



중국리포트

KMI CHINA REPORT

한국해양수산개발원 중국연구센터 (Korea Maritime Institute China Research Center)
 中国上海市 长宁区 遵义路 100号 南丰城 A-1803
 Tel. +86-21-6090-0395~6, Fax. +86-21-6090-0397

제21-11호
 2021년 6월 15일

CONTENTS

▶ 통계로 보는 중국 : 중국의 전용화물 선석(만 톤급)

▶ 전문가 칼럼 : 중국 항만건설 분야의 BIM 기술 응용 현황

▶ 동향 & 뉴스

■ 중국 전용화물 선석(만 톤급) 추이 (개)

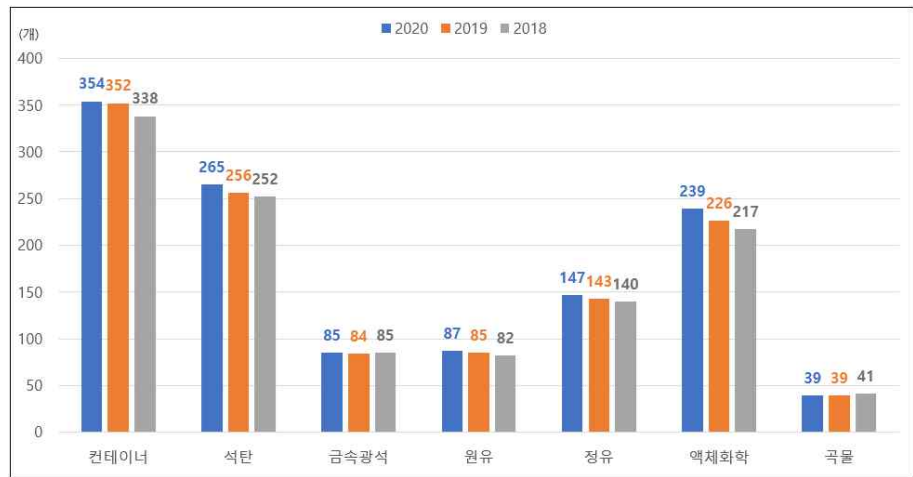
| 구분 | 2020 | 2019 | 2018 |
|---------|-------|-------|-------|
| 전용화물 선석 | 1,371 | 1,332 | 1,297 |
| 컨테이너 | 354 | 352 | 338 |
| 석탄 | 265 | 256 | 252 |
| 금속광석 | 85 | 84 | 85 |
| 원유 | 87 | 85 | 82 |
| 정유 | 147 | 143 | 140 |
| 액체화학 | 239 | 226 | 217 |
| 곡물 | 39 | 39 | 41 |

자료 : 교통운수부.

중국리포트 내용의 일부 혹은 전체를 인용하실 경우, 「KMI 중국리포트」로 표기해 주시기 바랍니다.

Copyright©KMI All Rights Reserved.

통계로 보는 중국 : 중국의 전용화물 선석(만 톤급)



주 : 만 톤급 이상 전용 선석만 집계.

자료 : 중국교통운수부, 「2018-2020년 교통운수업 발전통계공보」를 바탕으로 KMI 작성.

중국 항만 선석 감소, 대형 선석·전용 선석 증가 추세 지속

중국 교통운수부 통계에 따르면, 2020년 말 기준 중국 전체 항만의 선석 개수는 총 22,142개로 전년대비 751개가 감소했다. 이 중 연해항만의 선석 개수는 총 5,461개로 2019년에 비해 101개가 줄었고, 내하항만의 선석 개수는 총 16,681개로 전년 대비 650개나 감소하며 연해항만에 비해 감소폭이 훨씬 컸다.

2020년 말 기준 중국 항만의 1만 톤급 이상 선석 개수는 2,592개로 전년대비 72개 증가했다. 이 중 만 톤급 선석은 연해항만이 2,138개, 내하항만은 454개로 전년대비 각각 62개, 10개 증가했으며 전체에서 연해항만이 대부분을 차지했다. 또한 10만 톤급 이상 선석 개수는 440개로 전년 대비 22개 증가한 것으로 나타나 항만의 대형화가 여전히 진전되고 있음을 알 수 있다.

선석의 대형화와 함께 전용화물 선석 수도 증가하고 있는 추세다. 2020년 중국 항만의 1만 톤급 이상 선석 중 전용화물 선석 개수는 총 1,371개로 전년대비 39개 증가했으며, 2019년에 비해 74개가 늘었다. 화종별로는 컨테이너선석이 354개로 가장 많았으며, 석탄 265개, 액체화학 239개, 정유 147개, 원유 87개, 금속광석 85개, 곡물 39개로 집계되었다. 곡물 전용선석만 지난해와 동일했으며, 다른 화물 전용선석은 모두 전년 대비 증가했다.



CONTENTS

- ▶ 통계로 보는 중국 : 중국의 전용화물 선석(만톤급)
- ▶ 전문가 칼럼 : 중국 항만건설 분야의 BIM 기술 응용 현황
- ▶ 동향 & 뉴스

전문가 칼럼 : 중국 항만건설 분야의 BIM 기술 응용 현황¹⁾

BIM(Building Information Modeling)은 건축공학 프로젝트의 각 단계와 참여자 및 기타 관련 정보를 집약시킨 3차원 디지털기술 기반의 엔지니어링 모델이다. BIM은 계획과 설계, 건설 및 운영관리 과정의 새로운 방법 및 디지털기술이다. 현재 항만건설 등 인프라 영역에서 중국의 BIM기술 활용은 아직 걸음마 수준으로, 주로 단일 공정의 설계와 시공에 활용되고 있으며 항만계획 수립에는 거의 활용되지 않고 있다. 본문은 먼저 푸저우(福州)항 바이마(白马)항구 완우(湾坞)작업구의 8번 선석 공사와 상하이 양산항 4기 터미널 공사를 사례로 중국의 터미널 설계와 시공에서 BIM기술의 응용 실태를 소개하고, 이에 기반하여 항만 계획단계에서 BIM기술의 응용 실태와 향후 방향에 대해 분석하였다.

1

설계과정에서 BIM 응용 : 푸저우항 바이마항구 완우작업구 8번 선석 공정

2019년 9월에 착공한 이 프로젝트는 푸저우성 닝더(宁德)시에 위치하며 연간 화물처리량 200만 톤, 연간 하역능력 210만 톤의 5만 톤급 일반선석 1개를 건설하는 프로젝트이다. 건설 항목은 5만 톤급 선석 1개와 잔교 2개, 신설 호안 1,489m, 육상구역 총 10만 8,000㎡를 포함하며, 육상구역에는 또 잡화 야적장, CY, 창고, 생산관리동, 설비수리실, 변전소 등 부대시설이 포함된다. 건축물의 종류가 비교적 많고 주로 빔슬레브 구조식 플랫폼과 잔교, 경사식 사석안벽, 야적장 및 각종 보조건축물 등이 있는 전형적인 High-piled 부두 건설 프로젝트이다. 공기는 약 26개월로 프로젝트의 설계, 심사, 구매, 시공, 검수, 테스트 등 작업을 완성하기에 다소 빠듯하다. 프로젝트는 마스터플랜, 수리공사, 공정설비, 급배수, 전기 등 전문영역이 다양하고, 각 공정간 자료 수집이 빈번하고 구조설계가 복잡하다.

1.1 설계과정에서 BIM의 응용

1.1.1 BIM실시 방안

프로젝트 설계 작업 초기에 공사의 규모, 업무분업구조(WBS) 및 공종 배치에 따라 프로젝트의 BIM관리 및 실시방안과 BIM 실시 전략서를 마련하여 프로젝트 설계 중 BIM팀 구성, 각 전문 공종별 문서 템플릿, 문서명, 템플릿 색상 양식, 부자재 코드 등 내용을 규범화했으며, 설계 모형에서 시공단계까지 적용되는 표준조건을 마련했다.

1) 이 칼럼은 필자의 개인 의견으로 KMI 중국센터의 공식의견이 아님을 밝혀드립니다.



CONTENTS

- ▶ 통계로 보는 중국 : 중국의 전용화물 선석(만톤급)
- ▶ 전문가 칼럼 : 중국 항만건설 분야의 BIM 기술 응용 현황
- ▶ 동향 & 뉴스

1.1.2 BIM 설계 플랫폼과 설계과정

BIM 설계과정에서 각 영역의 설계 파일이 클라우드에 공유되고 필요한 자료들을 실시간으로 연동하여 협업 설계가 가능하고 설계과정에 오류가 발견되면 즉시 수정이 가능하다. 설계플랫폼은 기존의 “수직연결” 형태의 설계 프로세스를 여러 영역이 “수평연동” 되는 형태로 바꾸었으며, 각 영역은 기타 영역의 최신 설계정보를 공유하고 실시간으로 수정 및 업데이트가 가능하다. 이 과정에서 공정간 연계된 문제를 찾아내고 해결하며 최선책을 적용하여 설계효율을 높이고 불필요한 연결 오류를 줄인다. 정보공유의 효율과 정확성을 제고하며 BIM기술을 최대한 활용하여 디지털화 수준을 높이고 설계오류를 줄이는 등 프로젝트 전반의 품질을 향상시킨다. 협업설계의 핵심은 BIM 협업 설계 플랫폼을 구축하는데 있다. 이 프로젝트에서는 현재 거의 모든 BIM 소프트웨어와 Office 소프트웨어를 겸용 가능한 Autodesk Vault 플랫폼을 활용했다. 또한 플러그인 형태로 소프트웨어 내부에 직접 저장되는 이 기능은 설계 중에 수시로 프로젝트 데이터베이스에 방문할 수 있어 실시간 및 정기적 연동이 가능하다. BIM 협업설계 플랫폼을 통해 프로젝트팀 각 영역 참여자들의 설계 문서가 하나의 DB에 공유되고 다른 영역의 BIM모델은 링크형식으로 공유된다. 공유되는 파일은 하나의 소스밖에 없는 BIM 협업플랫폼 DB의 최신 모델이기 때문에, 이 모델의 수정, 추가 또는 삭제 작업이 상호 설계과정에 공유되며 이는 시간, 장소, 거리 및 커뮤니케이션 방식에 구애받지 않는다. 기존의 설계과정에서는 자료를 만들어 제출하며 수정했다면 BIM에서는 동기화로 상호 연동되기 때문에 설계과정에서 오류를 최소화하며 효율과 품질을 높인다.

1.1.3. 설계과정 중 BIM기술의 응용 성과

프로젝트 설계단계에서 BIM 통합설계 플랫폼을 통해 각 영역은 각각의 BIM 소프트웨어에 기반한 모델링, 설계 심화, 도면 출도, 공정량 산정뿐만 아니라 3차원 렌더링 등 탐색과 응용을 진행했고 구체적인 내용은 다음과 같다.

(1) 기업 라이브러리 관리 : 라이브러리는 BIM모델의 기초이자 핵심이며, 통합플랫폼 Vault기반의 기업 라이브러리 관리는 설계의 품질과 효율을 효과적으로 보장한다. 설계과정의 각 전문 참여자는 플랫폼에서 직접 라이브러리 파일을 링크할 수 있고, 이 파일들은 기업의 심사와 교정을 통해 라이브러리 데이터와 모델링 표준에 맞추어 BIM모델 하위데이터의 품질을 보장한다. 또한 프로젝트에서 신설된 라이브러리는 기업의 기존 라이브러리에 추가하여 다음 프로젝트를 위한 기반을 구축하였다.

(2) 각 영역의 BIM모델 심화 : 본 프로젝트는 BIM기술의 협업 설계를 통해 각 영역의 설계사가 BIM모델링에 기반해 심화된 설계를 실현하고, Vault 플랫폼 자체의 작업 프로세스와 권한관리를 이용하여 문서 버전에 대한 추적 및 제어를 가능하게 하였다. 각 공정간 모델이 상호 인용 및 협업하고, 기초설계를 바탕으로 BIM모델을 심화시켰으며, 최종 모델링을 통해 각 영역의 도면과 공정량 정보를 생산했고 간섭체크와 렌더링 등 문서까지 클라



CONTENTS

- ▶ 통계로 보는 중국 : 중국의 전용화물 선석(만톤급)
- ▶ 전문가 칼럼 : 중국 항만건설 분야의 BIM 기술 응용 현황
- ▶ 동향 & 뉴스

(3) 토목설계(Earthwork) : 이 프로젝트는 Civil 3D 소프트웨어, 부품편집기(Subassembly Composer)를 사용해 Vault 플랫폼으로 토목설계를 진행했으며, 이를 통해 항내준설, 베이스 슬롯(Base Slot) 굴착 및 호안구조의 3차원 모델, 시공도 설계, 출도와 공정량 통계를 구현하고 Navisworks에 모델을 불러와 통합 설치를 하여 프로젝트 전체의 효과적인 시물레이션과 프리뷰를 가능하게 하였다.

(4) 여러 영역의 파이프라인 통합 : 각 영역의 모델은 Vault 플랫폼으로 업로드되며, BIM 코디네이터는 Navisworks를 이용해 Vault에서 실시간으로 데이터를 링크하여 통합 모델링 및 간섭체크를 실행했다. 검사결과는 즉시 각 영역에 반영해 조정이 가능하며 설계와 모델링 품질을 향상시킨다.

(5) 3차원 가시화 제공 : 최종 BIM 통합모델을 렌더링하여 프로젝트 상황과 설계의도를 직관적으로 보여주어 클라이언트의 검토 시간과 설계주기를 단축하였다.

1.2 BIM응용 효과

BIM 협업설계 플랫폼 구축을 통해 각 영역별로 BIM 기술을 주요 수단으로 활용해 프로젝트 설계를 원활히 수행했다. 전체 설계과정에서 BIM기술을 통해 팀의 효율적 협업과 정보 공유를 실현했으며, 전 과정 데이터체인의 순방향 운영을 보장하였다. BIM 모델을 통해 직관적인 설계내용을 표현하는 것은 물론 파이프라인 통합, 모델 연계 등 공정으로 설계 품질과 프로젝트 전반의 관리 및 통제 능력을 제고하였다. BIM기술에 기반한 설계 적용 효과는 다음과 같다.

(1) 관리효율 제고 : 데이터 협업 서버를 구축하여 프로젝트 설계단계의 BIM 데이터를 통합 관리함으로써 관리의 효율을 높였다.

(2) 설계품질 제고 : 이 프로젝트는 세부 모델링을 통해 설계의 합리성과 과학성을 직관적으로 검토하여 설계의 정밀도를 높였으며, 간섭체크를 통해 파이프라인의 충돌문제를 줄여 설계 품질을 향상시켰다.

(2) 비용절감 및 공기단축 : BIM모델의 가시화 특성을 이용해 클라이언트의 도면 검토 시간과 프로젝트 설계주기를 단축하였으며, 파이프라인 간섭체크를 통해 사전에 충돌문제로 발생할 수 있는 설계변경을 설계단계에서 미리 해결함으로써 프로젝트 공기를 단축시켰다.

2 시공과정에서 BIM의 적용 : 양산항 4기 1구간

2.1 BIM 적용 내용

양산항 4기 자동화터미널 1구간인 동단 0~918m의 컨테이너 터미널 부분에도 BIM 기술이 적용되었다. BIM 설계단계에서는 모델링, 시공 시물레이션, 도면 출도, 템플릿 설정, 시공도 추출 및 IT 운영관리 적용 등 주요 과정을 차



CONTENTS

- ▶ 통계로 보는 중국 : 중국의 전용화물 선석(만톤급)
- ▶ 전문가 칼럼 : 중국 항만건설 분야의 BIM 기술 응용 현황
- ▶ 동향 & 뉴스

례로 거쳐야 한다. IT 운영관리 단계에서 BIM모델 관리에 대한 세부 조건을 종합적으로 고려하여 터미널 시공환경, 토공, 기계·전기 및 모니터링 등 각 영역에 대한 모델 표준을 정했다. 파라미터화 모델링의 편리함과 후속 소프트웨어 개발의 편리성을 종합적으로 고려하여 모델링 소프트웨어를 확정하고 합리적인 모델링 범위와 영역구분 원칙, 모델 파라미터, 모델 재질 등을 정했으며, IT 운영관리 조건에 부합하는 High-piled 부두 BIM 기하학모델과 관련 데이터 파라미터(정적파라미터)를 생성하여 후속적으로 BIM 적용을 위한 기초를 마련했다. 또한 인력배치와 BIM 기술성과 인계작업을 진행해 BIM 기술이 시공 시뮬레이션, 원가관리, 시공 가시화 및 품질관리 분야에서 제 역할을 할 수 있도록 하였다.

1) 기업 데이터 관리의 온라인화 : 기업 데이터베이스와 2차 개발 BIM 응용 모듈을 구축하여 모듈과 데이터베이스가 연동되도록 한다. 현장관리자는 모바일 단말기를 이용해 현장 정보를 데이터베이스로 전송하여 BIM 모듈 및 공사비 데이터와 비교분석 할 수 있다. 기업의 본부와 사업부는 분석보고서를 추출하여 원가 및 진척도 관리를 할 수 있으며, 먼저 데이터를 수집하고, 정리 및 분석한 뒤 분석된 데이터를 이용해 원가를 관리하는 3단계를 형성한다.

2) 시공 시뮬레이션 : Revit소프트웨어를 이용하여 시공 청사진에 따라 BIM 3차원 모델을 정밀하게 구현한다. 도면심사와 시공 가이드, 간섭체크를 가시화하고 설계오류를 찾아낸다. BIM모델과 결합하여 시공 시뮬레이션을 완성하면 공사의 난점과 누락되기 쉬운 시공 디테일을 사전에 반영하여 현장 구성을 적시에 보완하고 최적의 방안을 분석, 선택하거나 발전시킬 수 있다.

3) 원가 데이터 관리의 세분화 : BIM 모델과 DB를 이용하여 데이터의 분류 수량을 부자재와 관리대상만큼 늘리고, 시간, 공간, 공정관계에 따라 필요한 원가 기초데이터(공정량, 인력·재료·기계 소모량, 건설비 정보)를 추출한다. 기업의 본부와 사업부는 효율적이고 신속하게 프로젝트 관리에 필요한 모든 자료와 데이터를 추출할 수 있어 각 부문간 데이터의 연동과 분석이 가능하고 원가관리가 더 정확하고 세밀화된다.

4) 품질 안전 제어 수단화 : 현장관리자는 시공현장에서 안전, 품질과 관련한 사진을 촬영하여 데이터베이스 시스템에 업로드할 수 있으며, BIM 모델의 해당 위치에 연계시킨다. 또한 기업의 본부와 사업부는 이 시스템을 이용하여 프로젝트 전체를 빠르게 제어할 수 있고, 즉각적인 피드백과 조치를 취할 수 있다.

본 공정에 적용된 BIM기술은 시공 전 제어와 시공 중 제어로 나뉜다. 시공 전 제어는 크게 BIM모델 보조도면의 심사와 3차원 가시화 기술, 간섭체크 및 파이프라인 설계 최적화의 3가지 과정으로 구성된다. 시공중 제어는 주로 공정량 산출 및 대조확인, 자재의 세분화 관리, 시공감독의 3가지 과정으로 구성된다. BIM기술 응용의 기대 효과는 프로젝트의 관리 수준을 제고하고 업무효율 및 정보화 관리 프로세스를 개선하는 것이다.



CONTENTS

- ▶ 통계로 보는 중국 : 중국의 전용화물 선석(만톤급)
- ▶ 전문가 칼럼 : 중국 항만건설 분야의 BIM 기술 응용 현황
- ▶ 동향 & 뉴스

2.2 프로젝트에서 BIM 응용성과

2.2.1 보조도면 심사에서 응용

터미널 모델링 과정에서 BIM의 3차원 가시화 기술 및 가상시공 기술을 통해 도면상에 21개의 의문점을 발견했으며 공사 전에 문제를 수정하고 해결방안을 마련하여 공정상 오차와 리스크를 낮추었다.

2.2.2 기술 가이드에서의 응용

시공에서 중요하거나 공정이 어렵고 복잡한 부분을 BIM기술을 통해 3차원으로 시뮬레이션하여 현장관리자가 공정과 작동상황을 쉽게 이해할 수 있고 공사 중 발생할 수 있는 문제에 대해 사전에 관심과 주의를 갖게 하였다.

2.2.3 원가제어에서의 응용

BIM기술을 이용해 자동으로 형성한 예산모델을 구축하고 공정량을 산출한다. BIM기술을 통해 산출한 공정량과 건축주가 제공한 리스트 공정량으로 현장에서 실제 공사시 필요한 공정량을 분석하고 계산한다. 시공 후에는 시공 중 실제 사용한 양과 상기 공정량을 비교 분석하여 리스트의 누락사항과 현장 실시 상황을 신속하게 찾아내고 원가관리를 위한 자료로 사용하여 자재관리를 세밀하게 한다. BIM기술의 활용으로 본 공정의 원가 56만 5,000위안을 절감하였다.

2.2.4 간섭체크 및 파이프라인 통합 최적화

다양한 공종이 집적된 플랫폼 운용을 통해 미리 매장된 파이프라인 간섭체크를 진행하여 총 61개 간섭 포인트를 발견했고 이 중 구멍은 8개, 충돌점은 53개였다. BIM간섭체크를 통해 공사 진도가 보장되었고 자재 낭비와 재시공을 피할 수 있었다.

2.2.5 공사 진척도 제어

BIM 기술을 통해 구축된 3차원 모델은 시간, 공간, 비용 및 정보를 결합하여 전체 건축 과정의 비용 곡선에서 수시로 변하는 구체적인 수치를 볼 수 있으며 또한 현재 시간대의 비용 상황을 볼 수 있어 현장구매나 회전 및 공정시간 분배 계획이 편리하다. BIM모델을 시공 진도계획 및 실제 공사진도와 연계하여 진도 시뮬레이션을 제작하고 색상 변화를 통해 공기 지연을 즉시 발견하여 다음 시공에서 공기를 조정하였고 총 12일의 주요 라인 시공시간을 단축했다.

3 중국 항만분야에서 BIM 응용의 문제점

3.1 항만 BIM 응용체계 구조의 결함

BIM의 핵심가치는 건설의 전 과정, 전 생애주기의 관리와 서비스이다. 앞서 언급한 바와 같이 현재 항만분야에서 BIM은 터미널설계, 항로공정 및 항만부대시설공정에서 활용도가 있지만 공간계획 단계에서 BIM 응용은 아직 미흡



CONTENTS

- ▶ 통계로 보는 중국 : 중국의 전용화물 선석(만톤급)
- ▶ 전문가 칼럼 : 중국 항만건설 분야의 BIM 기술 응용 현황
- ▶ 동향 & 뉴스

하다. 때문에 BIM의 통합응용 과정에서 계획단계 설계와 시공 등 단계가 부족하여 공사계획 범위를 벗어나는 리스크가 존재하기 때문에 관리 및 제어 능력이 상실되며 공정의 전 생애주기 관리도 어렵다.

3.2 낙후된 항만 공간계획 기술

현재 중국 항만의 공간계획은 아직 2차원 평면 설계 수준에 머물러 있다. 통합기술 기반이 취약하며, 다차원적이고 다원적인 공간정보 분석 수단이 부족하고 공간에 대한 체계적인 분석도 미흡한 실정이다. 또한, 항만공간 계획안은 계획문건과 평면도만을 포함하기 때문에 계획의 실시단계에서 개별지표에 의해서만 통제할 수 있을 뿐, 건설 운영단계에 존재하는 불확실한 요소들을 통제하기 어려우며 통일된 공간정보 모델이 부족하여 계획 실시 후의 효과나 영향을 예상하거나 판단할 수 없다. 또한, 항만공간 계획은 고정된 시점의 청사진 설계에 기반한 것으로 실제 시행과 진척과정에서 발생하는 시간 차원의 변화가 고려되지 않아 전 생애주기 계획관리의 기술이 결여되어 있다. 시간이 지날수록 계획의 실행이 곤란해지는 부분이 자주 발생하여 항만계획의 수정과 조정이 빈번하게 일어난다.

3.3 항만공간계획 차원에서 BIM 응용표준 부족

교통운수부는 수운공정의 정보모델 응용과 통합정보모델 응용의 기본 조건을 규범화하기위해 JTS/T 198-1-2019 「수운공정 정보모델응용 통일표준」과 JTS/T 198-2-2019 「수운공정 설계정보모델 응용표준」 및 JTS/T 198-3-2019 「수운공정 시공정보모델 응용표준」을 발표하고 설계와 시공 측면의 정보모델링 응용기준을 명확히 하였다. BIM이 항만공사 분야에 깊게 활용됨에 따라 계획단계의 수요도 나날이 커지는데 이에 부응하지 못할 경우, 계획의 지표체계는 설계와 시공단계에서 실현되기 어렵다. 항만의 계획, 설계 및 시공은 하나의 체계를 이루며, 평면설계와 시공도는 계획도면을 기초로 점차 심화시켜 형성된 것이다. 그러나 현재 BIM응용표준체계 중 항만공간 계획단계가 통합적으로 고려되지 않고 있다.

4 한국 항만산업의 BIM 응용에 대한 시사점

중국 항만건설 과정에서 BIM의 적용 현황에서 알 수 있듯, 건축 설계와 시공영역에서 BIM이 도구로서, 그리고 협업이라는 측면에서 이점이 뛰어나 연구와 응용이 상대적으로 광범위하지만 공용성, 구속성, 전체성을 더 중시하는 계획차원의 응용은 거의 전무한 실정이다. 때문에 항만의 계획단계에서 BIM 기술을 충분히 활용하여 항만공간을 통합적으로 계획하고 나아가 항만산업도 시 일체화 계획을 추진하여 궁극적으로는 항만계획체계를 거시적인 차원의 국토공간계획체계와 융합시키는 것이 미래 항만 개발 건설에서 반드시 실현되어야 할 과제이다.



CONTENTS

- ▶ 통계로 보는 중국 : 중국의 전용화물 선석(만톤급)
- ▶ 전문가 칼럼 : 중국 항만건설 분야의 BIM 기술 응용 현황
- ▶ 동향 & 뉴스

4.1 항만공간계획 기술 혁신과 항만계획방안의 개선 시각 넓혀야

항만계획의 BIM모델을 통해 계획과 건설 등에 다중속성, 다차원적 계획의 가시화 분석 시스템을 활용하여 전 생애주기 관리를 실현하고 항만계획의 공간 가시화 분석력을 제고한다. 기존 2차원 방식의 계획을 3차원으로 전환하고 다차원공간의 표현과 분석을 통해 2차원 설계방법의 미흡한 점을 보완함으로써 계획방안을 개선하고 항만계획의 수준을 향상시킨다. 이 외에 항만계획 실수요에 입각하여 계획단계의 BIM라이브러리를 구축하고 BIM 계획지표의 자동추출구입집 구축을 모색하며, 항만공간계획 정보모델과 파라미터화 방법체계를 구축한다. 예를 들어 항만도시공간 협조의 측면에서 항만환경영향, 공간척도 최적화, 안전영향 등 분야에서 평가지표를 분석하고 다차원공간 분석기술을 개발해 항만공간계획 개선과 정량적 평가의 영향지표에 기술적 기반을 마련한다.

4.2 BIM+GIS 융합발전을 촉진하고 항만·산업·도시 일체화 계획의 과학성 제고해야

중국 항만의 마스터플랜 문건에는 항만의 마스터플랜과 토지이용계획, 도시전체계획, 해양기능구획, 강하(江河)유역 종합이용계획의 관계를 설명하는 “관련 계획 관계”라는 부분이 필수로 포함된다. 따라서 항만계획에서도 입지 선정부터 계획안 작성의 각 단계에서 지역도시발전과 산업클러스터, 해양 보호개발의 실상환을 전면적으로 고려하여 항만 경계를 과학적으로 구획하며 합리적인 항만계획 방안을 제정하고 항만·산업·도시의 일체화 발전을 도모해야 한다.

GIS는 거시적 규모의 공간데이터를 관리하는데 사용되며 BIM은 미시적 규모의 3차원 계획모델 구축에 중점을 두고 있다. IFC(Industry Foundation Classes)와 CityGML(City Geography Markup Language)와 같은 의미모형이 이미 기존 연구진에 의해 개발되어 BIM과 GIS 시스템간 데이터 추출과 여러 모델의 데이터 통합이 가능하다. 현재의 정보기술은 항만계획의 연구를 기존 2차원 방식에서 3차원 내지 그 이상 고차원으로 확대하고 더 많은 속성정보를 부여한다. 정확한 지리좌표 매칭을 통해 계획안을 보다 쉽게 실현하고 보다 직관적으로 공간을 구현하며 관련한 계획들과 더 간편하게 연결한다. BIM과 GIS의 융합을 통해 모델 부재에 기반한 블록 생성기술을 모색함으로써 항만계획에서 거시적, 미시적인 부분을 함께 고려하고 진정한 시너지를 창출하여 계획의 스마트화 수준을 높이고 공간분석 및 가시화 능력을 향상시킬 수 있다.

4.3 관련 영역의 상세계획 성과를 연결하여 공간자원의 구체적 이용방안을 통합해야

전통 항만계획은 2차원 제도 방식을 사용하므로 도시계획 등 연관된 계획의 배관, 케이블과 같은 구체적 구조를 효과적으로 연결하기 어려웠다. 국토공간계획 체계에서 항만계획은 더이상 단일한 터미널 작업장 계획이 아니라 도시,



CONTENTS

- ▶ 통계로 보는 중국 : 중국의 전용화물 선석(만톤급)
- ▶ 전문가 칼럼 : 중국 항만건설 분야의 BIM 기술 응용 현황
- ▶ 동향 & 뉴스

국토, 수리 등 관련 계획과 공간자원 이용 측면에서 보다 더 조화롭게 연결되어야 하며 더 많은 산업의 3차원 계획 및 설계에 효과적으로 연계되고 계획 간 간섭체크를 통해 계획의 협조성과 타당성을 확보해야 한다.

4.4 항만공정 표준체계를 보완하고 항만공정 전 과정 관리수요에 부응해야

항만계획과 건설체계를 보완하기 위해 한국은 항만의 계획, 설계, 시공단계를 포괄하는 BIM 응용표준을 제정해야 한다. 관련 규범과 표준을 기반으로 항만계획 BIM 통용 부재 라이브러리를 구축하고 항만계획 모델, 파라미터, 제도, 배색 등의 표준화를 추진한다. 항만계획 참여자들의 편의를 위해 수역, 선석, 야적장, 도로, 설비 등 부대시설을 3차원으로 배치하고, 파라미터화 모델링 관련 틀을 이용하여 항만계획 BIM모델을 신속하게 구축한다. 항만계획 참여자의 계획 지식과 경험을 충분히 발휘하여 계획의 효율과 품질을 제고해야 한다.



CONTENTS

- ▶ 통계로 보는 중국 : 중국의 전용화물 선석(만톤급)
- ▶ 전문가 칼럼 : 중국 항만건설 분야의 BIM 기술 응용 현황
- ▶ 동향 & 뉴스

칼럼 원문

BIM技术在中国港口建设过程中的应用现状

撰文 | 交通运输学院 讲师/博士 郑学彬

BIM建筑信息模型(Building Information Modeling)是以三维数字技术为基础,集成了建筑工程项目各阶段、各参与方以及其他相关信息的数字化工程模型,是一种全新的规划、设计、建造及运营管理的方法和数字化技术。在港口工程等基础设施领域,目前中国的BIM应用尚处于起步阶段,主要集中于单体工程结构的设计、施工方面,而在港口规划方面鲜有应用。本文首先以福州港白马港区湾坞作业区8#泊位工程和上海洋山四期码头工程为例,分别介绍BIM在码头设计和施工中的应用情况,以此为基础,进一步分析BIM在港口规划阶段的应用情况及未来方向。

1. BIM在设计过程中的应用—福州港白马港区湾坞作业区8#泊位工程

该项目于2019年9月开工建设,位于福建省宁德市,建设规模为5万吨级通用泊位1个,年货物吞吐量200万吨,设计年通过能力210万吨。主要建设内容含:5万吨级码头平台一座,连接栈桥两座,新建护岸总长1489m,形成陆域总面积约10.8万m²,陆域内配套建设件杂货堆场、集装箱堆场、仓库、生产调度楼、机修车间、变电所等。工程建筑物种类较多,主要有高桩梁板式码头平台和栈桥、斜坡式抛石护岸、堆场及各类生产辅助建筑物,是一个典型的高桩码头项目。项目总工期约26个月,要完成项目设计、审批、采购、施工、验收、调试等工作,工期紧张。项目涉及专业多,包括总图、水工、工艺设备、给排水、电气等,专业间提取资料(提资)频繁,结构设计复杂。

1.1 BIM技术在设计过程中的应用

1.1.1 BIM实施方案

项目设计工作初期,根据工程规模、WBS结构和专业安排,制定了项目的BIM管理及实施方案和BIM实施策略书,对项目设计过程中的BIM团队组建、各专业模板文件、文件名、模型颜色模式、构件编码等内容进行规范,为设计模型到施工阶段深化应用提供了标准化条件。

1.1.2 BIM协调设计平台与设计流程

BIM协同设计过程中各专业设计文件共享于云端,各专业之间实时链接所需文件,实现协同设计,设计过程中及时发现问题,及时修改。协同设计平台能将常规项目的“串联”设计流程转变为多专业“并行”的设计流程,各专业能够共享其他专业的最新设计信息,实时查看、修改、更新,发现及解决设计过程中专业间协同的问题,商讨最优方案,提高设计效率,减少不必要的衔接错误,提高信息沟通的效率和准确性,最大程度利用BIM技术来提高项目的数字化水平,减少设计错误,提高项目质量。实现协同设计的核心在于BIM协同设计平台的搭建,本项目采用Autodesk Vault平台,该平台能够兼容目前市面上几乎所有的BIM软件以及office办公软件,并以插件的形式直接内嵌在软件内部,该功能能够实现设计过程中随时访问项目数据库,达到实时协同与定时协同的目的。依托BIM协同设计平台,项目团队各专业的设计文件共享在一个数据库中,不同专业的BIM模型通过链接的形式进行共享。由于共享的文件只有一个源头,即BIM协同平台数据库中的最新模型,因此模型的修改、新增或删除将实时共享于相互的设计过程中,整个过程不再受时间、地点、距离以及沟通方式的限制,将传统设计中的提资改变为BIM设计过程中的同步与交互,增强了专业间的设计互动,减少了设计中的错漏碰等问题,提高效率和质量。

CONTENTS

- ▶ 통계를 보는 중국 : 중국의 전용화물 선적(만톤급)
- ▶ 전문가 칼럼 : 중국 항만건설 분야의 BIM 기술 응용 현황
- ▶ 동향 & 뉴스

1.1.3 设计过程中BIM技术应用成果

项目设计过程中, 依托BIM协同设计平台, 各专业除了开展基于各自BIM软件的模型构建、设计深化与出图、工程量计算等, 还开展了三维可视化交付等探索和应用, 具体内容如下:

(1) 企业族库管理: 族库是BIM模型的基础与核心, 建立基于协同平台Vault的企业族库管理可以有效保障设计成果的质量和效率, 设计过程中各专业人员可以直接从平台上链接族库文件, 这些文件经过公司层面的校对、审核和审定, 族库参数和模型标准满足要求, 从而保障了BIM模型底层数据的质量。同时本项目的新建族补充进入企业族库, 为以后项目奠定基础。

(2) 各专业BIM模型深化: 通过本项目BIM技术的协同设计, 各专业设计人员实现了基于BIM模型的深化设计, 利用Vault平台本身的工作流程和权限管理, 实现了文件版本的追溯与控制。专业间模型的相互参考引用、协同工作, 在初步设计的基础上将BIM模型深化, 并最终通过模型直接生产各专业图纸和工程量信息, 连同碰撞检测与渲染漫游等文件提交业主进行审阅, 直观表达了设计意图。

(3) 土石方(Earthwork)设计: 本项目采用Civil 3D软件、部件编辑器Subassembly Composer配合Vault平台进行土石方设计, 实现了港池疏浚、基槽开挖和护岸结构的三维建模、施工图设计、出图和工程量统计, 并将模型导入Navisworks中进行模型的总装, 实现项目的整体效果展示和预览。

(4) 多专业管线综合: 各专业模型更新至vault平台, BIM协调员利用Navisworks从vault上实时链接数据, 完成模型总装和碰撞检测, 并将检测结果及时反馈给各专业进行调整, 提高设计和建模质量。

(5) 三维可视化交付: 项目将最终的BIM总装模型进行渲染, 直观展示项目情况和设计意图, 使业主减少审阅时间, 压缩设计周期, 取得了良好的效果。

1.2 BIM应用效果

通过搭建BIM协同设计平台, 各专业利用BIM技术作为主要手段, 顺利完成了项目设计工作。在整个设计过程中, 通过BIM技术手段实现了团队的高效协作与信息共享, 保证了全过程数据链的正向运行, 不仅通过BIM模型直观表达设计意图, 通过管线综合、模型链接等工序实现了设计质量提升, 提升了项目的整体管控。基于BIM 技术的设计应用效果总结如下:

(1) 管理提升。建立数据协同服务器, 实现了项目设计阶段BIM数据的统一管理, 提升了管理效率。

(2) 设计质量提升。本项目通过细部建模, 直观检查设计的合理性和科学性, 提升设计精度; 通过碰撞检测, 减少管线交叉问题, 提高设计质量。

(3) 节约费用和工期。采用BIM模型的可视化特点, 减少业主审阅图纸时间, 进而缩短项目设计周期; 通过管线碰撞检测, 将可能因碰撞问题引起的设计变更在设计阶段提前规避, 节省了项目施工工期。

2. BIM应用内容BIM在施工过程中的应用——洋山四期1标段

在洋山四期自动化码头建设过程中, BIM技术应用于该码头的1标段, 即东段0~918m的集装箱码头部分。在BIM设计阶段, 依次要经过建模、施工模拟、出图模板设置、施工图导出和运维阶段应用等主要过程。综合考虑运维阶段对BIM模型管理的细度要求, 对码头施工环境、土建、机电及监测各专业确定建模标准; 综合考虑参数化建模的便捷性及后续软件研发的便利性, 确定建模软件; 确定合理的建模范围、场景划分原则、模型参数、模型材质等; 创建并形成符合运维要求的高桩码头BIM几何模型和相关数据参数(静态参数), 为后续BIM应用提供基础。同时也做好人员部署与BIM技术成果移交安排, 确保BIM技术在施工模拟、成本管控、施工可视化和质量控制化方面发挥出应有的作用。

1) 企业数据管理互联网化。建立企业数据库并二次开发BIM应用模块, 使得模块与数据库



CONTENTS

- ▶ 통계로 보는 중국 : 중국의 전용화물 선석(만톤급)
- ▶ 전문가 칼럼 : 중국 항만건설 분야의 BIM 기술 응용 현황
- ▶ 동향 & 뉴스

对接。现场管理人员可通过移动端将现场信息传输到数据库，与BIM模型及造价数据进行对比分析。企业总部及项目部可调取分析报告进行监控成本、进度管理，形成先汇集数据、再整理和分析数据，而后利用分析后的数据进行成本管控的三步骤。

2) 虚拟施工可视化。利用Revit软件按施工蓝图精确建立BIM三维模型。实现审图、交底、碰撞检查可视化，发掘设计施工过程中存在的问题。结合BIM模型完成虚拟施工，可事前反映施工难点和易漏的施工细节，及时完善施工场地布局，分析与选择最佳方案或进行优化。

3) 成本数据管控精细化。利用BIM模型与数据库，以数据粒度达到构件级为管控对象，根据时间、空间、工序关系等提取想要的成本基础数据(工程量、人材机消耗量、造价信息)，企业总部及项目部可高效、快速地获取各项目管理所需的信息和数据，实现各部门间对数据的协同与分析，实现精细化成本管控。

4) 质量安全控制手段化。现场管理人员可在施工现场拍摄安全、质量相关照片上传至数据库系统中，与BIM模型相应位置进行关联，同时企业总部及项目部可利用该系统第一时间实现全局把控、及时反馈并采取相应措施。

BIM技术在本工程应用的技术路线分为施工前控制与施工中控制。施工前控制主要由BIM模型辅助图纸会审、三维可视技术、碰撞检查和管线设计优化三大块组成；施工中控制主要由工程量计算与核对、材料精细化管理、施工监管三大块组成。BIM技术应用的期望目标是：提高项目精细化管理水平、提高工作效率及完善信息化管理流程。

2.1 BIM在项目中的应用成果

2.2.1 在辅助图纸会审中的应用

码头模型建立过程中，利用BIM技术中的三维可视化技术及虚拟施工技术，累计发现图纸疑问21处，在施工前及时修正错误并准备解决方案，成功防范了工程误差，降低了风险。

2.2.2 在技术交底中的应用

通过BIM技术的三维模型对施工中的重点、难点和工艺复杂施工区域实现可视化预演，便于现场管理人员了解工艺流程和运转情况，对施工过程中可能发生的问题做提前关注与预警。

2.2.3 在成本控制中的应用

利用BIM技术，建立自动形成的预算模型，并统计工程量。利用BIM技术模型计算的工程量与甲方提供的清单工程量，分析和估算现场实际施工时所需的工程量。在施工后将施工中实际使用量与上述工程量进行对比，可快速发现清单缺漏项和现场实际实施情况，为成本管控提供数据支撑，实现材料精细化管理。BIM技术的成功应用，为本工程节省成本56.5万元。

2.2.4 碰撞检查和管线综合优化

通过运用多专业集成应用平台对预埋管线进行碰撞检查，共发现碰撞点61个，其中孔洞8个、碰撞点53个。通过BIM碰撞检测，使得施工进度得以保证，避免了材料浪费和二次施工。

2.2.5 进度控制

通过BIM技术所建立的三维模型，将时间、空间、造价与信息结合在一起，可查看整个建造过程中造价曲线随时间变化的具体数值，也可在当前时间段内查看造价情况，方便现场采购、周转及工程时间节点安排。将BIM模型与施工进度计划及实际施工进度进行关联，制作进度模拟动画，通过颜色的变化及时发现工期的延误，在后续的施工中进行管控调整，共缩短关键线路施工时间12天。

3. BIM在中国港口领域应用过程中面临的主要问题

3.1 港口BIM应用体系架构存在缺失

BIM的核心价值是全过程、全生命周期的管理与服务。如前文所述，在港口领域，目前BIM



CONTENTS

- ▶ 통계로 보는 중국 : 중국의 전용화물 선석(만톤급)
- ▶ 전문가 칼럼 : 중국 항만건설 분야의 BIM 기술 응용 현황
- ▶ 동향 & 뉴스

在码头设计、航道工程和港口配套工程已经形成一定的生产能力，但在空间规划阶段，BIM的应用尚未得到足够重视，导致BIM的集成应用全流程中缺少了规划环节设计、施工等后期阶段存在超出规划范围的风险，管控手段缺失，管理能力不足，无法形成工程全生命周期管控成效。

3.2 港口空间规划技术手段滞后

当前，中国港口空间规划还停留在二维平面布置层面，“多规合一”的技术基础薄弱，多维多源空间信息分析手段缺失，对区域空间系统性适应性分析考虑不足。同时，港口空间规划成果仅包括规划文本和平面图纸，规划的实施只能通过个别指标进行控制，难以全面把控设计建设运营阶段存在的不确定因素，缺少统一的空间信息模型，无法预先研判规划实施完成后的效果和影响。此外，港口空间规划是基于固定时间节点的蓝图设计，不具备与实施进展同生的时间维度，缺少全生命周期规划管理的技术体系，随着时间推移，经常出现规划难以实施的情况，导致港口规划修订、调整频繁。

3.3 港口空间规划层面缺少BIM应用标准

为规范水运工程信息模型应用、统一信息模型应用基本要求，交通运输部发布了JTS/T 198-1-2019《水运工程信息模型应用统一标准》、JTS/T 198-2-2019《水运工程设计信息模型应用标准》和JTS/T 198-3-2019《水运工程施工信息模型应用标准》，在设计和施工层面明确了信息模型应用标准。随着BIM在港口工程的深入应用，规划层面的需求日益凸显，否则规划的指标体系难以在设计和施工阶段约束落实。港口规划、设计和施工是成体系的，平面设计和施工图也是在规划图纸的基础上逐步深化形成的。目前BIM应用标准体系中缺少对港口空间规划层面的统筹考虑。

4. 对韩国港口产业应用BIM的启示

从中国港口建设过程中应用BIM的现状可以得知，在设计和施工领域，由于BIM在工具性、协同性优势突出，研究应用相对广泛，而更加注重公用性、约束性、整体性的规划层面的应用则几近空白。因此，在港口规划阶段充分应用BIM技术，统筹考虑港口空间规划，进一步推动港产城一体化规划，最终将港口规划体系融入宏观层面的国土空间规划体系是未来港口开发建设中必须解决的问题。

4.1 创新港口空间规划技术方法，拓展港口规划方案的优化视角

通过基于港口规划的BIM模型，可为规划、建设等提供多属性、多维度的规划可视化分析系统，实现全生命周期管理，提高港口规划的空间可视化分析能力，推动规划方式从二维到三维的转变，通过多维度空间表达和分析，弥补传统二维设计方法的不足，从而优化规划方案，提高港口规划水平。此外，应从港口规划实际需要出发，逐步构建规划层面的BIM构件库，研究形成BIM规划指标的自动提取规则集，形成构建港口空间规划信息模型的构建和参数化方法体系。例如，从港城空间协调的角度，分析提出港口环境影响、空间尺度优化、安全影响等方面的评价指标，形成多维空间分析技术，为港口空间方案优化和定量评价影响指标提供技术支撑。

4.2 促进BIM+GIS 融合发展，提升港产城一体化规划的科学性

中国的港口总体规划文本中必须有“相关规划关系”的章节，论述港口总体规划与土地利用规划、城市总体规划、海洋功能区划、江河流域综合利用规划的关系。因此，港口规划也需要从港区选址到规划方案制定的各个环节中，充分统筹考虑区域城市发展、产业集聚、海洋保护开发的现实情况，科学划定港口规划边界，合理制定港口规划方案，促进港产城一体化发展。

GIS用于管理宏观尺度下的空间数据，BIM则侧重构建微观尺度下的三维规划模型。已有研究人员开发了常见的语义模型，如IFC(Industry Foundation Classes) 和CityGML(City Geography Markup Language)，能够实现BIM与GIS系统之间数据提取、整合多个模型的数据等。当前信息技术使得港口规划的研究从传统的二维延展至三维乃至更高维度，赋予更多的属性



CONTENTS

- ▶ 통계로 보는 중국 : 중국의 전용화물 선석(만톤급)
- ▶ 전문가 칼럼 : 중국 항만건설 분야의 BIM 기술 응용 현황
- ▶ 동향 & 뉴스

信息, 可以通过精准地理坐标匹配, 使规划方案更易落地, 空间展现更加直观, 相关规划衔接更加便捷。通过BIM与GIS的融合, 探索基于模型构件的组块生成技术, 可以使港口规划兼顾宏观与微观, 真正实现规划的编制协同, 以提高规划智慧化水平、空间分析及可视化能力。

4.3 有效衔接相关领域空规成果, 统筹空间资源的具体利用方案

传统港口规划使用二维制图方式, 难以有效地与城市规划等相关规划的具体布局方案衔接, 特别是管道、电缆等细部设施布置方案。在国土空间规划体系下, 港口规划不再是单一的码头作业区规划, 而是需要与城市、国土、水利等相关规划在空间资源利用方面更好地衔接与协调, 有效对接更多行业三维规划及设计成果, 进行规划碰撞检查, 保证规划的协调性和可行性。

4.4 完善水运工程标准体系, 适应水运工程全流程管理需要

为了完善港口规划和建设体系, 韩国需要制定涵盖港口规划、设计、施工阶段的BIM应用标准。在相关规范标准的指导下, 逐步建立完善港口规划BIM通用构件族库, 促进港口规划模型标准化、参数标准化、制图标准化、配色标准化等, 以便于港口规划人员高效便捷地进行港口规划中的水域、泊位、堆场、道路、设备等设施构件的三维布置, 利用参数化建模相关工具, 快速搭建出港口规划BIM模型, 充分发挥港口规划人员的规划知识和规划经验, 提高规划效率和质量。



CONTENTS

- ▶ 통계로 보는 중국 : 중국의 전용화물 선석(만톤급)
- ▶ 전문가 칼럼 : 중국 항만건설 분야의 BIM 기술 응용 현황
- ▶ 동향 & 뉴스

동향 & 뉴스

해운 · 항만 · 물류

- 광저우 난샤구 코로나19 방역작업 강화
- 선전 엔티엔항 적체 심각, 물류회사 더이상 업무 불가
- 광저우 난샤, 엔티엔, 셔커우, 츠완 등 항만 적체 심각
- 클락슨 리서치: 중국 컨테이너 정기선사 아시아 무역의 핵심 역할 수행
- 푸젠(福建)성, 동남지역 국제해운센터 건설 강화
- COSCO그룹, 500만개 컨테이너 생산 성공
- 컨테이너 운임 10배 폭증에도 공컨 부족난 악화
- MSC의 아시아-유럽 Sea & Rail 복합운송 서비스, 시장의 호응을 받음
- 중국 항만 컨테이너 터미널 고품질 세미나 루저우에서 개최
- 철광석 가격 폭락! 중국 항만 거래량 60% 가까이 급감
- 우한 1분기 컨테이너 물동량 270% 증가
- 「다렌 총체계획(2018-2035년)」 발표
- WANHA, 첫 마동항로 개통 및 10척 컨테이너선 투입
- 창장간선 주요 항만기업 2021년 5월 생산 동향

해양 · 수산

- 「2020년 중국 해양생태환경 상황 공보」 발표
- 자연자원부와 국가발전개혁위원회 「해수 담수화 이용 발전 행동계획(2021~2025년)」 공동 발표
- 광둥성, 첫 해양경제발전지수 및 「광둥 해양경제발전보고(2021)」 발표
- 「하이난성 해양경제발전 '14·5' 계획」 발표
- 자연자원부: 중국 생태보호 레드라인 확정 초보적 완료
- 선전 「'14·5' 계획 강요」에서 '글로벌 해양중심도시 건설 가속화' 장 설정
- 산둥성 「재상가능 에너지 고품질 발전 촉진에 관한 의견」 발표, 해상풍력발전 기지 건설 촉진 제시
- 상해교통대학교 3개 '탄소지수' 첫 발표
- 세계자연기금(WWF)과 북경기업가환경 보호기금 등 「황해생태구 해양보호지 이니셔티브」 공동 발표
- 중국 첫 '블루카본'사업 거래 정식 완성