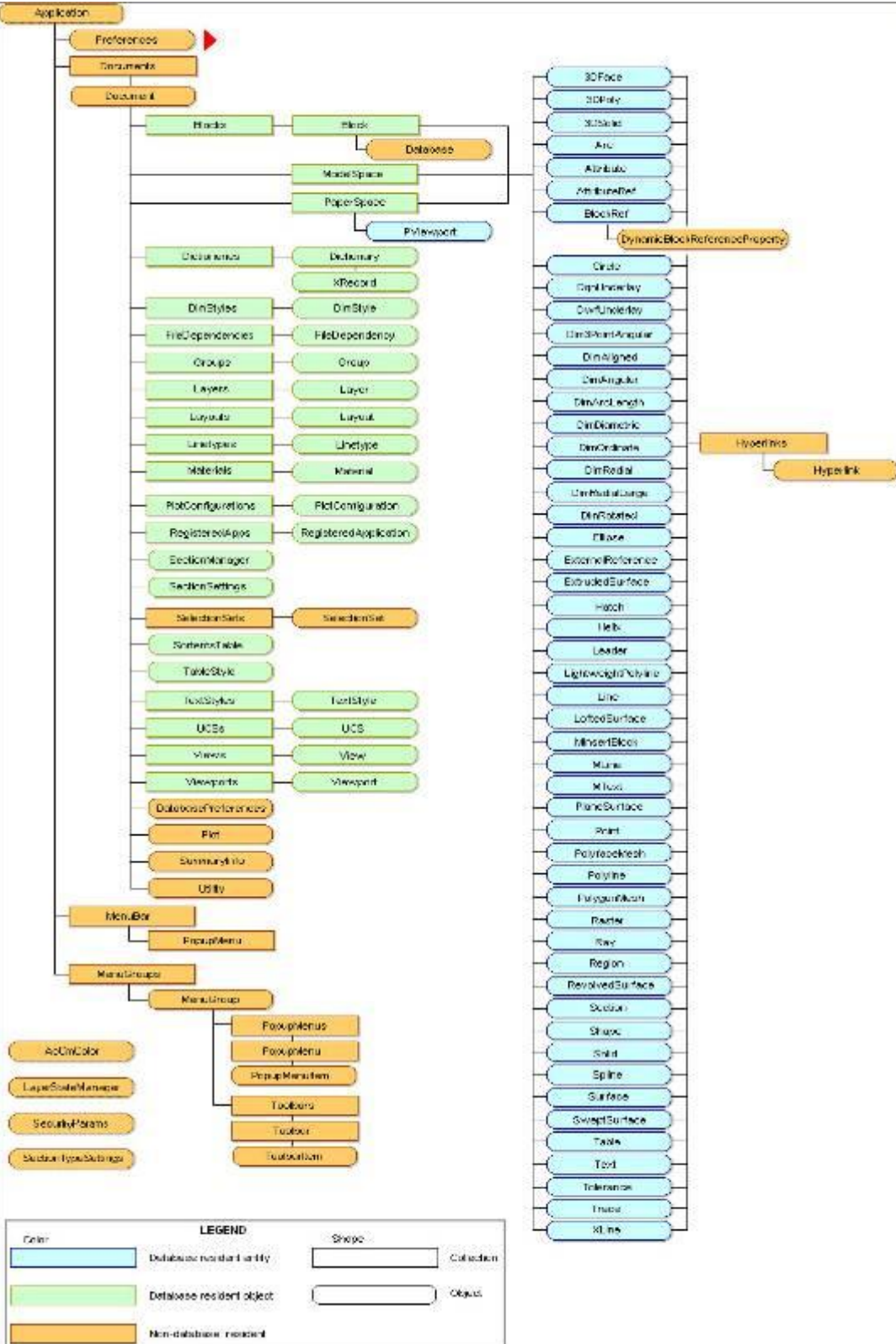


图3.3 Civil3D API对象层次关系图

第三节 BIM 数据库的建立

当前社会的发展正处于向信息社会前进的时期，正在逐步完成信息化的大发展，这是在全世界都是被认可的。信息技术是促进社会进行大发展的新的生产力，而且它的水平高低也是衡量一个国家和社会的现代化水平和综合国力的重要标志。

基于目前国内比较知名的结构设计系统：浙大空间网格结构分析设计软件 MSTCAD；同济大学钢结构 CAD 软件 3D3S；上海交大空间设计软件 SSCAD；中国建筑科学研究院空间网格结构分析设计软件 MSGS；广厦钢结构 CAD 系统；天津空间网架工程公司 TJWJ909；海军设计研究院 GBSCAD，STSCAD 等。这些软件系统在钢结构领域设计中发挥了一定的作用，但是作为坝工设计方面的专用图形数据库仍然比较欠缺^[29]。

在实际水利工程三维建模设计中，由于缺乏一个较为实用完整的数据库，使得工程管理、施工、设计人员在应用过程中不协调一致，极大地影响了工作效率。在传播迅速的信息时代背景下，现行的规范以及行业要求已不能够充分得到满足，由此带来的理解沟通不畅、信息滞后等问题已严重制约了信息化发展的需要。因此建立一个通用的符合中国现行规范和行业标准的坝工结构数据库，构建广泛实用、内容完整的坝工结构图形数据库意义重大，也势在必行。

3.3.1 坝工图形数据库

坝工结构数据库是经过水利工程结构设计的数据收集和整理后，以计算机技术为基础，开发成为易于用户使用、界面友好、数据完备的水利工程坝工结构图形数据查询设计软件平台。

坝工图形数据库建立的一般流程为：

- [1] 图形数据的整理收集，建立 Access 或 TXT 的数据表单。
- [2] 结构图形截面形式的绘制，并保存成 JPG 或 BMP 格式。
- [3] 以建立的 Access 或 TXT 的数据结构表单和结构图形的截面形式位图，通过开发语言转换成 TreeView 节点的形成。

[4] 通过开发语言建立数据的查询和图形位图的关联。

[5] 对 Access 数据库进行安全性的设置，设置访问密码。

[6] 更新数据库，进行数据库的发布。

[7] 根据用户选择绘制出相应的二维图形或三维图形。

在工程建设领域，如果建立起一个资料完备、数据合理、性能良好、操作友好的图形数据库系统，对提高工程设计水平和设计效率具有实际的效果和意义。基于此对于数据的质量、平台的性能、运行的效率是保障平台合理性的重要内容。

数据的质量首先是平台建设的开始也是基础，数据的整理收集是一项繁杂的工作，一般要求按照如下原则进行：

（1）准确性。坝工数据库的数据是以水电工程坝工设计作为基础的数据，准确性必须保证收集到的数据可靠。准确性是数据库应用的基础和前提，只有数据准确，才能使建立的设计查询系统的准确。

（2）全面性。全面性是保证所整理的数据尽可能的满足设计的需求。广泛、全面的数据可以更好的提供设计内容。如果数据无法满足要求，可以采用自定义的方式完成数据的配置。

（3）时效性。时效性是随着需求的扩大以及社会的发展，在用户使用过程中可以重新更新、补充。

3.3.2 图形库截面图设计

本图形数据库为尽力的达到完美，我们将结构的截面特性列表与对应图形相结合，将结构图形的截面简图放置在 Treeview 列表的右上方位置，用户可以通过简图在设计初进行直观认识，对结构形式给予形象的表达。

结构截面简图的绘制利用画图板等图形处理工作制作，在满足界面的布局情况下，考虑美观和分辨率等因素，将结构截面简图设计成为 143x143 像素（见

图 3.4)，在简图设计上需要标注截面的控制关键尺寸，以特殊标识文字代表，同时保证简图下方的属性列表（Listview）与简图的尺寸标注一致。



图 3.4图形库插图属性设置

按照此规格设计的样图举例如图 3.5 所示。

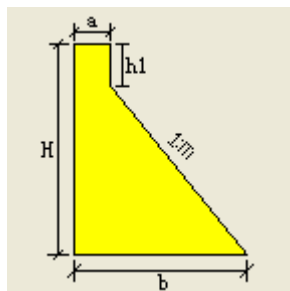


图3.5 重力坝截面图

VB.NET 中的 Image 控件是用来显示图片的功能，采用此功能进行图片的控制。实现步骤：将设计完成的截面简图存入 ImageList 中，通过 Image 事件控制的方式，当单击 Treeview 中的某个节点时，对象的节点图片会利用 ImageList 进行匹配，在 Image 中显示出来^[30-35]。调用图片的命令格式如下：

```
Set Image1.Picture = ED.ListImages(ntup$).Picture
```

在本图形库中设计了两个 ImageList 控件，一个是用来存储节点示意图，控件名称为 ImageList1，见图 3.6；一个用来存储截面插图，控件名称为 ED，见图 3.7。



图 3.6 存储节点标志的 ImageList (ImageList1)



图 3.7 存储图形库插图的 ImageList (ED)

3.3.3 坝工图形数据库 TreeView 数据节点的建立

1、 Treeview 控件的注册和外观设计

坝工图形数据库平台中在界面的左边部分，用于显示图形数据的节点分布功能，采用 Treeview 控件。Treeview 控件需要在使用前进行 Windows 外部控件的注册。在菜单“工程/部件”中打的“控件”选项，找出 Microsoft Windows Common Controls 6.0 选中。确定将 Treeview 控件添加到系统上。在 Form 窗体上点击选择 Treeview 控件，拖拽到 Form 窗体建立。Treeview 的结构外观有结构树、示意图、文本、展开和折叠符号组成，如图 3.8 所示：

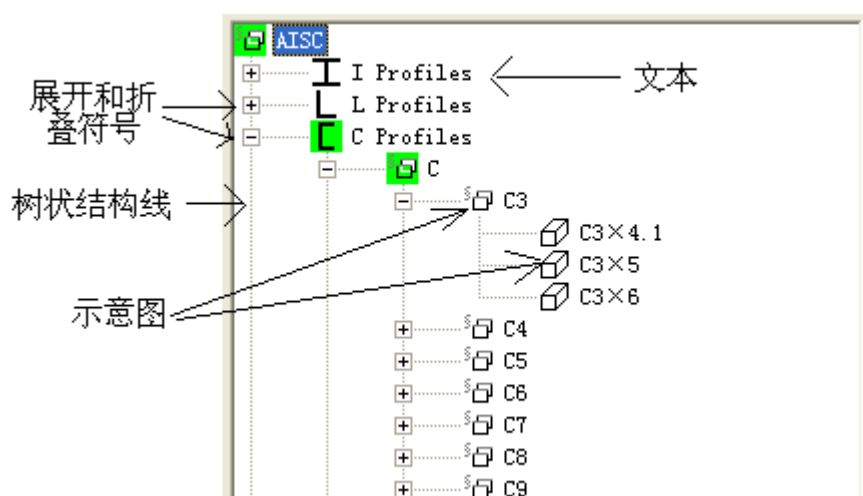


图3.8树状结构示意图

2、Treeview 控件的节点添加

在 Treeview 控件的节点动态添加中，采用 Treeview 控件提供的 Add 方法，Add 方法是添加节点到 Treeview 树状节点中。其书写语法如下：

```
TRV_Obj1.Nodes.Add(relative, relationship, key, text, image, selectedimage)
```

其中 TRV_Obj1 必填项，代表 Treeview 对象的名称；relative 可选项；relationship 可选项，定义节点的相对位置；key 可选项，节点的 Item 用字符串表示；text 必须项，代表节点中出现的文字；image 可选项，代表与 imagelist 关联的图片索引；selectedimage 可选项，在节点选中时显示的 Imagelist 图片索引。

3、坝工结构数据库的各级子节点

一级子节点：带参数截面，水工截面，紧固件等。

二级子节点（AISC）：AISC 英制，AISC 公制。

三级子节点：I Profiles, L Profiles, C Profiles, T Profiles, Circular hollow sections 等。

四级子节点：W, M, S, HP 等。

下面就通过 AISC 一级子节点作为例子说明用 ADD 方法构建树状浏览器的方法。

	上一级标志	子节点标志	子节点名称	图标标志
一级子节点	root	keyAISC	AISC	BOOK
二级子节点	keyAISC	AISC_US	AISC_英制	BOOK
三级子节点	AISC_US	keyI_GONG	I_Profiles	BOOK
四级子节点	keyI_GONG	keyW	W	BOOK

图3.9 AISC及以下各级文本格式

按照图 3.9 所示的规范格式在 Excel 文档中输入所有节点，然后导入文本文档，再由 Treeview1.Nodes.Add 函数依次读取文本内容，最后就生成了图 3.10 所示的树状结构。

3.3.4 操作界面功能区设计

为了设计一个美观大方而且清晰又便于操作的界面，我们在一个 Form 控件上进行总体规划和细致布置，操作界面包含以下几个主要功能模块，如图 3.10 所示。



图 3.10结构工程图形库主界面

节点显示区：应用 treeview 控件建立的树状结构图，包括国际标准钢结构、国家标准钢结构、带参数截面钢构件、紧固件、水工结构、桥梁工程六个部分。单击展开标志即可查看下一级目录，是图形库主界面的主要组成部分，可供用户查阅检索和筛选。

截面预览区：截面插图显示区域，以醒目的颜色和标注显示截面的大致形状以及截面轮廓的主要控制参数，是实现该软件图文并茂的重要组成部分。

截面特征区：显示选中截面名称及所属类别，供查询和筛选使用。在实现输出数据功能时，就是输出这些名称和类别作为检索文本的关键词。

属性显示区：位于它上部的截面插图标注了结构的控制参数，这一区域就是来显示参数的名称、数值和单位。在应用添加和修改功能时，该区域还可以用来录入新的数据。

功能区：具有输出数据和图形的功能，还包含供用户录入修改新数据的接口。它包括：

确认 在用户选中某一截面后单击此键，关于该截面的所有信息（包括截面名称、类型、参数的名称、个数、数值等等）都会输出到一个临时文档中供用户使用。

输出 单击此键可以按照实际尺寸在 AutoCAD 模型空间输出当前图形，在正式输出之前用户还可以选择获得二维图还是三维图。

应用 根据用户的需要对原数据库做了增加或修改的变动后，单击此键可以把新数据应用于图形库。

修改 可以对用户自定义数据作出修改。但为了保护本软件的严肃性和安全性，不允许对数据库原有数据进行修改操作。所以如果当前数据是软件原有的那么此键此时不可用，处于灰度状态。如果当前数据是用户新添加的，那么此键处于可用状态。

增加 供用户增加新数据的接口，单击此键，属性显示区变成可用状态，可以由此输入新数据，并保存。与“修改”功能使用范围相同，不可以用于数据库自带数据。

删除 如果用户发现自定义数据有错误或者已经没有价值，点击此键可以删除这些无用数据。使用范围与“修改”功能相同。

退出 使用完毕，关闭软件。

3.3.5 坝工结构图形数据库的主要内容

坝工结构图形数据库的建模流程如下图 3.11 所示。

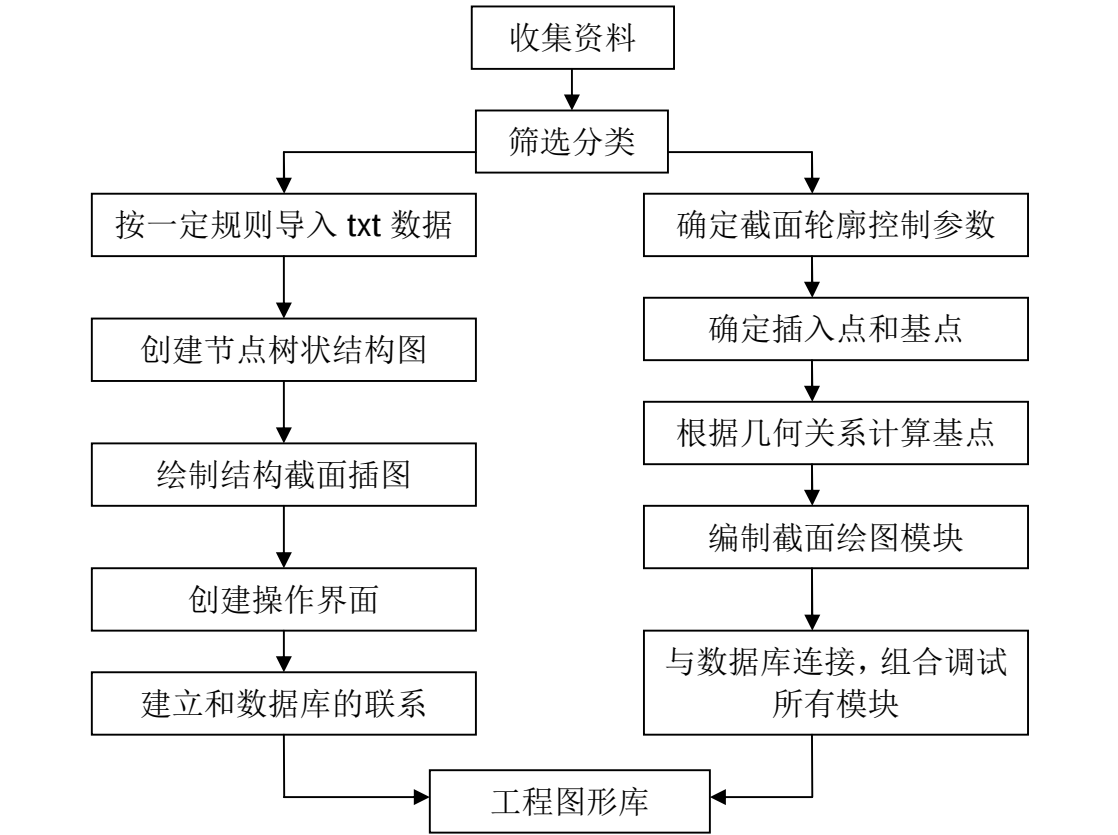


图 3.11 工程图形库的建模流程图

坝工结构图形数据库是在收集整理相关水利工程设计资料的基础上，采用数据库技术进行数据的处理存储与 Access 数据库或文本数据中，运用软件工程的设计方法，设计完成了界面友好、操作方便、数据完备的图形数据查询和设计绘图软件平台。该图形数据库的内容根据结构形式的专业和特征进行分类，包括了水工结构部件、紧固件部件以及带参数截面部件三大部分。各部分包含的截面种类和个数见表 3.1。

表3.1 图形数据库分类和数目

	带参数截面	紧固件	水工结构
截面种类	32	151	60
截面总数	75	1500	63

第四节 集成计算分析

坝工结构中的拱坝采用的结构计算方法为拱梁法计算，因此根据BLM设计理念，应将拱坝的结构计算功能集成到拱坝三维CAD可视化设计与制图系统中。拱坝的计算分析主要采用拱梁法和有限元分析方法，由于有限元分析方法的工作量及难度较大，考虑到实现困难，同时借鉴本院已有的计算成果，采用了拱梁法进行拱坝的分析计算，在图形的后处理方面，利用图形处理技术进行结果应力的二维、三维显示。并将计算结果及时反馈给设计人员，对所建立的信息模型是否合适进行校核。操作方便，结果显示表达清楚。

第五节 坝工三维实体信息模型的图形输出

利用建立的信息模型有效地应用于水利水电工程施工详图设计中去，为工程建设服务。针对基于所建立的三维实体信息模型的图形输出技术问题主要采用了三种处理技术。

1 Autodesk Civil3D中视图视口处理技术

一般来说，坝工的三维实体信息模型的图形输出功能，采用在Civil3D的布局空间进行视图视口处理、剖切处理、自动标注等过程。算法流程如图3.12.

视图是用户自定义的观察方向，也是模型的投影或剖切方向。视口是布局空间中进行不同视图布置的区域。可以使用模型布局空间切换功能，进行模型空间和布局空间的切换。

其中视图视口处理的基本过程是：

- (1) 确定视图的观察方向，可以通过3点、2点等方式确定。
- (2) 按照视图的观察方向进行三维实体信息模型的剖切或投影变换。
- (3) 通过上述变换完成了三维视图到二维视图的变换。
- (4) 以变换矩阵，进行二维模型空间坐标到布局空间坐标的变换。
- (5) 在布局空间进行相应的尺寸标注和图形信息填写。

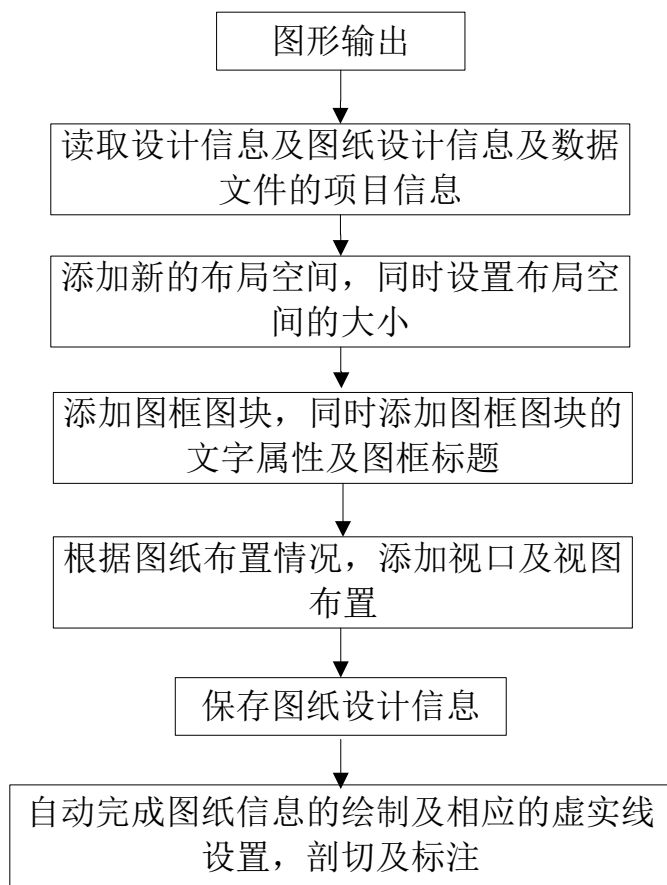


图3.12 图形输出设计流程

2 标注自动生成技术

生成自动标注的基本思路为：剖切变换、标注赋值、符合样式。标注的规则按照已有图纸内容进行标准的模板化处理，采用固定位置、固定标注、固定标识的思路，进行图面内容的布置处理。使得剖切或投影内容的标注，进行做到无干涉、分布合理。

3 属性自动标注技术

三维实体信息模型是一种具有几何信息和非几何信息的数字化图形。对于属性的自动标注技术主要是完成对于模型名称、模型分类、模型材料等参数的自动添加。采用了扩展数据的功能方法，将数据存储于模型内。

第六节 BLM 理念在三维坝工设计中应用实例

3.6.1 西北某水电站工程概况

该水电站位于青海省贵德县与贵南县交界的黄河干流上^[36]，是黄河上游段的第二个梯级电站，该电站紧接龙羊峡水电站，坝高 250m，坝型为双曲拱坝。是黄河流域中重要的发电枢纽，承担西北电力供应主力点。

3.6.2 常用结构材料图形数据库设计

常用结构材料图形数据库又称开放式通用剖面数据图形库，该数据库所需的数据信息主要参照水工结构、桥梁结构等行业的常用标准几面，包括了水工结构截面 60 多种、桥梁截面 6 种、带参数截面 70 多种，主要分类可见下列节点总目录图（图 3.13-图 3.14）。除去截面的几何属性外，还包括了结构力学属性，如构件的柱的长度计算系数、轴心受压稳定系数 ϕ 、钢材的规格及截面特性、组合界面的特性与尺寸等。数据库界面利用 ADO 和 ADOX 对象动态创建数据库和数据表，提高了数据库程序的灵活性。

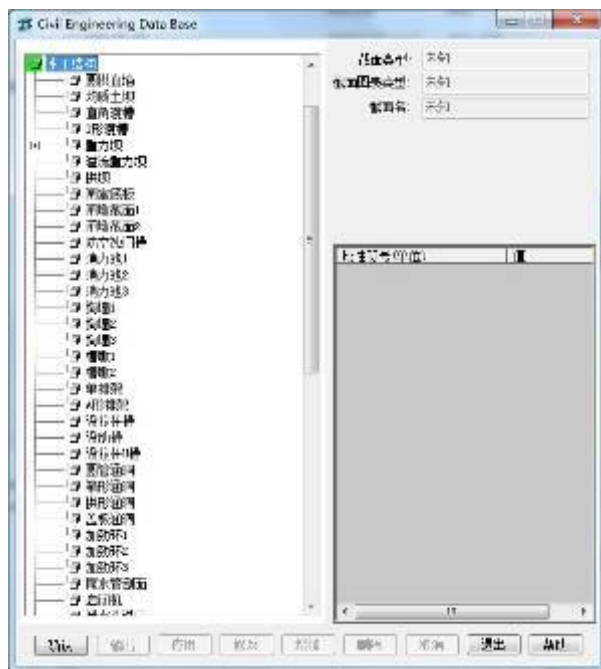
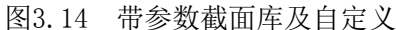


图3.13 水工结构截面库



3.6.2 坝工结构应用模型库的建模、计算、出图

Civil3D拱坝设计平台，如图3.15所示。

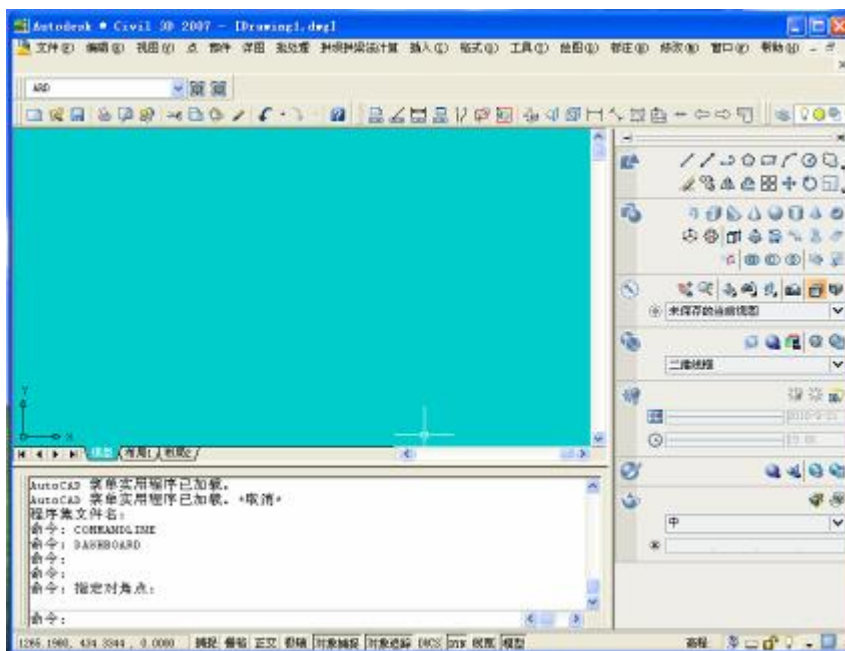


图3.15 系统启动初始界面

这里主要介绍坝体模型设计以及结构部件模型的设计。

1、坝体模型设计

本坝体对数螺线型拱坝，图3.16为输入基本体型参数的界面。



图3.16 坝体模型设计界面

利用此功能界面完成坝体基本体型参数的插值计算、铅直横缝设计、接缝灌浆分区设计、混凝土强度分区设计。设计结果如图3.17所示：

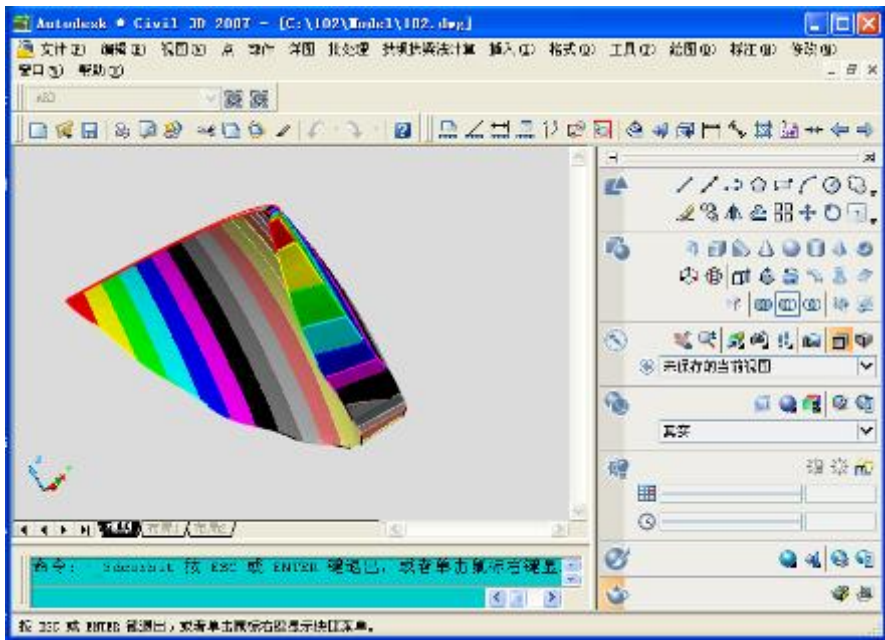


图3.17 三维实体坝体模型

2、结构部件模型设计（以廊道设计为实例）

拱坝结构部件模型设计采用相同的设计思路及方法，图3.18为水工结构设计的建模设计思路。

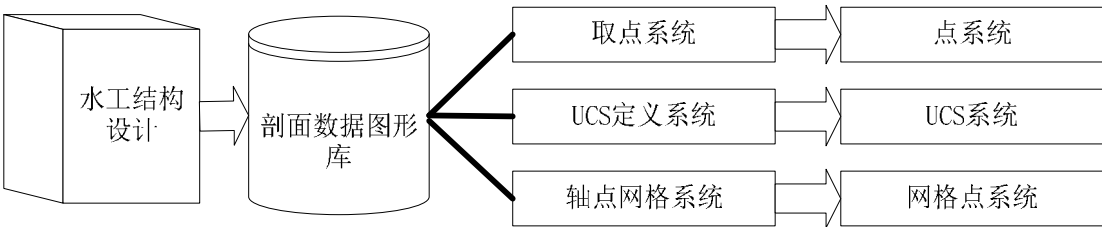


图3.18 拱坝结构部件模型设计思路

坝体结构部件模型分类如图 3.19 所示，所有模型采用相同的设计思路及方法，设计方法为形状参数+位置参数+实体属性统一的标准建模流程。根据坝工结构设计，对其部件进行建模，模型见图 3.20.

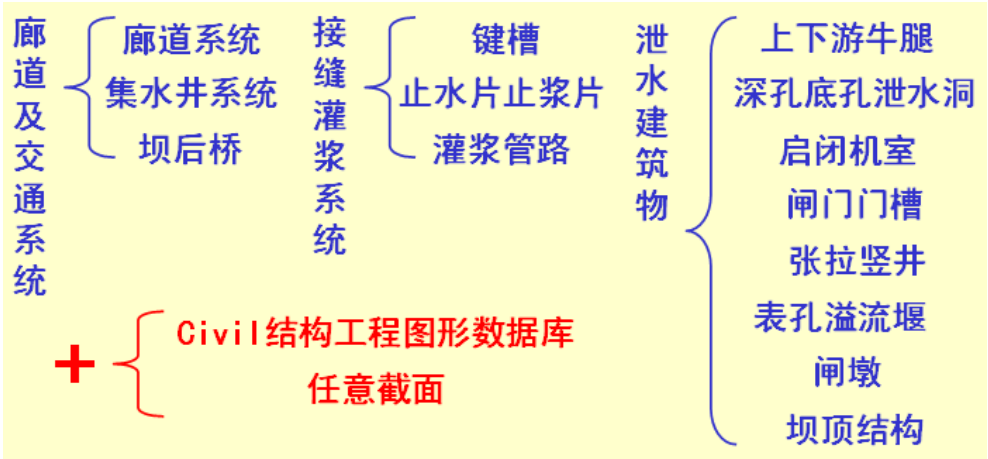


图3.19 拱坝结构部件模型分类

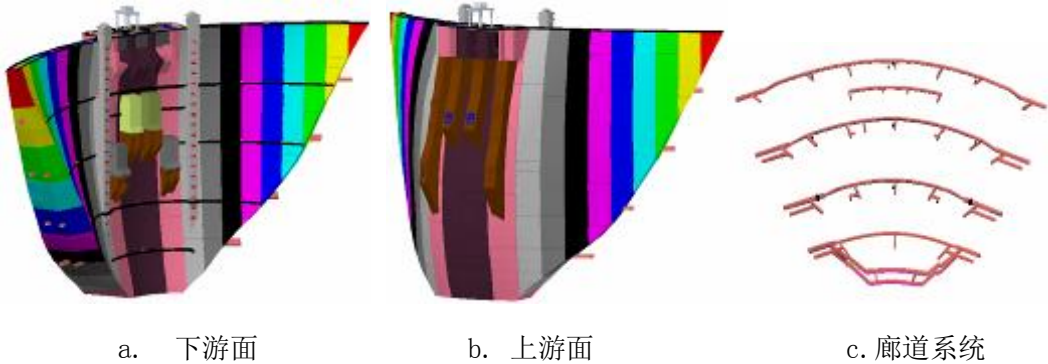


图3.20 拱坝部件实体模型

3 拱坝拱梁法计算

拱坝拱梁法计算功能是根据客户所提供的计算程序，进行计算结果的数据传递，利用软件的计算模块将计算结果进行回传给平台系统，平台系统将计算结果反馈到三维模型内。操作方便，结果显示表达清楚。其界面如图3.21所示。计算结果如图3.22所示。



图3.21 拱坝拱梁法计算界面

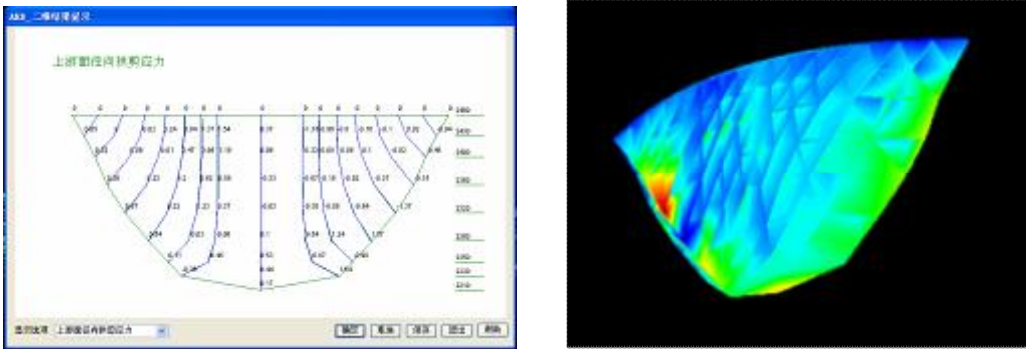


图3.22 拱坝拱梁法计算结果

4 图形输出功能设计

基于所建立的工程信息模型，将三维实体模型信息输出为二维的工程图。基于拱坝三维实体信息模型的图形输出技术原理如图3.23所示。界面如图3.24所示。

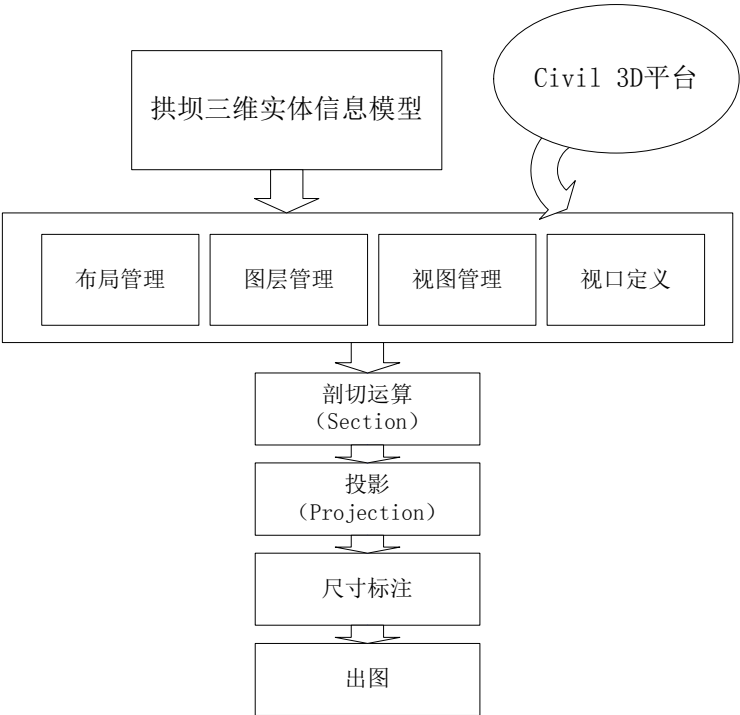


图3.23 基于拱坝三维实体信息模型的图形输出技术原理图



图3.24 图形输出功能界面

详图结果（包括坝体体型图、廊道配筋图、接缝灌浆图、泄水建筑物体型图）如图 3.25 所示。

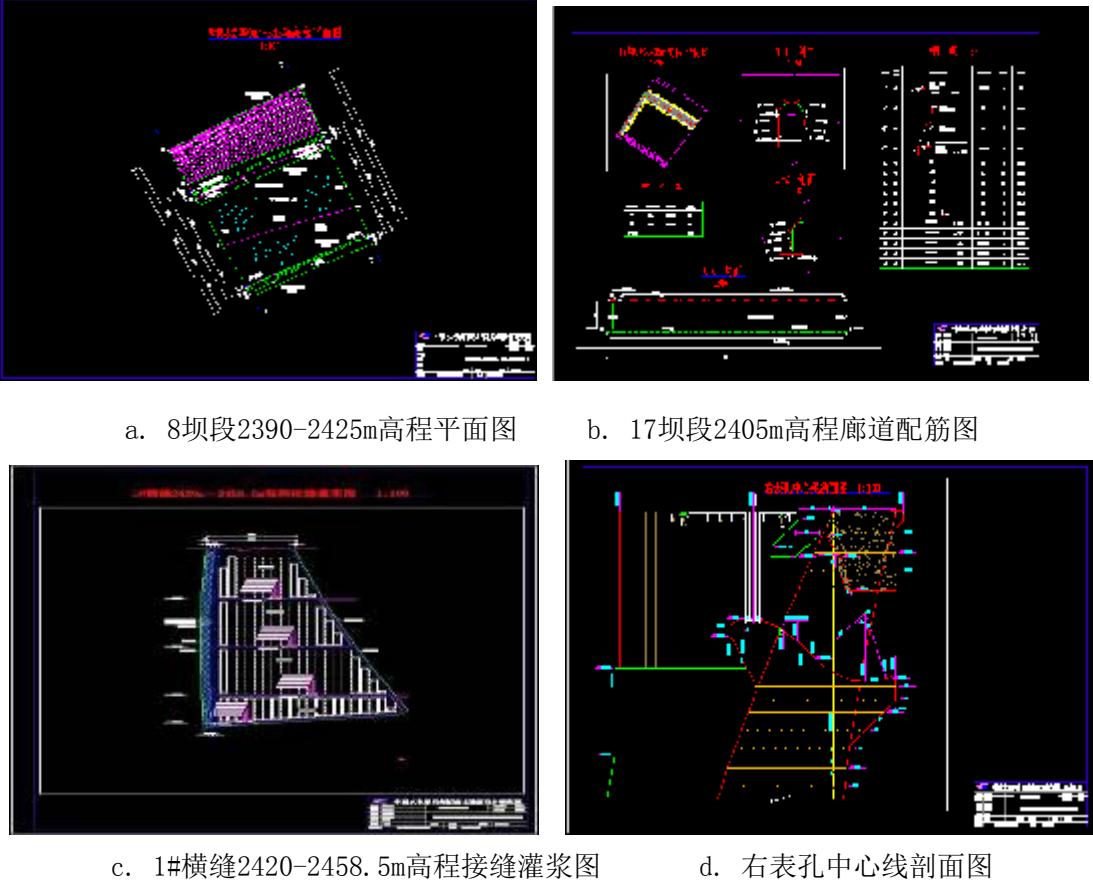


图3.25 图形输出功能结果

第四章 结论与展望

第一节 结论

BLM的技术核心是BIM技术，随着BIM技术的出现，真正实现了BLM的理念和BLM的实施应用。从本质上来说，BIM技术完善了建筑行业的信息化，改变了最初创建的设计理念和过程。建设工程从设计理念开始，实现的就是数字化的信息模型。PIP技术作为BLM的解决方案，实现了BLM信息化管理的发展模式。利用PIP技术作为一种信息平台，可以实现并完善建设工程信息化的管理过程并且加以共享，从而真正满足了BLM理念的要求。

本文在大量查阅国内外相关软件产品和文献资料的基础上，集中对下列问题进行了详细研究：

- 1、对建筑工程周期管理的BLM理念进行了系统的分析和定义，并对BLM思想与理念的形成、思想理念、内涵进行了详细研究，在综合已有研究成果的基础上，从理论上对BLM思想的概念框架进行了建立。
- 2、对基于BLM思想信息管理的基础结构和BLM思想的信息化模型进行了研究，对BIM的概念、BIM的产品和BIM的应用进行了探讨。
- 3、对PIP的概念、PIP的产品和BLM信息模型进行了探讨，在阐述基于BLM思想的信息管理基础结构的基础上，建立BLM的信息化模型。。
- 4、以BLM理念在三维数字化坝工设计领域的应用为突破口，提出了坝工结构设计中的水工结构图形数据库，并基于该图形数据库进行了建模、计算、出图等功能的实现，BLM思想在坝工设计中的应用证实了该理念的巨大优势，具有很好的推广和使用价值。

本文通过BLM理念及其在具体应用实施中的研究，希望能为BLM理念在中国的研究和应用提供参考。

第二节 展望

BLM理念的应用对传统水利行业产生巨大和深刻的影响，而我国水利行业对PIP软件的认识、BIM设计软件、使用和应用研究比较少。通过本文对BLM理念、内涵的深刻剖析和应用研究，对长期以来在水利工程行业的建筑信息技术应用的局限化和孤立化将有一定的改善，为PIP、BIM技术在水利工程项目中的应用和研究提供参考。

1、在工程和项目的规划、设计阶段，像民用建筑中的建筑师刚处于开始使用的阶段，结构工程师和水、电管线工程师、环境工程师等基本没有使用基于BIM技术的软件应用完全没有普及。同时如何实现各个专业的协同，到目前为止，还没有相关的研究和应用。

2、当前对BIM技术的研究和应用大部分停留在项目的设计、规划阶段，BIM技术在施工、运营管理阶段的应用研究较少。

3、对BIM技术进行创建信息，需要设计一个通用的标准，目前国际上BIM技术主要是以IFC为标准。但是在建筑工程项目的实施过程中由于需要应用到不同的行业软件，而这些软件没有完全按照IFC标准，所以怎样实现不同行业软件之间的一致，到目前为止，还没有一个相对较好的方案。

4、单独对BIM技术在不同行业的研发和应用较BLM理念下生命周期管理的项目的研究和应用比较少。

总之，BLM理念和BIM技术是新兴的一种思路，是建设工程信息化发展的必由之路。

参考文献

- [1] 2012-2016 年中国建筑业投资分析及前景预测报告[R].中投顾问,2013
- [2] 丁士昭.建设工程信息化导论[M].北京:中国建筑工业出版社, 2005
- [3] 陶静华. BIM 技术和 BLM 理念及其在海洋工程结构设计中的应用研究[D]天津大学硕士学位论文,2008
- [4] 魏群, 张国新, 蔚军耀.拱坝三维可视化设计软件的开发与应用[J]. 天津大学学报, 2008,4(19):1087-1090
- [5] www.autodesk.com(autodesk 公司)
- [6] www.graphisoft.com(graphisoft 公司)
- [7] <http://www.archcy.com>
- [8] “十一五”国家科技支撑计划重点项目“建筑业信息化关键技术研究与应用”课题申请指南
- [9] <http://today.hit.edu.cn/artieles/2004/12-22/12160039.htm>
- [10] 倪红雨.从二维到三维[J].机械制造,2007,5-5(45):73-76
- [11] 张益公.AutoPLANT3D 在海洋石油工程设计中的应用[J].工程设计 CAD 与智能建筑,2001,5: 23-26
- [12] 张益公.三维 CAD 技术在海洋石油工程设计中的应用[J].中国造船, 2003, 44(2): 96-99
- [13] 向守安.平行工程与海洋石油平台的设计和建造[J].中国海上油气(工程),1999,11(1): 57-59
- 向守安.再论平行工程与海洋石油平台的设计和建造[J].中国海上油气(工程),2002,14(2):48-50
- [14] 杨树耕,陈越等.海洋平台工程数据库与三维实体建模技术研究[J].船舶工程, 2003,25(5): 11-14
- [15] 周懋承,奚立康等.船舶及海洋平台三维实体造型数据库的构筑[J].船舶工业技术经济信息,2001,191(3):36-39
- [16] 陈越.海洋平台三维建模 CAD 系统的开发研究 [D].天津:天津大学,2009.
- [17] 丁士昭.004 工程项目信息门户的特征和发展趋势的探讨[J].中国建贫学会,中国建工出版社.
- [18] 董杰.基于网络平台的项目信息管理规划[D].上海:同济大学,2004.
- [19] 封国强.项目信息门户(PIP)的文档管理研究[D]. 上海:同济大学, 2004.
- [20] 高群翹. Autodesk 项目生命周期管理信息化(BLM)策略及其解决方案[R]. 2004.
- [21] 何清华.建设项目全寿命周期集成化管理模式的研究[D]. 上海:同济大学, 2000.
- [22] 徐友全, 虚拟建设模式研究[D]. 上海:同济大学,2000.
- [23] 庄霏芳. CmpouterIntegratedConstruotion 的概念及其系统的研究[D]. 上海:同济大学,2001.

- [24] 叶国晖.PIP(ProjeetInfonuationPortal)在工程建设项目中应用的研究[D]. 上海:同济大学,2000.
- [25] 李永奎.工程项目管理中的信息生态问题研究.项目管理技术[J].2004,8 :33-35
- [26] 李永奎.BLM 集成模型研究.山东建筑大学学报[J].2006,21(6)
- [27] 丁士昭.投资建设项目组织[M].北京:中国计划出版社 2006.
- [28] 陈训. 建设工程全寿命信息管理 (BLM) 思想和应用的研究[D].上海:同济大学,2006.
- [29] 魏群,张国新,彭晓初等. 拱坝三维可视化设计软件的关键技术研究[C].北京: 水利水电百家论坛,2008.
- [30] 杨桢.我国大跨空间钢结构应用发展的主要特点[M].林业科技情报,2006
- [31] 魏群,彭成山.中外钢结构材料数据库的建立及应用软件的开发[C].2006 年全国建筑钢结构行业大会,2006
- [32] V.B.Sunil, S.S. Pande, Automatic recognition of features from freeform surface CAD models , Computer-Aided Design, 2008.1, 502-517.
- [33] Karl TU, Steven DE. Product Design and Development. Boston: McGraw- Hill International Editions, 2000.
- [34] Wei Qun. Study on the Engineering Graphics System of Three-Dimensional Design Software of Arch Dams[J]. IEEE Youth Conference on Information, Computing and Telecommunications, 2009.
- [35] 丁士昭.建设工程管理的内涵及其有关概念的分析[C].工程管理论文集,2006.
- [36] Evangelos Petroutsos.Visual Basic 6 从入门到精通[M].北京:电子工业出版社,1999.
- [37] David Jung PB, John D.Conley. Visual Basic6.0 开发人员参考手册[M], 北京: 机械工业出版社, 2000
- [38] Roger Jennings.Visual Basic6.0 数据库开发人员指南[M], 北京:机械工业出版社, 1999
- [39] 夏忠.开发黄河水电造福各族人民.水力发电[J].2007(11)
- [40] John C.Owen. Constraints on simple geometry in two and three dimensions [J]. International Journal of Computational&Applications Vol.6.No 4(1996)421-434.
- [41] John G.Cheng, Xiu-yu Shao, Yubao Chen. Feature-based Part Modeling and Process Planningfor Rapid Response manufacturing[J].Computer&Industrial Engineering, 1998,(14)2:257~279.
- [42] Eurodode 3 (1992),Design of steel structures. In: ENV, 1993-1-1, Commite European de Normalesation(CEN), Brussels, Belgium.

致 谢

致 谢

个人简历 在学期间发表的学术论文与研究成果

个人简历: