

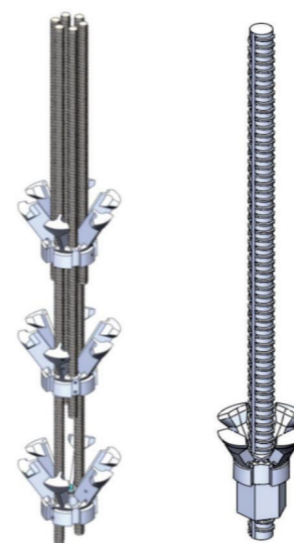


世界上三种锚固

膨胀锚固 (传统)

粘接锚固 (传统)

自锁锚固 (巨成首创)



世界上第三种锚固

最安全

最耐久

最耐候

巨成周氏扩孔自锁锚杆用户手册

USER MANUAL OF JUCHENG ZHOU'S
COUNTERBORE SELF-LOCKING ANCHOR ROD

2025年12月版

武汉巨成结构集团股份有限公司

www.wudajucheng.com

总部: 武汉市东湖新技术开发区武大科技园巨成大厦

电话: (027) 87253366 87253338 邮编: 430223

E-Mail: wjdc@wudajuhceng.com 材料销售部: 139 7100 8182



应用范围

一、短锚杆

1. 替代化学植筋
2. 加固工程
3. 设备与构件安装

二、中长锚杆

1. 基础抗浮/抗拔
2. 边坡支护
3. 隧洞支护
4. 大坝整体性能提升
5. 风机基础锚固
6. 大体积混凝土预应力加固

三、瞬时自锁锚杆

四、耐温环境

五、耐腐蚀环境

六、可拆卸重复使用

目录

1	企业简介	01
2	产品简介	02
3	短锚杆	05
	产品参数	06
	施工工艺	09
	设计方法	12
	典型案例	13
	民用工程案例	16
	工业工程案例	18
	电力与新能源工程案例	22
	交通工程案例	26
	动力基础案例	27
4	中长锚杆	28
	产品参数	29
	施工工艺	30
	设计方法	32
	抗浮工程案例	33
	边坡支护案例	39
	隧洞支护案例	40
	风机基础工程案例	41
	大坝整体性能提升案例	42
	大体积混凝土(预应力)加固工程案例	43
5	瞬时自锁锚杆	45
6	耐温锚杆	46
7	耐腐蚀锚杆	48
8	可拆卸锚杆	49

企业简介

武汉巨成结构集团股份有限公司(巨成结构)是由武汉大学和教授团队共同发起创办,1999年12月8日在国家工商总局注册的国家高新技术企业,国家级专精特新“小巨人”企业。

公司总部位于东湖高新区的武大科技园内,拥有一栋由巨成结构应用自己专利打造的十九层清水混凝土总部办公大楼和产品生产基地。公司旗下拥有巨成研究院、营销公司、检测公司、设计公司、材料公司和工程公司,集研究开发、检测鉴定、设计咨询、销售与施工于一体,形成完整建筑物改造的产业链。公司的营销网络设置有华中、华北、南方、华东、西南、东北和西北共七个大区,在全国所有省会城市和直辖市设有代表处。

公司已申报和获得国际与国内发明专利400余项,并以自己的专利为核心内容主编了九部中国工程建设标准化协会标准、六部湖北省地方标准,参编国家标准和行业标准十八部。获得的主要荣誉包括:三峡集团授予的“样板工作面”、国家工信部“知识产权转化标杆企业”、中国水力发电科学技术特等奖等。

公司的主业是服务于既有建筑物的整体改造,包括建筑功能改造、建筑外观改造、建筑结构加固、建筑的环保与耐久性改造等。公司拥有相应产品生产标准和各类资质,已为工业与民用建筑、能源、交通、水利、市政等各行各业实施了逾6000个改造工程。

巨成结构核心的创新点在于,能用巨成的综合科技实力,将老旧的建筑物改造成具有现代功能的建筑物,从而可以为客户创造最优价值,可以最大限度地减少建筑垃圾排放,为人类提供建筑宜居环境。

巨成结构将在竭诚为客户提供超越顾客满意度务的过程中,成为建筑物改造的艺术大师!



产品简介

世界上已有的两种传统锚固技术,分别是膨胀锚固和粘结锚固,自锁锚固是世界上第三种锚固技术,最安全、最耐久、最耐候。

最安全: 机械自锁、安全可靠

最耐久: 采用水泥基注浆材料,与原结构同寿命

最耐候: 耐水、耐湿、耐高温、耐低温

扩孔自锁锚固技术由周剑波教授原创。1999年第一项专利诞生,研发团队经过二十年的潜心研发与应用,于2018年12月8日正式向社会发布巨成周氏自锁锚固产品。

锚固机理:通过底部扩大形成机械咬合力提供瞬时锚固力,确保锚固可靠性。通过专利扩孔设备在直孔端部扩锥形孔,锚杆在扩孔处张开与孔壁贴合,扩孔段与直孔段空隙用无收缩高强注浆料充满,锚固体与被锚固体同寿命,达到与预埋一样的效果。

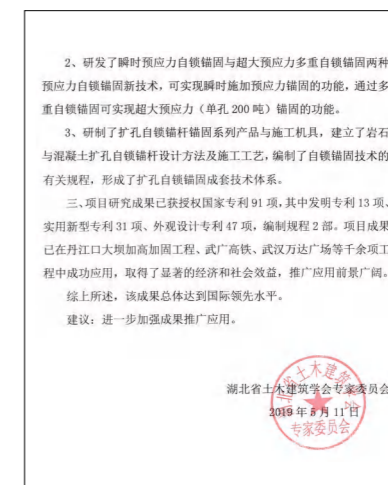
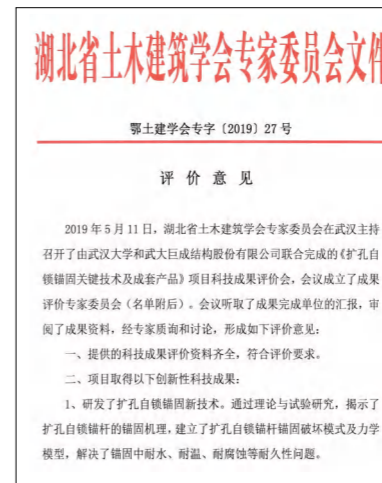
专利成果:专利164项(截至2025年12月)

主编规程:湖北省地方标准《岩石与混凝土自锁锚固技术规程》(DB42/T 1488-2018)

中国工程建设标准《扩孔自锁锚固技术规程》(T/CECS 813-2021)

成果评价:2019年湖北省土木建筑学会组织两位中国工程院院士、三位全国工程勘察设计大师等11位专家,对扩孔自锁锚固技术及产品进行成果评价,评价意见为“国际领先水平”。

成果应用:已在丰城电厂冷却塔加固、丹江口大坝加高加固工程、武广高铁、武汉万达广场等工业与民用建筑、水利水电、火力发电、新能源工程、市政交通、港航、核电等行业千余个项目中成功应用,取得了显著的经济和社会效益。



产品优势

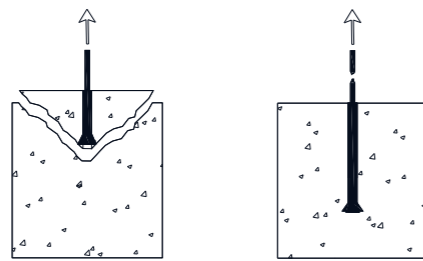
核心特点

传统锚固技术都是在直孔内形成的,主要有膨胀型和粘结型两种锚固方式,膨胀型锚固由于其固有的缺陷(抗拔力低、不能承担疲劳荷载等),使之在受力性能上始终存在缺陷;化学植筋则是依靠结构胶粘剂将钢筋与基材粘接为一体提供锚固力,其耐温、耐湿、耐候性能较差,抗蠕变和抗疲劳性能弱,存在一定的安全隐患,难以满足现代建筑结构的要求。



自锁锚固机理及受力原理图

2.破坏机理:两种破坏模式



(1) $H < 7d$ 时
拉剪破坏
(2) $H > 7d$ 时
强度破坏

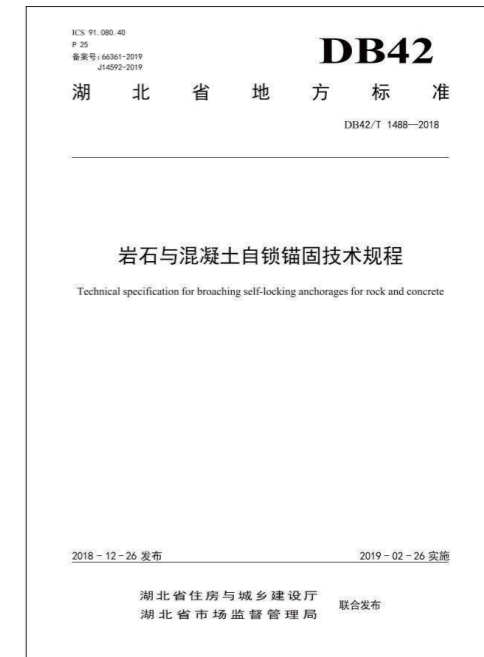
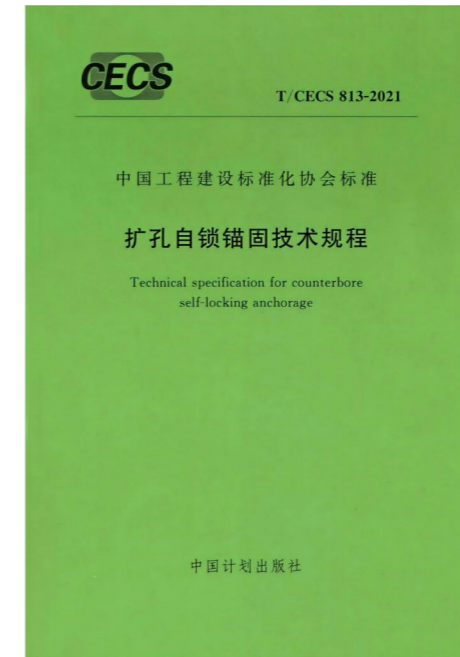
自锁锚杆两种破坏模式

3.产品优点:具有耐水、耐高温、与原结构同寿命等优点,可替代化学植筋进行后锚固应用。

- 底部扩大形成机械咬合提供锚固力,锚固深度更浅;
- 锚杆孔灌注高强度无机注浆材料,不惧温度和湿度的影响;
- 耐久性与被锚固体一致,克服了化学植筋不耐高温、不耐潮湿以及耐久性差的问题。

标准与荣誉

主编标准



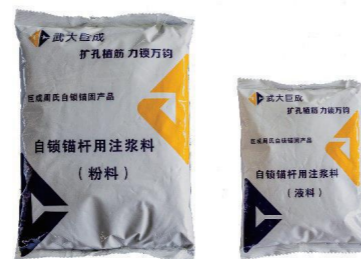
荣誉奖项



短锚杆



自锁锚杆杆体及楔块



专用高弹性模量型水泥基注浆材料



张开前 张开后
扩孔钻头



配套钻杆



机械式测孔仪 内窥镜测孔仪
检测仪器



电镐及锚杆安装器
安装机具

产品参数

短锚杆性能参数

自锁锚杆参数表(5.8级、8.8级)

锚杆型号	标准产品杆体长度(mm)		杆体计算截面积(mm ²)	直孔孔径(mm)	扩孔孔径(mm)	抗拉承载力设计值(kN)		抗剪承载力设计值(kN)		标准产品配套螺母
	5.8级	8.8级				5.8级	8.8级	5.8级	8.8级	
JCZ-MG-12	216	252	84.3	16	26	25.9	41.5	13.0	20.8	M12×1.75
JCZ-MG-14	252	294	115	18	29	35.3	56.6	17.7	28.3	M14×2
JCZ-MG-16	288	336	157	20	32	48.3	77.2	24.2	38.6	M16×2
JCZ-MG-18	324	378	192	22	36	59.0	94.5	29.5	47.3	M18×2.5
JCZ-MG-20	360	420	245	25	40	75.3	120.6	37.7	60.3	M20×2.5
JCZ-MG-22	396	462	303	28	45	93.2	149.1	46.6	74.6	M22×2.5
JCZ-MG-25	450	525	353	30	48	108.6	173.7	54.3	86.9	M24×3
JCZ-MG-28	504	700	459	32	52	141.2	225.9	70.6	113.0	M27×3
JCZ-MG-32	576	800	561	36	58	172.6	276.1	86.3	138.1	M30×3.5
JCZ-MG-36	648	900	817	40	64	251.3	420.2	125.7	210.1	M36×4

注:

1. 自锁锚杆由杆体和锚头组成;
2. JCZ-MG-XX:“XX”指锚杆杆体直径;
3. 杆体长度和螺纹长度可以根据需要定制;
4. 本表杆体材料性能等级为5.8级和8.8级,其它钢材等级可定制。

注浆料性能参数

注浆料产品性能表

序号	检验项目	要求	
1	抗压强度	1d	≥30N/mm ²
		3d	≥55N/mm ²
		7d	≥65N/mm ²
		28d	≥85N/mm ²
2	抗压弹性模量	7d	≥3.5×10 ⁴ N/mm ²
		28d	≥4.0×10 ⁴ N/mm ²

注:

1. 注浆料为微膨胀;
2. 注浆料分为稠态和流态,稠态注浆料适用于水平/竖直向上孔,流态注浆料适用于竖直向下孔;
3. 制浆工艺:
 - (1) 采用砂浆搅拌机或电动搅拌工具进行搅拌;
 - (2) 按照注浆料粉料:液料=1:0.12±0.01的配比(质量比),先将液料放入搅拌机(器)中,再缓慢加入50%粉料,搅拌均匀(2min左右);
 - (3) 缓慢加入剩下50%粉料,继续搅拌3min左右直到可灌状态;
 - (4) 一次搅拌量应控制在30min内用完。

产品锚固深度

自锁锚杆计算锚固深度表

锚杆型号	不同强度等级混凝土基材对应自锁锚杆的计算锚固深度(mm)										标准产品	
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	锚固深度(mm)	杆体长度(mm)
JCZ-MG-12	14.9d	10.4d	9.7d	9.1d	8.7d	8.3d	8.0d	7.7d	7.5d	7.3d	18.0d	21.0d
JCZ-MG-14	20.6d	11.0d	10.3d	9.6d	9.2d	8.8d	8.4d	8.1d	7.8d	7.6d	18.0d	21.0d
JCZ-MG-16	27.8d	14.9d	11.0d	10.4d	9.9d	9.4d	9.1d	8.8d	8.5d	8.2d	18.0d	21.0d
JCZ-MG-18	29.0d	16.8d	11.2d	10.6d	10.0d	9.6d	9.2d	8.9d	8.6d	8.4d	18.0d	21.0d
JCZ-MG-20	27.7d	14.9d	11.9d	11.2d	10.6d	10.1d	9.8d	9.4d	9.1d	8.9d	18.0d	21.0d
JCZ-MG-22	26.3d	13.4d	12.4d	11.7d	11.1d	10.6d	10.2d	9.9d	9.6d	9.3d	18.0d	21.0d
JCZ-MG-25	27.6d	15.7d	12.1d	11.4d	10.8d	10.4d	10.0d	9.6d	9.3d	9.0d	18.0d	21.0d
JCZ-MG-28	36.6d	25.8d	15.4d	12.1d	11.5d	11.0d	10.6d	10.2d	9.9d	9.6d	22.0d	25.0d
JCZ-MG-32	33.2d	22.3d	12.9d	12.1d	11.5d	11.0d	10.6d	10.2d	9.9d	9.6d	22.0d	25.0d
JCZ-MG-36	45.4d	35.0d	25.1d	14.7d	13.2d	12.6d	12.1d	11.7d	11.3d	11.0d	22.0d	25.0d

注：
1.d为锚杆直径；
2.本表按HRB400钢筋设计强度计算锚固深度；
3.计算锚固深度大于标准产品锚固深度，自锁锚杆需定制。

定长埋深锚固力计算

定长埋深自锁锚杆抗拔力参数表

型号(直径mm)	按100mm埋深抗拔力设计值(kN)					
	C15	C20	C25	C30	C35	C40
直径12~20自锁锚杆	18.7	21.6	24.1	26.4	28.5	30.5

型号(直径mm)	按150mm埋深抗拔力设计值(kN)					
	C15	C20	C25	C30	C35	C40
直径12自锁锚杆	29.1	36.7	41.5	41.5	41.5	41.5
直径14~20自锁锚杆	34.4	39.7	44.2	48.5	52.4	56.0

型号(直径mm)	按200mm埋深抗拔力设计值(kN)					
	C15	C20	C25	C30	C35	C40
直径12自锁锚杆	31.3	38.8	41.5	41.5	41.5	41.5
直径14自锁锚杆	37.2	46.4	55.2	56.6	56.6	56.6
直径16自锁锚杆	43.5	54.4	64.9	74.3	77.3	86.3
直径18自锁锚杆	50.2	63.1	68.1	74.7	80.7	86.3
直径20自锁锚杆	64.6	81.7	68.1	74.7	80.7	86.3

注：
1.本表列举了8.8级M12~M20的自锁锚杆锚固体的抗拔承载力参数；
2.本表抗拔承载力按《扩孔自锁锚固技术规程》CECS 813-2021第6.2节计算。

扩孔钻头参数

扩孔钻头应能确保底部扩开直径为对应锚杆孔直径的1.6倍及以上，且应采用切削混凝土专用刀片。

短锚杆扩孔钻头参数表(单位:mm)

扩孔钻头型号	对应锚杆直径	直孔孔径	张开前直径	张开后直径≥
JCZ-ZT-12	12	16	13	26
JCZ-ZT-14	14	18	14.5	29
JCZ-ZT-16	16	20	16.5	32
JCZ-ZT-18	18	22	19	35
JCZ-ZT-20	20	25	21.5	40
JCZ-ZT-22	22	28	24	45
JCZ-ZT-25	25	30	26	48
JCZ-ZT-28	28	32	30	51
JCZ-ZT-32	32	36	32	58
JCZ-ZT-36	36	40	36	64

测孔仪参数

机械式测孔仪参数表(单位:mm)

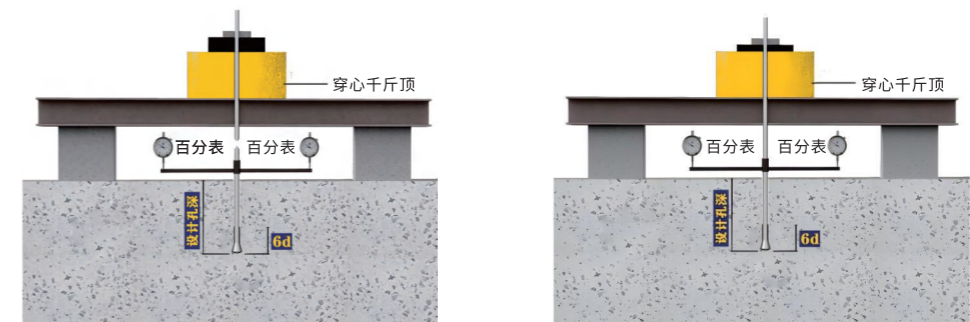
型号	测孔最小直径	测孔最大直径	适用于锚杆直径
JCZ-CKY-I型	15	41	12~20
JCZ-CKY-II型	26	56	22~28
JCZ-CKY-III型	40	72	32~36

锚杆锚头抗拔试验

为了试验自锁锚杆锚头的锚固效果，依据《扩孔自锁锚固技术规程》(T/CECS 813-2021)计算自锁锚杆基本锚固深度约为15d，因此设计了锚头区域仅灌注6d高度的抗拔试验，对常用直径12mm~36mm自锁锚杆(8.8级钢材)进行抗拔试验，均表现为杆体拔断破坏。

试验得出结论：

锚杆底部注浆6d、杆体延伸率≥14%、注浆料弹性模量≥ $3.15 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ ，锚头提供的锚固力就能确保锚杆拔断。



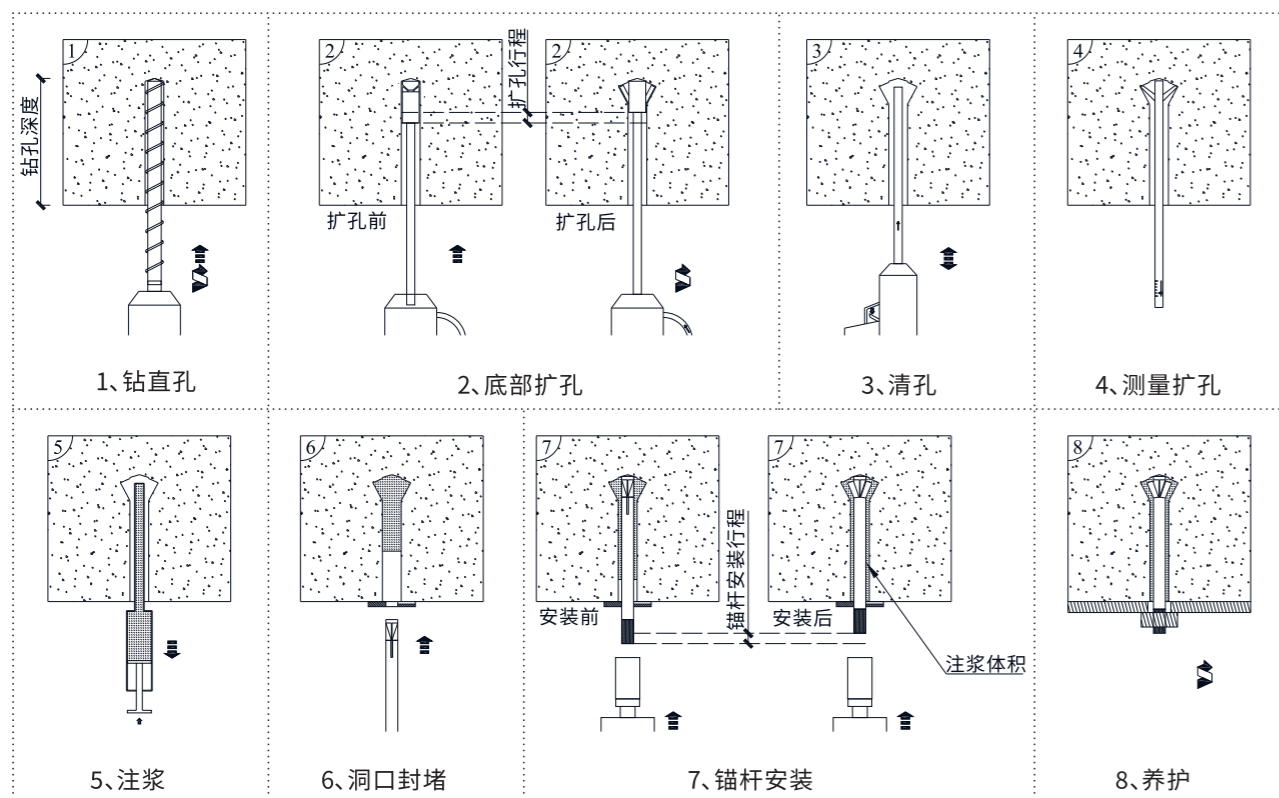
锚头抗拔试验示意图

施工工艺

1. 水平和竖直向下锚杆施工工序



2. 竖直向上锚杆施工工序



扩孔自锁锚杆以专用扩孔钻头预先扩孔,再安装锚杆,其中水平、竖直向下锚杆施工工序一致,竖直向上锚杆施工增加第6步洞口封堵工序。直孔机具为冲击钻和水钻,扩孔机具为手持水钻。

锚杆安装控制参数

锚杆安装控制参数表

锚杆型号	钻孔深度 (mm)	扩孔行程 (mm)	锚杆安装行程 (mm)	注浆体积 (ml)	单组注浆料可灌注锚杆孔数	
					流态型	稠态型
JCZ-MG-12	216	8.6	16	19	21	19
JCZ-MG-14	252	10	18	25	16	14
JCZ-MG-16	288	12	21	33	12	11
JCZ-MG-18	324	12.6	23	41	10	9
JCZ-MG-20	360	13	26	64	6	5
JCZ-MG-22	396	13.5	28	93	4	4
JCZ-MG-25	450	14	31	97	4	3
JCZ-MG-28	504	15.3	36	95	3	2
JCZ-MG-32	576	19.5	41	123	2	2
JCZ-MG-36	648	19.7	43	155	2	2

注:扩孔与锚杆安装可以根据往孔深方向的进程判断扩孔和安装是否到位。

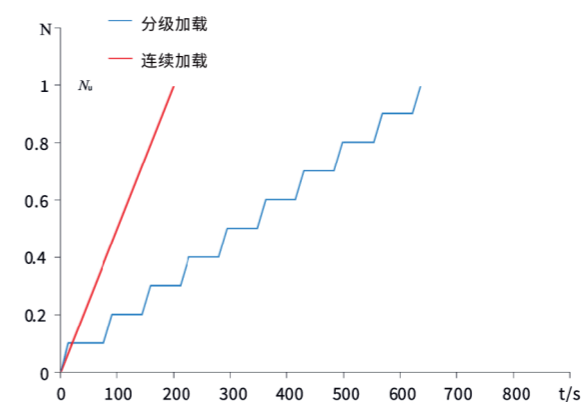
检验

施工前检验

对于重要工程,施工前应做破坏性试验,为设计提供依据

对于重要工程,施工前应做破坏性试验,为设计提供依据。

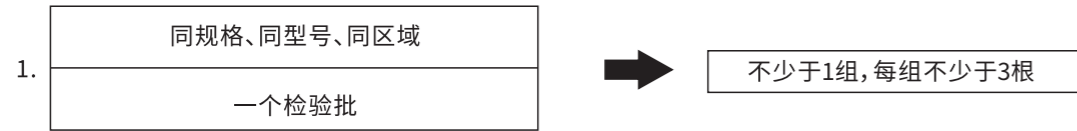
- 混凝土条件、杆体材料、锚杆参数和施工工艺必须与工程锚杆相同,且试验数量不少于3根。
- 锚杆极限抗拔试验可采用连续加载或分级加载制度进行:
 - 连续加载:应以均匀速率加载至锚固破坏,总加载时间为2-3min;
 - 分级加载:以预计极限荷载的10%为一级,逐级加载,每级持载1~2min,至锚固破坏。



锚杆极限抗拔试验加载方式(横轴为时间t,纵轴为抗拔力N)

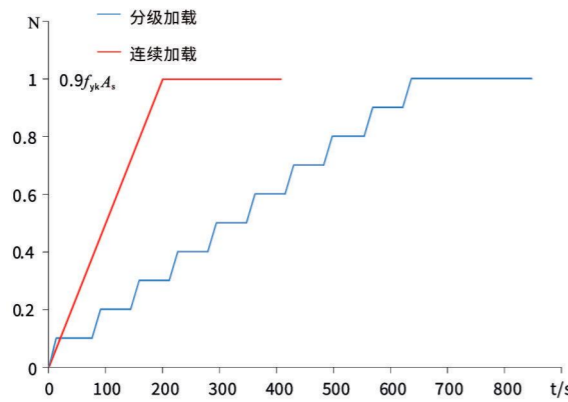
施工后检验

非破坏性锚杆拉拔试验



2. 锚杆拉拔试验设备可设置反力梁, 反力梁两支点间距不应小于3H (H为锚杆锚固深度), 拉拔试验可采用连续加载或分级加载的方式进行:

- (i) 连续加载: 应以均匀速率在2min~3min时间内加载至设定的检验荷载, 并持载2min;
- (ii) 分级加载: 应将设定的检验荷载均分为10级, 每级持载1min, 直至设定的检验荷载, 并持载2min。



非破坏性锚杆拉拔试验加载方式 (横轴为时间t, 纵轴为抗拔力N)

3. 当受检锚杆满足基材无裂缝、锚杆无滑移等宏观裂损现象, 荷载大于 $0.9f_{yk}A_s$ 持载2min期间荷载降低不大于5%且变形不超过10mm, 可判为合格。当出现不合格锚杆时, 应增加锚杆的抽检量, 增加的抽检量应为不合格锚杆的3倍。

设计方法

《扩孔自锁锚固技术规程》(T/CECS 813-2021) 第6章规定了用于混凝土锚固的自锁锚杆计算公式。

第6.2.1条 混凝土锚杆杆体抗拉承载力应按下列公式计算: $\gamma_0 N_t \leq N_{us}$
 $N_{us} = A_s f_y$

式中: N_t —混凝土锚杆在荷载效应基本组合下锚杆的拉力设计值 (N);
 N_{us} —混凝土锚杆杆体抗拉承载力设计值 (N);
 f_y —锚杆杆体材料抗拉强度设计值 (N/mm²);
 A_s —锚杆杆体有效截面面积 (mm²);
 γ_0 —锚杆重要性系数。

第6.2.2条 混凝土锚杆的基本锚固深度应按下列公式计算:

$$H = 0.3 \sqrt[3]{\frac{\alpha_{c1} \alpha_{c2} N_{us}^2}{f_c}}$$

式中: H —锚杆的基本锚固深度 (mm);
 α_{c1} —混凝土棱柱体抗压强度与立方体抗压强度之比: 对于C50及以下普通混凝土取0.76, 对高强混凝土C80取0.82, 中间线性插值;
 α_{c2} —C40以上混凝土考虑脆性的强度折减系数: 对于C40取1.00, 对高强混凝土C80取0.87, 中间线性插值;
 N_{us} —混凝土锚杆杆体抗拉承载力设计值 (N);
 f_c —混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm²), 当 $f_c > 32$ N/mm²时, 应乘以折减系数0.95。

第6.2.3条 混凝土锚杆锚固体抗拉承载力应按下列公式计算, 并应符合下列规定:

$$\gamma_0 N_t \leq N_{uc}$$

$$N_{uc} = N_{t1} + N_{t2}$$

式中: N_{uc} —混凝土锚杆锚固体抗拉承载力设计值 (N);
 N_{t1} —锚杆锚固体中直孔段注浆体的粘结锚固承载力设计值 (N);
 N_{t2} —锚杆锚固体中内锚头的自锁锚固承载力设计值 (N)。

1. 锚杆锚固体中直孔段注浆体的粘结锚固承载力设计值 N_{t1} 应取下列公式中的较小值:

$$N_{t1} = \pi D f_{mc} L_a$$

$$N_{t1} = n \pi d f_{ms} L_a$$

式中: d —锚杆杆体直径 (mm);
 D —锚杆直孔孔径 (mm);
 n —锚杆杆体的根数;
 f_{mc} —锚固体中水泥基注浆材料与混凝土的粘结强度设计值 (MPa);
 f_{ms} —锚固体中水泥基注浆材料与锚杆杆体的粘结强度设计值 (MPa);
 L_a —锚固体中的直孔段注浆体长度 (mm)。

2. 锚杆锚固体中内锚头的自锁锚固承载力设计值 N_{t2} 应按下列公式计算:

$$N_{t2} = 2.52 \beta_c \beta_l f_c A_{in}$$

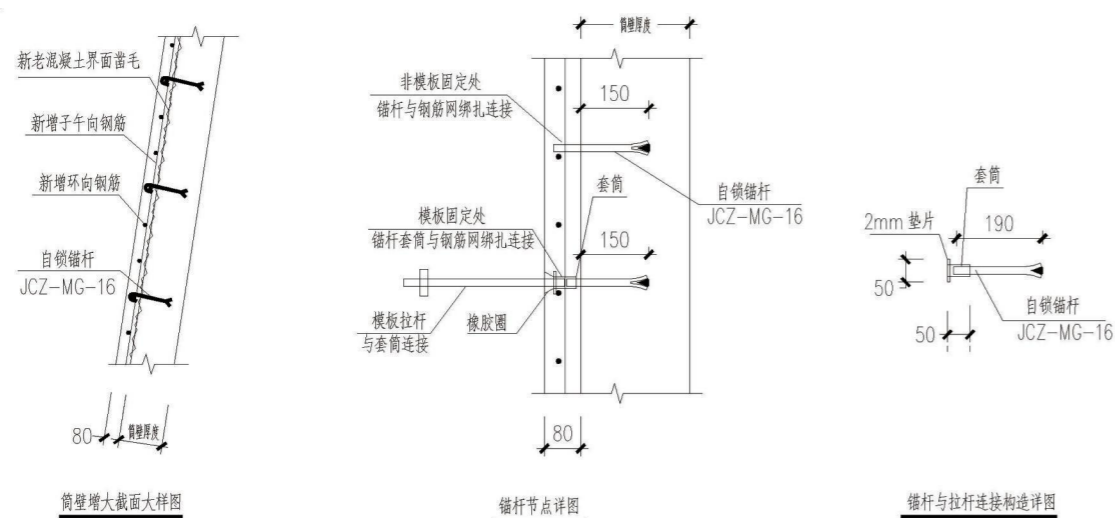
$$A_{in} = \pi (D_u^2 - d^2) / 4$$

式中: A_{in} —混凝土局部受压垂直投影面积 (mm²);
 D_u —扩孔最大直径 (mm);
 β_l —局部抗压强度提高系数, 取3.0;
 β_c —混凝土强度影响系数, 当混凝土强度等级不超过C50时, 取1.0; 当混凝土强度等级为C80时, 取0.8; 中间线性插值;

第6.2.4条 混凝土锚杆考虑群锚效应时, 应将群锚范围内锚杆的总面积等效为单支锚杆的有效面积, 再按照本规程第6.2.2条、第6.2.3条的规定计算基本锚固深度及锚固承载力, 也可按现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145的有关规定进行计算。

典型案例

案例1: 丰城电厂7#冷却塔筒壁加固工程



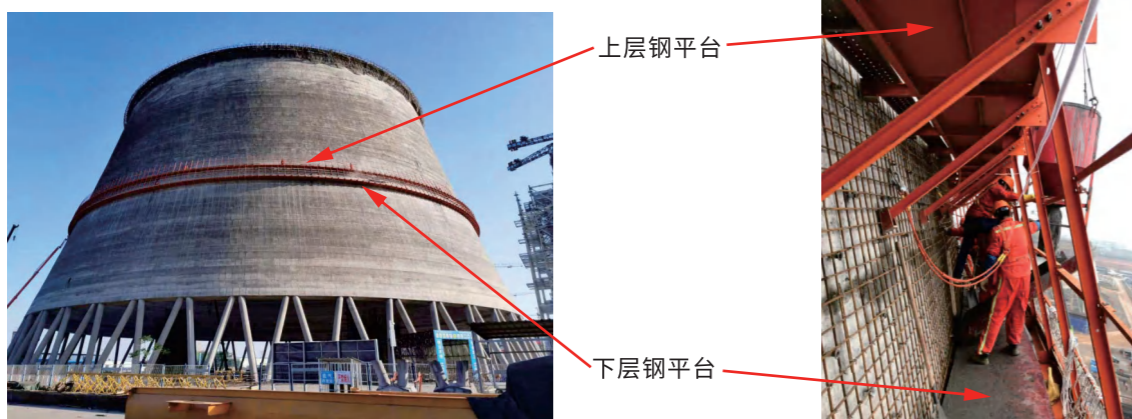
丰城电厂7#冷却塔筒壁加固工程施工图

设计思路:

1. 冷却塔的结构设计使用年限为50年, 专家评审意见不得使用胶粘材料加固, 因此采用自锁锚杆;
2. 常规施工平台, 采用对穿设计难以施工且容易渗漏, 故采用了单边自锁锚杆后锚固的方法;
3. 自锁锚杆一杆多用: 既作为新增钢筋网的拉锚连接措施, 增强新老混凝土的界面连接, 也用于施工过程中的钢平台结构与筒壁的锚固, 同时也用作混凝土模板的拉杆连接。

锚固设计:

1. 新增面层混凝土钢筋网拉结自锁锚杆间距按构造设计;
2. 钢平台锚杆按抗剪、抗拉强度3倍以上安全系数设计。

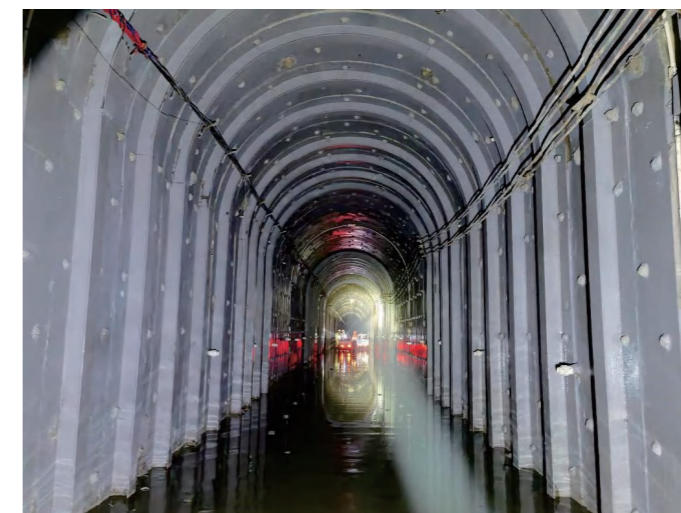


丰城电厂冷却塔加固工程(应用7.3万支自锁锚杆)

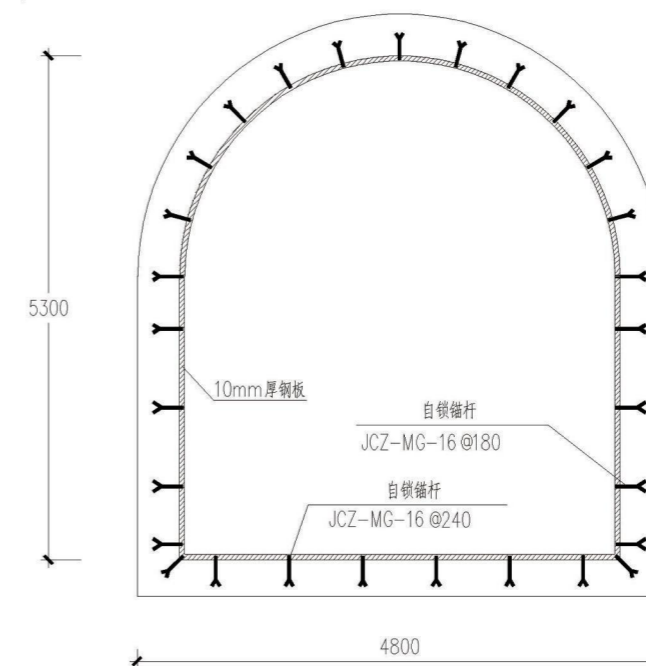
施工平台搭设

案例2: 东江水源输水隧洞加固工程

1. 东江水源是深圳供水工程“生命线”, 2021年停水检修期间, 巨成结构承担了长岭陂隧洞、碧岭隧洞、布吉压力隧洞段的加固工作, 加固总长度近600m。巨成结构投入管理人员20名、工人600人, 按期圆满完成了抢修任务, 获得“应急抢险铁军”美誉!
2. 本次隧洞检修主要是对隧洞衬砌环向断面采用内贴钢板方式进行加固补强, 该处理方式均采用自锁锚杆替代化学植筋进行后锚固, 克服化学植筋不耐水、不耐潮湿环境的技术问题。



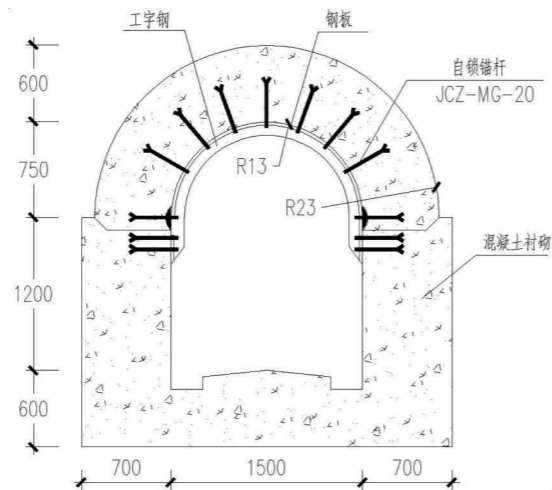
深圳东江水源工程隧洞加固工程
(采用自锁锚杆替代化学植筋, 共计使用23万余支)



深圳东江水源工程隧洞加固设计断面图

案例3:天荒坪抽水蓄能电站廊道加固工程

- 1.本工程于2000年实施,为自锁锚杆第一次大规模应用;
- 2.内衬钢板锚固使用4.6万支自锁锚杆,解决化学植筋不耐湿的问题。



天荒坪抽水蓄能电站廊道加固工程

案例4:南水北调中线穿黄工程

穿黄隧洞内衬钢板加固,采用自锁锚杆替代化学植筋后锚固,解决化学植筋不耐湿的问题。



穿黄隧洞粘钢加固工程



隧洞内衬钢板采用自锁锚杆锚固

民用工程案例

案例1:中国移动通信集团湖北移动通信办公大楼加固改造工程

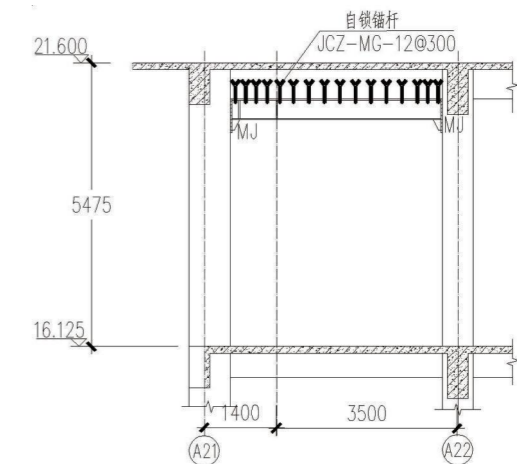
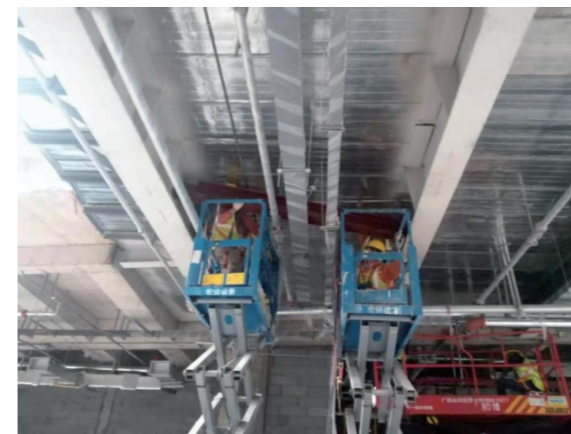
1. 原结构为普通办公楼,楼面使用荷载为 2.5kN/m^2 ,改造后使用荷载需提高至 12kN/m^2 ,荷载等级提高较大,部分梁、板出现承载力严重不满足要求,需增大梁、板截面尺寸,而现场不具备使用常规混凝土增大截面的方法;
2. 本项目采用外粘型钢加大截面的方式大幅度提高梁、板的承载力。加固处理面积 5000m^2 ,用时38天;
3. 粘接型钢加固过程使用自锁锚杆替代化学植筋进行混凝土后锚固,解决长期使用耐久性的问题。



中国移动通信集团湖北移动通信办公大楼加固改造工程

案例2:长沙宜家购物中心加固工程

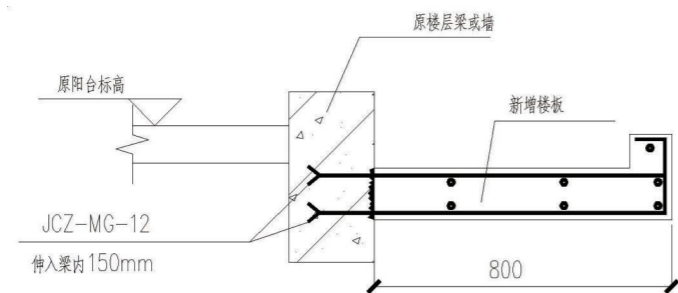
1. 长沙宜家购物中心项目因新增防火卷帘造成的楼面荷载增加,经加固设计,对混凝土板厚不满足设计要求处采用板下新增型钢结构进行加固处理;
2. 新增型钢采用自锁锚杆替代化学植筋进行后锚固处理,自锁锚杆植入深度浅、锚固可靠,同时解决长期使用耐久性的问题。



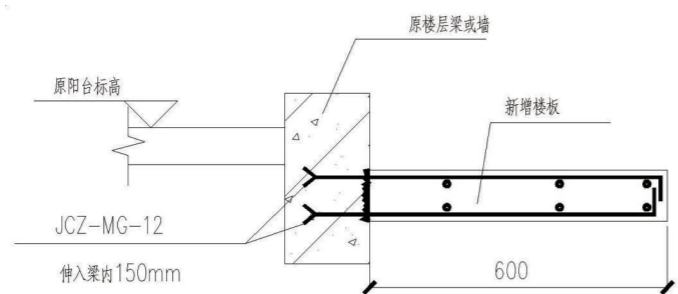
长沙宜家购物中心加固工程

案例3:安徽肥东某居民楼新增阳台改造工程

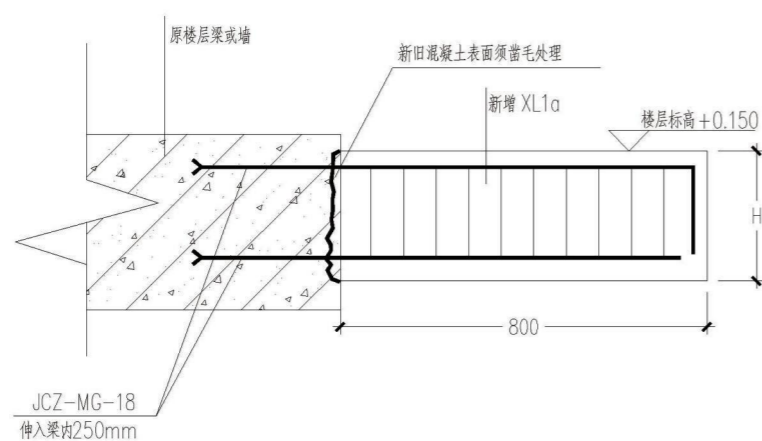
建设单位计划新增阳台和空调外机位悬挑板,由于新建工程的结构后锚固不得采用耐久性差的结构胶粘剂,故采用自锁锚杆替代化学植筋进行后锚固。



新增空调外机位混凝土板



新增阳台板做法



新增梁做法

工业工程案例

案例1:山西高义钢铁厂炼钢厂房改造项目

1. 炼钢厂房进行扩容改造,基础、柱子和吊车梁的承载力需要进行大幅度提升;
2. 在炼钢厂房高温环境中(50-70°C),若采用常规化学植筋对柱子进行加固会面临结构胶失效、使用年限短的弊端,采用了自锁锚杆代替化学植筋,确保与原结构同寿命。

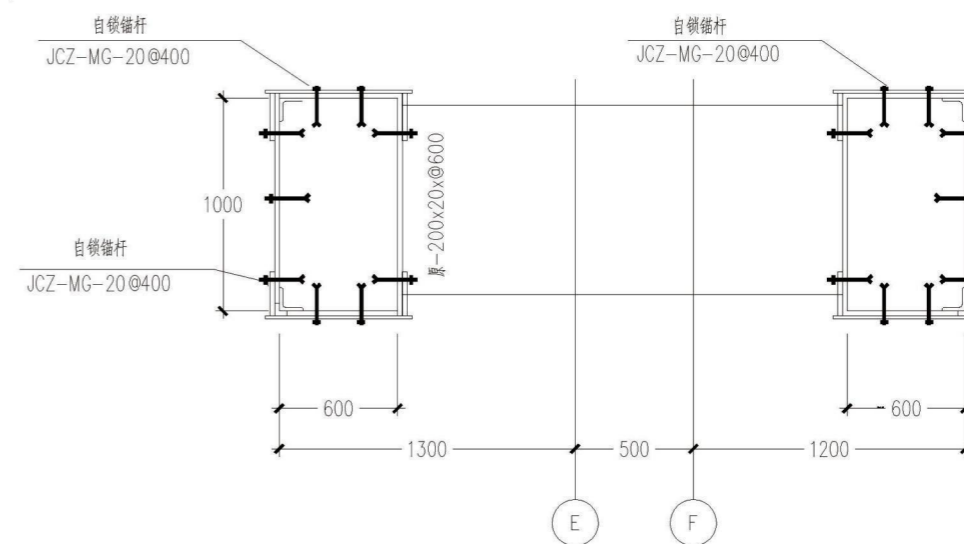


山西高义钢铁厂炼钢厂房某跨结构



包钢加固后

(高温环境,柱包钢采用自锁锚杆代替化学植筋,共使用3.6万支)



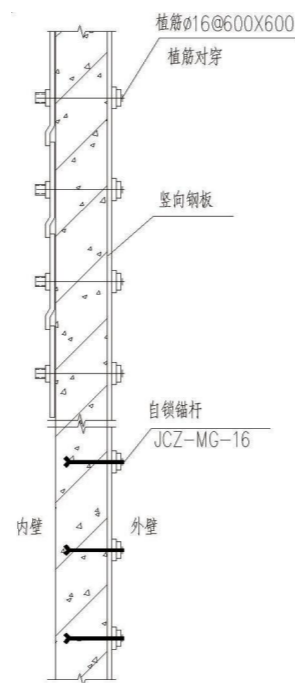
山西高义钢铁厂炼钢厂房柱加固截面

案例2:湖北某水泥厂生料库“爆仓”应急处理工程

1. 该生料库容量为2万吨,为一座单体圆形钢筋混凝土筒仓结构,外壁突然出现破洞损坏,钢筋裸露,破坏面积达到56m²,库体因内部压强突变,库顶板发生严重的内凹变形,与钢厂房相连接钢构件受拉发生严重变形以及错位;
2. 应急处理方式中包括包钢板加固,包钢加固中采用自锁锚杆替代化学植筋后锚固。



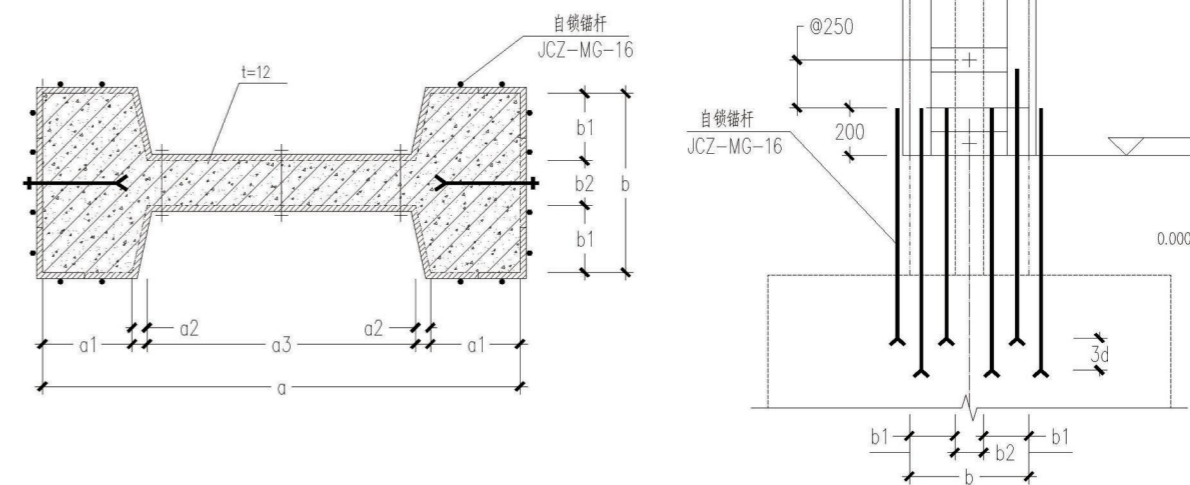
湖北某水泥厂生料库“爆仓”应急处理工程



仓壁处理断面

案例4: 东方电机大电机厂房柱基础加固

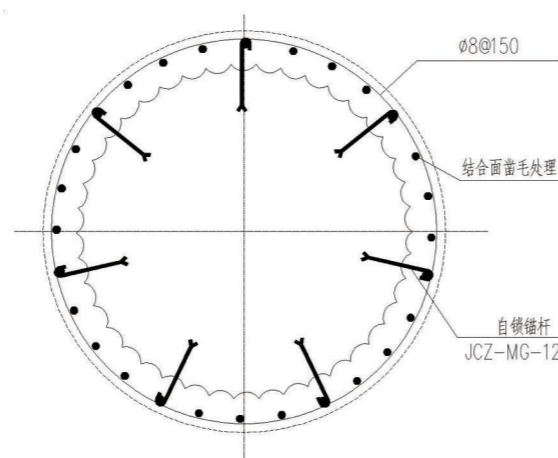
1. 东方电机大电机厂房为单层多跨钢筋混凝土排架结构厂房,1959年开工建设,1964年、1972年和1988年分别再扩建。
2. 经计算复核,需对升级改造后的屋面结构、吊车梁和柱子进行加固处理。由于柱加固至厂房基础顶面处(即室内地坪标高以下),但现场有生产设备,不具备开挖条件,故在不破除地坪前提下,采用自锁锚杆从地坪打孔至基础内进行锚固,代替地面以下原加大截面受拉钢筋。



基础加固设计大样图

案例3: 冷却塔人字柱加固

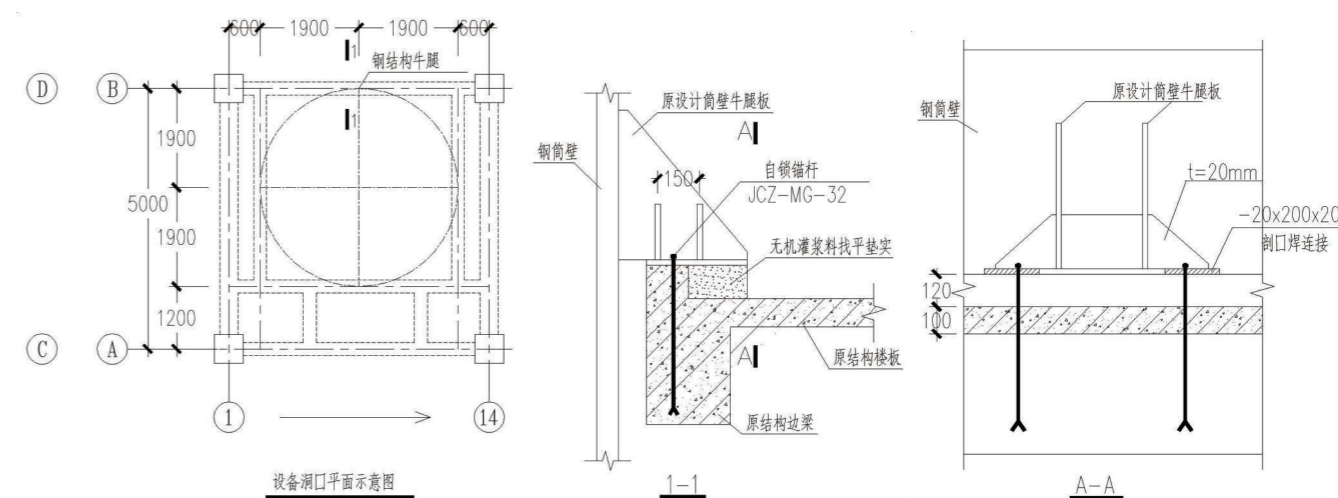
针对水环境作用下人字柱和淋水框架柱混凝土疏松,破损等缺陷,采用混凝土加大截面法加固。采用自锁锚杆确保了后续使用年限。



人字柱混凝土加大截面加固

案例5:内蒙古宜化化工厂设备基础锚杆工程

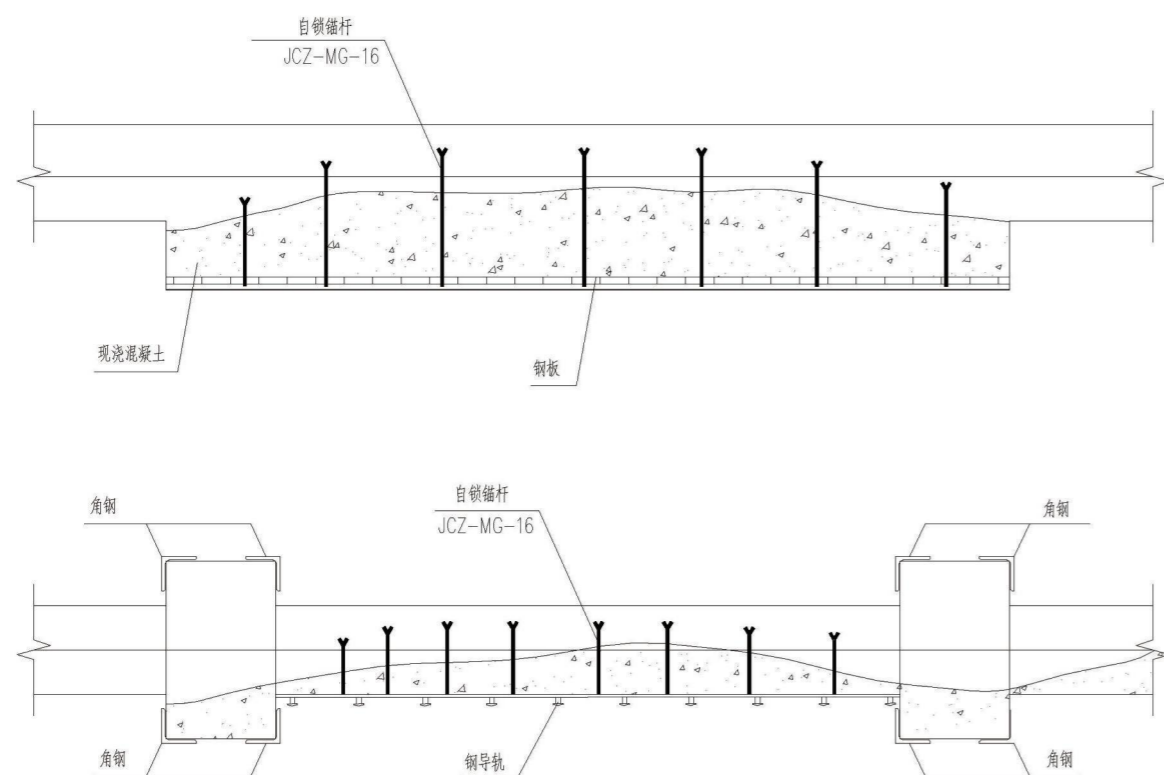
原有设备预埋螺栓断裂,采用后置自锁锚杆替代原有螺栓进行设备基础安装。



基础锚固设计大样图

案例6:安阳李珍铁矿抗冲磨墙修复案例

1. 安阳钢铁公司李珍铁矿碎石料仓抗冲耐磨墙, 冲磨面经长期的冲击与磨损后导致表面材料破碎脱落, 表面磨成光滑状, 同时还存在结构整体破损的情况;
2. 本次修复先进行抗冲耐磨墙表面处理, 再通过自锁锚杆将10mm厚的钢板与原结构进行后锚固连接, 克服化学植筋耐久性差的问题。



抗冲耐磨墙修复示意图

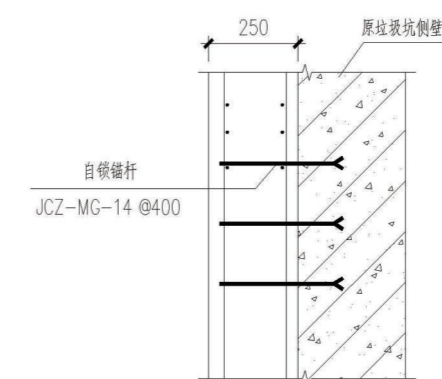
电力与新能源工程案例

案例1:皖能垃圾发电厂4号炉项目一期垃圾厂房加固改造工程

垃圾贮坑的内壁厚需加厚250mm, 为了确保内壁新老混凝土连接的永久性, 采用了自锁锚杆代替化学植筋的方案。



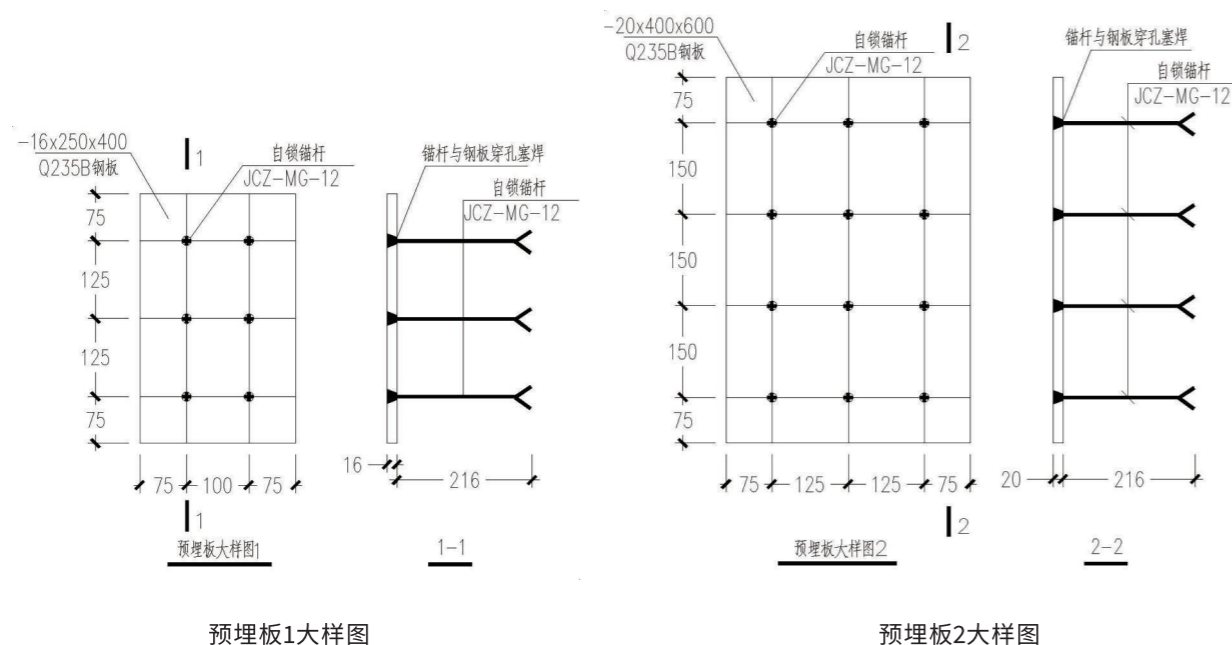
皖能垃圾发电厂4号炉项目一期垃圾厂房加固改造工程



采用自锁锚杆替代化学植筋用于侧壁混凝土加厚加固

案例2:新疆华电哈密煤电项目预埋板自锁锚杆工程

新建厂房预埋板及锚筋漏埋,采用自锁锚杆替代化学植筋进行埋板的后锚固。

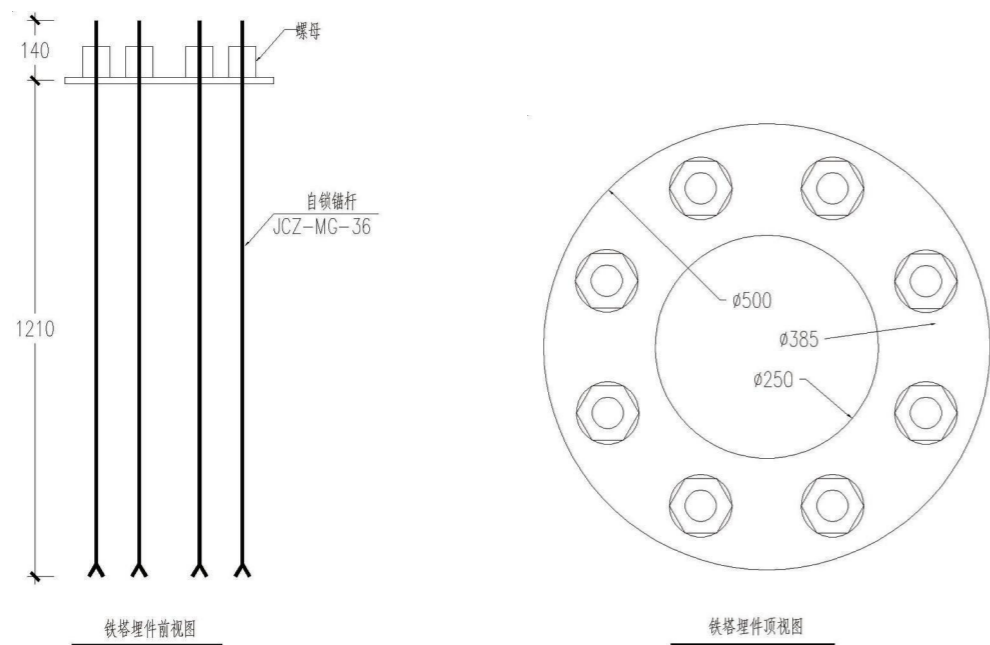


预埋板1大样图

预埋板2大样图

案例3:葛洲坝二江电站架空进线铁塔换型改造工程

架空铁塔换型改造,拆除原铁塔,利用原铁塔基础安装新铁塔,采用自锁锚杆替代地脚螺栓进行铁塔基础安装。



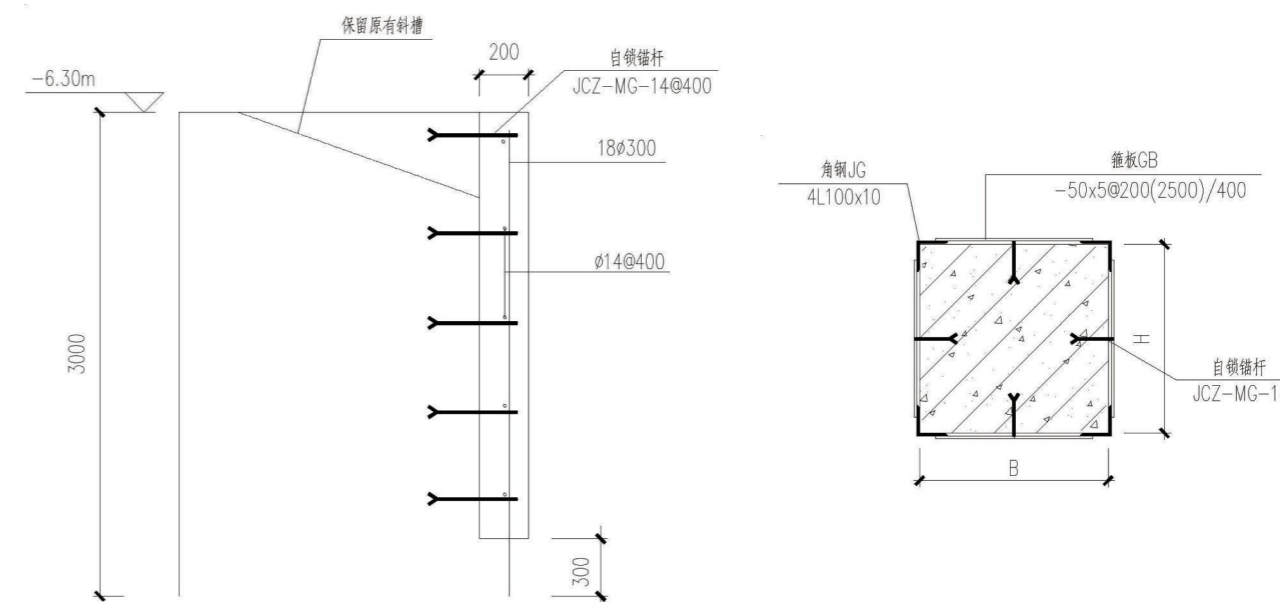
铁塔换型改造工程自锁锚杆方案图

案例4:瑞金电厂转运站改造

1. 华能瑞金电厂一期工程安装2台350MW超临界燃煤发电机组,业主开展二期改扩建项目;
2. 翻车机运行时产生1-3Hz低频振动,需确保后锚固件抗疲劳寿命 ≥ 50 万次,而化学植筋耐疲劳性能差、易松动(某电厂同类改造项目年松动率12%),因此采用自锁锚杆(> 200 万次)替代化学植筋;
3. 新增漏斗开孔处混凝土强度低于设计值,且存在锈胀裂缝,采用自锁锚杆与钢板形成复合受力体系,提高承载力。



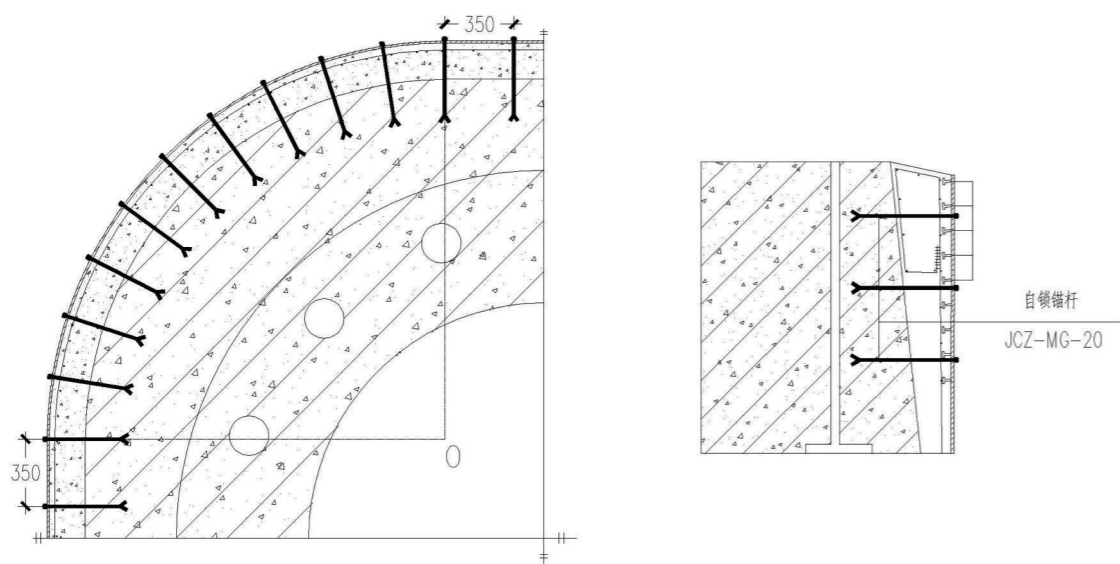
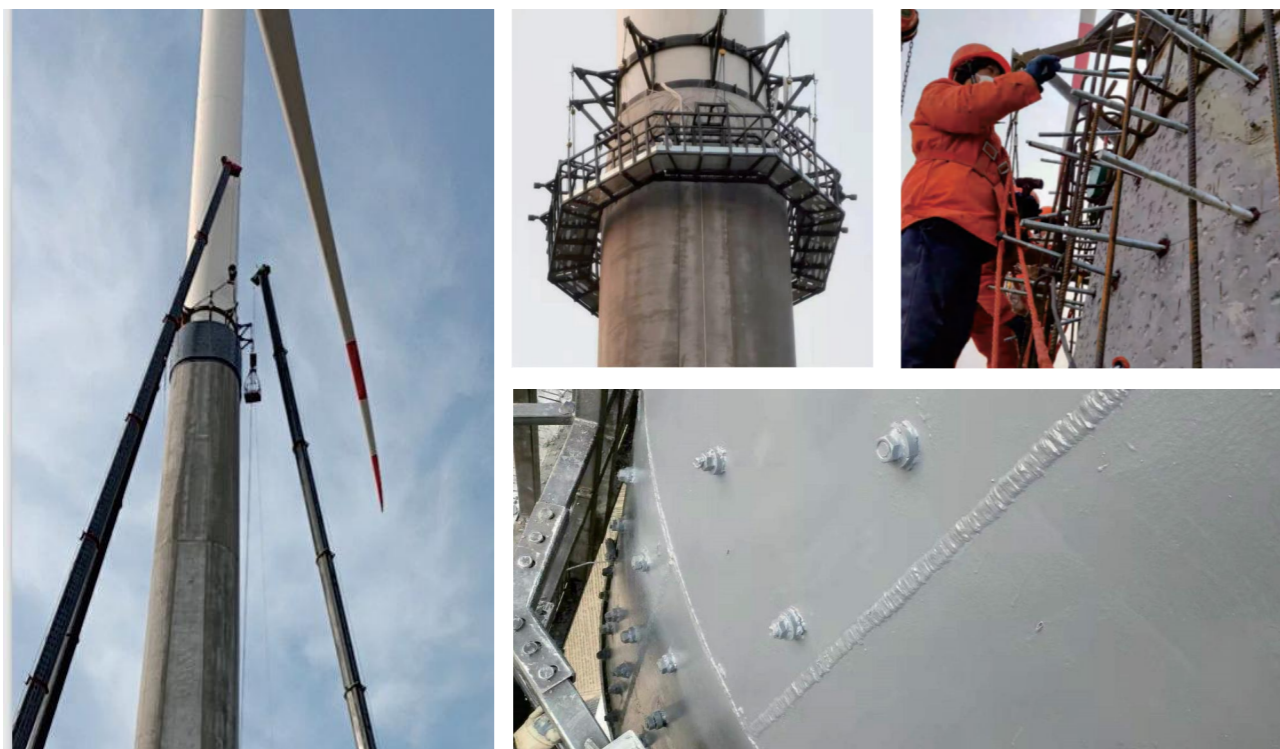
瑞金电厂转运站改造工程



瑞金电厂转运站改造设计部分节点大样

案例5:某风机混塔转接段修复和补强工程

1. 本工程两台机组塔筒转接环内侧区域出现裂缝及混凝土崩裂现象,外侧区域严重受损,出现混凝土大面积脱落现象,以及不同程度开裂;
2. 本次修复和补强处理方案为:对转接段内外侧外包钢板并在钢板与混凝土结构形成的空腔中浇筑高强灌浆料,采用扩孔自锁锚杆植入原结构与内、外侧加固钢板连接。



风机混塔转接段修复、补强示意图

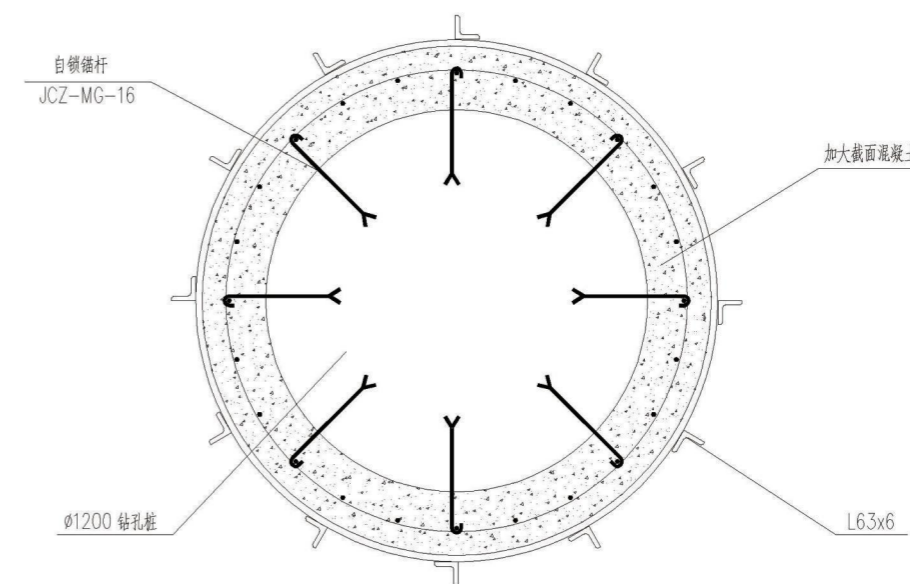
交通工程案例

案例:福宁高速公路跨海桥梁宁德大桥水下桥柱加固工程

1. 本工程主要施工内容是对宁德八座跨海大桥的水下桥柱维修加固,采用水下高性能混凝土加固桩基;
2. 安装水下钢围堰提供施工作业面。该工程水流速5m/s,施工区域海水深27m,在水下9m以上设置钢围堰进行施工;
3. 采用自锁锚杆替代化学植筋进行后锚固。



宁德八座跨海大桥水下桩基修复

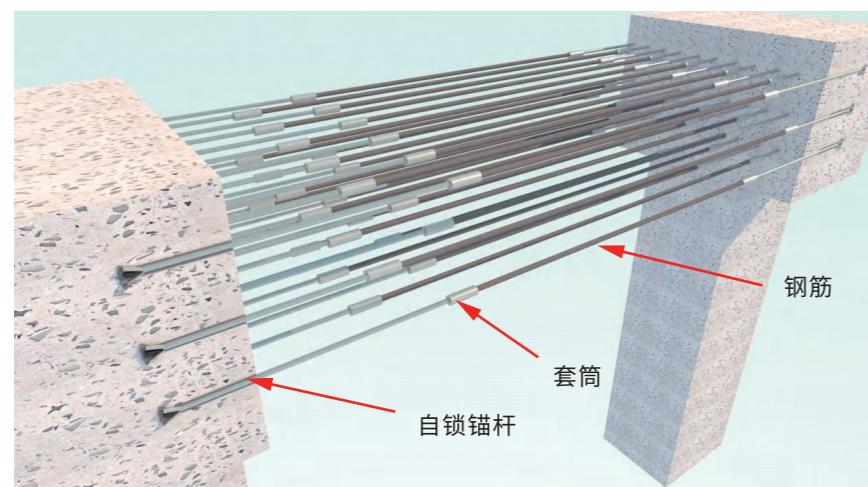
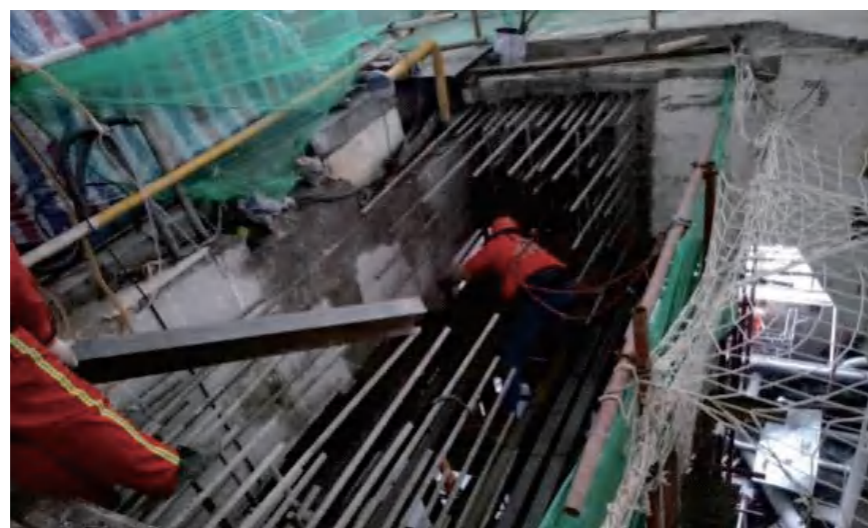


加大截面加固大样图

动力基础案例

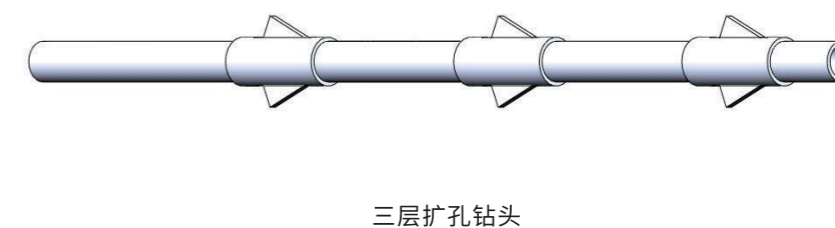
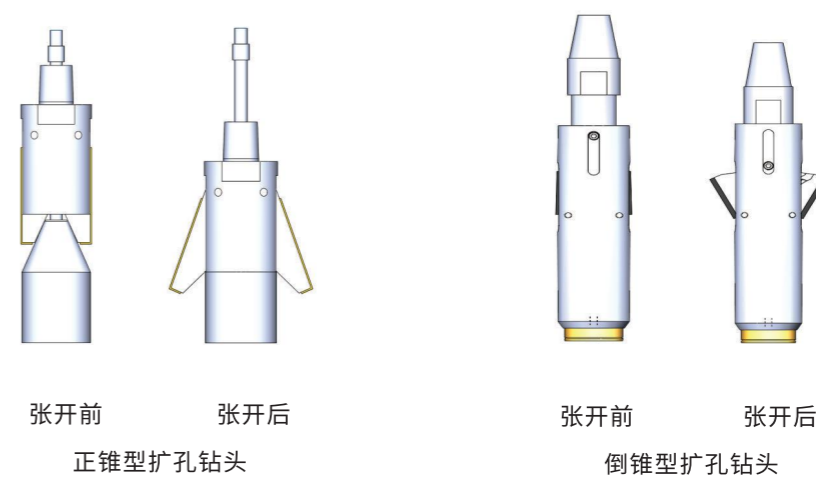
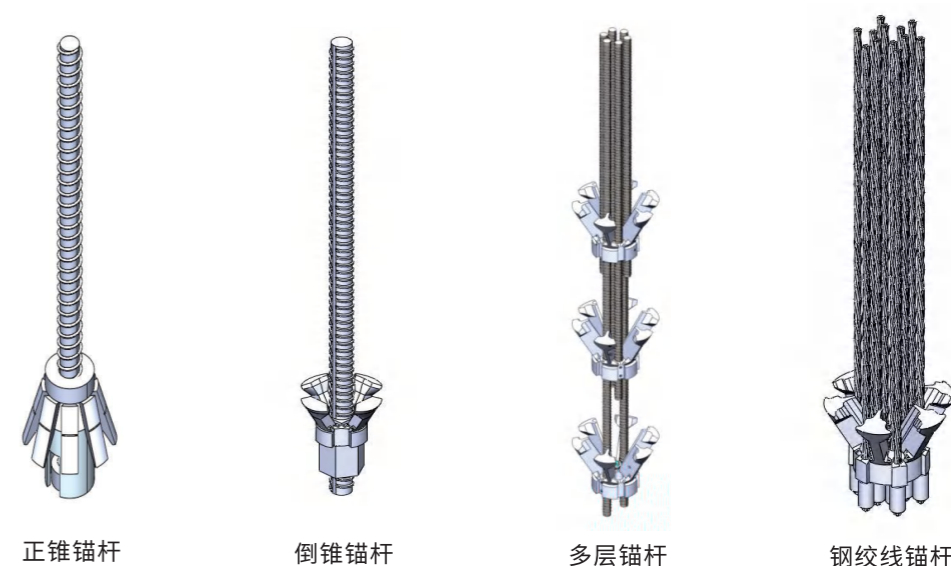
案例:湖北沙隆达公司汽机基础加固改造工程

1. 沙隆达工程厂址位于湖北省荆州市,于2011年建成2×25MW供热机组,采用高温高压参数。现改造2#汽轮机,改造考虑更换汽机本体,保留并利用原发电机本体。经过资料分析,新汽机的前轴承座尺寸基本和现有汽机本体重合,但后轴承座尺寸较现有汽机本体轴承座前移。汽机基座是电厂最重要的构筑物,基础的安全关系着汽轮发电机组的可靠运行。与其他建构筑物的改造不同,汽机基座的改造不仅仅是满足其受力要求,其振动还须满足机组运行要求;
2. 针对沙隆达工程汽机基础的改造,方案的主要内容是新增一道混凝土横梁,并在横梁两端分别新增一道混凝土柱,拆除原凝汽器柱及有关附属构造;
3. 由于需要确保高频振动后锚固连接的安全性和可靠性、以及环境温度60°C长期使用耐久性的要求,采用扩孔自锁锚杆替代化学植筋,纵向钢筋用套筒与自锁锚杆连接;立模板后浇注混凝土梁、柱。



沙隆达公司汽机基础加固改造工程

中长锚杆



产品参数

中长锚杆参数

常用正锥形中长锚杆内锚头规格参数表(单位:mm)

内锚头型号	锚杆孔直径	适用锚杆杆体	张开前	张开后
JCZ-Z-76型	76	25/32/36	70	114
JCZ-Z-91型	91	25/32/36/40	80	137
JCZ-Z-110型	110	25/32/36/40	90	165
JCZ-Z-150型	150	25/32/36/40	130	225

常用倒锥形中长锚杆内锚头规格参数表(单位:mm)

内锚头型号	锚杆孔直径	适用锚杆杆体	张开前	张开后
JCZ-D-40型	40	直径 ≤ 20	37	60
JCZ-D-62型	62	22/25	57	93
JCZ-D-76型	76	25/28/32	70	114
JCZ-D-91型	91	28/32/36	84	137
JCZ-D-110型	110	32/36/40/钢绞线/多锚头	100	165
JCZ-D-150型	150	32/36/40/钢绞线/多锚头	138	225
JCZ-D-200型	200	多重自锁/钢绞线/多锚头	186	300

注:扩孔钻头设计张开直径为直孔孔径的1.6倍,实际扩孔孔径不应小于直孔孔径的1.5倍。

注浆料参数

注浆料参数表

序号	检验项目	要求	
1	流动度	初始值	≥ 300 mm
		保留至	≥ 270 mm
2	抗压强度	1d	≥ 20 MPa
		3d	≥ 40 MPa
		28d	≥ 60 MPa



注浆料

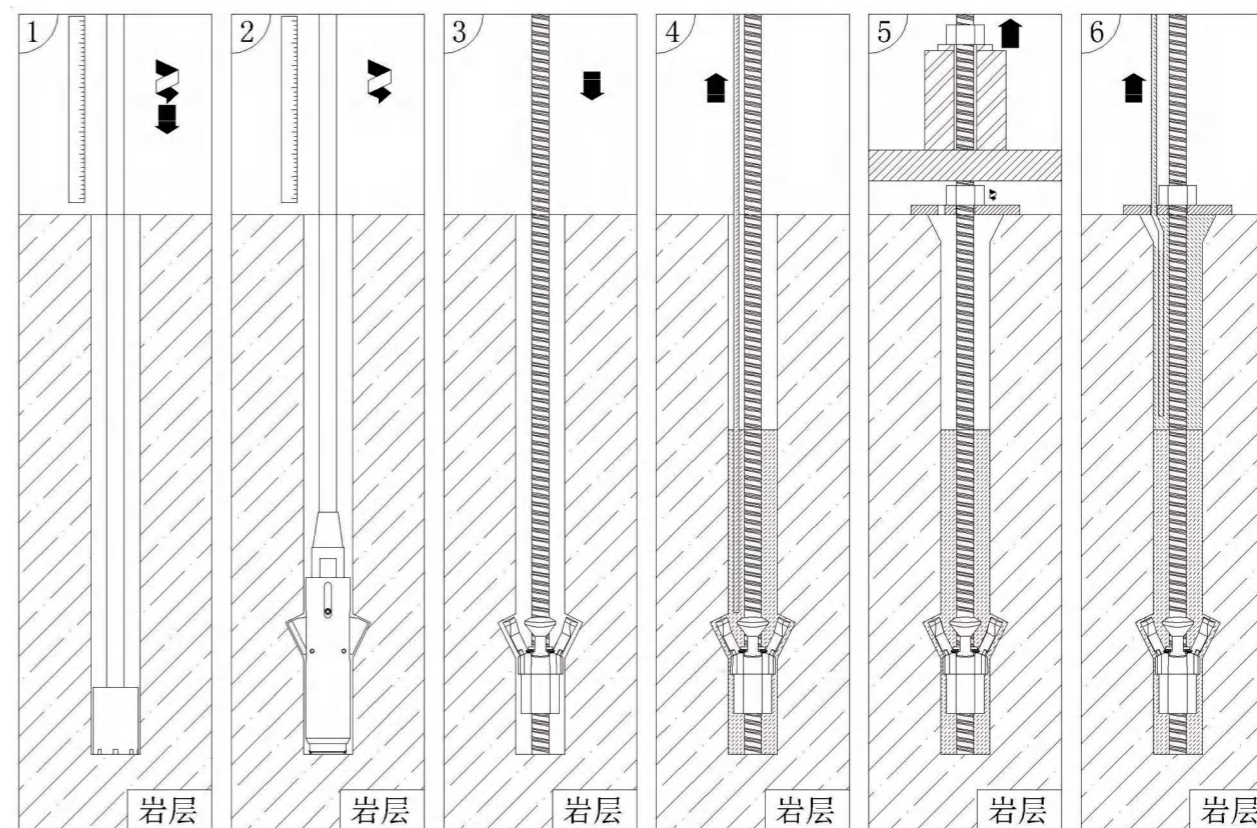
注:

- 普通型无机注浆料产品粉料50kg/包;
- 注浆料粉料:水料=1:0.14 \pm 0.01(质量比);
- 制浆工艺:
 - 采用砂浆搅拌机或电动搅拌工具进行搅拌;
 - 先将水加入料斗内,然后逐渐加入称量好的粉料,边投料边搅拌,直至粉料全部加完,再继续搅拌3min,使浆料均匀;
 - 搅拌好的浆料应控制在30min内用完。

施工工艺

- 钻直孔 ▶ 扩孔与清孔 ▶ 锚杆组装与安装 ▶ 锚头段灌浆 ▶ 预应力张拉与锁定 ▶ 补灌和养护

- 钻直孔:钻孔定位,采用地质钻机或潜孔钻机钻直孔至设计深度;
- 扩孔与清孔:采用钻机连接抗浮锚杆配套扩孔钻头,在直孔底部根据设计要求进行扩孔;用高压注浆机通过注浆管注水至孔底,直至孔顶冒清水,清孔完毕;
- 锚杆组装与安装:将中长锚杆锚头与杆体连接并绑扎注浆管;将组装好的锚杆及注浆管插至孔底,使底部锚头沿扩孔壁张开;
- 锚头段灌浆:按配比制浆,用高压注浆机通过注浆管注浆至孔底锚头段(按设计高度),进行养护;
- 预应力张拉与锁定:按设计值进行预应力张拉并超张拉,完成锁定;
- 补灌和养护:锁定完成后通过注浆管继续注浆,直至孔顶冒浆、注浆完毕,开展补灌、养护和保护工作。浆液终凝(约8h)后立即用湿棉纱或湿布条覆盖孔口,防止表面失水干裂。灌浆后1天内不应使锚杆受任何扰动,潮湿养护时间不短于7d。



检验

当深孔自锁锚杆用于抗浮工程等岩石锚固时,可进行如下检验工作。

施工前检验

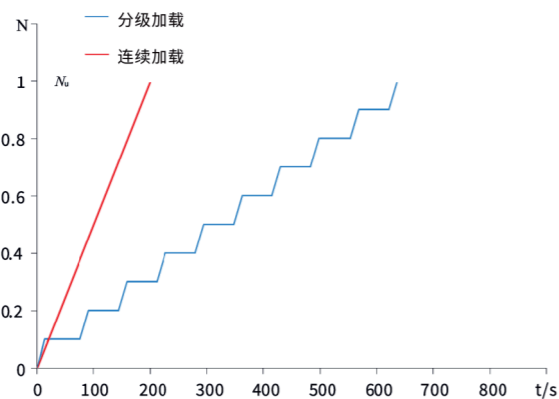
锚杆极限抗拔试验(破坏性试验)

1.地层条件、杆体材料、锚杆参数和施工工艺必须与工程锚杆相同,且试验数量不少于3根。

2.锚杆极限抗拔试验可采用连续加载或分级加载制度进行。

(i) 连续加载:应以均匀速率加载至锚固破坏,总加载时间为2~3min;

(ii) 分级加载:以预计极限荷载的10%为一级,逐级加载,每级持载1~2min,至锚固破坏。



抗浮锚杆极限抗拔试验加载方式(横轴为时间t,纵轴为抗拔力N)

施工后检验

非破坏性锚杆拉拔试验

1.

同规格、同型号、同区域
一个检验批

➔

不少于1组,每组不少于3根

2.深孔锚杆的验收应分级加载,初始荷载宜取锚杆轴向拉力设计值的0.10倍,分级加载值宜取锚杆轴向拉力特征值的0.50、0.75、1.00、1.20倍。

3.每级荷载应稳定2min,并记录位移增量,如在持载时间内锚头位移增量不超过10mm,可判为合格。当出现不合格锚杆时,应增加锚杆的抽检量,增加的抽检量应为不合格锚杆的3倍。

设计方法

以岩石锚杆为例,《扩孔自锁锚固技术规程》(T/CECS 813-2021)第5章规定了计算方法:

第5.2.1条 岩石锚杆杆体抗拉承载力应按下列公式计算:

$$K_s N_{tk} \leq N_{usk}$$

$$N_{usk} = A_s f_y$$

式中: K_s —岩石锚杆杆体抗拉承载力计算安全系数,取2.0;

N_{tk} —岩石锚杆在荷载效应标准组合下锚杆的拉力标准值(N);

N_{usk} —岩石锚杆杆体抗拉承载力标准值(N);

f_y —锚杆杆体材料抗拉强度设计值(N/mm²);

A_s —锚杆杆体有效截面面积(mm²)。

第5.2.2条 在均质岩石中,单根锚杆所需的基本锚固深度H可按下列公式计算:

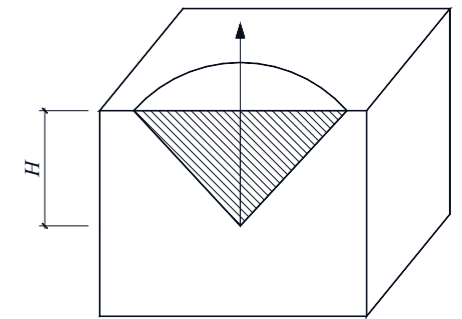
$$H = 1.5 \times \sqrt{\frac{K_{r1} N_{tk}}{f_{rk}}}$$

式中: H —锚杆的基本锚固深度(mm);

f_{rk} —岩石饱和单轴抗压强度标准值(MPa);

N_{tk} —岩石锚杆在荷载效应标准组合下锚杆的拉力标准值(N);

K_{r1} —锚固体锥体破坏安全系数,可取3.0~5.0。



均质岩层中单根锚杆形成锚固单元的压应力传递形式示意图

第5.2.3条 岩石锚杆锚固体抗拉承载力应通过基本试验确定,基本试验应按本规程附录D进行,试验数量不应少于1组,每组不应少于3根,初步设计时应按下式计算,并应符合下列规定:

$$K_r N_{tk} \leq N_{urk}$$

$$N_{urk} = N_{t1k} + N_{t2k}$$

式中: K_r —岩石锚杆锚固体抗拉承载力计算安全系数;

N_{tk} —岩石锚杆在荷载效应标准组合下锚杆的拉力标准值(N);

N_{urk} —岩石锚杆锚固体抗拉承载力标准值(N);

N_{t1k} —锚杆锚固体中直孔段注浆体的粘结锚固承载力标准值(N);

N_{t2k} —锚杆锚固体中内锚头的自锁锚固承载力标准值(N)。

1 锚杆锚固体中直孔段注浆体的粘结锚固承载力标准值应取下列公式中的较小值:

$$N_{t1k} = n\pi\zeta df_{msk}\psi L_a$$

$$N_{t1k} = \pi D f_{mrk}\psi L_a$$

2 锚杆锚固体中内锚头的自锁锚固承载力标准值应按下列公式计算:

$$N_{t2k} = \alpha_1 \beta_1 f_{rk} A_{in}$$

$$A_{in} = \pi(D_u^2 - D^2)/4$$

式中: d —锚杆杆体直径(mm); D —锚杆直孔孔径(mm);

D_u —扩孔最大直径(mm); L_a —锚固体中的直孔段注浆体长度(mm);

n —锚杆杆体的根数; ψ —锚固长度对粘结强度的影响系数,按本规程第5.2.4条规定取值;

f_{msk} —锚固体中水泥基注浆材料与锚杆杆体的粘结强度标准值(MPa);

f_{mrk} —锚固体中水泥基注浆材料与岩石或土层的粘结强度标准值(MPa);

α_1 —岩石锚杆围压放大系数,取2.6; A_{in} —岩石局部受压垂直投影面积(mm²);

β_1 —局部抗压强度提高系数,取3.0; f_{rk} —岩石饱和单轴抗压强度标准值(MPa);

ζ —采用2根或者2根以上钢筋或钢绞线时,界面的粘结强度降低系数,取0.6~0.85。

抗浮工程案例

案例1:湖南长沙新里程广场西区地下室抗浮锚杆工程

一、初始条件:

±0.000相对于绝对标高67.65m,根据地质勘察报告,地下水抗浮水位按67.50m;
本工程为四层地下室,底板厚度为500mm,底板顶面板面标高49.20m,底板底面标高48.70m;
本工程为完整中风化岩石,根据地勘报告岩石地基承载力特征值取为 $f_{ak}=1000\text{kPa}$,单轴饱和抗压强度标准值 $f_{rk}=6.3\text{MPa}$;
原设计采用普通抗浮锚杆,锚杆间距 $1.2\text{m}\times 1.2\text{m}$,单根锚杆承载力特征值为260kN。

二、岩石整体抗浮计算(整体稳定计算)

2.1 整体抗浮计算原则

建筑物整体抗浮计算参照《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB 50086)第11.2节,抗浮锚杆应进行整体抗浮验算:

$$(W+G)/F_f \geq K$$

$$F_f = \gamma_w \Delta H A$$

式中: F_f —地下水浮力标准值;

A —基底面积或抗浮计算分区基底面积;

ΔH —抗浮水位与建筑物基础底标高差;

γ_w —地下水容重;

W —基础底面以下抗浮锚杆范围内岩土体总量,计算时取浮容重;

G —结构自重及其他永久荷载标准值(地下室面层、顶板覆土等);

K —结构抗浮稳定系数,取 $K=1.05$ 。

2.2 满足整体抗浮时锚杆最小深度

本工程纯地下室区域暂取 $L_0=7.5\text{m}$ 锚固长度进行计算,主楼地下室抗浮锚杆区域暂取 $L_0=6.0\text{m}$ 锚固(主楼地下室无需进行整体抗浮,仅考虑局部抗浮即可)。

水头高度 $\Delta H=67.5-48.7=18.8\text{m}$;

岩石容重 $\gamma=25\text{kN/m}^3$,岩石浮容重 $\gamma'=15\text{kN/m}^3$;

单层地下室结构平均自重暂估 $G=10\text{kN/m}^2$;

1.2m覆土自重 $1.2\times 18=21.6\text{kN/m}^2$;

底板厚度500mm,自重 $0.5\times 25=12.5\text{kN/m}^2$;

底板下100mm厚素混凝土垫层,自重 $0.1\times 20=2.0\text{kN/m}^2$;

水浮力扣除上部压重量后需要岩石提供自重;

$L_0 \geq (10\times 18.8-4\times 10-12.5-2.0-21.6)/15=7.46\text{m} \leq 7.5\text{m}$,满足整体抗浮的要求。

三、锚杆杆体验算:

3.1 基本资料

原设计采用普通抗浮锚杆,锚杆间距为 $1.2\text{m}\times 1.2\text{m}$,单根锚杆承载力特征值为260kN;优化方案通过调整间距布置,间距为 $1.5\text{m}\times 1.5\text{m}$,故通过代换可得到单根岩石自锁锚杆需承担的承载力大小为:

$N=260/(1.2\times 1.2)\times 1.5\times 1.5=406.3\text{kN}$,故单根锚杆承载力特征值取 $R_a=410\text{kN}$;

本工程拟采用直径为36mm的1080级精轧螺纹钢自锁抗浮锚杆(承载力特征值 $R_a=410\text{kN}$)代替原抗浮锚杆,自锁锚杆扩大头进入中风化岩石深度为1.5m,锚杆直孔孔径为110mm,底部扩孔直径为180mm,岩石锚杆杆体和锚固体安全等级均取III级;本工程为完整中风化岩石,根据地勘报告岩石地基承载力特征值取为 $f_{ak}=1000\text{kPa}$,饱和单轴抗压强度标准值 $f_{rk}=6.3\text{MPa}$ 。

3.2 锚杆杆体抗拉承载力设计值 N_{usk}

依据《扩孔自锁锚固技术规程》(T/CECS 813),锚杆杆体在荷载效应标准组合下的拉力标准值 N_{tk} 按下式计算:

$$K_s N_{tk} \leq N_{usk}$$

$$N_{usk} = A_s f_y$$

故

$$A_s \geq \frac{K_s N_{tk}}{f_y} = \frac{2.0 \times 410 \times 10^3}{900} = 911\text{mm}^2 \leq A_{s(36)} = 1017\text{mm}^2 \text{ 满足要求。}$$

式中: K_s —锚杆锚固体抗拉承载力计算安全系数,取2.0;

N_{tk} —锚杆在荷载效应标准组合下锚杆的拉力标准值(N),此处取 $N_{tk}=R_a$;

N_{usk} —锚杆杆体抗拉承载力标准值(N);

f_y —锚杆杆体材料抗拉强度设计值(N/mm²),本工程PSB1080级精轧螺纹钢 $f_y=900\text{N/mm}^2$;

A_s —锚杆杆体有效截面积,直径 $A_{s(36)}=1017\text{mm}^2$ 。

3.3 锚杆直锚段提供锚固力 N_{t1k}

直孔长度范围按照锚杆杆体与岩体之间的粘接力计算锚固力,超过设计锚固力部分将由扩大头承担。

本工程锚杆进入强风化段长度 $L_1 \approx 4.5\text{m}$,锚杆进入中风化长度 $L_2=1.5\text{m}$,强风化层下为中风化岩石,由直锚段提供锚固力 N_{t1k} ,其余不足部分由底部扩大头承担。

依据《扩孔自锁锚固技术规程》(T/CECS 813),锚杆直锚段的锚固力:

$$N_{t1k} = n\pi \zeta d f_{msk} \psi L_a = 1 \times 3.14 \times 1.0 \times 36 \times 3.0 \times 1.0 \times 6 = 2034\text{kN}$$

$$N_{t1k} = \pi D f_{mrk} \psi L_a = 3.14 \times 110 \times (0.18 \times 4.5 + 0.26 \times 1.5) \times 0.8 = 331.6\text{kN}$$

式中: d —锚杆杆体直径(mm),本工程 $d=36\text{mm}$;

D —锚杆直孔孔径(mm),本工程 $D=110\text{mm}$;

L_a —锚固体中直孔段注浆体长度(mm);

n —锚杆杆体的根数,本工程 $n=1$;

ψ —锚固长度对粘接强度的影响系数(杆体对水泥基注浆材料取 $\psi=1.0$,水泥基注浆材料对岩石取 $\psi=0.8$);

f_{msk} —锚固体中水泥基注浆材料与锚杆杆体的粘结强度标准值(MPa),此处取 $f_{msk}=3.0\text{MPa}$;

f_{mrk} —锚固体中水泥基注浆材料与岩石或土层的粘结强度标准值(MPa)(本工程强风化段取 $f_{mrk}=0.18\text{MPa}$,中风化段取 $f_{mrk}=0.26\text{MPa}$);

ζ —筋体与注浆体间的粘结强度降低系数,本工程锚杆为单根杆体, ζ 取1.0。

取二者较小值,故 $N_{t1k}=331.6\text{kN}$ 。

3.4 锚杆底部扩大内锚头承载力 N_{t2k}

参照《扩孔自锁锚固技术规程》(T/CECS 813)中5.2.3条计算可得锚杆锚固体中内锚头的自锁锚固力标准值:

$$N_{t2k} = \alpha_1 \beta_1 f_{rk} A_{in} = 2.6 \times 3 \times 6.3 \times 15935.5 \times 10^{-3} = 783.1\text{kN}$$

式中: α_1 —锚杆围压放大系数,取2.6;

β_1 —局部抗压强度提高系数,取3;

A_{in} —岩石局部受压垂直投影面积(mm²), $A_{in} = \pi(D_u^2 - D^2)/4$, D_u 为扩孔最大直径(mm),本工程中 $D_u=180\text{mm}$,

故 $A_{in} = 3.14 \times (180^2 - 110^2)/4 = 15935.5\text{mm}^2$;

f_{rk} —岩石饱和单轴抗压强度标准值,本工程取 $f_{rk}=6.3\text{MPa}$ 。

3.5 锚杆锚固体抗拉承载力 N_{tk}

依据《扩孔自锁锚固技术规程》(T/CECS 813),岩石锚杆在荷载效应标准组合下的拉力标准值 N_{tk} 按下式计算:

$$K_r N_{tk} \leq N_{urk}$$

$$N_{urk} = N_{t1k} + N_{t2k}$$

故

$$N_{tk} = \frac{N_{t1k} + N_{t2k}}{K_r} = \frac{331.6 + 783.1}{2.0} = 557.4\text{kN} > R_a = 410\text{kN} \text{ ,满足要求。}$$

式中: K_r —锚杆锚固体抗拉承载力计算安全系数,取2.0;

N_{tk} —锚杆在荷载效应标准组合下锚杆的拉力标准值(N);

N_{urk} —锚杆锚固体抗拉承载力标准值(N);

N_{t1k} —锚杆锚固体中直孔段注浆体的粘结锚固承载力标准值(N);

N_{t2k} —锚杆锚固体中内锚头的自锁锚固承载力标准值(N)。

四、技术和经济性对比

以湖南长沙新里程广场西区地下室锚杆工程为例，该工程为四层地下室结构，面积约11000m²，水头高度18.8m。分别采用常规普通砂浆锚杆和抗浮自锁锚杆进行对比。

抗浮锚杆技术经济性对比

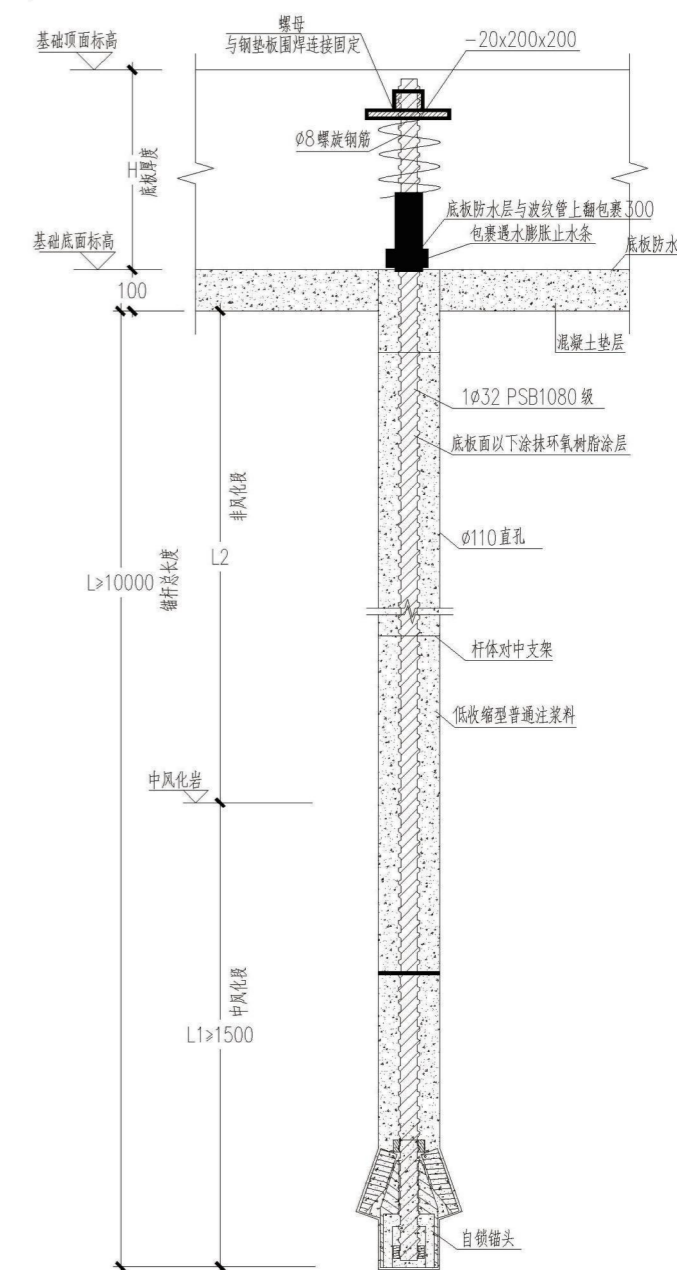
方案	技术参数	根数	单根长度(m)	总长度(m)	每米单价(元/m)	造价(元)
普通锚杆	2Φ25+1Φ28钢筋(HRB400), 间距1.2m×1.2m, 孔径Φ180, 抗拔力特征值260kN	5580	9.0	50220.0	195.0	9792900.0
	小计	5580		50220.0		9792900.0
自锁锚杆	JL36精轧螺纹钢(PSB1080), 间距1.5m×1.5m, 孔径Φ110, 抗拔力特征值410kN	2301	7.5	17257.5	290.0	5004675.0
	JL36精轧螺纹钢(PSB1080), 间距1.5m×1.5m, 孔径Φ110, 抗拔力特征值410kN	1219	6.0	7314.0	290.0	2121060.0
	小计	3520		24571.5		7125735.0
经济性分析		节约比例		27.2%	节约费用	2667165.0

4.1 技术对比:

- (i) 自锁锚杆埋深更浅: 普通锚杆深度为9m, 自锁锚杆深度为7.5m和6.0m;
- (ii) 自锁锚杆抗拔力特征值更大: 普通锚杆为260kN, 自锁锚杆为410kN。

4.2 经济性对比:

- (i) 工程总量: 普通锚杆总长度50220m, 自锁锚杆为24571.5m, 采用自锁抗浮锚杆比普通锚杆总工程量减少25648.5m;
- (ii) 造价: 普通锚杆综合造价979.3万元, 自锁锚杆为712.6万元; 采用自锁锚杆节约266.7万元, 节约造价27.2%;
- (iii) 工期: 工程量的减少可缩短工期; 且自锁锚杆施工后7天即可进行拉拔检测, 可大幅度减少基本试验等待时间; 综合分析, 工期比普通锚杆可减少40%以上。

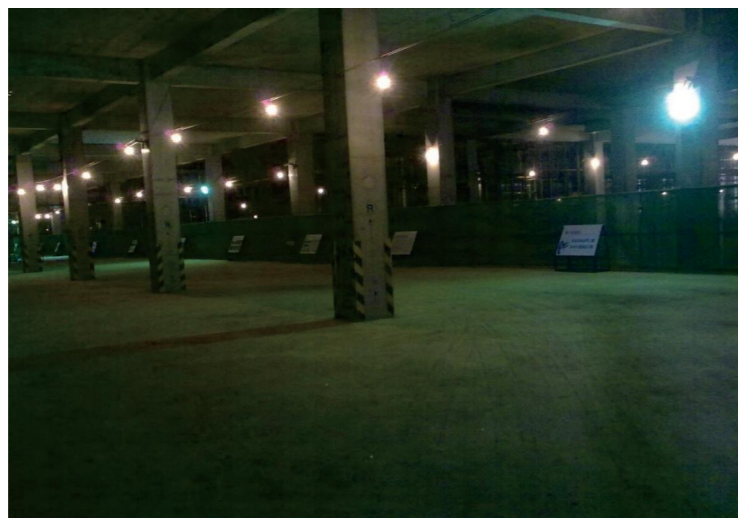


湖南长沙新里程广场西区地下室抗浮锚杆工程

抗浮锚杆详图

案例2:武汉经开万达广场抗浮工程(零工期)

1. 本工程于2010年施工。新建工程抗浮设计采用直径32mm精轧螺纹钢抗浮自锁锚杆, 合计4012根, 单根抗浮锚杆抗拔承载力特征值320kN;
2. 业主对工期要求极高, 采用在地下室底板预埋套管留孔, 地下室土建封顶后再施工抗浮自锁锚杆的方案, 不影响主体结构施工进度, 实现“零工期”, 经济效益显著。



武汉经开万达广场地下室抗浮自锁锚杆工程

案例3:贵州凯里畅达公馆地下室抗浮应急处理工程

1. 本工程于2019年~2020年实施。该高层建设时未设计抗浮, 后因水文条件变化导致地下水位升高, 底板上浮受损;
2. 应急处理时补增直径32mm精轧螺纹钢抗浮自锁锚杆, 在既有地下室施工, 合计492根, 单根抗浮锚杆抗拔承载力特征值320kN。



贵州凯里畅达公馆地下室抗浮应急处理工程

案例4:红莲湖未来学校地下室预应力抗浮锚杆工程

1. 自锁锚杆内锚头进入完整的中风化岩深度不小于1.5m, 锚杆总数量166根;
2. 杆体采用PSB1080 Φ 32的精轧螺纹钢, 单根抗浮锚杆抗拔承载力特征值 $R_t=330kN$;
3. 预应力锚杆张拉后的锁定拉力值为 $1.05R_{t0}$ 。



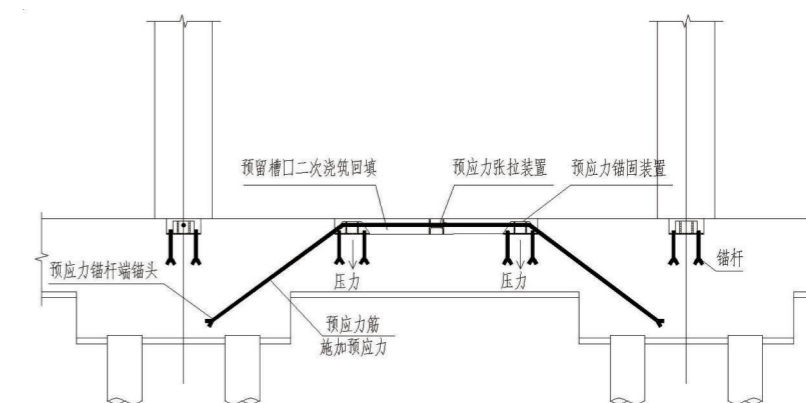
红莲湖未来学校地下室预应力抗浮锚杆工程

案例5:云南昆明某商业中心地下室预应力抗浮处理工程

1. 该商业中心裙楼四层地下室, 四万多平米, 底板出现大量裂缝, 渗水严重, 完工五年以上, 一直未能投入使用;
2. 常规抗浮方案难以实施、且造价5000多万元; 采用扩孔自锁锚杆方案, 既能有效实施并解决工程问题, 又比常规方案节约2000万元造价, 技术方案先进、经济效益显著。



云南昆明某商业中心



抗浮处理设计方案

边坡支护案例

案例1: 贵州桐梓县某泄洪道侧墙锚固工程

混凝土侧墙厚度1.5m, 入岩深度8m~10m, 自锁锚杆预应力56吨, 共计159根。



贵州桐梓县某泄洪道侧墙锚固工程

案例2: 湖南铜湾水电站右岸边坡加固工程

1. 原常规的无粘接预应力锚索运行一段时间后部分失效;
2. 采用200吨预应力扩孔自锁锚杆对失效区域进行加固处理, 消除隐患。

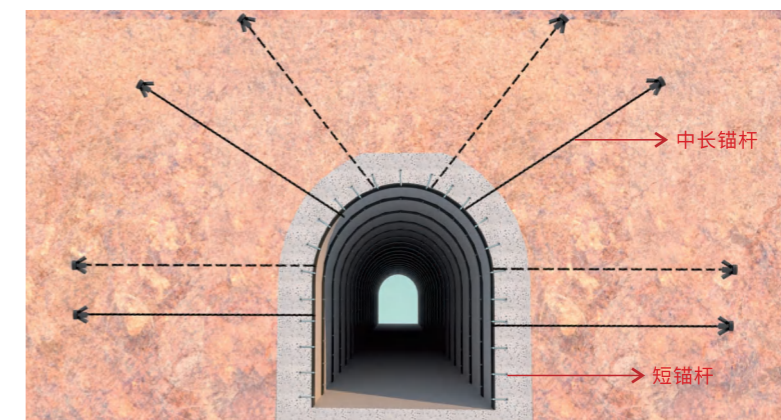


湖南铜湾水电站右岸边坡加固工程

隧洞支护案例

案例: 深圳某输水隧洞加固工程

1. 隧洞受围岩压力和地下水渗透压力影响, 使城门洞形内衬产生较大的拉应力;
2. 在边墙和顶拱上打入岩石自锁锚杆, 施加预应力, 改善衬砌外侧表面的拉应力状态;
3. 内衬采用短锚杆锚固钢板进行包钢加固。



深圳某输水隧洞加固工程

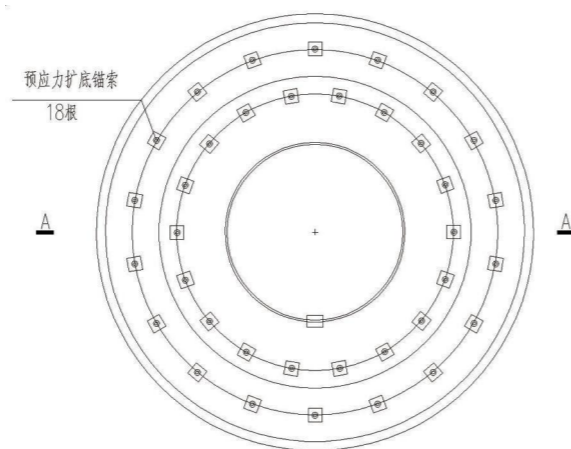
风机基础工程案例

案例:山东某风电场基础锚固工程

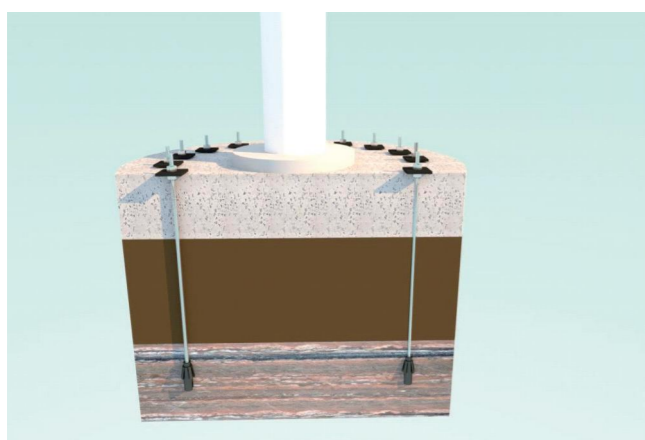
1. 该风电场发电机组共33台,装机总容量49.5MW。风机基础采用P&H岩石锚杆风机基础技术。项目于2013年12月30日投产发电,运行过程中发现部分风机基础原设计的18根50mm岩石预应力锚杆出现数量不等的断裂情况,经专家论证,原锚杆断裂主要是疲劳荷载导致;
2. 风机基础加固处理方案为,首先对原风机基础采取加大截面法进行加固,然后在基础扩大区域增加18根岩石预应力锚索进行加固;
3. 预应力锚索底部采用扩孔自锁锚固技术。



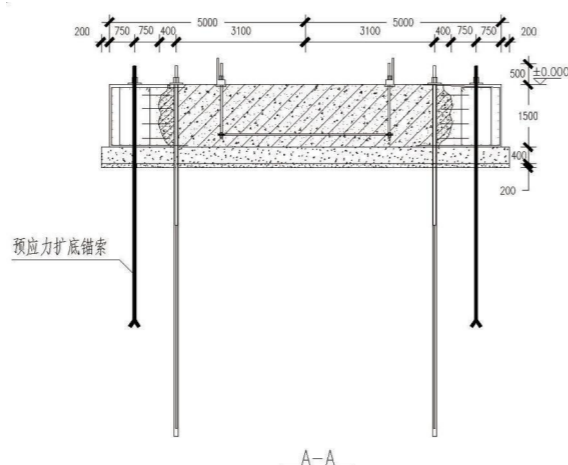
风机基础采用预应力锚索锚固



风机基础加固平面图



采用预应力自锁锚杆对风机基础进行锚固效果图

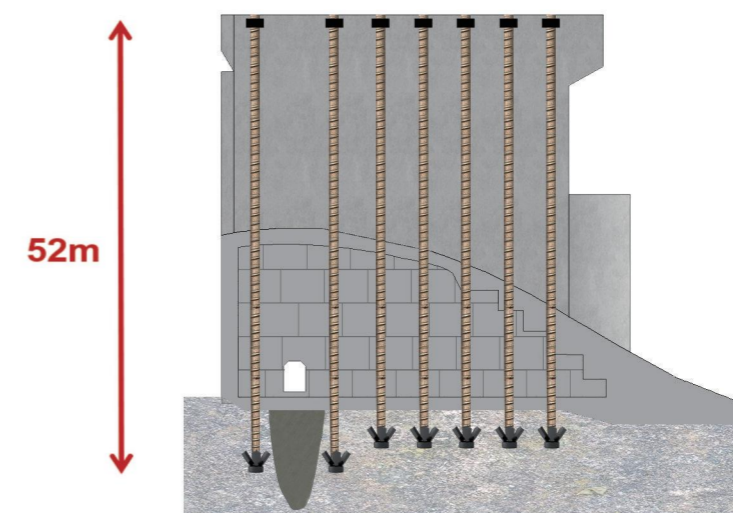


风机基础加固立面图

大坝整体性能提升案例

案例:湖北陆水水库大坝整体性能提升加固工程

1. 陆水水库大坝限于当时的筑坝经验,坝体的整体性比较差,底部堆砌有大量的预制块;
2. 采用自锁锚杆从坝顶穿过坝体深入基岩,施加50吨预应力,显著增强了大坝的抵抗倾覆能力、抗滑稳定性和结构的整体性,锚杆最长达52m;
3. 本项目自锁锚杆采用深孔自张开锚头,锚头试验时不注浆就可以抵御70吨的张拉力。



湖北陆水水库大坝整体性能提升加固工程

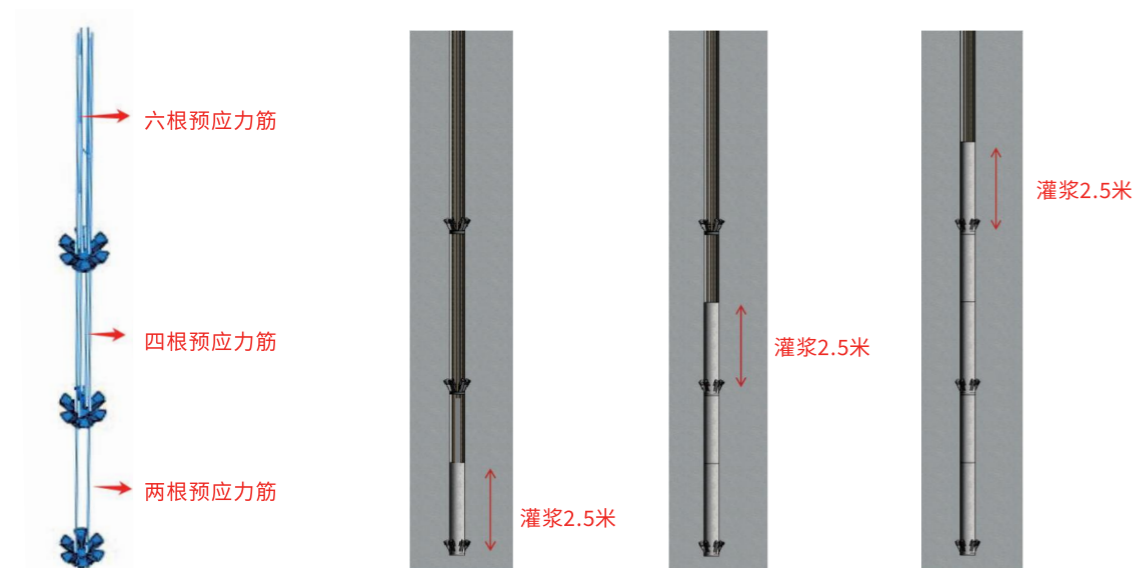
大体积混凝土(预应力)加固工程案例

案例1:南水北调中线水源工程丹江口大坝加高加固工程

- 1.丹江口水库大坝加高14.6m,新老混凝土水平施工缝削弱了闸墩的刚度和整体性,采用大吨位预应力锚杆加固;
- 2.根据计算每个闸墩需增加1000吨预应力,因此每个闸墩设置5根锚杆,单孔200吨预应力,共计加固20个闸墩;
- 3.采用三重自锁锚固,分散局部过大的应力,单孔预应力200吨并超张15%。



丹江口大坝加高加固工程(获水力发电科学技术特等奖)



三层自锁示意图

(a) 底层锚头段灌浆 (b) 灌浆至中层锚头段 (c) 灌浆至上层锚头段

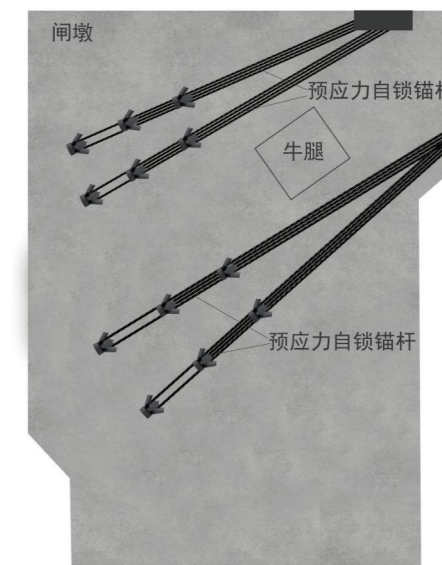
三层自锁锚杆灌浆示意图

案例2:十堰小漩水电站闸墩预应力加固工程

- 1.利用原水库建设抽水蓄能电站,该水库水头提高1m使得闸墩计算配筋不足,采用预应力自锁锚杆加固处理;
- 2.三重自锁锚固,中墩左右两侧各布置4根200吨预应力自锁锚杆,边墩一侧布置4根125吨预应力自锁锚杆。



十堰小漩水电站闸墩预应力加固工程

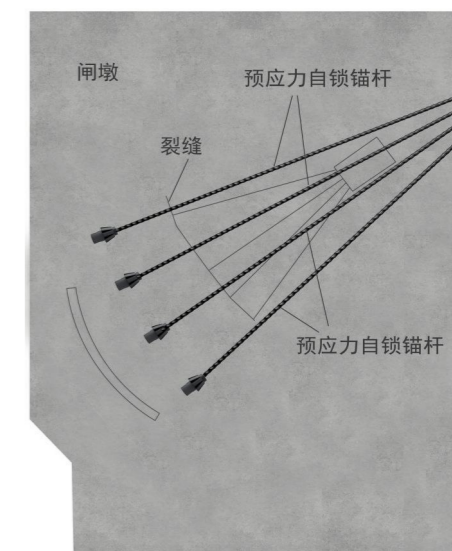


案例3:西洱河大坝闸墩弧门支座牛腿加固工程

- 1.闸墩扇形区钢筋的混凝土外表面出现裂缝;
- 2.采用自锁锚杆穿过裂缝区域进行预应力加固处理。



西洱河大坝闸墩弧门支座牛腿加固工程



瞬时自锁锚杆



短锚杆用瞬时自锁锚杆



中长锚杆用瞬时自锁锚杆

耐温锚杆



耐温短锚杆



耐温中长锚杆

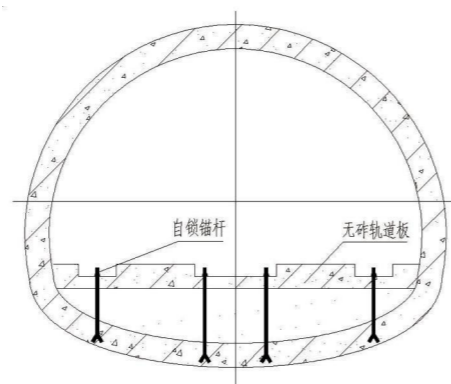
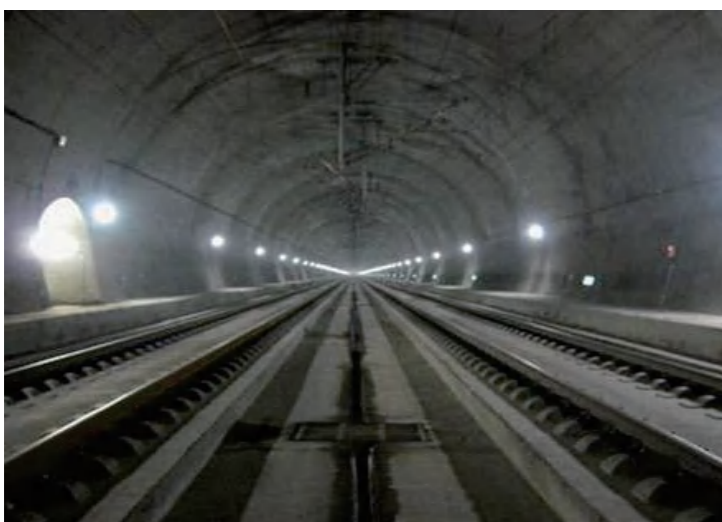


耐低温注浆料

瞬时自锁案例

案例:武广客运专线行将山2号隧道轨道底板上浮应急处理工程

1. 2009年8月, 武广高铁开通在即, 连续多日暴雨致使地下水位持续上升, 造成高铁无砟轨道板上浮变形;
2. 关键时刻巨成受令, 在36小时内于200m长轨道板范围安装预应力自锁锚杆2000余根, 应用独有的专利技术完美解决了本次险情, 解决国家重大工程问题, 社会效益显著。



采用瞬时预应力自锁锚固技术在36h内完成约200m施工段

产品参数

耐低温锚杆的材质性能说明

1. 材料: 奥氏体不锈钢;
2. 牌号: 06Cr17Ni12Mo2;
3. 经固溶处理后的不锈钢棒力学性能: 屈服强度 $\geq 205\text{MPa}$, 抗拉强度 $\geq 520\text{MPa}$, 断后伸长率 $\geq 40\%$;
4. 特点: 奥氏体不锈钢在极端温度下表现出良好的韧性, 且该牌号不锈钢添加了钼元素 (Mo), 使其耐腐蚀性和耐氯化物环境性能好, 同时适用环境温度为 $-196^{\circ}\text{C}\sim 420^{\circ}\text{C}$ 。

低温(超低温)灌浆料性能说明

1. 低温灌浆料 (-5°C)

材料: 磷镁注浆料;
性能: 凝结时间30min, 3h强度大于30MPa, 7d强度大于50MPa;
配制: A料:B料:水=1:1:0.15 (质量比)。

2. 超低温 (-20°C 以下)

材料: 磷镁注浆料;
性能: 凝结时间10-20min, 1.5h强度大于30MPa, 7d强度大于50MPa;
配制: A料:B料:水=1:1:0.15 (质量比)。

耐高温案例

案例:孟加拉国古拉邵电厂汽机基础拉结锚固工程(120°C+高频振动)

- 1.扩孔自锁锚杆出口孟加拉国,用于古拉邵电厂汽机基础后浇层锚固工程;
- 2.由于汽机基础处于高频振动条件,且环境温度长期在120°C以上,故采用自锁锚杆替代化学植筋后锚固。



孟加拉国古拉绍电厂汽机基础二次灌浆层拉结锚固工程

耐低温案例

案例:南极科考站营房锚固(超低温 -90°C)

极端条件下最低温度达到零下90°C,大风超过12级,采用自锁锚固技术,将建筑物牢牢锚固在基岩上。



南极营房锚固-中国第五座科考站秦岭站

耐腐蚀锚杆

耐腐蚀锚杆一般用于环境腐蚀性强的后锚固工程。



碳纤维棒

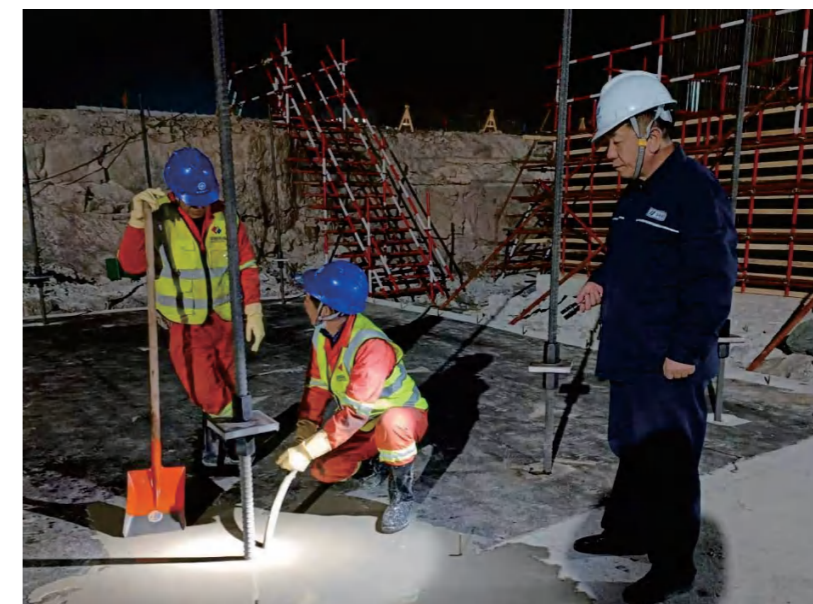


碳纤维棒自锁锚杆

耐腐蚀案例

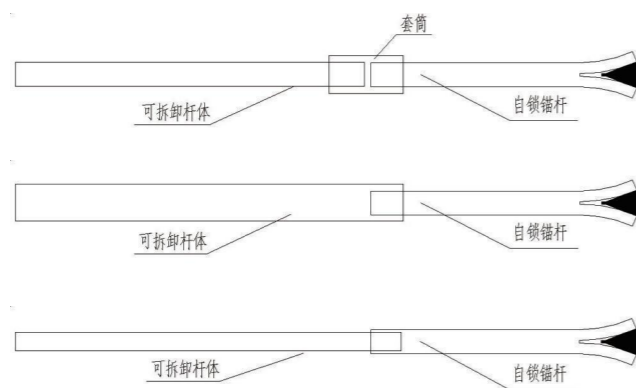
案例:福建华电可门电厂锚固工程

- 1.福建华电可门电厂三期锅炉基础底板设置永久岩石抗浮锚杆,单根锚杆轴向拉力特征值为400KN;
- 2.由于工程在海边,锚杆需耐海水腐蚀,将杆体和锚头浸泡环氧树脂防腐。



福建华电可门电厂锚固工程

可拆卸锚杆

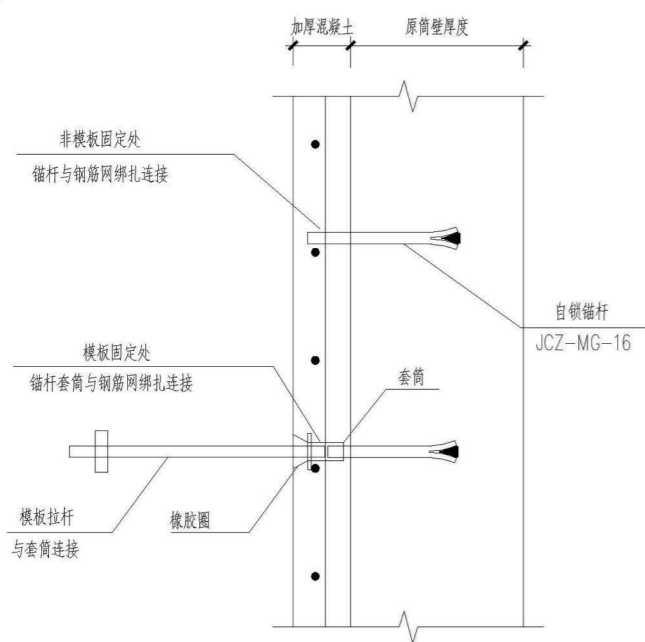


可拆卸自锁锚杆

典型案例

案例: 丰城电厂7#冷却塔筒壁加固工程

筒壁加厚加固, 采用可拆卸锚杆, 其中自锁锚杆用作拉锚连接, 增强混凝土的界面连接, 可拆卸部分用作混凝土模板的拉杆连接, 拆模后可将这部分杆体拆除。



锚固节点详图



丰城电厂冷却塔加固工程



建筑物改造的艺术大师
ARTIST OF ARCHITECTURE REHABILITATION

