2024년08월10일년 정수시설운영관리사 3급 1차 필기시험 기출문제 답안

【1과목 : 20문제】 수처리공정	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	②	①	①	④	④	③	①	③	①	③
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	③	④	③	②	②	①	④	②	②	①

【2과목 : 20문제】 수질분석 및 관리	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	③	④	②	①	③	②	①	④	④	③
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	①	②	①	④	④	③	④	①	③	②

【3과목 : 20문제】 설비운영(기계·장치 또는 계측기 등)	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	④	②	①	①	④	②	①	①	③	④
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	②	④	①	②	④	②	②	③	④	③

【4과목 : 20문제】 정수시설 수리학	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	④	③	①	③	②	④	②	①	①	③
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
	①	④	①	③	③	④	④	②	④	③

전자문제집 CBT 홈페이지 : https://www.cbtestpro.kr

최신 수정 자료와 해설(오타・오답・규정변경)은 cbtestpro.kr 웹 및 앱에서 확인하세요.

기출문제의 저작권은 출제기관에 있습니다. cbtestpro.kr 및 관련 앱에서는 편집 및 재구성 작업만 하였음을 밝힙니다.

CBT기출문제

전자문제집 CBT

빠르고 효과적으로 배워 시험 합격을 노려라!

Download on the App Store

GET IT ON Google Play

【1과목】 수처리공정 (20문제)

1. 응집제에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 황산알루미늄은 대부분의 경우 액체가 사용된다.

② 철염계 응집제는 플록이 침강하기 어렵다.

③ 폴리염화알루미늄은 분말활성탄과 구분하기 위하여 PACl이라고 표시한다.

④ 폴리염화알루미늄은 황산알루미늄보다 적정주입 pH 범위가 넓다.

2. 응집보조제에 관한 설명으로 옳은 것은?

① 주입량은 처리수량과 주입률로 산출한다.

② 알긴산나트륨은 액상을 주로 사용한다.

③ 활성규산은 응집보조제로서 활성화 조작이 쉽다.

④ 주입지점은 혼화가 어려운 지점으로 한다.

3. 플록형성지에 관한 설명으로 옳은 것은?

① 플록형성지는 직사각형이 표준이다.

② 교반강도는 하류로 갈수록 증가시킨다.

③ 플록형성시간은 계획정수량에 대하여 20~40초이다.

④ 플록형성지는 침전지와 떨어지게 설치한다.

4. pH 조정제로 사용되지 않는 것은?

① 소다회

② 소석회

③ 수산화나트륨

④ 규산나트륨

5. 급속여과지의 성능평가 지표가 아닌 것은?

① 여과수탁도

② 여과지속시간

③ 역세척수량의 여과수량에 대한 비율

④ 손실수두

6. 완속여과지의 표준 모래층 두께(cm)는?

① 10~30

② 40~60

③ 70~90

④ 100~120

7. 급속여과지의 하부집수 방식이 아닌 것은?

① 블랑키트 블록형

② 휠러 블록형

③ 스트레이너 블록형

④ 유공 블록형

8. 자외선 소독에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 살균력을 갖는 가장 적합한 파장은 253.7 nm이다.

② 타 소독에 비해 무독성이다.

③ THM 생성, 높은 유지관리비 등의 단점이 있다.

④ 영향인자는 수질, 램프의 상태 등이 있다.

9. 염소소독에 관한 설명으로 옳은 것은?

① 유리염소는 차아염소산(HOCl)과 차아염소산이온(OCl-)을 말한다.

② 차아염소산보다 차아염소산이온이 살균작용이 강하다.

③ 클로라민은 염소가 수중의 인화합물과 반응하여 형성한다.

④ 결합염소는 모노클로라민(NH2Cl), 디클로라민(NHCl2), 트리클로라민(NCl3)을 말한다.

10. 전염소 및 중간염소처리의 목적으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

ㄱ. 세균 제거	ㄴ. 1,4-다이옥산 제거
ㄷ. 철과 망간 제거	ㄹ. 맛과 냄새 제거

① ㄱ, ㄴ, ㄷ

② ㄱ, ㄴ, ㄹ

③ ㄱ, ㄷ, ㄹ

④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

11. 염소의 살균력에 관한 설명이다. ( )에 들어갈 내용을 순서대로 나열한 것은?

동일한 접촉시간으로 동등한 소독효과를 달성하기 위해서는 결합잔류염소는 유리잔류염소에 비하여 ( )배의 양을 필요로 하고, 동일한 양을 사용하여 동등한 효과를 올리기 위해서는 약 ( )배의 접촉시간이 필요하다.

① 5, 30

② 15, 50

③ 25, 100

④ 50, 150

12. 유량이 10,000 m^3/d인 처리수에 평균 6 mg/L의 비율로 염소를 주입시켰다. 이 때 잔류염소량이 2 mg/L인 경우 이 처리수의 염소요구량(kg/d)은?

① 24

② 30

③ 36

④ 40

13. 배오존처리방법에 해당하지 않는 것은?

① 가열분해법

② 촉매분해법

③ 증발분해법

④ 활성탄흡착분해법

14. 액화염소의 저장설비에 관한 설명으로 옳은 것은?

① 저장량은 항상 1일 사용량의 3~5일분이다.

② 저장용기는 50 kg, 100kg, 1ton을 사용한다.

③ 저장용기는 40 ℃이상으로 유지한다.

④ 저장용기는 직접 가열해도 무방하다.

15. 배출수처리공정에 관한 설명으로 옳은 것은?

① 발생한 배출수는 전량 처리하는 것이 경제적이다.

② 계획탁도는 고탁도시의 취수 회피를 고려하여 결정한다.

③ 계획처리고형물량은 표면부하율을 기초로 하여 산정한다.

④ 슬러지케이크는 「하수도법」에 따라 적정하게 처분되어야 한다.

16. 배출수처리시설의 배출신고량이 1-3종에 해당하는 경우 부착해야할 TMS 수질자 동측정기기에 해당하지 않는 것은?

① 탁도

② 수소이온농도

③ 총질소

④ 총인

17. 미량 오염물질과 처리방법 간의 연결로 옳지 않은 것은?

① 비소 - 이산화망간 흡착처리

② 소독부산물 전구물질 – 중간염소처리

③ 트리클로로에틸렌 – 입상활성탄처리

④ 음이온계면활성제 - 폭기처리

18. 해수담수화용 폴리아미드계 역삼투막에 관한 설명으로 옳은 것은?

① 비교적 무른 지지층으로 쉽게 압밀화된다.

② 온도가 높을수록 물의 투과율과 염분투과율 모두 커지는 경향이 있다.

③ 염소 등의 산화제에 대한 내성이 크다.

④ 셀루로오스아세테이트계 막에 비해 유기물 제거성이 낮다.

19. 막모듈의 하부로부터 블로어를 사용하여 막의 1차측에서 기액혼합류로 세척하는 방식은?

① 역압수세척

② 에어스크러빙

③ 역압공기세척

④ 기계진동

20. 입상활성탄 흡착공정 설계인자 중 입상활성탄층을 통과하는 1시간당 처리수량을 입상활성탄의 용적으로 나눈 값은?

① 공간속도(SV)

② 공상접촉시간(EBCT)

③ 선속도(LV)

④ 흡착능력(AC)

【2과목】 수질분석 및 관리 (20문제)

21. 먹는물수질공정시험기준상 따로 조제방법을 기재하지 아니한 20 % 수산화나트륨 용액에 녹아있는 용질의 g수는? (단, 용액의 부피는 200 mL이다.)

① 10

② 20

③ 40

④ 60

22. 수질오염공정시험기준상 색도 계산시 각 파장(nm)에서 각 농도별 색도 표준용액에 대해 먼저 측정하여야 하는 것은?

① 입사광도

② 산란광도

③ 흡광도

④ 투과율

23. 먹는물수질공정시험기준상 산성 또는 알칼리성의 정도를 개략적으로 표시한 pH 범위로 옳은 것은?

① 강산성: 약 2 이하
② 약산성: 약 3 ~ 5
③ 강알칼리성: 약 12 이상
④ 약알칼리성: 약 8 ~10

24. 수질오염공정시험기준상 배출허용기준 적합여부를 판정하기 위해 복수시료를 채취하는 경우 단일시료로 합쳐서 측정해도 되는 항목은?

① 부유물질
② 시안(CN)
③ 대장균군
④ 노르말헥산추출물질

25. 다음이 설명하는 시험방법에 해당되는 심미적 영향물질은?

> 암모니아 완충용액을 넣어 pH 10으로 조절한 다음 적정에 의해 소비된 EDTA 용액으로부터 탄산칼슘의 양으로 환산하여 구함

① 세제
② 탁도
③ 경도
④ 잔류염소

26. 정수지에서 잔류염소의 농도가 0.6 mg/L, 소독제의 접촉시간이 50 min, 정수지에서의 불활성화비가 6일 때, $CT_{요구값}$은?

① 4
② 5
③ 6
④ 7

27. 먹는물 수질감시항목 운영 등에 관한 고시상 상수원수의 Geosmin 및 2-MIB에 의한 조류경보 발생 단계에 따른 검사주기로 옳지 않은 것은?

① 평상시: 1회/반기
② 관심단계: 1회/주
③ 경계단계: 2회/주
④ 조류대발생단계: 3회/주

28. 먹는물수질공정시험기준상 잔류염소의 측정방법이 아닌 것은?

① DPD 비색법
② OT 비색법
③ DPD 분광법
④ 연속흐름법

29. 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙상 광역 및 지방상수도의 정수장에서 매일 1회 이상 수질검사를 하여야 하는 항목에 해당되지 않는 것은?

① 맛
② 냄새
③ 잔류염소
④ 일반세균

30. 원수의 수질변화나 수온, 탁도, pH, 알칼리도 등에 의해 달라지는 응집제 주입율을 결정하는 방법 등에 해당되지 않는 것은?

① 자-테스트(Jar-test)
② 제타포텐셜 미터(Zeta potential meter)
③ 수류식 혼화(Hydraulic mixing)
④ 흐름전위측정(Streaming current detector)

31. 먹는물관리법상 먹는물공동시설에 해당되지 않는 것은?

① 하천수
② 약수터
③ 샘터
④ 우물

32. 유량이 2,000 m^3/d이고, 수심 5 m, 길이 40 m, 폭 8 m인 침전지에서 침전효율을 나타내는 표면부하율(m/d)은?

① 1.25
② 6.25
③ 10.0
④ 50.0

33. 물환경보전법상 비점오염원에 해당되지 않는 것은?

① 축사 연결 수로
② 도로
③ 산지
④ 공사장

Download on the App Store 전자문제집 CBT(App Store) :[다운로드]

GET IT ON Google Play 전자문제집 CBT(Google Play) :[다운로드]

34. 지하수법상 지하수 보전구역으로 지정할 수 있는 지역에 해당하지 않는 것은?

① 지하수의 지나친 개발 · 이용으로 인하여 지하수의 고갈 현상이 발생한 지역

② 지하수의 지나친 개발 · 이용으로 인하여 지반침하 현상이 발생한 지역

③ 지하수의 지나친 개발 · 이용으로 하천이 마르는 현상이 발생할 우려가 있는 지역

④ 지하수개발 · 이용량이 기본계획에서 정한 지하수개발 가능량에 비해 현저하게 낮다고 판단되는 지역

35. 하천법상 가뭄의 장기화 등으로 하천수 사용 허가수량을 조정하지 않으면 공공의 이익에 해를 끼칠 우려가 있는 경우에 하천수 사용자의 사용을 제한할 수 있는 결정권자는?

① 관할 구역의 군수, 구청장

② 관할 구역의 시 · 도지사

③ 국토교통부장관

④ 환경부장관

36. 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙상 염지하수의 방사능 수질기준에 해당 되지 않는 항목은?

① 세슘(Cs-137)

② 스트론튬(Sr-90)

③ 셀레늄(Se-78)

④ 삼중수소

37. 수도법상 수도사업자가 일반 수요자에게 원수나 정수를 공급하기 위한 급수설비에 해당하지 않는 것은?

① 저수조

② 계량기

③ 수도꼭지

④ 배수관

38. 수도법령상 정수처리 된 물의 불활성화 기준이 적합한지를 확인하기 위한 검사 항목에 해당되지 않는 것은?

① 색도

② 수온

③ 잔류소독제 농도

④ 수소이온농도(pH)

39. 수도법령상 상수도관망시설의 규모가 1,000 km 이상 1,500 km 미만인 경우 일반 수도사업자가 배치하여야 할 상수도관망시설운영관리사의 배치기준은?

① 2급 2명 이상

② 2급 4명 이상

③ 1급 1명 이상, 2급 2명 이상

④ 1급 3명 이상, 2급 3명 이상

40. 막여과 정수시설의 설치기준상 막여과 정수시설에 사용되는 수도용 막의 염화나트륨 제거율이 93 % 미만이고 이온이나 저분자량 물질을 제거하는데 적합한 여과법은?

① 정밀여과법

② 나노여과법

③ 한외여과법

④ 역삼투법

【3과목】 설비운영(기계·장치 또는 계측기 등) (20문제)

41. 응집제 저장설비의 표준 용량은 며칠 분 이상으로 하는가?

① 5

② 10

③ 15

④ 30

42. 횡류식 침전지의 정류설비에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 정류벽 등을 설치하여 유입수가 침전지의 횡단면에 균등하게 유입되도록 한다.

② 정류벽을 유입단에서 0.5 m 이상 떨어져 설치한다.

③ 정류벽에서 정류공의 총면적은 유수단면적의 6% 정도를 표준으로 한다.

④ 침전지 내에서 편류나 밀도류를 발생시키지 않고 제거율을 높이기 위한 설비이다.

43. 다음에서 설명하는 급속혼화시설은?

○ 혼화강도의 조절이 어렵다.
○ 와류의 정도가 처리수량에 좌우된다.
○ 혼화장치에는 파샬플룸, 벤츄리미터 등이 있다.

① 수류식 혼화

② 기계식 혼화

③ 인라인 고정식 혼화

④ 파이프 격자에 의한 혼화

44. 침전지 이전에 염소제를 주입하는 방식은?

① 전염소처리
② 중간염소처리
③ 후염소처리
④ 재염소처리

45. 급속여과지에서 역세척 효과가 불충분할 경우에 나타날 수 있는 현상이 아닌 것은?

① 여과지속시간의 감소
② 여과수질의 악화
③ 머드볼의 발생
④ 여과층 표면의 균일

46. 배출수처리시설에서 침전슬러지를 받아들이는 시설은?

① 배출수지
② 배슬러지지
③ 농축조
④ 여과지

47. 정수장 배출수 처리의 일반적인 순서로 옳은 것은?

① 조정→농축→탈수→처분
② 조정→탈수→농축→처분
③ 농축→탈수→조정→처분
④ 농축→조정→처분→탈수

48. 하천수나 지하수를 착수정까지 양수하기 위해 설치하는 펌프는?

① 취수펌프
② 배수펌프
③ 가압펌프
④ 고양정펌프

49. 역류방지용 밸브가 아닌 것은?

① 스윙식 체크밸브
② 풋밸브
③ 콘밸브
④ 플랩밸브

50. 구조가 견고하고 가격이 저렴하며 운전과 보수가 용이해서 펌프 구동용으로 가장 일반적으로 사용되는 전동기는?

① 영구자석형 전동기
② 직류전동기
③ 분권전동기
④ 3상 유도전동기

51. 펌프를 선정할 때 사용하는 대표값으로 계획수량, 동수압, 관로 특성 등을 고려해서 사용하는 값은?

① 회전속도
② 비속도
③ 토출량
④ 전양정

52. 한국전기설비규정(KEC)에서 정한 중성선의 색상은?

① 갈색
② 녹색
③ 회색
④ 청색

53. 광도 I 가 400 cd 인 광원으로부터 2 m 떨어진 곳의 법선조도 E(lx)는?

① 100
② 200
③ 566
④ 800

54. 피뢰기에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 피뢰기는 보호대상기기와 가능하면 가깝게 설치한다.
② 피뢰기 제한전압은 실효치로 표시한다.
③ 직렬갭은 속류를 차단한다.
④ 특성요소는 비직선 저항체로 이상전압의 파고치를 저감시킨다.

55. 소독설비에서 미리 설정된 염소주입률로 주입량을 제어하는 방식은?

① 정치제어
② 피드백제어
③ 케스케이드제어
④ 유량비례제어

56. 상수도시설에서 계측제어용 기기에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 계측제어기기는 일반적으로 검출부, 표현부, 조절부, 조작부 및 전송부로 나누어진다.

② 표현부는 수위, 압력, 수량 및 수질 등의 변화량을 검출하여 신호로 변환하는 장치이다.

③ 조작부는 조절부로부터 조작신호를 받아 제어목적을 달성하기 위하여 작동하는 장치이다.

④ 전송부는 검출부, 표현부, 조절부 및 조작부의 상호간에 신호를 전달하는 장치이다.

57. 감시조작설비 중 현장제어반을 나타내는 것은?

① COS

② FCS

③ EWS

④ DS

58. 패러데이 법칙을 응용한 유량계는?

① 초음파유량계

② 차압식유량계

③ 전자식유량계

④ 위어식유량계

59. 산업안전보건법령상 안전인증대상기계 등의 안전인증의 전부 또는 일부를 면제 받을 수 있는 요건이 아닌 것은?

① 연구 · 개발을 목적으로 제조 · 수입하거나 수출을 목적으로 제조하는 경우

② 고용노동부장관이 정하여 고시하는 외국의 안전인증기관에서 인증을 받은 경우

③ 다른 법령에 따라 안전성에 관한 검사나 인증을 받은 경우로서 고용노동부령으로 정하는 경우

④ 3년 이상 해당 사업장에서 사용하여 안전이 입증된 경우

60.

안전보건표지가 의미하는 것은?

① 산화성 물질 경고

② 폭발성 물질 경고

③ 인화성 물질 경고

④ 화기 금지 경고

【4과목】 정수시설 수리학 (20문제)

61. 베르누이 방정식에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 총수두는 압력수두, 위치수두, 속도수두의 합으로 표현된다.

② 개수로에서 동수경사선은 수면과 일치한다.

③ 동수경사선은 압력수두와 위치수두의 합을 연결한 선이다.

④ 비정상류 흐름으로 가정한다.

62. 관의 길이가 30 m이고 관경이 500 mm인 관로에서 속도수두가 마찰손실수두의 1/4이라면 마찰손실계수는?

① 0.033

② 0.037

③ 0.067

④ 0.075

63. 압력의 차원을 [MLT]계로 옳게 나타낸 것은?

① [ML-1T-2]

② [ML-2T-3]

③ [ML-2T]

④ [ML2T-3]

64. 물의 밀도에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 0 °C에서 물의 밀도는 얼음의 밀도보다 크다.

② 물의 동점성계수는 점성계수를 밀도로 나눈 값이다.

③ [MLT]계로 물의 밀도는 [MLT-3]이다.

④ 물의 밀도는 약 4°C, 1기압에서 가장 크다.

65. 다음 ( )에 들어갈 내용으로 옳은 것은? (단, P(압력), γ(단위중량), z(임의의 기준으로부터의 높이), V(유속), g(중력가속도), H(전수두)이다.)

유체의 에너지방정식: 일정(Constant)
= z + (ㄱ) + (ㄴ)

① ㄱ: H, ㄴ: P2/γ

② ㄱ: P/γ, ㄴ: V2/2g

③ ㄱ: P/γ2, ㄴ: V/(2g)2

④ ㄱ: (P/γ)2, ㄴ: (V/2g)2

66. 개수로의 흐름에서 프루드수(Fr)에 관한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, $\mathrm{Fr}=\frac{\mathrm{V}}{\sqrt{\mathrm{gh}}}$)

① $\sqrt{\mathrm{gh}}=\mathrm{V}$: 한계류

② $\sqrt{\mathrm{gh}}<\mathrm{V}$: 사류

③ $\sqrt{\mathrm{gh}}>\mathrm{V}$: 상류

④ 관성력과 점성력의 비로 나타낸다.

67. 정수장내 오존소독에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 맛 · 냄새물질을 제거한다.

② 소독부산물을 다량 발생시킨다.

③ 색도의 제거가 가능하다.

④ 오존주입량은 처리수량에 주입률을 곱하여 산정한다.

68. 완속여과지의 표준 여과속도(m/d)는?

① 4~5

② 50~100

③ 120~150

④ 240~300

69. 침전지에서 침전효율을 나타내는 기본적인 지표로 옳은 것은?

① 표면부하율

② 불활성비

③ 속도경사

④ 오존주입률

70. 물이 가득차서 흐르는 원형관의 직경이 60 cm일 때, 관의 동수반경(cm)은?

① 5

② 10

③ 15

④ 20

71. 관수로의 흐름에서 마찰손실수두(h_L)에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 관의 직경에 비례한다.

② 속도수두에 비례한다.

③ 관의 길이에 비례한다.

④ 마찰손실계수에 비례한다.

72. 관로길이가 100 m이고 관경이 100 mm인 관수로에서 평균유속이 5.0 m/s로 물이 흐 르고 있다. 마찰손실계수가 0.015일 때, 발생하는 마찰손실수두(m)는 약 얼마인가? (단, 중력가속도는 9.8 m/s^2 이다.)

① 7.5

② 10.5

③ 15.4

④ 19.1

73. 레이놀즈수(Reynolds)가 400일 때, 개수로의 흐름상태로 옳은 것은?

① 층류

② 와류

③ 상류

④ 난류

74. 밸브의 급폐쇄 또는 급가동으로 인하여 관로 내 흐름의 운동에너지가 압력에너지로 변환되어 관로벽에 충격을 주는 현상은?

① 양력작용

② 모세관현상

③ 수격작용

④ 도수현상

75. 전양정이 5 m일 때, 5.0 kW의 펌프로 0.07 m^3/s의 물을 양수했다면, 이 펌프의 효 율은 약 얼마인가? (단, 물의 단위중량은 1,000 kgf/m^3, 중력가속도는 9.8 m/s^2이며, 손실수두는 무시한다.)

① 0.29

② 0.49

③ 0.69

④ 0.89

76. 펌프특성곡선을 통해 확인 할 수 있는 항목이 아닌 것은?

① 효율

② 축동력

③ 양정

④ 프루드수

77. 펌프의 토출량이 13.5 m^3/min이고, 흡입구 유속이 1.5 m/s일 때, 펌프의 흡입구경(mm)은? (단, 흡입구경 $D = 146\sqrt{\frac{Q}{V}}$ 이다.)

① 138
② 238
③ 338
④ 438

78. 8 m^3/s의 물을 총양정 20 m의 높이로 양수하는데 필요한 펌프의 동력(HP)은 약 얼마인가? (단, 펌프 효율은 85 %, 손실수두는 무시하며, 중력가속도는 9.8 m/s^2, 물의 단위중량은 1,000 kgf/m^3 이다.)

① 742
② 2,509
③ 4,239
④ 6,381

79. 펌프의 운전에 관한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

ㄱ. 병렬운전은 양정의 변화가 적고 양수량의 변화가 큰 경우에 적합하다.
ㄴ. 직렬운전인 경우 펌프 운전점의 양정은 단독운전 양정의 2배로 하여 구한다.
ㄷ. 병렬 운전인 경우 펌프 운전점의 양수량은 단독운전 양수량의 2배 보다 적다.
ㄹ. 관로 저항곡선의 구배가 급한 곳에서는 직렬운전이 유리하다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

80. 펌프의 비속도(Ns)를 나타내는 식은? (단, N은 분당 회전수, H는 최고효율점의 전양정, Q는 최고효율점의 양수량이다.)

① $N_s = N\frac{Q^{1/2}}{H^{4/3}}$
② $N_s = N\frac{Q^{1/3}}{H^{4/3}}$
③ $N_s = N\frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$
④ $N_s = N\frac{Q^{1/3}}{H^{3/4}}$